

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 005**

51 Int. Cl.:

**F02C 6/16** (2006.01)

**F03B 13/06** (2006.01)

**F03D 9/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.08.2010 E 10747109 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2015 EP 2464819**

54 Título: **Sistema de almacenamiento de energía por geofractura hidráulica**

30 Prioridad:

**09.08.2010 US 853066**

**10.08.2009 US 232625 P**

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

**15.07.2015**

73 Titular/es:

**SCHMIDT, HOWARD K. (100.0%)**  
**20703 Bradford Creek Court**  
**Cypress, TX 77433, US**

72 Inventor/es:

**SCHMIDT, HOWARD K.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 541 005 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema de almacenamiento de energía por geofractura hidráulica

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al almacenamiento de energía. Más en concreto, se inyecta fluido en un pozo para formar una fractura hidráulica. El fluido puede ser bombeado a la fractura bajo presión y después puede ser extraído de la fractura bajo presión y utilizado para generar energía.

2. Análisis de la técnica anterior

10 Una serie de factores que incluyen seguridad energética, inestabilidad de precios, regulación de carbono, incentivos fiscales y temores referentes al calentamiento global antropogénico están impulsando un crecimiento rápido de las energías renovables. Dado que los combustibles fósiles líquidos se consumen principalmente en la industria del transporte debido a su excepcional densidad energética (alrededor de 45 MJ/litro) y que los biocombustibles proporcionan sólo una ganancia de energía limitada, el papel fundamental de las fuentes de energía renovables consiste en desplazar el consumo de combustibles fósiles a la generación de energía eléctrica. Estados Unidos consume actualmente alrededor de 1 TW ( $10^{12}$  vatios) de energía eléctrica, por lo que sólo las tecnologías renovables que con el tiempo pueden distribuir un total de 100 GW son opciones significativas de almacenamiento en red. Aparte de la energía hidroeléctrica, que ha estado operando básicamente a pleno rendimiento durante décadas, en este momento sólo se pueden tener en cuenta el sistema solar y los sistemas basados en el viento. Hoy en día, ninguno de ellos tiene un coste competitivo sin subsidios sustanciales financiados con fondos públicos, aunque se espera que los gastos de capital y los costes de operación caigan con el tiempo, y puedan llegar finalmente a precios de paridad con las centrales eléctricas alimentadas con carbón y gas. De éstos, las turbinas eólicas son las más económicas, con un gasto de capital (capex) de alrededor de 1,75 \$/watt, y sólo Texas tiene una base instalada con una capacidad de producción máxima de aproximadamente 2,5 GW.

25 Estos dos recursos renovables clave, eólico y solar, sufren de intermitencia tanto de forma diaria como estacional, como se ilustra en la figura 1. Por tanto, ninguno es adecuado para proporcionar energía de carga base. Las fluctuaciones de producción también causan inestabilidad en la red eléctrica; sin medios de nivelación de carga dinámicos (por ejemplo, tecnologías de redes inteligentes), las fuentes de energía renovable ahora deben limitarse a menos de un diez por ciento de la energía distribuida en una red eléctrica dada. Como resultado de ello, la energía eléctrica renovable a nivel de la red eléctrica está limitada no sólo por la economía fuente, sino también por las tecnologías de estabilización de red.

30 Por tanto, se necesita tecnología de almacenamiento de energía eléctrica a gran escala en paralelo con fuentes de energía renovables. La Tabla 1 enumera las características de las tecnologías de almacenamiento de energía candidatas. Los sistemas de almacenamiento eléctrico más comunes en uso hoy en día se basan en algún tipo de tecnología de baterías; los principales candidatos incluyen baterías de plomo-ácido, de iones de litio y de flujo de vanadio. Estas son generalmente útiles no sólo para la nivelación de las energías renovables en la fuente, sino también para desplazar el pico y mejorar la fiabilidad en el punto de uso. A partir de 2008, PG&E compraba instalaciones para áreas residenciales con una capacidad nominal de 1 MW de suministro durante 5 horas a un precio de \$2M de dólares americanos. Esto fue justificado por el aplazamiento de la inversión para una mayor capacidad de transmisión (~2/3) y en parte por la mejora de la calidad del servicio (~1/3). Esto proporciona una escala útil y un precio óptimo para tener en cuenta las tecnologías de almacenamiento alternativas: capacidad 5.000 kw/h, y precio 400\$/kw/hr.

ES 2 541 005 T3

TABLA 1

	Coste relativo a la energía (\$/KWh)	Coste relativo a la potencia (\$/KW)	Saldo de central (\$/KWh)	Electrolizador (\$/KWh)	Compresor (\$/scfm)	η-eficiencia de descarga
Baterías de plomo-ácido (bajo)	175	200	50			0,85
Baterías de plomo-ácido (medio)	225	250	50			0,85
Baterías de plomo-ácido (alto)	250	300	50			0,85
Baterías con calidad de suministro eléctrico	100	250	40			0,85
Baterías avanzadas	245	300	40			0,7
Micro-SMES	72.000	300	10.000			0,95
SMES Medio (HTS proyectado)	2.000	300	1.500			0,95
SMES (HTS proyectado)	500	300	100			0,95
Volantes de inercia (alta velocidad)	25000	350	1000			0,93
Volantes de inercia (baja velocidad)	300	280	50			0,9
Supercapacitores	82.000	300	10.000			0,95
Almacenamiento de energía por aire comprimido(CAES)	3	425	50			0,79
Almacenamiento por aire comprimido en recipientes (CAS)	50	517	80			0,7
bombeo hidroeléctrico	10	600	2			0,87
Almacenamiento de celdas de combustible de hidrógeno/Gas (bajo)	15	500	50	300	112,5	0,59
Almacenamiento de celdas de combustible de hidrógeno/Gas (alto)	15	1.500	50	600	112,5	0,59

## ES 2 541 005 T3

Almacenamiento de celdas de combustible/subterráneo	1	500	50	300	112,5	0,59
Almacenamiento motor de hidrógeno/Gas	15	350	40	300	112,5	0,44

5 Como ejemplo aplicado, una turbina eólica con una capacidad nominal de 3 MW y un factor de utilización típico de 0,3 generará alrededor de 22.000 kilovatios/hora/día. Si tres unidades de almacenamiento a base de baterías descritas anteriormente se dedicasen a cada turbina eólica, el gasto de capital sería de más del doble, a partir de 5,25M \$ para una instalación de turbinas eólicas de 3 MW. Claramente, la tecnología actual de baterías es prohibitivamente cara para un almacenamiento general a escala de red eléctrica, incluso con mejoras técnicas razonables y economías de escala.

10 Tecnologías líderes de almacenamiento de energía a escala de red eléctrica incluyen bombeo hidroeléctrico y almacenamiento de energía por aire comprimido (CAES). El bombeo hidroeléctrico utiliza energía eléctrica en horas de menor carga para bombear agua cuesta arriba a un embalse. Esto requiere fácil acceso a grandes cantidades de agua y a un terreno bien situado, lo cual escasea en la región en la que la densidad de potencia eólica es adecuada: las grandes llanuras del centro de Estados Unidos. Este enfoque técnico sin duda se ha demostrado y es fiable, y también goza de una excelente eficiencia total de ~87%. Los sistemas de almacenamiento por aire comprimido dependen de la disponibilidad de minas abandonadas o del desarrollo de cavernas de subsuelo profundo. Esta es una tecnología probada que puede situarse por encima de aproximadamente el 85% del continente de los Estados Unidos y ofrece una eficiencia razonable del ~ 80%. Ya que la compresión y la expansión del aire genera grandes cambios de temperatura, una planta CAES para hacer frente a este canal de energía parasitaria resulta relativamente compleja y cara. El gráfico de la figura 2 asigna varias tecnologías de almacenamiento en el espacio Potencia-Energía, y muestra claramente que el bombeo hidroeléctrico y el CAES destacan por la combinación de alta energía total con capacidad de alta potencia.

25 Otra aplicación clave para tecnologías de almacenamiento se encuentra en el desplazamiento de pico, o en el suministro de potencia adicional durante cortos períodos de demanda extrema. Esta región se indica como 'Recursos Distribuidos' en la figura 2. Los picos de demanda en las tardes de verano referentes al aire acondicionado es un buen ejemplo. Esto, desafortunadamente, es a la vez un período de baja productividad para las turbinas de viento. El gráfico de la figura 3 muestra los costes de capital estimados de diversas tecnologías candidatas para dar servicio a esta demanda.

Como se señaló anteriormente, esta demanda está siendo abordada actualmente por unos primeros adoptantes tales como PG&E, en base principalmente a la inversión diferida en líneas de transmisión y a una mejor calidad de servicio. Sin duda alguna, también hay una ventaja de marketing basada en el "caché verde" de energía distribuida.

30 Hasta ese momento, ya que el bombeo hidroeléctrico y/o el CAES se utilizan a una escala masiva, observamos que hay una oportunidad de arbitraje interesante de almacenar por la noche el exceso de potencia procedente de las turbinas eólicas y de revenderlo durante la demanda pico de las tardes de verano. Como anécdota, se dice que los parques eólicos pagan realmente a operadores de red para que utilicen la energía durante la noche. Especialistas en energía eólica, tales como Green Mountain Energy, venden energía eólica al por menor por 0,19 \$/kw/h durante el día. De ese modo, existe una oportunidad de recaudar aproximadamente 0,20 \$/kw/h con un sistema de almacenaje de doce horas. Esto podría ser una empresa muy rentable si la tecnología de almacenamiento fuera lo suficientemente barata. La economía de las tecnologías existentes hace que, en el mejor de los casos, esto sea un asunto marginal en un entorno de mercados de capital ajustado y de exigencia de altos porcentajes de compensación internos.

40 La solicitud de patente internacional WO 2004/035987 A1 describe métodos para completar pozos en formaciones no consolidadas. Los métodos incluyen las etapas de formar aberturas separadas a través de la cubierta y el cemento y de inyectar una primera composición de resina endurecible a través de las aberturas en la zona de producción no consolidada adyacente a la perforación de pozo. Sin esperar a que la primera composición de resina endurecible se endurezca, un fluido de fracturación que contiene partículas apuntalantes recubiertas con una segunda composición de resina endurecible se inyecta a través de las aberturas en la zona de producción no consolidada en una cantidad y con una presión suficientes para fracturar la zona de producción. Las partículas apuntalantes recubiertas con la segunda composición de resina endurecible se depositan en las fracturas y se deja que las composiciones de resina endurecible primera y segunda se endurezcan por calor.

Breve resumen de la invención

50 La presente solicitud describe un método para almacenar energía, que comprende bombear un fluido a través de un pozo y al interior de una fractura hidráulica en una formación rocosa que rodea el pozo, estando la fractura hidráulica

preparada de manera que la tasa de fuga de fluido a almacenar bajo presión puede disminuir a un valor pequeño o mínimo; y antes de la fuga del fluido de la fractura hidráulica, reducir la presión en el pozo a fin de extraer una parte del fluido por el pozo y producir energía a partir de la presión del fluido extraído. Las paredes de la fractura pueden ser menos permeables y la presión de propagación de la fractura se puede aumentar mediante la inyección de una resina, tal como un epoxi, en la fractura. Se describen las capacidades de almacenamiento, los requisitos de capital y los porcentajes de compensación previstos que permiten una operación rentable de recursos distribuidos y de gestión de carga, así como un arbitraje de la energía eólica durante la noche.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra el patrón de vientos diurnos en Wildorado, Texas.

La figura 2 muestra los costes y eficiencias tecnológicas de almacenamiento de energía.

La figura 3 muestra la correspondencia entre aplicaciones de servicios públicos y de energías renovables distribuidas.

La figura 4 ilustra una fractura hidráulica en la tierra y equipos para la formación de la misma.

La figura 5 es una vista en sección transversal de una fractura que ilustra la colocación de una resina en una roca atravesada por la fractura y en la punta de la fractura.

Descripción detallada de la invención

La fracturación hidráulica se utiliza de manera rutinaria para mejorar los niveles de producción en pozos de petróleo y gas perforados en yacimientos de baja permeabilidad. Tales fracturas aumentan la superficie productiva efectiva de pozos en la roca del yacimiento. De hecho, una explotación rentable de yacimientos no convencionales, por ejemplo, la Barnett Shale y la Bakken Formation, sólo se puede lograr a través de una amplia fractura. En resumen, después de que la cubierta del pozo se cementa en su lugar, se crean perforaciones en el estrato de interés, y luego se bombea un fluido a través del pozo a alta presión para inducir fracturas en la formación rocosa alrededor del pozo, como se ilustra en la figura 4. El pozo 41 se ha perforado en una formación subterránea. Un camión de arena 42 puede traer un apuntalante al sitio del pozo. Se puede mezclar fluido de fracturación y almacenar en un tanque 45, del cual se extrae a una hormigonera 43, donde se mezcla con arena u otro apuntalante. Unas bombas de alta presión 44 se utilizan para forzar el fluido a través del pozo 41 a una presión suficiente para formar una fractura 46 alrededor del pozo. Unas partículas apuntalantes 47 pueden ser bombeadas al interior de la fractura después de que se haya formado la misma. La presión requerida para formar la fractura 46 en general depende linealmente de la profundidad; un 'gradiente de fractura' típico es de aproximadamente 0,8 PSI por pie de profundidad del pozo. Así, un pozo de 3.000 pies requiere una presión de aproximadamente 2.400 psi en la cara de la roca para crear una fractura hidráulica. En pozos de poca profundidad (de hasta entre 1.000 y 2.000 pies de profundidad), las fracturas hidráulicas normalmente se propagan horizontalmente. A mayores profundidades, las tensiones naturales en la roca tienden a derivar en fracturas orientadas verticalmente. Para nuestro propósito de almacenamiento de energía, la orientación de las fracturas no es importante. En cualquier caso, la energía se almacena por la deformación de la roca alrededor de la fractura, lo que es principalmente una deformación elástica. La fractura puede ser principalmente en un plano que se extiende desde el pozo a través de la formación rocosa circundante, como se muestra en la figura 4, o, en una roca fracturada de manera natural tal como la Barnett Shale o la Bakken Formation, la fractura puede extenderse sobre un volumen grande, con muchas vías de fluido diferentes.

Una fractura en un pozo podría extenderse radialmente desde la perforación de pozo, por ejemplo, en el orden de entre 100 metros y 1.000 metros. Si la fractura es principalmente en un plano, el espesor de la fractura puede estar en el orden de entre 0,5 cm y 2 cm en la perforación de pozo. La propagación de la grieta se puede supervisar en tiempo real durante la operación de fractura utilizando métodos microsísmicos, mientras que el grado y el patrón de deformación en la superficie de la tierra se pueden medir simultáneamente usando inclinómetros. La permeabilidad a los fluidos y las propiedades elásticas del estrato de roca fracturada determinan con eficacia la extensión de la posible fractura con un sistema de bombeo dado. A medida que la fractura aumenta de longitud, la superficie de la roca aumenta junto con la tasa de fluidos que entran en la roca en lugar de rellenar la propia fractura. Por tanto, las rocas altamente permeables pueden ser difíciles de fracturar completamente, mientras que las rocas menos permeables pueden ser fracturadas a distancias mayores. Se pueden añadir aditivos de pérdida de fluido (partículas) al fluido de fractura para disminuir la tasa de fluidos que entran en la roca desde la fractura. La pérdida de fluido se puede disminuir aún más mediante el bombeo de una resina de polímero en el fluido de fracturación. De manera preferible, se puede utilizar una resina epoxi alifática, tal como se describe en el documento "Sistema de resina dispersable en agua para la estabilización de perforación de pozos," L. Eoff et al, SPE 64980, 2001. También se puede utilizar un furano, una resina fenólica y otras resinas epoxi. El sistema de resina puede ser bombeado como una resina pura, una mezcla de resina/arena, o dispersa en un fluido de fracturación a base de agua o petróleo. La resina se puede mezclar con un diluyente o disolvente, que puede ser reactivo. Un lingote de resina pura al comienzo de una resina de fractura puede venir acompañado de una dispersión de resina en fluido de fracturación y a esto le puede acompañar un fluido de fracturación. Se pueden añadir agentes apuntalantes y/o de pérdida de fluido a cualquiera de los fluidos. Los volúmenes de los diferentes fluidos se seleccionan de manera preferible para permitir que un epoxi u otra resina llene la fractura hasta la punta y se infiltre en la roca alrededor de la punta de la

fractura. La inyección de resina o de fluidos que contienen resina se puede aplicar de manera repetida para obtener menor pérdida de fluido de una fractura.

5 Las figuras 5A, 5B y 5C ilustran, mostrando secciones transversales de una fractura, un método de colocación de una resina en una fractura a fin de preparar la fractura para el almacenamiento de energía, tal como se enseña en el presente documento. En la figura 5A, una resina, una dispersión de resina o una mezcla de líquido con resina 50 está presente en una perforación de pozo y en una fractura 51 que se ha formado en la roca. La resina 50 puede contener un aditivo de pérdida de fluido. La resina filtrada en la roca 52 rodea la fractura. En la figura 5B, el fluido de desplazamiento 54, que puede ser agua que contiene un viscosificante a base de petróleo, o que contiene un disolvente para la resina, se muestra moviendo la resina 50 hacia el extremo de la fractura. El fluido de desplazamiento 54 es de preferencia más viscoso que la resina 50. La cantidad de resina filtrada en la roca 52 se ha incrementado. En la figura 5C, sólo una cantidad limitada de resina 50 permanece en la fractura, y está presente cerca de la punta o extremo de la fractura. La fractura 51 puede contener un apuntalante 55.

15 Una vez curada, la resina que está en o alrededor de la punta de la fractura aumentará la presión de propagación de la fractura y permitirá que se creen fracturas más amplias durante el almacenamiento de fluido. La tasa de fuga de fluido a almacenar bajo presión en la fractura puede disminuir a un valor pequeño o mínimo. Al lograrse una baja pérdida de fluido a partir de una fractura, también se puede usar gas como fluido de trabajo para el proceso de almacenamiento, solo o con líquido.

20 Para los fines de almacenamiento de energía, estamos interesados en grandes fracturas con poca pérdida de fluido. De manera ideal, la pérdida de fluido será de cero, y así estratos de roca adecuados pueden ser completamente impermeables. Observamos que los aditivos utilizados para reducir o eliminar la pérdida de fluido de una fractura durante la fracturación serían útiles en esta aplicación para reducir o eliminar la pérdida de fluido en estratos de roca ligeramente permeables. Materiales útiles para reducir la invasión de fluido incluyen polímeros, sílice fino, arcillas, posiblemente, nuevos materiales nanoestructurados tales como suspensiones de grafeno y mezclas de materiales seleccionados. Cualquier fluido inyectado en la fractura puede contener un apuntalante o puede no contener un apuntalante.

25 En estas condiciones, se observa que la energía utilizada para generar la fractura se puede dividir en tres categorías principales: fricción de fluido (la pérdida depende de las tasas de bombeo y de los tamaños de tubería en el pozo), craqueo de la roca (pérdida pequeña) y flexión elástica de la roca que rodea la fractura. Es importante destacar que se observa que la energía que se utiliza para deformar elásticamente la roca se almacena en realidad como energía potencial. Esta energía puede ser recuperada de la corriente de fluido expulsado de la fractura y del orificio de perforación a medida que la roca se relaja a su posición original. Así, después de que se forma una gran fractura, el espacio lleno de fluido se puede utilizar para elevar de manera hidráulica (y flexionar) la sobrecarga y almacenar energía mecánica. Esa energía se puede recuperar de manera eficiente al permitir que el fluido presurizado se escape a través de una turbina. El proceso de inyección de fluidos a una presión por encima del gradiente de fractura se puede repetir un número seleccionado de veces, de manera alterna al proceso de producción de fluido para generar de nuevo energía. Así, la fractura funciona como un recipiente de almacenamiento elástico. En general, este esquema es conceptualmente similar a los sistemas de bombeo hidroeléctrico. En vez de bombear agua sola cuesta arriba, vamos a bombear agua hacia abajo, y a utilizarla para elevar hidráulicamente y flexionar un gran bloque denso de tierra o para deformar elásticamente la tierra. Los componentes clave (bombas, turbinas) y los canales de pérdida (fricción de fluido) son similares o comunes a ambos, por lo que esperamos que este nuevo enfoque tenga aproximadamente la misma eficiencia global que el bombeo hidroeléctrico, de alrededor del 87% en una base de eficiencia total.

Una ventaja clave de este nuevo enfoque es que se puede utilizar un terreno plano y se eliminan movimientos de tierra masivos e impactos ambientales.

45 A continuación mostramos un par de instalaciones de fractura ejemplares para demostrar la escala de almacenamiento de energía disponible mediante este nuevo enfoque suponiendo que la deformación o elevación de la roca que se produce alrededor de una fractura hidráulica puede ser representada mediante lo siguiente:

**Ejemplo 1.** Pozo de 1 kilómetro de profundidad, con 1 cm de elevación media sobre un radio de 100 metros (fracturación típica de un yacimiento de petróleo)

50 Profundidad de pozo: 1.000 m

Radio de fractura: 100 m

Volumen de lingote: 31.400.000 m<sup>3</sup>

Densidad de la roca: 2.800 kg/m<sup>3</sup>

Masa de lingote: 87.900.000.000 kg

55 Peso de lingote: 862.000.000.000 Newtons

## ES 2 541 005 T3

Elevación media: 1 cm

Energía de elevación: 8.620.000.000 Julios                      8,6 E 9 Julios

Capacidad de almacenamiento: 2.395 kw/hr

**Ejemplo 2.** Pozo de 1 kilómetro de profundidad, con 10 cm de elevación media sobre un radio de 500 metros

5 Profundidad de pozo: 1.000 m

Radio de fractura: 500 m

Volumen de lingote: 7,85 E 8 m<sup>3</sup>

Densidad de la roca: 2.800 kg/m<sup>3</sup>

Masa de lingote: 2,20 E 12 kg

10 Peso de lingote: 2,16 E 13 Newtons

Elevación media: 10 cm

Energía de elevación: 2,16 E 12 Julios

Capacidad de almacenamiento: 5,99 E 5 kw/hr

15 Aunque se describen explicaciones de propiedades de fractura hidráulica, el solicitante no desea verse limitado por una teoría científica particular referente a las propiedades de las fracturas hidráulicas.

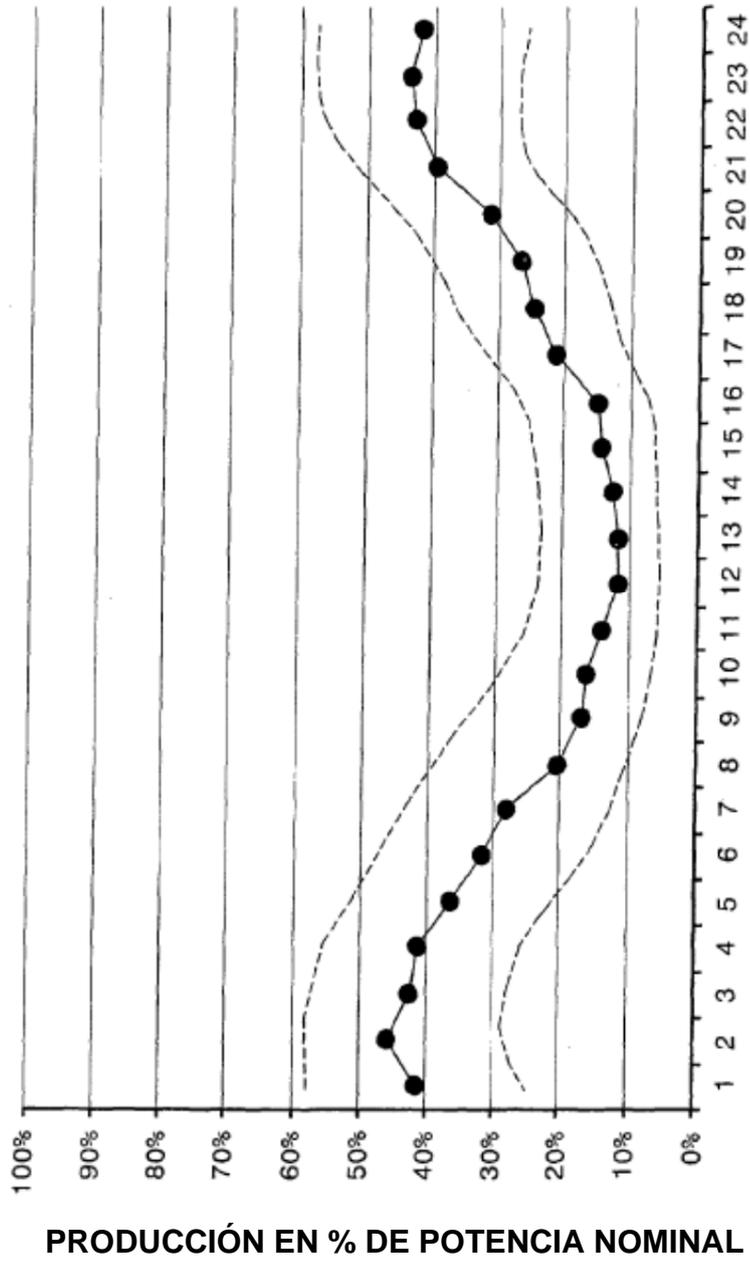
20 A modo de comparación, una turbina eólica de 3 MW funcionando a un factor de utilización típico de 30% genera 2,16 E4 kw/h/día. La unidad descrita en el ejemplo 2 puede, por tanto, almacenar toda la producción diaria nominal de un parque eólico formado por 167 turbinas. Si se compra un sistema de almacenamiento a base de baterías para esta cantidad de energía almacenada a precios actuales (400 \$/kW/h), se requeriría una inversión de capital de aproximadamente 239M \$. Esperamos que la inversión de capital para el almacenamiento de energía en tales fracturas hidráulicas sea de aproximadamente entre tres y diez veces menor. La escala de almacenamiento de energía está claramente en el régimen de gestión de carga (figura 2), al cual en la actualidad sólo se puede acceder mediante tecnología de bombeo hidráulico y de CAES. Si el sistema en este ejemplo fuera sometido a un ciclo de operaciones al 30% de capacidad cada día, el valor de arbitraje sería de aproximadamente 18.000 \$/día a 0,10 \$ por

25 kw/hora.

Aunque la presente invención se ha descrito con respecto a detalles específicos, no se pretende que tales detalles sean considerados como limitaciones en el ámbito de aplicación de la invención, excepto en la medida en que estén incluidos en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de almacenamiento de energía, que comprende:
- 5 bombear un fluido a través de un pozo (41) y al interior de una fractura hidráulica (46) en una formación rocosa alrededor del pozo (41), estando la fractura hidráulica (46) preparada de manera que la tasa de fuga de fluido (52) de fluido a almacenar bajo presión puede disminuir a un valor pequeño o mínimo; y
- antes de la fuga (52) de fluido desde la fractura hidráulica (46), reducir la presión en el pozo (41) a fin de extraer una parte del fluido por el pozo (41) y producir energía a partir de la presión del fluido extraído.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el fluido es un líquido.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el fluido es un gas.
- 10 4. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el fluido es una mezcla de líquido y gas.
5. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:
- el fluido está a una presión por encima de la presión de fracturación de la formación rocosa, y en el que al menos una parte del fluido contiene una resina (50), y en el que el método comprende además;
- 15 desplazar al menos una parte del fluido desde la fractura mediante la inyección de un fluido de desplazamiento (54) en la fractura (46); y
- permitir que la resina (50) cure.
6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que una parte del fluido contiene además un aditivo de pérdida de fluido.
7. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que una parte del fluido contiene además un apuntalante (55).
- 20 8. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la resina (50) es resina pura.
9. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la resina (50) es un epoxi.
10. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la resina (50) es una resina fenólica o un furano.
11. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la resina (50) tiene la forma de una dispersión de resina en un líquido.
- 25 12. Método de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende además:
- generar energía eléctrica durante períodos de producción óptimos utilizando una fuente principal de energía para un sistema de red eléctrica;
- utilizar una parte de la energía eléctrica generada durante períodos de producción óptimos para bombear el fluido de almacenamiento al interior de la fractura hidráulica (46) en la tierra;
- 30 durante un período de producción no óptimo, extraer el fluido de almacenamiento de la fractura hidráulica y generar energía eléctrica para el sistema de red eléctrica.
13. Método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que una resina curada (50) está en o alrededor de la fractura hidráulica (46) en la tierra.
- 35 14. Método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la fractura hidráulica (46) se ha formado mediante el método de la reivindicación 5.



HORA DEL DÍA

FIG. 1

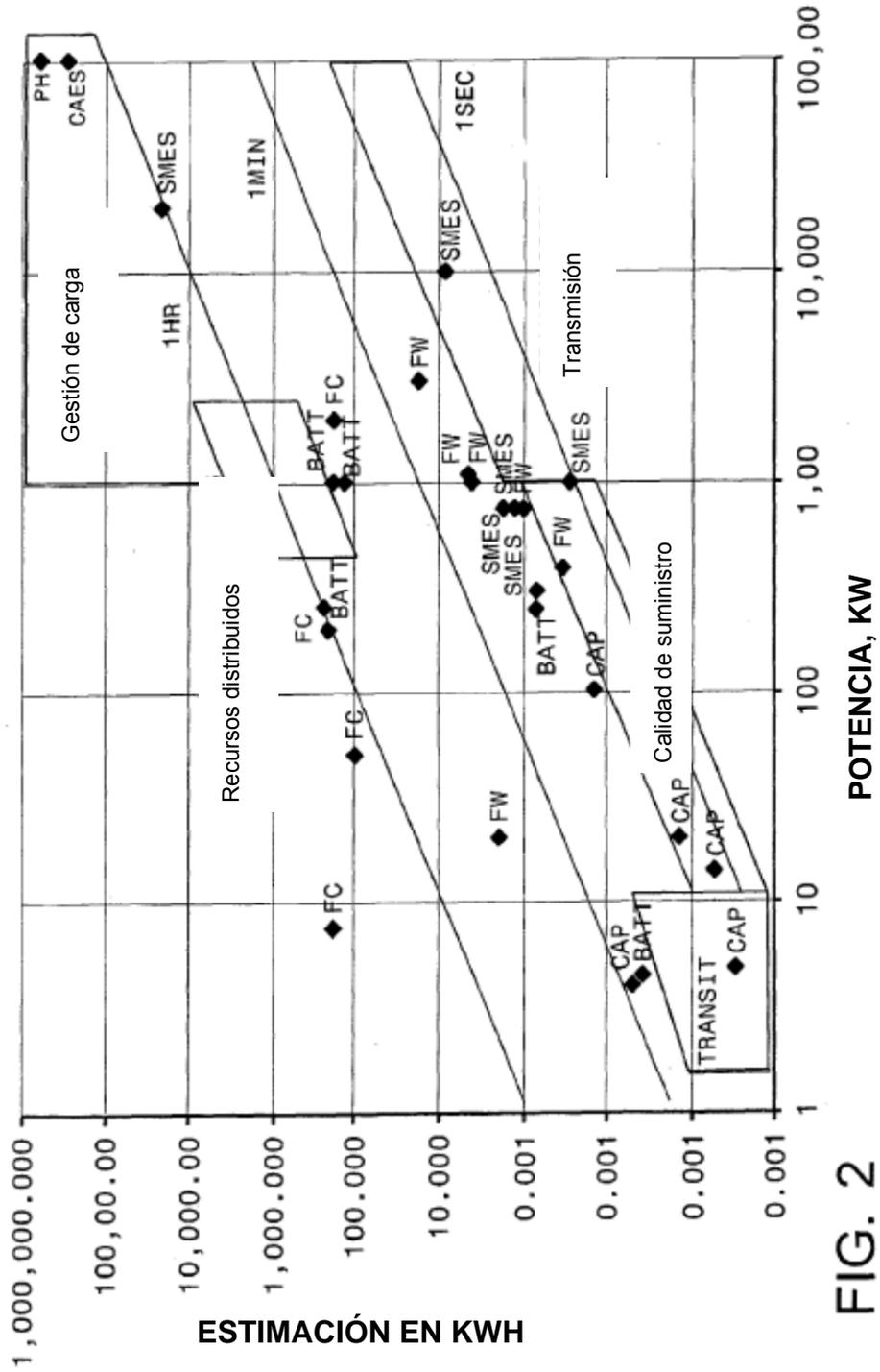


FIG. 2

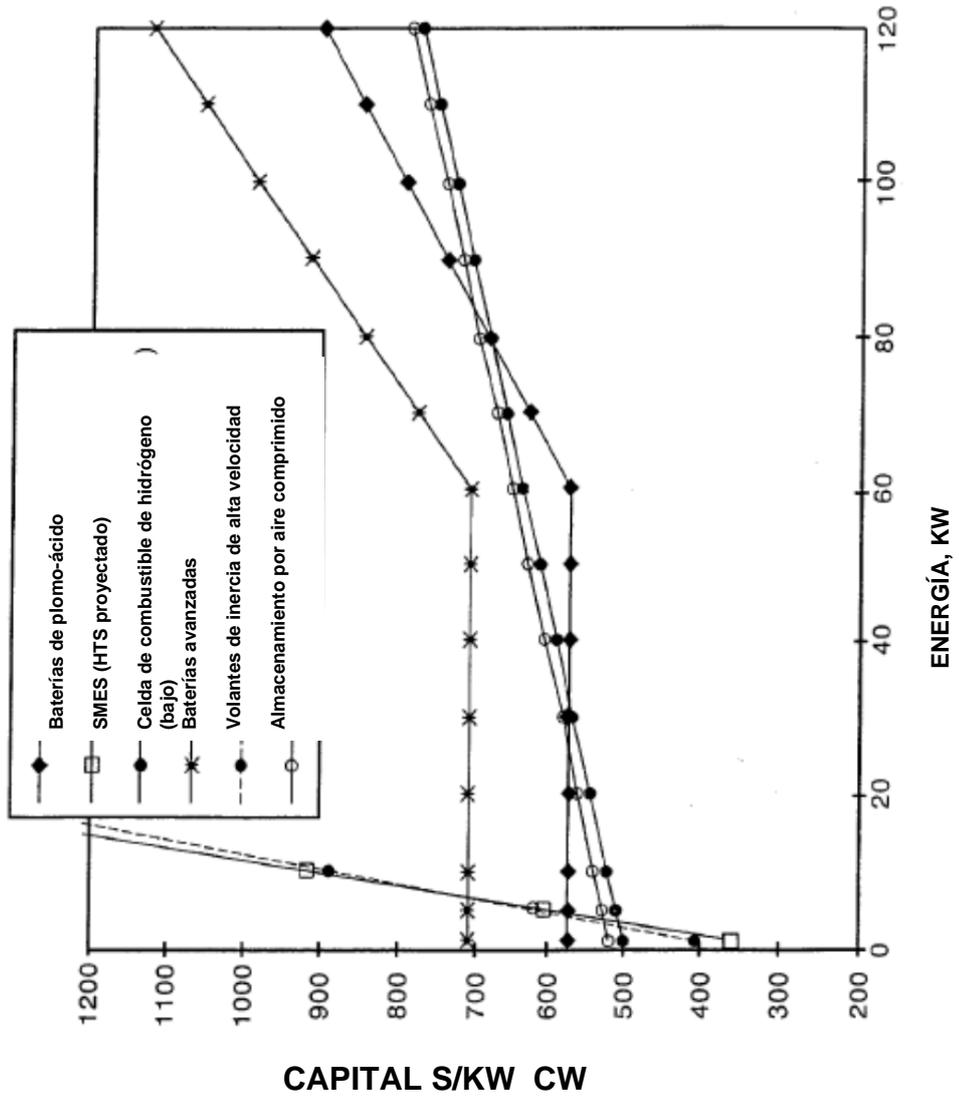


FIG. 3

