

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 930**

21 Número de solicitud: 201600942

51 Int. Cl.:

G01N 17/00 (2006.01)

G01N 17/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

03.11.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

16.02.2017

Fecha de concesión:

06.10.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

16.10.2017

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (100.0%)
Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n
39005 Santander (Cantabria) ES**

72 Inventor/es:

**TRUEBA RUIZ, Alfredo;
GARCIA GÓMEZ, Sergio;
OTERO GONZÁLEZ, Félix M.;
VEGA ANTOLÍN, Luis M. y
MADARIAGA DOMÍNGUEZ, Ernesto**

74 Agente/Representante:

LEÓN SERRANO, Javier

54 Título: **Reactor para crecimiento de bioincrustación en condiciones controladas**

ES 2 601 930 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 930**

21 Número de solicitud: 201600942

57 Resúmen:

Reactor para el crecimiento de bioincrustación, configurado para reproducir diferentes entornos en condiciones controladas de laboratorio, que comprende:

- un depósito (10, 20, 30) abierto por su parte superior;
- al menos una abertura de entrada situada en el depósito (10, 20, 30), tal que durante la realización del ensayo una tubería de alimentación (11, 21, 31) se introduce en la abertura de entrada:
- un intercambiador de calor (12, 22) situado en la tubería de alimentación (11, 21, 31), fuera del depósito (10, 20, 30);
- al menos una abertura de salida situada en el depósito (10, 20, 30);
- una tubería de rebose (13A, 23A, 33A), situada tal que uno de sus extremos atraviesa la abertura de salida, y su extremo restante se encuentra conectado a un rebosadero (13B, 23B, 33B);
- al menos una abertura de vaciado situada en el depósito (10, 20, 30), tal que durante la realización del ensayo una tubería de vaciado (14, 24, 34) se introduce en la abertura de vaciado;
- una estructura portaprobetas (16, 26, 36) situada en el interior del depósito (10, 20, 30);
- un agitador de paletas (17, 27, 37);
- un sistema de iluminación (18, 28) regulable.

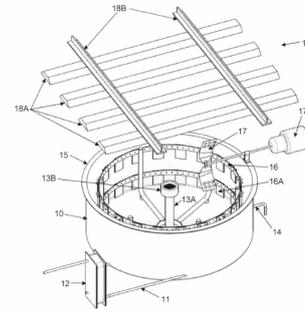


FIGURA 1

ES 2 601 930 B1

DESCRIPCIÓN

Reactor para crecimiento de bioincrustación en condiciones controladas.

5 **Campo de la invención**

La presente invención pertenece al campo de la construcción naval, offshore, fabricación de pinturas y revestimientos y, más concretamente, al campo de los equipos industriales y las estructuras artificiales en contacto con fluidos, particularmente con agua de mar, para el crecimiento de bioincrustación en condiciones controladas.

Antecedentes de la invención

La bioincrustación (en inglés, *biofouling*) consiste en la acumulación e incrustación gradual de microorganismos sobre una superficie artificial sumergida o en contacto con agua de mar. Esta acumulación forma una biopelícula, o película orgánica, compuesta por microorganismos en una matriz polimérica creada por ellos mismos.

Las biopelículas generadas pueden contener una diversidad de microorganismos, incluyendo algas, hongos y bacterias aerobias y anaerobias. Además de estos microorganismos, normalmente contienen polímeros extracelulares que les protegen de la depredación, así como toxinas. Se puede clasificar el *biofouling* en dos tipos: micro y *macrofouling*, la diferencia radica en el tamaño de los organismos depositados sobre la superficie.

Generalmente el *biofouling* contribuye a la corrosión y al deterioro de las superficies donde se ha depositado, y disminuye la eficiencia de las partes móviles asociadas, siendo una fuente de problemas tanto en sistemas de refrigeración como en estructuras artificiales.

En los sistemas de refrigeración, la biopelícula creada puede causar que el sistema llegue a operar fuera de sus parámetros de diseño, como consecuencia de 1) la disminución del área de la sección transversal a través del cual fluye el fluido de trabajo. 2) la disminución de las propiedades de transferencia de calor del sistema. 3) el incremento de la resistencia por fricción en los tubos del intercambiador, y 4) la disminución del rendimiento del sistema de bombeo. En estos equipos la formación de la película biológica y la corrosión de la superficie del material pueden producirse simultáneamente o una de ellas como consecuencia de la otra. El *macrofouling* en los sistemas de refrigeración industrial se localiza principalmente en las tuberías de aspiración y descarga del agua: y dentro del *macrofouling* caben destacar organismos tales como *Mytilus edulis*, *Pollicipies cornucopia* y *Balanos balanoides*, que se adhieren a las tuberías y filtros, dando lugar a considerables pérdidas de carga.

En el caso de estructuras artificiales, la fijación de las comunidades de organismos incrustantes, como es el caso del casco de una embarcación, tiene que evitarse por los efectos económicos nocivos que causa ya sea por el incremento de la resistencia al avance del buque como por los procesos de corrosión derivados de la incrustación biológica.

Las estructuras artificiales en contacto con el ambiente marino están sometidas a las características físicas, químicas y biológicas del agua de mar, en un entorno con aguas

en movimiento, cambios de iluminación, en un estrecho margen de temperaturas con y velocidades del agua bajas y con régimen laminar o próximo al laminar. En los sistemas de refrigeración, las superficies están sometidas a mayores temperaturas y a tensiones cortantes más elevadas debido al régimen turbulento de circulación de los fluidos.

5

Por ello, y para evaluar la adhesión bacteriana y el crecimiento de biopelículas se pueden utilizar diferentes sistemas de ensayo *in vitro*, esto es, reactores que reproducen la formación de biopelículas permitiendo su estudio en diversas áreas de investigación.

10 Un equipo utilizado habitualmente en entorno de laboratorio es el denominado “biobox” [Claudi. R., Jenner. H. A., & Mackie, G. L. (2012). *Monitoring: the Underestimated Need in Macrofouling Control. In Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water Systems (pp. 33-43). Springer US*], un clásico para evaluar el crecimiento biológico aplicado a la monitorización del crecimiento del *biofouling*. Consiste en una caja
15 cerrada de pequeñas dimensiones, con una tubería de entrada de agua en un extremo y otra tubería de salida de agua en el extremo opuesto, en cuyo interior hay instaladas una serie de placas, de modo que el caudal de agua sigue una trayectoria que sorteas las placas a modo de laberinto. Las placas son extraíbles y sirven a modo de probetas donde se produce el crecimiento del *biofouling*. Sin embargo, el proceso es sensible a la
20 velocidad del caudal de agua y no se controlan las condiciones de iluminación al ser la caja opaca, tampoco permite controlar la temperatura del proceso, por lo tanto sirve para evaluar el crecimiento de *biofouling* en un sistema cerrado (por ejemplo circulación en un sistemas de tuberías, intercambiadores de calor...), pero no permite recrear las condiciones de crecimiento en un entorno similar al marino como al que se encuentran
25 sometidas muchas estructuras *offshore*, portuarias o cascos de embarcaciones.

En el caso concreto de evaluar el efecto de distintos materiales, acabados superficiales o revestimientos utilizados en estructuras artificiales en ambiente marino se realizan habitualmente ensayos en contacto con agua de mar en bateas o muelles, siendo por lo
30 tanto realizados en ambientes no totalmente controlados. En estos ensayos interesa tanto conocer la respuesta de los materiales y revestimientos al crecimiento del *biofouling* o en su caso su efecto *antifouling*, como evaluar el rango de temperaturas, iluminación, agitación o dosificación química (o de otros tratamientos) que afectan al crecimiento de la película de *biofouling*.

35

El documento “Yu, F. P., Ginn. L. D., & McCoy. W. F. (1999). *Cooling Tower Fill Fouling Control in a Geothermal Plant, Corrosion reviews. 17(3-4), 205-218*” describe un “biobox” para su uso en el estudio del *biofouling*. Consiste en una caja cerrada de material transparente con un tubo de entrada de agua y otro de salida y una serie de placas
40 interiores en contacto con el flujo de agua, estas placas hacen las veces de probetas donde se deposita el *biofouling* a analizar. El sistema es similar al descrito en el documento anterior; en dimensiones menores pero con las mismas limitaciones.

En el documento “Claudi, R., Jenner. H. A., & Mackie, G. L. (2012). *Monitoring: the Underestimated Need in Macrofouling Control. In Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water Systems (pp. 33-43). Springer US*” así como en “Jenner HA. Davis MH (1998). *A new design in monitoring fouling: KEMA Biofouling Monitor Fawley Biobox. In: Abstracts from the eighth international zebra mussel and other nuisance species conference, Sacramento CA, 16-19 March 1998. pag 318*”, se
45 describe el denominado “Kema biofouling Monitor”, este consiste en una variación del biobox clásico, siendo un sistema cerrado para monitorizar el crecimiento de biofouling en
50

línea en instalaciones industriales. Está diseñado especialmente para su uso en instalaciones con intercambiadores de calor. Consiste en una caja cerrada con cuatro tubos interiores, en cuyo interior el agua fluye hacia arriba a través de los cuatro tubos donde se instalan unos paneles de ensuciamiento extraíbles. El agua se descarga a través de un tubo central de salida que se puede ajustar en altura para cambiar las condiciones del flujo. En el “Kema” la instalación se construye como un sistema cerrado para evitar cualquier entrada de luz, y el monitor está diseñado para imitar el flujo en una tubería industrial con peligro de ensuciamiento. Sin embargo, al igual el “biobox”, tampoco permite recrear las condiciones de crecimiento en un entorno similar al marino (movimiento de agua. temperatura e iluminación) como aquel al que se encuentran sometidas muchas estructuras offshore, portuarias o cascos de buques.

En el documento “*Fike, J. E., Perrett, I. F. Polman, H. J., & Marse, D. J. (2016). Method and apparatus for monitoring biofouling activity U S. Patent No. 20160061712. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office*”, se presenta un aparato para medir el ensuciamiento macroscópico y microscópico con diferentes caudales y velocidades. con capacidad de simular un sistema industrial hidráulico en particular. La principal diferencia con el clásico “biobox” consiste en que las placas que actúan a modo de probeta reducen su sección progresivamente, formando canales entre ellas en forma de “V”, con lo que la velocidad del fluido varía a lo largo de la superficie de la probeta, creándose un gradiente de velocidad en el conjunto de monitorización del bioensuciamiento. Está diseñado para proporcionar información que ayude a determinar el tipo de contaminación biológica que puede ocurrir dentro de un aparato industrial, tubería, equipo, o cualquier otro sistema similar, dependiendo de la velocidad del fluido que pasa a través de ese sistema. Sin embargo, por sus características tampoco está desarrollado para evaluar revestimientos en estructuras artificiales en contacto con agua de mar con el régimen propio del entamo real de agitación del agua e iluminación.

El documento “*WO 2008/0 7972-1 Improved diffuse light extended surface area water-supported photobioreactor*” presenta un fotoreactor formado por placas con circulación de agua en cascada que maximiza el crecimiento de algas con el fin de favorecer el crecimiento de biomasa y utilizarla en la fabricación de combustibles. El sistema está diseñado para maximizar el crecimiento de algas y no como equipo que permita modificar las condiciones de funcionamiento (temperatura. agitación. e iluminación) con las condiciones marinas reales, y que permitan variar estas condiciones de forma dinámica.

Los documentos “*US4176544: Method for determining fouling*”, y “*US4766553: Heat exchanger performance monitor*”, describen un método de monitorización de *fouling* en intercambiadores de calor por medio de las medidas de caída de presión y temperatura en un tubo. Sirven para monitorizar el crecimiento de la biopelícula en instalaciones térmicas industriales, pero no permiten evaluar los efectos sobre distintos materiales. y en las condiciones naturales del entamo marino (iluminación agitación y temperaturas).

En el documento “*US 201510167051 A1 Methods and systems for monitoring biofilm growth*”, se describe un sistema para la monitorización del crecimiento del *biofouling* en torres de refrigeración mediante depósito de probetas en las balsas de las torres de refrigeración, y por lo tanto limitado a las condiciones de funcionamiento de estos sistemas de refrigeración industriales, que no son utilizados con agua de mar.

El documento “*ES 2 249 930: Dispositivo de monitorización del bioensuciamiento y procedimientos para la monitorización y detección del bioensuciamiento*”, presenta un

dispositivo de monitorización del bioensuciamiento que incluye una columna con una entrada y una salida, una línea de alimentación de nutrientes para microorganismos, y detectores de presión, así como un sistema de recirculación conectado a la entrada. A partir de las mediciones de la presión diferencial monitoriza la magnitud de bioensuciamiento y puede determinar si se está produciendo bioensuciamiento o si está aumentando el nivel del bioensuciamiento presente en el sistema acuoso. Dispone de un sistema de alimentación de nutrientes para microorganismos como medio para acelerar el bioensuciamiento del sistema acuoso, como mecanismo de alerta temprana. Este sistema está diseñado como sistema de monitorización y alerta temprana en instalaciones industriales. y no presenta aplicación en el estudio de estructuras artificiales, materiales y revestimientos en el entorno marino.

El documento “ES 2 384 544: Reactor de biopelícula de membrana de flujo radial”, presenta un reactor de biopelícula de membrana (MBfR), en un dispositivo MBfR típico. Una matriz de membranas de fibras huecas proporciona una superficie de crecimiento para una biopelícula que puede metabolizar contaminantes presentes en una corriente de fluido. Se introduce un gas en las membranas de fibras huecas y se difunde a través de las paredes de la membrana para entrar en contacto con una biomasa que crece en las superficies exteriores de las membranas de fibras huecas. Este dispositivo tiene un tubo de núcleo central con una pared y una o más perforaciones en la pared. así como una pluralidad de filamentos huecos. El líquido influente se introduce por el interior del lumen del tubo de núcleo, por la tapa del extremo del tubo se puede introducir gas en el volumen interior de los filamentos huecos. Este dispositivo está diseñado para esta aplicación concreta y tampoco permite evaluar los efectos sobre distintos materiales en las condiciones naturales del entorno marino (iluminación agitación y temperaturas).

Por lo tanto, y a la vista del estado de la técnica, se puede concluir que los actuales reactores y/o monitores de *biofouling* no permiten recrear las condiciones del biofouling marino en las condiciones a las que están sometidas las estructuras artificiales marítimas y navales, por lo que no permiten un ensayo óptimo de materiales, recubrimientos y sus características *antifouling* para su uso en estructuras artificiales. Los sistemas utilizados presentan limitaciones en alguno de los parámetros de influencia, o están diseñados para sistemas industriales específicos (mayor temperatura, tensión cortante, falta de iluminación, etc...).

Por ese motivo, en la actualidad es más fiable realizar los ensayos para el estudio del crecimiento del *biofouling* en probetas instaladas en muelles y bateas flotantes; sin embargo, esto implica una serie de inconvenientes, como son:

40 - Dificultad de acceso y de control periódico de las probetas.

- Imposibilidad de mantener las mismas condiciones físicas (temperatura caudal, velocidad, iluminación...) en varias series de probetas, por lo que no es posible comparar los resultados obtenidos cuantitativamente.

45 - Imposibilidad de modificar variables individualmente para comprobar su efecto o forzar periodos de crecimiento, por ejemplo para aplicar estadísticamente un diseño de experimentos (DOE).

- Efecto de las inclemencias meteorológicas puntuales (temporales) que pueden eliminar parte de la película formada, desvirtuando en el estudio el efecto del recubrimiento, que queda sometido a la existencia o no de mal tiempo.

5 **Resumen de la invención**

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un reactor para el crecimiento de *biofouling* que permite realizar ensayos con variaciones en los diferentes parámetros (temperatura, tensión, Iluminación, etc...),
10 reproduciendo así el entorno marino real en condiciones controladas de laboratorio.

Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un reactor para el crecimiento de bioincrustación, configurado para reproducir diferentes entornos en condiciones controladas de laboratorio mediante la variación de diferentes parámetros, tal
15 que permite ensayar probetas de diferentes materiales, diferentes acabados superficiales y rugosidades, diferentes recubrimientos superficiales y diferentes elementos con toxicidad sobre bioincrustación embebidos en distintos recubrimientos, que comprende:

- un depósito de material inerte y con una rigidez tal que no se deforma de modo apreciable durante su uso, abierto por su parte superior y configurado para albergar en su interior diversos tipos de fluidos para su ensayo;
20

- al menos una abertura de entrada situada en el depósito, configurada para la introducción del fluido de ensayo al depósito, tal que durante la realización del ensayo una tubería de alimentación se introduce en la abertura de entrada;
25

- un intercambiador de calor situado en la tubería de alimentación, fuera del depósito, de modo que durante la realización del ensayo el fluido entra en el reactor con la temperatura deseada, ya que dicho intercambiador de calor está configurado para
30 mantener constante la temperatura del fluido de entrada al depósito del reactor;

- al menos una abertura de salida situada en el depósito, configurada para la evacuación del fluido de ensayo por gravedad;

- una tubería de rebose de material inerte y con una rigidez tal que no se deforma de modo apreciable durante su uso, situada tal que uno de sus extremos atraviesa la
35 abertura de salida, y su extremo restante se encuentra conectado a un rebosadero configurado para recoger el fluido sobrante de la superficie y descargarlo al exterior, tal que durante el funcionamiento del reactor, cuando el fluido supera un cierto nivel, el fluido
40 pasa a través del rebosadero, y por ende a través de la tubería de rebose, estando por tanto el circuito de rebose -rebosadero, tubería de rebose y abertura de salida- configurado para permitir la salida del fluido del depósito, manteniendo el nivel del fluido en el interior del depósito y permitiendo una renovación constante del fluido sin cambios en su nivel;

- al menos una abertura de vaciado situada en el depósito, configurada para vaciar manualmente el reactor, tal que durante la realización del ensayo una tubería de vaciado se introduce en la abertura de vaciado;

- una estructura portaprobetas de material inerte y con una rigidez tal que no se deforma de modo apreciable durante su uso, situada en el interior del depósito, y configurada para
50

- 5 realizar las labores de portaprobetas de los materiales o revestimientos a ensayar, y facilitar por una parte el montaje y desmontaje de las probetas y por otra parte la circulación del fluido a su alrededor, tal que durante el ensayo, las probetas permanecen sujetas firmemente a dicha estructura portaprobetas, completamente sumergidas en el fluido del ensayo y separadas del fondo del depósito;
- un agitador de paletas configurado para producir el batimiento del fluido y favorecer el movimiento del fluido por la superficie de las probetas:
- 10 - un sistema de iluminación regulable, configurado para variar diversos parámetros, tales como la intensidad de iluminación, la longitud de onda o los tiempos de iluminación, situado en la parte superior del reactor, tal que proporciona una iluminación adecuada, uniforme y en un espectro e intensidad similares a las reales al del enlomo del ensayo
- 15 luminarias configurado para unir la pluralidad de luminarias entre sí y a una estructura fija o móvil.
- En una posible realización, el depósito es cilíndrico, de forma que el movimiento del fluido es similar a lo largo de todo su contorno.
- 20 En una posible realización, la abertura de entrada se sitúa en un lateral de la parte inferior del depósito, y la abertura de salida se sitúa en la base y en el centro del depósito para evitar interferencias con el resto de los elementos.
- 25 En una posible realización, el último tramo de la tubería de alimentación y la abertura de entrada están en sentido tangencial con respecto al depósito, de tal forma que se facilita la entrada de fluido tangencialmente al depósito, y las tuberías de alimentación y de rebose se conectan a la red hidráulica con válvulas de cierre rápido.
- 30 En una posible realización, la entrada de fluido en el depósito es por medio de una tobera situada en la entrada al depósito del fluido de alimentación, y está configurada para aumentar la velocidad de entrada del fluido al depósito, produciendo un movimiento circular a la masa líquida.
- 35 En una posible realización, se sitúa en el rebosadero al menos un filtro de malla configurado para evitar problemas de obstrucción del rebosadero con materia orgánica suspendida en el seno del fluido.
- 40 En una posible realización, el reactor se utiliza como reactor de crecimiento para el estudio de bioincrustación sobre estructuras artificiales con agua de mar, y se alimenta directamente de agua de mar con su correspondiente circuito hidráulico, y comprende además en dicho circuito hidráulico, un tanque de compensación con rebosadero que efectúa las funciones de acumulación y está configurado para evitar golpes de ariete en el circuito, para realizar un adecuado filtrado, así como para asegurar un caudal
- 45 constante y controlado al reactor, con bombas de circulación independientes de las bombas primarias de suministro de agua de mar, y de menor caudal.
- En una posible realización. el depósito comprende en su borde exterior superior un reborde, configurado para proporcionar suficiente rigidez al depósito del reactor y evitar
- 50 deformaciones. Preferentemente, dicho reborde es hacia el exterior del depósito.

En una posible realización, la estructura portaprobetas es extraíble y comprende refuerzos de sección esbelta para no interferir apreciablemente en la circulación del fluido alrededor de las probetas.

5 En una posible realización, la estructura portaprobetas comprende al menos una llanta portaprobetas circular y un soporte configurado para mantener las llantas portaprobetas separadas entre sí y del fondo. Preferentemente, la estructura portaprobetas comprende dos llantas portaprobetas circulares, separadas entre sí y al mismo tiempo del fondo, paralelas y a distintas alturas, tal que ambas llantas portaprobetas comprenden una pluralidad de orificios en su línea central con el objetivo de sujetar las probetas a ensayar. Además, preferentemente el soporte está conformado con tubos, tal que cada tubo está unido a las llantas portaprobetas y dispuesto perpendicularmente al eje longitudinal de las mismas, y presenta unos refuerzos horizontales unidos a los tubos y a un anillo interior situado en la posición central del reactor, concéntrico con la tubería de rebose, tal que dicho anillo interior está configurado para permitir su introducción a través de la tubería de rebose. Además, preferentemente el soporte está provisto de unas patas, de modo que las probetas están completamente sumergidas y separadas del fondo.

20 En una posible realización, el agitador de paletas es un agitador con dos paletas accionado por un motor eléctrico con reductora.

25 En una posible realización, el sistema de iluminación se encuentra suspendido en el techo con cables de acero trenzado de suficiente resistencia para soportar el sistema de iluminación, y la pluralidad de luminarias son tubos fluorescentes y se fijan al soporte de luminarias mediante lomillería de acero inoxidable por su parte inferior.

Breve descripción de las figuras

30 Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

35 La figura 1 muestra un esquema del reactor para el crecimiento de *biofouling* de acuerdo con una primera realización de la invención, incluyendo esquemáticamente sus componentes principales.

40 La figura 2 muestra un esquema del reactor de la invención en vista de alzado, de acuerdo a la realización de la figura 1.

La figura 3 muestra un esquema de distintos componentes del reactor de la invención, de acuerdo a una posible realización.

45 La figura 4 muestra un esquema de la estructura portaprobetas, de acuerdo a una posible realización de la invención.

La figura 5 muestra un esquema de la estructura portaprobetas y las probetas, de acuerdo a una posible realización de la invención.

50

Descripción detallada de la invención

5 En este texto, el término “comprende” y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

10 Además, los terminas “aproximadamente”, “sustancialmente”, “alrededor de”, “unos”, etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

15 Además, en el contexto de la presente invención se entiende por material inerte, aquel material que no interfiere en los ensayos, es decir, en el crecimiento de la biopelícula, por lo que es un material que no se oxida, que no desprende productos que influyen en el *biofouling* formado, y que no desprende productos tóxicos que interfieren en el crecimiento de la biopelícula.

20 Las características del reactor de la invención, así como las ventajas derivadas de las mismas, podrán comprenderse mejor con la siguiente descripción, hecha con referencia a los dibujos antes enumerados.

25 Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración. y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

30 A continuación se describe el reactor de la invención para el crecimiento de *biofouling* que permite realizar ensayos con variaciones en los diferentes parámetros (temperatura. Tensión, iluminación, etc...), pudiendo reproducir diferentes entornos, como por ejemplo el entorno marino real, en condiciones controladas de laboratorio. La figura 1 muestra un esquema del reactor de la invención de acuerdo con una primera realización de la misma, incluyendo esquemáticamente sus componentes principales. La figura 2 muestra un
35 esquema en vista de alzado de dicha realización de la invención.

40 El reactor comprende un depósito 10, 20 abierto por su parte superior. y configurado para albergar en su interior diversos tipos de fluidos para su ensayo, como por ejemplo agua de mar, agua de mar artificial. etc. Preferentemente, el depósito 10, 20 es cilíndrico, de forma que el movimiento del fluido es similar a lo largo de todo su contorno.

45 Un experto en la materia entenderá que el material del depósito 10, 20 debe ser inerte: además, el material debe presentar una rigidez tal que no se deforme de modo apreciable durante su uso. Un ejemplo de material del depósito 10, 20 es acero inoxidable, aunque otros materiales alternativos son posibles (fibra de vidrio, P.V.C, etc...). Un experto en la materia entenderá que en el caso de que el material sea poliéster, este contará con varias capas de recubrimiento con el objetivo de proporcionar al depósito 10, 20 suficiente rigidez.

50 El depósito 10, 20 presenta, preferentemente en un lateral en su parte inferior, al menos una abertura de entrada para la introducción del fluido de ensayo al depósito, tal que

5 durante la realización del ensayo una tubería de alimentación 11, 21 se introduce en la
abertura de entrada. estando al menos el último tramo de la tubería de alimentación 11,
21 y la abertura de entrada preferentemente en sentido tangencial con respecto al
depósito 10, 20, de tal forma que se facilita la entrada de fluido tangencial mente al
10 depósito 10, 20. En cualquier caso, las características de la tubería de alimentación 11,
21 quedan fuera del ámbito de la presente invención. En una realización concreta, la
entrada de fluido en el depósito es por medio de una tobera situada en la entrada al
depósito del fluido de alimentación y configurada para aumentar la velocidad de entrada
del fluido al depósito 10, 20. Esta tobera produce un movimiento circular a la masa
15 líquida, con la que se pueda llegar a obtener al menos un valor medio de 30 cm/s en la
superficie del fluido del reactor.

20 En cualquier caso. un experto en la materia entenderá que es posible variar los caudales
de fluido para realizar ensayos estáticos o en condiciones de circulación del fluido en la
superficie, similar a las encontradas en el entorno marino en contacto con muelles u otras
estructuras. Para los expertos en la materia, los caudales concretos a utilizar se
desprenderán de los volúmenes del depósito 10, 20 del reactor y del tipo de ensayo que
deseen realizar.

25 El reactor de la invención comprende además un intercambiador de calor 12, 22 situado
en la tubería de alimentación 11, 21, fuera del depósito 10, 20, de modo que durante la
realización del ensayo el fluido entra en el reactor con la temperatura deseada. Es decir,
dicho intercambiador de calor 12, 22 está configurado para mantener constante la
temperatura del fluido de entrada al depósito 10, 20 del reactor, y de este modo mantener
30 controlado este parámetro. Las características del intercambiador de calor 12, 22 quedan
fuera del ámbito de la presente invención, aunque un experto en la materia entenderá
que debe tener una capacidad suficiente para el intervalo de temperatura y caudal de
fluido a calentar. Además, es más conveniente un intercambiador de calor de placas
frente a un intercambiador de calor de tubos, por ser el primero más compacto.

35 El depósito 10, 20 presenta además al menos una abertura de salida para la evacuación
del fluido de ensayo por gravedad, estando dicha abertura de salida preferentemente en
la base y en el centro del depósito 10, 20 para evitar interferencias con el resto de los
elementos.

40 Si el fluido proveniente del rebose se eliminase por medio de una bomba, podría llegar a
producirse el descebado de la bomba: si se producen variaciones en el caudal de fluido
que circula por el reactor, varía también el caudal de fluido que sale por el rebosadero, es
decir, el caudal de fluido que debiera aspirar la bomba, y si dicho caudal disminuye
considerablemente, la bomba podría descebarse. Por este motivo, es necesario que la
evacuación del fluido de ensayo sea por gravedad.

45 En una realización concreta, en el que el dispositivo de la invención se instalase en una
posición que hiciese imposible la salida del fluido por gravedad, lo más aconsejable sería
descargar por gravedad dicho fluido a un pequeño depósito intermedio, equipado con
sensores de nivel, de donde aspirase una bomba que se detenga intermitentemente si el
caudal es muy bajo, controlada por los sensores de nivel. En cualquier caso, el
tratamiento del fluido una vez ha sido evacuado del depósito por gravedad, queda fuera
50 del ámbito de la presente invención.

Una tubería de rebose 13A, 23A de material inerte (como por ejemplo acero inoxidable, fibra de vidrio o P.V.C) y que no se deforma de modo apreciable durante su uso, atraviesa dicha abertura de salida. Además, el extremo superior de dicha tubería de rebose 13A, 23A se encuentra conectado a un rebosadero 13B, 23B configurado para recoger el fluido sobrante de la superficie y descargarlo al exterior. De esta forma durante el funcionamiento del reactor, cuando el fluido supera un cierto nivel, el fluido pasa a través del rebosadero 13B, 23B, y por ende a través de la tubería de rebose 13A, 23A, estando por tanto el circuito de rebose (rebosadero 13B, 23B + tubería de rebose 13A, 23A + abertura de salida) configurados para permitir la salida del fluido del depósito. De esta forma, se mantiene el nivel del fluido en el interior del depósito 10, 20, permitiendo una renovación constante del fluido sin cambios en su nivel.

Preferentemente, como se observa en la figura 3, y para evitar problemas de obstrucción del rebosadero con materia orgánica suspendida en el seno del fluido, se recomienda instalar en el rebosadero al menos un filtro de malla 33C.

El circuito de alimentación (tubería de alimentación 11, 21, 31 + abertura de entrada), el intercambiador de calor 12, 22 y el circuito de rebose (rebosadero 13B, 23B, 33B + tubería de rebose 13A, 23A, 33A + abertura de salida) conforman el circuito hidráulico, tal que el circuito de alimentación permite el paso del fluido desde el exterior hacia el intercambiador 12, 22, y el circuito de rebose, que permite mantener el nivel con el fluido circulando en el reactor, es la salida normal para el fluido, bajo un funcionamiento normal del reactor. Además, el reactor comprende un circuito de vaciado, conformado al menos por una abertura de vaciado y una tubería de vaciado 14, 24, 34, que permite vaciar manualmente el reactor, por ejemplo para acciones de limpieza.

Un experto en la materia entenderá que los circuitos de alimentación y de rebose comprenden otros elementos adicionales y necesarios en cualquier reactor, como por ejemplo: filtros de aspiración sumergidos en el fluido, tuberías de aspiración, válvulas antiretorno, bombas centrífugas (preferentemente del tipo autocebantes), válvulas de descarga (preferentemente de mariposa o de compuerta), tuberías de descarga, válvulas de entrada al intercambiador, depósito de acumulación con tubería de rebose, filtros de malla fina, bombas de circulación, intercambiador de calor, válvulas de salida del intercambiador, tuberías de entrada al depósito, sensores (diferenciales de presión en filtros, presostatos para evitar que las bombas funcionen descebadas, caudalímetros, nivostatos, válvulas termostáticas del intercambiador), etc. Sin embargo, estos elementos son comunes a cualquier instalación de bombeo de agua, industrial o de laboratorio, por lo que quedan fuera del ámbito de la presente invención.

En una posible realización, el reactor de la invención se utiliza como reactor de crecimiento para el estudio de *biofouling* sobre estructuras artificiales con agua de mar, y se alimenta directamente de agua de mar con su correspondiente circuito hidráulico. Se recomienda que el reactor incluya en dicho circuito hidráulico, un tanque de compensación que efectúe las funciones de acumulación para evitar golpes de ariete en el circuito, para permitir un adecuado filtrado, así como para asegurar un caudal constante y controlado al reactor, con bombas de circulación independientes de las bombas primarias de suministro de agua de mar, y de menor caudal. Este tanque de compensación dispone de un rebosadero que elimina el exceso de caudal de las bombas de suministro primarias. El conjunto de tanques de compensación, bombas y filtros no se ha representado en las figuras por ser instalaciones de uso común. En una posible

realización se incorpora un sistema de bombas de circulación con fluxómetros para controlar el caudal de agua que circula por el reactor.

5 Además, un experto en la materia entenderá que todas las aberturas tienen suficiente diámetro como para permitir la entrada y el vaciado sin dificultades. Además, las tuberías de alimentación 11, 21, 31 y rebose 13A, 23A, 33A se deben conectar a la red hidráulica preferentemente con válvulas de cierre rápido (no representadas en las figuras).

10 En una posible realización, el depósito comprende en su borde exterior superior un reborde 15, 25, 35, preferentemente hacia el exterior del depósito 10, 20, 30, configurado para proporcionar suficiente rigidez al depósito 10, 20, 30 del reactor y evitar deformaciones.

15 El interior del depósito 10, 20, 30 comprende una estructura portaprobetas 16, 26, 36, configurada para realizar las labores de portaprobetas de los materiales o revestimientos a ensayar, y facilitar por una parte el montaje y desmontaje de las probetas 16A, 26A, 36A y por otra parte la circulación del fluido a su alrededor. Durante el ensayo, las probetas 16A, 26A, 36A permanecen sujetas firmemente a dicha estructura portaprobetas 20 16, 26, 36 (por ejemplo mediante lomillería de acero inoxidable), completamente sumergidas en el fluido del ensayo y separadas del fondo del depósito.

25 El reactor de la invención permite ensayar probetas de diferentes materiales (aceros, fibras, maderas. Polímeros, poliéster...), diferentes acabados superficiales y rugosidades, diferentes recubrimientos superficiales (poliméricos, metálicos, clorocauchos, pinturas) y diferentes elementos con toxicidad sobre biofouling embebidos en distintos recubrimientos.

30 La estructura portaprobetas 16, 26, 36 comprende preferentemente refuerzos de sección esbelta, es decir, presenta secciones delgadas en comparación con su longitud, para no interferir apreciablemente en la circulación del fluido alrededor de las probetas 16A 26A, 36A. Un experto en resistencia de materiales entenderá que la esbeltez o esbeltez mecánica es la característica de barras o prismas mecánicos que relaciona su sección transversal con su longitud total, por medio de un parámetro adimensional que permite predecir la inestabilidad elástica de las barras.

35 La estructura portaprobetas 16, 26, 36 es de material inerte y no se deforma de modo apreciable durante su uso, y preferentemente extraíble. Preferentemente el material es P.V.C. aunque otros materiales como por ejemplo acero inoxidable son posibles.

40 En una posible realización, la estructura portaprobetas 16, 26, 36 comprende al menos una llanta portaprobetas circular y un soporte, ambos de material inerte que no se deforma de modo apreciable durante su uso. Las figuras 4 y 5 muestran un ejemplo de una estructura portaprobetas formada por dos llantas portaprobetas 46B, 56B circulares, separadas entre sí y al mismo tiempo del fondo, paralelas y a distintas alturas. Ambas 45 llantas comprenden una pluralidad de orificios 46C, 56C en su línea central, con el objetivo de sujetar las probetas 56A a ensayar. Además, y para mantener las llantas portaprobetas 46B, 56B separadas entre sí y del fondo, la estructura portaprobetas comprende un soporte 46D, 56D conformado con tubos de material inerte, por ejemplo de P.V.C, tal que cada tubo está unido a las llantas 46B, 56B y dispuesto 50 perpendicularmente al eje longitudinal de las mismas. Además, y para aumentar la rigidez del soporte 46D, 56D, éste presenta unos refuerzos horizontales unidos a los tubos y a

un anillo interior 46E, 56E situado en la posición central del reactor, concéntrico con la tubería de rebose. Dicho anillo interior 46E, 56E debe tener suficiente diámetro para permitir su introducción a través de la tubería de rebose. Preferentemente el soporte 46D, 56D está provisto de unas patas 46F, del mismo material que los elementos que forman la estructura portaprobetas 16, 26, 36, de modo que las probetas 56A estén completamente sumergidas y separadas del fondo.

Un experto en la materia entenderá que en el caso de utilizar una estructura portaprobetas de P.V.C. la flotabilidad de dicho soporte es positiva, por lo que se mantiene en reposo sobre el fondo gracias al peso de las probetas 56A. Por ese motivo es necesario o bien lastrar el soporte de P.V.C introduciendo algún material inerte pesado en el interior de los tubos del soporte, o bien tener la precaución de colocar las probetas 56A con los materiales a ensayar en posiciones diametralmente opuestas, compensando los pesos y de esta forma compensar su flotabilidad. En cualquier caso, cuando quedan pocas placas (probetas) montadas en este soporte, es recomendable que sea lastrado para evitar que el movimiento de giro del fluido desplace el soporte y las probetas dentro del reactor.

Para producir el batimiento del fluido y favorecer el movimiento del fluido por la superficie de las probetas 16A, 26A, 36A, 56A, el reactor de la invención comprende un agitador de paletas 17, 27, 37. Un experto en la materia entenderá que la velocidad del agitador de paletas 17, 27, 37 debe ser suficiente como para producir el movimiento del fluido sin crear turbulencias o corrientes cuyas velocidades influyan innecesariamente en el crecimiento del *biofouling* sobre las probetas 16A, 26A, 36A, 56A, por lo que sus parámetros de funcionamiento dependerán del tamaño del reactor construido. Además, un experto en la materia entenderá que el depósito 10, 20, 30 debe tener un volumen suficiente para que el agua tenga un movimiento de batimiento y que no se entorpezca la posición de las probetas 16A, 26A, 36A, 56A con el agitador de paletas 17, 27, 37.

En una posible realización, se incorpora un agitador con dos paletas accionado por un motor eléctrico con reductora 17B, 27B, 37B, para producir movimiento del fluido. La relación entre motor y reductora se determina de forma que el movimiento de las paletas sea lo suficientemente lento para producir el movimiento del fluido sin crear turbulencias o corrientes cuyas velocidades influyan innecesariamente en el crecimiento del *biofouling* sobre las probetas 16A, 26A, 36A, 56A, ya que el objetivo de este reactor es evaluar el comportamiento del *biofouling* sobre diferentes substratos, superficies o revestimientos en condiciones lo más próximas a las reales.

El crecimiento de los organismos que componen el *biofouling* depende del constante aporte de compuestos orgánicos o nutrientes. Muchos de estos compuestos se sintetizan en materia orgánica por medio de fotosíntesis, que se produce solamente en presencia de la luz radiante. Para disponer de iluminación en el caso de que el reactor se sitúe en un espacio cerrado y sin aberturas al exterior, es decir, carezca totalmente de luz solar, o para disponer de iluminación artificial en el caso de que el reactor se sitúe en el exterior o en el interior y se deseen aumentar los periodos de insolación, el reactor de la invención comprende un sistema de iluminación 18, 28, regulable, tal que es posible variar la intensidad de iluminación, longitud de onda, tiempos de iluminación y otros parámetros afectados por el tipo de lámpara a instalar y el ensayo a realizar, evaluando así su influencia. Esta regulabilidad es importante pues distintas épocas del año tienen distinto horario y nivel de radiación solar, y distintas partes del planeta también tienen distinta radiación solar.

El sistema de iluminación 18, 28 está situado en la parte superior del reactor, tal que proporcione una iluminación adecuada, uniforme y en un espectro e intensidad similares a las reales al del entorno del ensayo que se desea recrear. Un experto en la materia entenderá que su separación del reactor debe permitir la inspección de las probetas 16A, 26A, 36A, 56A con comodidad, sin necesidad de desmontar el sistema, por ello se recomienda una separación de entre 0.5 y 1 m medidos verticalmente con respecto a la parte superior del depósito 10, 20, 30 del reactor, aunque esta separación no es imprescindible y la distancia se puede dejar al criterio del usuario. Además, debe ser fácilmente desmontable o desinstalable, para poder ser apartado y que permita la manipulación de la estructura portaprobetas, realizar limpiezas o cualquier otra operación que sea necesaria realizar en el interior del reactor. A este respecto será válido cualquier sistema que permita un fácil desmontaje a juicio del usuario o del instalador (colgado de cables de acero, por medio de rieles, etc...).

El sistema de iluminación 18, 28 presenta una pluralidad de luminarias 18A, 28A, preferentemente tubos tipo fluorescentes, aunque también se puede instalar otro tipo de lámparas. como por ejemplo de halogenuros metálicos.

El sistema de iluminación 18, 28 comprende además un soporte de luminarias 18B, 28B configurado para unir la pluralidad de luminarias 18A, 28A entre sí y a una estructura fija (por ejemplo: pared. Techo, etc...) o móvil (carro deslizante...). Este soporte de luminarias 18B, 28B debe estar conectado a una toma de tierra en prevención de accidentes, ya que el ambiente húmedo de los reactores representa un riesgo eléctrico. En las figuras 1 y 2 se muestra parte del soporte de luminarias 18B, 28B y el sistema de iluminación 18, 28, donde las luminarias se fijan al soporte de luminarias 18B, 28B mediante tornillería de acero inoxidable por su parte inferior. Preferentemente, el sistema de iluminación debe ser fácilmente desmontable y desplazable para permitir introducir o retirar los soportes de placas dentro de los reactores, cuando sea preciso.

En una posible realización. el sistema de iluminación se encuentra suspendido con cables de acero trenzado de suficiente resistencia para soportar el sistema de iluminación 18, 28, debido a que permite una fácil retirada así como regular con sencillez la distancia entre la iluminación y del depósito.

El reactor de la invención permite realizar los ensayos en condiciones controladas, similares a las del entorno marino real, utilizando directamente agua de mar, así como agua de mar artificial, siendo ampliable su uso a otros fluidos. Puede emplearse con un amplio margen de condiciones de iluminación, temperaturas y agitación, permitiendo realizar ensayos con valores reducidos de tensión cortante. Además, dispone de circulación constante de fluido, sistema de agitación, iluminación y temperatura del fluido controladas.

Ejemplo

A continuación se muestra un ejemplo concreto de realización de la invención. que ha sido utilizado para evaluar el funcionamiento del reactor. En él se han realizado ensayos de distintos tipos de materiales (aceros maderas, polímeros, ...) y revestimientos (pinturas. revestimientos meta licos...). Este prototipo se ha construido y probado con las dimensiones y parámetros de funcionamiento expuestos a continuación, y ha proporcionado resultados equiparables a ensayos realizados con los mismos materiales en probetas instaladas en muelles y bateas flotantes.

El fluido ensayado es agua de mar, y lo que se ha pretendido medir en este ensayo es:

- Desprendimiento del recubrimiento.

5 - Masa del biofouling adherido a la superficie, y su acumulación.

- Velocidad de formación del biofouling en los revestimientos.

- Presencia de corrosión en el material de la probeta.

10

- En resumen la resistencia a la formación de biofouling que presentan distintos revestimientos, y formulaciones de pinturas antifouling

15 El reactor comprende un depósito cilíndrico abierto por su parte superior, y realizado en libra de vidrio, con varias capas de recubrimiento que le proporcionan rigidez y un espesor de 7 mm. Este depósito se ha construido con 700 mm de altura total y con 650 mm de altura de agua lo que representa un volumen total de 1980 litros y un volumen útil de 1840 litros.

20 El depósito cilíndrico presenta una abertura de entrada para la introducción del agua de ensayo en un lateral cerca de la base del depósito cilíndrico, tal que durante la realización del ensayo una tubería de alimentación se introduce en la abertura de entrada. estando el tramo final de la tubería de alimentación y la abertura de entrada en sentido tangencial con respecto al depósito.

25

Con objeto de mantener una renovación adecuada del agua que facilite el crecimiento del *biofouling* en condiciones lo mas próximas posibles a las del medio ambiente natural. se han utilizado unos caudales de alimentación de entre 7 y 20 l/min para este tamaño del reactor. Con estos caudales los resultados han resultado óptimos y equiparables a
30 ensayos realizados con los mismos materiales en entorno natural. Estos límites de velocidad son los que se han utilizado para ensayos estáticos (límite inferior) o hidrodinámicos (límite superior). No obstante, se pueden utilizar otros caudales en función de los ensayos que se prevea realizar.

35 Con el caudal mínimo recomendado (7 l/min) el movimiento del agua de este reactor es depreciable. Con el caudal máximo utilizado (20 l/min) se ha instalado una tobera para aumentar la velocidad del fluido en entrada al reactor, la cual ha logrado proporcionar un movimiento circular a la masa líquida, obteniéndose un valor medio de 30 cm/s. del agua en la superficie del reactor.

40

El reactor comprende además un intercambiador de calor situado en la tubería de alimentación, fuera del depósito. de modo que durante la realización del ensayo el fluido entra en el reactor con la temperatura deseada. Es decir, dicho intercambiador de calor está configurado para mantener constante la temperatura del fluido de entrada al
45 depósito del reactor, y de este modo mantener controlado este parámetro entre los 10°C y 30°C. Debido al carácter de los ensayos a realizar no se ha considerado necesario aumentar el rango de temperaturas de trabajo posibles.

50 El depósito cilíndrico presenta además una abertura de salida para la evacuación del fluido de ensayo por gravedad, estando dicha abertura de salida en la base y en el centro del depósito para evitar interferencias con el resto de los elementos. Una tubería de

rebose atraviesa dicha abertura de salida. y el extremo superior de dicha tubería de rebose se encuentra conectada a un rebosadero que recoge el agua de la superficie y lo descarga al exterior. De esta forma durante el funcionamiento del reactor, cuando el fluido supera un cierto nivel. el fluido pasa a través del rebosadero, y por ende a través de la tubería de rebose, estando por tanto el conjunto rebosadero + tubería de rebose +

5

abertura de salida configurados para permitir la salida del fluido del depósito cilíndrico.

Además, y para evitar problemas de obstrucción del rebosadero con materia orgánica suspendida en el seno del agua, el rebosadero comprende unos filtros de malla con orificios de aproximadamente 1 mm de paso.

10

El reactor comprende además un circuito de vaciado, conformado por una abertura de vaciado y una tubería de vaciado. que permite vaciar manualmente el reactor.

15

Las tuberías de entrada y vaciado presentan 25 mm de diámetro y la tubería de rebose 90 mm. Las tuberías de alimentación y de vaciado están conectadas al circuito hidráulico con válvulas de cierre rápido.

20

El depósito cilíndrico comprende en su borde exterior superior un reborde orientado hacia el exterior del depósito, configurado para proporcionar suficiente rigidez al depósito del reactor y evitar deformaciones.

25

El interior del depósito cilíndrico comprende una estructura portaprobetas extraíble, de sección esbelta, configurada para realizar las labores de portaprobetas de los materiales o revestimientos a ensayar, y facilitar por una parte el montaje y desmontaje de las probetas y por otra parte la circulación del agua a su alrededor. Esta estructura portaprobetas es de P.V.C, de forma que resulta más ligero, y comprende dos llantas portaprobetas circulares y un soporte. Durante el ensayo, el nivel del agua cubre completamente la estructura portaprobetas.

30

Las dos llantas de P.V.C son paralelas. de dimensiones 60 X 7 mm, forman una circunferencia de 1,6 m de diámetro, y presentan una pluralidad de orificios de 10 mm en su línea central con el objetivo de sujetar las probetas a ensayar. Las llantas se mantienen separadas entre sí y al mismo tiempo del fondo, por medio de un soporte conformado con tubos de P.V.C. de 50 mm de diámetro, tal que cada tubo de P.V.C está unido a las dos llantas y dispuesto perpendicularmente al eje longitudinal de las mismas. Con objeto de aumentar la rigidez del soporte, el reactor comprende además refuerzos horizontales unidos a los tubos de P.V.C y a un anillo interior situado en la posición central del reactor, concéntrico con la tubería de rebose. Dicho anillo interior tiene un diámetro de 200 mm para permitir introducir el tubo de rebose a través de él.

35

40

El soporte de P.V.C se ha provisto de unas patas del mismo material que los elementos que forman el portaprobetas, de modo que las llantas de soporte se sitúan al menos a 270 y 640 milímetros del fondo. De esta forma las probetas están completamente sumergidas y separadas del fondo.

45

En esta realización se ha utilizado una estructura portaprobetas de P.V.C, por lo debido a que la flotabilidad es positiva, se ha optado por colocar las probetas con los materiales a ensayar en posiciones diametralmente opuestas, compensando los pesos y de esta forma su flotabilidad.

50

Para producir el batimiento del agua y favorecer el movimiento del agua por la superficie de las probetas. el reactor de la invención comprende un agitador con dos paletas accionado por un motor eléctrico con reductora, para producir movimiento del fluido.

5 El reactor de la invención comprende un sistema de iluminación regulable, tal que es posible variar la intensidad de iluminación, longitud de onda, tiempos de iluminación y otros parámetros afectados por el tipo de lámpara a instalar y el ensayo a realizar, evaluando así su influencia. El sistema de iluminación está situado en la parte superior del reactor, tal que proporciona una iluminación adecuada, en un espectro e intensidad
10 similares a las reales al del entorno del ensayo que se desea recrear.

En esta realización particular, se utiliza "luz actínica" suministrada por tubos tipo fluorescentes (luminarias), cuyo espectro lumínico se asemeja al espectro solar y cuya longitud de onda está comprendida entre 400 y 480 nm, lo que estimula el crecimiento de
15 las zooxantelas y favorece la fotosíntesis. Para este tamaño de reactor ha sido suficiente con instalar 4 pantallas con dos tubos de 36 W cada tubo, obteniéndose de este modo 2000 lux medidos a 10 cm sobre la superficie del agua con un luxómetro, similar al valor medio de las medidas tomadas en el exterior de las instalaciones y al borde del mar.

20 Además, el sistema de iluminación comprende un soporte de luminarias configurado para unir la pluralidad de luminarias 18A, 28A entre sí y al techo, mediante cables de acero trenzado de suficiente resistencia para soportar el sistema de iluminación, lo que permite retirar las luminarias fácil y rápidamente, así como variar la distancia de las luminarias al reactor sin dificultad
25

En esta realización concreta el reactor de la invención se utiliza como reactor de crecimiento para el estudio de *biofouling* sobre estructuras artificiales con agua de mar. y se alimenta directamente de agua de mar con su correspondiente circuito hidráulico. Por ello, el reactor incluye en dicho circuito hidráulico, un tanque de compensación que
30 efectúa las funciones de acumulación para evitar golpes de ariete en el circuito, para permitir un adecuado filtrado, así como para asegurar un caudal constante y controlado al reactor, con bombas de circulación independientes de las bombas primarias de suministro de agua de mar, y de menor caudal. Este tanque de compensación dispone de un rebosadero que elimina el exceso de caudal de las bombas de suministro primarias.
35

El reactor de la invención permite favorecer y monitorizar el crecimiento de todo tipo de biofouling, tanto en agua salada o dulce, como en otro tipo de fluido con el que se produzca crecimiento biológico. Su virtud como reactor de crecimiento de biofouling es que permite recrear las condiciones de exposición naturales pero en condiciones controladas de laboratorio, es decir, eliminando las posibles perturbaciones
40 extraordinarias que puedan desvirtuar el análisis del comportamiento de un material determinado frente a la colonización por materia viva en contacto con fluidos. Sus ventajas son:

45 - El acceso y el control de las probetas es sencillo.

- Se pueden mantener las mismas condiciones físicas (temperatura. caudal, velocidad, iluminación....) a varias series temporales de probetas por lo que se pueden comparar los resultados obtenidos cuantitativamente.
50

- Se pueden modificar variables individualmente para comprobar su efecto o forzar periodos de crecimiento. Por ejemplo variando los períodos de iluminación y/o su intensidad (en distintas partes del planeta la iluminaciones diferente).
- 5 - No está sometido al efecto de las inclemencias meteorológicas puntuales (temporales) que puedan eliminar parte de la película formada, desvirtuando en el estudio el efecto del recubrimiento que quedaría sometido a la existencia o no de mal tiempo.

REIVINDICACIONES

1. Reactor para el crecimiento de bioincrustación, configurado para reproducir diferentes entornos en condiciones controladas de laboratorio mediante la variación de diferentes parámetros, tal que permite ensayar probetas (16A, 26A, 36A, 56A) de diferentes materiales, diferentes acabados superficiales y rugosidades, diferentes recubrimientos superficiales y diferentes elementos con toxicidad sobre bioincrustación embebidos en distintos recubrimientos, que comprende:
- 5
- 10 - un depósito (10, 20, 30) de material inerte y con una rigidez tal que no se deforma de modo apreciable durante su uso, abierto por su parte superior y configurado para albergar en su interior diversos tipos de fluidos para su ensayo;
- 15 - al menos una abertura de entrada situada en el depósito (10, 20, 30). configurada para la introducción del fluido de ensayo al depósito (10, 20, 30), tal que durante la realización del ensayo una tubería de alimentación (11, 21, 31) se introduce en la abertura de entrada;
- 20 - un intercambiador de calor (12, 22) situado en la tubería de alimentación (11, 21, 31), fuera del depósito (10, 20, 30), de modo que durante la realización del ensayo el fluido entra en el reactor con la temperatura deseada, ya que dicho intercambiador de calor (12. 22) está configurado para mantener constante la temperatura del fluido de entrada al depósito (10, 20, 30) del reactor;
- 25 - al menos una abertura de salida situada en el depósito (10, 20, 30), configurada para la evacuación del fluido de ensayo por gravedad;
- 30 - una tubería de rebose (13A, 23A, 33A) de material inerte y con una rigidez tal que no se deforma de modo apreciable durante su uso, situada tal que uno de sus extremos atraviesa la abertura de salida. y su extremo restante se encuentra conectado a un rebosadero (13B, 23B, 33B) configurado para recoger el fluido sobrante de la superficie y descargarlo al exterior, tal que durante el funcionamiento del reactor, cuando el fluido supera un cierto nivel, el fluido pasa a través del rebosadero (13B, 23B, 33B), y por ende a través de la tubería de rebose (13A, 23A, 33A), estando por tanto el circuito de rebose
- 35 - rebosadero (13B, 23B, 33B), tubería de rebose (13A, 23A, 33A) y abertura de salida- configurado para permitir la salida del fluido del depósito (10, 20, 30), manteniendo el nivel del fluido en el interior del depósito (10, 20, 30) y permitiendo una renovación constante del fluido sin cambios en su nivel;
- 40 - al menos una abertura de vaciado situada en el depósito (10, 20, 30), configurada para vaciar manualmente el reactor, tal que durante la realización del ensayo una tubería de vaciado (14, 24, 34) se introduce en la abertura de vaciado;
- 45 - una estructura portaprobetas (16, 26, 36) de material inerte y con una rigidez tal que no se deforma de modo apreciable durante su uso, situada en el interior del depósito (10, 20, 30), y configurada para realizar las labores de portaprobetas (16A, 26A, 36A, 56A) de los materiales o revestimientos a ensayar, y facilitar por una parte el montaje y desmontaje de las probetas (16A, 26A, 36A, 56A) y por otra parte la circulación del fluido a su alrededor, tal que durante el ensayo, las probetas (16A, 26A, 36A, 56A) permanecen
- 50 sujetas firmemente a dicha estructura portaprobetas (16, 26, 36), completamente sumergidas en el fluido del ensayo y separadas del fondo del depósito (10, 20, 30);

- un agitador de paletas (17, 27, 37) configurado para producir el batimiento del fluido y favorecer el movimiento del fluido por la superficie de las probetas (16A, 26A, 36A, 56A);
- 5 - un sistema de iluminación (18, 28) regulable, configurado para variar diversos parámetros, tales como la intensidad de iluminación, la longitud de onda o los tiempos de iluminación, situado en la parte superior del reactor, tal que proporciona una iluminación adecuada, uniforme y en un espectro e intensidad similares a las reales al del entorno del ensayo que se desea recrear, y que comprende una pluralidad de luminarias (18A, 28A) y un soporte de luminarias (18B, 28B) configurado para unir la pluralidad de luminarias
10 (18A, 28A) entre sí y a una estructura fija o móvil.
- 2. El reactor de la reivindicación anterior, donde el depósito (10, 20, 30) es cilíndrico, de forma que el movimiento del fluido es similar a lo largo de todo su contorno.
- 15 3. El reactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la abertura de entrada se sitúa en un lateral de la parte inferior del depósito (10, 20, 30), y donde la abertura de salida se sitúa en la base y en el centro del depósito (10, 20, 30) para evitar interferencias con el resto de los elementos.
- 20 4. El reactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el último tramo de la tubería de alimentación (11, 21, 31) y la abertura de entrada están en sentido tangencial con respecto al depósito (10, 20, 30), de tal forma que se facilita la entrada de fluido tangencial mente al depósito (10, 20, 30), y donde las tuberías de alimentación (11, 21, 31) y de rebose (13A, 23A, 33A) se conectan a la red hidráulica con válvulas de cierre
25 rápido.
- 5. El reactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la entrada de fluido en el depósito (10, 20, 30) es por medio de una tobera situada en la entrada al depósito (10, 20, 30) del fluido de alimentación, y está configurada para aumentar la velocidad de
30 entrada del fluido al depósito (10, 20, 30), produciendo un movimiento circular a la masa líquida.
- 6. El reactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se sitúa en el rebosadero (13B, 23B, 33B) al menos un filtro de malla configurado para evitar problemas
35 de obstrucción del rebosadero (13B, 23B, 33B) con materia orgánica suspendida en el seno del fluido.
- 7. El reactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicho reactor se utiliza como reactor de crecimiento para el estudio de bioincrustación sobre estructuras
40 artificiales con agua de mar, y se alimenta directamente de agua de mar con su correspondiente circuito hidráulico, y comprende además en dicho circuito hidráulico, un tanque de compensación con rebosadero que efectúa las funciones de acumulación y está configurado para evitar golpes de ariete en el circuito, para realizar un adecuado filtrado, así como para asegurar un caudal constante y controlado al reactor, con bombas
45 de circulación independientes de las bombas primarias de suministro de agua de mar. y de menor caudal.
- 8. El reactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el depósito (10, 20, 30) comprende en su borde exterior superior un reborde (15, 25, 35), configurado para
50 proporcionar suficiente rigidez al depósito (10, 20, 30) del reactor y evitar deformaciones.

9. El reactor de la reivindicación anterior, donde dicho reborde (15, 25, 35) es hacia el exterior del depósito (10, 20, 30).

5 10. El reactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la estructura portaprobetas (16, 26, 36) es extraíble y comprende refuerzos de sección esbelta para no interferir apreciablemente en la circulación del fluido alrededor de las probetas (16A, 26A, 36A, 56A).

10 11. El reactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la estructura portaprobetas (16, 26, 36) comprende al menos una llanta portaprobetas circular y un soporte (46D, 56D) configurado para mantener las llantas portaprobetas (46B, 56B) separadas entre sí y del fondo.

15 12. El reactor de la reivindicación anterior, donde la estructura portaprobetas (16, 26, 36) comprende dos llantas portaprobetas (46B, 56B) circulares, separadas entre sí y al mismo tiempo del fondo, paralelas y a distintas alturas, tal que ambas llantas portaprobetas (46B, 56B) comprenden una pluralidad de orificios (46C, 56C) en su línea central con el objetivo de sujetar las probetas (16A, 26A, 36A, 56A) a ensayar, donde el soporte (46D, 56D) está conformado con tubos, tal que cada tubo está unido a las llantas portaprobetas (46B, 56B) y dispuesto perpendicularmente al eje longitudinal de las mismas, donde el soporte (46D, 56D) presenta unos refuerzos horizontales unidos a los tubos y a un anillo interior (46E, 56E) situado en la posición central del reactor, concéntrico con la tubería de rebose (13A, 23A, 33A) tal que dicho anillo interior (46E, 20 56E) está configurado para permitir su introducción a través de la tubería de rebose (13A, 23A, 33A), y donde el soporte (46D, 56D) está provisto de unas patas (46F), de modo que las probetas (16A, 26A, 36A, 56A) están completamente sumergidas y separadas del fondo.

30 13. El reactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el agitador de paletas (17, 27, 37) es un agitador con dos paletas accionado por un motor eléctrico con reductora (17B, 27B, 37B).

35 14. El reactor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sistema de iluminación (18, 28) se encuentra suspendido en el techo con cables de acero trenzado de suficiente resistencia para soportar el sistema de iluminación (18, 28), y donde la pluralidad de luminarias (18A, 28A) son tubos fluorescentes y se fijan al soporte de luminarias (18B, 28B) mediante tornillería de acero inoxidable por su parte inferior.

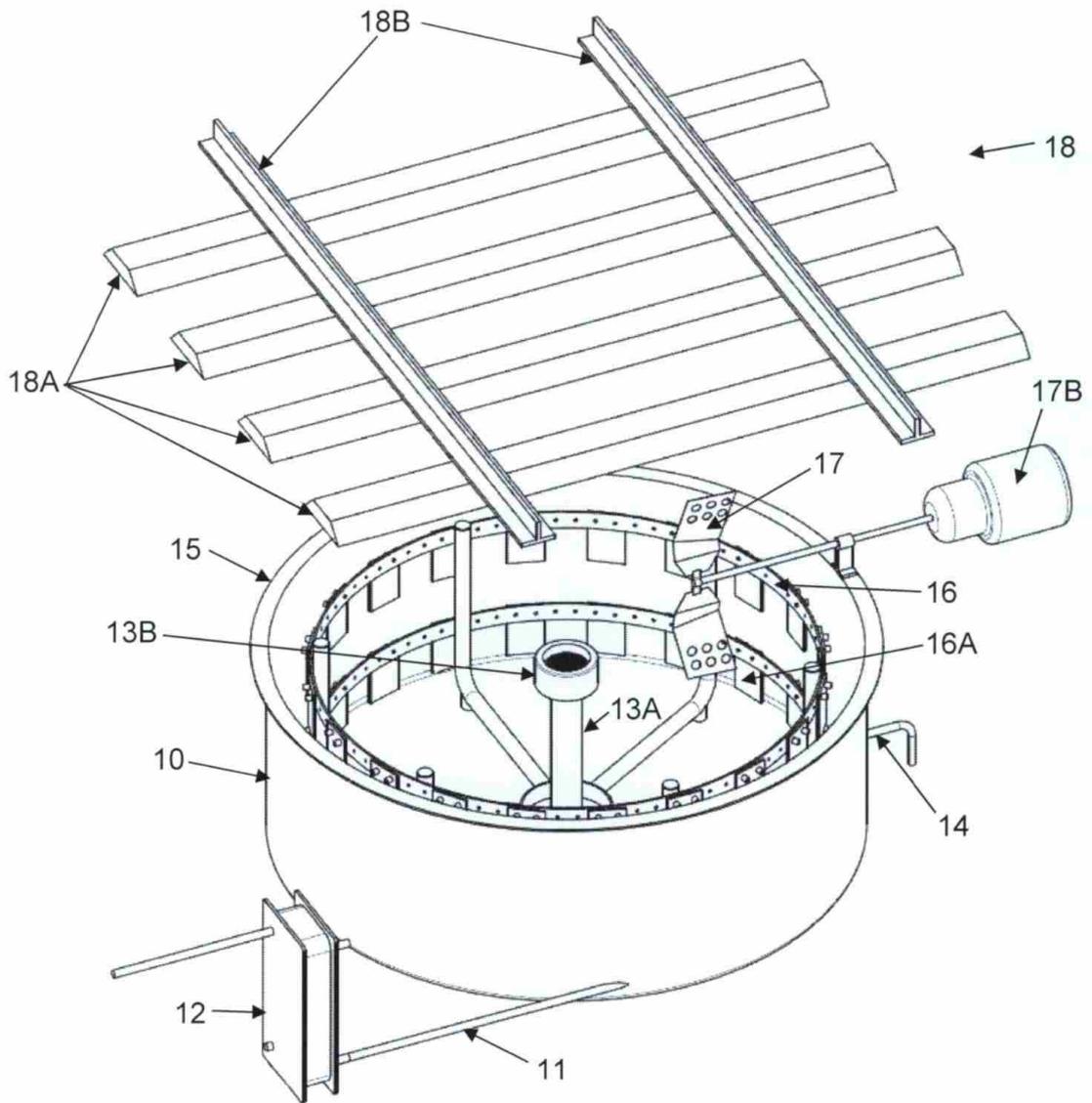


FIGURA 1

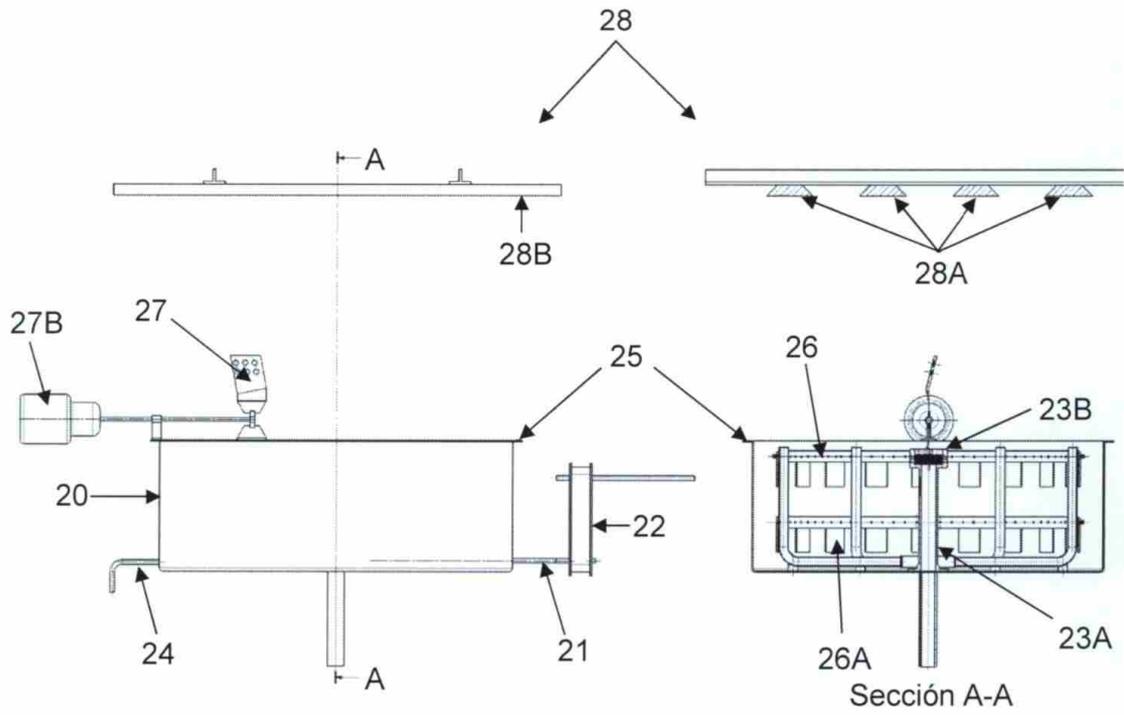


FIGURA 2

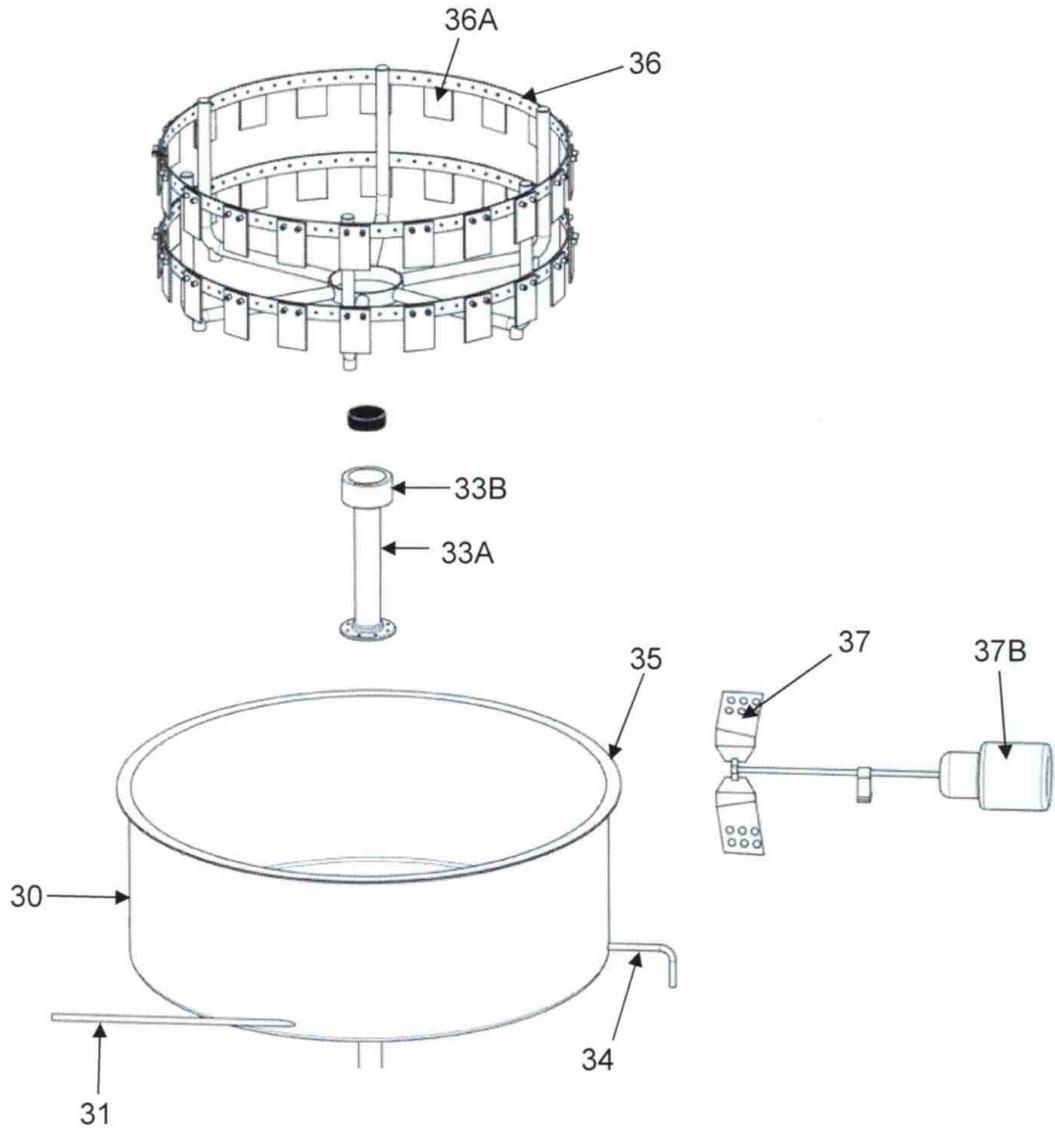


FIGURA 3

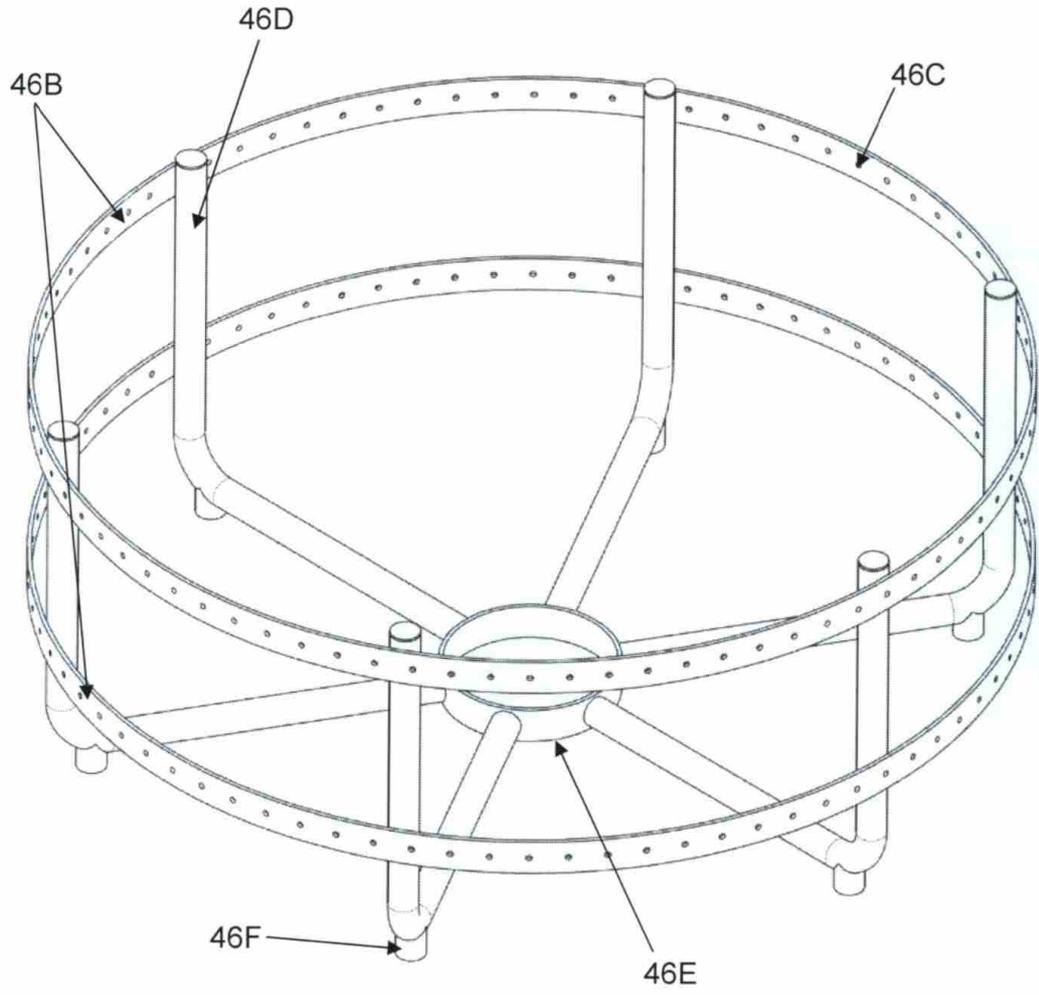


FIGURA 4

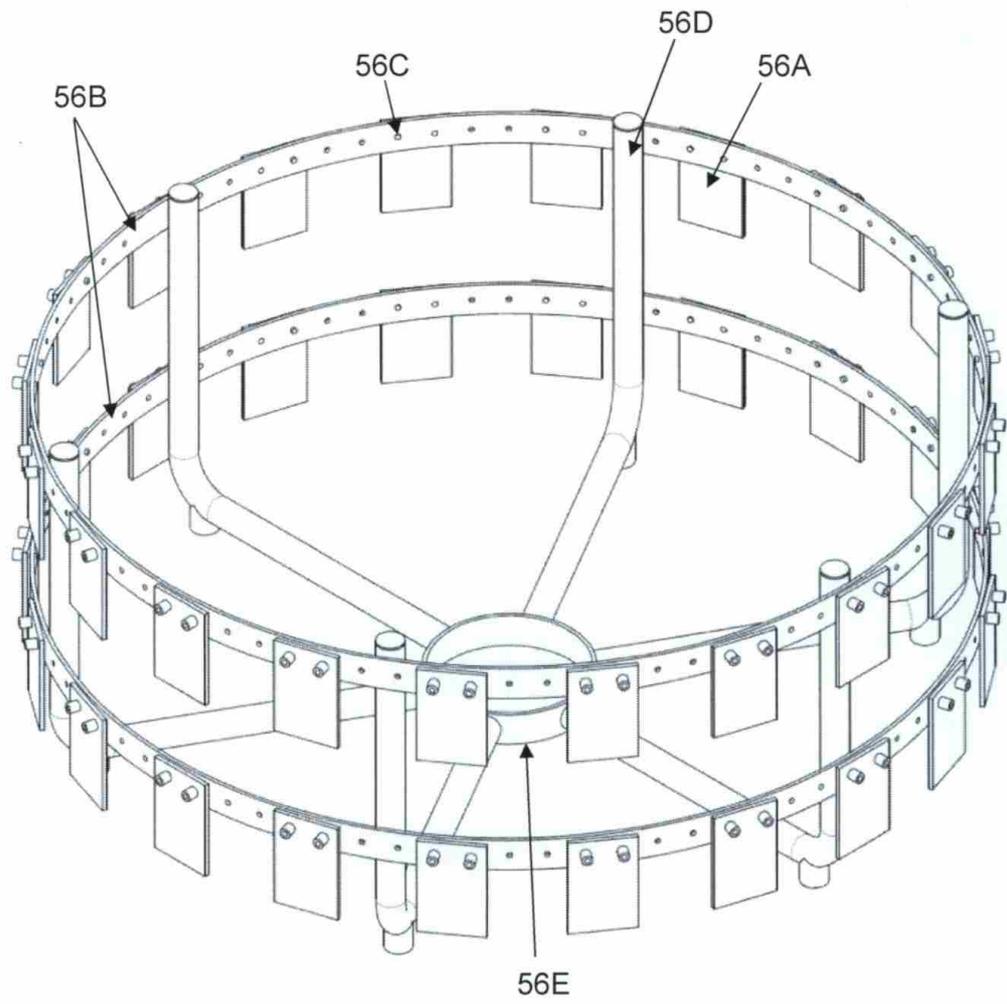


FIGURA 5



- ②¹ N.º solicitud: 201600942
 ②² Fecha de presentación de la solicitud: 03.11.2016
 ③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤¹ Int. Cl.: **G01N17/00** (2006.01)
G01N17/02 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	CN 201583534U U (UNIV DALIAN FISHERIES) 15/09/2010, Resumen WPI; resumen Epodoc; figuras 1-2; traducción de todo el documento.	1-14
A	CN 104251813 A (JIANGYIN CITY PRODUCT QUALITY SUPERVISION AND INSPECTION) 31/12/2014, reivindicación 3; figuras 1-3; resumen WPI y Epodoc.	1-14
A	EP 1522842 A1 (SYMRISE GMBH & CO KG) 13/04/2005, figuras 1a-2; párrafos 12-22	1-14
A	US 2006016250 A1 (SWAIN GEOFFREY et al.) 26/01/2006, Todo el documento.	1-14
A	CN 102937565 A (ANGANG STEEL CO LTD) 20/02/2013, Todo el documento.	1-14

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
08.02.2017

Examinador
C. Rodríguez Tornos

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 08.02.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-14	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-14	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	CN 201583534U U (UNIV DALIAN FISHERIES)	15.09.2010
D02	CN 104251813 A (JIANGYIN CITY PRODUCT QUALITY SUPERVISION AND INSPECTION)	31.12.2014
D03	EP 1522842 A1 (SYMRISE GMBH & CO KG)	13.04.2005
D04	US 2006016250 A1 (SWAIN GEOFFREY et al.)	26.01.2006
D05	CN 102937565 A (ANGANG STEEL CO LTD)	20.02.2013

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

D01 divulga un depósito (3) para ensayo de probetas en un entorno marino con crecimiento de bioincrustación que posee: un sistema de iluminación (4) en la parte superior que comprende una pluralidad de luminarias (18) y un soporte (12) configurado para unir la pluralidad de luminarias entre sí y a una estructura; una entrada para agua de mar (6) por la parte inferior y una salida (7) por la parte superior ; un agitador (13); una estructura portaprobetas situada en el interior del depósito y separada del fondo del depósito (14,15). El contenedor tiene forma cilíndrica y está fabricado en un material resistente a la erosión y transparente como vidrio orgánico. El pedestal (1) y el soporte (2) están fabricados en acero inoxidable resistente a la erosión.

Las principales características técnicas de las reivindicaciones 1,2,7 se encuentran divulgadas en D01. Aunque no se encuentra explícitamente divulgado en D01 un intercambiador de calor para calentar el fluido de entrada, se trataría de una opción de diseño que un experto en la materia emplearía en el dispositivo divulgado en D01, si fuese necesario para la experimentación acondicionar la temperatura del fluido a la entrada. Por todo lo anterior las reivindicaciones 1,2 y 7 carecen de actividad inventiva a la luz de D01.

Las características técnicas de las reivindicaciones 3-6, 8-10,13-14, con su correspondiente efecto técnico, son cuestiones de diseño u obvias para el experto en la materia, que o bien ya son conocidas del estado de la técnica (D1-D5) o un experto en la materia las pondría en práctica sobre el dispositivo divulgado en D01 para lograr el efecto técnico esperado, sin el ejercicio de actividad inventiva.

La estructura portaprobetas divulgada en D01 permite la sujeción de muestras a diferentes alturas y separadas del fondo, la principal diferencia con la estructura portaprobetas reivindicada en 11-12, radica en el diseño de la misma, ya que la reivindicada posee un soporte con unos refuerzos longitudinales unidos a los tubos que sujetan las llantas portaprobetas y a un anillo interior situado en posición central del contenedor.

Un diseño portaprobetas del tipo al reivindicado queda divulgado en D02 (reivindicación 3 figuras 2,3) en el que se divulga un equipo de ensayo cilíndrico que posee un soporte portamuestras formado por una llanta superior(2.1), una inferior (2.2) y un soporte de unión entre ellas (2.3), la llanta superior posee múltiples agujeros portamuestras (2.4) alrededor de la llanta que se sujetan con un tornillo de ajuste (2.5), la llanta inferior también incluye agujeros para la colocación de muestras. Por tanto parece obvio para un experto en la materia recurrir a un portamuestras con un diseño cilíndrico para un reactor cilíndrico de forma que las muestras se coloquen en vertical y alrededor de todo el soporte. No se aprecia por tanto actividad inventiva en el diseño del soporte reivindicado a la luz del estado de la técnica conocido.

Otro diseño de llantas portaprobetas circulares, separadas entre sí y al mismo tiempo del fondo, paralelas y a distintas alturas para la sujeción de muestras queda divulgado en D03.

En conclusión las reivindicaciones 1-14 carecen de actividad inventiva a la luz del estado de la técnica conocido (artículo 8 de la Ley 11/1986 de patentes).