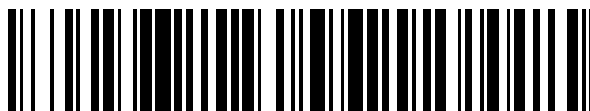


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 846**

51 Int. Cl.:

C02F 1/34 (2006.01)

B63B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07736574 .0**

96 Fecha de presentación: **20.03.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1996518**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.12.2008**

54 Título: **UN APARATO PARA LA FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN DE AGUA DE MAR/AGUA DE LASTRE DE BARCOS Y MÉTODO DEL MISMO.**

30 Prioridad:
20.03.2006 IN DE07342006

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.02.2012

73 Titular/es:
**COUNCIL OF SCIENTIFIC & INDUSTRIAL RESEARCH
ANUSANDHAN BHAWAN, 2 RAFI MARG
NEW DELHI 110 001, IN y
MUMBAI UNIVERSITY INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

72 Inventor/es:
**RANADE, Vivek, Vinayak;
PANDIT, Anirudh, Bhalchandra;
ANIL, Agra, Chandrashekar;
SAWANT, Subhash, Shivram;
ILANGO VAN, Dandayudapani;
MADHAN, Rajachandran y
PILARISETTY VENKAT, Krishnamurthy**

74 Agente: **Izquierdo Faces, José**

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

ES 2 374 846 T3

DESCRIPCIÓN

Un aparato para la filtración y desinfección de agua de mar / agua de lastre de barcos y método del mismo.

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar/agua de lastre de barcos y un método de lo mismo. La presente invención particularmente se refiere a un aparato y método para la filtración y desinfección simultánea del agua de lastre de barcos, como el agua de mar, en base a la centrifugación y la cavitación hidrodinámica creada usando diodos vórtice. Este aparato y método de la presente invención para el tratamiento del agua de mar tiene una particular utilidad en un barco para tratar el agua de lastre del barco que está siendo transportada de una región a otra. El aparato y método de la presente invención puede encontrar otros usos, como hacer agua potable de agua contaminada.
- 10
- 15 **[0002]** Este aparato y método de la presente invención para el tratamiento del agua de mar tiene una particular utilidad en un barco para tratar el agua de lastre del barco que está siendo transportada de una región a otra. El aparato y método de la presente invención puede encontrar otros usos, como hacer agua potable de agua contaminada.
- 20 **[0003]** Cuando un barco deja un puerto vacío, o parcialmente cargado, toma agua de mar en tanques de lastre para mantener la estabilidad y ajustar la flotabilidad. En prácticamente cada caso, esta agua de lastre contendrá organismos vivos. Cuando el barco llega a su destino y se prepara para cargar su cargamento, descarga esta agua de lastre, introduciendo así especies potencialmente invasivas al medioambiente acuático del puerto de destino. Aproximadamente 70.000 buques de carga transportan billones de toneladas de agua de lastre alrededor del mundo anualmente. Esto introduce cientos de especies invasivas marinas en medioambientes no nativos. Esta forma de contaminación medioambiental da lugar a desequilibrio ecológico y causa daños indeterminados, estimados en billones de dólares.
- 25 **[0004]** Para enfocar este problema, muchos países han aprobado regulaciones que rigen el tratamiento y la gestión del agua de lastre. La Organización Marítima Internacional (OMI) ha adoptado un tratado para el control y la gestión del agua de lastre de barcos y de los sedimentos. El tratado de la OMI ha establecido directrices, pendientes de ratificación, para la calidad del agua de lastre que puede ser descargada en cualquier localización. Una variedad de opciones está bajo consideración para el tratamiento/desinfección del agua de lastre en los buques marítimos. La presente invención usa específicamente, simultáneamente, la centrifugación y la cavitación hidrodinámica para el tratamiento del agua de lastre.
- 30 **[0005]** La cavitación es un fenómeno de formación, crecimiento y colapso de micro burbujas dentro de un líquido. En la cavitación hidrodinámica, la variación de presión en el líquido fluyente causa cavitación. Si la presión cae por debajo de un valor crítico, habitualmente por debajo de la presión de vapor del medio a temperatura operativa, entonces se forman pequeñas burbujas o cavidades de vapor en el fluido. La condición a la que pueden ser producidas estas burbujas finas es denominada inicio de cavitación. Un aumento en la velocidad resultará en una caída adicional de la presión y en un aumento en la intensidad de la cavitación. Generalmente la recuperación de la presión tiene lugar corriente abajo donde estas cavidades colapsan generando un pulso de presión de alta magnitud. Si el contenido de gas dentro de la cavidad es lo suficientemente pequeño, el impulso de la presión puede ser muy alto, del orden de varios cientos de bares, lo que es suficiente para romper las células microbianas causando su destrucción. El colapso asimétrico de cavidades también resulta en chorros de líquido de muy alta velocidad. La velocidad de corte alrededor de los mencionados chorros es adecuada para matar microorganismos. La presente invención aprovecha el fenómeno de la cavitación hidrodinámica usando un nuevo aparato y un método para tratar el agua de lastre. Este nuevo aparato permite la filtración y la desinfección en un solo equipo. Tal tratamiento limita los efectos medioambientalmente peligrosos que pueden resultar de las prácticas actuales.
- 35 **[0006]** El uso de aparatos y métodos de tratamiento de agua es conocido en el estado de la técnica. Por ejemplo, la Patente US 6.840.983 de McNulty describe un sistema y método de tratamiento de agua usando un inyector venturi para la retirada del oxígeno disuelto del agua. Sin embargo, el enfoque está más en la retirada del oxígeno para la inhibición de la corrosión y menos en la retirada de microorganismos. El sistema divulgado no es efectivo para matar los microorganismos en el agua de lastre al nivel deseado.
- 40 **[0007]** Se puede hacer referencia a la patente US N° 6.835.307 y la patente Australiana N° 6497400, que describen el tratamiento térmico para el agua de lastre. El tratamiento no usa la cavitación o productos químicos para tratar el agua de lastre. El sistema no es efectivo para matar los microorganismos en el agua de lastre al nivel deseado. Se puede hacer otra referencia a la patente US N° 6.773.607, en donde se describen sistemas y métodos para aniquilar especies marinas no indígenas y bacterias patógenas en el agua de lastre de barcos. Estos métodos confían en la adición de un agente exterminador que necesita ser almacenado a bordo. Sin embargo, las técnicas de desinfección químicas sufren de desventajas como la formación de subproductos posiblemente cancerígenos.
- 45 **[0008]** Se puede hacer referencia a una patente US similar N° 6.773.611, en la que se divulgan los aparatos y métodos de un sistema de tratamiento de agua de lastre que incluye un sistema de control y un sistema de tanque de lastre. Este método está también basado en añadir biocidas para tratar el agua de lastre y por lo tanto requiere la
- 50
- 55
- 60
- 65

producción y almacenamiento de productos químicos peligrosos a bordo además de generar subproductos no deseables.

- 5 **[0009]** Un tratamiento de agua de lastre basado en la cavitación ultrasónica se divulga en la patente US 6.770.248. El tratamiento requiere anillos piezoeléctricos sumergidos en un medio de transmisión presurizado. Además de estos requisitos, la penetración de la cavitación ultrasónica es pequeña y su rendimiento se deteriora con el aumento progresivo. El método falla en usar la cavitación hidrodinámica más eficaz.
- 10 **[0010]** Se puede hacer también referencia a la patente US 6.761.123, que revela un método para matar especies acuáticas molestas (ANS) en el agua de lastre de los barcos permeando al equilibrio una mezcla gaseosa. El método consume tiempo y requiere un vacío durante un largo periodo (pocos días). Esto limita severamente su utilidad para tratar el agua de lastre en los barcos.
- 15 **[0011]** Se puede hacer referencia adicional a las patentes US N° 6.516.738, 6125778, 20020066399 A1 y 20030015481 A1 y a la patente PCT N° WO0210076, que describen métodos para el tratamiento de agua de lastre usando Ozono. Los sistemas requieren la generación y almacenamiento de Ozono a bordo. Los sistemas no usan cavitación. Los métodos no permiten el tratamiento del agua de lastre sin la ocurrencia de reacciones químicas.
- 20 **[0012]** En las patentes US N°: 6.500.345, 2003029811 y 20050016933; patentes PCT N°: WO2004002895 A2, WO02072478 A2 y WO0244089 A2, se describen aparatos y métodos para tratar agua de lastre usando UV o biocidas químico o agentes exterminadores. La eficiencia del sistema basado en UV se degrada con la escala de operación. El uso de biocidas químicos no es deseable debido a los peligros en el almacenamiento y la formación de subproductos. El método no permite el tratamiento del agua de lastre sin la ocurrencia de reacciones químicas.
- 25 **[0013]** La Patente Europea EP1517860 y la patente US 2004055966 describen métodos que implican la filtración del agua a través de un filtro de membrana seguida por radiación UV, que tiene ciertas limitaciones en conseguir la eficiencia requerida al eliminar organismos así como en la tasa de filtración.
- 30 **[0014]** En las patentes US N°: 6.284.793, 2004129645, 2004099608 y 2005016933 A1 y la patente PCT N° WO2005061388, se describen métodos que están basados en el tratamiento químico. En este método, los organismos son destruidos por la adición de ácido carboxílico, peróxido de hidrógeno, gases de ionización, dióxido de cloro y cianuro. El método confía en varios productos químicos tóxicos y peligrosos. El método no permite el tratamiento del agua de lastre sin la ocurrencia de reacciones químicas.
- 35 **[0015]** Se puede hacer referencia a la patente US 6.171.508, que describe un método y aparato para tratar agua de lastre de barco en base a oxigenaciones y desoxigenaciones. Los pasos de oxigenación y desoxigenación están basados en equipos de transferencia de masa y lleva significativamente más tiempo y es más costoso.
- 40 **[0016]** En la patente US 5.816.181 se divulga el tratamiento de agua de lastre usando calentamiento. El método está basado en el uso de múltiples intercambiadores de calor. Dichos intercambiadores de calor requieren un espacio significativo y la desinfección usando calentamiento es bastante cara. La eficacia del tratamiento de calor no es tan alta como otros métodos de desinfección basados en biocidas químicos o cavitación hidrodinámica.
- 45 **[0017]** La Patente U.S. 5.192.451 divulga un método para controlar los mejillones cebra en tanques de lastre de barcos añadiendo un polímero de amonio cuaternario dialil dialquil soluble en agua. Sin embargo, el método no permite el tratamiento de agua de lastre sin la ocurrencia de reacciones químicas y no usa cavitación hidrodinámica.
- 50 **[0018]** Se puede hacer referencia a la Solicitud de patente japonesa número 2005,246198, que describe un método de esterilizar plancton dañino. Funciona bajo el principio de chorro de cavitación. El flujo es dirigido hacia una superficie con forma de V usando una boquilla, en donde golpea la superficie con gran fuerza, causando impacto físico. Sin embargo, el método no implica la filtración y cavitación simultánea y tiene un inconveniente. La superficie metálica en la que el chorro de agua golpea estará sometida a corrosión por erosión debido al impacto físico.
- 55 **[0019]** También se puede hacer referencia a la Publicación de patente japonesa número 2005, 271648, que implica un dispositivo de tratamiento compuesto de una bomba de alta velocidad, que fuerza el agua a través de un paso anular causando cavitación. Sin embargo, el método no implica la filtración y la desinfección simultáneamente.
- 60 **[0020]** Además de las patentes anteriormente mencionadas, se han publicado varios estudios en cavitación ultrasónica e hidrodinámica en revistas científicas, como por ejemplo, Moholkar y Pandit, 1997; Gogate y Pandit, 2001 y las referencias citadas en las mismas. El foco de estos estudios estaba principalmente en desarrollar la comprensión básica del fenómeno de la cavitación y en explorar nuevas aplicaciones de la cavitación. Ninguno de estos estudios sin embargo trata del uso de la cavitación hidrodinámica para la desinfección del agua de lastre.
- 65 **[0021]** La mayoría del estado de la técnica en la cavitación hidrodinámica se basa en la realización de la cavitación pasando un fluido a través de una constricción. Cuando el fluido pasa a través de la constricción, la presión estática

corriente abajo cae debido a un aumento en la velocidad del líquido, lo que conduce a la cavitación hidrodinámica. Ninguno de los estudios anteriores ha usado el principio de conservación del momento angular para realizar la cavitación.

5 **[0022]** Mientras que las invenciones y estudios del estado de la técnica conocidas anteriormente descritas hasta ahora cumplen sus objetivos y requisitos particulares, estos no describen un sistema y un método para el tratamiento del agua de lastre que permita a los buques desinfectar el agua de lastre que está siendo transportada de un puerto a otro sin usar productos químicos, UV o ultrasonido. Por lo tanto, hay una necesidad definida para el desarrollo de una nueva y más eficiente tecnología de desinfección, que pueda eliminar o reducir el uso de productos químicos desinfectantes y que tampoco esté basada en el uso de UV o ultrasonido.

10 **[0023]** EN nuestra solicitud de patente co-pendiente, referencia India N°: 2988/DEL/2005 y publicación de PCT WO2007/054956, hemos descrito y reivindicado un aparato para la desinfección de agua marina / agua de lastre de barco, que comprende medios de toma de agua conectados en serie a través de un manómetro y válvula(s) de retención a un puerto de entrada de una cámara de cavitación, opcionalmente a través de un intercambiador de calor, caracterizado porque la cámara de cavitación esencialmente está provista con un único o múltiples elementos de cavitación colocados en perpendicular a la dirección del flujo del fluido, tales elementos de cavitación estando espaciados en un espaciamiento uniforme o no uniforme y cada elemento de cavitación mencionado teniendo una área abierta fraccionada en la forma de un único o múltiples orificios, la salida de dicha cámara de cavitación pasando a través de un punto de control de calidad y válvula(s) de retención a un tanque de lastre, la salida del mencionado tanque de lastre estando conectada a una bomba de descarga a través de la(s) válvula(s) de retención a una salida de descarga.

15 **[0024]** El objetivo principal de la presente invención es proporcionar un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo, que evita los inconvenientes del estado de la técnica conocida hasta la fecha, y no sólo tiene las ventajas de los aparatos y métodos de tratamiento de agua del estado de la técnica conocidos hasta la fecha, sino que también proporciona ventajas adicionales.

20 **[0025]** Otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo, que se basa en el principio de la cavitación hidrodinámica y se basa en el principio de la conservación del momento angular. Comprende una cámara de cavitación con entrada tangencial, permitiendo así una cavitación más eficiente y un método de desinfección más adecuado para el agua de lastre. Además de realizar la cavitación, el aparato descrito en la presente invención también permite la posibilidad de filtración usando la misma cámara de cavitación. Esto pondrá a disposición una manera económicamente favorable y eficiente por la que se limitarán los efectos medioambientalmente adversos que pueden resultar cuando el agua de lastre no tratada es liberada en un medioambiente que es ecológicamente diferente del que el agua fue originalmente obtenida.

25 **[0026]** Todavía otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo, en donde el agua de lastre preferiblemente pero sólo opcionalmente, se pasa a través de una cámara de cavitación (cámara de diodo) que tiene uno o más agujeros de purga para realizar la filtración efectiva. Aún otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema y un método para el tratamiento de agua circulando el agua de lastre preferiblemente pero sólo opcionalmente, a través de una única cámara de cavitación o una serie de cámaras de cavitación varias veces. EL número de recirculaciones necesita ser optimizado siguiendo el proceso comentado más adelante. Esto hace posible tratar el agua eficientemente, preferiblemente pero sólo opcionalmente el agua de lastre.

30 **[0027]** Todavía otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo, en donde el agua de lastre preferiblemente pero sólo opcionalmente, se circula varias veces a través de una cámara de cavitación que tiene un único o una serie de agujeros de purga.

35 **[0028]** Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo, en donde el agua de lastre es pre calentada usando los gases de escape del motor del barco, antes de llevarla a la cámara de cavitación.

40 **[0029]** Todavía otro objeto adicional de la presente invención es proporcionar un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo, preferiblemente pero no limitada al propósito de matar organismos acuáticos.

45 **[0030]** Otro objeto adicional de la presente invención es proporcionar un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo, que es nuevo, mejorado y respetuoso con el medio ambiente y que puede ser fácilmente y eficientemente fabricado, comercializado y puede ser adaptado con modificaciones menores en los barcos, que están en servicio.

50 **[0031]** Otro objeto de la presente invención es proporcionar un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo, que requiere un área de instalación mínima a bordo y tiene

relativamente un bajo coste de fabricación respecto tanto al material como al trabajo, y que puede ser después puesto a disposición de las industrias usuarias a precios relativamente bajos.

5 **[0032]** La presente invención proporciona un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo. Para conseguir esto, la presente invención comprende un sistema de tratamiento de agua de lastre que tiene un diodo vórtice con un único o múltiples agujeros de purga. El diodo vórtice tiene un puerto de entrada que está adaptado para expulsar el agua de lastre tratada. El agua a ser tratada, opcionalmente pre calentada, entra por el puerto de entrada y pasa a través del diodo vórtice, que comprende
10 agujeros de purga, en donde tiene lugar la cavitación hidrodinámica en la corriente hacia abajo del diodo vórtice que desinfecta efectivamente el agua de lastre. El agua de lastre desinfectada es expulsada a través del puerto de salida a un recipiente, que es preferiblemente pero sólo opcionalmente un tanque de lastre. El agua rechazada a través de los agujeros de purga puede ser liberada al mar. El método para el tratamiento de agua de lastre puede además comprender recircular la mencionada agua a través de la cámara de cavitación para proporcionar desinfección
15 adicional y puede también incluir re-tratar el agua antes de liberar el agua a las fuentes de agua circundantes del recipiente, que es preferiblemente pero sólo opcionalmente un tanque de lastre, o alternativamente, pero no exclusivamente, un tanque cerrado o un conducto de agua que conecta con las fuentes de agua circundantes.

20 **[0033]** Como tal, el propósito general de la presente invención, que será descrito posteriormente con más detalles, es proporcionar un aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo que tiene todas las ventajas de estado de la técnica mencionadas hasta ahora y muchas características nuevas que resultan en un sistema y un método para el tratamiento del agua de lastre que no está anticipado, hecho obvio, sugerido, o incluso implícito en el estado de la técnica, ya sea sólo o en cualquier combinación de la misma.

25 **[0034]** El agua de lastre se pasa a través de un nuevo diodo vórtice que comprende agujeros de purga. Esto se puede conseguir durante el lastrado y deslastrado. Preferiblemente pero sólo opcionalmente, los diodos vórtice están conectados en serie a una tubería de transferencia a través de la cual los tanques de lastre reciben o expulsan agua. Un medio de bombeo, preferiblemente pero sólo opcionalmente una bomba de lastre como se encuentra en muchos barcos se adapta para recibir agua de una fuente de agua externa y puede bombear agua a través del diodo vórtice.

30 **[0035]** El sistema puede también incluir un medio de re-circulación que toma agua en el recipiente y re-circula el agua desde el recipiente por el medio de tubería de recirculación y re-bombea el agua a través del diodo vórtice de vuelta al recipiente. Este medio de re-circulación, opcionalmente pero sólo preferiblemente, es monitorizado por el nivel de microorganismos presentes en el agua tratada. Hay, por supuesto, características adicionales de la invención que serán descritas en adelante.

35 **[0036]** Los numerosos objetos y ventajas de la presente invención serán evidentes para aquellos expertos en la materia tras una lectura de la siguiente descripción detallada de las actualmente preferidas, pero no obstante ilustrativas, realizaciones de la presente invención cuando se toman en conjunto con los dibujos acompañantes.

40 **[0037]** Se han esbozado por lo tanto en líneas generales las características más importantes de la invención para que la descripción detallada de la misma que sigue pueda ser mejor entendida y para que la presente contribución a la técnica pueda ser apreciada mejor.

45 **[0038]** Los objetos de la invención como se han descrito anteriormente en la presente, junto con las varias características de novedad que caracterizan a la invención, están indicados con particularidad en las reivindicaciones anexadas y que forman una parte de esta divulgación. Para una mejor comprensión de la invención, sus ventajas operativas y los objetos específicos logrados por sus usos, se debe hacer referencia a los dibujos acompañantes y materia descriptiva en la que se ilustran las actuales realizaciones de la invención.

50 **[0039]** El aparato para la filtración y desinfección de agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo de la presente invención han sido ilustrados en las figuras 1 a 6 de los dibujos que acompañan a la especificación.

55 La Figura 1 de los dibujos acompañantes de la especificación representa un diagrama de flujo de proceso de la actual realización del sistema y método de tratamiento de agua de lastre construido de acuerdo con los principios de la presente invención, en donde:

- 17 Fuente de toma de agua de lastre
- 60 18 Bomba de toma
- 3 & 10 Manómetros
- 4 & 11 Intercambiadores de calor
- 65 5 & 12 Diodo vórtice con agujeros de purga

6 & 13 Chequeos de control de calidad

7, 14 & 15 Válvulas de desviación de 2/3 vías

5 8 Tanque de lastre

9 Bomba de descarga

10 16 Fuente de calor

La Figura 2 de los dibujos que acompañan a la especificación representa un dibujo que muestra un diodo vórtice, que forma el componente principal de la invención propuesta y es una de las realizaciones del método y aparato para el tratamiento de agua de lastre que pueden ser instalados en un barco en donde:

15 1 Puerto de entrada tangencial

2 Puerto de salida axial

20 La Figura 3 de los dibujos que acompañan a la especificación recoge ejemplos de diferentes puertos de entrada axiales y tangenciales que pueden ser usados con el diodo vórtice propuesto en la presente invención de método y aparato para la filtración y desinfección de agua de mar/ tratamiento de agua de lastre de barcos incluido en el mismo. El ángulo de expansión y la longitud del puerto de entrada tangencial son parámetros clave. El ángulo de contracción, la tasa de expansión y la longitud del puerto de salida axial son parámetros clave.

25 La Figura 4 de los dibujos que acompañan a la especificación representa un diodo vórtice con múltiples agujeros de purga. El número y tamaño de los agujeros de purga necesita ser cuidadosamente seleccionado, el procedimiento para esto se aborda en el texto.

30 La Figura 5 de los dibujos que acompañan a la especificación muestra una muestra de resultados simulados obtenidos para el diodo vórtice propuesto en la presente invención. La Figura 5 representa variaciones de presión dentro del diodo vórtice, trayectorias de cavidades y presiones de colapso calculadas de cavidades para una de las realizaciones de la presente invención.

35 La Figura 6 de los dibujos que acompañan a la especificación muestra un esquema para un sistema experimental usado para verificar el método y aparato inventado para la desinfección de agua de mar propuesto en la presente invención, en donde:

A Tanque de agua de desafío

40 B Bomba

C Válvula reguladora de flujo

D Manómetro

45 E Diodo vórtice con agujeros de purga

F Tanque de recogida

50 **[0040]** En la Figura 1 de los dibujos que acompañan a la especificación se ilustra el diagrama de flujo básico del aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo de la presente invención usando la centrifugación y la cavitación hidrodinámica simultánea que permite a un barco tratar el agua que está siendo transportada de un puerto a otro mientras se realiza el lastre y el deslastre. Más particularmente, el sistema para el tratamiento de agua de lastre usando un diodo vórtice (5) tiene un medio de toma de agua (17) a través del que el agua de mar entra del exterior de un buque. El agua es después bombeada a través de un medio de bombeo, como, pero no limitado a una bomba de lastre (18), en un puerto de entrada en el diodo vórtice (5) opcionalmente a través de un intercambiador de calor (4). Los gases de escape del motor del barco se usan en este intercambiador de calor para manipular la temperatura del agua de lastre que entra en el diodo vórtice (5). La filtración y la cavitación se consiguen a través de un diodo vórtice con un único o múltiples agujeros de purga. La forma de la cámara del diodo, la forma y el tamaño del puerto de entrada tangencial y el puerto axial de salida, la forma, el tamaño y el número de agujeros de purga controlan la calidad de la filtración y la calidad de la cavitación que tiene lugar dentro del aparato. El agua purgada proveniente de los agujeros de purgado de la cámara del diodo es reciclada de vuelta al medio de toma o descartada a las fuentes de agua. El agua de lastre tratada es bombeada del diodo vórtice (5) al tanque de lastre del barco (8). Se puede realizar un chequeo de control de calidad antes del recipiente (8) con un método apropiado para monitorizar la calidad del agua tratada. Si es necesario, el agua o una parte de la misma en el recipiente (8) puede ser re-circulada con la ayuda de bombas de deslastre (9), a través del diodo vórtice (12), y de vuelta al recipiente (8) desviando el flujo con válvulas (7 & 14) como preferiblemente pero

sólo opcionalmente se determine por y/o se controle por el sistema de monitorización de calidad. Debe tenerse en cuenta que el método y el aparato representados en la figura 1 pueden ser ubicado en un barco o cualquier barco de pasajeros.

5 **[0041]** La Figura 2 de los dibujos que acompañan a la especificación representa un dibujo que muestra la sección transversal del diodo vórtice (detalle N° 5 & 12 en la Fig. 1 y detalle E en la Fig. 6) con detalles de la disposición del diodo vórtice y las bridas de conexión en línea. El diodo vórtice de forma de sección transversal circular consta de múltiples agujeros de purga. La proporción del diámetro de la cámara de cavitación o diodo al fondo de la cámara está en el intervalo de 2 a 12. El puerto tangencial cónico y la cámara de diodo generan un fuerte flujo de vórtice dentro de la cámara. Tal flujo de vórtice causa la segregación radial de sólidos y organismos suspendidos dentro de la cámara de diodo debido a la acción centrifugadora. Los agujeros de purga cusan el purgado de parte de la alimentación de la periferia de la cámara de diodo. El agua que sale de los agujeros de purgado tendrá más concentración de sólidos y organismos suspendidos más pesados y más grandes y así realiza la filtración. El tamaño, número y localización de los agujeros de purga controlan la fracción de agua alimentada que sale de los agujeros de purga y la efectividad de la filtración.

10 **[0042]** En la Figura 3 de los dibujos que acompañan a la especificación se describen ejemplos de puertos tangenciales de salida y puertos de entrada axiales. Como se muestra, el ángulo de expansión o contracción, la longitud de los puertos de entrada y de salida, la tasa de expansión o contracción y la velocidad de entrada son el diseño clave y los parámetros de operación. La cámara de cavitación comprende un único o múltiples agujeros de purga.

15 **[0043]** En la Figura 4 de los dibujos que acompañan a la especificación se muestra un diodo vórtice con múltiples agujeros de purga. El número, forma y tamaño de los agujeros de purga son parámetros de diseño cruciales. La forma de los agujeros de purga no necesita ser circular y puede ser en principio de cualquier forma. Las ranuras o los agujeros circulares son las elecciones más obvias. Los modelos basados en la dinámica de fluidos computacional (CFD) y la ecuación Rayleigh-Plesset para el colapso de la cavitación pueden ser usados para identificar preferiblemente pro no limitado a (i) el diámetro del diodo vórtice; (ii) la configuración del puerto de entrada tangencial; (iii) la configuración del puerto de salida axial; (iv) el área abierta fraccionada y número, diámetro y distribución de los agujeros de purga; (v) la temperatura de operación; (vi) el caudal de operación; (vii) el número de re-circulaciones a través de la cámara de cavitación. Se debe tener en cuenta que para asegurar la eficacia de desinfección total deseada, es esencial diseñar un sistema que genere el número correcto de eventos de cavitación de la intensidad adecuada. El número de eventos de cavitación depende del perímetro de los elementos de cavitación. La intensidad de los eventos de cavitación depende del porcentaje de área abierta o en otras palabras de la caída de presión a través de los elementos de cavitación. Se debe tener en cuenta que diferentes organismos requerirán diferente número de densidad e intensidad de eventos de cavitación. Diferentes elementos de cavitación pueden ser fructíferamente usados en serie o en paralelo para optimizar el sistema global.

20 **[0044]** La metodología usada para la identificación de los parámetros de operación óptimos implica la identificación del tipo de organismos y estimar la intensidad / número de eventos de cavitación requeridos. La ecuación de Rayleigh-Plesset es usada para simular la dinámica de cavitación y para cuantificar el colapso de cavidades y el rendimiento de desinfección resultante. El número de cavitación (C_v) es un parámetro importante en la cavitación hidrodinámica que decide las condiciones para el comienzo de la cavitación en un sistema particular. Se puede expresar como:

$$C_v = \frac{p_2 - p_v}{\frac{1}{2} \rho_l v_0^2} \quad (1)$$

25 **[0045]** Los modelos CFD implican la resolución de ecuaciones de conservación de masa, momento y energía en un ordenador digital para un diseño/configuración específico. El diagrama de flujo más detallado de la 4ª caja en la Figura 4 se muestra en la Figura 7 de los dibujos que acompañan la especificación, en donde se da la metodología de aplicación del CFD para optimizar el diseño de la desinfección. El primer paso en el modelo CFD es modelar la geometría específica de la cámara/elementos de cavitación y generar tablas para computaciones adicionales.

30 **[0045]** Los modelos CFD implican la resolución de ecuaciones de conservación de masa, momento y energía en un ordenador digital para un diseño/configuración específico. El diagrama de flujo más detallado de la 4ª caja en la Figura 4 se muestra en la Figura 7 de los dibujos que acompañan la especificación, en donde se da la metodología de aplicación del CFD para optimizar el diseño de la desinfección. El primer paso en el modelo CFD es modelar la geometría específica de la cámara/elementos de cavitación y generar tablas para computaciones adicionales.

[0046] El siguiente paso es seleccionar las ecuaciones dominantes para resolver el flujo en la cámara/elementos de cavitación. Los flujos relevantes para la cavitación son invariablemente turbulentos. Varios modelos diferentes han sido desarrollados para simular flujos turbulentos (ver por ejemplo Ranade, 2002 y las referencias citadas en el mismo). Para estimular el flujo a través de la cámara/elementos de cavitación relevante para la presente invención, usamos el modelo k-ε estándar para simular la turbulencia.

[0047] Las ecuaciones dominantes básicas enumeradas abajo fueron resueltas usando el método de volúmenes finitos y algoritmo SIMPLE (Patankar, 1972) usando un solucionador CFD comercial, FLUENT (de Fluent Inc., USA). El modelado de la geometría fue realizado usando un software comercial llamado GAMBIT (de Fluent Inc., USA). El modelo computacional fue evaluado para cuantificar errores asociados con la solución numérica. Tras establecer que estos errores numéricos estaban dentro de los límites aceptables, el modelo fue usado para simular el campo de flujo y presión en diferentes configuraciones de diodo vórtice/elementos. Las trayectorias simuladas de las cavidades e historia de presión / velocidad a lo largo de tales trayectorias fueron almacenadas para posteriores cálculos de la ecuación Rayleigh-Plesset. El campo de presión fluctuante predicho por los modelos CFD se incorpora en una ecuación de dinámica de burbuja para obtener la historia de radio de cavidad y las presiones de colapso para una cavidad de cierto tamaño, viajando dentro del fluido (ver Pandit y Gogte, 2001; Ranade, 2002). Una vez que los parámetros para generar los eventos de cavitación deseados se han identificado, los modelos CFD son entonces usados para optimizar la configuración global de la cámara de cavitación. La metodología es útil para optimizar el sistema global para cumplir las directrices OMI de tratamiento de agua de lastre.

[0048] Las ecuaciones dominantes básicas son las siguientes:

$$\nabla \cdot (\rho \bar{U}) = \sum_k \bar{S}_i$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \bar{U}) + \nabla \cdot (\rho \bar{U} \bar{U} + \rho \bar{u} \bar{u}) = -\nabla \bar{p} - \nabla \cdot \bar{\tau} + \rho \bar{g} + \bar{F}$$

$$\mu_T = \frac{C_\mu \rho k^2}{-\rho u_i u_j \quad \epsilon} \mu_T \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \frac{2}{3}$$

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U_i k)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\mu_T}{\sigma_k} \frac{\partial}{\partial x_i} \right)$$

$$\frac{\partial(\rho \epsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U_i \epsilon)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\mu_T}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right) + \frac{\epsilon}{k} (C_1 G - C_2 \epsilon)$$

$$G = \frac{1}{2} \mu_T \left[\nabla \bar{U} + (\nabla \bar{U})^T \right]^2$$

[0049] La Figura 5 de los dibujos que acompañan a la especificación muestra una muestra de resultados obtenidos usando la metodología comentada anteriormente. La Figura 5(a) muestra el campo de presión previsto para una de las realizaciones del método y aparato propuesto en esta invención. La figura 5(b) muestra las trayectorias de línea simuladas que pueden ser generadas en esta realización. La Figura 5(c) muestra las dinámicas simuladas y su eventual colapso de una única cavidad.

5 **[0050]** La presente invención proporciona un aparato y método para la filtración y desinfección del agua de lastre de barcos, como el agua de mar, en base a la centrifugación y la cavitación hidrodinámica. El aparato comprende un diodo vórtice de sección transversal circular con un único o múltiples agujeros de purga; puertos de entrada tangenciales y puertos de salida tangenciales. La profundidad de la cámara puede ser considerada como una escala de longitud de referencia. Típicamente el diámetro de la cámara esta en el intervalo de 2 a 12 veces la profundidad de la cámara, preferentemente en el intervalo de 4 a 8 veces la profundidad de la cámara.

10 **[0051]** En consecuencia la presente invención proporciona un aparato para la filtración y desinfección de agua de mar / agua de lastre de barcos, que comprende un medio de toma de agua (17 & 18) que consiste de una fuente de toma de agua de lastre (17) y un medio de bombeo (18) conectados en serie a través de un manómetro (3) y válvula(s) de retención a un puerto de entrada de una cámara de cavitación de la forma de un diodo vórtice (5), opcionalmente a través de un intercambiador de calor (4), caracterizado porque la mencionada cámara de cavitación del diodo vórtice (5) está esencialmente provista en la periferia con un único o múltiples agujeros de purga de diámetro(s) en el intervalo de 0,04 a 0,25 veces la profundidad de la cámara, la salida de la mencionada cámara de cavitación del diodo vórtice (5) pasa a través de un punto de control de calidad (6) y válvula(s) de retención (7) a un tanque de lastre (8), la salida del mencionado tanque de lastre (8) estando conectada a una bomba de descarga (9) a través de válvula(s) de retención a una salida de descarga y la salida de los agujeros de purga desde la mencionada cámara de cavitación del diodo vórtice (5) estando conectada a la mencionada fuente de toma (17). En una realización de la presente invención, el diodo vórtice (5) tiene medios de toma de agua (17 & 18) a través de los cuales el agua de mar entra desde el exterior de un buque.

20 **[0052]** En otra realización de la presente invención, el medio de bombeo (18) es una o una serie de bombas como, pero no limitado a una bomba de lastre.
 25 En aún otra realización de la presente invención, el intercambiador de calor (4) está conectado a una fuente de energía como una fuente estándar o método conocido en la técnica, o vapor o gases de escape del motor del motor del barco.

30 **[0053]** Todavía en otra realización de la presente invención, la proporción del diámetro de la cámara de cavitación del diodo vórtice a la profundidad de la cámara está en el intervalo de 2 a 12 y la mencionada cámara está provista con un puerto de entrada tangencial que tiene una conicidad con un ángulo que varía de 2 a 10 grados y el puerto de salida axial tiene una conicidad con un ángulo que varía de 1 a 7 grados y una expansión alisada a una parte recta con una tasa de expansión en el intervalo de 2 a 30. El puerto de entrada asegura la entrada tangencial lisa del agua alimentada. El diámetro más corto del puerto de entrada tangencial es el mismo que la profundidad de la cámara del diodo. El diámetro del puerto de entrada cerca de la cámara del diodo es el mismo que el de la profundidad de la cámara. En todavía otra realización de la presente invención, el diodo vórtice (5) comprende un único o múltiples agujeros de purga; en donde el número de agujeros de purga está en el intervalo de 1 a 16, teniendo un área abierta fraccionada en la forma de un único o varios agujeros que son circulares o no circulares con o sin bordes afilados y cada agujero tiene un diámetro en el intervalo de 500 micrómetros a unos pocos milímetros. El agua que sale de los agujeros de purga es reciclada al medio de toma de agua (17). El diámetro de los agujeros de purga está en el intervalo del 4 al 25% de la profundidad de la cámara.

40 En todavía otra realización de al presente invención, el diodo vórtice (5) comprende una salida de purga con forma de ranura que cubre toda la periferia de la cámara del diodo.
 45 En una realización adicional de la presente invención, (i) el diámetro del diodo vórtice; (ii) el número de agujeros de purga; (iii) la localización y el espaciamiento entre los agujeros de purga; (iv) la profundidad de la cámara; (v) la configuración de los puertos de entrada y de salida; (vi) la temperatura de funcionamiento; (vii) el caudal/velocidad de flujo de funcionamiento; (viii) el número de re-circulaciones a través del diodo vórtice; son estimados y configurados usando modelos basados en la dinámica de fluidos computacional (CFD) y la ecuación Rayleigh-Plesset para el colapso de la cavitación, como se describe en la presente.
 50 En todavía otra realización de la presente invención, se proporciona un punto de control de calidad (6) con dispositivos conocidos capaces de monitorizar la calidad del agua tratada.
 55 En todavía una realización adicional de la presente invención, para permitir la re-circulación del agua tratada o una parte de la misma si se requiere por el punto de control de calidad (6), la salida de descarga de la mencionada bomba de descarga (9) está conectada a través de un manómetro (10) y válvula(s) de retención, opcionalmente a través de un intercambiador de calor (11), a un puerto de entrada de un diodo vórtice (12) que tiene un único o múltiples elementos de cavitación y de vuelta al mencionado tanque de lastre (8) a través del punto de control de calidad (13) y válvulas de retención (14, 7).

60 **[0054]** En consecuencia la presente invención proporciona un método para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos usando el aparato que se ha descrito en la presente anteriormente, que comprende someter al agua de lastre a ser tratada a una cavitación hidrodinámica bombeando la toma de agua de agua de mar, opcionalmente pre-calentada, a un puerto de entrada de un diodo vórtice que tiene un único o múltiples agujeros de purga, siendo pasada el agua de lastre tratada a través de un punto de control de calidad a un tanque de lastre, recircular el agua tratada o una parte de la misma si se requiere por el control de calidad, para una cavitación hidrodinámica adicional.

En una realización de la presente invención, el agua de lastre a ser tratada es opcionalmente precalentada a una temperatura en el intervalo de 10 a 70° C.

En otra realización de la presente invención, el caudal de agua a través del diodo vórtice es tal que las velocidades del líquido en la entrada están en el intervalo de 1 a 15 m/s.

5 En todavía otra realización de la presente invención, la presión del agua está en el intervalo de 0,5 a 150 kg/cm².

En otra realización de la presente invención, el método para el tratamiento de filtración y desinfección de agua usando la centrifugación y la cavitación hidrodinámica es también adecuado para una variedad de aplicaciones de tratamiento de agua incluyendo pero no limitado a tratamiento de aguas residuales, aplicaciones agrícolas, piscinas y aplicaciones espaciales, aplicaciones de aceite y gas, y varias aplicaciones desinfectantes.

10 **[0055]** El tratamiento de desinfección de agua de lastre descrito en la presente preferiblemente aunque no exclusivamente tiene lugar de tal manera que el barco bombea agua de mar a través del diodo vórtice, que tienen preferiblemente pero no limitado a un único o múltiples agujeros de purga. Generalmente, el medio de bombeo, que puede ser una o una serie de bombas, extrae agua de mar de las fuentes de agua que rodean el barco al medio de tuberías de transferencia. El agua de mar bombeada se pasa preferiblemente, pero no limitado, por un intercambiador de calor. La fuente de energía para calentar esta agua puede ser una fuente estándar o un método conocido en la técnica, como vapor o gas de escape de motor u otro. El control del diodo vórtice puede ser a través de un regulador conectado en serie con el medio de línea de toma de agua que está conectado con la cámara de cavitación. El agua tratada expulsada del diodo vórtice está conectada a un recipiente u opcionalmente recipientes, que es preferiblemente pero sólo opcionalmente un tanque(s) de lastre. El agua recogida de los agujeros de purga puede ser reciclada de vuelta al medio de toma de agua o desechada al mar.

15 **[0056]** El inicio y el apagado del tratamiento de agua coincidirán con la toma de agua del buque. Se puede emplear un mecanismo de recirculación para tratar adicionalmente el agua y la necesidad de esto puede ser determinada por un sistema de control de calidad. Aunque en la actualidad, no hay disponible sensores de monitorización en línea por el que los microorganismos puedan ser contados. Sin embargo, en otra parte se están realizando esfuerzos para crear sensores para detectar la presencia de patógenos específicos. Si se necesita activar un mecanismo de recirculación, la operación de apagado, preferiblemente aunque sólo opcionalmente, puede ser controlada por un medio de panel de control. En uso, se puede ahora entender que el aparato y el método de tratamiento de agua pueden ser usados para un tratamiento del agua no químico, eficiente.

20 **[0057]** El agua bombeada a través del diodo vórtice consigue desinfectarse debido a la cavitación hidrodinámica. Siempre que el agua pasa a través de la cámara de cavitación, se generan cavidades debido a las fluctuaciones de presión resultantes del fuerte flujo vertical dentro de una cámara. Las cavidades generadas experimentan varias etapas del fenómeno de cavitación antes de colapsarse violentamente, resultando en la liberación de grandes magnitudes de energía y especies oxidantes altamente reactivas. Las especies oxidantes y las condiciones de alta temperatura y presión son consideradas responsables de la desinfección de microorganismo. El cuántico de las especies oxidantes y la magnitud de la temperatura/presión, por lo tanto la eficiencia de la desinfección, depende de las condiciones geométricas y de funcionamiento.

25 **[0058]** Por ejemplo, cualquier conducto cilíndrico adecuado hecho de una amplia variedad de metales, plásticos, u otro material robusto puede ser usado para el medio de tubería de transferencia y/o medio de tubería de recirculación descritos. Y, aunque se ha descrito el tratamiento de desinfección de agua usando la cavitación hidrodinámica preferiblemente pero sólo opcionalmente en buques, se debe apreciar que el método y aparato de de tratamiento de agua descrito en la presente puede ser también adecuado para una variedad de aplicaciones de tratamiento de agua incluyendo, pero no estando limitado a, gestión de aguas residuales, aplicaciones agrícolas, piscinas y aplicaciones espaciales, aplicaciones de aceite y gas y varias aplicaciones desinfectantes. Adicionalmente, una amplia variedad de bodegas o tanques de muchas formas y tamaños, así como un cuerpo abierto de agua, también pueden ser usados en lugar del recipiente básico o tanque de lastre descrito. Además, el método, configuración, tamaño y requisitos de presión y volumen pueden ser adaptados para ajustarse a una amplia variedad de barcos de una variedad de formas y tamaños, y un sistema de recirculación cerrado y el método descrito puede ser transferible de un recipiente a otro. La invención puede ser también adaptada para su uso con una amplia variedad de bombas, recipientes, elementos o fuentes de cavitación, válvulas de presión y otros componentes que son requeridos por la invención pero ya están presentes en un buque u otra localización de tratamiento.

30 **[0059]** El nuevo aparato y método de la presente invención es capaz de esterilizar organismos peligrosos contenidos en el agua de lastre almacenada en un tanque de lastre para proporcionar efectivamente tratamiento de agua de lastre. Lo precedente es considerado ilustrativo sólo de los principios de la invención. Además, ya que a los expertos en la materia se les ocurrirán fácilmente numerosas modificaciones y cambios, no se desea limitar la invención a la construcción y funcionamiento exacto mostrado y descrito, y por lo tanto, se puede recurrir a que todas las modificaciones adecuadas y equivalentes, caen dentro del ámbito de la invención.

35 **[0060]** La novedad de la presente invención reside en la capacidad de proporcionar un coste relativamente bajo y un aparato respetuoso con el medio ambiente y el método basado en la cavitación hidrodinámica para la desinfección económica y eficiente del agua de mar / agua de lastre de barcos simplemente pasando el agua

infestada de organismos a través de un único o múltiples diodos vórtice, sin usar ningún producto químico o ninguna reacción química.

5 **[0061]** El paso inventivo no obvio de proporcionar una o más cámaras de cavitación sin usar constricciones de flujo. La presente invención aprovecha el principio de conservación del momento angular para generar regiones de baja presión dentro de la cámara donde tiene lugar la cavitación. El uso de dicha cámara con un puerto de entrada tangencial y un puerto de salida axial especialmente configurados permite la realización de la novedad del aparato de al presente invención. Además, el paso inventivo no obvio de combinar la filtración y la cavitación en un único equipo proporcionando un único o múltiples agujeros de purga al diodo vórtice permite la realización de la novedad del método de la presente invención para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos.

10 **[0062]** Para demostrar las características de rendimiento del aparato para la desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y el método de lo mismo de la presente invención, se construyó una configuración experimental como se muestra en la Figura 6 de los dibujos que acompañan a la especificación. El agua de desafío no tratada del mar entra en la cámara de cavitación (E) por una bomba centrífuga de 7,5 HP (B). Antes de forzarla a través de la cámara de cavitación (E), el agua de mar es primero recolectada en un tanque de tierra (A) donde puede ser inoculada con cultivos de fitoplancton y zooplancton criados en el laboratorio. El agua en el tanque (A) es mezclada a fondo y evaluada para la densidad de organismos incluyendo microorganismos. El agua junto con la mezcla de organismos se fuerza a través de la entrada de la cámara de cavitación (E) que comprende una cámara de diodo de 20 35 mm de diámetro y una profundidad de 6 mm con unos puertos de entrada tangencial y de salida axial. El flujo en la cámara de cavitación (E) es controlado por medio de una válvula de regulación de flujo (C). Un manómetro (D) es ajustado antes del diodo vórtice (E), destinado para grabar la presión de cavitación del fluido. El agua tras el tratamiento de la salida de la cámara de cavitación (E) es recogida en el tanque de recolección (F), y evaluada para el nivel de destrucción de organismos.

25 **[0063]** La evaluación del nivel de destrucción de los organismos es realizada por el siguiente procedimiento:

30 Se evalúa el conteo biológico respecto al zooplancton vivo libre en el agua de toma y de descarga. La alícuota de la muestra de agua (50 litros) tras varias diluciones se pone en placas en agar marino Zobell y se incuba durante 24 horas a temperatura ambiente. Las colonias son enumeradas después de esto y se expresan como número por milímetro. El conteo bacteriano en el agua de descarga (tras la cavitación) se compara con el agua de toma (antes de la cavitación) y se calcula la reducción en el porcentaje en el número de bacterias usando la siguiente fórmula:

35

$$\text{Reducción en el porcentaje} = \frac{(I - D)}{I} \cdot 100$$

40 Donde, I = Conteo de células en el agua de toma (antes de la cavitación)
D = conteo de células en el agua de descarga (después de la cavitación)

45 **[0064]** El conteo biológico respecto a las bacterias viables, asociadas con el zooplancton, es evaluado en el agua de toma y en el de descarga usando el método de placa extendida. Las células de zooplancton son recogidas pasando la cantidad conocida de las aguas de toma (antes de la cavitación) y de descarga (después de la cavitación) a través de un tamiz hecho de seda en pernos con una malla de 50 µm y suspendidas en una cantidad conocida de agua de mar. Las células de zooplancton son después homogeneizadas y una alícuota de este 50 homogeneizado (0,1 ml) tras varias diluciones es puesta en placas en agar marino Zobell e incubada durante 24 horas a temperatura ambiente. Las colonias son enumeradas después de esto y se expresan como número por milímetro. El conteo bacteriano en el agua de descarga (después de la cavitación) se compara con el agua de toma (antes de la cavitación) y la reducción de porcentaje en el número bacteriano se calcula como anteriormente.

55 **[0065]** El conteo biológico respecto al fitoplancton de tamaño celular mayor de 10µm es evaluado en las aguas de toma (condición antes de la de cavitación) y de descarga (condición después de la de cavitación). Para este propósito un volumen conocido de toma de agua y de agua de descarga se filtra a través de un tamiz hecho de seda en pernos con una malla de 10 µm. Las células de fitoplancton retenidas en la seda en pernos de 10 µm son después inmediatamente transferidas a un volumen conocido de agua de mar filtrada. Una sub-muestra del volumen conocido es tomada después de mezclar exhaustivamente y sólo se enumeran las células pigmentadas con fluorescencia de clorofila roja bajo luz UV usando un microscopio de epifluorescencia invertida y se expresa como números por milímetro. La cuenta de fitoplancton en el agua de descarga es comparada con el agua de toma y la reducción del porcentaje en número se calcula como anteriormente.

65 **[0066]** El conteo biológico respecto al Zooplancton de tamaño mayor que 50 µm es evaluada en las aguas de toma (condición antes de la de cavitación) y de descarga (condición después de la cavitación). Para este propósito un

volumen conocido de agua de toma y de agua de descarga se filtra a través de un tamiz hecho de seda en pernos con una malla de 50 µm. Las células de Zooplancton retenidas en el tamiz son después inmediatamente transferidas a un volumen conocido de agua de mar filtrada. Una sub-muestra del volumen conocido es tomada después de mezclar exhaustivamente y sólo se enumeran el zooplancton vivo (con movilidad) usando un microscopio binocular y se expresa como números por metro cúbico. El conteo de zooplancton en el agua de descarga se compara con el agua de toma y la reducción de porcentaje en número se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\text{Reducción en el porcentaje} = \frac{(I - D) \times X}{I}$$

Donde, I = Conteo de células en el agua de toma (antes de la cavitación)

D = conteo de células en el agua de descarga (después de la cavitación)

[0067] Los siguientes ejemplos son dados a modo de ilustración del aparato para la filtración y desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de lo mismo de la presente invención en la práctica real y por lo tanto no debe interpretarse que limitan el ámbito de la presente invención de ninguna manera.

Ejemplo 1

[0068] Se usó la descomposición de la solución acuosa de Yoduro de Potasio para formar Yodo para identificar la aparición y para evaluar el grado de la cavitación. La descomposición de Yoduro de Potasio (KI) fue realizada usando el diodo vórtice con el diámetro de la cámara, 35 mm; profundidad 6 mm y ángulo de la boquilla 7 grados, para estimar el grado de la cavitación que tiene lugar en el mismo.

[0069] La configuración experimental usada se muestra en la Figura 7 de los dibujos que acompañan a la especificación. Consiste de un tanque de retención de 10 litros de capacidad, equipado con una línea principal y una línea de derivación. Ambas tuberías llevan el líquido desde la parte de debajo del tanque y la recirculan al tanque. Una bomba centrífuga de 1,75 kW de potencia se usa para circular el líquido. Las tuberías finalizan bien dentro del tanque para evitar el arrastre de aire. La línea principal está equipada con el diodo vórtice. El diodo vórtice tiene una entrada tangencial para el líquido y la salida está en la posición axial. Un tubo acrílico está equipado en la salida para visualizar la turbulencia debida al colapso de la cavidad. La presión y el caudal del líquido a través de la línea principal pueden ser ajustados usando válvulas equipadas en la línea de derivación así como en la línea principal. Las tuberías con todos estos equipamientos son totalmente de 4,5 litros de capacidad. El tanque está provisto con una cubierta para circular el agua de refrigeración. Se proporcionan manómetros para medir la presión de entrada y la de salida del líquido que fluye a través del diodo vórtice.

[0070] Se realizó la calibración apropiada del Espectrofotómetro UV-VIS midiendo la absorbancia a 354 nm de la concentración conocida de Yodo. Se cargaron en el sistema 14 litros de una solución de Yoduro de Potasio al 1% en agua destilada. La válvula de la línea de derivación fue entonces ajustada para obtener la presión de entrada deseada al diodo vórtice. El agua de refrigeración fue circulada a través de la cubierta para controlar la temperatura a 40° C. Las muestras fueron recogidas en el intervalo de 10 minutos durante una hora. Estas muestras fueron mantenidas a oscuras y su absorbancia fue inmediatamente medida en el Espectrofotómetro UV-VIS a 354 nm. De los valores de absorbancia de las muestras recogidas a intervalos de 10 minutos para diferentes presiones de entrada, se calcularon la concentración de Yodo y el porcentaje de degradación de los valores KI e diferentes intervalos de tiempos que se enumeran en la siguiente tabla.

Tiempo (min)	Concentración de Yodo (g/l)			Porcentaje de Degradación del KI(%)		
	101kPa (1 atm)	202kPa (2 atm)	303kPa (3 atm)	101kPa (1 atm)	202kPa (2 atm)	303kPa (3 atm)
0	0	0	0	0	0	0
10	1.280E-05	1.280E-05	1.280E-05	1.673E-04	1.673E-04	1.673E-04
20	2.560E-05	3.200E-05	3.840E-05	3.346E-04	4.183E-04	5.020E-04
30	3.840E-05	3.840E-05	4.480E-05	5.020E-04	5.020E-04	5.856E-04
40	4.480E-05	4.480E-05	5.120E-05	5.856E-04	5.856E-04	6.693E-04
50	5.120E-05	4.480E-05	6.400E-05	6.693E-04	5.856E-04	8.366E-04
60	5.760E-05	7.040E-05	1.088E-04	7.529E-04	9.203E-04	1.422E-03

[0071] La degradación observada del KI indica claramente que la cavitación hidrodinámica tiene lugar en un sistema comprendido de diodo vórtice.

Ejemplo 2

[0072] Flujo de a través de la cámara de cavitación de 90 mm de diámetro, 15 mm de profundidad con un ángulo de expansión de la boquilla tangencial de 7 grados y un caudal = 0,42 l/s correspondiente a la velocidad del líquido a la entrada del diodo vórtice de 0,86 m/s y una presión = 3 kg/cm². El agua de mar se pasó a través del diodo vórtice una vez. El % de destrucción como se indica en la tabla siguiente es con referencia al agua de entrada.

S. N°	Tipo de organismos	Conteo celular antes de la cavitación en el agua de toma	Conteo celular después de la cavitación en el agua de descarga	Reducción del Conteo Celular (%)
1	Zooplankton (> 50µm de tamaño)	2850/m3	940/m3	67
2	Fitoplancton (> 10µm de tamaño)	196/l	188/l	4
3	Bacterias	811344/ml	619741/ml	23.6

Ejemplo 3

[0073] Flujo de a través de la cámara de cavitación de 90 mm de diámetro, 15 mm de profundidad con un ángulo de expansión de la boquilla tangencial de 7 grados y un caudal = 0,42 l/s correspondiente a la velocidad del líquido a la entrada del diodo vórtice de 0,86 m/s y una presión = 3 kg/cm². El agua de mar se pasó a través del diodo vórtice tres veces. El % de destrucción como se indica en la tabla siguiente es con referencia al agua de entrada.

S. N°	Tipo de organismos	Conteo celular en el agua de toma (antes de la cavitación)	Conteo celular en el agua de descarga (después de la cavitación)	Reducción del Conteo Celular (%)
1	Zooplankton (> 50µm de tamaño)	2850/m3	200/m3	92,9
2	Fitoplancton (> 10µm de tamaño)	196/l	40/l	79,6
3	Bacterias	811344/ml	775737	4,3

Ejemplo 4

[0074] Flujo de a través de la cámara de cavitación de 90 mm de diámetro, 15 mm de profundidad con un ángulo de expansión de la boquilla tangencial de 7 grados y un caudal = 0,42 l/s correspondiente a la velocidad del líquido a la entrada del diodo vórtice de 0,86 m/s y una presión = 3 kg/cm². El agua de mar se pasó a través del diodo vórtice cinco veces. El % de destrucción como se indica en la tabla siguiente es con referencia al agua de entrada.

S. N°	Tipo de organismos	Conteo celular antes de la cavitación en el agua de toma	Conteo celular después de la cavitación en el agua de descarga	Reducción del Conteo Celular (%)
1	Zooplankton (> 50µm de tamaño)	2850/m3	0/m3	100
2	Fitoplancton (> 10µm de tamaño)	196/l	174/l	11,2
3	Bacterias	811344/ml	670609	17,3

Ejemplo 5

5 **[0075]** Flujo de a través de la cámara de cavitación de 90 mm de diámetro, 15 mm de profundidad con un ángulo de expansión de la boquilla tangencial de 7 grados y un caudal = 0,67 l/s correspondiente a la velocidad del líquido a la entrada del diodo vórtice de 1,37 m/s y una presión = 5 kg/cm². El agua de mar se pasó a través del diodo vórtice una vez. El % de destrucción como se indica en la tabla siguiente es con referencia al agua de entrada.

10

S. N°	Tipo de organismos	Conteo celular en el agua de toma (antes de la cavitación)	Conteo celular en el agua de descarga (después de la cavitación)	Reducción del conteo celular (%)	
1	Zooplankton (> 50µm de tamaño)	4075/m3	2600/m3	36	
15	2	Fitoplancton (> 10µm de tamaño)	469/l	228/l	51,3
20	3	Bacterias	563787/ml	434921/ml	22,8

Ejemplo 6

25 **[0076]** Flujo de a través de la cámara de cavitación de 90 mm de diámetro, 15 mm de profundidad con un ángulo de expansión de la boquilla tangencial de 7 grados y un caudal = 0,67 l/s correspondiente a la velocidad del líquido a la entrada del diodo vórtice de 1,37 m/s y una presión = 5 kg/cm². El agua de mar se pasó a través del diodo vórtice dos veces. El % de destrucción como se indica en la tabla siguiente es con referencia al agua de entrada.

30

S. N°	Tipo de organismos	Conteo celular en el agua de toma (antes de la cavitación)	Conteo celular en el agua de descarga (después de la cavitación)	Reducción del conteo celular (%)	
35	1	Zooplankton (> 50µm de tamaño)	4075/m3	575/m3	85,8
40	2	Fitoplancton (> 10µm de tamaño)	469/l	409/l	12,8
	3	Bacterias	563787/ml	419660/ml	25,5

Ejemplo 7

45 **[0077]** Flujo de a través de la cámara de cavitación de 90 mm de diámetro, 15 mm de profundidad con un ángulo de expansión de la boquilla tangencial de 7 grados y un caudal = 0,67 l/s correspondiente a la velocidad del líquido a la entrada del diodo vórtice de 1,37 m/s y una presión = 5 kg/cm². El agua de mar se pasó a través del diodo vórtice cinco veces. El % de destrucción como se indica en la tabla siguiente es con referencia al agua de entrada.

50

S. N°	Tipo de organismos	Conteo celular en el agua de toma (antes de la cavitación)	Conteo celular en el agua de descarga (después de la cavitación)	Reducción del conteo celular (%)	
55	1	Zooplankton (> 50µm de tamaño)	4075/m3	50/m3	98,7
60	2	Fitoplancton (> 10µm de tamaño)	469/l	228/l	51,3
	3	Bacterias	563787/ml	611263/ml	0

Ejemplo 8

65 **[0078]** Flujo de a través de la cámara de cavitación de 90 mm de diámetro, 15 mm de profundidad con un ángulo de expansión de la boquilla tangencial de 7 grados y un caudal = 0,82 l/s correspondiente a la velocidad del líquido a

la entrada del diodo vórtice de 1,67 m/s y una presión = 7 kg/cm². El agua de mar se pasó a través del diodo vórtice tres veces. El % de destrucción como se indica en la tabla siguiente es con referencia al agua de entrada.

S. N°	Tipo de organismos	Conteo celular en el agua de toma (antes de la cavitación)	Conteo celular en el agua de descarga (después de la cavitación)	Reducción del conteo celular (%)
1	Zooplancton (> 50µm de tamaño)	33275/m ³	2825/m ³	91,5
2	Fitoplancton (> 10µm de tamaño)	965/l	268/l	72,2
3	Bacterias	785062/ml	312838/ml	60

Ejemplo 9

[0079] Flujo de a través de la cámara de cavitación de 90 mm de diámetro, 15 mm de profundidad con un ángulo de expansión de la boquilla tangencial de 7 grados y un caudal = 0,82 l/s correspondiente a la velocidad del líquido a la entrada del diodo vórtice de 1,67 m/s y una presión = 7 kg/cm². El agua de mar se pasó a través del diodo vórtice cinco veces. El % de destrucción como se indica en la tabla siguiente es con referencia al agua de entrada.

S. N°	Tipo de organismos	Conteo celular en el agua de toma (antes de la cavitación)	Conteo celular en el agua de descarga (después de la cavitación)	Reducción del conteo celular (%)
1	Zooplancton (> 50µm de tamaño)	33275/m ³	200/m ³	99,3
2	Fitoplancton (> 10µm de tamaño)	965/l	80/l	91,7
3	Bacterias	785062/ml	616350/ml	21,5

Ejemplo 10

[0080] Flujo de a través de la cámara de cavitación de 90 mm de diámetro, 15 mm de profundidad con un ángulo de expansión de la boquilla tangencial de 7 grados y un caudal = 0,82 l/s correspondiente a la velocidad del líquido a la entrada del diodo vórtice de 1,67 m/s y una presión = 7 kg/cm². El agua de mar se pasó a través del diodo vórtice diez veces. El % de destrucción como se indica en la tabla siguiente es con referencia al agua de entrada.

S. N°	Tipo de organismos	Conteo celular en el agua de toma (antes de la cavitación)	Conteo celular en el agua de descarga (después de la cavitación)	Reducción del conteo celular (%)
1	Zooplancton (> 50µm de tamaño)	33275/m ³	25/m ³	99,9
2	Fitoplancton (> 10µm de tamaño)	965/l	50/l	94,4
3	Bacterias	785062/ml	423052/ml	46

[0081] De los resultados de conteos biológicos obtenidos usando el diodo vórtice como se da en los ejemplos ilustrativos anteriores de la presente está claro que hay una destrucción sustancial de organismos. Esta destrucción observada tuvo lugar sin requerir ningún producto químico o tratamiento de calor o el uso de tratamiento de UV o ultrasonidos. El rendimiento de la desinfección puede ser mejorado significativamente empleando la metodología de optimización en base a la CFD y las ecuaciones Rayleigh-Plesset. Empleando tal metodología el aparato de desinfección de agua de lastre puede ser ajustado también para la destrucción de organismos específicos.

5 [0082] Las patentes anteriormente mencionadas y otros sistemas y métodos de tratamiento de agua actualmente conocidos en la técnica no hacen disposiciones como en la presente invención para la desinfección /tratamiento del agua de lastre usando la cavitación hidrodinámica en donde el aparato es esencialmente un diodo vórtice con puertos de entrada tangenciales y puerto de salida axial. En vista de las anteriores desventajas inherentes en los sistemas y métodos de tratamiento de agua de lastre conocidos ahora presentes en el estado de la técnica, la presente invención proporciona un aparato y un método para tratar el agua de lastre usando la cavitación hidrodinámica en el que el agua de lastre se pasa a través de un diodo vórtice con agujeros de purga para realizar la filtración y cavitación simultáneas y supera las desventajas e inconvenientes observados en el estado de la técnica. Además, la presente invención proporciona un aparato para el aislamiento por centrifugación y la desinfección del agua de mar / agua de lastre de barcos y un método de los mismo, que tiene todas las ventajas del estado de la técnica mencionadas hasta ahora y muchas características nuevas que resultan en un sistema y método para el tratamiento de agua de lastre que no está anticipado, hecho obvio, sugerido, o incluso implícito en el estado de la técnica, ya sea sólo o en cualquier combinación de la misma.

15 **Las ventajas principales de la presente invención son:**

[0083]

- 20 1. La desinfección del agua de mar /agua de lastre se consigue pasando simplemente el agua infestada de organismos a través un único o múltiples diodos vórtice puestos en línea de la tubería de toma o de descarga.
2. La filtración y la cavitación pueden ser conseguidas simultáneamente, resultando en una eficiencia más alta en la desinfección.
3. No implica el uso de ningún producto químico o ninguna reacción química.
- 25 4. Es simple, respetuoso con el medio ambiente y puede ser equipada en los sistemas de toma y descarga existentes de cualquier barco con modificaciones menores.
5. No requiere espacio adicional o un espacio adicional mínimo dependiendo del tipo de barco y su sistema de lastrado y deslastrado.
6. No plantea riesgo para la salud de la tripulación del barco como los métodos químicos y no requiere de habilidades especiales o mano de obra adicional para su funcionamiento.
- 30 7. Permite la desinfección eficiente y económica de agua de lastre, para limitar los efectos medioambientalmente adversos que pueden tener lugar cuando el agua no tratada es liberada en un medioambiente que es ecológicamente diferente de aquel en el que el agua fue originalmente obtenida.
8. Desinfecta el agua de lastre filtrando efectivamente y matando los organismos acuáticos.
- 35 9. Relativamente bajo costo de fabricación respecto a materiales y trabajo, y que por lo tanto es capaz de relativamente bajos precios de venta al público e industrias consumidoras.
10. El aparato y el método puede ser usado en conjunción con cualquier otro sistema(s) de tratamiento para conseguir la eficiencia deseada.
- 40 11. El aparato también realiza la filtración en el mismo diodo vórtice por el diseño apropiado de los agujeros de purga.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un aparato para la filtración y desinfección de agua de mar / agua de lastre de barcos, que comprende un medio de toma de agua (17 & 18) que consiste de una fuente de toma de agua de lastre (17) y medio de bombeo (18) conectados en serie a través de un manómetro (3) y válvula(s) de retención a un puerto de entrada de una cámara de cavitación de la forma de diodo vórtice (5), **caracterizado porque** la mencionada cámara de cavitación del diodo vórtice (5) está provista en la periferia con un único o múltiples agujeros de purga de diámetro(s) estando en el intervalo de 0,01 a 0,25 veces la profundidad de la cámara, la salida de la mencionada cámara de cavitación del diodo vórtice (5) pasando a través de un punto de control de calidad (6) y válvula(s) de retención (7) a un tanque de lastre (8), la salida del mencionado tanque de lastre (8) estando conectada a una bomba de descarga (9) a través de la(s) válvula(s) de retención a una salida de descarga y la salida de los agujeros de purga de la mencionada cámara de cavitación del diodo vórtice (5) estando conectada a la mencionada fuente de toma (17).
- 10
- 15 2. Un aparato de acuerdo a la reivindicación 1, en donde la fuente de toma de agua de lastre (17) es agua de mar y el medio de bombeo (18) comprende una bomba de lastre.
- 20 3. Un aparato de acuerdo a la reivindicación 1 ó 2, en el que el diámetro de cada agujero de purga está en el intervalo de 0,04 a 0,25 veces la profundidad de la cámara.
- 25 4. Un aparato de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que además comprende un intercambiador de calor (4) localizado antes de la cámara de cavitación.
- 30 5. Un aparato de acuerdo a la reivindicación 4, en donde el intercambiador de calor (4) está conectado a una fuente de energía que es una fuente estándar o un método conocido en la técnica, o vapor o gases de escape del motor del motor del barco.
- 35 6. Un aparato de acuerdo a las reivindicaciones 1-5, en donde la proporción del diámetro de la cámara de cavitación del diodo vórtice a la profundidad de la cámara está en el intervalo de 2 a 13 y la mencionada cámara está provista con un puerto de entrada tangencial que tiene una conicidad con un ángulo que varía de 2 a 10 grados y un puerto de salida axial que tiene una conicidad con un ángulo que varía de 1 a 7 grados y el puerto de salida se expande a una parte recta con una tasa de expansión en el intervalo de 2 a 30.
- 40 7. Un aparato de acuerdo a las reivindicaciones 1-6, en donde el número de agujeros de purga está en el intervalo de 1 a 60, los agujeros son o circulares o no circulares con o sin bordes afilados y cada agujero tiene un diámetro en el intervalo de 500 micrómetros a unos pocos milímetros.
- 45 8. Un aparato de acuerdo a las reivindicaciones 1-7, que comprende un agujero de purga en forma de ranura que se extiende alrededor de la periferia completa de la cámara del diodo.
- 50 9. Un aparato de acuerdo a las reivindicaciones 1-7, en donde para permitir la re-circulación del agua tratada o una parte de la misma si se requiere por el punto de control de calidad (6), la salida de descarga de la mencionada bomba de descarga (9) está conectada a través de un manómetro (10) y válvula(s) de retención, y opcionalmente a través de un intercambiador de calor (11), a un puerto de entrada de una cámara de cavitación (12) que tiene un único o múltiples agujeros de purga y de vuelta al mencionado tanque de lastre (8) a través de un punto de control de calidad (13) y válvulas de retención (14, 7).
- 55 10. Un método para la filtración y desinfección de agua de mar / agua de lastre de barcos usando el aparato que se ha reivindicado en la presente anteriormente, que comprende someter al agua de lastre a ser tratada a cavitación hidrodinámica bombeando la toma de agua de agua de mar, opcionalmente precalentada a una temperatura en el intervalo de 10 a 70° C, en un puerto de entrada de una cámara de cavitación que tiene un único o múltiples agujeros de purga, a un caudal de agua a través de la mencionada cámara de cavitación tal que las velocidades del líquido en el puerto de entrada tangencial de la cámara están en el intervalo de 1 a 15 m/s y la presión del agua está en el intervalos de 0,5 a 150 kg/cm²; el agua de lastre tratada siendo pasada a través de un punto de control de calidad a un tanque de lastre, re-circular el agua tratada o una parte de la misma si se requiere por el control de calidad, para cavitación hidrodinámica adicional.

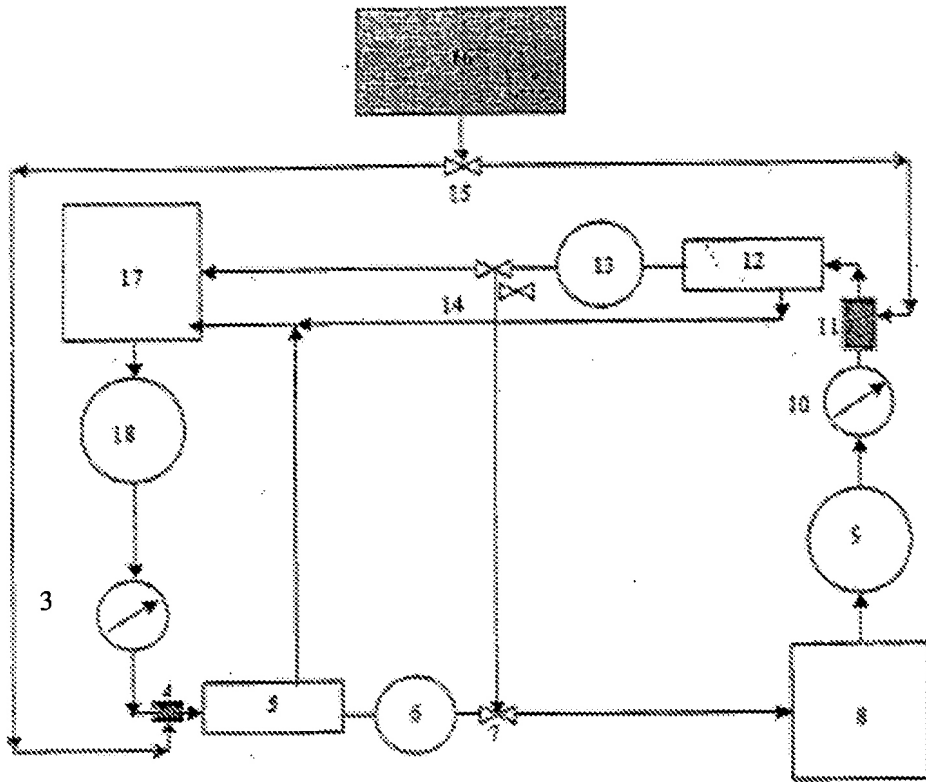


FIGURA 1

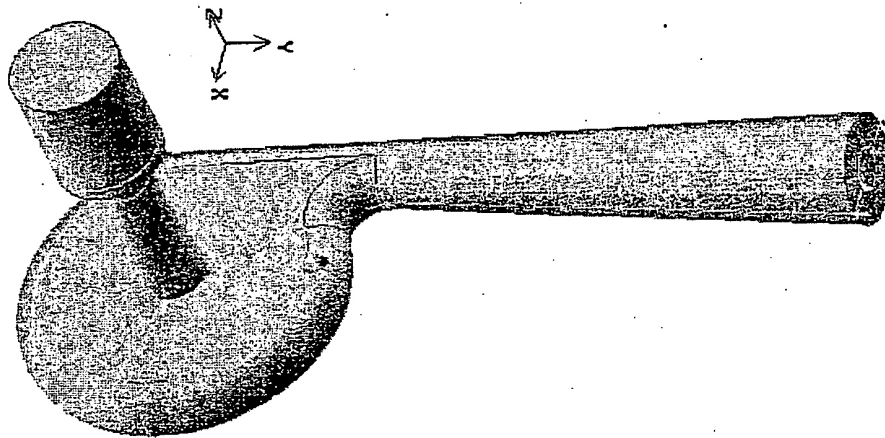
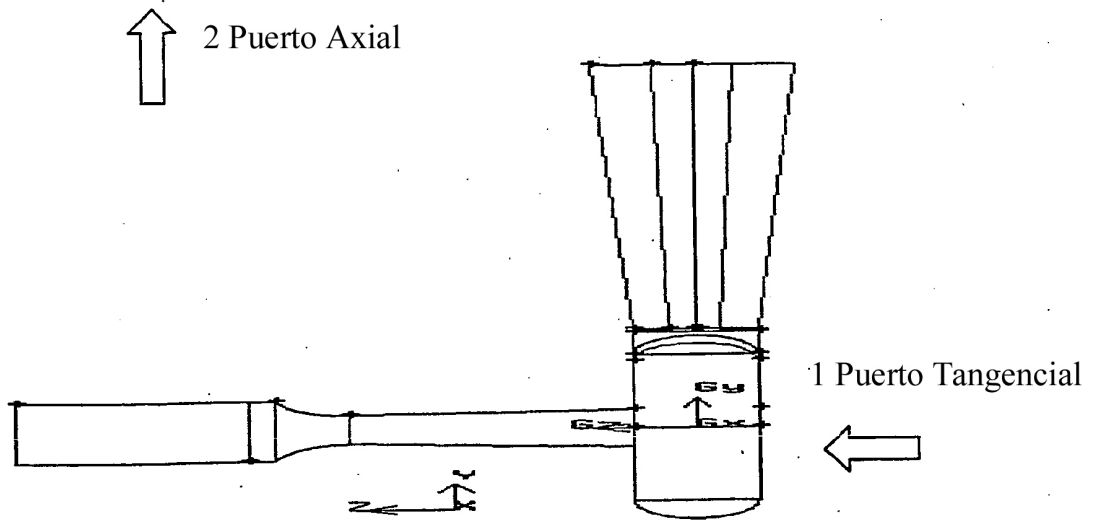
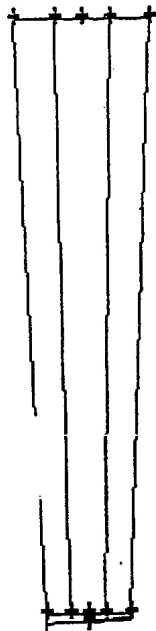
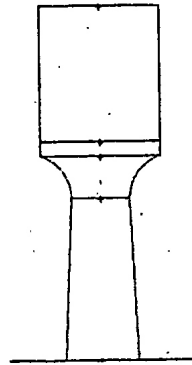


FIGURA 2



Ángulo de expansión,
Longitud de la boquilla

(a)



Ángulo de
contracción,
Longitud de la
boquilla, Ratio
de expansión.

(b)

FIGURA 3



Número y tamaño de agujeros de purga

FIGURA 4

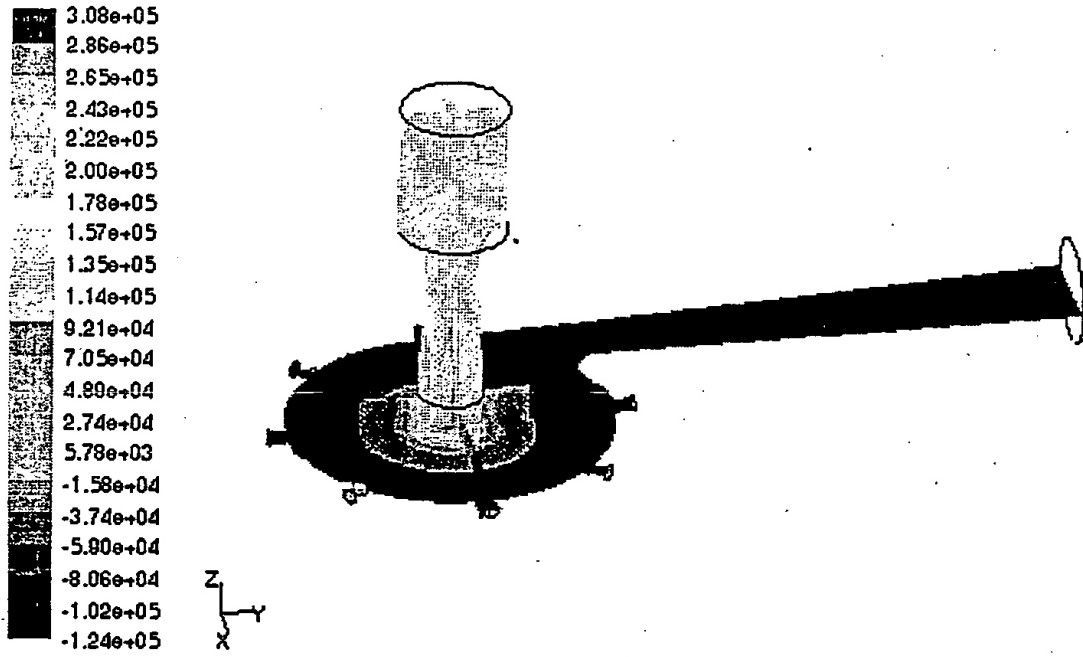


FIGURA 5 (a)

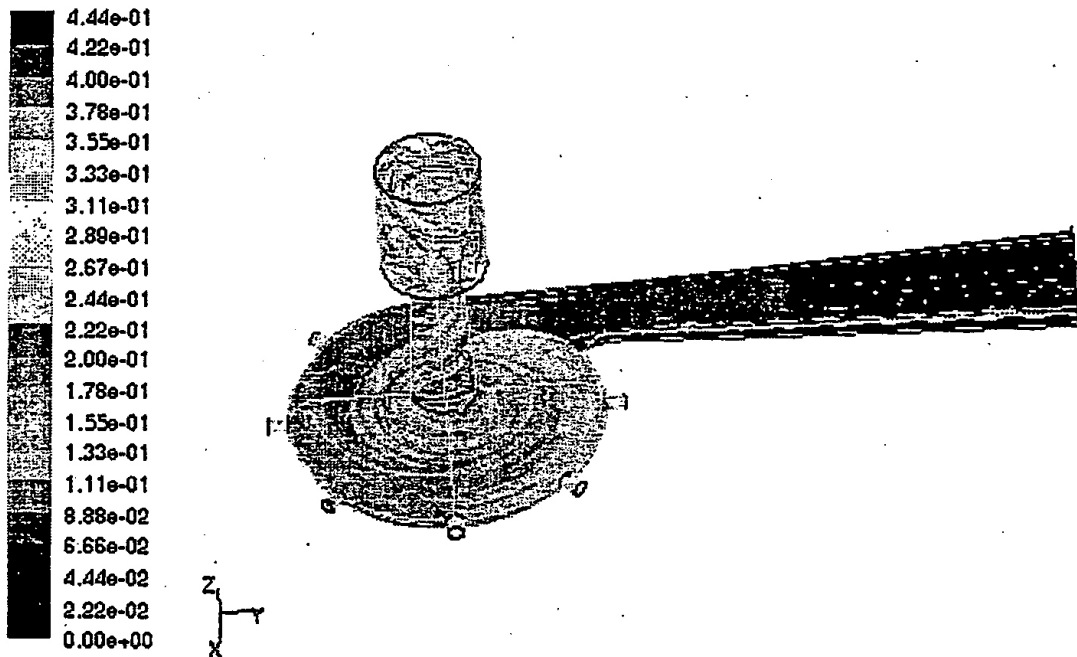
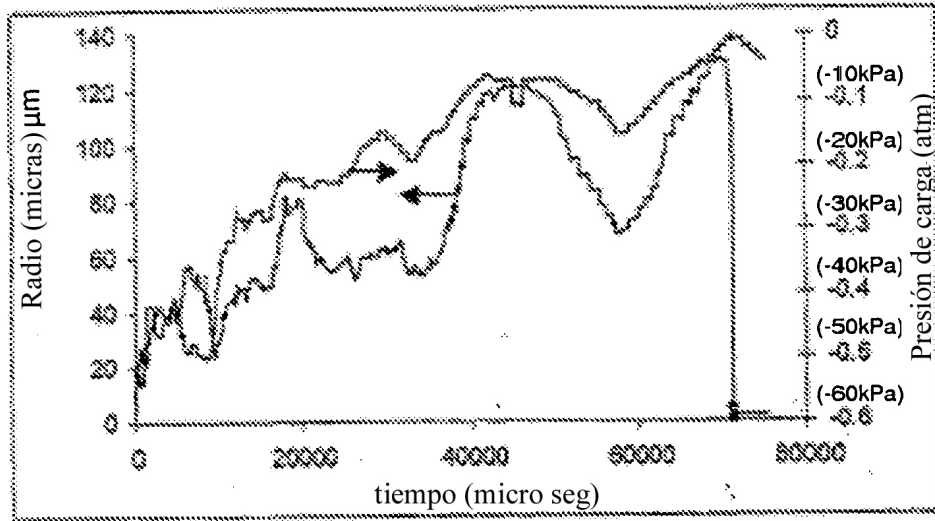


FIGURA 5 (b)



Presión de Colapso: 13230 kPa (131 atm), Temperatura de Colapso: 1137 K, Radio crítico: 4,1 μ m. El historial de radio de cavidad y el pulso de presión de colapso final han sido estimados por la resolución de la ecuación R.P. tras sustituir la variación de presión experimentada por la cavidad itinerante en base a su trayectoria (predicha por las simulaciones CFD) y los perfiles de presión generados por la sustitución de P infinito en la Ecuación Releigh-Plasset.

FIGURA 5 (c)

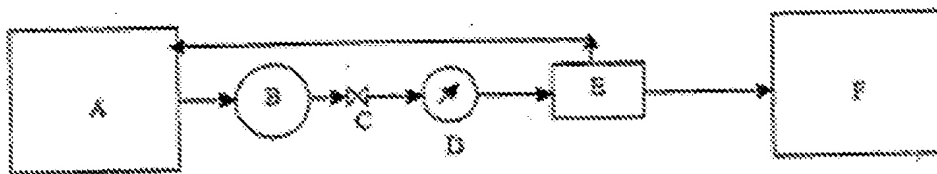


FIGURA 6

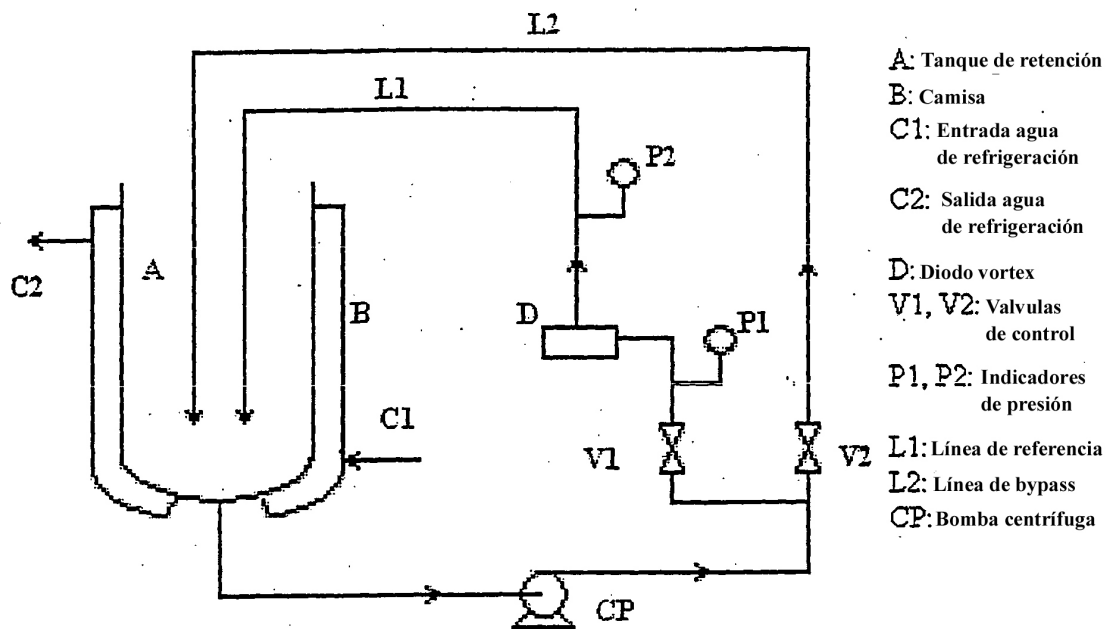


Fig (7) : Diagrama esquemático del montaje experimental