



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 212 896**

② Número de solicitud: 200202113

⑤ Int. Cl.7: **B01J 19/10**  
**B01D 19/02**

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **13.09.2002**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.2004**

Fecha de la concesión: **06.09.2005**

⑭ Fecha de anuncio de la concesión: **01.10.2005**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**01.10.2005**

⑰ Titular/es:  
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas**  
**c/ Serrano, nº 117**  
**28006 Madrid, ES**

⑱ Inventor/es: **Gallego Juárez, Juan Antonio;**  
**Rodríguez Corral, Germán;**  
**Acosta Aparicio, Víctor Manuel;**  
**Andrés Gallego, Eduardo;**  
**Blanco Blanco, Alfonso y**  
**Montoya Vitini, Fausto**

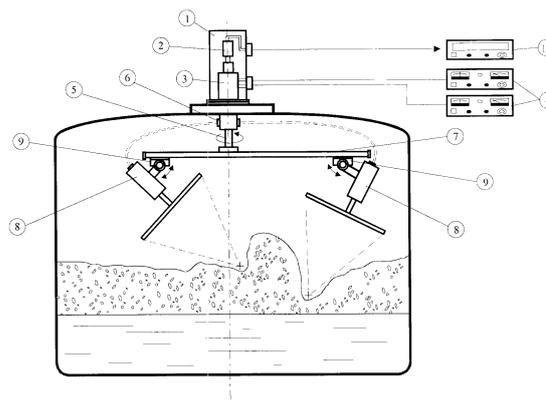
⑳ Agente: **No consta**

⑳ Título: **Procedimiento y sistema ultrasónico de desespumación mediante emisores con placa vibrante escalonada.**

㉑ Resumen:

Procedimiento y sistema ultrasónico de desespumación mediante emisores con placa vibrante escalonada.

El objeto de esta solicitud de patente es un dispositivo ultrasónico que permite eliminar espumas y controlar su crecimiento en grandes contenedores. El dispositivo emplea emisores sónicos y/o ultrasónicos del tipo placa vibrante escalonada, especiales para radiar altas intensidades acústicas en gases, los cuales, al estar libremente suspendidos en un soporte giratorio con rotación variable controlada, generan en su movimiento por acción de la fuerza centrífuga un recorrido complejo de los haces acústicos emitidos que permite barrer la superficie sobre la que se forma la espuma. Por efecto de la alta intensidad acústica ( $>170$  dB ref.  $2 \cdot 10^{-4}$   $\mu$ bar) gran parte de las burbujas de la espuma se van rompiendo casi instantáneamente al paso del haz ultrasónico.



ES 2 212 896 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema ultrasónico de desespumación mediante emisores con placa vibrante escalonada.

### Objeto

El objeto de esta solicitud de patente es un dispositivo ultrasónico que permite eliminar espumas y controlar su crecimiento en grandes contenedores. El dispositivo emplea emisores sónicos y/o ultrasónicos del tipo placa vibrante escalonada, especiales para radiar altas intensidades acústicas en gases, los cuales, al estar libremente suspendidos en un soporte giratorio con rotación variable controlada, generan en su movimiento por acción de la fuerza centrífuga un recorrido complejo de los haces acústicos emitidos que permite barrer la superficie sobre la que se forma la espuma. Por efecto de la alta intensidad acústica ( $>170$  dB ref.  $2 \cdot 10^{-4}$   $\mu$ bar) gran parte de las burbujas de la espuma se van rompiendo casi instantáneamente al paso del haz ultrasónico.

### Estado de la técnica

• *Sectores industriales afectados por problemas de espumas*

Los problemas ocasionados por el exceso de espuma en los procesos, afectan a un gran número de sectores industriales: farmacia y bioquímica, papeles, detergentes, pinturas esmaltes y barnices, minería, textiles, cervezas y bebidas gaseosas, alimentación en general, plásticos, etc.

• *Problemas ocasionados por la espuma*

Disminución de la capacidad de depósitos, deficiencias en los procesos y reacciones, derrames y pérdida de productos, dificultades en la dosificación, envasado, llenado y vaciado, contaminación, efectos perjudiciales en maquinaria y equipos, etc.

• *Instalaciones industriales donde ocurren problemas de espumas*

Reactores, fermentadores, mezcladores, tanques de almacenamiento, destiladores, evaporadores, lavadoras, canales de evacuación, máquinas de envasado, etc.

• *Características de las espumas*

Respecto a los tipos de espuma, cabe destacar que existe un amplio grado de dificultad para su eliminación a pesar de que las burbujas sean un 95% aire. Según su "estructura" una espuma puede ser "húmeda", cuando la capa líquida de las burbujas es gruesa lo que permite formar burbujas esféricas (forma para la cual la energía en la burbuja es mínima); estas burbujas, cuando son de tamaño pequeño, son difíciles de romper. También la espuma puede ser "seca", con una delgada capa líquida en las burbujas, de formas poliédricas. Esta espuma se forma normalmente al drenar el líquido, después de un tiempo y, en general, es fácil de romper.

Según su "estabilidad" la espuma puede ser: inestable (progresan continuamente), metaestable (se detiene ese progreso), transitoria (la espuma tiene una vida muy corta), persistente (vida de horas o días).

La estabilidad de las burbujas depende de su capacidad para deformarse sin romperse (elasticidad de Gibbs) lo que va ligado a la cantidad de surfactante (tensoactivo que baja la tensión superficial) en la capa líquida y al espesor de esta. También son factores importantes la viscosidad del líquido (a mayor viscosidad del líquido más estable es la espuma) y el tamaño de burbujas (las más pequeñas son las más

estables).

La "espumabilidad" (capacidad para generar espuma) es otra característica importante, que depende esencialmente de la actividad del surfactante y de su concentración. También influyen las impurezas presentes en el líquido (coloides, proteínas, sales, etc.)

• *Sistemas comerciales para eliminación de espumas*

Actualmente los sistemas más comúnmente empleados son: antiespumantes químicos sistemas mecánicos, sistemas de vacío, chorro o spray de agua y métodos térmicos. Los antiespumantes químicos son los más difundidos pero tienen el problema de interferir en los procesos y agregar un elemento al producto que puede ser contaminante y, en todo caso no deseado. Esta dificultad es particularmente determinante en industrias como la alimentaria y farmacéutica.

Los sistemas mecánicos tienen el problema de su baja eficacia, sobre todo para eliminar la espuma más fina. Los métodos térmicos que consisten en calentar y enfriar las espumas son caros y difíciles de aplicar. (1)

• *Sistemas sónicos y ultrasónicos para eliminar espumas*

Se desarrollaron experimentalmente entre los años 1950-1970 utilizando sirenas dinámicas y estáticas, con aire a presión. Se trataron espumas procedentes de fermentación y procesos de minería.

Los problemas de estos sistemas eran su limitado nivel de emisión acústica (144-154 dB) su bajo rendimiento especialmente a frecuencias ultrasónicas (20 KHz) así como las perturbaciones que genera la introducción de aire externo (2). En la actualidad no tenemos noticia de sistemas comerciales de este tipo.

Se han patentado algunos dispositivos, para eliminar espumas, que emplean vibradores ultrasónicos. Uno de ellos, sitúa el vibrador muy cerca de un pequeño canal inclinado por donde fluye la espuma; se tienen niveles de 1000 Pa (154 dB) en un pequeño sector por donde, al pasar, se eliminan las burbujas (3). Otro dispositivo emplea un vibrador piezoeléctrico de 20 KHz, terminado en un conjunto de amplificadores mecánicos que, puestos muy cerca de una línea de llenado, vibrando con 60  $\mu$ m de desplazamiento vibratorio, eliminan la espuma de envases de cartón, antes de pasar por el punto de sellado (4). En general estos sistemas son muy limitados y sólo sirven para actuar sobre superficies muy pequeñas.

### Referencias

1. Foam control in Submerged Fermentation: State of the Art. N.P. **Ghildyal**, B.K. **Lonsane**, and N.G. **Karanth**. *Advances in Applied Microbiology*, Volume 33, 1988 pp. 173-222.

2. Foam control by acoustics and aerodynamic means R.M. **Boucher** and A.L. **Weiner**. *British Chemical engineering*, Vol. 8, N° 12, Dec 01-1963 pp.808-812.

3. Apparatus for liquefying bubbles using ultrasonic wave. **Iwatani**, **Toshiyuki**, c/o Kawasaki steel Co. European Patent Application N° 94102291.5, 04-01-1995

4. Method and apparatus for removing froth on a liquid. Erwin **Matzner**. UK. Patent application N° 8002292, 23 Jan 1980

5. High power ultrasonic equipment for industrial defoaming. G. **Rodríguez**, J. A. **Gallejo**, A. **Ramos**, E. **Andres**, J. L. **San Emeterio**, F. **Montoya**. *Ultrasonics International* 85, Conf. Proc. pp. 506-511.

6. Electroacoustics unit for generating high so-

nic and ultrasonic intensities in gases and interphases. J. A. Gallego Juárez, G. Rodríguez Corral, J. L. San Emeterio and F. Montoya Vitini. USA Patent nº 5299175 (1994).

### Descripción de la invención

El dispositivo objeto de la invención se basa en la utilización de emisores ultrasónicos de placa de perfil escalonado/acanalado. Estos emisores adecuadamente suspendidos libremente con un dispositivo de balancín en un sistema de rotación variable, pueden cubrir con su estrecho pero intenso haz de emisión una superficie de gran área.

En los emisores del tipo de placa vibrante a flexión con perfil escalonado/acanalado (6), la geometría de este perfil determina la obtención de una emisión directiva o focalizada. Con este tipo de emisor es posible concentrar la emisión en un pequeño volumen y obtener, para una frecuencia de 20 KHz y una potencia aplicada de 350 W, niveles superiores a 170 dB. Este nivel de presión acústica tan alto permite romper la espuma en tiempos muy cortos (10-20 milisegundos normalmente), dependiendo del tipo de espuma.

Los mecanismos principales que actúan en la rotura ultrasónica de espuma son las altas presiones acústica, la presión de radiación, la resonancia de las burbujas, el viento acústico y la cavitación en la capa líquida.

Para destruir una espuma por ondas ultrasónicas se requiere una alta intensidad acústica y un cierto tiempo de tratamiento. Además para reducir el flujo de espuma que cubre una superficie amplia es necesario irradiar de forma continua con alta intensidad acústica varios puntos. Esto obligaría a disponer muchas fuentes acústicas de alta intensidad o a efectuar un barrido, desplazando de haz de un único emisor ultrasónico de forma adecuada, sobre la superficie de la espuma.

El dispositivo que se patenta permite compaginar un determinado tiempo de tratamiento ( $t_t$ ), al desplazarse el emisor, en el área cubierta por el haz acústico (10-20 milisegundos, dependiendo del tipo de espuma y de la presión acústica aplicada), con un tiempo de barrido del haz ( $t_b$ ), de varios segundos, que se repite periódicamente, sobre el área total a tratar.

El barrido se obtiene mediante una rotación variable del emisor o de los emisores ultrasónicos. Al estar el emisor (o emisores) suspendido libremente de un brazo perpendicular al eje de rotación y a una distancia  $r$  del mismo, la variación de la velocidad de rotación  $n$  implica una variación del ángulo que forma el eje del emisor con la barra de sujeción por acción de la fuerza centrífuga (ver fig. 1). De esta forma el haz del emisor describirá sobre la superficie de la espuma una curva tipo espiral (Fig. 2) que diferirá claramente de la circunferencia que describiría en caso de velocidad de rotación constante. Si esa variación de velocidad se repite periódicamente, se tiene un movimiento "giratorio" y "pendular" del emisor sobre la superficie de la espuma que permite de forma sencilla recorrer una buena parte de la superficie a tratar.

#### Ejemplo de aplicación

La fuerza centrífuga es

$$F_c = mv^2 r ;$$

Siendo  $m$  la masa,  $v=2\pi rn$  la velocidad tangencial,  $r$  el radio de giro y  $n$  la velocidad angular de rotación. La velocidad tangencial queda limitada por el tiempo mínimo de tratamiento ( $t_t$ ) necesario para romper la espuma. Este tiempo se determina experimentalmente

para cada tipo de espuma. Si, por ejemplo, este tiempo es  $t_t = 15$  ms y el haz cubre una superficie de diámetro ( $d$ ) 6 cm, resultará que la velocidad lineal máxima con la que podemos efectuar el tratamiento será  $V_{m\acute{a}xima} = d/t_{min} = 0,06/0,015 = 4$  m/s.

Si el contenedor donde se produce la espuma tiene un diámetro de 3 m ( $r=1,5$ m), la velocidad angular de rotación máxima será  $n_{max}=v_{max}/2\pi r = 4/2\pi \cdot 1,5 = 0,42$  r.p.s. o lo que es igual  $n_{m\acute{a}x} = 25$  r.p.m.

El ángulo máximo que barre el haz del emisor por el efecto de la fuerza centrífuga variable será:

$$tg\alpha_{max} F_{cmax}/P = (2\pi n_{max})^2 r/g \cdot 1,06 \quad (P = \text{peso del emisor}).$$

Es decir,  $\alpha_{max} 47^\circ$  para el caso considerado.

Si el ángulo de barrido no es suficiente para abarcar la mayor parte de la superficie a tratar, se pueden poner dos o más emisores, situados en distintas posiciones respecto al eje de rotación. El brazo debe equilibrarse si es necesario con masas adicionales.

Por otra parte el barrido tipo espiral del emisor o emisores se puede controlar electrónicamente de tal forma que se compense el tiempo mínimo de tratamiento del anillo periférico, donde se tiene la máxima velocidad tangencial, con un mayor número de vueltas en esa posición. La curva de control del sistema de rotación presentada en Fig. 3 es un ejemplo cualitativo de la programación de tiempos requerida. En general el barrido con la variación  $n=f(t)$  se puede programar y ajustar al problema específico de cada tipo de espuma.

El dispositivo que se patenta se muestra en la figura 4 instalado en un contenedor cerrado. Este dispositivo consta esencialmente de las siguientes partes:

Un sistema rotor (1) compuesto de un motor (2) con un reductor capaz de poder variar mecánicamente el número de revoluciones por minuto. Además debe proporcionar un par suficiente para arrastrar y detener el peso de los emisores situados en los respectivos brazos.

Un conector rotativo (3) con dos o más circuitos independientes, que conecten mediante escobillas la alimentación de los generadores electrónicos (4) a los emisores ultrasónicos a través del eje de rotación (5) que es hueco en su interior y cuya longitud puede ser variada para que el foco de los emisores esté situado a la distancia adecuada de la superficie de la espuma. En este eje vertical se sitúan las conexiones eléctricas de alimentación a los emisores (6); en el eje también se instala un cierre dinámico que asegura la estanqueidad del contenedor. Al eje vertical se acopla perpendicularmente un brazo extensible (7) donde se sitúan uno, dos o más emisores tipo placa vibrante (8). Estos emisores se fijan al brazo horizontal mediante un soporte sobre un eje (9) que permite desplazamientos angulares de los mismos cuando actúa la fuerza centrífuga al rotar el conjunto del sistema. La rotación del sistema se controla directamente mediante un controlador electrónico de velocidad (10). Este controlador, que está constituido por una fuente de alimentación, un excitador de potencia y un microprocesador, lleva almacenado un programa con diferentes perfiles de velocidad que actúan sobre la alimentación del motor. Un prototipo similar al descrito anteriormente ha sido construido y probado en un tanque cilíndrico de 1,5 m de diámetro y 1,2 m de altura donde se generaron diversos tipos de espumas para experimentación. Mediante este dispositivo se controlaron flujos de espumas finas (burbujas de 1-10 mm de diámetro) del orden de 20 m<sup>3</sup>/hora.

### Principales características y ventajas de la invención

El emisor radia energía acústica en aire de forma muy concentrada obteniendo altos niveles de intensidad (>170dB). Esto permite obtener un efecto de desespumación a distancia, sin contacto con la espuma o líquido.

El efecto de desespumación no afecta a las características del líquido ni a la espuma, ni a sus elementos constituyentes. Sólo destruye las burbujas liberando el gas.

El efecto de destrucción de burbujas es muy rápido (dependiendo del tipo de espuma puede tardar unos pocos milisegundos). Por esto el emisor acústico se puede desplazar a velocidad relativamente alta: (2-3 m/s), eliminando a su paso un determinado volumen de espuma sobre la que actúa.

Mediante un sistema de rotación variable (un ciclo de 0-50 rpm o menos, que se repite cada 5 a 30 segundos), es posible barrer con el haz acústico emitido una superficie considerable sobre la que se ejerce un efecto de desespumación. El volumen desespumado produce sobre la espuma vecina un efecto de arrastre, permitiendo regular el nivel de espuma de grandes contenedores. La rotación variable, se puede programar para optimizar el proceso de desespumación.

El sistema de desespumación se puede construir por partes cerradas, en forma flexible según el contenedor. Se emplean materiales autorizados en la industria alimentaria y farmacéutica. Parte del sistema se puede instalar en el interior de contenedores cerrados herméticamente y desde el exterior se puede variar la velocidad en forma manual o automática mediante un equipo electrónico. El interior se aísla del exterior mediante un cierre dinámico. Las partes que van en el interior se pueden esterilizar mediante vapor a 110°C.

#### Explicación de las Figuras

Fig. 1: Efecto del cambio de orientación del emisor ultrasónico por la acción de la fuerza centrífuga al variar la velocidad de rotación del brazo de sujeción.

Fig. 2: Curva del tipo espiral que describe el haz

ultrasónico sobre la superficie a desespumar, al variar progresivamente la velocidad de rotación del eje que soporta al emisor.

Fig. 3: Ejemplo de curva de control del sistema de rotación en la que se indica de forma cualitativa la variación de la velocidad de rotación (n) con el tiempo (t).

Fig. 4: Esquema general del dispositivo que se patentó que consta esencialmente de:

Un sistema rotor (1) compuesto de un motor (2) (normalmente de corriente continua) con un reductor capaz de poder variar el número de revoluciones por minuto. Además debe proporcionar un par suficiente para arrastrar y detener el peso de los emisores situados en los respectivos brazos.

Un conector rotativo (3) con dos o más circuitos independientes, que conecten mediante escobillas la alimentación de los generadores electrónicos (4) a los emisores ultrasónicos a través del eje de rotación (5) que es hueco en su interior y cuya longitud puede ser variada para que el foco de los emisores esté situado a la distancia adecuada de la superficie de la espuma. En este eje vertical se sitúan las conexiones eléctricas de alimentación a los emisores(6). Al eje vertical se acopla perpendicularmente un brazo extensible (7) donde se sitúan uno, dos o más emisores tipo placa vibrante (8). Estos emisores se fijan al brazo horizontal mediante un soporte sobre un eje (9) que permite desplazamientos angulares de los mismos cuando actúa la fuerza centrífuga al rotar el conjunto del sistema. La rotación del sistema se controla directamente mediante un controlador electrónico de velocidad (10) que genera distintos perfiles de velocidad actuando sobre la tensión de alimentación del motor. Este controlador, que está constituido por una fuente de alimentación, un excitador de potencia y un microprocesador, lleva almacenado un programa con diferentes perfiles de velocidad. Estos perfiles (curvas de velocidad) tienen como variable la velocidad de rotación y el tiempo de barrido.

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para eliminar espuma y limitar su crecimiento en contenedores y reactores mediante ondas sónicas o ultrasónicas de alta intensidad emitidas a través del aire, **caracterizado** porque el emisor (o emisores) acústico es de tipo placa vibrante escalonada que permite obtener haces sónicos de muy altas intensidades acústicas (superiores a 170 dB, ref.  $2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$ ).

2. Un dispositivo según reivindicación 1 **caracterizado** porque el emisor o emisores que generan una alta intensidad acústica se desplazan sobre la superficie a tratar, a una cierta distancia de la misma sin entrar en contacto con ella.

3. Un dispositivo según todas y cada una de las reivindicaciones 1 y 2 **caracterizado** porque la velocidad máxima de desplazamiento del emisor sobre la superficie da lugar a un tiempo de tratamiento que permite romper completamente la espuma de la superficie a tratar.

4. Un dispositivo según todas y cada una de las reivindicaciones 1 y 2 y 3 **caracterizado** porque el recorrido efectuado por el haz acústico al desplazarse sobre la espuma cubre toda la superficie a tratar.

5. Un dispositivo según todas y cada una de las reivindicaciones 1 y 2 y 3 y 4 **caracterizado** porque mediante la velocidad de rotación variable del sistema de suspensión del emisor o emisores acústicos se genera un movimiento pendular adicional de la dirección de la radiación del emisor o emisores sobre la

superficie a desespumar.

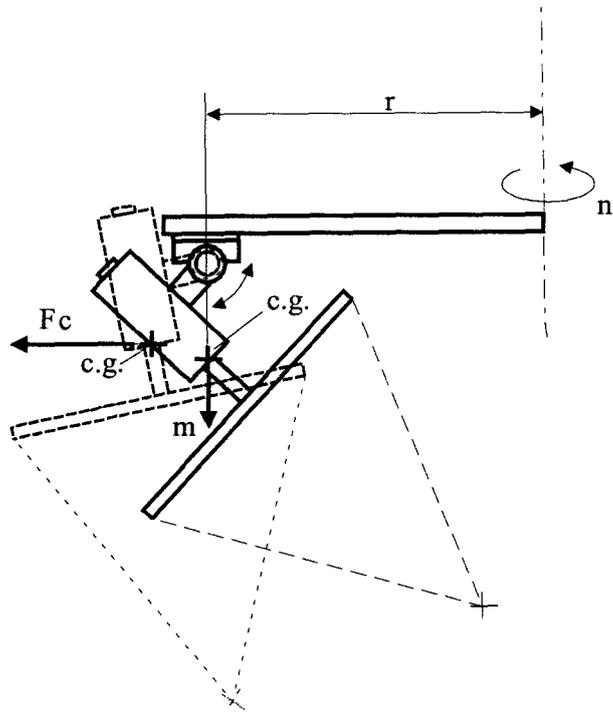
6. Un dispositivo según todas y cada una de las reivindicaciones 1 y 2 y 3 y 4 y 5 **caracterizado** porque el control de la velocidad de rotación variable del sistema de soporte del emisor o emisores consigue un valor de velocidad que permite romper la espuma y su crecimiento.

7. Un dispositivo según todas y cada una de las reivindicaciones 1 y 2 y 3 y 4 y 5 y 6 **caracterizado** porque el sistema de rotación variable del sistema de suspensión del emisor o emisores acústicos utiliza medios adicionales mecánicos, neumáticos, magnéticos o eléctricos de generación y control del movimiento.

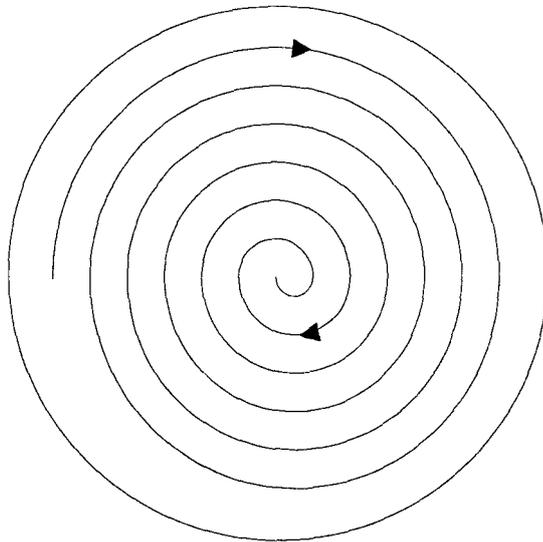
8. Un dispositivo según todas y cada una de las reivindicaciones 1 y 2 y 3 y 4 y 5 y 6 y 7 **caracterizado** porque el sistema de suspensión del emisor o emisores acústicos utiliza una rótula o rodamiento para conectar el emisor o emisores acústicos montados en dicho sistema de suspensión.

9. Un dispositivo según todas y cada una de las reivindicaciones 1 y 2 y 3 y 4 y 5 y 6 y 7 y 8 **caracterizado** porque el sistema de suspensión del emisor o emisores acústicos contiene un conector rotativo para conectar los generadores electrónicos a el o los emisores acústicos.

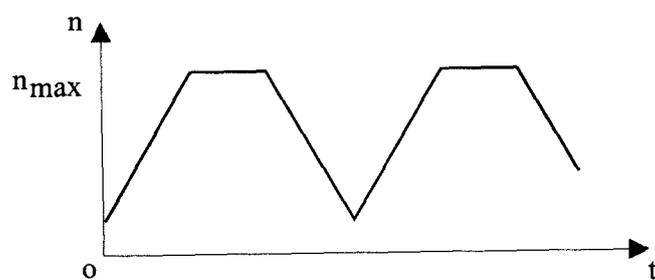
10. Un dispositivo según todas y cada una de las reivindicaciones 1 y 2 y 3 y 4 y 5 y 6 y 7 y 8 y 9 **caracterizado** porque el sistema de suspensión del emisor o emisores acústicos se mueve por medio de un motor con control de velocidad programable.



**Figura 1**



**Figura 2**



**Figura 3**

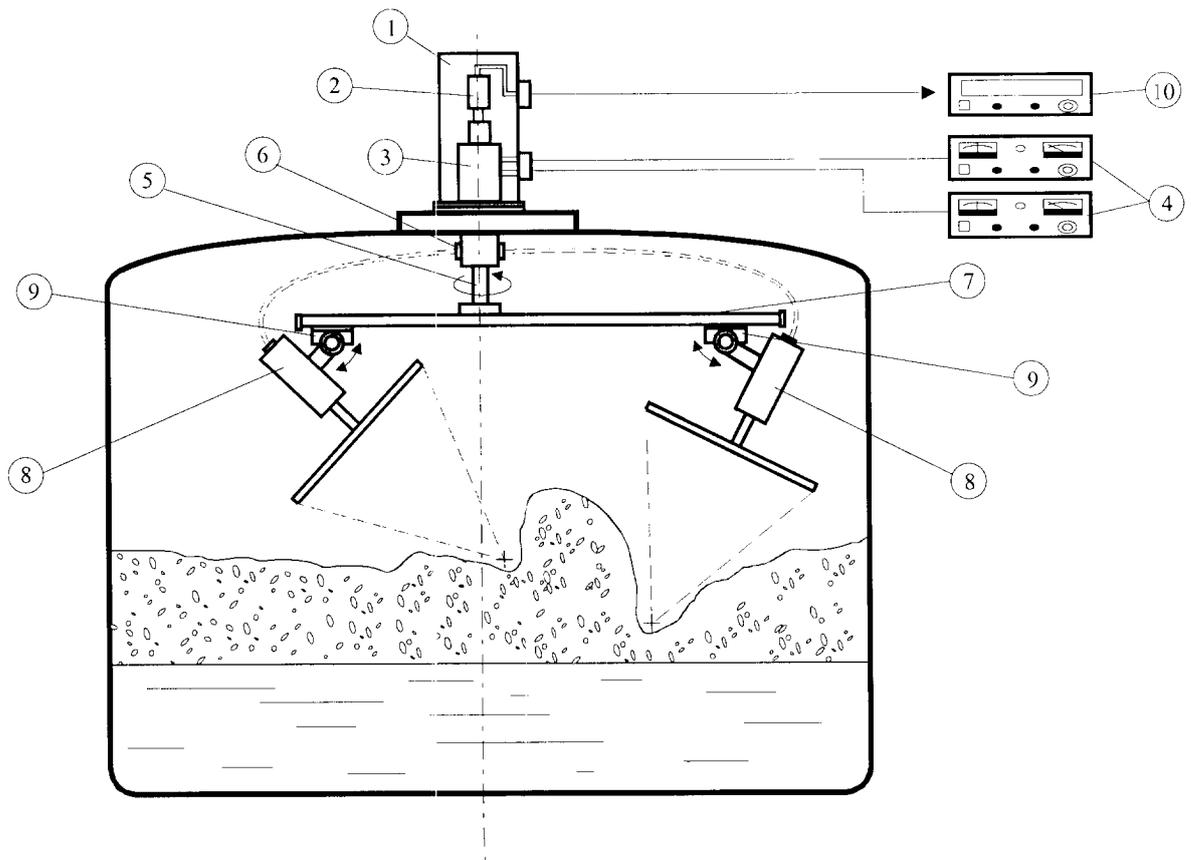


Figura 4



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 212 896

② Nº de solicitud: 200202113

③ Fecha de presentación de la solicitud: 13.09.2002

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.7: B01J 19/10, B01D 19/02

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 6106590 A (UENO et al.) 22.08.2000, todo el documento.	1
Y	US 5299175 A (GALLEGO-JUÁREZ et al.) 29.03.1994, todo el documento.	1
A	GB 1075100 A (FUJI FILM K.K.) 12.07.1967, todo el documento.	1
A	JP 09-192407 A (KONICA CORP.) 29.07.1997, todo el documento.	1
A	JP 11-197406 A (HORIBA LTD.) 27.07.1999, todo el documento.	1
A	JP 07-096103 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 11.04.1995, todo el documento.	1
A	US 3761732 A (RATCLIFF) 25.09.1973, todo el documento.	1-10
A	US 3596881 A (MIMURA et al.) 03.08.1971, todo el documento.	1-10

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

07.07.2004

Examinador

M. Fluvià Rodríguez

Página

1/1