

Industria
SUPERINTENDENCIA



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-040767-00000-0000

Fecha: 2013-02-28 15:38:47 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 46

SOLICITUD
PATENTE DE INVENCION

21. EXPEDIENTE No.

13-40767

54. TITULO: SISTEMA DE REACTOR QUÍMICO Y MÉTODOS
PARA CREAR PUNTOS CALIENTES DE PLASMA EN UN MEDIO
BOMBEADO

51. CLASIFICACION INTERNACIONAL C07C 1/20

71. SOLICITANTE: B9 PLASMA, INC.

DOMICILIO: New Jersey, Estados Unidos de América.

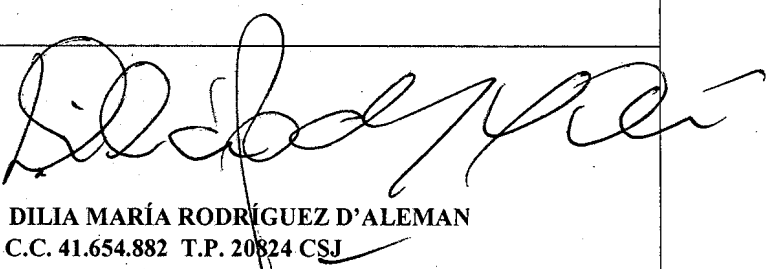
74. APODERADO DILIA RODRIGUEZ D'ALEMAN

22. BOGOTÁ, D.C.

Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO  No. 13-040767- -00000-0000 Fecha: 2013-02-28 15:38:47 Dep. 2020 DIR.NUEVASOR 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/ US2011/052828	Fecha 22 de Septiembre de 2011
	Publicación Internacional No.	WO 2012/040506 A1	Fecha 29 de Marzo de 2012
3	TÍTULO DE LA INVENCIÓN (200 caracteres o espacios máximos)		
	SISTEMA DE REACTOR QUÍMICO Y MÉTODOS PARA CREAR PUNTOS CALIENTES DE PLASMA EN UN MEDIO BOMBEADO		
4	CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL (CIP) <u>C07C 1/20</u>		
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
	8 Millhouse Lane	Cherry Hill,	New Jersey 08003,
	PAÍS RESIDENCIA 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	61/385.392
	2.Estados Unidos de América	US	61/385.423
			(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 13-010998 13-017679	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: 24		10. ☐ Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante.	
3. ☒ Dibujos y/o figuras Nº folios: 9		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 MÉTODOS PARA CREAR PUNTOS
CALIENTES DE PLASMA EN UN MEDIO BOMBEADO**

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 61/385.392, presentada el 22 de septiembre 2010, y de la Solicitud Provisional de Estados Unidos con N° de serie 61/385.423, 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 sistemas de bombas y controladores para crear un reactor químico automatizado, personalizable.

Antecedentes de la invención

15 La cavitación provocada por equipos y técnicas ultrasónicas e hidrodinámicas se ha 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 alcanzadas en el dominio del efecto cerca de la burbuja colapsada, siendo la tasa de calentamiento suficiente para iniciar y sostener las
20 reacciones en soluciones acuosas y otras. Las reacciones catalizadas por estos medios son numerosas e incluyen hidrólisis, hidrogenación, transesterificación, hidrodesulfuración, polimerizaciones, protonación, y otras. El campo de la sonoquímica ultrasónica está bien establecido y las técnicas de sonicación como un catalizador para la química de reducción y de oxidación y numerosos procesos de degradación y síntesis orgánica e inorgánica en base
25 a los aspectos y principios de la sonoquímica se han estado utilizando en el mundo académico para la experimentación y producción de especies químicas exóticas durante muchos años.

 La aplicación de cavitación hidrodinámica y sonoquímica para el procesamiento de recursos, síntesis química, recuperación, reciclado y descontaminación de desechos a escala
30 comercial o industrial podría decirse que ha estado 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 ha demostrado como una técnica estable, de colapso de burbuja controlado utilizando los métodos de la cavitación ultrasónica, la cavitación tal como se aplica en procesos
35 industriales utiliza, casi invariablemente, la cavitación multi-burbuja como el mecanismo catalítico. Esta técnica, cuando se utiliza a niveles de potencia elevados en las materias primas que son variables en composición, tales como metales o minerales, aguas residuales de la minería, efluentes de procesos químicos, crudo de petróleo, residuos de biomasa, aguas superficiales o subterráneas que han sido estratificadas y son composicionalmente

000002

variantes en base a la localización o profundidad o como una consecuencia de la larga detención, requiere la modificación significativa y continua de las condiciones de 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 ambos. 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 las 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, u otras propiedades del disolvente o soluto, 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 catálisis de las reacciones o el procesamiento deseado de la materia prima en su condición actual. 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 los procesos 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 también dan como resultado

000003

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.

Descripción de la invención

La presente invención proporciona una solución a las limitaciones mencionadas anteriormente tanto en la cavitación hidrodinámica como ultrasónica. En lugar de causar el colapso de burbujas a través de la cavitación, se proporcionan 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 superficies de los componentes de proceso. Puesto que la formación y colapso de las burbujas 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 efectivas, o presión fija o flujo establecido en accesorios especializados, este mecanismo de colapso de burbujas se puede aplicar para catalizar reacciones de forma rentable a través una amplia gama de variabilidad de materias primas.

Se proporcionan métodos y aparatos para producir burbujas de vapor de gas en un medio líquido y para colapsar la burbuja para crear un punto caliente de plasma. Las burbujas generadas son introducidas y el colapso de las burbujas da como resultado la conversión parcial o total del contenido de fase gaseosa y líquida de la capa interna y límite de la burbuja en plasma, gas ionizado y líquido ionizado. En consecuencia, se produce un cambio o aumento en la reactividad de los elementos y compuestos en las fases gaseosa o líquida de la burbuja y en el medio líquido circundante.

En un aspecto, se proporcionan métodos y un aparato que utilizan las propiedades de un burbuja de vapor de gas que colapsa en un medio líquido como un catalizador para las reacciones entre los elementos y compuestos contenidos en la burbuja y los elementos o compuestos presentes en el medio líquido que contiene la burbuja.

En otro aspecto, se proporcionan métodos y un aparato para formar burbujas de vapor de gas en un medio líquido y para 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.

En otro aspecto adicional se proporciona un dispositivo que permite que las concentraciones de los constituyentes de fase gaseosa y líquida las burbujas formadas en un

000004

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, en otro aspecto adicional se 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.

En otro aspecto se proporcionan 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 las 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 vapor de gas 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 presiones de descarga de la bomba.

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** es un diagrama de tuberías e instrumentación que representa una implementación ejemplar del aparato de la presente invención que incluye un sistema de bomba, subsistemas, componentes y un controlador del aparato utilizado para crear burbujas de vapor de gas en un medio líquido bombeado y hacerlas colapsar en puntos de plasma caliente, de acuerdo con varios aspectos de la invención;

La **Figura 2** es un diagrama de tuberías e instrumentación que ilustra una configuración alternativa del subsistema del aparato de generación de burbujas que se representa en la **Figura 1**, utilizando un tubo de Venturi;

La **Figura 3** es un diagrama de tuberías e instrumentación que ilustra otra configuración alternativa del subsistema del aparato de generación de burbujas que se representa en la **Figura 1**, utilizando un eyector;

000005

La **Figura 4** es un diagrama de tuberías e instrumentación que ilustra otra configuración alternativa del subsistema del aparato de generación de burbujas que se representa en la **Figura 1**, utilizando una inyección de gas en la línea de entrada;

Las **Figuras 5a, 5b y 5c** son vistas en sección transversal de la bomba de turbina regenerativa que se muestra en la **Figura 1**;

La **Figura 6** 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 7** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento realizadas por una lógica de aplicación de la presente invención;

La **Figura 8** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento realizadas por una lógica de generación de burbujas de la presente invención; y

La **Figura 9** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento realizadas por una lógica de colapso de burbujas de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

El aparato de la presente invención comprende varios subsistemas independientes que se pueden configurar según sea necesario para una aplicación particular. El aparato incluye una bomba de turbina regenerativa para arrastrar y colapsar con eficacia las burbujas. La **Figura 1** muestra un diseño ejemplar de las tuberías e instrumentación del aparato y de sus subsistemas. En las configuraciones alternativas, el aparato genera una corriente lineal controlada de burbujas particularmente dimensionadas en un medio líquido bombeado a la entrada, pero fuera de la carcasa, de una bomba de turbina regenerativa y, después, colapsa rápidamente las burbujas, mientras son arrastradas en el flujo helicoidal del medio bombeado dentro de la turbina de álabes del impulsor de la bomba de turbina regenerativa de modo que un punto caliente de plasma se forma en el centro de cada burbuja colapsada.

Haciendo referencia a la **Figura 1**, un aparato ejemplar se indica de forma general con el número de referencia **10**. La **Figura 1** muestra una vista general del sistema básico, pero dependiendo del aparato de generación de burbujas utilizado, el sistema básico puede ser modificado. Partiendo de la entrada del aparato, aguas abajo a través de la descarga de aparato, el flujo de líquido en el aparato comienza con una tubería de entrada **14** conectada entre una fuente de líquido **12** y un suministro de líquido **20** a través de la válvula de control del nivel de líquido motorizada **16** mediante el control de nivel **18**. El suministro de líquido **20** puede suministrar un líquido que puede ser una sola sustancia, mezcla o solución y puede estar presurizado, caliente o frío. La presión de alimentación del suministro de líquido **20** en la línea central de la tubería de entrada **22** de la bomba 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 para la aplicación particular, y es preferiblemente mayor que la presión máxima esperada requerida por el aparato de

000006

generación de burbujas **30**. La presión de alimentación de suministro de líquido se puede proporcionar desde un depósito u otro medio de almacenamiento, permitiendo la conexión del dispositivo en un proceso discontinuo. Como alternativa, el suministro de líquido **20** podría ser un efluente de un proceso aguas arriba, lo que permite la instalación del aparato en una línea de producción. La formación de burbujas en la corriente de fluido y el procesamiento de la corriente de fluido dependen de la solución inicial. Si la solución inicial contiene dióxido de carbono, un tubo de Venturi se puede utilizar para formar burbujas en el fluido. Si la solución inicial no contiene dióxido de carbono, burbujas de dióxido de carbono se pueden añadir a la solución para su tratamiento posterior. El procesamiento de la solución se realiza a través de una retroalimentación de bucle cerrado en que las variables de proceso se ajustan a medida que la solución se procesa para optimizar el procesamiento, como se describirá.

Cuando la bomba de turbina regenerativa **60** está en funcionamiento, el medio líquido bombeado fluirá desde el suministro de líquido **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**. 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 aplicación **106** en respuesta a las condiciones del medio bombeado a la tubería de entrada **22** de la bomba, tales como la presión y la temperatura medidas por los sensores de presión y temperatura **111** y **112** de entrada, respectivamente. 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 medio líquido bombeado 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 podrían hacer utilizando la información de la condición del medio bombeado en la tubería de entrada **22** recogida por los sensores **40**, **111** y **112** de la tubería de entrada **22** 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 un tamaño y numero requerido para una aplicación particular. El aparato de detección de burbujas de entrada **40** puede incluir el elemento **40a**, transmisor **40b** e indicador **40c** del sensor.

Dependiendo de la aplicación específica y de la naturaleza del medio bombeado, el control de presión adecuada del medio bombeado que fluye a través de la tubería de entrada **22** de la bomba puede incluir la detección de otros parámetros de la composición o condición del medio bombeado, ya sea aparte de o además la temperatura y presión, tales como el caudal, viscosidad, fracción de vacío de dos fases, salinidad, pH, COV total (Compuestos Orgánicos Volátiles), DBO (Demanda Biológica de Oxígeno), o alguna otra propiedad o métrica. Cuando la detección de otras condiciones diferentes a la presión y temperatura actuales son utilizadas por el controlador **100** para regular la presión de entrada del aparato, la lógica del controlador **101** y la lógica de aplicación **106** pueden contener etapas que detecten e identifiquen los sensores adicionales y evalúen los valores de los mismos junto con la presión y temperatura de entrada medida, 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 presión en la tubería de entrada **22** 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 líquido **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 del suministro de líquido **20**, 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**.

A continuación, continuando con la **Figura 1**, el medio bombeado fluye desde la válvula de control de presión de entrada **24** a través del aparato de generación de burbujas de entrada **30**. Las burbujas se forman utilizando uno o más de al menos tres posibles configuraciones alternativas, aunque existen otros posibles métodos eficaces de producción de burbujas que podrían adaptarse para su uso en el aparato. Se espera que una configuración útil del aparato de generación de burbujas de entrada **30** produzca una corriente de burbujas lineal, constante en el intervalo de aproximadamente 100 a aproximadamente 9.000 burbujas por segundo, según lo requerido por una aplicación particular, con diámetros de burbuja estables en el intervalo de aproximadamente 0,5 micras a aproximadamente 1 mm, de nuevo como es requerido por una aplicación particular. Las aplicaciones particulares podrían tener diferentes intervalos de cantidades y

tamaños de burbujas. 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 tamaño de las burbujas en la nube son controlados. Las siguientes tres configuraciones del aparato de generación de burbujas **30**, aunque no son representativas de todas las posibles alternativas que puede ser requeridas por una aplicación particular del aparato, proporcionan la producción de burbujas en número, tamaño y posicionamiento suficiente, y demuestran algunas de las características deseables de las configuraciones de generación de burbujas alternativas potencialmente útiles. Existen diferencias en las características de rendimiento de las configuraciones alternativas.

Con referencia ahora a la **Figura 2**, una configuración alternativa del aparato de generación de burbujas **30** implica un aparato modificado indicado de forma general con el número de referencia **210**. Esta configuración utiliza un tubo de Venturi **270** de gran perforación instalado en línea antes del aparato de detección de burbujas de entrada **40**, si el sistema incluye un aparato de detección de burbujas **40**, o en línea antes de la bomba de turbina regenerativa **60**. En esta configuración, el aparato recibe un suministro de líquido **20** que hace burbujear a una tasa controlada por un compresor **250** con un suministro de gas de alimentación o mezcla de gases **252**, regulado por controlador de presión **211** de suministro de gas, que controla la válvula de control de presión de gas motorizada **212**. En consecuencia, el suministro de gas **252** se disuelve en el suministro de líquido **20** y el líquido con gas saturado se suministra a la tubería de entrada **22** en o por encima de la presión convencional. Cabe señalar que la adición de un gas en el suministro de líquido **20** puede no ser necesaria para aplicaciones en que el suministro de líquido contiene elementos o compuestos volátiles. En estos casos, la presión de vapor del líquido puede ser suficiente para que se formen burbujas cuando se hace pasar a través del tubo de Venturi **270** sin la adición de un gas externo a la solución del suministro de líquido **20**. La presión del suministro de líquido se detecta, transmite e indica por el sensor de gas **254** de burbujeo del suministro de líquido que puede incluir el elemento **254a**, transmisor **254b** e indicador **254c** del sensor. La presión del suministro de líquido **20** es leída por el controlador lógico programable (PLC) **256** de control de la velocidad del compresor de gas de burbujeo del suministro de líquido y se compara con el valor de consigna de velocidad **258** del compresor o con el valor de consigna de presión del suministro de líquido que se ha hecho burbujear. El PLC **256** recupera después la velocidad del compresor actual, vuelve a calcular un nuevo valor de consigna de velocidad **258** del compresor, y lo transmite junto con la presión del suministro de líquido **20** como la variable de proceso al controlador proporcional-integral-derivativo (PID) **257** de control de la velocidad del compresor de gas de burbujeo del suministro de líquido. El PID **257** envía una señal analógica o digital a distancia al controlador de velocidad **259** del compresor que hace que el controlador varíe la frecuencia de potencia suministrada al motor (no mostrado) de un compresor **250** de modo que gira al valor de consigna de velocidad **258** del compresor.

000009

Como resultado de esta acción de burbujeo, el gas o la mezcla de gases suministrada se disuelve en el suministro de líquido como una función de la solubilidad del gas suministrado **252** en el líquido suministrado **20** a la presión mantenida en el suministro de líquido **20**. El líquido saturado se extrae a través del tubo de Venturi **270** por la acción de la bomba de turbina regenerativa **60**, lo que da como resultado una caída de presión en la garganta **272** del tubo de Venturi, como se controla por la velocidad de la bomba de turbina regenerativa **60**, la regulación de presión de la tubería de entrada **22** o de la tubería de descarga **75** de la bomba, la presión del suministro de líquido o alguna combinación de los mismos. A medida que el medio líquido bombeado saturado en gas se hace pasar a través de la garganta **272** del tubo de Venturi, una parte del gas o gases disueltos y algunos de los medios líquidos bombeados se vaporizan. Por consiguiente, las burbujas se forman con elementos o compuestos contenidos tanto en el suministro de gas **252** como en el suministro de líquido **20**. Las fracciones de vapor de gas específicas en una burbuja se calculan para una aplicación en particular mediante la ecuación de Bernoulli, considerando las presiones de vapor líquido y gas disuelto dinámicas, la presión diferencial causada por la caída de presión en la garganta **272** del tubo de Venturi, la velocidad del medio bombeado, la presión estática a la entrada del aparato de generación de burbujas **30**, y cualquier otra propiedad de medio bombeado que pueda afectar a la composición del vapor de gas de las burbujas. Este método permite la mezcla automática de los compuestos de gases disueltos y vapores de gas líquidos del medio bombeado en las burbujas. Un ejemplo de un tubo de Venturi para su uso en el presente aparato es el Tubo de Venturi Tee fabricado por LASCO Fittings, Inc., Brownsville, Tennessee.

Haciendo referencia ahora a la **Figura 3**, una segunda configuración alternativa del aparato de generación de burbujas **30** incluye un aparato modificado indicado de forma general con el número de referencia **310**. Esta configuración utiliza un eyector **370** en línea instalado en la tubería de entrada **22** de la bomba y provisto de un orificio de tamaño **372** dimensionado para controlar el tamaño y número de las burbujas generadas. Un suministro de gas **352** es mantenido por un controlador de presión **353** del suministro de gas autónomo y por la válvula de control de presión de gas motorizada **351**, en o por encima de la presión de suministro máxima requerida por el eyector **370** para una aplicación particular. La presión en el orificio del eyector **372** está controlada por una válvula de control de presión de gas motorizada **374** instalada entre el suministro de gas **352** y el eyector **370**, que regula de la presión de suministro de gas. El sensor de presión **375** del suministro de gas del eyector, que puede incluir el elemento **375a**, transmisor **375b** e indicador **375C** del sensor, envía una señal analógica o digital a distancia que representa la presión actual del suministro de gas del eyector regulada al PCL **376** de control de presión del suministro de gas del eyector. El PLC **376** lee esta señal de presión actual y la transmite como la variable de proceso junto con el valor de consigna de presión **377** del suministro de gas del eyector al PID **378** de control de la presión del suministro de gas del eyector. El PID **378** recalcula continuamente y transmite una nueva señal de posición analógica o digital a la válvula de

000010

control de presión de gas motorizada **374** indicada por el indicador de posición **379** de la válvula de control presión de gas motorizada, manteniendo el la valor de consigna de presión **377** del suministro de gas del eyector. Las burbujas se crean con un contenido de vapor controlado directamente mediante el ajuste del diámetro interno del orificio **372**, la presión de líquido del medio bombeado y el valor de consigna de presión **377** del suministro de gas del eyector. Este método es adecuado para aplicaciones en que las presiones de la tubería de entrada **22** de la bomba o del suministro de gas **352** son bajas y permite la regulación indirecta del gas y de la composición de vapor del medio líquido bombeado de las burbujas.

Continuando ahora con la **Figura 4**, otra configuración alternativa del aparato de generación de burbujas **30** incluye un aparato modificado indicado de forma general con el número de referencia **410**. Esta configuración utiliza una boquilla de inyección de gas **470**, que está dimensionada y conformada para producir burbujas en base al caudal y al rendimiento del sistema. La boquilla **470** está instalada en la línea de tubería de entrada **22** de la bomba, apuntando 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 **472** tal como, por ejemplo, un alimentador 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, un suministro de gas **452** está conectado a un compresor **450** que descarga el gas en una línea de presión regulada. El PLC **476** de control de presión y de velocidad del 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 del sensor de presión **475** de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada que puede incluir el elemento **475a**, el transmisor **475b** y el indicador **475c**. El PLC **476** recupera continuamente el valor de consigna de presión **477** 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 **474** que regula la presión de la boquilla de inyección. Si el valor de consigna de presión **477** de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada no puede ser alcanzado por la presión del suministro de gas **452**, como regulada por el controlador de presión **453** del suministro de gas y la válvula de control de presión de motorizada **412**, después, el PLC **476** pone en marcha el compresor **450**, y utilizando la presión **475** de la boquilla de inyección de gas como la variable de proceso, ajusta al alza el valor de consigna se velocidad del compresor **458** de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada hasta que el valor de consigna de presión **477** 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 puede lograr cambiando el valor de consigna de presión transmitido a la válvula de control de presión de gas motorizada **474**. Una vez que el PLC **476** calcula un valor de consigna de presión, éste se transmite al PID **478** de control

de la presión de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada, con la presión **475** de la boquilla de inyección como la variable de proceso. El PLC **476** retransmite la velocidad actual del motor (no mostrada) del compresor **450** desde el controlador de velocidad **459** del compresor al PID **457** 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 se velocidad del compresor **458** actual. Este método 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 **477** de la boquilla de inyección de gas en la línea de entrada o la forma o tamaño de la boquilla de inyección de gas **470** en la línea de entrada, además de la presión en la tubería de entrada **422** de la bomba regulada por la válvula de control de presión de entrada **424**.

Haciendo referencia de nuevo a la **Figura 1**, el medio líquido bombeado que contiene burbujas arrastradas se hace pasar a través del aparato de detección de burbujas de entrada **40** opcional. En aplicaciones 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, utilizando una configuración del aparato de generación de burbujas de entrada **30** específica. 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 en conjunto con otros datos de detección de los sensores de entrada **111** y **112**, calcula nuevos valores de parámetros de funcionamiento, tales como la presión del aparato de generación de burbujas de entrada **30** como se establece por la válvula de control de presión de entrada **24**, o la presión lineal del eyector (**Figura 3, 370**) o del inyector (**Figura 4, 470**) de gas, como se utiliza en las configuraciones alternativas del aparato de generación de burbujas de entrada **30**, 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.

Continuando con la **Figura 1**, el medio líquido bombeado que contiene las burbujas producidas se hace pasar desde el aparato de detección de burbujas de entrada 40 y entra en la bomba de turbina regenerativa 60. A continuación, el agua de proceso que contiene las burbujas 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 entrada, la descarga, la carcasa, el diseño del 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 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 la **Figuras 5**, las burbujas y el medio líquido bombeado 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 intersecta 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 60 donde el medio líquido bombeado se ve obligado, por la contención dentro de las paletas 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 medio líquido bombeado 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, determinado durante el diseño de aplicación y mantenido o ajustado después posteriormente según lo requerido por el controlador 100 (véase **Figura 1**) durante el funcionamiento del aparato se establece de modo 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 medio bombeado deba ser tal que las burbujas 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 del medio líquido bombeado, y contenidas dentro de las paletas impulsoras **64** individuales, colapsan a medida que el líquido bombeado 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, los cambios resultantes en el medio líquido bombeado y en las propiedades del contenido, composición o capacidad de reacción de las burbujas, son directa y mecánicamente controlados. La tasa actual 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 un rendimiento óptimo de una aplicación particular.

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 bombeo continua, 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 temperatura as 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 Dynaflow fabricada por Dynaflow 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 la **Figura 1**, el medio líquido bombeado, que contiene burbujas parcial y totalmente colapsadas, 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 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.

Continuando con la **Figura 1**, el medio líquido bombeado ha pasado a través del aparato de detección de burbujas de descarga **70** que puede incluir el elemento **70a**, transmisor **70b** e indicador **70c** del sensor. Como con la detección de entrada, el controlador **100** puede supervisar las condiciones o propiedades del medio bombeado 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**. En aplicaciones en que se requiere el colapso total de las burbujas producidas, la detección y medición del número y tamaño de burbujas que quedan en la corriente del medio líquido bombeado descargada de la bomba de turbina regenerativa **60** se pueden utilizar para volver a calcular una corrección de los valores de consigna de velocidad de la bomba **109** o de presión de descarga **108**. En la mayoría de las aplicaciones, 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 5C**) 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 **70** opcional se utiliza para detectar y medir las burbujas que permanecen en el flujo del medio bombeado 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 realizar 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 posible al valor de consigna de velocidad de la bomba de turbina regenerativa **60** actual, se aumenta entonces el valor de consigna de velocidad del impulsor **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 **63** de la bomba de turbina regenerativa **60**, 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 **64** (**Figura 5A**) 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 la **Figura 1**, el medio líquido bombeado 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 medio líquido bombeado 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. Finalmente, el medio líquido bombeado fluye a través de la válvula de control de presión de descarga **80** y fuera del aparato. La válvula de control de presión de descarga **80** está configurada para la regulación de la presión del medio líquido bombeado 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 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 generadas, requerida para una aplicación particular, 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**. Un recipiente receptor o conexión de proceso aguas abajo se proporciona después de la válvula de control de presión de descarga **80**.

Los subsistemas de manipulación del medio líquido bombeado y de gas 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 ser instaladas 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 revisión del aparato.

Haciendo referencia todavía a la **Figura 1**, el controlador **100** proporciona tanto la detección del estado de funcionamiento como 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**, **70**, **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 **140** 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. La **Figura 1** muestra un conjunto ejemplar de detectores y dispositivos de control para la aplicación de los métodos de funcionamiento explicados aquí. 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 **140** 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 **140** de la lógica del controlador. Adicionalmente, puede ser necesario cambiar la secuencia operativa del aparato para una aplicación particular. La lógica de aplicación **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 ser accesibles para y ejecutarse en el PCL **140** de la lógica del controlador. Como con la lógica del controlador **101**, una versión única de la lógica de aplicación **106** se puede almacenar localmente en el controlador o en un dispositivo externo o la lógica de aplicación **106** se puede cargar en un dispositivo u ordenador externo, modificarse y descargarse de nuevo en el PCL **140** 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 estar accesibles al PCL **140** 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 140 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 aplicación 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 operador (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 aplicación 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 140 del controlador desde un dispositivo externo, y la lógica para la carga y descarga automatizada o externamente dirigida de la lógica de reducción 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 140 de la lógica del controlador.

Obsérvese que la **Figura 1** representa los PLC 100 discretos en el controlador, tal como uno para el enlace externo 118 y uno para la lógica del controlador 140, así como otros tales como para el PLC 130 de control de presión de entrada, el PLC 102 de control de presión de descarga, y 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 140 de la lógica del controlador, así como los otros PLC 130, 102, 104 y los PID que incluyen el PID 135 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 la **Figura 1** 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 aplicación 106 se representan en la **Figura 1** como residiendo en y ejecutándose en el PLC 140 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 aplicación 106, y estos PLC o dispositivos alternativos separados 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, 70, 110, 111, 112, 113, 114, 135**, los PLC **130, 102, 104** y los PID **135, 103, 105** también. Las disposiciones y funciones de los componentes del controlador **100** que se proporcionan en la **Figura 1** 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** contenida 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 **140** de la lógica del controlador ejecuta las instrucciones del programa de la lógica del controlador **101** y de la lógica de aplicación **106** que dirigen la secuencia de funcionamiento de los subsistemas del aparato, como se ha descrito anteriormente, y responde a un ordenador externo o solicitudes del operario. El PLC **140** maneja también las interrupciones de secuencia operativa y las solicitudes de los datos de valores de parámetros de funcionamiento generadas por el PLC **130**, PLC **102** y el PLC **104** de los controladores de los subsistemas. El PLC **140** 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 límites de funcionamiento, estados de error y otros eventos que se producen después durante el funcionamiento 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 **140** de la lógica del controlador.

El PCL **130** de control de presión de entrada recibe del PCL **140** 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/o temperatura requeridas del medio bombeado y/o la cantidad y/o 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. El PCL **130** 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 **130** 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 de aplicación **106** y de valores de consigna de presión de entrada **107**, el PLC **130** 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 **130** 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 **140** de la lógica del controlador, que puede proporcionar nuevos datos de valores de consigna de presión de entrada **107** o dirigir el PCL **130** 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**. Una valor de consigna de presión

de entrada **107** introducido por medio de un operario del panel puede ser procesado por el PCL **140** 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 **130** de control de presión de entrada.

Una vez que se calcula un valor de consigna de presión de entrada **107** por el PCL **130** de control de presión de entrada, se transmite junto con el proceso de presión de entrada actual variable al PID **135** de control de presión de entrada. El PID **135** recibe continuamente las variables del proceso de presión de entrada y los valores de consigna de presión actualizados. El PID **135** 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 **135** 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 controlador 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 **140** 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 **130** 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 **135** de control de presión de entrada. Se emplean dos modos de funcionamiento secuenciales para implementar esta técnica de control. En primer lugar, el PCL **130** de control de presión de entrada, que utiliza las técnicas de manipulación de los valores de consigna de presión de entrada **107** mencionadas y en conjunto con el PID **135** 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 **135** de control de presión de entrada. El PID **135** 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** se continúa en respuesta a la señal del aparato de detección de burbujas de

entrada **40**. El PCL **130** 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 **135** de control de presión de entrada.

5 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** puede mantener 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 **135** de control de
10 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.

15 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**
20 del PCL **140** de la lógica del controlador, inicialmente y de forma periódica, de forma similar al PCL **130** 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
25 temperatura de descarga **114**, y aparato de detección de burbujas de descarga **70**, 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
30 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
35 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
40 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 **70** - 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 **130** y el PID **135** 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 **140** 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 presión **111c**, el indicador de temperatura **112c**, los indicadores de burbujas **40c** y **70c**, el indicador de velocidad de la bomba **115**, el indicador de velocidad **218**, el indicador de velocidad **450**, el indicador de presión de descarga **113c**, el indicador de temperatura de descarga **114c** y el indicador de posición de válvula **116**.

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 al 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 **130** de control de presión de entrada, a través del PLC **140** de la lógica del controlador, al PLC **104** de control de velocidad del motor de la bomba.

El PCL **140** de la lógica del controlador, además de y en apoyo a la lógica del controlador **101**, almacena y distribuye también a los PLC **130**, **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 **130**, **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 funcionamiento. 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 **140** 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 **140** de la lógica del controlador, que utiliza los datos de configuración almacenados del subsistema, la lógica del controlador **101**, la lógica de aplicación **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 **70**, 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 aplicación, o las burbujas tienen que colapsar totalmente y, sin embargo, se siguen observando por el aparato de detección de burbujas de descarga **70**, 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 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 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 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. Ambos de estos 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 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** retorna 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 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 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 **70**. 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 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 **70**.

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 **140**, que a su vez recupera los valores reales de las propiedades del aparato de detección de burbujas de entrada **40** del PLC **130** 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 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 **140** de la lógica del controlador mediante el controlador **100** y que residen en la lógica del controlador **101**, la lógica de aplicación **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 aplicación **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 aplicación **106** puede proporcionar tanto un algoritmo de secuencia de ensayo operativo 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 del ensayo, la lógica de aplicación **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 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 **140** del controlador, a través de un PCL **118** de interfaz externa. Una vez finalizado el ensayo, 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. 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.

El controlador 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 según lo requerido para una aplicación particular. El controlador 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 de valores de consigna y los valores de consigna de velocidad de la bomba que pueden producir las características deseadas de rendimiento, según lo requerido para una aplicación particular. El controlador vuelve a calcular automáticamente y varía los valores de consigna de funcionamiento utilizando los valores o intervalo de valores de consigna de entrada originales y los algoritmos de modificación de valores que residen en el controlador. El controlador 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 variables de proceso que producirán con mayor probabilidad un resultado deseado con el aparato puede ser desarrollado utilizando el aparato y el controlador a medida que se reportan aquellas combinaciones de valores de consigna que alcanzan deseables o mejores características de funcionamiento de ajuste con los algoritmos de evaluación resultantes que residen en el controlador.

La Solicitud de Patente de Estados Unidos en trámite junto con la presente con N° de serie **13/240,836**, titulada "Sistema de Reactores Químicos y Método que Utiliza una Bomba de Turbina Regenerativa para producir gas combustible", describe una aplicación particular y se presenta simultáneamente con ésta. La descripción de esta solicitud se incorpora expresamente aquí por referencia.

La **Figura 6** 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, se hace otra determinación en cuanto a si se debe iniciar el modo de control externo 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 que las estadísticas de error se muestran 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 de aplicación **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 ha de 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 funcionamiento 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 7** es un diagrama de flujo que muestra las etapas de procesamiento de la lógica de reducción 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 de 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 evento 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 8** 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 9** 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 sistema para la formación y colapso de burbujas, comprendiendo el sistema:
un generador de burbujas para generar burbujas en un fluido;
5 una bomba de turbina regenerativa para recibir el fluido y las burbujas;
al menos un sensor que detecta al menos un parámetro de proceso asociado con el funcionamiento de la bomba de turbina regenerativa; y

un controlador en comunicación con el al menos un sensor, recibiendo el controlador el al menos un parámetro de proceso, procesando el al menos un parámetro
10 proceso, y ajustando el funcionamiento de la bomba de turbina regenerativa en base al procesamiento del al menos un parámetro de proceso.

2.- El sistema de la reivindicación 1, caracterizado por que la bomba de turbina regenerativa incluye un álabe del impulsor que define una pluralidad de paletas.
15

3.- El sistema de la reivindicación 2, caracterizado por que las paletas están dimensionadas para recibir y mover una única burbuja.

4.- El sistema de la reivindicación 3, caracterizado por que el parámetro de proceso
20 comprende al menos uno de la velocidad de giro de las paletas, la presión de descarga y la temperatura.

5.- El sistema de la reivindicación 4, que comprende además un aparato de detección de burbujas conectado a la bomba, estando dimensionado el aparato de detección
25 de burbujas para detectar el número y el tamaño de las burbujas.

6.- El sistema de la reivindicación 5, caracterizado por que el generador de burbujas comprende un tubo de Venturi.

7.- El sistema de la reivindicación 5, caracterizado por que el generador de burbujas
30 comprende un eyector.

8.- El sistema de la reivindicación 5, caracterizado por que el generador de burbujas comprende un inyector para inyectar las burbujas en el fluido.

9.- El sistema de la reivindicación 4, caracterizado por que el controlador transmite una señal de valor de consigna de velocidad de la bomba y el controlador calcula la
35 velocidad, presión, o caudal de la bomba.

10.- El sistema de la reivindicación 9, caracterizado por que el sistema funciona en
40 una configuración de bucle cerrado.

11.- El sistema de la reivindicación 10, caracterizado por que el al menos un sensor detecta al menos un parámetro de proceso asociado con el funcionamiento del generador de burbujas.

5

12.- El sistema de la reivindicación 11, caracterizado por que el controlador está en comunicación con el al menos un sensor, recibiendo el controlador el al menos un parámetro de proceso, procesando el al menos un parámetro de proceso, y ajustando el funcionamiento del generador de burbujas en base al procesamiento del al menos un parámetro de proceso.

10

13.- Un método para la formación y colapso de las burbujas, comprendiendo el método las etapas de:

producir una corriente de burbujas de un líquido;

15

suministrar la corriente de burbujas a una bomba de turbina regenerativa que tiene un impulsor que define una pluralidad de paletas;

colapsar las burbujas; y

controlar un parámetro de proceso asociado con las burbujas utilizando un controlador y al menos un sensor; y

20

ajustar el funcionamiento de la bomba de turbina regenerativa en base al control del parámetro.

14.- El método de la reivindicación 13, caracterizado por que las burbujas colapsan en cámaras de paletas individuales de la bomba de turbina regenerativa.

25

15.- El método de la reivindicación 14, caracterizado por que las burbujas son arrastradas en un flujo helicoidal en las cámaras de la bomba.

16.- El método de la reivindicación 15, que comprende además la etapa de controlar la presión o caudal de la corriente de burbujas utilizando al menos un sensor y el controlador en comunicación con el al menos un sensor.

30

17.- El método de la reivindicación 16, que comprende además la etapa de determinar si la presión o caudal está dentro de un intervalo aceptable utilizando el controlador.

35

18.- El método de la reivindicación 17, que comprende además la etapa de ajustar el funcionamiento de la bomba de turbina regenerativa en respuesta al control de la presión o caudal.

40

19.- Un sistema para la formación y colapso de las burbujas, comprendiendo el sistema:

un generador de burbujas para generar burbujas en un fluido;

una bomba de turbina regenerativa para recibir el fluido y las burbujas;

5 al menos un sensor que detecta al menos un parámetro de proceso asociado con el funcionamiento del generador de burbujas; y

un controlador en comunicación con el al menos un sensor, recibiendo el controlador el al menos un parámetro de proceso, procesando el menos un parámetro de proceso, y ajustando el funcionamiento del generador de burbujas en base al procesamiento de el al menos un parámetro de proceso.

20.- El sistema de la reivindicación 19, caracterizado por que la bomba de turbina regenerativa incluye un álabe del impulsor que define una pluralidad de paletas.

15 21.- El sistema de la reivindicación 20, caracterizado por que las paletas están dimensionadas para recibir y mover una única burbuja.

22.- El sistema de la reivindicación 21, caracterizado por que el generador de burbujas comprende un tubo de Venturi.

20 23.- El sistema de la reivindicación 21, caracterizado por que el generador de burbujas comprende un eyector.

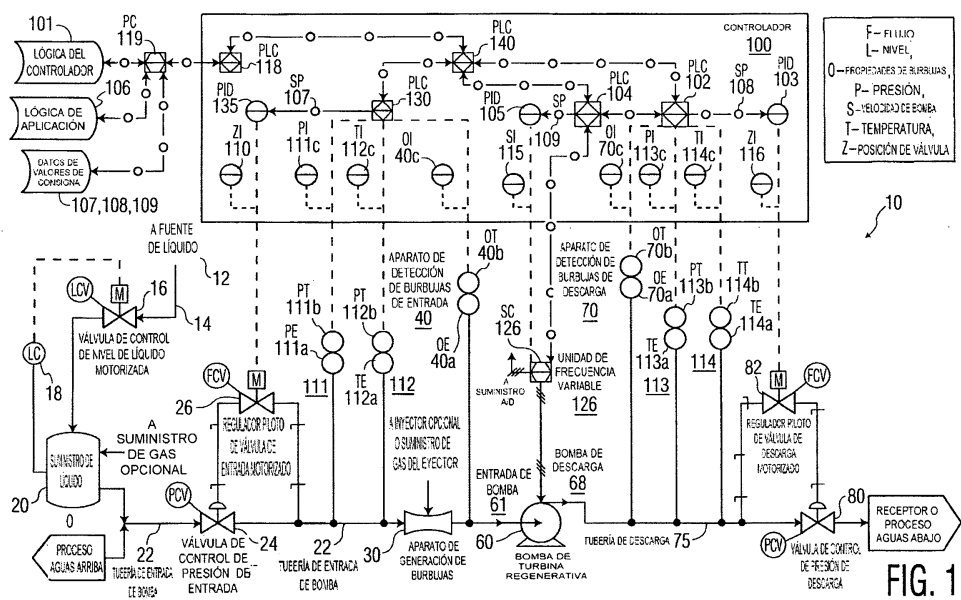
24.- El sistema de la reivindicación 21, caracterizado por que el generador de burbujas comprende un inyector para inyectar las burbujas en el fluido

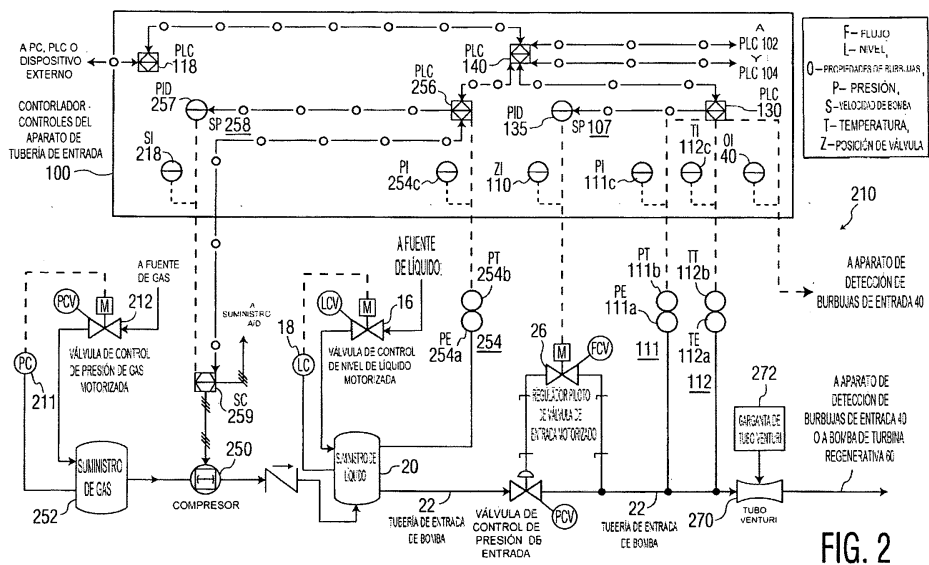
RESUMEN

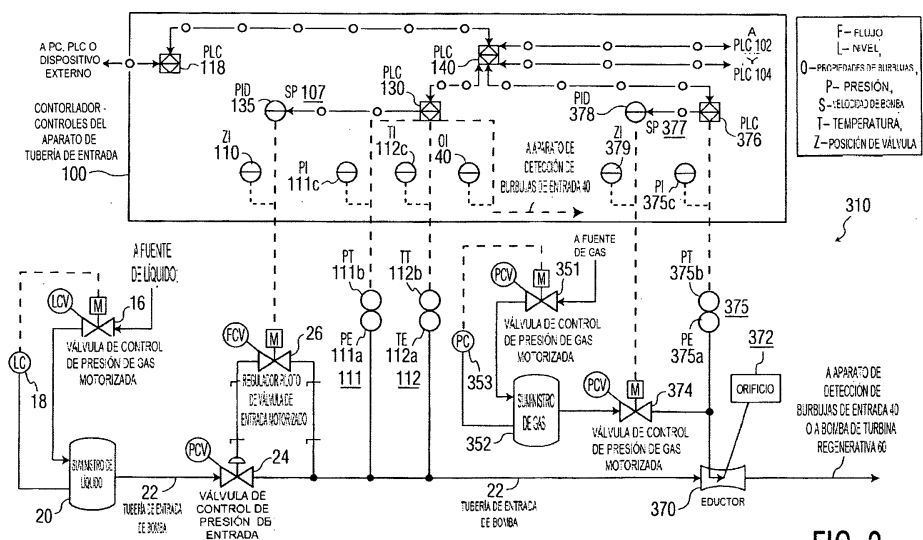
Se describen métodos y un aparato para producir burbujas de vapor de gas en un medio líquido y para hacer colapsar la burbuja para crear un punto caliente de plasma. Las burbujas generadas son introducidas y el colapso de las burbujas da como resultado la conversión parcial o total del contenido de fase gaseosa y líquida de la capa interna y límite de la burbuja en plasma, gas ionizado y líquido ionizado. En consecuencia, se produce un cambio o aumento en la reactividad de los elementos y compuestos en las fases gaseosa o líquida de la burbuja y en el medio líquido circundante.

10

000033







3/9

35

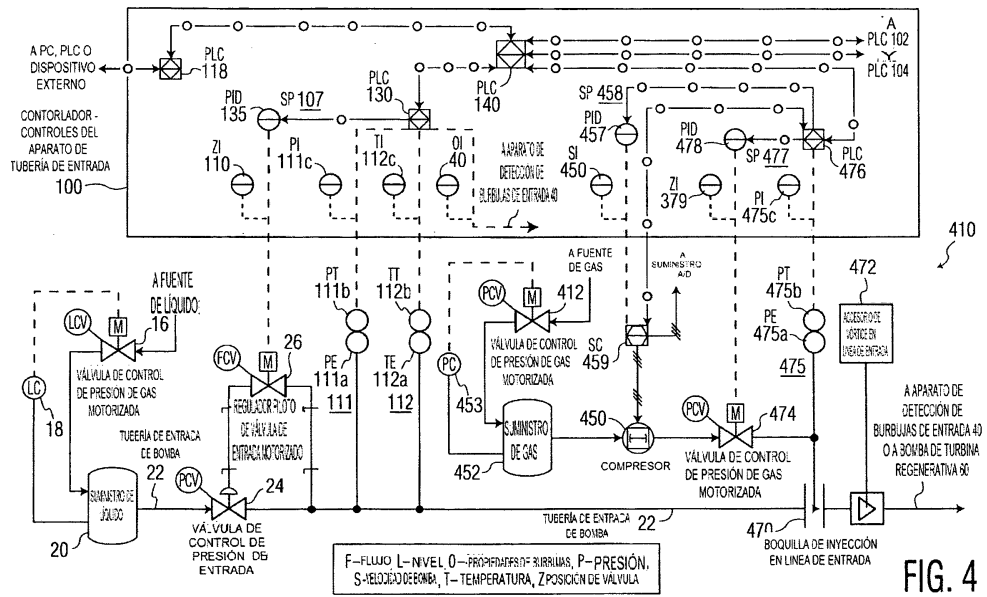


FIG. 4

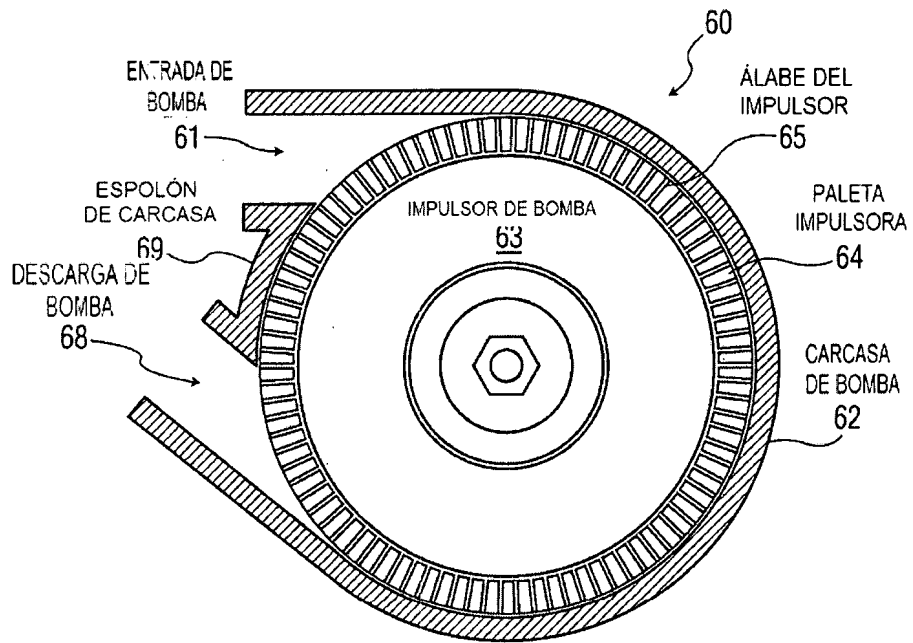


FIG. 5A

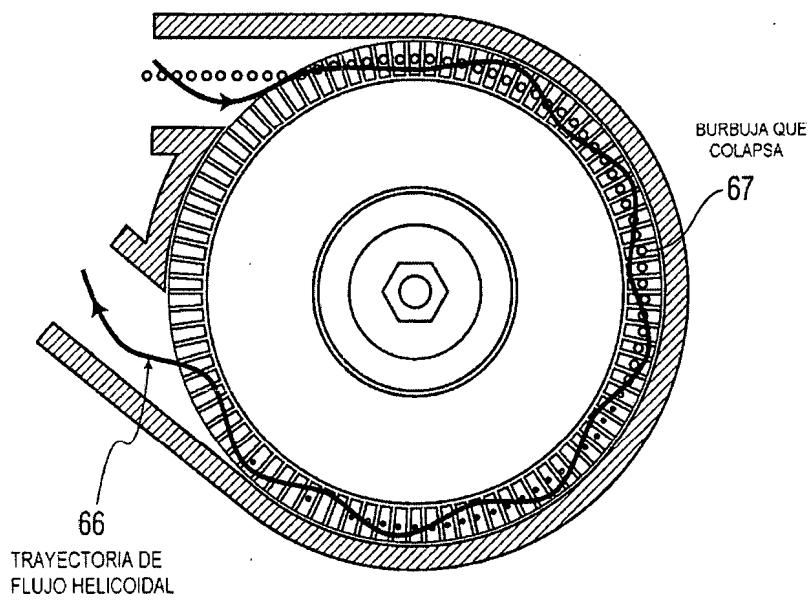


FIG. 5B

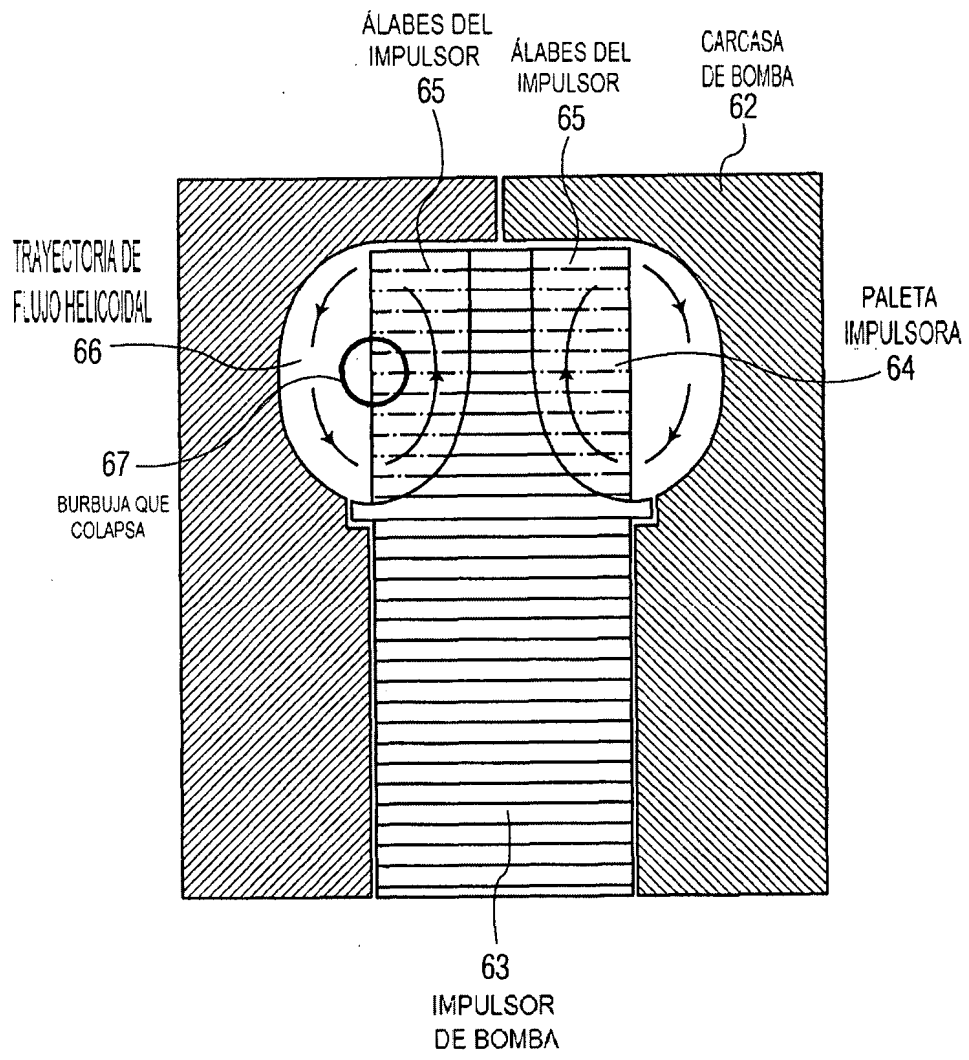
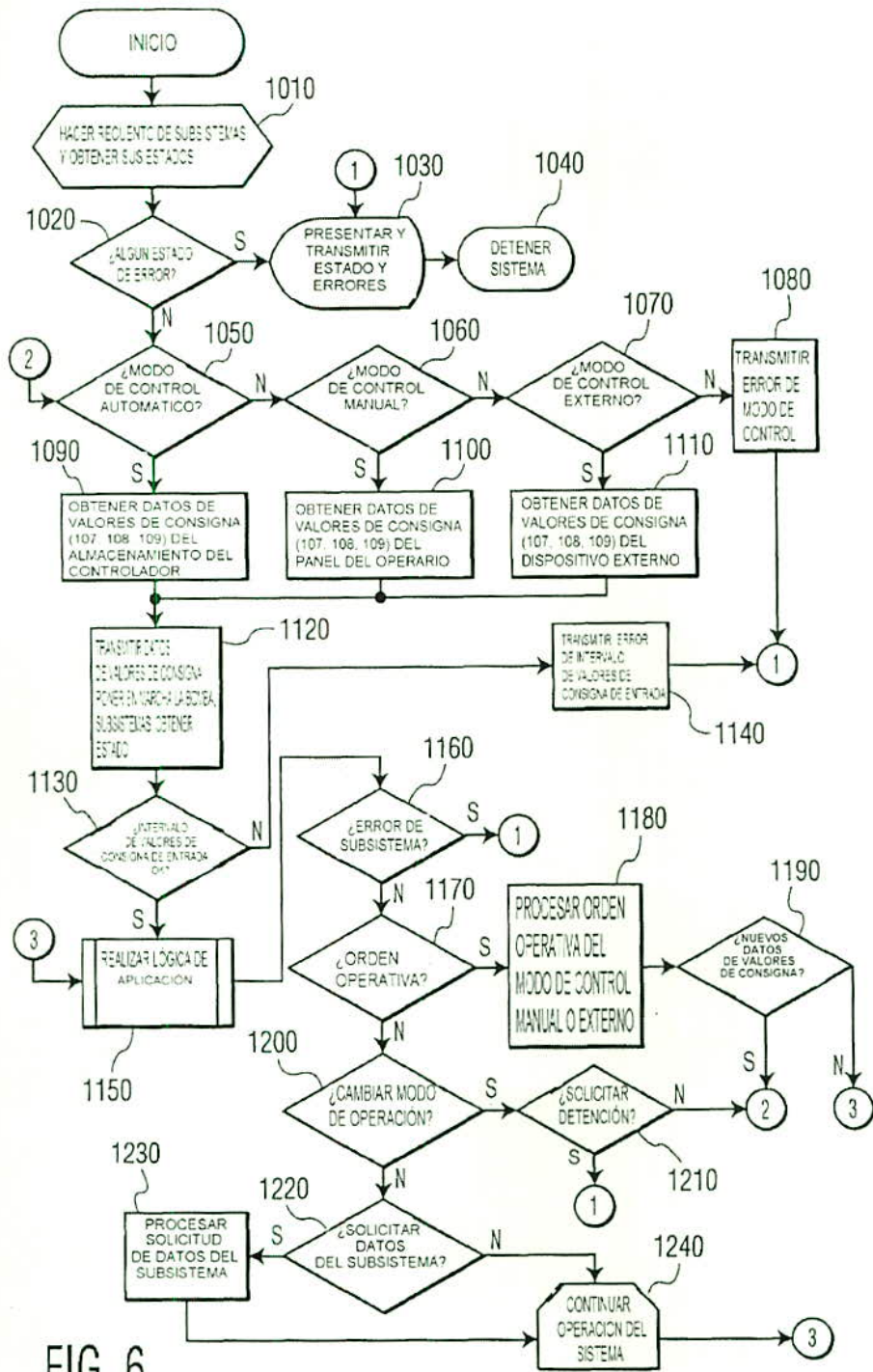


FIG. 5C



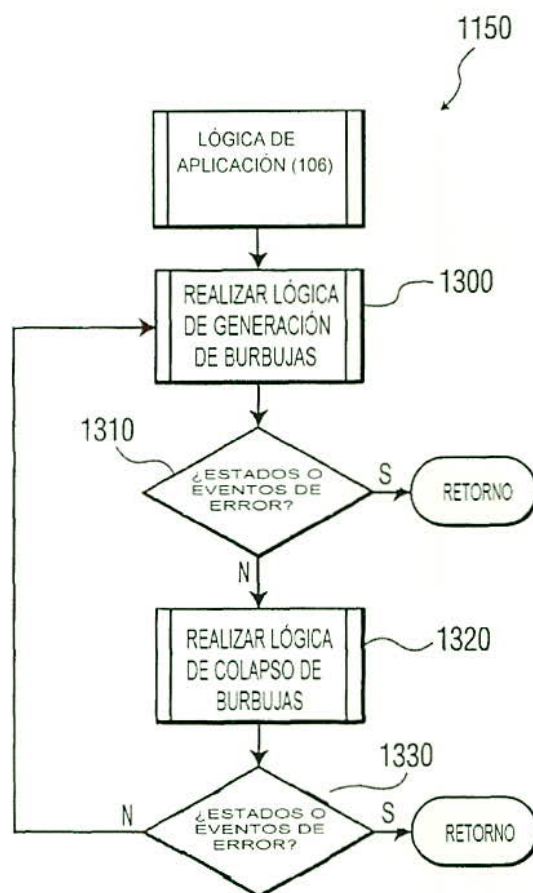


FIG. 7

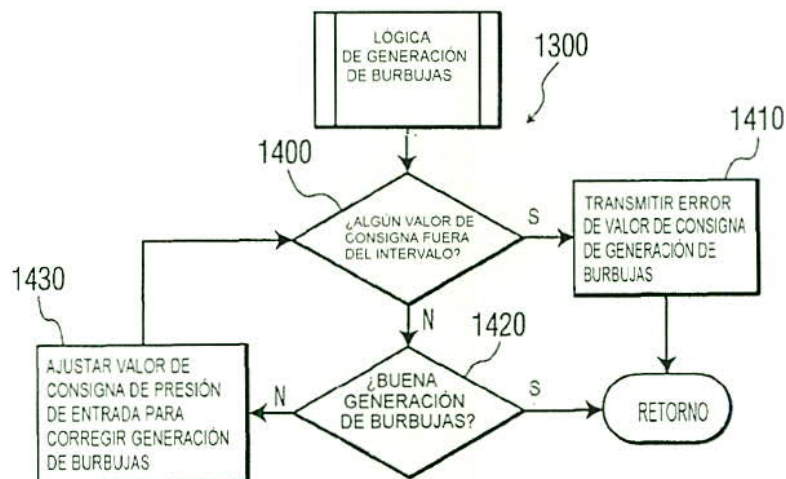


FIG. 8

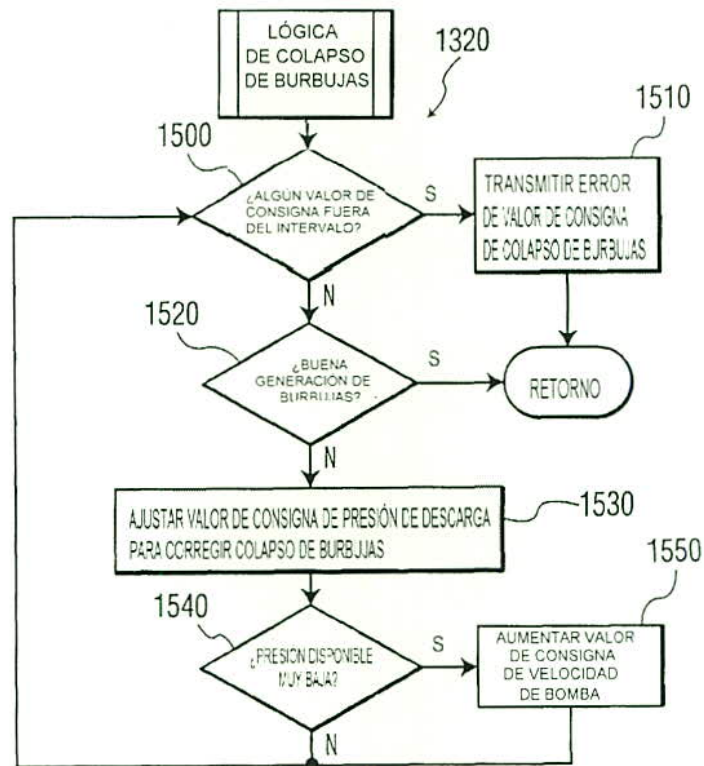


FIG. 9



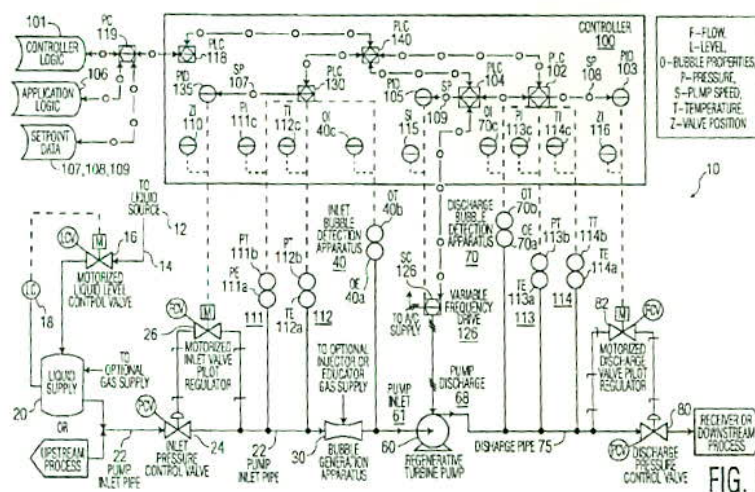
- (51) International Patent Classification:
C07C 1/20 (2006.01) B01J 10/00 (2006.01)
- (21) International Application Number:
PCT/US2011/052828
- (22) International Filing Date:
22 September 2011 (22.09.2011)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
61/385,392 22 September 2010 (22.09.2010) US
61/385,423 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 METHODS TO CREATE PLASMA HOT SPOTS IN A PUMPED MEDIA



(57) Abstract: Methods and apparatus are disclosed to produce gas vapor bubbles in a liquid media and collapsing the bubble to create a plasma hot spot. Generated bubbles are introduced and collapsing the bubbles results in the partial or total conversion of the internal and boundary layer gas and liquid phase content of the bubble to plasma, ionized gas and ionized liquid. Consequently, a change or increase in the reactivity of the elements and compounds in the gas or liquid phases of the bubble and the surrounding liquid media occurs.

COLOMBIA

Carrera 11 N^o 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 enseñanzas 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

000044

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

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 13 - 0010998
		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. UNIDITARIO 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. 13-040767- -00000-0000
Fecha: 2013-02-28 15:38:47 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 46

000025

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



RECIBO DE CAJA

No. 13 - 0017679

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
14 50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC	30.000.00	420.000.00
			\$420.000.00

SON: **CUATROCIENTOS VEINTE MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-040767- -00000-0000

Fecha: 2013-02-28 15:38:47 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 46

000026

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Febrero 21 de 2013 - 09:07:56

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. 13-040767- -00000-0000

Fecha: 2013-02-28 15:38:47
Tra. 11 PATENTE IYI
Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONAL
Folios: 46

PI02-F08 (2009-11-18)