

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-040782- -00000-0000

Fecha: 2013-02-28 15:42:33

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR

Tra. 11 PATENTEIYII

Eve: 378 FASENACIONALI

Act. 411 PRESENTACION

Folios: 46

Industria y

SUPERINTENDENCIA

SOLICITUD

PATENTE DE INVENCION

21. EXPEDIENTE No.

54. TITULO: SISTEMA DE REACTOR QUÍMICO Y MÉTODO QUE UTILIZA UNA BOMBA DE TURBINA REGENERATIVA PARA PRODUCIR GAS COMBUSTIBLE

51. CLASIFICACION INTERNACIONAL C07C 1/20

71. SOLICITANTE: B9 PLASMA, INC.

DOMICILIO: New Jersey, Estados Unidos de América.

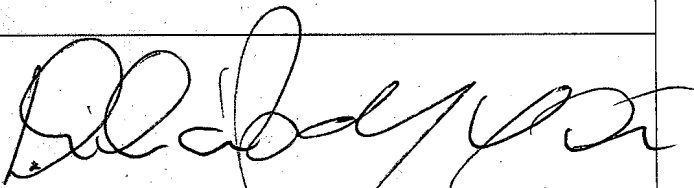
74. APODERADO DILIA RODRIGUEZ D'ALEMAN

22. BOGOTÁ, D.C.

Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO No. 13-040782- -00000-0000 Fecha: 2013-02-28 15:42:33 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI Act. 411 PRESENTACION Folios: 46
---	---

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
SOLICITUD FASE NACIONAL – PCT

1	TIPO DE SOLICITUD	☒ Patente de invención ☒ Capítulo I	☐ Patente de Modelo de Utilidad ☐ Capítulo II
2	DATOS SOLICITUD INTERNACIONAL PCT (86)		
Solicitud Internacional No. PCT/ US2011/052806 Fecha 22 de Septiembre de 2011			
Publicación Internacional No. WO 2012/040494 A1 Fecha 29 de Marzo de 2012			
3	TÍTULO DE LA INVENCIÓN (200 caracteres o espacios máximos)		
SISTEMA DE REACTOR QUÍMICO Y MÉTODO QUE UTILIZA UNA BOMBA DE TURBINA REGENERATIVA PARA PRODUCIR GAS COMBUSTIBLE			
4	CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL (CIP) C07C 1/20		
5	SOLICITANTE (S) ☐ Esta persona también es inventor. Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
APELLIDOS O RAZÓN SOCIAL		NOMBRE	IDENTIFICACIÓN
B9 PLASMA, INC.			
6	DATOS DEL SOLICITANTE		
DIRECCIÓN: 129 Gaither Drive, Suite 10 Mount Laurel, No. TELÉFONO:			
CIUDAD: New Jersey 08054, LUGAR DE CONSTITUCIÓN: Estados Unidos de América			
PAÍS DE RESIDENCIA: Estados Unidos de América			
7	INVENTOR (ES)		
APELLIDOS		NOMBRES	NACIONALIDAD
BUTLER,		James, Charles	Estadounidense
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:			
8	DATOS INVENTOR (ES)		
DIRECCIÓN	CIUDAD	ESTADO	PAÍS RESIDENCIA
8 Millhouse Lane	Cherry Hill,	New Jersey 08003,	Estados Unidos de América
OTRO(S) SOLICITANTE(S) Y/O (OTRO(S)) INVENTOR(ES)			
☐ Los demás solicitantes y/o (demás) inventores se indican en una hoja a continuación.			
9	☐ REPRESENTANTE LEGAL ☒ APODERADO		
APELLIDOS		NOMBRES	IDENTIFICACIÓN
RODRIGUEZ D'ALEMAN		DILIA MARIA	C.C.41.654.882 T.P.20824 CSJ
DIRECCIÓN	Cra. 11 No. 86 – 53, Piso 6	No. TELÉFONO	6181088
CIUDAD	Bogotá, D.C.	CORREO	notificaciones@clarkemodet.com.co
PAÍS	Colombia	ELECTRÓNICO	
10	DECLARACIONES DE PRIORIDAD ☒ SI ☐ NO		
(33) PAÍS DE ORIGEN		CÓDIGO PAÍS	(31) NÚMERO
1.Estados Unidos de América		US	61/385.423
2.Estados Unidos de América		US	61/385.392
			(32) FECHA AAA/MM/DD
			2010/09/22
			2010/09/22

11	DECLARACIÓN SOBRE USO DE RECURSOS GENÉTICOS O BIOLÓGICOS		
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen.			
☐ SI ☐ NO			
Nota: En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o número de registro, expedido por la Autoridad competente.			
12	DECLARACIÓN SOBRE USO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES		
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicionales de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.			
☐ SI ☐ NO			
Nota: En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado, o número de registro expedido por la Autoridad competente.			
13	REDUCCIÓN DE TASAS		
Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.			
☐ SI ☐ NO			
Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.			
Micro, pequeñas y medianas empresas ☐			
Universidades públicas o privadas ☐			
Entidades sin ánimo de lucro ☐			
Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos			
14	AUTORIZACIÓN DE NOTIFICACIÓN EN LÍNEA ☐ SI ☐ NO		
Manifiesto que he leído y entendido perfectamente los términos y condiciones de uso de medios electrónicos para las notificaciones en línea a través de Internet de los actos administrativos proferidos por la Superintendencia de Industria y Comercio que deben ser notificados personalmente y, en consecuencia, autorizo el servicio de notificación a través de internet.			
15	COMPROBANTE DE PAGO O PAGO ELECTRÓNICO	Nº 13-010997 13-017680	Fecha 05/02/2013 21/02/2013
16	FIRMA DEL APODERADO :		
 DILIA MARÍA RODRÍGUEZ D'ALEMAN C.C. 41.654.882 T.P. 20824 CSJ			
17	ANEXOS		
Documentación Técnica Solicitud Internacional en castellano		Documentación Jurídica	
1. ☒ Descripción Nº de folios: 28		9. ☒ Poderes, si fuera el caso.	
2. ☒ Reivindicaciones Nº Reivindicaciones: 28		10. ☐ Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante.	
3. ☒ Dibujos y/o figuras Nº folios: 8		11. ☐ Copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, certificado o número de registro, si fuera el caso.	
4. ☒ Resumen.		12. ☐ Copia de la licencia o autorización de Conocimientos Tradicionales, certificado o número de registro, si fuera el caso.	
5. ☐ Certificado de depósito de material biológico si fuera el caso.		13. Reducción de tasas	
6. ☐ Listado de secuencias de nucleótidos y/o aminoácidos en forma digital si fuera el caso.		Micro, pequeñas o medianas empresas	
7. ☐ Arte final 12 x 12.		☐ Copia simple de la declaración de renta del año inmediatamente anterior, o en su defecto prueba documental idónea.	
8. ☐ Anexo formato digital.		☐ Documento de constancia de cumplimiento con lo establecido en la ley 905 de 2004.	
		Universidades públicas o privadas	
		☐ Copia acto de reconocimiento institucional emitido por el Ministerio de Educación	
		Entidades sin ánimo de lucro	
		☐ Copia de registro vigente en Cámara de comercio.	
		☐ Hoja de información complementaria.	
		☐ Otros, especificar	
		14. ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.	
		15. ☐ Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.	
		16. ☐ Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación.	
		17. ☒ Comprobante de pago por reivindicación adicional a 10.	

**SISTEMA DE REACTOR QUÍMICO Y MÉTODO QUE UTILIZA UNA BOMBA
DE TURBINA REGENERATIVA PARA PRODUCIR GAS COMBUSTIBLE**

Referencia cruzada a una solicitud relacionada

5 La presente solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la Solicitud Provisional de Estados Unidos con N° de serie 61/385.423, presentada el 22 de septiembre 2010, y de la Solicitud Provisional de Estados Unidos con N° de serie 61/385.392, presentada el 22 de septiembre 2010, cuyas descripciones completas están expresamente incluidas aquí por referencia.

10 **Campo de la invención**

 La presente invención se refiere a reactores químicos y sistemas de bombas y, más específicamente, a un reactor químico que tiene una bomba de turbina regenerativa para producir gas combustible.

Antecedentes de la invención

15 Las reacciones de síntesis endotérmicas convierten el agua y el dióxido de carbono en una mezcla de gas combustible que contiene monóxido de carbono, metano e hidrógeno. Tales reacciones incluyen la transformación inversa de gas a agua, la reacción de Sabatier y el proceso de Fischer-Tropsch.

 La cavitación provocada por equipos y técnicas ultrasónicas e hidrodinámicas se ha
20 utilizado para la catálisis de muchas reacciones endotérmicas conocidas y bien definidas, tradicionalmente implementadas con un proceso a alta temperatura/alta presión durante muchos años. La ventaja de la cavitación como un mecanismo de catálisis química es el efecto de la alta presión y temperaturas alcanzado en el dominio del efecto cerca de la burbuja colapsada, siendo la tasa de calentamiento suficiente para iniciar y sostener las
25 reacciones en soluciones acuosas y otras.

 La síntesis de reducción y oxidación se ha implementado utilizando reactores a alta presión/alta temperatura durante décadas. Más recientemente, en el campo de la sonoquímica ultrasónica, algunas de estas reacciones se han duplicado en configuraciones experimentales; los resultados reportados en la literatura sugieren que la catálisis de
30 reducción sonoquímica, específicamente la hidrólisis que da como resultado la protonación de dióxido de carbono en soluciones acuosas, reduciéndola a monóxido de carbono, puede ser catalizada en condiciones específicas utilizando la cavitación ultrasónica. Puesto que este mecanismo parece ser eficaz para la catálisis de reducción, se entiende que la protonación adicional con técnicas o métodos cavitacionales análogos a la catálisis química
35 cavitacional dan como resultado la producción de CH₄ y otros alcanos.

 La aplicación de cavitación hidrodinámica y sonoquímica para la síntesis química a escala comercial o industrial podría decirse que ha sido limitada por la naturaleza del mecanismo utilizado para catalizar las reacciones para estos fines - cavitación. Mientras que un colapso de burbuja única como se logra en la sonoluminiscencia de burbuja única se
40 ha demostrado como una técnica estable, de colapso de burbuja controlado utilizando los

000002

métodos de la cavitación ultrasónica, la cavitación tal como se aplica en procesos industriales utiliza, casi invariablemente, la cavitación multi-burbuja como el mecanismo catalítico. Esta técnica, cuando se utiliza a niveles de potencia elevados en los materiales que contienen dióxido de carbono, tales como corrientes de gases residuales de combustión de combustibles fósiles, las aguas residuales superficiales o profundas, efluentes del proceso o agua de mar con cantidades significativas de dióxido de carbono y ácido carbónico disuelto requieren una modificación continua de las condiciones del proceso para mantener las tasas de rendimiento económicamente viables. Estos tipos de cambios en las bases del mecanismo de cavitación son difíciles ya que tanto la cavitación ultrasónica como hidrodinámica requieren condiciones limitadas y específicas para lograr las características de colapso de alta temperatura y presión necesarias para mantener las tasas de producción de la catálisis de reacción específica.

Los procesos sonoquímicos ultrasónicos dependen de las frecuencias específicas, o de la superficie de generación de ondas ultrasónicas específica o de las distancias de recorrido de la alarma o ambas. Una vez que estas variables son optimizadas en el proceso, los cambios en la composición del reactivo, presiones ambientales, temperatura, gases disueltos o en otras propiedades del disolvente o soluto a menudo desestabilizan inmediatamente la formación y colapso de nubes de burbujas, deteniendo o ralentizando significativamente la catálisis de reacción, haciendo que la aplicación continuada de la técnica sin cambios variables en el proceso no sea económica. Los ajustes a la frecuencia y amplitud del campo ultrasónico afectan directamente a las propiedades de la burbuja creada y que colapsa, cambiando la frecuencia de resonancia. Los cambios en la frecuencia o amplitud, presión ambiental, temperatura, cantidad de dióxido de carbono o ácido carbónico en la solución, o el pH de la solución, pueden dar como resultado condiciones que, mientras se produce la cavitación, producen burbujas con propiedades de tamaño, frecuencia de resonancia o tasa de colapso que no son óptimas para la reducción económica catalítica de dióxido de carbono en gases combustibles tipo alcano. Esta limitación se debe a la dependencia de las propiedades de la burbuja de la frecuencia y amplitud del campo ultrasónico. Las propiedades de la burbuja pueden ser moduladas a través del control de proceso avanzado de estos parámetros de proceso, pero solo ciertas combinaciones de frecuencia y amplitud son eficaces. Como consecuencia, el control reactivo de bucle cerrado de la síntesis química a través de la reducción en base a este mecanismo está limitado en alcance de variación, perjudicando a la economía de los procesos que utilizan este mecanismo de catálisis de reacción.

Existen muchas técnicas de aplicación de cavitación hidrodinámica que utilizan una variedad de métodos para manipular la formación y colapso de burbujas a través del control de la presión y del flujo. Además, accesorios personalizados y orificios conformados y otras técnicas en base a dispositivos de sujeción para patrones de flujo laminares y otros inusuales, con y sin control de bucle cerrado, han sido utilizados para producir cavitación y catalizar la degradación de composición y síntesis. Las técnicas cavitacionales

hidrodinámicas sufren también de restricciones debido a los requisitos de condiciones óptimas similares a los de la cavitación ultrasónica, en que la variación en la composición, viscosidades, contenido de sólidos disueltos o suspendidos, gases disueltos y otras propiedades del disolvente o soluto afectan perjudicialmente las propiedades y la formación de las nubes de burbujas y sus tasas de colapso, formas y características subsiguientes.

Tanto la cavitación ultrasónica como la hidrodinámica dan como resultado también daños cavitacionales en los elementos del circuito de proceso, puesto que las condiciones para la cavitación controlada a menudo dan como resultado efectos cavitacionales incipientes u otros no deseados en o sobre superficies o componentes del sistema, lo que da como resultado el desgaste del componente, lo que afecta significativamente a la economía del proceso.

El dióxido de carbono y el agua son a menudo, por diseño, los productos finales de muchos procesos de síntesis. Muchas de las actividades industriales y circuitos de proceso producen dióxido de carbono como un producto, tal como la quema de combustibles fósiles para energía y calefacción, producción de hierro y acero, fabricación de cemento, los sistemas de gas natural, combustión de residuos sólidos urbanos y muchos otros. Las mediciones recientes indican que la producción norteamericana de dióxido de carbono excede los cinco mil megatones por año. Véase el sitio web de la EPA de Estado Unidos, página Climate Change- Greenhouse Gas Emissions, http://www.epa.gov/climatechange/emissions/co2_human.html.

El dióxido de carbono liberado a la atmósfera se somete a un proceso continuo de intercambios de equilibrio entre el estado gaseoso como un gas componente de la atmósfera, dióxido de carbono disuelto en las aguas superficiales y ácido carbónico en las aguas superficiales. La solubilidad del dióxido de carbono es mayor en agua salada que en agua dulce, por lo tanto podría decirse que una cantidad importante de dióxido de carbono liberado en el medio ambiente reside actualmente en los océanos y en otra agua salada superficial. Véase el sitio web de National Oceanic and Atmospheric Administration PMEL, Carbon Program, la página Ocean Carbon Update, <http://www.pmel.noaa.gov/co2/story/Ocean+Carbon+Uptake> and National Oceanic y el sitio web de Atmospheric Administration PMEL, Carbon Program, página Ocean Acidification, <http://www.pmel.noaa.gov/co2/story/Ocean+Acidification..>

Como consecuencia de la producción de cantidades significativas de dióxido de carbono a lo largo de los años, y la disolución de dióxido de carbono en las aguas superficiales con el tiempo, un método que puede ser empleado para capturar el dióxido de carbono a partir de fuentes de emisiones, la atmósfera directamente y aguas superficiales y posteriormente convertir el dióxido de carbono capturado en gases o líquidos combustibles recuperables proporcionaría una fuente de energía nueva y renovable. Las soluciones y técnicas actuales para la eliminación de dióxido de carbono se enfocan casi exclusivamente en el dióxido de carbono atmosférico y contemplan métodos para capturar o almacenar el dióxido de carbono a perpetuidad con un gran gasto, sin el beneficio de ser reciclado o

reutilizado. La economía de estos enfoques los hacen probablemente inviables, sobre todo teniendo en cuenta que la escala de procesamiento de dióxido de carbono está contemplada megatonnes.

Descripción de la invención

5 La invención proporciona una solución a las limitaciones mencionadas anteriormente tanto en la cavitación hidrodinámica como ultrasónica y un medio para recuperar y reciclar efectiva y económicamente el dióxido de carbono utilizando un enfoque a escala para el procesamiento de megatonnes de gas y adecuado para su aplicación en materias primas gaseosas, líquidas y sólidas que contienen dióxido de carbono. En lugar
10 de causar el colapso de burbujas a través de la cavitación, la invención proporciona métodos y configuraciones para producir burbujas en una manera directamente controlada y después, también en una manera directamente controlada, colapsar aquellas burbujas a una tasa específica a un tamaño específico. Además, las burbujas colapsan mientras son arrastradas en el flujo de fluido, evitando el colapso indeseable de burbujas sobre las
15 superficies de los componentes de proceso. Puesto que la formación y colapso de las burbujas en la invención se produce, independientemente, del flujo, presión, temperatura, viscosidad óptimas y otras propiedades del disolvente y soluto, y los tamaños y tasas de colapso de las burbujas son controlados directamente y no como una función de las amplitudes o frecuencias ultrasónicas eficaces, o presión fija o flujo establecido en
20 accesorios especializados, este mecanismo de colapso de burbujas se puede aplicar para catalizar reacciones de forma rentable a través de una gama más amplia de variabilidad de materias primas que contienen dióxido de carbono. La invención proporciona también métodos y sistemas para aceptar una corriente de gas que contiene dióxido de carbono y disolverla en una solución acuosa para permitir su procesamiento y, métodos y sistemas
25 para procesar y reducir el dióxido de carbono y ácido carbónico en soluciones acuosas, tales como agua de mar, permitir la aplicación para la conversión de dióxido de carbono en gas combustible en ambas fuentes puntuales de emisión de gases, tales como centrales eléctricas, y de recursos medioambientales, tales como agua de mar, utilizando el mismo aparato y métodos de catálisis y síntesis química.

30 Se describe un sistema de bomba y controlador para que un reactor químico convierta agua y dióxido de carbono en un gas combustible. Un aspecto de la invención proporciona métodos y un aparato para producir gas de dióxido de carbono combinado con burbujas de vapor de agua y a una velocidad rápida, su introducción de forma controlada en el agua bombeada en una bomba de turbina regenerativa y después colapsar las burbujas
35 producidas para convertir el vapor de agua interno de las burbujas en una mezcla de gas ionizado y líquido ionizado que contiene hidrógeno, radicales hidroxilo e hidróxido, que posteriormente reaccionarán con el gas de dióxido de carbono presente en la burbuja, reduciéndolo a monóxido de carbono, con reacciones adicionales de producción de metano. El dióxido de carbono, monóxido de carbono o metano se hace reaccionar con hidrógeno
40 para producir gases de alcanos, tales como propano o butano.

000005

Otro aspecto de la invención proporciona métodos y un aparato que utilizan las propiedades de colapso de las burbujas, formadas de gas de dióxido de carbono y vapor de agua, en agua, como un catalizador para las reacciones entre el vapor de agua y líquido, hidrógeno y dióxido de carbono en el gas y las fases líquidas de la burbuja, o como un catalizador para las reacciones entre el agua líquida, vapor de agua, carbono, hidrógeno, dióxido de carbono y gases de monóxido de carbono contenidos en la burbuja y el agua, hidrógeno, radicales hidroxilo e hidróxido en el medio bombeado de agua que contiene la burbuja.

Otro aspecto de la invención proporciona métodos y un aparato para formar burbujas que contienen gas de dióxido de carbono y vapor de agua en un medio de agua bombeado y hacerlas colapsar de manera aislada unas de otras mediante un impulso de presión hidrodinámicamente controlado de suficiente magnitud, tanto en la tasa de aumento de presión como en la presión máxima final en que la burbuja vibra, por ejemplo en su frecuencia propia, durante el colapso durante un intervalo de tiempo suficiente para permitir la formación de un punto caliente de plasma en las fases gaseosa y líquida de la burbuja de colapso.

Otro aspecto adicional de la invención proporciona un dispositivo que permite que las concentraciones de dióxido de carbono y de vapor de agua de las burbujas formadas en un medio bombeado a una entrada del sistema de bombas se controlen tanto directa como indirectamente, en el momento de la formación y durante la evolución a través de los diversos tamaños posibles de burbuja durante el colapso, a medida que las burbujas pasan desde la zona de baja presión de la entrada de la bomba a través de la bomba a una presión creciente y fuera de la descarga a una presión máxima particularmente controlada.

Aún otro aspecto adicional de la invención proporciona un sistema de bombas en base a una bomba de turbina regenerativa con componentes dispuestos para permitir la producción e introducción controladas de burbujas en la entrada de la bomba y el posterior colapso de las burbujas arrastradas en el flujo helicoidal de la bomba dentro de las cámaras de paletas individuales formadas por el impulsor de la bomba de turbina regenerativa, en que las burbujas se colapsan por separado sin los efectos de interferencia del colapso de burbujas adyacentes.

Otro aspecto de la invención proporciona métodos y un aparato para el control de la velocidad y presión de la bomba accionada por motor eléctrico. El sistema de control de la bomba calcula dinámicamente la velocidad óptima de la bomba y presiones del sistema de bombas para una de las configuraciones o aplicaciones del aparato alternativo, para iniciar y mantener la formación en el medio bombeado de un número específico de burbujas de gas y vapor de un tamaño particular y colapsar después posteriormente las mismas burbujas a una tasa particular a un tamaño de burbuja final determinado. El sistema de control de la bomba incluye un controlador que proporciona una señal de consigna de velocidad en el mecanismo impulsor del motor de la bomba y señales de consigna de presión utilizadas para operar las válvulas de regulación de presión que controlan la entrada, la carcasa y las

000006

presiones de descarga de la bomba.

El controlador se puede utilizar como una herramienta analítica para determinar los valores óptimos de los parámetros de funcionamiento requeridos para la producción de burbujas de un determinado tamaño y su colapso a una tasa específica en puntos calientes de plasma o, según sea requerido, por una aplicación particular de la invención. De este modo, un protocolo de aplicación que describe las condiciones de funcionamiento y las selecciones de las variables de proceso de mayor probabilidad para producir un resultado deseado con el aparato puede ser desarrollado utilizando el aparato y el controlador como una notificación de aquellas combinaciones de puntos de consigna que alcanzan las características operativas de ajuste deseables o mejores utilizando los algoritmos de evaluación de resultados que residen en el controlador.

La siguiente descripción, con diagramas adjuntos, proporciona detalles de los aspectos importantes de la invención. Obsérvese, sin embargo, que la invención tiene otros aspectos útiles y novedosos aparte de los expuestos. Estos aspectos y ventajas adicionales de la invención se pondrán de manifiesto al considerar conjuntamente la siguiente descripción detallada y los dibujos.

Breve descripción de las figuras

La **Figura 1** muestra la interconexión entre las **Figuras 1A y 1B**;

Las **Figuras 1A y 1B** muestran un diagrama de tuberías e instrumentación que se muestra en dos páginas que representa una implementación del aparato de la presente invención que incluye un sistema de bombas, subsistemas, componentes y controlador del aparato utilizado para inyectar burbujas de gas de dióxido de carbono en agua, y posteriormente colapsarlas en un bomba de turbina regenerativa para formar un gas combustible que se separa del fluido bombeado;

Las **Figuras 2A-2C** son vistas en sección transversal de la carcasa de la bomba de turbina regenerativa y el canal de álabes del impulsor;

La **Figura 3** es un diagrama de flujo que muestra ejemplos de la lógica del controlador, incluyendo las secuencias operativas alternas requeridas por las diversas configuraciones funcionales del aparato de la presente invención, de acuerdo con varios aspectos de la invención;

La **Figura 4** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento llevadas a cabo por una lógica de reducción del dióxido de carbono de la presente invención;

La **Figura 5** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento llevadas a cabo por una lógica de generación de burbujas de la presente invención; y

La **Figura 6** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento llevadas a cabo por una lógica de colapso de burbujas de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

El aparato de la presente invención incluye varios subsistemas independientes que juntos se proporcionan para la producción e inyección de gas de dióxido de carbono en una

000007

corriente de agua para formar burbujas, y el colapso las burbujas a una velocidad controlada para plasma, reduciendo el dióxido de carbono en gas combustible. El aparato incluye una bomba de turbina regenerativa para arrastrar con eficacia y colapsar las burbujas. Las **Figuras 1A** y **1B** representan un diseño ejemplar de las tuberías e instrumentación del aparato **10**, que incluyen los subsistemas, mostradas por separado y en dos páginas.

Una corriente lineal controlada de burbujas de dióxido de carbono, que podrían tener un tamaño de aproximadamente 0,5 micrómetros a 1 mm de diámetro, se inyecta en un medio de agua bombeado a la entrada, pero fuera de la carcasa, de una bomba de turbina regenerativa. Las burbujas de dióxido de carbono son después colapsadas, a aproximadamente 0,1 μm a 0,2 μm , en menos de aproximadamente 4 milisegundos con un aumento de presión de aproximadamente 1.000 psig (6,9 MPa), por ejemplo, mientras son arrastradas en el flujo helicoidal del medio bombeado dentro del canal de álabes del impulsor de la bomba de turbina regenerativa de modo que se forma un punto caliente de plasma en el centro de cada burbuja colapsada. De esta manera, el gas de dióxido de carbono se pone en las proximidades del hidrógeno liberado del agua a la alta presión alcanzada en el núcleo de la burbuja colapsada de dióxido de carbono (aproximadamente 7.200 psig (49,6 MPa), por ejemplo) y a la alta temperatura del dominio de la burbuja colapsada en proporción (mayor que aproximadamente 2.000 °C, por ejemplo), lo que da como resultado la reducción de dióxido de carbono a monóxido de carbono y metano.

Haciendo referencia a las **Figuras 1A** y **1B**, un aparato ejemplar se indica generalmente con el número **10**. Partiendo de la entrada del aparato aguas abajo de la descarga del aparato, el flujo de líquido en el aparato comienza con una tubería de entrada **14** conectada entre la fuente de agua **12** y el depósito de suministro de agua de proceso **20**. La presión de suministro en la línea central de la tubería de entrada **14** es preferiblemente igual o mayor que la altura de aspiración positiva neta requerida (NPSHr) por la bomba de turbina regenerativa **60** en su flujo máximo esperado durante la reducción de dióxido de carbono y, también, es preferiblemente mayor que la presión máxima esperada requerida por el aparato de generación de burbujas **30**, aproximadamente de 3 a 5 psig (0,02-0,03 MPa), por ejemplo.

Cuando el sistema se pone en marcha inicialmente, el depósito de suministro de agua de proceso **20** se carga desde la fuente de agua hasta un nivel inicial a medida que se controla por el controlador del nivel de suministro de agua de proceso **18**. Después de la carga inicial y durante el funcionamiento del sistema, el agua de proceso se recircula del separador de gas/líquido **90** y se devuelve al depósito de suministro de agua de proceso **20**. La altura de aspiración insuficiente en la tubería de entrada **14** se puede superar mediante la adición de una bomba elevadora de presión de agua (no mostrada) entre el depósito de suministro de agua de proceso **20** y la válvula de control de presión de entrada **24**. Durante el funcionamiento, el agua de proceso se convierte en hidrógeno y oxígeno y se hace reaccionar. Se añade agua de reposición al depósito de suministro de agua de proceso **20** tal

000008

como se determina por el controlador de nivel **18** a través de la válvula de control del nivel de líquido motorizada **16** para restablecer el agua consumida por la reacción de conversión de dióxido de carbono.

Cuando la bomba de turbina regenerativa **60** está en funcionamiento, el agua de proceso fluye desde el depósito de suministro de agua de proceso **20**, a través de la tubería de entrada **22** de la bomba, después, a través de una válvula de control de presión de entrada **24** con un regulador piloto de la válvula de entrada motorizado **26** para controlar el flujo. El controlador **100** acciona el regulador piloto de la válvula de entrada motorizado **26** como se indica por el controlador lógico **101** y la lógica de reducción del dióxido de carbono **106** en respuesta a las condiciones del agua bombeada a la entrada de la bomba **61**, tales como la presión y la temperatura medidas por los sensores de presión **111** y de temperatura **112** a la entrada de la bomba. El sensor de presión de entrada **111** de la bomba puede incluir el elemento de presión **111a** de la bomba, el transmisor de presión **111b** de la bomba y el indicador de presión **111c** de la bomba. El sensor de temperatura **112** puede incluir el elemento **112a**, el transmisor **112b** de temperatura y el indicador de temperatura **112c**. Los sensores comprenden un elemento detector para medir y un transmisor para enviar el valor. Aunque los sensores se muestran como dispositivos discretos, los sensores podrían ser un solo dispositivo. Los valores transmitidos por los transmisores se muestran a los usuarios en los indicadores, que pueden ser medidores locales o remotos o monitores de gráficos por ordenador. Un ejemplo de un sensor/transmisor de presión adecuado disponible en el mercado es el Ashcroft Xmitr, 0-100 psi, 3". Los algoritmos de control primarios, el funcionamiento y las instrucciones de la secuencia de detección y valores de consigna o algoritmos de consigna, se almacenan en el controlador, que puede ser un PC, Panel-PC, un PLC (controlador lógico programable) o algún otro dispositivo o controlador HMI (interfaz hombre-máquina) programable de fin específico. Un ejemplo de un software PLC adecuado disponible en el mercado es Allen-Bradley Micrologix 1400 Modelo 1766-L32BWAA. Un ejemplo de un software PLC adecuado disponible en el mercado con algoritmos PID es RSLogix 500 Professional. Un ejemplo de un PC adecuado disponible el mercado es HP Compaq dx2450.

El controlador **100** calcula y ajusta el valor de consigna de presión del agua de proceso aguas abajo de la válvula de control de presión de entrada **24** ajustando la válvula de control de presión de entrada **24** mediante el regulador piloto de la válvula de entrada motorizado **26**. Estos ajustes se pueden hacer utilizando la información de la condición del agua de proceso en la tubería de entrada **22** de la bomba recogida por los sensores **40**, **111** y **112** de la tubería de entrada de la bomba, regulando la presión según sea necesario por el aparato de generación de burbujas de entrada **30** y permitiendo la generación sostenida de burbujas de dióxido de carbono que tienen un tamaño de aproximadamente 0,5 micrómetros a 1 mm de diámetro, por ejemplo. El sensor detector de burbujas de entrada **40** puede incluir el elemento **40a**, el transmisor **40b** y el indicador **40c** del sensor. El controlador **100** puede detectar la presión, la temperatura y las propiedades de las burbujas

generadas de la tubería de entrada **22** de la bomba, y regular la presión de entrada del aparato, y calcular un nuevo valor de consigna de posición para el regulador piloto de la válvula de entrada motorizado **26**, que ajusta a su vez la posición de la válvula de control de presión de entrada **24**, regulando la tubería de entrada **22** de la bomba de presión en el aparato de generación de burbujas **30**. De esta manera, los cambios en la temperatura, presión u otros valores de parámetros de suministro de líquido que se producen durante el funcionamiento del aparato, tal como una caída de nivel en un depósito de suministro de agua **20**, turbulencia en la tubería de entrada **22** de la bomba, el cambio en el rendimiento de un proceso conectado aguas arriba, cambio en la presión de suministro de líquido, o un cambio en los requisitos del caudal de los subsistemas aguas abajo pueden ser detectados y compensados por el uso de un control de bucle cerrado, manteniendo la presión y el flujo según sea necesario por el aparato de generación de burbujas **30**.

Continuando con las **Figuras 1A y 1B**, el agua de proceso fluye desde la válvula de control de presión de entrada **24** a través del aparato de generación de burbujas de entrada **30**, en que se inyecta el gas de dióxido de carbono en la tubería de entrada que forma las burbujas en el agua de proceso. Puede utilizarse cualquier método adecuado de producción de burbujas que utilice un aparato y métodos adecuados. Se espera que una configuración útil del aparato de generación de burbujas de entrada **30** producirá una corriente de burbujas constante, lineal en el intervalo de aproximadamente 9.000 a 10.000 burbujas por segundo, por ejemplo, con diámetros de burbuja estables en el intervalo de aproximadamente 0,5 micrómetros a 1 mm, por ejemplo. Los intervalos mencionados anteriormente pueden variar para diferentes condiciones de funcionamiento. Además, es deseable que el aparato de generación de burbujas **30** produzca una corriente lineal de burbujas en lugar de nubes incontroladas de burbujas producidas por algunos tipos de burbujeadores y elementos de reactores de cavitación, incluso si el número y el tamaño de las burbujas en la nube están controlados. La siguiente configuración del aparato de generación de burbujas **30**, aunque no es representativa de todas las alternativas posibles ya que podría ser necesaria para la reducción de dióxido de carbono en todas las condiciones de funcionamiento, proporciona la producción de burbujas en número, tamaño y colocación suficientes.

El aparato de generación de burbujas **30** utiliza una boquilla de inyección **32**, que está dimensionada y conformada para producir burbujas en base al caudal y al rendimiento del sistema, instalada en la línea de tubería de entrada **22** de la bomba, orientada aguas abajo y centrada axialmente en la tubería de entrada de la bomba **22** antes del aparato de detección de burbujas de entrada **40** o de la bomba de turbina regenerativa **60**, seguido opcionalmente por un accesorio de vórtice (no mostrado) tal como, por ejemplo, un alimentador de inserción de vórtice NIBCO convencional fabricado por NIBCO, Inc., de Elkhart, Indiana, o una boquilla Steinen Tan-Jet, fabricada por Wm. Steinen Mfg Co., con sede en Parsippany, Nueva Jersey, para asistir al arrastre de burbujas. En esta disposición, el suministro de gas de dióxido de carbono **34** está conectado a un compresor **36** que descarga el gas en una línea de presión regulada. El controlador de lógica programable

(PLC) 136 de control de presión y de velocidad de compresor de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada lee la señal de presión del inyector analógica o digital a distancia de la presión 135 de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada que puede incluir el elemento de presión 135a, el transmisor de presión 135b y el indicador de presión 135c. El PLC 136 de la boquilla de inyección de gas recupera continuamente el valor de consigna de presión 198 de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada actual y vuelve a calcular un nuevo valor de consigna de presión, transmitiendo una señal analógica o digital a distancia a la válvula de control de presión de gas motorizada 35 que regula la presión de la boquilla de inyección. Si el valor de consigna de presión 198 de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada no puede ser alcanzado por la presión del suministro de gas de dióxido de carbono 34, como regulada por el controlador de presión 38 del suministro de gas, que controla la válvula de control de presión de motorizada 42, después, el PLC 136 pone en marcha el compresor 36, y utilizando la presión de la boquilla de inyección de gas en el sensor 135 como la variable de proceso, ajusta al alza el valor de consigna de velocidad del compresor 199 de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada hasta que el valor de consigna de presión 198 de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada sea excedido fraccionalmente. Un ajuste fijo de presión de gas a la baja se consigue cambiando el valor de consigna de presión transmitido a la válvula de control de presión de gas motorizada 35. Una vez que el PLC 136 calcula un valor de consigna de presión, éste se transmite al controlador proporcional-integral-derivativo 137 del control de presión de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada, con la presión de la boquilla de inyección como la variable de proceso. El PLC 136 retransmite la velocidad actual del motor (no mostrada) del compresor 36 desde el controlador de velocidad del compresor 37 al PID 133 de control de la velocidad del compresor de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada junto con el valor de consigna de velocidad del compresor 199 actual. Esto permite la generación de burbujas a través de una amplia gama de presiones de funcionamiento, y el control directo del contenido, tamaño y número de burbujas variando el valor de consigna de presión 198 de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada o la forma o tamaño de la boquilla de inyección de gas 32 en la línea de entrada, además de la presión del líquido en la tubería de entrada 22 de la bomba regulada por la válvula de control de presión de entrada 24.

Otro aparato generador de burbujas puede ser utilizado en lugar de la inyección directa de burbujas en el líquido, como se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos en trámite junto con la presente, de propiedad común, con N° de serie 13/240,990, titulada "Sistema de Reactores químicos y Métodos para Crear Puntos Calientes de Plasma en un Medio Bombeado", y presentada simultáneamente con la misma. La descripción de esta solicitud está expresamente incorporada aquí por referencia. Por ejemplo, las burbujas de gas podrían aspirarse a través de un eyector que comprende un tubo de Venturi que tiene un orificio lateral para la admisión de gas. El control de presión antes y después del tubo de Venturi permite la producción de burbujas a una velocidad controlada. Como alternativa,

un tubo de Venturi se podría utilizar para generar burbujas.

A continuación, el agua de proceso que contiene burbujas de dióxido de carbono arrastradas se hace pasar a través del aparato de detección de burbujas de entrada **40**. En condiciones de funcionamiento de flujo fijo o bajo, o con una materia prima que es invariante en composición, puede ser suficiente controlar las condiciones de funcionamiento del aparato de generación de burbujas **30** según lo informado por los sensores de presión **111** y de temperatura **112** de entrada sin necesidad de un aparato de detección de burbujas, cuando la salida del proceso es la apropiada. Cuando tales correlaciones son inadecuadas, o cuando los valores de parámetros de producción de burbujas deben controlarse con más precisión, en realidad puede requerirse la detección adicional analógica o digital del tamaño y número de burbujas creadas. En estas aplicaciones, el controlador **100** utiliza la lógica del controlador **101** que recibe la salida de señal de datos de producción de burbujas analógica o digital del aparato de detección de burbujas de entrada **40**, y junto con otros datos procedentes de los datos de los sensores de entrada **111** y **112**, calcula nuevos valores de parámetros de funcionamiento, tales como la presión de la burbuja de entrada que se genera en la boquilla de inyección de dióxido de carbono **32** en la línea de entrada, estableciendo el control de producción de burbujas de bucle cerrado. La lógica del controlador **101** se podría programar utilizando cualquier lenguaje de programación por ordenador adecuada de alto o de bajo nivel, y podría realizarse como instrucciones ejecutables por ordenador almacenadas en un medio legible por ordenador, tal como una memoria flash o en otro tipo de memoria no volátil. El aparato de detección de burbujas de entrada **40** puede ser cualquiera de un número de dispositivos que están diseñados para producir una señal analógica o digital a distancia que se corresponde con el número y tamaños de las burbujas presentes en una localización concreta en un medio líquido de dos fases, tal como un medidor de imágenes por interferometría láser, un velocímetro de sonido de banda ancha, ecografía Doppler, u otra técnica acústica para medir el tamaño de las burbujas. Las propiedades de los medios bombeados tales como la composición, opacidad, inclusiones, temperatura, así como el tamaño y el número de burbujas que se producen y la función prevista de la invención guiarán la selección del aparato de detección de burbujas de entrada **40** apropiado para ser utilizado en conjunto con una aplicación particular.

A continuación, el agua de proceso que contiene las burbujas de dióxido de carbono arrastradas se hace pasar desde el aparato de detección de burbujas de entrada **40** y entra en la bomba de turbina regenerativa **60**. El diseño de la bomba de turbina con la distribución de la entrada, la descarga, la carcasa, el canal de la bomba y las disposiciones de tuberías de conexión y las bajas tolerancias internas permiten que la bomba de turbina regenerativa arrastre las burbujas de gas de dióxido de carbono en un flujo helicoidal del agua bombeada dentro del canal de la carcasa de la bomba, impidiendo que la burbujas se adhieran a o se formen en las superficies internas de la bomba o donde fluye el medio líquido bombeado que contiene las burbujas.

Haciendo referencia ahora a las **Figuras 2A-2C**, las burbujas y el agua de proceso se hacen pasar a través de la entrada de la bomba **61**, que tiene preferiblemente una perforación lisa, de paredes rectas con un cambio mínimo en el diámetro interno a través de la trayectoria de flujo del medio bombeado y que preferiblemente intersecciona tangencialmente la carcasa, de modo que la turbulencia dentro de la entrada de la bomba y, en consecuencia, la interrupción en el tamaño y ubicación de burbujas en la trayectoria de flujo, se reduce al mínimo. El medio bombeado se hace pasar después a la carcasa **62** de la bomba de turbina regenerativa donde el agua de proceso se ve obligada, por la contención dentro de las paletas impulsoras **64** formadas por el álabe del impulsor **65** dentro del espacio anular de la carcasa de la bomba, a fluir en una trayectoria helicoidal **66**. Esto ocurre a medida que el líquido bombeado se mueve con el impulsor de bomba **63** a través de la carcasa de la bomba **62**. El agua de proceso gira alrededor del eje de la dirección de flujo, haciendo que una burbuja arrastrada **67** permanezca en el centro de la trayectoria de flujo, evitando su adhesión a las superficies internas de la carcasa de la bomba **62** y restringiéndola a una sola paleta impulsora **64**.

El valor de consigna de velocidad giratoria del impulsor de bomba **63** requerido para establecer la conversión estable y completa de dióxido de carbono se mantiene y ajusta según sea necesario por el controlador **100** (véanse las **Figuras 1A** y **1B**) durante el funcionamiento del aparato. La velocidad de giro se ajusta de manera que el número de paletas impulsoras **64** que pasa por la entrada de la bomba **61** por segundo coincide estrechamente con el número de burbujas arrastradas por el flujo que pasan a través de la entrada de la bomba **61** por segundo. Además, el valor de consigna de velocidad de la bomba y los valores de consigna de presión de entrada y de descarga de la bomba regulados son aquellos valores que hacen que el caudal del agua de proceso deba ser tal que las burbujas de dióxido de carbono se muevan singularmente en las paletas impulsoras **64**, minimizando o eliminando la incidencia de las paletas impulsoras **64** que contienen múltiples burbujas o ninguna durante el funcionamiento. Finalmente, la velocidad de giro del impulsor de bomba **63** y la presión de descarga de la bomba **68** se ajustan y mantienen durante el funcionamiento de modo que las burbujas individualmente arrastradas en el flujo de agua de proceso, y contenidas dentro de las paletas impulsoras **64** individuales, colapsan a medida que el agua de proceso circundante fluye desde la entrada de la bomba **61** hasta la descarga de la bomba **68** en el espolón **69** y la presión dentro de las paletas impulsoras **64** que contienen burbujas aumenta desde la presión de entrada de la bomba **61** hasta la presión de descarga de la bomba **68** regulada final. De esta manera, los tamaños de burbuja inicial y final, la tasa de colapso de burbujas, y la temperatura y presión en el núcleo de burbujas colapsadas finales y, por consiguiente, la tasa de reducción de dióxido de carbono, se controlan directa y mecánicamente. La tasa real de colapso de burbujas se determina por la diferencia entre el tamaño de burbuja inicial y final y la tasa de aumento de presión dentro de la carcasa de la bomba **62**. El control directo, automático y mecánico de estos valores de parámetros permite que la función del aparato se module, tanto inicial como

dinámicamente durante su funcionamiento, para una reducción óptima de dióxido de carbono.

Un ejemplo de una bomba de turbina regenerativa para su uso en el presente aparato es la Bomba Química de Turbina Regenerativa fabricada por Roth Pump Company, Rock Island, Illinois. Las bombas de trabajo químicas de turbinas regenerativas Roth proporcionan una presión de bombeo continua y elevada de líquidos no lubricantes y corrosivos. Estas bombas de turbinas regenerativas se proporcionan con una sola pieza, impulsores autocentrantes mecanizados para su funcionamiento con una amplia variedad de productos químicos con cabezales de proceso de hasta 1400 pies (427 m.), 600 psi (40 bar), TDH a 3500 rpm, NPSH de 3 a 14 pies (0,91 a 4,2 m), y temperaturas de 450 °F (232 °C). Otro ejemplo de una bomba de turbina regenerativa para su uso con el presente aparato es la Bomba de Turbina de Regeneración Dynaflo fabricada por Dynaflo Engineering, Middlesex, Nueva Jersey. Otro ejemplo de una bomba de turbina regenerativa para su uso con el presente aparato es el Modelo MT5003P3T6 fabricada por Warrender, LTD., Wood Dale, Illinois.

Continuando aguas abajo de la carcasa de la bomba y con referencia a las **Figuras 1A y 1B**, el agua de proceso bombeada, que ahora contiene burbujas de y monóxido de carbono disuelto, metano e hidrógeno, se hace pasar hacia fuera de la carcasa de la bomba y a través de la descarga de la bomba **68**. La descarga de la bomba **68** tiene también preferiblemente una perforación lisa, de paredes rectas con un cambio mínimo en el diámetro interno a través de la trayectoria de flujo del medio bombeado e intersecta también preferiblemente tangencialmente la carcasa, de modo que la turbulencia se minimiza.

A continuación, el agua de proceso cargada de gas combustible pasa a través del aparato de detección de burbujas de descarga **71** opcional. El aparato de detección de burbujas de descarga **71** puede incluir el elemento **71a**, transmisor **71b** e indicador **71c** del sensor. Como con la detección de entrada, el controlador **100** puede supervisar las condiciones o propiedades del agua de proceso para determinar el valor de consigna de velocidad **109** correcto de la bomba de turbina regenerativa **60** y los valores de consigna de presión **108** correctos de la válvula de control de presión de descarga **80**. Para controlar la tasa de colapso de burbujas y evitar una reacción incompleta, la detección y medición del número y tamaño de burbujas de dióxido de carbono que quedan en la corriente de agua de proceso descargada de la bomba de turbina regenerativa **60** se pueden utilizar para volver a calcular una corrección de la velocidad de la bomba o de los valores consigna de presión de descarga **109**, **108**. Se espera que la tasa de colapso de burbujas dentro de la bomba de turbina regenerativa **60** aumentará a medida que aumenta el valor de consigna de presión de descarga **108** máximo de la bomba, tal como se controla por la velocidad del impulsor de la bomba de turbina regenerativa **60** (**Figura 2C, 63**) y se regula por la válvula de control de presión de descarga **80**.

Una vez que la generación de burbujas está en marcha, el aparato de detección de

burbujas de descarga **71** opcional se utiliza para detectar y medir las burbujas que permanecen en el flujo de agua de proceso aguas abajo de la bomba de turbina regenerativa **60**. Si se detectan burbujas en el flujo de descarga, donde no deben estar presentes, o si las burbujas más grandes que estas que deben estar presentes son detectadas, entonces el valor de consigna de presión de descarga puede aumentarse.

Un aumento en la presión de descarga de la bomba de turbina regenerativa **60** se puede conseguir de al menos dos maneras. En primer lugar, cuando el valor de consigna de presión de descarga actual, según lo regulado por la válvula de control de presión de descarga **80**, es menor que la presión de cierre, o máxima de la bomba de turbina regenerativa **60** mientras está en funcionamiento en su valor de consigna de velocidad actual, después la válvula de control de presión de descarga **80** se utiliza para aumentar el valor de consigna de la presión de descarga. En segundo lugar, cuando el valor de consigna de presión de descarga actual es igual al máximo valor de consigna posible de la velocidad de la bomba de turbina regenerativa actual, se aumenta entonces el valor de consigna de velocidad del impulsor de bomba **63**. Por consiguiente, el valor de consigna de presión de descarga máximo posible es mayor. Una vez que se ha aumentado el valor de consigna de velocidad del impulsor de bomba **63** de turbina regenerativa, aumenta la presión de descarga hacia arriba adicional y la regulación se realiza mediante el aumento del valor de consigna de la presión de descarga de la válvula de control de presión de descarga **80**. De este modo, el valor de consigna de la presión de descarga y el valor de consigna de velocidad de la bomba de turbina regenerativa **60** pueden ser manipulados de forma independiente, lo que permite una aplicación particular para alcanzar y mantener un valor de consigna de presión de descarga particular, como se requiere para colapsar las burbujas generadas, mientras que se varía al mismo tiempo el valor de consigna de velocidad del impulsor de bomba **63** de turbina regenerativa. Esto permite la sincronización precisa de las paletas impulsoras (**Figura 2A, 64**) que pasan por la entrada de la bomba de turbina regenerativa **60** para el número de salida de burbujas por el aparato de generación de burbujas **30**, lo que posibilita el colapso deseado de burbujas mencionado anteriormente singularmente de forma aislada a, por ejemplo, sus propias frecuencias.

Una vez más, continuando con las **Figuras 1A y 1B**, el agua de proceso se hace pasar ahora por los sensores de presión **113** y de temperatura **114** de descarga, así como por cualquier otro detector o sensores que estén instalados para medir la composición o condición del agua de proceso en la tubería de descarga **75**. Los sensores de presión de descarga y de temperatura **113, 114** pueden incluir elementos **113a, 114a**, transmisores **113b, 114b** e indicadores **113c, 114c** del sensor. El agua de proceso fluye a través de la válvula de control de presión de descarga **80** y en el separador de gas/líquido **90**. La válvula de control de presión de descarga **80** está configurada para la regulación de la presión de agua de proceso aguas arriba de la válvula de control de presión de descarga **80**, es decir, la regulación de presión se produce en la tubería de descarga **75** entre la bomba de turbina regenerativa **60** y la válvula de control de presión de descarga **80**. La válvula de control de

presión de entrada **24** regula, por otra parte, la presión de la tubería de entrada **22** de la bomba aguas abajo de la válvula de control de presión de entrada **24**. De esta manera, la presión para colapsar las burbujas de dióxido de carbono se ajusta y regula por la manipulación combinada del valor de consigna de presión **108** de la válvula de control de presión de descarga **80** y el valor de consigna de velocidad **109** de la bomba de turbina regenerativa **60**.

Finalmente, el agua de proceso que contiene gas combustible disuelto y las burbujas de gas combustible se hace pasar al separador de gas/líquido **90**. El gas combustible es extraído fuera del separador por la acción de la bomba de transferencia de gas combustible **92**. La de-gasificación se controla mediante el mantenimiento de un ligero vacío estable (por ejemplo, $\sim 0,95$ atm) dentro del separador. El PCL **206** de control de la bomba de transferencia de gas combustible recibe los datos de presión del separador **90** procedentes del sensor de presión **209** del separador de gas/líquido, que puede incluir el elemento de presión **209a**, el transmisor de presión **209b** y el indicador de presión **209c** y utiliza este valor como una variable de proceso, recalculando continuamente un valor de consigna de velocidad **217** para la bomba de transferencia de gas combustible **92**. La variable de control del proceso de presión se transmite al PID **207** de control de velocidad de la bomba de transferencia de gas combustible junto con el valor de consigna de velocidad **217** de la bomba de transferencia de gas combustible actualmente calculado. El PID **207** calcula y transmite una señal analógica o digital que representa el valor de consigna de velocidad **217** deseado de la bomba de transferencia de gas combustible **92** al controlador de velocidad **208** de la bomba de transferencia de gas combustible que varía la frecuencia de alimentación A/D suministrada de tal manera que la bomba de transferencia de gas combustible **92** gira al valor de consigna de velocidad **217**. El PLC **206** se comunica directamente con el PLC **211**, proporcionando los datos de tasa de producción de gas combustible al PLC **211** para uso en el cálculo global de la eficacia del proceso y en el ajuste del valor de consigna, y para la interrupción del proceso y/o ajustes de parámetros de funcionamiento en respuesta al funcionamiento ineficaz o inadecuado según se determina por las condiciones en el separador de gas/líquido **90**. El controlador de nivel de líquido **94** del separador de gas/líquido opera la bomba de transferencia de agua de proceso **96** según se requiera, retornando el agua de proceso a través de la tubería de retorno de agua de proceso **98** al suministro de agua de proceso **20**. La bomba de transferencia de gas combustible **92** suministra el gas combustible de monóxido de carbono, metano e hidrógeno a cualquiera de un recipiente de almacenamiento de gas combustible (no mostrado) o a un dispositivo o proceso de consumo de combustible.

Los subsistemas de manipulación de agua de proceso y de gas combustible del aparato pueden estar equipados con válvulas de alivio, de derivación o de otro tipo (no mostradas) y otros dispositivos y elementos de seguridad, según sea necesario por la naturaleza de la aplicación particular. Además, deben instalarse válvulas de aislamiento de entrada y de descarga (no mostradas) y válvulas de retención (no mostradas) cuando se

requiera para evitar el flujo inadecuado y para proporcionar un aislamiento, ensayos y la revisión del aparato.

El controlador **100** proporciona tanto la detección del estado de funcionamiento como de los servicios de control del aparato. En su papel como un sistema de control del motor de la bomba, el controlador **100** genera y transmite al controlador del motor de la unidad de frecuencia variable **126** las órdenes de marcha, detención y otras funciones de la unidad de frecuencia variable y la señal del valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba. La unidad de frecuencia variable **126** está conectada y proporciona la energía para el motor de la bomba de turbina regenerativa **60**, controlando la velocidad de giro del motor y, en consecuencia, la velocidad de la bomba de turbina regenerativa **60** acoplada a medida que se dirige por la señal piloto de control de la velocidad del motor recibida desde el controlador **100**. Además del control del motor de la bomba de turbina regenerativa **60**, el controlador **100** acciona el regulador piloto de la válvula de entrada motorizada **26** y el regulador piloto de la válvula de descarga motorizada **82**, variando la presión de entrada, a medida que se regula por la válvula de control de presión de entrada **24**, y la presión de descarga, a medida que se regula por la válvula de control de presión de descarga **80**. El controlador **100** controla también y puede registrar los valores de parámetros de los subsistemas del aparato recibidos a partir de los sensores **40, 71, 111, 112, 113, 114** de la tubería de entrada **22** y de la tubería de descarga **75** de la bomba y recalcula los valores de consigna relacionados con el funcionamiento del sistema, según sea necesario para una aplicación particular.

La lógica del controlador **101** almacenada y ejecutada por el controlador lógico PCL **211** proporciona la secuencia operativa del controlador **100** y del aparato y otras funciones. La lógica del controlador **101** se puede cambiar según sea necesario para incluir funciones específicas en una configuración particular del aparato. Las **Figuras 1A y 1B** muestran un conjunto ejemplar de detectores y dispositivos de control para la aplicación de los métodos de funcionamiento explicados en la presente memoria. Otras configuraciones del aparato son posibles utilizando otros equipos, detectores y controladores no mostrados, o sin utilizar algunos de los subsistemas o componentes del aparato que se muestran. Para adaptarse a posibles cambios en la configuración física en el aparato, la lógica del controlador **101** - aquellas instrucciones de programación relativas a la identificación del dispositivo, detección de estado y distribución de control y tareas del aparato instalado y del controlador **100** - se puede modificar tal como cargando el programa en un ordenador o dispositivo externo para su almacenamiento, modificación requerida y posterior descarga de nuevo en el PLC **211** de la lógica del controlador. Como alternativa, casos separados de la lógica del controlador **101** de configuración específica del aparato se pueden almacenar localmente en el controlador **100** o en un ordenador, o dispositivo, externo para ser cargados o ejecutados según sea necesario por el PLC **211** de la lógica del controlador. Adicionalmente, puede ser necesario cambiar la secuencia operativa del aparato para una aplicación particular. La lógica de reducción del dióxido de carbono **106** - tal como el orden

de evaluación del sensor o detector, el orden de modificación del valor de consigna, los algoritmos para la modificación del valor de consigna, o algoritmos utilizados para identificar y recuperar de los estados de fallo operativos - se puede almacenar en o estar accesible para y ejecutarse en el PCL 211 de la lógica del controlador. Como con la lógica del controlador 101, una versión única de la lógica de reducción de dióxido de carbono 106 se puede almacenar localmente en el controlador o en un dispositivo externo o la lógica de reducción de dióxido de carbono 106 se puede cargar en un dispositivo u ordenador externo, modificarse y descargarse de nuevo en el PCL 211 de la lógica del controlador. Los datos de valores de consigna de presión de entrada 107 y de valores de consigna de presión de descarga 108 que describen los parámetros de funcionamiento tales como la presión, temperatura y propiedades de burbujas, y los datos de valores de consigna de velocidad 109 del motor de la bomba, se proporcionan como valores individuales, los valores independientes o dependientes o intervalos de valores o algoritmos utilizados para calcular los valores o intervalo de valores, pueden ser almacenados con o ser accesibles para el PCL 211 de la lógica del controlador y pueden cargarse y descargarse en un dispositivo externo o un ordenador. En cada caso, cuando un dato o código de programa almacenado en o accesible para el PLC 211 de la lógica del controlador se va a modificar, en lugar de cargar, modificar y descargar la lógica del controlador 101 de los datos de valores de consigna existentes 107, 108, 109 o el código de programa de la lógica de reducción del dióxido de carbono 106, también es posible acceder y modificar esta información en o accesible para el controlador 100 utilizando directamente un dispositivo externo o un ordenador. Además, un panel de control del operario (no mostrado) puede ser proporcionado para permitir el control manual del aparato, la entrada manual de datos de valores de consigna 107, 108, 109, la manipulación manual de o interacción con la lógica del controlador 101 o lógica de reducción del dióxido de carbono 106, o el control manual de subsistemas o componentes de la invención directamente, tales como las válvulas de control de presión 24, 80 o la unidad de frecuencia variable 126.

El PLC 118 de enlace externo proporciona una interfaz de conexión directa y del controlador 100 a un dispositivo externo o un ordenador, acceso directo a los datos y al código de programa almacenados en o con el PCL 211 del controlador desde un dispositivo externo, y la lógica para la carga y descarga automatizada o externamente dirigida de la lógica de reducción de dióxido de carbono 106 y la lógica del controlador 101 y los datos de valores de consigna 107, 108, 109. Cuando el aparato es parte de un sistema más grande, la lógica del controlador 101 puede incorporar etapas para aceptar directivas de y reportar los valores y el estado de los parámetros de funcionamiento a un sistema externo, ordenador o dispositivo. En estos casos, el PCL 118 de enlace externo puede configurarse y programarse para situar esta comunicación y control externo entre el dispositivo externo o el ordenador y el PCL 211 de la lógica del controlador.

Obsérvese que aunque las Figuras 1A y 1B representan los PLC 100 discretos en el controlador, tal como uno para el enlace externo 118 y uno para la lógica del controlador

211, así como otros tales como para el PLC 200 de control de presión de entrada, el PLC 102 de control de presión de descarga, el PLC 104 de control de velocidad del motor de la bomba, estas funciones se podrían combinar en un solo PLC, un ordenador personal (PC), tal como el PC 119 u otro dispositivo similar. Además, aunque el PLC 118 del enlace externo y el PLC 211 de la lógica del controlador, así como los otros PLC 200, 102, 104 y los PID que incluyen el PID 201 de control de presión de entrada, el PID 103 de control de presión de descarga, el PID 105 de control de velocidad del motor de la bomba, se muestran en las Figuras 1A y 1B incorporándose en un solo controlador, los dispositivos que realizan estas funciones se podrían instalar en ubicaciones separadas como parte de controladores separados - esta disposición de componentes de control alternativa puede ser probable cuando el aparato está incorporado en un proceso o sistema global más grande. También, aunque la lógica del controlador 101 y la lógica de reducción del dióxido de carbono 106 se representa en las Figuras 1A y 1B como residiendo en y ejecutándose en el PLC 211 de la lógica del controlador, es posible que la lógica del controlador 101 pueda residir y ejecutarse en un PLC, PC u otro dispositivo similar diferente al que almacena y ejecuta la lógica de reducción de dióxido de carbono 106, y estos por PLC o dispositivos alternativos separado podrían residir también en controladores separados. Una variación similar en la distribución de funciones, agrupamiento o colocación de los componentes es posible con los otros dispositivos sensores-transmisores-indicadores tales como 40, 71, 110, 111, 112, 113, 114, 135, los PLC 200, 102, 104 y los PID 201, 103, 105 también. Las disposiciones y funciones de los componentes del controlador 100 que se proporcionan en las Figuras 1A y 1B son ejemplos del funcionamiento y control autónomo y auto-contenidos del aparato, para su uso como se muestra cuando el sistema está configurado y conectado aguas arriba y aguas abajo, como se muestra, o como una guía característica de diseño para diferentes configuraciones físicas de la invención o cuando la invención se incorpora como un único elemento o etapa en un proceso multi-función o de varias etapas. Por consiguiente, en la descripción de las funciones de los componentes del controlador 100 contenidas en la presente memoria, se debe entender que, cuando se describe un PLC, PID particular, u otro dispositivo con funciones específicas, un PC, PLC u otro dispositivo funcionalmente equivalente podría ser sustituido por el que se describe. Además, las funciones discretas realizadas por el componente de controlador 100 descrito pueden ser realizadas por otro dispositivo, junto con otras funciones no relacionadas.

Los controles e instrumentos de los subsistemas individuales se pueden agrupar en el controlador 100 por función relacionada y pueden ser supervisados y controlados como un grupo por un PLC, PC individual discreto u otro dispositivo similar. Esto permite el almacenamiento y programación de datos de subsistemas discretos. De esta manera la adición, cambio en la configuración o retirada de subsistemas o de componentes de subsistemas solo requiere la adición, cambio, reprogramación o eliminación de los elementos correspondientes del controlador 100 directamente responsables de la detección del estado o del control del subsistema o componente afectado.

El PLC **211** de la lógica del controlador ejecuta las instrucciones del programa de la lógica del controlador **101** y de la lógica de reducción del dióxido de carbono **106** que dirigen la secuencia de operación de los subsistemas del aparato, como se ha descrito anteriormente, y responde a un ordenador externo o solicitudes del operario. El PLC **211** maneja también las interrupciones de secuencia operativa y las solicitudes de los datos de valores de parámetros de funcionamiento generadas por el PLC **200**, PLC **102** y el PLC **104** de los controladores de los subsistemas. PLC **211** puede también utilizarse para el manejo y mantenimiento de la información general del estado de funcionamiento y las solicitudes para esta información transmitida desde los controladores de los subsistemas y para la retransmisión del valor de consigna y de la información del estado del subsistema entre los subsistemas del aparato a medida que solicitan dichos datos o estado para su funcionamiento. Las condiciones límite de funcionamiento, estados de error y otros eventos que se producen durante el funcionamiento de la invención que requieren que el aparato cambie el modo de funcionamiento, se detenga, se reinicie o comunique un estado de funcionamiento o componente o alarma a un operario, ordenador o dispositivo externo pueden manejarse también por el PCL **211** de la lógica del controlador.

El PCL **200** de control de presión de entrada recibe del PCL **211** de la lógica del controlador, inicial y periódicamente según sea necesario, datos de valores de consigna de presión de entrada **107**, como valores, intervalos de valores o como un algoritmo utilizado para calcular un valor de consigna o intervalo de valores utilizando los datos de los sensores **40**, **111**, **112** de la tubería de entrada **22** de la bomba. Los valores de datos de los valores de consigna de presión de entrada **107** especifican, para una aplicación particular, la presión y temperatura requerida del medio bombeado o el número y tamaño requerido de las burbujas que se emiten desde el aparato de generación de burbujas **30**, o ambos. Además, los datos de los valores de consigna de presión de entrada **107** pueden ser proporcionados para otras propiedades del medio bombeado en la tubería de entrada **22** de la bomba o de las burbujas generadas, si el aparato para medir estos está presente. El PCL **200** de control de presión de entrada recibe la entrada de señales analógicas o digitales remotas de los transmisores del sensor cuyos elementos están montados en la entrada del aparato de generación de burbujas **30**, tal como el transmisor de presión de entrada **111b** y el transmisor de temperatura de entrada **112b**. El PCL **200** de control de presión de entrada está también conectado a, y recibe una entrada de señal analógica o digital a distancia del aparato de detección de burbujas de entrada **40**, que puede ser interpolada para representar el tamaño y número de burbujas detectadas. Utilizando los datos de control de presión de entrada, de la lógica reducción del dióxido de carbono **106** y de valores de consigna de presión de entrada **107**, el PLC **200** de control de presión de entrada supervisa la temperatura, presión y otras propiedades de la tubería de entrada **22** de la bomba, así como el número y el tamaño de burbujas y recalcula continuamente durante el funcionamiento el valor de consigna de presión de entrada **107** diana requerido. Durante el funcionamiento, el valor de consigna de presión de entrada **107** que se requiere para mantener un

funcionamiento uniforme, estable, continuo del aparato de generación de burbujas **30**, tal como se especifica por una aplicación particular, puede variar debido a la turbulencia en la tubería de entrada **22** o tubería de descarga **75** de la bomba, el cambio caudal del medio bombeado o de temperatura, el cambio de velocidad de la bomba, el cambio de la presión de descarga, o el cambio en otra propiedad de las burbujas o del medio bombeados. A medida que ocurren estos cambios, las propiedades de las burbujas generadas pueden variar fuera del intervalo especificado de la aplicación. El PCL **200** de control de presión de entrada puede calcular un nuevo valor de consigna de presión de entrada **107** esperado para mitigar los cambios en las propiedades de las burbujas y restaurar la producción de burbujas con las especificaciones de la aplicación. Este procesamiento continúa hasta que se interrumpe por el PCL **211** de la lógica del controlador, que puede proporcionar nuevos datos de valores de consigna de presión de entrada **107** o dirigir el PCL **200** de control de presión de entrada para que fije un valor de consigna de presión de entrada **107** específico y detenga el procesamiento. Además, el controlador **100** puede proporcionar indicadores de sensores para los operarios montados en panel (no mostrados) y la tubería de entrada **22** de la bomba - el indicador de presión de entrada PI **111c**, el indicador de temperatura de entrada TI **112c** - que permiten el control manual del valor de consigna de presión de entrada **107**. Un valor de consigna de presión de entrada **107** introducido manualmente por medio de un operario del panel puede ser procesado por el PCL **211** de la lógica del controlador como datos de valores de consigna de un dispositivo externo o de un ordenador y como un valor de consigna de presión de entrada **107** específico sin procesamiento adicional por parte del PCL **200** de control de presión de entrada.

Una vez que se calcula un valor de consigna de presión de entrada **107** por el PCL **200** de control de presión de entrada, se transmite junto con el proceso de presión de entrada actual variable al PID **201** de control de presión de entrada. El PID **201** recibe continuamente las variables del proceso de presión de entrada y los valores de consigna de presión actualizados. El PID **201** calcula y transmite una señal analógica o digital a distancia correspondiente a la posición del regulador piloto de la válvula de entrada motorizado **26** requerido para ajustar la válvula de control de presión de entrada **24** al valor de consigna de presión de entrada **107**. Si el regulador piloto de la válvula de entrada motorizado **26** está equipado con su propio controlador, el PID **201** de control de presión de entrada transmitirá una señal analógica o digital a distancia que representa el valor de consigna de presión de entrada **107** al regulador piloto de la válvula de entrada motorizado, que a su vez calcula la posición de la válvula piloto requerida para ajustar la válvula de control de presión de entrada **24** al valor de consigna de presión de entrada **107**.

Como alternativa, el PCL **211** de la lógica del controlador puede dirigir - ya sea como parte de su lógica intrínseca o según lo ordenado por un ordenador o dispositivo externo u operario - el PCL **200** de control de presión de entrada para utilizar la señal analógica o digital del aparato de detección de burbujas de entrada **40** como la variable de proceso del PID **201** de control de presión de entrada. Se emplean dos modos de operación

secuenciales para implementar esta técnica de control. En primer lugar, el PCL **200** de control de presión de entrada, que utiliza las técnicas de manipulación de los valores de consigna de presión de entrada **107** mencionadas y junto con el PID **201** de control de presión de entrada, establece la presión de entrada de modo que el aparato de generación de burbujas **30** está funcionando dentro de las especificaciones de aplicaciones para el número y tamaño de burbujas. En segundo lugar, la señal analógica o digital interpolada desde el aparato de detección de burbujas de entrada **40** correspondiente a las propiedades óptimas de burbujas se captura y se utiliza como el valor de consigna de control en lugar del valor de consigna de presión de entrada **107**. Esta señal de valor de consigna capturada se transmite continuamente junto con la señal del aparato de detección de burbujas de entrada **40**, que en este caso se utiliza como la variable de proceso, al PID **201** de control de presión de entrada. El PID **201** varía posteriormente la señal de posición o el valor de presión transmitido al regulador piloto de la válvula de entrada motorizado **26**, y en consecuencia la presión regulada a la entrada del aparato de generación de burbujas **30**, en respuesta a los cambios en las propiedades de las burbujas. De este modo, el control de bucle cerrado de la presión de entrada requerida por el aparato de generación de burbujas **30** continúa en respuesta a la señal del aparato de detección de burbujas de entrada **40**. El PCL **200** de control de presión de entrada puede continuar su operación de control en este modo alternativo o volver al valor de consigna de presión de entrada **107**, y detectar la variable de proceso de presión de entrada en base al control del PID **201** de control de presión de entrada.

Una vez que se establece la posición del regulador piloto de la válvula de entrada motorizado **26**, la válvula de control de presión de entrada **24** mantendrá la presión establecida sin ningún ajuste de control piloto adicional. En consecuencia, en aplicaciones en que el cambio repetido o continuo en o el ajuste del valor de consigna de presión de entrada **107** no se produce durante el funcionamiento normal, el PID **201** de control de presión de entrada puede omitirse o sustituirse por un controlador proporcional-integral (PI) u otro controlador proporcional similar, más simple. Se entiende, sin embargo, que en muchas aplicaciones, el control preciso de las variaciones de los valores de consigna de presión de entrada **107** será necesario para mantener los valores óptimos de los parámetros de funcionamiento del aparato.

Una vez que se generan las burbujas, se hacen pasar a través de la bomba de turbina regenerativa **60** y colapsan. El PLC **102** de control de presión de descarga y el PLC **104** de control de velocidad del motor de la bomba contribuyen ambos al proceso de control de la presión de descarga **68** y de la tubería de descarga **75** de la bomba. El PLC **102** de control de presión de descarga recibe los datos de valores de consigna de presión de descarga **108** del PCL **211** de la lógica del controlador, inicialmente y de forma periódica, de forma similar al PCL **200** de control de presión de entrada, como valores, intervalos o algoritmos para calcular el valor de consigna de presión de descarga. El PLC **102** de control de presión de descarga recibe y controla las señales analógicas o digitales a distancia de los sensores

montados en la tubería de descarga **75**: sensor de presión de descarga **113**, sensor de temperatura de descarga **114**, y aparato de detección de burbujas de descarga **71**, así como cualquier otra propiedad del agua de proceso descargada que el aparato podría estar además equipado para su detección. El PLC **102** de control de presión de descarga controla continuamente las diversas variables de proceso de la tubería de descarga **75** mencionadas y vuelve a calcular el valor de consigna de presión de descarga **108** requerido para colapsar las burbujas a la tasa y al tamaño requerido para la aplicación particular. Al igual que en el control de generación de burbujas, la tasa de colapso de burbujas, el tamaño de burbuja final, o el control de colapso de burbujas total pueden requerir valores de consigna variables de presión de descarga y de velocidad de giro de la bomba a medida que cambian los parámetros de funcionamiento. El PLC **102** de control de presión de descarga controla las variables del proceso de la tubería de descarga y vuelve a calcular continuamente el valor de consigna de presión de descarga **108** esperado para mitigar cualquier variación de las especificaciones del colapso de burbujas para una aplicación.

El funcionamiento de la válvula de control de presión de descarga **80**, a través del funcionamiento del regulador piloto de la válvula de descarga motorizado **82** mediante el PID **103** de control de presión de descarga, como se indica por el PLC **102** de control de presión, utiliza tipos de señales, procesamiento de señales, selección de variables de proceso - tal como la señal de presión de descarga o del aparato de detección de burbujas de descarga **71** - y las consideraciones operativas y técnicas de control similares al control de presión análogo de la tubería de entrada **22** de la bomba obtenido por el PLC **200** y el PID **201** de control de presión, el regulador piloto de la válvula de entrada motorizado **26** y la válvula de control de presión de entrada **24**. El control remoto del valor de consigna de presión de descarga **108** por un ordenador o dispositivo externo puede ser transmitido a través del PCL **211** de la lógica del controlador y el PLC **102** de control de presión de descarga. También, como es el caso con el control de presión manual de la tubería de entrada **22** de la bomba, el control de presión manual de la tubería de descarga **75** es posible con los operarios montados en el panel (no mostrados) y la realimentación de los indicadores instalados en el panel que incluyen el indicador de posición de válvula **110**, el indicador de velocidad **134**, el indicador de posición de la válvula **132**, el indicador de velocidad de la bomba **115**, el indicador de velocidad de la bomba **215**, el indicador de presión de descarga **113**, el indicador de temperatura de descarga **114**, y el indicador del aparato de detección de burbujas de descarga **71**, y el indicador de posición **116** del regulador piloto de la válvula de descarga motorizado **82**.

Como se ha expuesto anteriormente en la presente memoria, el valor de consigna de velocidad de giro **109** de la bomba de turbina regenerativa **60** puede ser calculado por el controlador **100** considerando diversos factores. Por ejemplo, el valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba debe ser lo suficientemente elevado para que la bomba de turbina regenerativa **60**, cuando su impulsor (**Figura 2A, 63**) se acciona al valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba, suministre una presión mínima igual

o superior que el valor de consigna de presión de descarga **108** calculado. Después de llegar a la velocidad de giro mínima mencionada anteriormente, el valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba puede ajustarse al alza (o en un grado limitado a la baja) de modo que la tasa del paso de las paletas impulsoras de la bomba de turbina regenerativa **60** (Figura 2A, 64) coincide con la tasa de producción de burbujas generadas. De esta forma las burbujas fluyen singularmente en las paletas impulsoras de la bomba de turbina regenerativa **60**.

Para lograr esto, el controlador **100** permite una interacción directa entre el PLC **102** de control de presión de descarga y el PLC **104** de control de velocidad del motor de la bomba y transmite los datos interpolados del aparato de detección de burbujas de entrada **40** que proporcionan el número de burbujas generadas por minuto (u otro intervalo de tiempo) desde el PLC **200** de control de presión de entrada, a través del PLC **211** de la lógica del controlador, al PLC **104** de control de velocidad del motor de la bomba.

El PCL **211** de la lógica del controlador, además de y en apoyo a la lógica del controlador **101**, almacena y distribuye también a los PLC **200**, **102**, **104** de los subsistemas del controlador tras la solicitud de los datos paramétricos que describen las características de rendimiento operativo y los límites de las configuraciones actuales de los subsistemas del aparato, que incluyen la información acerca de la bomba de turbina regenerativo **60** instalada. Esta información de configuración de bomba puede incluir datos de la curva de rendimiento en base a la velocidad de giro de la bomba de turbina regenerativa **60**, proporcionando especificaciones tales como la presión de descarga máxima, la velocidad de giro máxima, o el caudal, la potencia requerida o NPSHr como una función de la velocidad de giro. Estos datos de configuración se utilizan por los PLC **200**, **102**, **104** de control de los subsistemas del aparato para verificar los intervalos de datos de valores de consigna y para identificar las condiciones de funcionamiento fuera de los límites y para el control de error de operación. Además de esta información de la curva de rendimiento de la bomba convencional, los datos acerca del diseño del impulsor de la bomba de turbina regenerativa **60** (Figura 2A, 63) se almacenan estando accesibles para el PLC **211** de la lógica del controlador y se reportan al PLC **104** de control de velocidad del motor de la bomba, incluyendo el número de paletas impulsoras (Figura 2A, 64) a lo largo de la circunferencia del impulsor de bomba.

El PCL **211** de la lógica del controlador, que utiliza los datos de configuración almacenados del subsistema, la lógica del controlador **101**, la lógica de reducción del dióxido de carbono **106**, y los datos de valores de consigna **107**, **108**, **109**, recupera o calcula y transmite después al inicio de una operación un valor de consigna de presión de descarga **108** inicial al PLC **102** de control de presión de descarga y un valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba inicial al PLC **104** de control de velocidad del motor de la bomba. El PLC **102** de control de presión de descarga vuelve a calcular después el valor de consigna de presión de descarga **108** y lo transmite, junto con la variable de proceso, ya sea la señal del sensor de presión **113** de la tubería de descarga **75** de la bomba

o la señal del aparato de detección de burbujas de descarga **71**, al PID **103** de control de la presión de descarga, de modo que puede posicionar el regulador piloto de la válvula de descarga motorizado **82**. Si la tasa de colapso de burbujas es insuficiente, o el tamaño de burbuja final es mayor que la especificación de la aplicación de invención, o las burbujas

5 tienen que colapsar totalmente y, sin embargo, se siguen observando por el aparato de detección de burbujas de descarga **71**, se aumenta entonces el valor de consigna de presión de descarga **108**. El valor de consigna de presión de descarga **108** superior recién calculado se transmite directamente desde el PLC **102** de control de presión de descarga al PLC **104** de control de velocidad del motor de la bomba. El PLC **104** evalúa el valor de consigna de

10 presión de descarga **108** actual, y utilizando los datos de rendimiento de la bomba de turbina regenerativa almacenados, junto con el valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba actual, determina si la presión máxima al el valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba actual es mayor que el valor de consigna de presión de descarga **108** superior recién calculado. Si el valor de consigna de velocidad **109** del

15 motor de la bomba actual es demasiado bajo, el PLC **104** de control de velocidad del motor de la bomba calcula un nuevo valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba actual para hacer que la bomba de turbina regenerativa **60** proporcione al menos el nuevo valor de consigna de presión de descarga **108** requerido por el PLC **102** de control de presión de descarga. A la inversa, cuando las burbujas colapsadas son demasiado pequeñas

20 o la tasa de colapso calculada es demasiado grande, el valor de consigna de presión de descarga **108**, y, posiblemente, el valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba pueden reducirse. Estos dos procesos se pueden implementar utilizando una señal analógica o digital a distancia que representa el valor de consigna de velocidad, calculada por el PID **105** de control de velocidad del motor de la bomba y transmitirse a la unidad de

25 frecuencia variable **126**, que a su vez varía la frecuencia de potencia suministrada al motor de la bomba de modo que se gira al valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba. La unidad de frecuencia variable **126** devuelve continuamente los datos del estado de funcionamiento, incluyendo la velocidad de giro actual del motor de la bomba, al PLC **104** de control de velocidad del motor de la bomba, que transmite a su vez estos datos de

30 velocidad de giro del motor de la bomba actuales al PID **105** de control de velocidad del motor de la bomba como la variable de proceso. Una vez que se completa el ajuste final del valor de consigna de velocidad **109** del motor de la bomba y se produce el colapso de burbujas como se desea, el PLC **104** de control de velocidad del motor de la bomba puede cambiar la variable de proceso utilizada por el PID **105** de control de velocidad del motor

35 de la bomba de la señal de velocidad de giro actual transmitida desde la unidad de frecuencia variable **126** a la señal de propiedades de burbujas transmitida desde el aparato de detección de burbujas de descarga **71**. Como con el control de presión de entrada, las variables de proceso del PID **103** de control de presión de descarga y del PID **105** de control de velocidad del motor de la bomba se pueden cambiar según sea necesario entre la

40 presión de la tubería de descarga actual detectada por el sensor de presión de descarga **113**

o la señal del aparato de detección de burbujas de descarga 71.

Una vez que se consigue el valor de consigna de presión de descarga 108 mínimo para una tasa de colapso de burbujas y el tamaño de burbuja final para una aplicación particular, puede iniciarse el ajuste preciso del valor de consigna de velocidad 109 del motor de la bomba. Para lograr esto, el PLC 104 de control de velocidad del motor de la bomba solicita la tasa de generación de burbujas actual del PLC 211, que a su vez recupera los valores reales de las propiedades del aparato de detección de burbujas de entrada 40 del PLC 200 de control de presión de entrada. Una vez que se recupera la tasa de producción de burbuja actual, el PLC 104 de control de velocidad del motor de la bomba calcula después la tasa de paso actual de las paletas impulsoras (Figura 2A, 64), como las revoluciones del impulsor (Figura 2A, 63) por minuto (u otro intervalo de tiempo) multiplicado por el número total de paletas impulsoras 64 en la circunferencia del impulsor, obteniendo el número total de paletas impulsoras que pasan por la entrada de la bomba 61 por minuto u otro intervalo de tiempo. Con estos datos de tasa de generación de burbujas y los datos de tasa de paso de las paletas impulsoras, el PLC 104 de control de velocidad del motor de la bomba vuelve a calcular un nuevo valor de consigna de velocidad 109 del motor de la bomba que sincroniza la tasa de paso de paletas impulsoras con la tasa de generación de burbujas de modo que las burbujas se colapsan por separado en las paletas impulsoras 64.

Se debe entender que para lograr la sincronización entre la burbuja generada y la paleta impulsora 64, y como una etapa de pre-requisito del diseño de aplicación, el número de burbujas generadas y el número de paletas impulsoras deben estar coordinados para que el impulsor pueda girar a la velocidad mínima para colapsar las burbujas como es requerido por una aplicación que utiliza una configuración particular del diseño de impulsor y del aparato de generación de burbujas 30.

El aparato se puede hacer funcionar en uno de al menos tres modos de uso diferentes: según las indicaciones de un dispositivo externo o un ordenador, o según las indicaciones de algoritmos ejecutados por el PCL 211 de la lógica del controlador mediante el controlador 100 y que residen en la lógica del controlador 101, la lógica de reducción del dióxido de carbono 106 y los datos de valores de consigna 107, 108, 109, o manualmente utilizando los controles e indicadores montados en el panel. En cada uno de estos tres modos, los valores de consigna y valores de los parámetros de funcionamiento, o los algoritmos utilizados para calcularlos, así como las identidades útiles de las variables de proceso de subsistemas, son conocidos e introducidos como la lógica de reducción de carbono dióxido 106 del controlador y los datos de valores de consigna 107, 108, 109 previstos y esperados para conseguir un resultado operativo particular.

En otro modo, el controlador 100 se utiliza como una herramienta para determinar los valores óptimos de los parámetros de funcionamiento y las identidades de aquellas variables de proceso necesarias para producir un resultado funcional particular. En este modo de funcionamiento de desarrollo experimental o de aplicación, los datos de valores de consigna 107, 108, 109 presentados representan intervalos de valores de prueba, o son

algoritmos utilizados para calcular intervalos de valores de prueba, e incluyen las especificaciones de rendimiento diana para la producción de burbujas y el colapso. En este modo, la lógica de reducción del dióxido de carbono **106** puede proporcionar tanto un algoritmo de secuencia de prueba operacional que controla la forma en que cada valor de consigna debe ser variado a través del intervalo de datos de valores de consigna **107**, **108**, **109** presentado, así como un algoritmo y criterios para evaluar cada conjunto de valores de parámetros de funcionamiento contra las especificaciones de rendimiento de aplicaciones diana. Durante la ejecución de la prueba, la lógica reducción del dióxido de carbono **106** almacena aquellos valores de consigna operativos que proporcionan resultados útiles, ya sea un buen ajuste o una mala correspondencia con respecto al rendimiento diana.

El controlador **100** puede ser utilizado como una herramienta analítica para determinar los valores óptimos de los parámetros de funcionamiento requeridos para la producción de burbujas de un determinado tamaño y el colapso de las mismas a una tasa específica en puntos calientes de plasma o como sea requerido por una aplicación particular de la invención. El controlador **100** permite la ejecución secuencial automática de los ensayos de funcionamiento utilizando los valores o intervalos de valores de consigna de presión de entrada y de descarga electrónicamente almacenados y los valores o intervalos de valores de consigna de la velocidad de la bomba que pueden producir las características deseadas de rendimiento, según lo requerido para una aplicación particular. El controlador **100** vuelve a calcular automáticamente y varía los valores de consigna de funcionamiento utilizando los valores o intervalos de valores de consigna originalmente introducidos y los algoritmos de modificación de valores que residen en el controlador. Como alternativa, los ensayos de funcionamiento podrían dirigirse utilizando un ordenador externo, PLC u otro dispositivo funcionalmente equivalente para presentar los datos de valores de consigna **107**, **108**, **109** de prueba y la lógica de aplicación de prueba al PLC **211** del controlador, a través de un PCL **118** de interfaz externa. Una vez finalizada la prueba, los datos del resultado pueden ser leídos por o cargarse en un ordenador o dispositivo externo para su almacenamiento o análisis adicional. En lugar de almacenar solo los datos de prueba operativos que coinciden con los criterios, todos los datos del resultado pueden ser almacenados localmente en el controlador **100** o en un ordenador o dispositivo de almacenamiento remoto para su posterior análisis. El controlador **100** registra simultáneamente y analiza, posteriormente, los resultados operativos de los ensayos. De este modo, un protocolo de aplicación que describe las condiciones de funcionamiento y las selecciones de la variable de proceso que con mayor probabilidad produce un resultado deseado con el aparato se puede desarrollar utilizando el aparato y el controlador **100** a medida que reporta aquellas combinaciones de valores de consigna que alcanzan las características de funcionamiento de ajuste deseables o mejores utilizando los algoritmos de evaluación de resultados que residen en el controlador.

La **Figura 3** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento que se llevan a cabo por la lógica del controlador **101** de la presente invención. Comenzando en la

etapa 1010, la lógica del controlador 101 hace un recuento de los subsistemas y obtiene el estado de los subsistemas. Se hace una determinación en la etapa 1020 en cuanto a si está presente algún error. Si existen errores, en la etapa 1030 los errores se muestran y el estado de los errores se transmite para su revisión, y después el sistema se detiene en la etapa 1040. De lo contrario, si no hay errores en la etapa 1020, se hace una determinación en cuanto a si se debe iniciar el modo de control automático en la etapa 1050. Si se hace una determinación negativa, se hace otra determinación en cuanto a si se debe iniciar el modo de control manual en la etapa 1060. Si se hace una determinación negativa, otra determinación en cuanto a si se debe iniciar el modo de control externo se hace en la etapa 1070. Si el modo de control externo no se ejecuta, un error del modo de control se transmite ("transfiere") en la etapa 1080 y el procesamiento vuelve a la etapa 1030 en la que se muestran las estadísticas de error y el estado se transmite.

Si el modo de control automático se inicia en la etapa 1050, los datos de valores de consigna 107, 108, 109 se obtienen del controlador en la etapa 1090, y se produce la etapa 1120. Si el modo de control manual se inicia en la etapa 1060, los datos de valores de consigna 107, 108, 109 se obtienen a partir de un operario montado en el panel en la etapa 1100, y se produce la etapa 1120. Si el modo de control externo se inicia en la etapa 1070, los datos de valores de consigna 107, 108, 109 se obtienen a partir de un dispositivo externo en la etapa 1110, y se produce la etapa 1120. En la etapa 1120, los datos de valores de consigna se transmiten, la bomba 60 y los subsistemas se ponen en marcha y se obtiene el estado. A partir de entonces, en la etapa 1130 se realiza una determinación en cuanto a si el intervalo de valores de consigna es aceptable. Si se hace una determinación negativa, un error de intervalo de valores de consigna error de entrada se produce en la etapa 1140, y el procesamiento vuelve a la etapa 1030. Si el intervalo de valores de consigna es aceptable, se ejecuta la lógica reducción del dióxido de carbono 106 en la etapa 1150.

A continuación, en la etapa 1160, se realiza una determinación en cuanto a si existe un error de subsistema. Si se hace una determinación positiva, el procesamiento vuelve a la etapa 1030. Si no existen errores, se hace una determinación en cuanto a si se debe iniciar la orden operativa en la etapa 1170. Si se hace una determinación positiva, se procesa la orden operativa del modo de control externo o manual en la etapa 1180 y, a continuación, en la etapa 1190, se realiza una determinación en cuanto a si se deben iniciar nuevos datos de consigna. Si se hace una determinación positiva, el procesamiento vuelve a la etapa 1050. Si no, el procesamiento vuelve a la etapa 1150.

Si la orden operativa no se inicia en la etapa 1170, se realiza una determinación en cuanto a si hay un cambio en el modo de funcionamiento en la etapa 1200. Si se hace una determinación positiva en la etapa 1200, se hace después una determinación en cuanto a si se debe detener la solicitud en la etapa 1210. Si se hace una determinación, el procesamiento vuelve a la etapa 1030. De lo contrario, el procesamiento vuelve a la etapa 1050. Si el cambio del modo de operación no se realiza en la etapa 1200, se realiza una determinación en cuanto a si se deben solicitar los datos del subsistema en la etapa 1220. Si

se hace una determinación positiva, la solicitud de datos del subsistema se procesa en la etapa 1230, y el funcionamiento del sistema continúa en la etapa 1240, y el procesamiento vuelve a la etapa 1150. De lo contrario, el funcionamiento del sistema continúa en la etapa 1240, y el procesamiento vuelve a la etapa 1150.

La **Figura 4** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento de la lógica reducción del dióxido de carbono 106. Comenzando en la etapa 1300, se realiza la lógica de generación de burbujas. En la etapa 1310, se realiza una determinación en cuanto a si los estados o eventos de error están presentes. Si existe cualquier estado o eventos de error, el procesamiento vuelve a la etapa 1150. De lo contrario, se realiza la lógica colapso de burbujas en la etapa 1320. En la etapa 1330, se realiza una determinación en cuanto a si existen estados o eventos de error. Si existe cualquier estado o eventos de error, el procesamiento vuelve a la etapa 1150. Si la etapa 1330 determina que no existen estados o eventos de error, el control vuelve a la etapa 1300.

La **Figura 5** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento de la lógica de generación de burbujas. Comenzando en la etapa 1400, se hace una determinación en cuanto a si existen valores de consigna fuera del intervalo. Si se hace una determinación positiva, un error de valor de consigna de generación de burbujas se presenta en la etapa 1410 y el procesamiento vuelve a la etapa 1300. De lo contrario, se hace una determinación en cuanto a si la generación de burbujas es aceptable en la etapa 1420. Si se hace una determinación positiva, el procesamiento vuelve a la etapa 1300. Si la generación de burbujas no es aceptable, el valor de consigna de presión de entrada se ajusta para corregir la generación de burbujas en la etapa 1430, y el proceso vuelve a la etapa 1400.

La **Figura 6** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento de la lógica de colapso de burbujas. Comenzando en la etapa 1500, se hace una determinación en cuanto a si existen valores de consigna que están fuera del intervalo. Si se hace una determinación positiva, un error de valor de consigna de colapso de burbujas se produce en la etapa 1510 y el procesamiento vuelve a la etapa 1320. De lo contrario, se realiza una determinación en cuanto a si el colapso de burbujas es aceptable en la etapa 1520. Si se hace una determinación positiva, el procesamiento vuelve a la etapa 1320. Si el colapso de burbujas no es aceptable, el valor de consigna de la presión de descarga se ajusta para corregir el colapso de burbujas en la etapa 1530. A continuación, en la etapa 1540, se hace una determinación en cuanto a si la presión disponible es demasiado baja. Si se hace una determinación negativa, el proceso vuelve a la etapa 1500. De lo contrario, el valor de consigna de velocidad de la bomba se incrementa en la etapa 1550, y el proceso vuelve a la etapa 1500.

Se entenderá que las realizaciones descritas en el presente documento son meramente ejemplares y que una persona experta en la materia puede hacer muchas variaciones y modificaciones sin alejarse del espíritu y alcance de la invención. Se pretende que todas estas variaciones y modificaciones estén incluidas dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1.- Un aparato para producir gas combustible que comprende:
una tubería de entrada para suministrar un fluido;
5 un generador de burbujas para producir una corriente lineal de burbujas;
un inyector para inyectar las burbujas en el fluido; y
una bomba de turbina regenerativa que tiene una entrada para recibir fluido que
contiene burbujas, y un álabe del impulsor que define una pluralidad de paletas, recibiendo
las paletas una sola burbuja que se colapsa para formar un gas combustible.

10

2.- El aparato de la reivindicación 1, que comprende además un separador de
gas/líquido para separar el gas combustible del fluido.

15

3.- El aparato de la reivindicación 2, que comprende además una bomba de
transferencia de gas combustible para mover el gas combustible del separador de
gas/líquido.

20

4.- El aparato de la reivindicación 1, caracterizado por que el medio para mover las
burbujas comprende individualmente un sensor que detecta un parámetro de proceso
asociado con el funcionamiento de la bomba, y un controlador en comunicación con el
sensor, procesando el controlador el parámetro de proceso y ajustando el funcionamiento de
la bomba en base al procesamiento del parámetro de proceso.

25

5.- El aparato de la reivindicación 4, caracterizado por que el parámetro de proceso
comprende al menos uno de la velocidad de giro de las paletas impulsoras, la presión de
descarga y la temperatura.

30

6.- El aparato de la reivindicación 1, que comprende además una válvula de control
de presión en la tubería de entrada para controlar el flujo.

35

8.- El aparato de la reivindicación 1, que comprende además un aparato de
detección de burbujas conectado a la bomba, detectando el aparato de detección de burbujas
el número y tamaño de las burbujas.

9.- El aparato de la reivindicación 1, caracterizado por que el generador de burbujas
es un inyector para inyectar las burbujas en el fluido.

40

10.- Un método para crear gas combustible metano que comprende:
producir burbujas de dióxido de carbono;

000030

introducir las burbujas de dióxido de carbono en una corriente de agua;
suministrar la corriente de agua con burbujas a una bomba de turbina regenerativa que tiene un impulsor que define una pluralidad de paletas;
colapsar las burbujas para crear una mezcla de gas ionizado y de líquido ionizado
5 que contiene hidrógeno, radicales hidroxilo e hidróxido;
hacer reaccionar el gas ionizado y el líquido ionizado con dióxido de carbono para producir monóxido de carbono; y
hacer reaccionar el monóxido de carbono para producir metano.

10 11.- El método de la reivindicación 10, que comprende además colapsar las burbujas en aislamiento utilizando un impulso de presión.

12.- El método de la reivindicación 11, caracterizado por que las burbujas son colapsadas en cámaras de paletas individuales de una bomba de turbina regenerativa.

15 13.- El método de la reivindicación 12, caracterizado por que las burbujas son arrastradas en un flujo helicoidal en las cámaras de la bomba antes del colapso.

14.- El método de la reivindicación 13, que comprende además la etapa de controlar la presión o el caudal de la corriente de agua utilizando al menos un sensor y un controlador en comunicación con el al menos un sensor.

15.- El método de la reivindicación 14, que comprende además la etapa de determinar si la presión o el caudal están dentro de un intervalo aceptable utilizando el controlador.

16.- El método de la reivindicación 15, que comprende además la etapa de ajustar el funcionamiento de la bomba de turbina regenerativa en respuesta al control de la presión o del caudal.

30 17.- El método de la reivindicación 10 que comprende además hacer reaccionar el metano, el dióxido de carbono residual y el monóxido de carbono con hidrógeno para producir gases de alcano.

35 18.- Un sistema para producir gas combustible que comprende:
una tubería de entrada para suministrar un fluido a la bomba;
un suministro de gas de dióxido de carbono para suministrar gas de dióxido de carbono;
un generador de burbujas para producir una corriente lineal de burbujas;
40 un inyector para inyectar las burbujas en el fluido; y

una bomba de turbina regenerativa que tiene una pluralidad de paletas para recibir y colapsar las burbujas.

5 19.- El sistema de la reivindicación 18, caracterizado por que la bomba de turbina regenerativa incluye un álabe del impulsor que define la pluralidad de paletas, recibiendo cada paleta una sola burbuja.

10 20.- El sistema de la reivindicación 19, que comprende además un sensor que detecta un parámetro de proceso asociado con el funcionamiento de la bomba, y un controlador en comunicación con el sensor, procesando el controlador el parámetro de proceso y ajustando el funcionamiento de la bomba en base al procesamiento del parámetro de proceso.

15 21.- El sistema de la reivindicación 20, caracterizado por que el parámetro de proceso comprende al menos uno de la velocidad de giro de las paletas impulsoras, la presión de descarga y la temperatura.

20 22.- El sistema de la reivindicación 21, que comprende además un segundo sensor que detecta un parámetro de proceso asociado con el funcionamiento del aparato de generación de burbujas, y el controlador en comunicación con el segundo sensor, procesando el controlador el parámetro de proceso y ajustando el funcionamiento del aparato de generación de burbujas en base al procesamiento del parámetro de proceso.

25 23.- El sistema de la reivindicación 22, caracterizado por que el parámetro de proceso comprende al menos uno del tamaño de las burbujas y la tasa de formación de burbujas.

30 24.- El sistema de la reivindicación 18, que comprende además un sensor que detecta un parámetro asociado con la producción de las burbujas, y un controlador en comunicación con el sensor, procesando el controlador el parámetro asociado con la producción de burbujas.

35 25.- El sistema de la reivindicación 24, que comprende además un segundo sensor que detecta un parámetro asociado con el colapso de burbujas, y el controlador en comunicación con el segundo sensor, procesando el controlador el parámetro asociado con el colapso de burbujas.

40 26.- El sistema de la reivindicación 18, que comprende además un sensor que detecta al menos un parámetro, y un controlador en comunicación con el sensor, procesando el controlador el al menos un parámetro para permitir la ejecución secuencial y

automática de ensayos operativos.

5 27.- El sistema de la reivindicación 26, caracterizado por que el al menos un parámetro comprende al menos uno del valor de consigna de presión de entrada de la válvula, valor de consigna de presión de descarga de la válvula, y valor de consigna de velocidad de la bomba de la válvula.

10 28.- El sistema de la reivindicación 27, caracterizado por que la bomba incluye un valor de consigna operativo, incluyendo el controlador los algoritmos de modificación del valor, recalculando y variando el controlador el valor de consigna operativo en base a el al menos un parámetro.

RESUMEN

Se proporciona un sistema de bomba y controlador para un reactor químico para la conversión de agua y dióxido de carbono en un gas combustible. Las burbujas de gas de dióxido de carbono se crean e introducen en el agua bombeada y se suministran a una bomba de turbina regenerativa, donde las burbujas se colapsan para producir una mezcla de gas ionizado y líquido ionizado que contiene hidrógeno, radicales hidroxilo e hidróxido, que posteriormente se hace reaccionar con el gas de dióxido de carbono presente en la burbuja, reduciéndolo a monóxido de carbono, con reacciones adicionales que producen metano.

000034

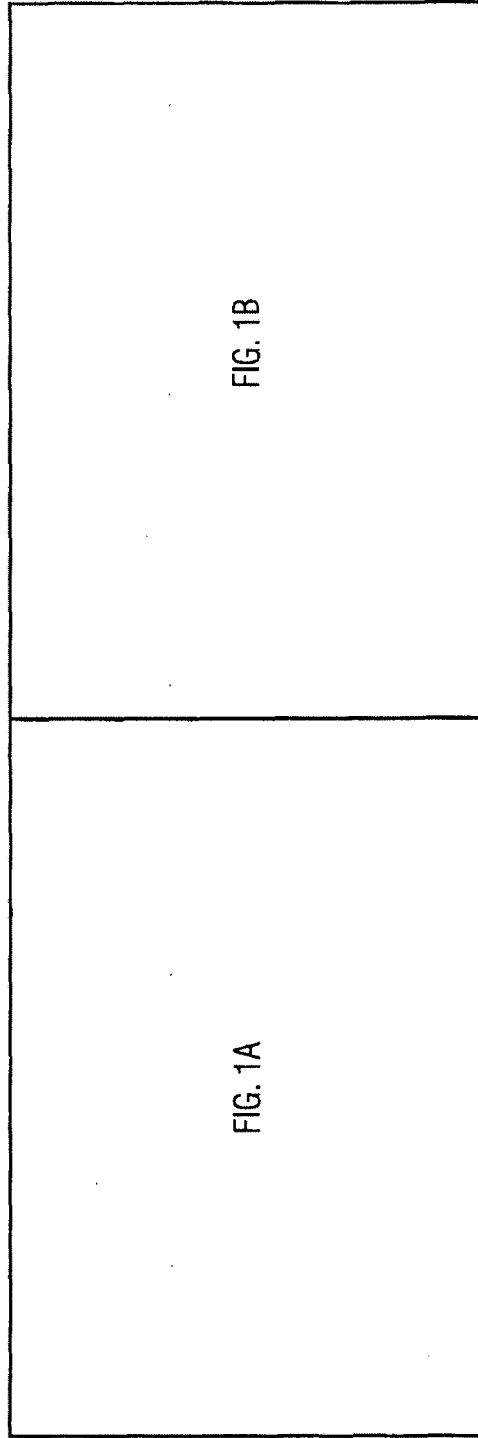


FIG. 1

000035

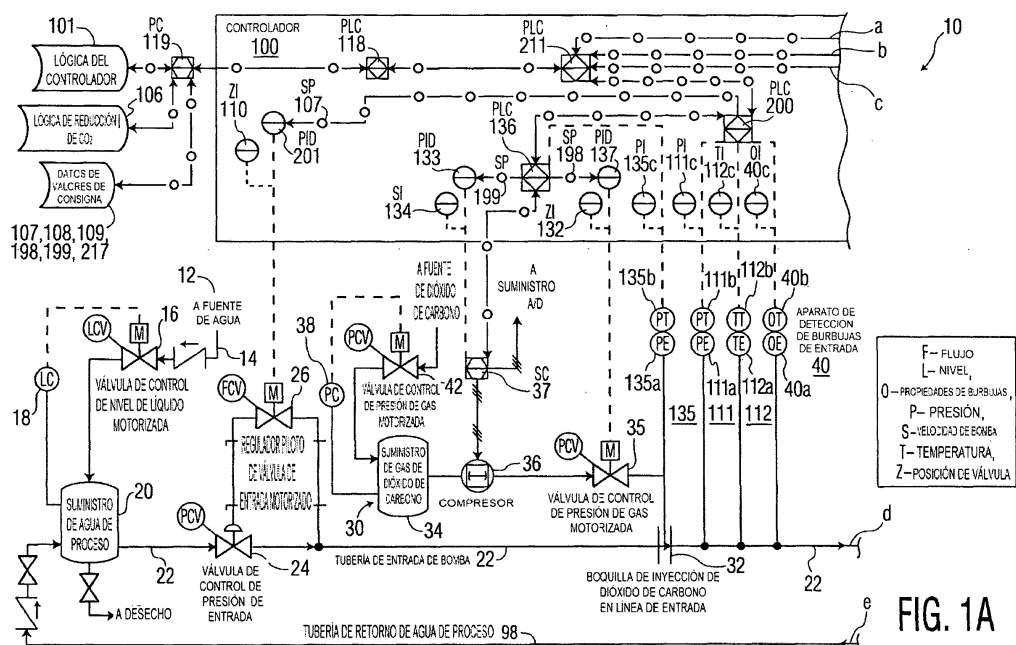


FIG. 1A

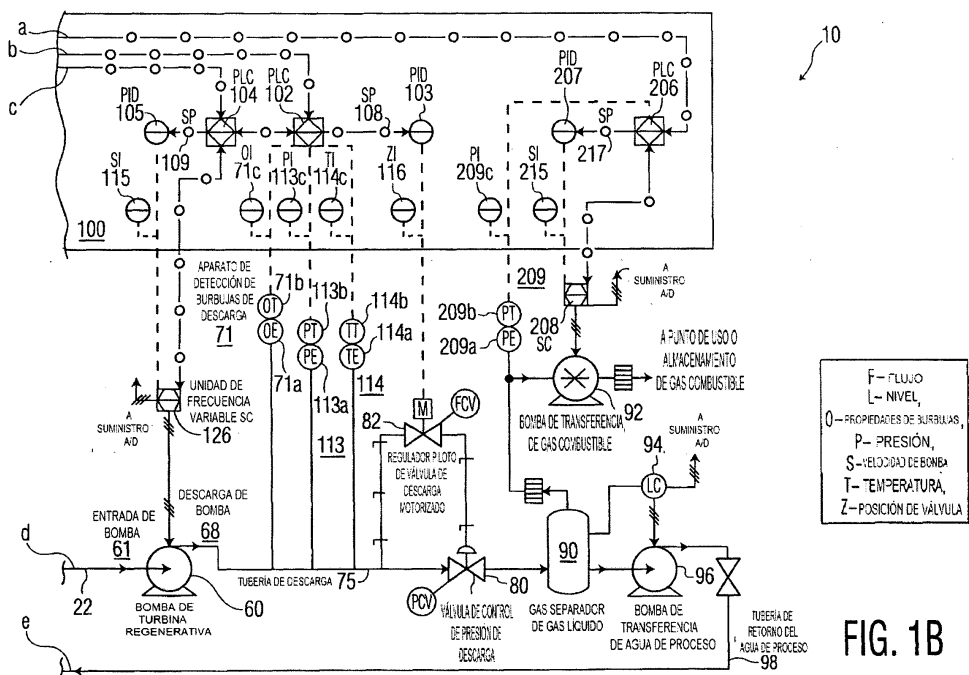


FIG. 1B

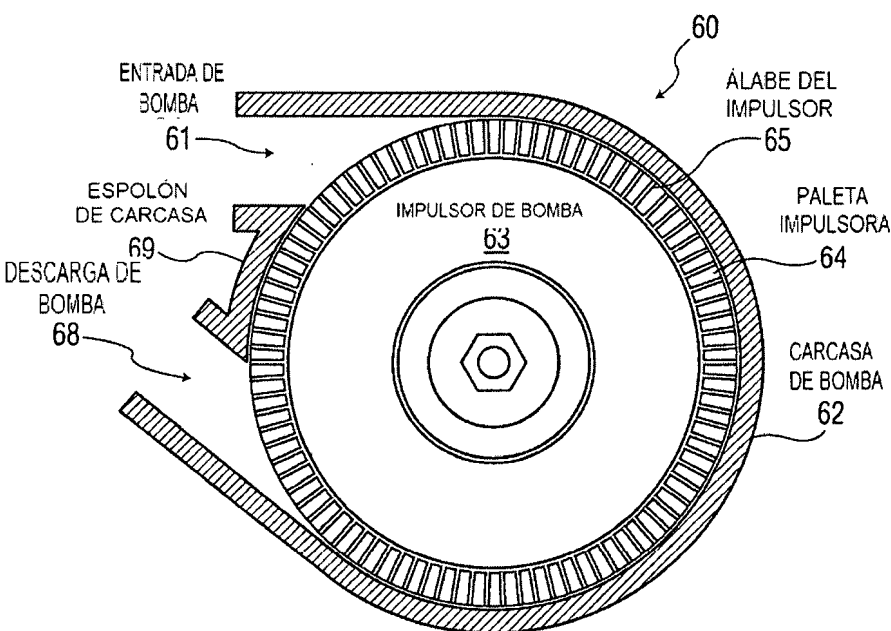


FIG. 2A

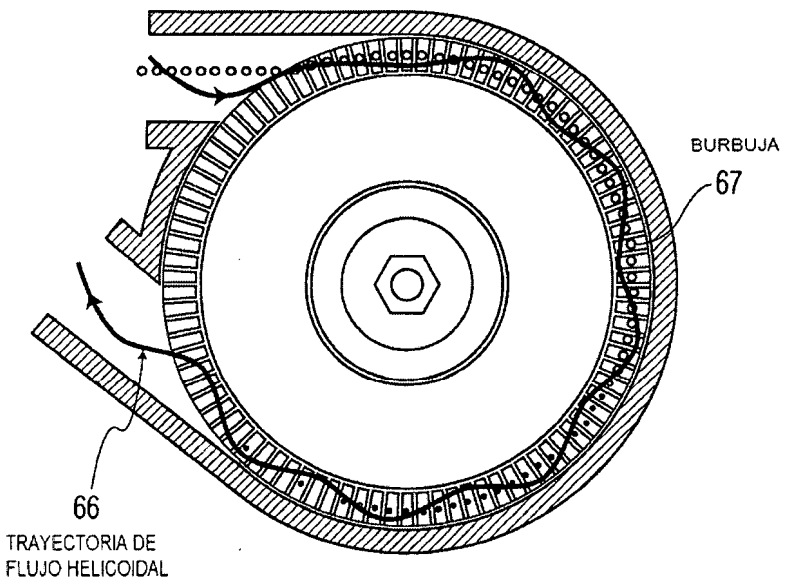


FIG. 2B

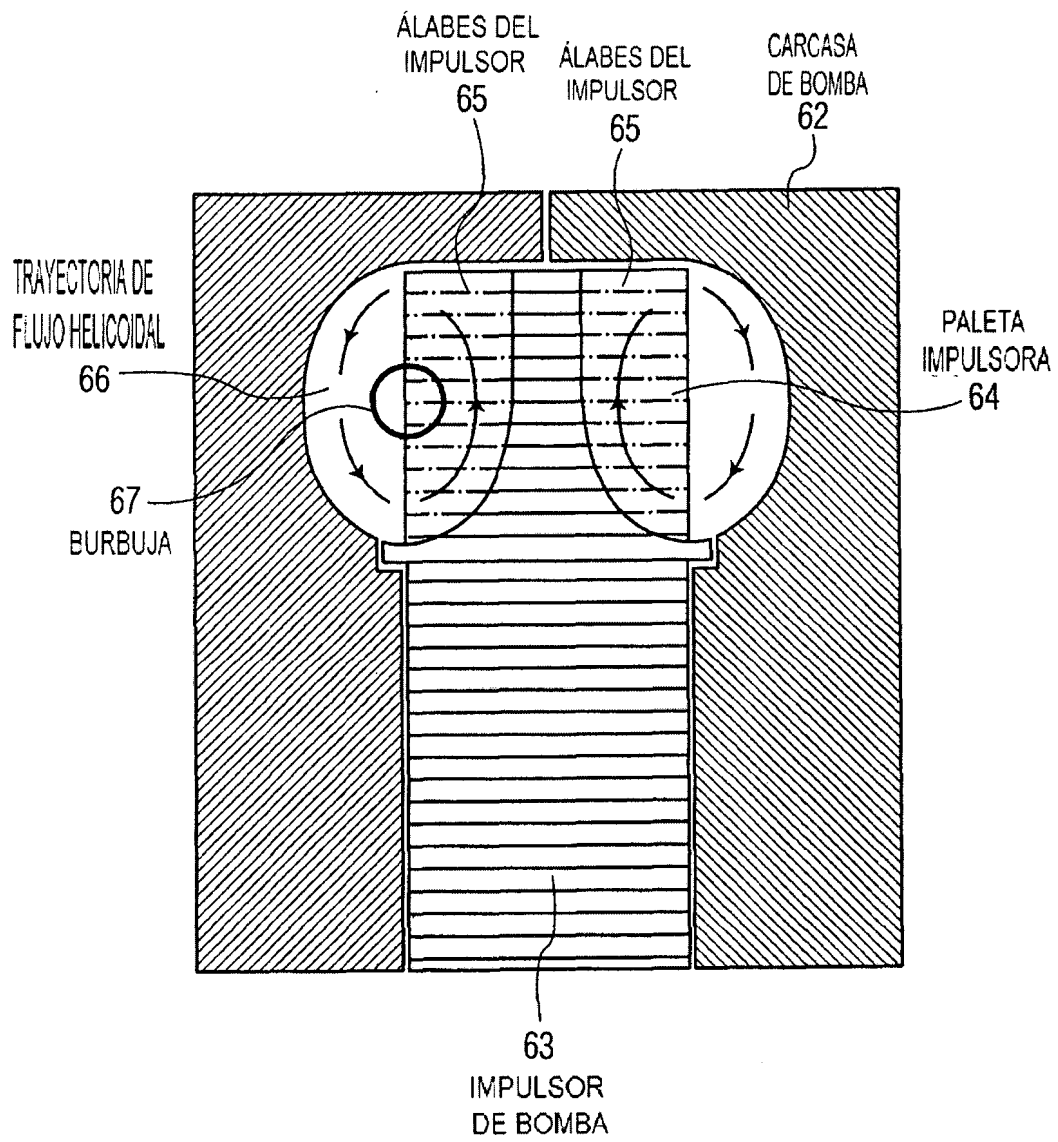
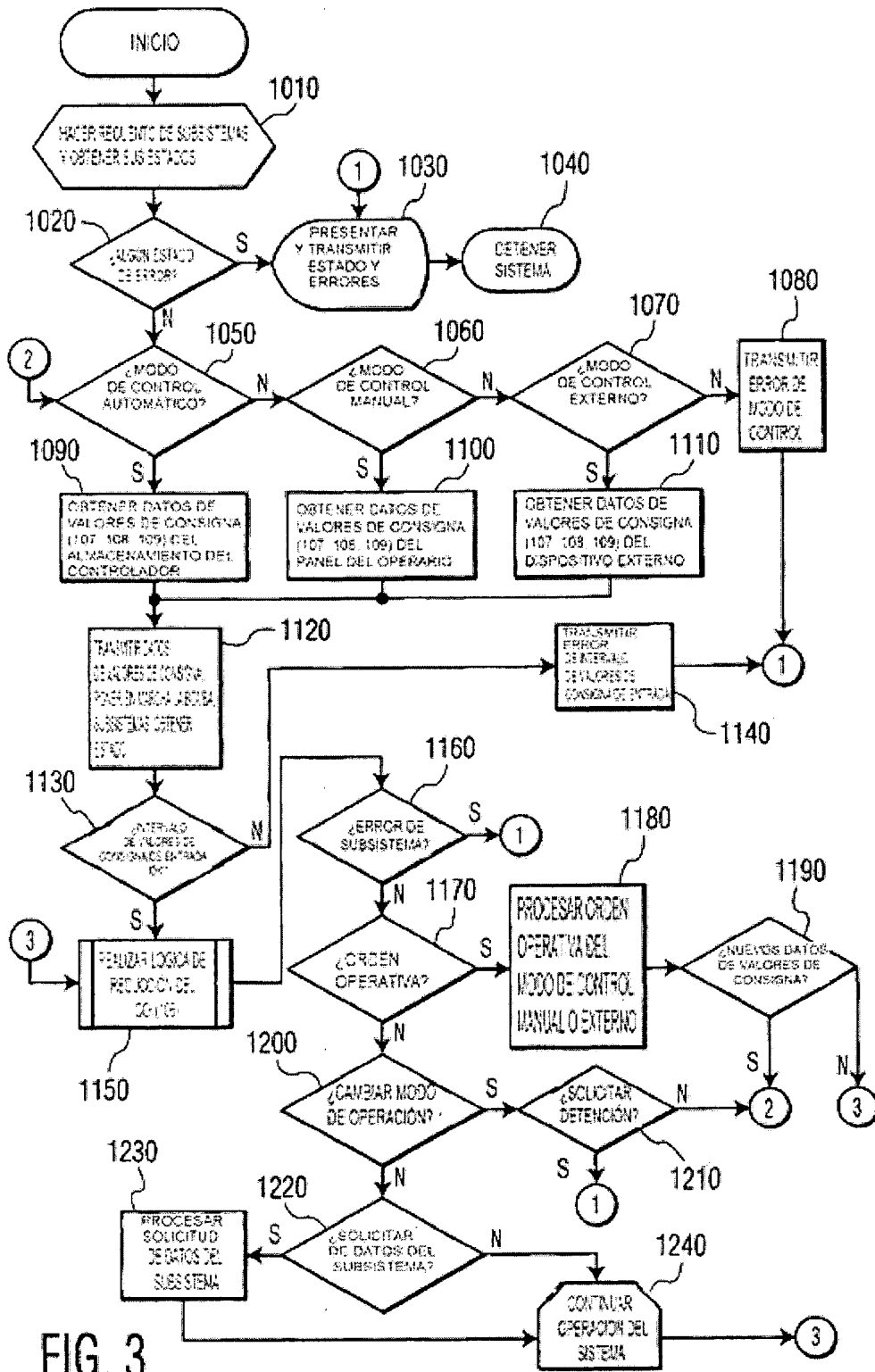


FIG. 2C

6/8



000040

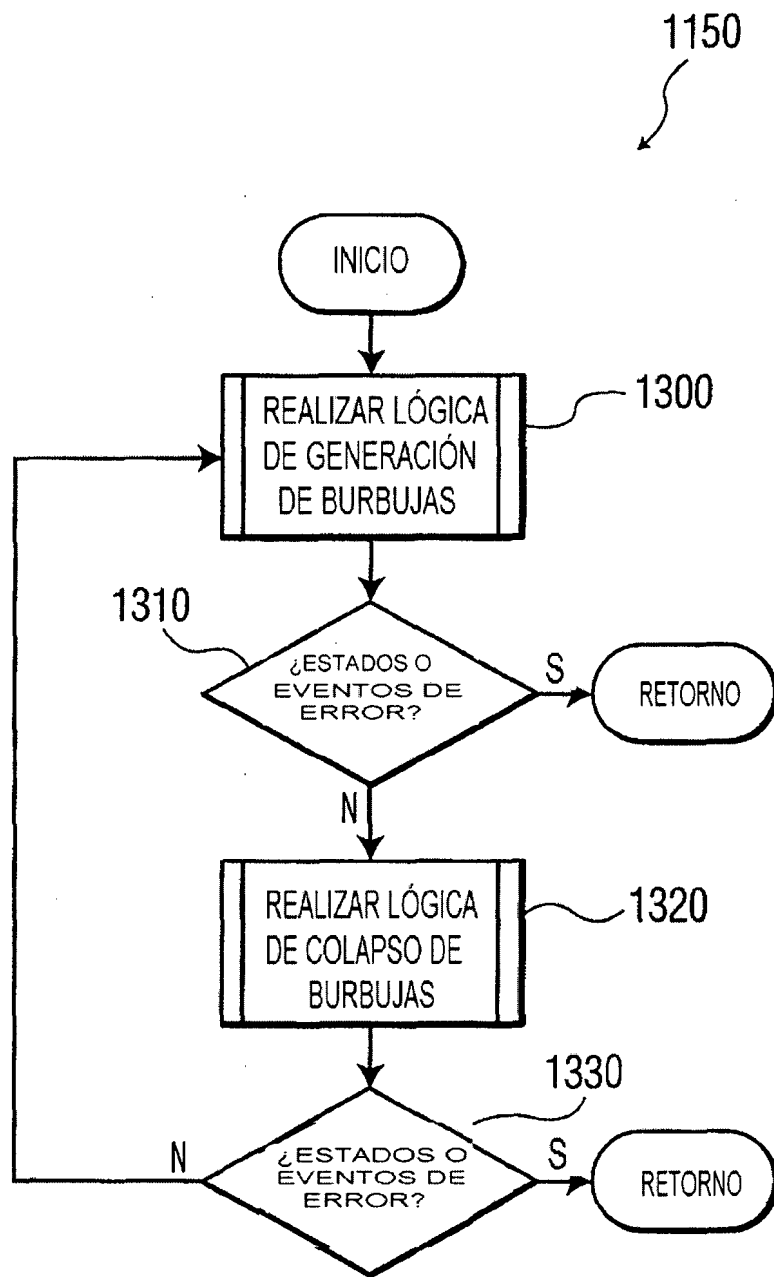


FIG. 4

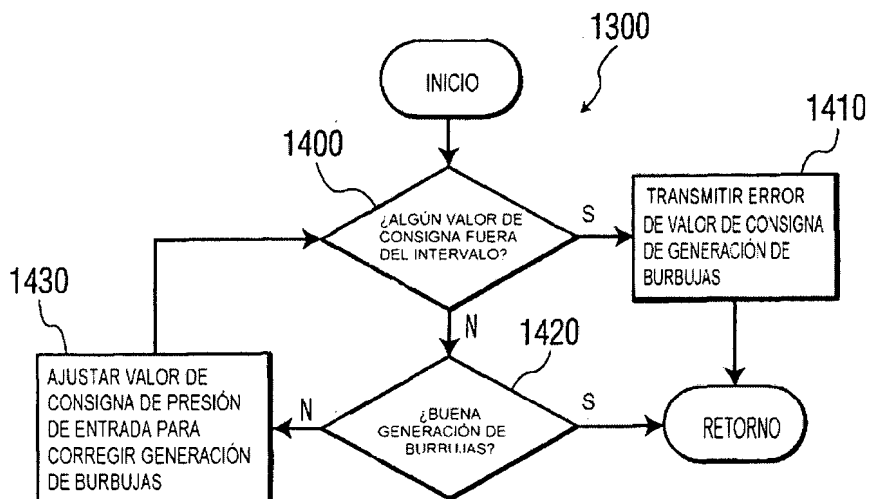


FIG. 5

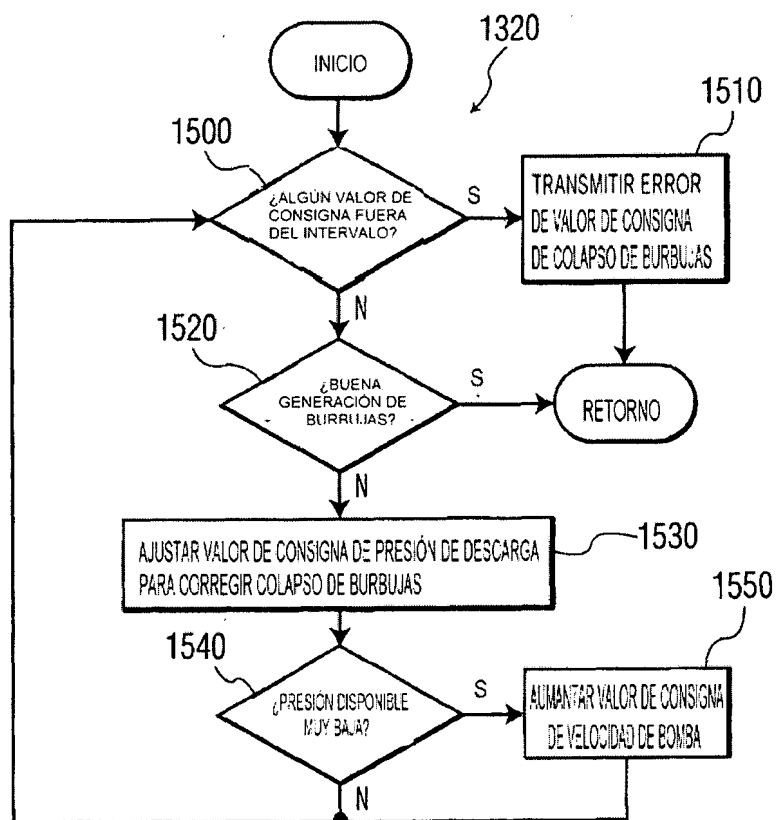


FIG. 6



- (51) International Patent Classification:
C07C 1/20 (2006.01) B01J 10/00 (2006.01)
- (21) International Application Number:
PCT/US2011/052806
- (22) International Filing Date:
22 September 2011 (22.09.2011)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
61/385,423 22 September 2010 (22.09.2010) US
61/385,392 22 September 2010 (22.09.2010) US
- (71) Applicant (for all designated States except US): **B9 PLASMA, INC.** [US/US]; 129 Gaither Drive, Suite 10, Mount Laurel, NJ 08054 (US).
- (72) Inventor; and
- (75) Inventor/Applicant (for US only): **BUTLER, James, Charles** [US/US]; 8 Millhouse Lane, Cherry Hill, NJ 08003 (US).
- (74) Agents: **FRISCIA, Michael, R.** et al.; McCarter & English, LLP, Four Gateway Center, 100 Mulberry Street, Newark, NJ 07102 (US).

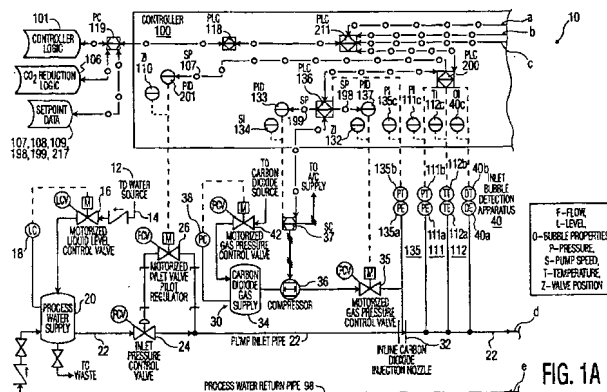
(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— without international search report and to be republished upon receipt of that report (Rule 48.2(g))

(54) Title: CHEMICAL REACTOR SYSTEM AND METHOD USING REGENERATIVE TURBINE PUMP TO PRODUCE FUEL GAS



(57) Abstract: A pump system and controller for a chemical reactor for converting water and carbon dioxide into a fuel gas is provided. Carbon dioxide gas bubbles are created and introduced into pumped water and delivered to a regenerative turbine pump where bubbles are collapsed to produce an ionized gas and ionized liquid mixture containing hydrogen, hydroxyl radicals and hydroxide, which subsequently react with the carbon dioxide gas present in the bubble, reducing it to carbon monoxide, with further reactions yielding methane.

COLOMBIA

Carrera 11 N° 86-53 Piso 6 Bogotá Colombia Tel: (57 1) 6181088 Fax: (57 1) 6350824 Email: info@clarkemodet.com.co

PODER

Yo (nosotros), abajo firmante(s)

en mi (nuestro) carácter de representante(s) legales de

B9 PLASMA, INC.

una sociedad organizada y existente de acuerdo con las leyes de

y en actual cumplimiento de su objeto social, con domicilio en **129 Gaither Drive, Suite 10 Mount Laurel, New Jersey 08054, Estados Unidos de América**

por el presente instrumento confiero (conferimos) poder especial a favor de **DILIA MARIA RODRIGUEZ D'ALEMAN**, con Cédula de Ciudadanía No. 41.654.882 de Bogotá, y tp. 20824 con domicilio en Bogotá, Colombia, para que actuando en su orden en nombre del (de la) otorgante le (la) representen ante cualquier entidad, autoridad y/o persona, especialmente ante las del orden Administrativo, Contencioso Administrativo, Judicial, Tribunales de Arbitramento y/o cualquier otro en lo referente a los siguientes asuntos:

- 1) Solicitar, tramitar, obtener y/o registrar cualquiera de las modalidades de Propiedad Industrial, tales como: patentes de invención, modelos de utilidad; diseños industriales, variedades vegetales; marcas, lemas, nombres y enseñas comerciales y denominaciones de origen; así como sus renovaciones, prórrogas, transferencias, cambios de nombre y/o domicilio, contratos y licencias.
- 2) Solicitar, tramitar, obtener y/o registrar derechos de autor, en cualquiera de sus presentaciones así como la protección de secretos industriales y know-how.
- 3) Solicitar, tramitar, obtener y/o registrar registros sanitarios, permisos y/o licencias de funcionamiento; así como sus renovaciones o prórrogas, transferencias, cambios de nombre y/o domicilio, contratos y licencias.
- 4) Ejercer acciones de oposición, observación, reclamos, reconsideración, reposición, apelación, cancelación administrativa o judicial, nulidad, protección al consumidor, concesión de licencias, protección de secretos industriales y demás acciones y recursos relacionados con derechos derivados de los asuntos arriba indicados y en contra de la competencia desleal, acciones derivadas de la obtención o explotación de licencias, acciones de indemnización de perjuicios. También podrá(n) intervenir en juicios civiles, comerciales, penales, contencioso-administrativos, tutelas y de policía; en acciones o juicios promovidos por el (la) mandante o en contra el (ella).
- 5) Registrar nombres de dominio ante la entidad competente.
- 6) En el ejercicio de este mandato los mandatarios arriba mencionados quedan facultados para: conciliar, cancelar, transigir, comprometer en árbitros, desistir, recibir y tomar posesión de la cosa objeto de litigio y renunciar o desistir a derechos concedidos o en curso de concesión, admitir los hechos del proceso.
- 7) Ratificar o no la agencia oficiosa.
- 8) Así mismo faculto (facultamos) a los mencionados apoderados para recibir notificaciones y designar apoderados judiciales o extrajudiciales, sustituir el presente poder y revocar las sustituciones que hicieren.

Dado y firmado en

a los días de

POWER OF ATTORNEY

I (we), the undersigned

legal representative(s) of

B9 PLASMA, INC.

an organization existing under the laws of

and in present execution of its business activity, domiciled at **129 Gaither Drive, Suite 10 Mount Laurel, New Jersey 08054, United States of America**

do hereby grant POWER OF ATTORNEY to **DILIA MARIA RODRIGUEZ D'ALEMAN**, identification card No. 41.654.882 of Bogotá, and tp. 20824 residing in Bogotá Colombia, to act in the order of their appointment in behalf of grantor before any entity, authority and/or natural or juridical person, specially before those Administrative, Administrative-Contentious, Judicial, arbitration courts, and/or any other, in all matters concerning the following:

- 1) To apply, process, obtain and/or register any of the modalities of Industrial Property, such as: Patents of Invention, Utility Models; Designs, plant varieties; Marks, Slogans, Trade Names and emblems and appellations of Origin; as well as their renewals, assignments, changes of name and/or domicile, agreements and licenses.
- 2) To apply, process, obtain and/or register copyrights of any kind as well as protection of industrial secrets or know-how.
- 3) To apply, process, obtain and/or register sanitary registrations, operating authorizations and/or licenses; as well as their renewals or assignments, changes of name and/or domicile, agreements and licenses.
- 4) To bring actions of opposition, observations, claims, reconsideration, appeal or legal remedies, cancellations, nullity, protection to the consumer, granting of licenses, protection of trade secrets and other actions related with rights derived from the above-mentioned matters and against the unfair competition, actions resulting from the obtaining or exploitation of licenses, recovering damages actions. They can also intervene or participate in Civil, Commercial, Criminal or Contentious-Administrative Trials; the actions for writ mandamus, police actions; in actions, lawsuits or litigations instituted by the grantor or against him.
- 5) To register domain names before the competent entity.
- 6) To the effect of this mandate the above-named proxy are empowered to: conciliate, cancel, settle, submit to arbitration, withdraw and to receive and take possession of the litigation related objet and waive or renounce the rights granted or in process of granting, admit the facts of the case.
- 7) To ratify or not the officious agency.
- 8) I (we) hereby appoint the afore mentioned attorneys with powers to receive notifications and to designate judicial and extrajudicial attorneys, substitute this Power of Attorney and to revoke such substitutions.

Granted and signed at

on this 18th day of December of 2012

Firma / signature

000041

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

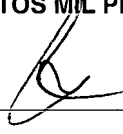
 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 13 - 0010997
		Bogotá D.C., Febrero 05 de 2013 - 09:03:55

RECIBIDO DE : CLARKE MODET	NI 830.008.643
----------------------------	----------------

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	545480751	04/02/2013	12.500.000.00

*** Conceptos Pagados ***			
CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO Vr.CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	500.000.00 500.000.00
			\$500.000.00

SON: **QUINIENTOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: 

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-040782- -00000-0000

Fecha: 2013-02-28 15:42:33	Dep. 2020 DIR.NUEVASOR
Tra. 11 PATENTEIYII	Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION	Folios: 46

000045

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 13 - 0017680
		Bogotá D.C., Febrero 21 de 2013 - 09:07:55

RECIBIDO DE : CLARKE MODET NI 830.008.643

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
RECIBO DE CA	999999999	10126	01/02/2013		480.000.00
RECIBO DE CA	999999999	10127	01/02/2013		480.000.00

*** Conceptos Pagados ***			
CANT. RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
18 50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC	30.000.00	540.000.00
			\$540.000.00

SON: **QUINIENTOS CUARENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: 
Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-040782- -00000-0000

Fecha: 2013-02-28 15:42:33 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 46

000046

PATENTE DE INVENCION ☐

MODELO DE UTILIDAD ☐

Art 33 Decisión 486/00

☐	Indicación que se solicita una patente.
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Descripción de la invención
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☒

MODELO DE UTILIDAD PCT ☐

Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

☒	Indicación que se solicita una PCT
☒	Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☒	Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
Completa ☒	Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita Diseño Industrial
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica y fotográfica del Diseño Industrial o muestra del material que incorpora el diseño
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita un esquema de trazado
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica de un esquema de trazado
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-040782- 00000-0000

Fecha: 2013-02-28 15:42:33 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYI Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 46

PI02-F08 (2009-11-10)