

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 921 433**

51 Int. Cl.:

F25J 1/00 (2006.01)

F25J 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2020** E 20181311 (0)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2022** EP 3764047

54 Título: **Método e instalación para producir hidrógeno líquido**

30 Prioridad:

08.07.2019 FR 1907571

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

25.08.2022

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)**

**75, Quai d'Orsay
75321 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**ALLIDIÈRES, LAURENT;
RIGOUT, GRÉGOIRE;
BARJHOUX, PIERRE y
MARLIER, PIERRE-GERMAIN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 921 433 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

Método e instalación para producir hidrógeno líquido

5 La invención hace referencia a un método e instalación para producir hidrógeno líquido.

La invención hace referencia más particularmente a un método para producir hidrógeno líquido por medio de un licuefactor alimentado por una fuente de hidrógeno gaseoso, siendo el licuefactor del tipo eléctrico y teniendo una potencia de enfriamiento variable dependiente de la potencia eléctrica consumida, estando el licuefactor alimentado eléctricamente por una primera fuente de electricidad y estando conectado al menos a otra fuente de electricidad adicional que proporciona una cantidad de electricidad intermitente o variable en el tiempo.

Debido a su densidad, se prefiere el hidrógeno líquido en su estado gaseoso cuando hay que transportar grandes cantidades de producto a largas distancias. Otra ventaja del hidrógeno líquido está ligada a su densidad y la gran capacidad de almacenamiento en una estación de servicio para el llenado de los depósitos de los vehículos de pila de combustible.

La baja densidad del hidrógeno líquido en comparación con el agua, por ejemplo, limita la presión disponible por altura hidrostática. A bajas temperaturas, esto puede provocar pérdidas por evaporación bastante importantes durante las transferencias.

Los sistemas de carga de camiones y depósitos en las plantas de licuefacción de hidrógeno pueden provocar pérdidas que pueden llegar hasta el 15 % de la producción (0,2 % de pérdida del depósito, 5 % de vaporización instantánea "flash" en la válvula de llenado del depósito y 10 % en los métodos de llenado de camiones).

Por supuesto, estas pérdidas por evaporación se pueden recuperar, recalentar, volver a comprimir y reinyectar en el licuefactor. Esto requiere invertir en un sistema de recirculación de pérdidas y un sobredimensionamiento del sistema de licuefacción.

Otra posible solución con algunos tipos de licuefactores (particularmente los que funcionan con un ciclo basado en el helio) es subenfriar el hidrógeno líquido por debajo de su temperatura de saturación. Esto permite compensar las pérdidas por evaporación durante las fases de llenado utilizando hidrógeno frío en los depósitos para recondensar las vaporizaciones "flash". Este subenfriamiento se consigue a expensas de la energía específica del licuefactor (ya que es necesario añadir una energía específica de subenfriamiento a la energía específica de licuefacción a la temperatura de saturación del líquido).

La licuefacción del hidrógeno requiere una energía eléctrica bastante importante: del orden de 6 a 14 kWh por kilo de hidrógeno licuado (de acuerdo con la tecnología de licuefacción y los tamaños de las plantas). Con el fin de reducir la huella de carbono del método de licuefacción, tiene ventajas acoplar el licuefactor con una fuente de energía renovable, que puede ser intermitente, como la solar o la eólica. La intermitencia de las fuentes de electricidad renovables hace extremadamente difícil el funcionamiento de un licuefactor por razones de estabilidad del método. Por esta razón, las instalaciones de licuefacción no se suelen alimentar con fuentes de energía intermitentes. De hecho, el licuefactor se suele integrar físicamente en la planta para producir hidrógeno gaseoso (la mayoría de las veces mediante el reformado de gas natural), siendo conveniente también que esta producción de hidrógeno gaseoso, por razones de durabilidad del equipo, funcione en régimen estacionario. El documento US 2017/321332 A1 muestra un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un aparato de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 14.

Un objetivo de la presente invención de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 14 es superar todos o parte de los inconvenientes identificados de la técnica anterior. Para ello, el método de acuerdo con la invención, que por lo demás se ajusta a la definición genérica dada en el preámbulo anterior, se caracteriza, en esencia, por las partes caracterizadoras de las reivindicaciones 1 y 14.

Esto permite utilizar la energía intermitente cuando está disponible para subenfriar, si es necesario, puntualmente la producción de un licuefactor de ciclo de helio, que funciona con un caudal de licuefacción estable y una potencia de licuefacción estable. Esta potencia de subenfriamiento, que se añade a la potencia de licuefacción, fluctúa en función de la contribución de las energías renovables disponibles.

Además, las formas de realización de la invención pueden tener una o más de las siguientes características:

- 60 • cuando se alimenta eléctricamente el licuefactor con el nivel de energía eléctrica nominal, el hidrógeno líquido producido por el licuefactor se encuentra en estado saturado,
- cuando el licuefactor se alimenta con un nivel de energía superior a dicho nivel nominal, el hidrógeno líquido producido por el licuefactor se encuentra subenfriado con respecto a su estado saturado,

65

- al menos una parte de la energía eléctrica superior a dicho nivel nominal que se suministra al licuefactor es utilizada por el licuefactor para subenfriar el hidrógeno líquido producido hasta una temperatura inferior a su temperatura de saturación,
- 5 • al menos una parte de la energía eléctrica superior a dicho nivel nominal que se suministra al licuefactor es suministrada por la al menos una fuente de electricidad adicional,
- el licuefactor se configura para producir una cantidad de hidrógeno líquido determinada a lo largo del tiempo con un nivel de subenfriamiento nulo o no en función del nivel de energía eléctrica superior a dicho nivel nominal que se le suministre,
- 10 • el hidrógeno subenfriado producido por el licuefactor tiene una temperatura rebajada en 0,01 grados hasta casi 7 K, en particular entre 0,001 y 4 K, con respecto a las primeras condiciones termodinámicas, hasta en particular una temperatura que puede alcanzar el nivel de la temperatura del punto triple del hidrógeno, es decir, 13,8 K,
- 15 • el nivel de energía eléctrica superior a dicho nivel nominal es variable entre el cero y el veinticinco por ciento y, en particular, entre el cero y el quince por ciento del nivel de energía eléctrica nominal,
- 20 • la primera fuente de electricidad comprende una red eléctrica a la que se conecta el licuefactor,
- la al menos una fuente de energía adicional comprende al menos una de las siguientes: un generador de electricidad de tipo eólico, un generador de electricidad de tipo solar.
- 25 • el hidrógeno líquido producido por el licuefactor se transfiere a un almacenamiento de líquido,
- cuando se alimenta eléctricamente el licuefactor con el nivel de energía eléctrica nominal determinado, el hidrógeno líquido producido por el licuefactor se transfiere al depósito en las primeras condiciones termodinámicas correspondientes a la temperatura de burbuja del hidrógeno a la presión de almacenamiento en el depósito y cuando el licuefactor se alimenta eléctricamente con un nivel de energía superior a dicho nivel nominal, el hidrógeno producido por el licuefactor con este mismo caudal se transfiere al depósito con una temperatura inferior a la temperatura de burbuja del hidrógeno a la presión de almacenamiento en el depósito,
- 30 • el licuefactor produce hidrógeno líquido con un caudal estable o constante.

La invención también hace referencia a una instalación para producir hidrógeno líquido que comprende un licuefactor, una fuente de hidrógeno gaseoso conectada al licuefactor, siendo el licuefactor de tipo eléctrico y teniendo una potencia de enfriamiento variable en función de la potencia eléctrica consumida, comprendiendo la instalación una primera fuente de electricidad conectada al licuefactor para alimentar eléctricamente a este último, al menos una fuente de electricidad adicional que proporciona una cantidad de electricidad intermitente o variable en el tiempo y conectada al licuefactor para alimentar eléctricamente a este último, comprendiendo la instalación además un controlador electrónico configurado para controlar la potencia de enfriamiento del licuefactor para producir hidrógeno líquido con unas primeras condiciones termodinámicas cuando éste último se alimenta eléctricamente con un nivel de energía eléctrica nominal determinado o para producir hidrógeno líquido subenfriado con respecto a las primeras condiciones termodinámicas cuando el licuefactor se alimenta eléctricamente con un nivel de energía superior a dicho nivel nominal.

De acuerdo con otras posibles formas de realización:

- 50 • el controlador electrónico se conecta eléctricamente a la primera fuente de electricidad, a la al menos una fuente de electricidad adicional y al licuefactor, estando el controlador electrónico configurado para alimentar eléctricamente el licuefactor desde la primera fuente de electricidad con un nivel de energía eléctrica nominal determinado y para alimentar eléctricamente el licuefactor con un nivel de energía eléctrica superior al nivel nominal determinado complementando la energía eléctrica suministrada por la primera fuente de electricidad con la energía eléctrica adicional disponible suministrada por la al menos una fuente de electricidad adicional,

La invención también puede hacer referencia a cualquier dispositivo o método alternativo que comprenda cualquier combinación de las características anteriores o siguientes dentro del ámbito de las reivindicaciones.

60 Otras características y ventajas se pondrán de manifiesto con la lectura de la siguiente descripción, hecha con referencia a las figuras en las que:

65 La Fig.1 muestra una vista esquemática y parcial que ilustra un ejemplo de la estructura y el funcionamiento de una instalación de acuerdo con la invención,

La Fig. 2 muestra una vista esquemática y parcial que ilustra un ejemplo de las variaciones de la potencia eléctrica de alimentación y de la potencia de licuefacción del licuefactor de la instalación.

5 La instalación para producir hidrógeno líquido 1 comprende un licuefactor 2 conectado a una fuente de hidrógeno gaseoso 3. La fuente de hidrógeno gaseoso 3 comprende, por ejemplo, una unidad de reformado de gas natural (SMR) que produce el hidrógeno gaseoso que se suministra al licuefactor 2. Se pueden proporcionar una o más fuentes de gas diferentes. De este modo, la fuente 3 puede comprender una red de hidrógeno y/o una unidad para producir hidrógeno (por ejemplo, de reformado con vapor y/o electrolisis o cualquier otra fuente adecuada). De este modo, la
10 fuente 3 puede comprender también la recuperación de hidrógeno a partir de una fuente impura (gas residual de refinera, hidrógeno fatal procedente de un electrolizador cloroalcalino...) .

La fuente de hidrógeno 3 proporciona, por ejemplo, un caudal estable de hidrógeno (preferiblemente puro) para ser licuado con una presión que puede estar comprendida entre 7 y 150 bar abs y a temperatura ambiente.

15 En el caso de un SMR, este último produce preferiblemente un caudal constante de hidrógeno comprendido entre un caudal máximo aceptado por el licuefactor y un caudal mínimo para el funcionamiento reducido del licuefactor 2 (normalmente el caudal mínimo es del 30 al 40 % del caudal máximo). Preferiblemente, el ritmo de cambio es del orden de varios puntos porcentuales del caudal instantáneo por minuto

20 El licuefactor 2 es del tipo eléctrico y tiene una potencia de enfriamiento variable en función de la potencia eléctrica consumida. Por ejemplo, y sin que esto sea restrictivo, el licuefactor 2 puede ser un licuefactor que utiliza un fluido de trabajo compuesto por helio ("licuefactor de ciclo de helio", pero se puede proporcionar otro gas de trabajo: nitrógeno, o cualquier otra mezcla...) que garantice la compresión (compresores), el enfriamiento, la expansión (turbina(s)) y el
25 recalentamiento. En particular, la potencia de licuefacción se puede controlar mediante el control de la velocidad de rotación de uno o más motores de accionamiento de los compresores. Estos motores pueden ser eléctricos (en particular, motores síncronos de alta velocidad sobre cojinetes magnéticos). Preferiblemente, los compresores son centrífugos de accionamiento directo, lo que permite una alta eficiencia. La potencia de la(s) turbina(s) se puede recuperar de forma ventajosa y se puede utilizar para reducir el consumo del(los) motor(es). De este modo, al aumentar la velocidad de los motores (y, por tanto, el caudal en el ciclo del gas de trabajo), se incrementa la potencia de
30 enfriamiento producida y, por tanto, el consumo eléctrico del licuefactor (y viceversa).

Por ejemplo, el licuefactor 2 puede producir un caudal estable de hidrógeno líquido entre su punto de burbuja y su punto de solidificación a la presión de alimentación desde la fuente de hidrógeno gaseoso 3 menos las pérdidas de
35 carga del gas en los intercambiadores de calor de dicho licuefactor (del orden de unos cientos de milibares).

Por ejemplo, el licuefactor 2 puede producir desde 100 kg de hidrógeno al día hasta más de 100 toneladas diarias. Esta capacidad se adapta en función de su potencia de subenfriamiento y de la disponibilidad de electricidad.

40 Un licuefactor de este tipo puede ser del tipo "Turbo Brayton" comercializado por el solicitante, que puede proporcionar, en particular, enfriamiento y licuefacción de 15 K a 20 K.

El licuefactor 2 es, pues, una máquina eléctrica conectada a una primera fuente de electricidad 4 para alimentarlo eléctricamente. Preferiblemente, ésta primera fuente eléctrica (fuente principal) es estable y es o comprende, por
45 ejemplo, una red eléctrica.

El licuefactor 2 también se conecta eléctricamente (preferiblemente en paralelo) al menos a una fuente de electricidad 5, 6 adicional. Esta fuente o fuentes 5, 6 adicionales son del tipo que proporciona una cantidad de electricidad intermitente o variable en el tiempo, en particular las fuentes de electricidad de tipo renovables (eólica, solar...) .

50 La instalación 1 comprende además un controlador electrónico 7 configurado para controlar la potencia de enfriamiento del licuefactor 2 para producir hidrógeno líquido en unas primeras condiciones termodinámicas cuando éste último se alimenta con electricidad con un nivel de energía eléctrica nominal determinado (por la primera fuente de electricidad 4) o para producir hidrógeno líquido subenfriado con respecto a las primeras condiciones termodinámicas cuando el
55 licuefactor 2 se alimenta con electricidad con un nivel de energía superior a dicho nivel nominal (por la primera fuente de electricidad 4 complementada por al menos una fuente 5, 6 adicional).

El controlador electrónico 7 comprende, por ejemplo, un microprocesador, un ordenador o cualquier otro dispositivo adecuado.

60 Preferiblemente, el controlador electrónico 7 se configura para permitir que la cantidad de energía necesaria para la licuefacción de hidrógeno se gestione en función de la demanda de hidrógeno líquido saturado y para gestionar el exceso de energía eléctrica renovable con el fin de proporcionar subenfriamiento.

65 La primera fuente de electricidad 4 proporciona, por ejemplo, la energía eléctrica necesaria para licuar una determinada cantidad de hidrógeno en su punto de burbuja.

De este modo, el caudal de líquido saturado producido por el licuefactor 2 puede ser constante, pero el nivel de subenfriamiento se puede lograr exclusivamente con la energía proporcionada, si es necesario, por la(s) fuente(s) de energía renovable excedente(s) variable(s) e intermitente(s) 5, 6.

Un ejemplo de dichas variaciones se muestra en la Fig. 2. Las curvas con cruces y círculos representan respectivamente las variaciones con el tiempo t de la cantidad de energía producida a partir de una fuente solar y eólica respectivamente entre el 0 y el 100 % de una cantidad determinada. La tercera curva representa la variación con el tiempo t del subenfriamiento (ΔT) (en grados K) del hidrógeno producido por el licuefactor 2. Por tanto, el subenfriamiento es proporcionalmente mayor cuando la energía renovable total disponible es grande.

El licuefactor de capacidad de enfriamiento variable permite utilizar la energía intermitente cuando está disponible. Esto puede permitir el acceso a tarifas eléctricas preferentes (normalmente utilizando el excedente solar durante el día, o el excedente eólico en caso de tormenta). Estas tarifas pueden ser incluso negativas en algunos casos.

Esta configuración permite la generación de hidrógeno subenfriado a un coste menor necesario para reducir las pérdidas por evaporación, al tiempo que se utiliza un sistema para producir hidrógeno estable, como por ejemplo un SMR, como fuente y se licua un caudal estable.

Según se ilustra, el hidrógeno líquido producido por el licuefactor 2 se puede transferir a una instalación de almacenamiento de líquido 8 por medio de una tubería 9. Este almacenamiento se puede aislar al vacío y ser de un tamaño correspondiente, por ejemplo, a varios días de producción del licuefactor (por ejemplo, cinco días).

De forma convencional, la presión en el almacenamiento 8 se puede regular, por ejemplo, a un valor fijo (por ejemplo, entre 1,05 y 11 bar, por ejemplo, entre 1,1 y 5 bar en particular 2,5 bar absolutos). Esta presión también puede resultar de un equilibrio entre una fase líquida y un gas saturado en equilibrio termodinámico. En el caso de un almacenamiento de hidrógeno subenfriado, tiene ventajas utilizar el gran volumen del almacenamiento para inyectar el hidrógeno subenfriado en el fondo de la cisterna y favorecer de este modo la estratificación vertical de la temperatura del hidrógeno en el líquido, de manera que el hidrógeno en equilibrio en la interfaz líquido/gas esté más caliente que el hidrógeno líquido en el fondo de la cisterna. De la misma manera, la fase gaseosa se estratificará de manera vertical en temperatura.

Por presión del almacenamiento 8 se entiende, por ejemplo, la presión media en el almacenamiento o en la parte inferior del almacenamiento o en la parte superior (en el cielo gaseoso). De hecho, debido a la baja densidad del hidrógeno, la presión en la parte inferior del almacenamiento es aproximadamente igual a la presión en la parte superior.

La instalación 1 constituye de este modo un sistema de almacenamiento de energía renovable en forma de hidrógeno subenfriado. La ventaja con respecto a un sistema de almacenamiento convencional en forma de hidrógeno líquido es su sencillez de utilización. De hecho, cualquier planta de licuefacción de hidrógeno que disponga de un proceso de licuefacción de hidrógeno adaptable que permita el subenfriamiento se puede convertir en un sistema de almacenamiento de energía de este tipo.

Este almacenamiento líquido 8 se puede utilizar para llenar (por ejemplo, por medio de al menos una tubería 10), depósitos móviles 11, como los depósitos de líquido transportados mediante semirremolques (por ejemplo, con una capacidad de 1000-4000kg). Esta tubería 10 puede estar provista de una válvula, por ejemplo, una válvula comandada y/o una bomba o similar.

Estos depósitos 11 se pueden llenar con hidrógeno líquido en torno a la saturación, en particular, con caudales de 1000 a 2000 kg por hora, por ejemplo. Se puede prever una tubería de recuperación 12 para devolver el gas vaporizado a los depósitos 11 durante su llenado (por ejemplo, entre uno y doce bares de presión y con un caudal comprendido entre 100 y 200 kg por hora). Estas pérdidas procedentes de la vaporización del líquido en el depósito que se va a llenar o en las canalizaciones se pueden reducir otro tanto más si el hidrógeno líquido se inyecta con un nivel de subenfriamiento no nulo.

Se puede prever una tubería de retorno 13 para devolver el gas de vaporización que se crea en el almacenamiento 8 (debido a las entradas térmicas) a un sistema de recuperación 14. Este gas frío tiene, por ejemplo, una presión comprendida entre 1 y 12 bares y un caudal comprendido entre el 0,1 y el 1 % de la capacidad del almacenamiento 8 por día. Este sistema de recuperación 14 puede comprender un recalentador, un almacenamiento y un compresor de recirculación.

Este gas recuperado se puede devolver hacia el licuefactor 2 para su licuefacción por medio de una tubería 15.

De este modo, el sobrecoste adicional del subenfriamiento se puede reducir por la relación de costes entre el exceso de energía intermitente y la energía de base.

ES 2 921 433 T3

Por ejemplo, entre el 0 y el 10 % de la energía eléctrica de la licuefacción se puede utilizar para el subenfriamiento del hidrógeno.

Esta solución se puede aplicar a otros gases distintos del hidrógeno, en particular al gas natural.

5 La instalación 1 podría tener además una tubería de transferencia que tenga un extremo conectado a la salida del licuefactor 2 y un extremo que tenga por objetivo ser conectado al depósito(s) 11 directamente (sin pasar por el almacenamiento 8). Esta tubería de transferencia puede estar provista de una válvula (preferiblemente comandada) para transferir hidrógeno líquido del licuefactor 2 hacia el depósito 11.

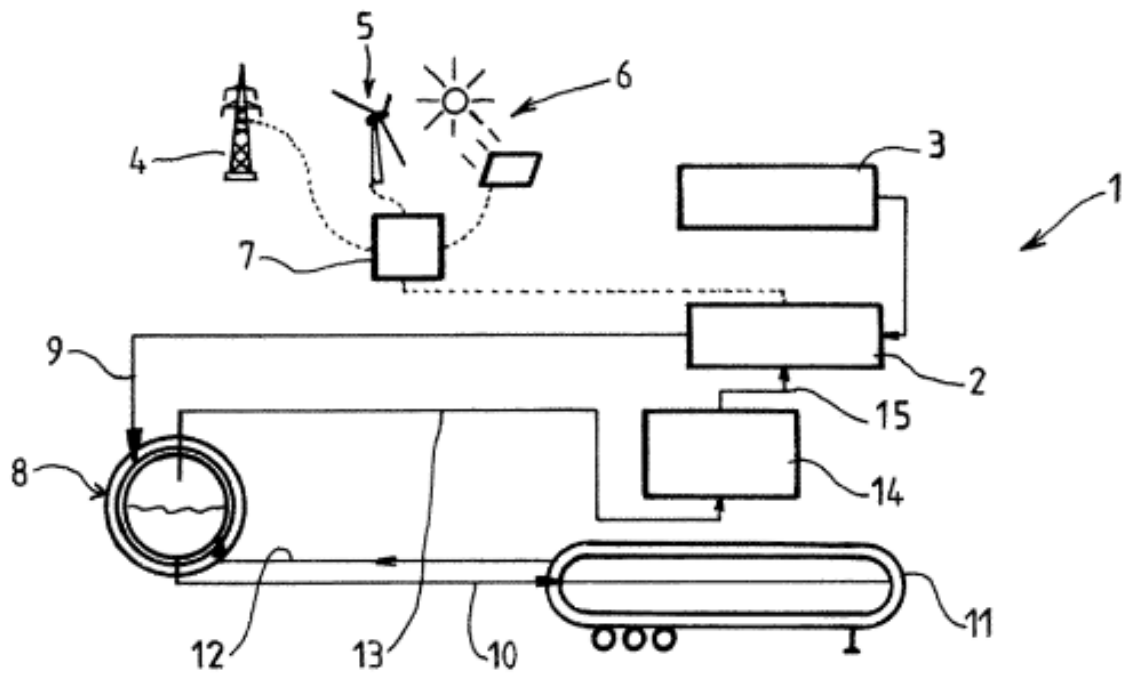
10 El almacenamiento 8 y el depósito 11 pueden ser de doble pared y estar aislados al vacío.

REIVINDICACIONES

1. Método para producir hidrógeno líquido por medio de un licuefactor (2) alimentado por una fuente de hidrógeno gaseoso (3), siendo el licuefactor (2) del tipo eléctrico y teniendo una potencia de enfriamiento variable dependiente de la potencia eléctrica consumida, estando el licuefactor (2) alimentado eléctricamente por una primera fuente de electricidad (4) y estando conectado al menos a una fuente de electricidad (5, 6) adicional que suministra una cantidad intermitente o variable de electricidad en el tiempo, siendo producido el hidrógeno líquido por el licuefactor (2) con unas primeras condiciones termodinámicas cuando éste último se alimenta eléctricamente con un nivel de energía eléctrica nominal determinado, **caracterizado por que**, cuando el licuefactor (2) se alimenta eléctricamente con un nivel de energía superior a dicho nivel nominal, el hidrógeno producido por el licuefactor (2) está subenfriado con respecto a las primeras condiciones termodinámicas.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** cuando el licuefactor (2) se alimenta eléctricamente con el nivel de energía eléctrica nominal, el hidrógeno líquido producido por el licuefactor (2) se encuentra en estado saturado.
3. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** cuando el licuefactor (2) es alimentado eléctricamente con un nivel de energía superior a dicho nivel nominal, el hidrógeno líquido producido por el licuefactor (2) se encuentra subenfriado con respecto a su estado saturado.
4. Método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** al menos una parte de la energía eléctrica superior a dicho nivel nominal que se suministra al licuefactor (2) es utilizada por el licuefactor (2) para subenfriar el hidrógeno líquido producido con una temperatura inferior a su temperatura de saturación.
5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** al menos una parte de la energía eléctrica superior a dicho nivel nominal y que se suministra al licuefactor (2) es suministrada por la al menos una fuente de electricidad (5, 6) adicional.
6. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el licuefactor (2) se configura para producir una cantidad de hidrógeno líquido determinada en el tiempo con un nivel de subenfriamiento nulo o no en función del nivel de energía eléctrica superior a dicho nivel nominal que se le suministre.
7. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** el hidrógeno subenfriado producido por el licuefactor (2) tiene una temperatura rebajada entre 0,01 grados y casi 7°K, en particular entre 0,001 y 4°K, con respecto a las primeras condiciones termodinámicas, en particular hasta una temperatura que puede alcanzar el nivel de temperatura del punto triple del hidrógeno, es decir 13,8 K.
8. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** el nivel de energía eléctrica superior a dicho nivel nominal es variable entre el cero y el veinticinco por ciento y en particular entre el cero y el quince por ciento del nivel de energía eléctrica nominal.
9. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** la primera fuente de electricidad (4) comprende una red eléctrica a la que se conecta el licuefactor (2).
10. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** la al menos una fuente de electricidad (5, 6) adicional comprende al menos una de las siguientes: un generador de electricidad de tipo eólico (5), un generador de electricidad de tipo solar (6).
11. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** el hidrógeno líquido producido por el licuefactor (2) se transfiere a un almacenamiento de líquido (8).
12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que**, cuando el licuefactor (2) se alimenta eléctricamente con el nivel de energía eléctrica nominal determinado, el hidrógeno líquido producido por el licuefactor (2) se transfiere al depósito (8) en las primeras condiciones termodinámicas correspondientes a la temperatura de burbuja del hidrógeno a la presión de almacenamiento en el depósito (8), y **por que** cuando el licuefactor (2) se alimenta eléctricamente con un nivel de energía superior a dicho nivel nominal, el hidrógeno producido por el licuefactor (2) a este mismo caudal se transfiere al depósito (8) con una temperatura inferior a la temperatura de burbuja del hidrógeno a la presión de almacenamiento en el depósito (8).
13. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por que** el hidrógeno líquido es producido por el licuefactor (2) con un caudal estable o constante.
14. Instalación para producir hidrógeno líquido que comprende un licuefactor (2), una fuente de hidrógeno gaseoso (3) conectada al licuefactor (2), siendo el licuefactor (2) del tipo eléctrico y teniendo una potencia de enfriamiento variable en función de la potencia eléctrica consumida, comprendiendo la instalación una primera fuente de electricidad (4) conectada al licuefactor (2) para alimentar eléctricamente éste último, al menos una fuente de electricidad (5, 6)

- adicional que suministra una cantidad intermitente o variable en el tiempo y que se conecta al licuefactor (2) para alimentar eléctricamente a éste último, comprendiendo la instalación (1) además un controlador electrónico (7) configurado para controlar la potencia de enfriamiento del licuefactor para producir hidrógeno líquido con unas primeras condiciones termodinámicas cuando éste último se alimenta eléctricamente con un nivel de energía eléctrica nominal determinado, **caracterizada por que** el controlador electrónico se configura para controlar la potencia de enfriamiento del licuefactor para producir hidrógeno líquido subenfriado con respecto a las primeras condiciones termodinámicas cuando el licuefactor se alimenta eléctricamente con un nivel de energía superior a dicho nivel nominal.
- 5
15. Instalación de acuerdo con la reivindicación 14, **caracterizada por**
- 10 **que** el controlador electrónico (7) se conecta eléctricamente a la primera fuente de electricidad (4), a la al menos una fuente de electricidad (5, 6) adicional y al licuefactor (2), siendo configurado el controlador electrónico (7) para alimentar eléctricamente con un nivel de energía eléctrica nominal determinado al licuefactor (2) desde la primera fuente de electricidad (4) y para alimentar eléctricamente con un nivel de energía eléctrica superior al nivel nominal determinado complementando la energía eléctrica suministrada por la primera fuente de electricidad (4) con la energía eléctrica adicional disponible suministrada por la al menos una fuente de electricidad (5, 6) adicional.
- 15

[Fig. 1]



[Fig. 2]

