

16 MAR 1974



426345

P.- 57.449

SJ 5451  
U.S.Ser.No. 113.521  
Douglas Lynne Hammond  
Div. (METHOD)

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION en ESPAÑA por 20 años

a nombre de FMC CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en 1105 Coleman Avenue, San José, California,  
Estados Unidos de América

por: "UN METODO PARA ATENUAR LAS OLAS EN EL AGUA"

(Clase Internacional E02b)

BAD ORIGINAL



16

Este invento se refiere a la atenuación de olas en el agua, y al control y a la utilización de los movimientos del agua inducidos por las olas. Más en particular, este invento se refiere a estructuras similares a álabes que se sitúan en la superficie del agua o por debajo de ésta, en la trayectoria de tales olas, para disminuir su altura, su velocidad y su periodo, y a estructuras para alterar los movimientos naturales en el agua inducidos por las olas para producir selectivamente varios tipos de fenómenos reactivos e hidrodinámicos que pueden ser empleados para efectuar trabajo útil, tal como el de contener y recoger petróleo derramado, dispersar aguas contaminadas por descargas de centrales térmicas, de productos químicos o de aguas negras, y generar energía eléctrica o hidráulica.

Como es de sobra conocido de la técnica anterior, se han propuesto una gran diversidad de tajamares o rompeolas y dispositivos asociados para disminuir la altura de las olas en el océano y en otras masas de agua, para establecer un área de relativa calma para la protección de playas e instalaciones en la costa, puertos para pequeños barcos, fondeaderos, canales, y entradas a puertos y a ríos, y operaciones e instalaciones para dragados, trabajos de mine-



ría y perforaciones para la obtención de petróleo y de gas aguas adentro. Las fuerzas ejercidas por las grandes olas pueden ser enormes, frecuentemente de magnitud suficiente para dañar gravemente, e incluso destruir, esas estructuras protectoras, y se han realizado muchas investigaciones, por muchas autoridades reconocidas en la materia, orientadas hacia una mejor comprensión de la constitución de una ola y del modo en que pueden controlarse sus fuerzas. Como consecuencia, es ahora sabido que la mayor parte de las olas en el agua surgen como deformaciones inducidas por el viento producidas sobre la superficie de ese fluido muy plástico pero esencialmente estacionario, y esa acción del viento crea un tren de ondulaciones que se desplazan en la dirección del viento. Debajo de la superficie, sin embargo, la propia masa de agua simplemente cede localizadamente en una trayectoria orbital en general circular, centrada alrededor de un eje de referencia relativamente estacionario. Despreciando la posible presencia de corrientes, las cuales no están asociadas con este fenómeno, las olas en aguas profundas no producen ni requieren transporte alguno neto de fluido.

En consecuencia, desde los primeros intentos



para combatir estas fuerzas con escolleras de piedra o de otros materiales sólidos descansando sobre el fondo del océano y extendiéndose por encima de la superficie del agua, los esfuerzos realizados en este campo han sido causa de que se desarrollen complicados dispositivos con partes móviles asociadas de formas intrincadas, para adaptarse a los tamaños y configuraciones de las olas. Aunque la bibliografía está repleta de ejemplos de estos intentos para superar estos problemas, pocos han llegado a ser satisfactorios en grado suficiente para aconsejar su uso, y, en la medida de nuestros conocimientos, ninguno ha resultado completamente satisfactorio en todos los aspectos, incluidos los de resistencia, coste inicial, mantenimiento y versatilidad.

Otro problema asociado es el de la contaminación de masas de agua por contaminantes descargados en el agua desde diversas fuentes, tales como los efluentes de aguas residuales, aguas de desecho calientes y otros líquidos procedentes de centrales de vapor de agua o atómicas, de refinerías de petróleo, de instalaciones químicas, etc., crudos de petróleo procedentes de barcos petroleros y de pozos de petróleo situados aguas adentro, y desperdicios descargados desde los barcos y las embarcaciones de recreo integrados en



una flota cada vez más numerosa. La ocurrencia de estos casos tan poco deseables ha sido causa de graves preocupaciones en todo el mundo, en particular en las áreas densamente pobladas adyacentes a playas, puertos y otros emplazamientos enfrentados al océano, y en otras masas de agua donde se producen contaminaciones, y donde esos contaminantes tienden a acumularse y a permanecer debido a la natural actividad de las olas y de las corrientes que circulan hacia esos emplazamientos. A la vista de la escasa probabilidad de que se logre que cesen por completo estas prácticas, se han realizado, y se están realizando, grandes esfuerzos dirigidos hacia el desarrollo de métodos y dispositivos para contener y recoger los contaminantes que flotan y para dispersar los demás. Hasta ahora, sin embargo, ninguno de los sistemas o procedimientos conocidos ha resultado completamente satisfactorio.

20 Todavía otro problema asociado con las olas y las corrientes en las masas de agua es el de la erosión y el movimiento en sentido de la costa de las arenas de las playas (arrastré litoral), no deseables, en especial durante los meses de invierno más tormentosos. Este problema no solamente se traduce en el  
25 agotamiento o la pérdida de las playas naturales, sino



que además contribuye grandemente a la acumulación de arena y de otros sedimentos en los fondos de los canales, a lo largo de los espigones o muelles, y similares.

5                    Otro problema asociado con las olas y las corrientes en las masas de agua es el de la acumulación no deseable de arena y de otros sedimentos de fondo en canales, puertos y a lo largo de espigones o muelles que protegen las entradas a esas áreas. El modo tradicional de hacer frente a este problema consiste en dragar periódicamente el material que produce la obstrucción, operación que es costosa y exige tiempo, aunque es necesaria si se quiere mantener la navegación. Este problema resulta especialmente delicado y costoso cuando las operaciones de dragado deben ser efectuadas de un modo prácticamente continuo, debido a las constantes corrientes adversas que originan migración del material del fondo.

10

15

20                    Considerado en sus líneas generales, el presente invento supone el empleo de una serie de estructuras curvadas similares a álabes situadas a través de la trayectoria de las olas que inciden, para reducir su altura, su velocidad y su periodo, y para cambiar los movimientos del agua inducidos por las olas, apartándolos de su curso natural para crear corrientes de

25



agua y otros efectos hidrodinámicos útiles tales como de "bajos fondos" artificiales, cancelación parcial de cantidad de movimiento por inversión de fase, desviación de transporte de masas, reflejos de  
5 olas, y combinaciones de los mismos. Estas estructuras comprenden una pluralidad de álabes curvados rígidos espaciados entre sí en forma en cierto modo similar a un emparrillado, y están situados ya sea horizontalmente por debajo de la línea media del agua,  
10 o ya sea inclinados hacia arriba formando un ángulo con la parte superior expuesta por encima de la superficie del agua.

Con respecto a la primera posición, o posición por debajo de la superficie, los efectos hidrodinámicos combinados de esta estructura de álabes producen una reducción considerable en la altura, la velocidad y el periodo de las olas que inciden pasando  
15 sobre ella, y también los movimientos del agua inducidos por las olas son desviados de su curso orbital natural a una corriente relativamente recta, cuya dirección viene regulada por la curvatura y la actitud de los álabes por donde esa corriente emana desde la  
20 estructura. La posición segunda, o posición superficial de los álabes curvados, presenta una barrera dinámicamente activa a las olas que inciden y produce  
25



un agua en calma sustancialmente total en el lado de sotavento, mientras que el movimiento del agua por debajo de la superficie es reorientado en una corriente de la misma naturaleza general que la obtenida de la estructura sumergida totalmente.

Los álabes curvados pueden ser dispuestos en una diversidad de maneras para producir diferentes grados de atenuación de las olas, de dirección y magnitud de la corriente, y para la finalidad o función final para la cual se emplea la estructura. Por ejemplo, un conjunto simple de álabes curvados convenientemente, es decir, de una pluralidad de álabes dispuestos como en un emparrillado, puede utilizarse ya sea como una tajamar o rompeolas, o sea como un desviador de los movimientos del agua inducidos por las olas, y los conjuntos dobles son muy satisfactorios para producir una corriente intensa a partir de las fuerzas presentes colectivamente. Las corrientes producidas por las estructuras de este invento son de utilidad para muchos fines, entre los que se incluyen pero sin quedar limitados a ellos, la dispersión de aguas contaminadas por descargas químicas, de centrales térmicas, de aguas residuales, etc., el cambio de lugar del material del fondo para abrir y mantener canales de navegación y para conducir are-

18 MAR 1974



na de reposición para playas de un punto a otro, e incluso para la generación de energía eléctrica o hidráulica. Además de su función como rompeolas, las estructuras de este invento situadas en la superficie pueden también utilizarse como barrera dinámica contra el esparcimiento de contaminantes que floten, tales como de petróleo, de restos sólidos, etc., y en una forma de tal estructura de barrera se emplea además la energía de las olas para impulsar a modo de bomba el contaminante captado a un punto de recogida.

El tamaño de las estructuras de este invento se puede variar para adaptarlo a las necesidades particulares. La longitud de la ola media que se espera encontrar con más frecuencia se ha comprobado que es una guía o directriz muy satisfactoria para establecer el tamaño de la estructura. Por ejemplo, para uso en "olas de proyecto" de 60 metros, sería muy eficaz una estructura de una anchura de 15 metros, una altura de 3 metros y una longitud paralela a las olas incidentes de cualquier dimensión que se desee.

El invento incluye no solamente unidades o estructuras simples, sino también el empleo de una pluralidad de unidades enlazadas entre sí en una configuración de extremo con extremo, para proporcionar una



instalación extensa y continua de cualquier longitud que se desee, para lograr los efectos deseados. Las estructuras de este invento pueden soportarse mediante pilotes hincados en el fondo de la masa de agua, mediante pilares extensibles, o mediante depósitos flotantes u otros medios de flotación adecuados, juntamente con las provisiones normales del anclaje.

Los objetos y características del presente invento se comprenderán mejor de la descripción que sigue de los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Fig. 1 es una vista en perspectiva de un tipo fundamental de estructura de acuerdo con este invento, que comprende un conjunto simple de álabes curvados sujetos rígidamente en relación de espaciados mediante una pluralidad de tirantes transversales;

La Fig. 2 es un alzado lateral esquemático de la estructura de la Fig. 1, en que se ilustra la misma situada en una posición por debajo de la superficie, para disminuir la altura y la intensidad de las olas que inciden y generar una corriente dirigida aguas adentro moderada y relativamente somera;

La Fig. 3 es una vista similar a la de la Fig. 2, pero en la que se representa la estructura de la Fig. 1 situada como un rompeolas en la superficie para atenuar grandemente las olas que inciden y generar



una corriente que fluye en sentido contrario a esas olas;

La Fig. 4 es una vista en perspectiva de una versión modificada del dispositivo de álabes curvados de las Figs. 1-3, en la cual el último álabes se continúa hacia adelante por debajo de los álabes para conducir el agua que fluye desde entre los álabes hasta una salida que mira hacia adelante;

La Fig. 5 es una vista similar a la Fig. 2, en la que se ilustra una instalación por debajo de la superficie de la estructura de la Fig. 4;

La Fig. 6 es una vista similar a la de la Fig. 3, en la que se ilustra una instalación superficial de la estructura de la Fig. 4;

La Fig. 7 es una vista en perspectiva de una versión ligeramente modificada de la estructura de la Fig. 4, diseñada esta versión para uso por debajo de la superficie y teniendo su parte de salida de agua alargada y curvada para dirigir hacia abajo la corriente de retorno;

La Fig. 8 es una vista similar a la de la Fig. 5, en la que se ilustra una instalación de la estructura de la Fig. 7 por debajo de la superficie;

La Fig. 9 es una vista en perspectiva de una versión modificada de la estructura de la Fig. 7, dise-

16 MAYO 1974

ñada también esta versión para uso por debajo de la superficie, pero orientada en el sentido opuesto al del dispositivo de la Fig. 7;

5 La Fig. 10 es un alzado lateral esquemático de la estructura de la Fig. 9, situada en una posición por debajo de la superficie;

10 La Fig. 11 es una vista en perspectiva de otra versión modificada de la estructura de la Fig. 4, teniendo esta versión su parte de salida curvada para producir una corriente de retorno orientada hacia arriba cuando se instala el dispositivo en su posición superficial;

15 La Fig. 12 es un alzado lateral esquemático de la estructura de la Fig. 11, situada en su posición superficial;

20 La Fig. 13 es una vista en perspectiva de otra estructura que realiza los principios de este invento, diseñada esta estructura para uso en la superficie para contener y recoger los derrames de petróleo e impulsarlos a modo de bomba a un receptor, tal como a un barco o a una barcaza;

25 La Fig. 14 es un alzado lateral esquemático de la estructura de la Fig. 13, situada en una posición superficial;

La Fig. 15 es una vista en planta esquemá-



tica, en la que se ilustra una serie de las estructuras de la Fig. 13 conectadas entre si y a una barcaza receptora, para recoger petróleo derramado;

5 La Fig. 16 es una vista en perspectiva de todavía otra realización del presente invento, comprendiendo esta estructura un conjunto doble de álabes curvados para generar una corriente de retorno relativamente intensa;

10 La Fig. 17 es una vista en alzado lateral que ilustra esquemáticamente una instalación de la estructura de la Fig. 16 por debajo de la superficie;

15 La Fig. 18 es una vista en perspectiva de una versión modificada de la estructura de la Fig. 16, en la cual la parte de salida está provista de una pluralidad de lumbreras de salida en las cuales hay montados generadores de energía accionados por hélices;

La Fig. 19 es un alzado lateral esquemático de la estructura de la Fig. 18, situada en una posición por debajo de la superficie;

20 La Fig. 20 es una vista en perspectiva de otra versión de conjunto doble del presente invento, diseñada esta versión para producir dos corrientes dirigidas en sentidos opuestos;

25 La Fig. 21 es un alzado lateral esquemático de la estructura de la Fig. 20, situada en una posición



por debajo de la superficie;

La Fig. 22 es una representación esquemática de un corte vertical a través de una masa de agua con olas, que ilustra las plantas a diversas profundidades de los movimientos orbitales del agua inducidos por las olas;

La fig. 23 es una ilustración esquemática que correlaciona la relación entre los cuadrantes de fase de ola y los correspondientes vectores de movimiento del agua;

La Fig. 24 es una ilustración esquemática de una ola simple, periódica en aguas profundas, indicando sus características principales, incluido el cuadrante de fase relativa de la ola y su relación respecto a su altura;

La Fig. 25 es una representación esquemática de un conjunto simple de álabes curvados en una posición por debajo de la superficie, indicando con vectores su propiedad de movimiento bidireccional del agua;

La Fig. 26 es una vista similar a la de la Fig. 25, pero en la que se ilustran álabes curvados sesgados con propiedades unidireccionales;

La Fig. 27 es una vista similar a la de la Fig. 26, en la que se ilustran álabes curvados sesgados orientados hacia arriba de propiedades unidireccionales;



La Fig. 28 es una vista en planta esquemática, en la que se muestran varias disposiciones de la estructura de álabes curvados para diferentes fines;

5 La Fig. 29 es una vista similar a la de la Fig. 4, a escala reducida, en la que se ilustra una estructura muy similar a la de la Fig. 4 pero que tiene una placa de conducción o fondo flexible;

10 La Fig. 30 es una vista similar a la de la Fig. 29, en la que se ilustra una versión modificada del sistema de suspensión para la placa de conducción flexible; y

15 La Fig. 31 es un alzado lateral esquemático de una estructura similar a la de las Figs. 4-6 y situada en una posición por debajo de la superficie, en la que se ilustra el principio de espaciamiento y dimensionado no uniformes de los álabes;

20 En las Figs. 1-3 se ilustra un estilo fundamental de estructura 30 de álabes curvados que realiza los principios de este invento, con los álabes 32 dispuestos en un conjunto simple y sujetos rígidamente en posición de espaciados y paralelos mediante una pluralidad de paneles 34 de arriostramiento. Los álabes 32 están curvados transversalmente de modo que su parte de borde  
25 delantero o de ataque 32a está dirigida en general hacia



arriba y hacia las olas 36 que inciden, cuando la estructura está correctamente situada en una posición por debajo de la superficie (Fig. 2) a través de la trayectoria de las olas, es decir, con la dimensión longitudinal de los álabes en general perpendicular a la trayectoria, y cuando están en esa posición las partes de borde trasero o de salida de los álabes 32b están dirigidas hacia abajo y hacia las olas. Esta curvatura y actitud de los álabes facilitan la captación del agua que ha sido inducida a moverse en una trayectoria 38 (como la indicada por las flechas) por la ola 36 que incide al pasar sobre la estructura 30, y la subsiguiente descarga de ese agua como una corriente 40 de retorno o dirigida aguas adentro.

Cuando la estructura 30 de álabes curvados está en la posición por debajo de la superficie indicada en la Fig. 2, la cual está de preferencia situada por debajo de la línea media del agua, aproximadamente a  $1\frac{1}{2}$  veces la altura de la ola que incide, el paso de las olas que inciden sobre ella induce una corriente 42 moderada y relativamente somera de sentido contrario al de las olas, y esa contracorriente 42 se combina con la principal 40 para efectuar colectivamente un retardo de la velocidad de las olas. Cuan



do está en esa posición, la estructura 30 atenúa también la altura de las olas que inciden al pasar sobre ella, por un factor de aproximadamente  $2 \frac{1}{2}$ , es decir, que la altura de las olas atenuadas es de aproximadamente  $\frac{2}{5}$  la de las olas que inciden sin perturbación, o bien, en otras palabras, que una ola que incida de 1,5 metros es reducida a una ola atenuada de 0,6 metros.

Cuando esa estructura 30 de álabes curvados está situada en su posición superficial representada en la Fig. 3, es decir, angularmente con su parte trasera por encima y su parte delantera por debajo de la línea media del agua, es de una eficacia notable para atenuar las olas que inciden, para producir un lado de sotavento con escasa actividad de olas. En esta posición, la estructura 30 induce además una contracorriente 46 que se une al flujo 48 procedente de los álabes 32, constituyendo los dos juntos una corriente moderada de retorno o dirigida aguas adentro 50, que fluye en sentido contrario al de las olas y hacia la superficie del agua.

La estructura 30 de álabes curvados puede sujetarse en una posición por debajo de la superficie (Fig. 2) mediante cualquiera de los sistemas de soporte usuales utilizados para estructuras aguas adentro;



incluidos no solamente el sistema flotante ilustrado de amarre con líneas tensas, que comprende depósitos de flotación 52 y líneas de amarre tensas 54, sino también los de pilotes fijos, pilares extensibles, columnas de flotación del tipo de mástiles con amarres deformables de catenaria, y similares. Para instalaciones en la superficie (Fig. 3) son muy satisfactorios los pilotes fijos 56, los pilones flotantes, u otros apoyos del tipo de patas.

La estructura 60 de álabes curvados ilustrada en las Figs. 4-6 comprende un conjunto simple de álabes curvados 62 configurados como los álabes 32 de la estructura 30, pero con el álabes trasero 64 extendiéndose hacia adelante por debajo de los álabes 62 para formar una placa de fondo sólida 64a. Los álabes 62, 64 están igualmente sujetos de modo rígido, en posición de espaciados y paralelos, mediante una pluralidad de paneles 66 de arriostamiento, y esos paneles cooperan con la placa de fondo 64a para formar un paso 68 para conducir el flujo de agua desde los álabes hacia el frente de la estructura.

Cuando se sitúa la estructura 60 de álabes curvados en una posición por debajo de la superficie (Fig. 5), la misma actúa como un excelente rompeolas,



atenuando las olas que inciden por un factor de 4  
1/2 a 5. Las olas en el lado de sotavento de la  
estructura 60, en esta posición por debajo de la su-  
perficie, son muy suaves y regulares, sin armónicos  
5 significativos. Se induce una débil corriente secun-  
daria 70 al pasar las olas que inciden sobre la es-  
tructura 60 situada por debajo de la superficie, y  
esa corriente se une finalmente con la corriente di-  
rigida aguas adentro o de retorno principal 72 que  
10 fluye en sentido contrario a las olas y hacia arriba  
hacia la superficie del agua.

Cuando la estructura 60 de álabes curvados  
está situada en una posición superficial (Fig. 6),  
proporciona a la vez una barrera física para las olas  
15 que inciden y una intensa corriente de retorno 74.  
Esa corriente de retorno actúa como una barrera diná-  
mica para la contaminación flotante, y también como  
un medio para "barrer" la contaminación flotante, tal  
como el petróleo derramado, hacia un colector distan-  
20 te.

La estructura 60 de álabes curvados puede  
sujetarse en sus dos posiciones funcionales, de la  
misma manera que la estructura 30.

La estructura 80 de álabes curvados ilustra-  
25 da en las Figs. 7 y 8 es muy similar a la estructura



60 de las Figs. 4-6, teniendo álabes 82 de la misma configuración que los álabes 62. La diferencia entre las dos estructuras 60, 80 comprende partes de borde de salida alargadas de 84a, 86a de los álabes curvados frontal y trasero 84, 86, respectivamente, y partes alargadas en proporción 88a de los paneles de arriostamiento 88. Esas partes alargadas 84a, 86a, 88a forman colectivamente un conducto de salida 90 que se curva hacia abajo cuando la estructura 80 está situada en una posición por debajo de la superficie (Fig. 8). Esta actitud hacia abajo del conducto de salida 90 dirige la corriente de retorno o de aguas adentro 92 hacia adelante y hacia abajo, hacia el fondo de la masa de agua en la cual está instalada la estructura 80, produciendo una corriente de fondo dirigida aguas adentro útil para dispersar el efluente 94 procedente de las canalizaciones de descarga de productos químicos de desechos o de aguas residuales.

En las Figs. 9 y 10 se ilustra una estructura 100 de álabes curvados diseñada para captar los movimientos de aguas inducidos por las olas y dirigirlos de nuevo en forma de una corriente 102 dirigida hacia la playa, que fluye desde la estructura hacia abajo y en la misma dirección que las olas que inciden. Esta estructura 100 comprende una pluralidad de álabes 104



5 espaciados y paralelos dispuestos en un conjunto simple y sujetos en posición mediante un número adecuado de paneles 106 de arriostamiento. Los álabes 104 están curvados moderadamente en dirección transversal, de modo que cuando se sitúa la estructura 100 en su posición por debajo de la superficie (Fig.10) sus partes de borde de ataque 104a están dirigidas tanto hacia arriba como hacia las olas que inciden, y sus partes de borde de salida 104b están dirigidas tanto hacia

10 abajo como hacia fuera con respecto a las olas que inciden, definiendo las partes de borde de salida un ángulo más pequeño con respecto a la horizontal que el definido por las partes de borde de ataque. El álabe frontal 108 se extiende hacia atrás para formar un fondo sólido 108a por debajo de los álabes 104, y las partes 108b, 110a de borde de salida de los álabes frontal

15 y trasero 108, 110 son alargadas para formar, con partes alargadas proporcionalmente 106a de los paneles 106, un conducto de salida 112. El fondo 108a y el conducto 112 dirigen el flujo desde los álabes hacia abajo y hacia la parte trasera de la estructura, de donde sale en forma de la corriente 102 dirigida hacia la

20 playa.

25 La estructura 100 de álabes curvados está diseñada para colocación en una posición por debajo de la



176

superficie, como se ha ilustrado en la Fig. 10, y para sujetarla en posición se pueden usar pilotes, pilares extensibles, pilares flotantes, amarres con líneas tensas flotantes, u otros sistemas de soporte usuales.

5

Las Figs. 11 y 12 sirven para ilustrar todavía otra estructura de álabes curvados en un conjunto simple de acuerdo con el invento, estando diseñada esta estructura 120 para ser colocada en una posición superficial como la ilustrada en la Fig. 12.

10

Los álabes 122 son de la misma configuración que los álabes 62 de la estructura 60 (Figs. 4-6), y el álabes trasero 124 se extiende también por debajo de los álabes 122 para formar un fondo sólido 124a, exactamente igual que lo hace el álabes trasero 64 de la

15

estructura 60. No obstante, las partes de borde trasero o de salida 124b, 126a de los álabes trasero y frontal 124, 126, respectivamente, son alargadas y están curvadas hacia arriba para formar un conducto

20

128 de salida orientado hacia arriba y hacia adelante, con las partes alargadas proporcionalmente 130a de los paneles 130 de arriostramiento. El amarre o la sujeción de otro modo de la estructura 120 en su posición superficial, se efectúa mediante cualquiera

25

de los sistemas anteriormente mencionados para posi-



ciones superficiales para las anteriores estructuras  
30 y 60.

La estructura 120 de álabes curvados propor-  
ciona a la vez una barrera física y una intensa corrien-  
5 te de retorno o dirigida aguas adentro en la superficie  
del agua. Esa corriente de retorno actúa como una ba-  
rreira dinámica para los contaminantes superficiales,  
tales como petróleo derramado, y puede usarse para "ba-  
rrer" los contaminantes hacia un punto alejado de reco-  
10 gida.

La estructura 140 de álabes curvados ilustra-  
da en las Figs. 13-15 está diseñada especialmente para  
efectuar tres funciones de control críticas en caso de  
derrame de petróleo, a saber: la de contener físicamen-  
15 te el petróleo dentro de un área designada, la de re-  
coger dinámicamente el petróleo en virtud de la corrien-  
te superficial inducida que lleva al petróleo hacia la  
estructura, y la de impulsar el petróleo, a modo de bom-  
ba, a un recipiente de recepción. La estructura 140 es  
20 de tamaño relativamente pequeño en comparación con las  
estructuras anteriormente descritas, y en vez de estar  
sujeta en una posición está montada sobre una estructu-  
ra de flotación adecuada (no ilustrada), tal como de de-  
pósitos de flotación sumergidos, y, o bien está ancla-  
25 da en el emplazamiento, o bien se sujeta a un barco de



remolque o a otra embarcación, siendo así fácilmente transportable a otras posiciones en las que se necesite.

5 La estructura 140 comprende una pluralidad de álabes principales curvados 142 fijos en relación de espaciados y paralelos mediante paneles extremos 144, 146, un álabes trasero 148 fijo también a los paneles extremos 144, 146 y que se extiende por debajo y más allá de los álabes 142, para formar una  
10 placa de fondo sólida 148a, y una rampa 150 que conecta con el borde delantero o de ataque 152 de la estructura 140 y que se extiende hacia atrás en relación de espaciada con la placa de fondo 148a, hacia los álabes 142. La curvatura de los álabes 142 y 148 es la misma que la de los álabes 62 y 64, respectivamente, de  
15 la estructura 60 de álabes curvados (Figs. 4-6), de modo que cuando la estructura 140 está en su posición funcional en la superficie del agua, como se ha ilustrado en las Figs. 13 y 14, la actitud de los álabes  
20 142, 148 es la misma que la de los álabes 62, 64, cuando la estructura 60 está en su posición superficial (Fig. 5).

Una segunda pluralidad de álabes 154 están espaciados entre la placa de fondo 148a y la rampa 150, por encima del borde de ataque 152 de la estructura 140,  
25



y esos álabes están todos curvados desde una orientación paralela a los paneles 144, 146 hacia uno u otro panel, estando todos los álabes curvados en la misma dirección. La placa 148a de fondo y la rampa 150 forman un conducto de recogida 156, y hay previstas lumbreras de drenaje 158 en las partes extremas inferiores de los paneles 144, 146. Así, cuando se sitúa la estructura 140 en su posición funcional en la superficie del agua, como se ha ilustrado mejor en la Fig. 14, las olas que inciden subirán por la rampa 150 como si se tratase de una playa en pendiente pronunciada, entrarán en los pasos entre los álabes y serán vueltas a dirigir hacia abajo al conducto de recogida 156. Si las olas que inciden son de altura insuficiente para que su cresta suba sensiblemente por encima del labio superior 150a de la rampa 150, o bien cuando se usa la estructura durante un periodo de aguas en calma, la parte superior 150b de la rampa es pivotada hacia arriba, por ejemplo por medio de un sistema de manivela 160, alrededor de un eje geométrico X por intermedio de eje de articulación 162, a la posición ilustrada en líneas de trazos en la Fig. 14, permitiendo con ello que la parte superficial del agua fluya al conducto de recogida 156. En consecuencia, en uno y otro caso al fluir el agua u otro fluido hacia abajo



en el conducto de recogida 156 es girada por los álabes 154 en el sentido indicado por las flechas 157, para fluir a través del conducto de descarga 158 y luego salir por la lumbrera de salida 159 a una tubería flexible 164 conectada a una embarcación de recogida.

Las estructuras 140 están destinadas a ser dispuestas en serie, como se ha ilustrado en la Fig. 15, para formar un área de recogida bien definida. En esta disposición, sus lumbreras de salida están interconectadas en serie mediante tuberías flexibles 164, para proporcionar una tubería de descarga continua conectada a una instalación de recogida 166, tal como una barcaza 168 con una bomba 170 y un depósito de almacenamiento 172. Para que no escape más allá de las estructuras 140 ningún petróleo derramado 174, tal como el que podría manar de un pozo 176 situado aguas adentro, hay incluida una cortina flexible 178 entre cada estructura, para formar juntamente con las estructuras, una barrera impermeable desde un extremo de la serie hasta el otro.

Cuando la estructura 140 está en su posición funcional, la rampa 150 está inclinada hacia arriba de una manera suavemente curvada desde la línea del



16

agua, para asemejarse en la máxima medida posible a una playa con una pendiente en general de 1 a 10, ó más pronunciada. Esta orientación permite una conservación óptima de la cantidad de movimiento del fluido de las olas, que se utiliza para efectuar las funciones antes mencionadas de recogida e impulsión a modo de bomba.

Como alternativa al pivotamiento de la parte 150a de rampa superior hacia arriba, cuando se está en condiciones de olas pequeñas o de agua en calma, puede aumentarse el calado de la estructura 140 para hacerla descender en el agua en una distancia deseada para admitir el fluido en el conducto de recogida 156. Además, la parte 150a de rampa puede ser aumentada de manera distinta a como por el sistema de manivela 160, y puede incluso estar construida de modo que sea desmontable por completo.

En las Figs. 16 y 17 se ilustra un tipo fundamental de estructura de álabes curvados de conjunto doble de acuerdo con este invento. Esta estructura 200 comprende un conjunto superior de álabes curvados 202, y un conjunto inferior de álabes 204 curvados con la misma configuración que la de los álabes 202, pero orientados en el dispositivo como si fuesen una imagen de simetría especular de los álabes 202.



Los dos conjuntos están sujetos entre sí en relación de imagen de simetría especular mediante panales de arriostramiento 206, y los bordes de ataque 208a, 210a del álabe trasero superior 208 y del álabe trasero inferior 210, respectivamente, están fijos a una placa deflectora 212. Las partes de borde de salida 208b, 210b de los álabes traseros 208, 210 son alargadas, para extenderse entre los bordes de salida de los dos álabes más traseros de cada conjunto, para crear un circuito de flujo suave para el agua que entra en la estructura a lo largo de su parte trasera.

La curvatura de los álabes 202, 204 es la misma que la de los álabes 32 en la estructura 30 (Figs. 1-3), y la estructura 200 está diseñada para ser situada en una posición por debajo de la superficie (Fig. 17) y sujetos a ella de la misma manera que para la estructura 30.

Cuando esta estructura 200 está en su posición por debajo de la superficie, produce una intensa corriente de retorno o dirigida aguas adentro 212 y una corriente moderada inducida en profundidad 214. La estructura 200 proporciona una atenuación de olas de 3 a 3 1/2. Las olas en el ludo de sotavento son complejas, comprendiendo un fundamental atenuado más varios armónicos pequeños. Aunque la estructura 200



16 1974

se comporta muy satisfactoriamente como rompeolas o tajamar, su función de más valor es la de generar corrientes superficiales extraordinariamente intensas dirigidas aguas adentro. Es por tanto  
5 muy adecuada para uso para dispersar agua caliente de desecho procedente de centrales de vapor de agua o atómicas, y similares.

En las Figs. 18 y 19 se ilustra una manera en la cual se puede modificar la estructura 200  
10 de conjunto doble de las Figs. 16 y 17, para facilitar el funcionamiento de las máquinas accionadas por hélices. En esta versión 220 del invento, la estructura 200 ha sido alterada, uniendo para ello un conjunto protector 222 a las partes de borde de salida  
15 de los álabes frontales superior e inferior 224, 226. Máquinas 228 adecuadas accionadas por hélice, tales como generadores eléctricos o bombas de agua para aprovechar la intensa corriente de retorno 230, están montadas dentro de los conductos 232 formados por el  
20 protector 222. La energía eléctrica así producida tiene una multitud de usos, y las bombas de agua pueden ser usadas para suministrar un flujo de fluido a presión para mantener abiertos a la navegación canales pequeños o para conducir desde un ponto a otro  
25 arena de reposición para playas. La estructura 220



está situada en una posición por debajo de la superficie, y sujeta en ella de la misma manera que la estructura 200.

5 En las Figs. 20 y 21 se ilustra otra versión de una estructura de álabes curvados de conjunto doble de acuerdo con este invento, diseñada esta estructura 240 para uso en una posición por debajo de la superficie, como se ha representado en la Fig. 21. Los álabes 242 del conjunto superior están curvados y orientados de la misma manera que los álabes 104 de la estructura 100 de conjunto simple (Figs. 9 y 10). El  
10 conjunto inferior de álabes 244 están también curvados igual que los álabes 104, y por tanto igual que los álabes 242, pero están orientados hacia arriba y hacia  
15 adelante, mientras que los álabes 242 están orientados hacia abajo y hacia atrás. Los conjuntos superior e inferior están separados por una placa deflectora sólida central 246, y todos los álabes están sujetos en posición mediante paneles de arriostramiento 248.

20 Como se ve en la Fig. 21, la estructura 240 de conjunto doble produce dos corrientes moderadas por debajo de la superficie, una denominada 250, en contra de las olas que inciden, y la otra denominada 252, que circula con esas olas.

25 La función principal de esta estructura 240



es la de atenuar las olas que inciden, y para este fin está sujeta en la posición por debajo de la superficie mediante cualquiera de los sistemas de amarre antes mencionados.

5 Las placas de conducto de salida o de fondo descritas en lo que antecede 64a, 86a, 108a, 124a, 148a, y también la placa de desviación 246, desempeñan varias funciones críticas, entre las que se incluyen: canalizar el flujo periódico procedente de  
10 las salidas de los álabes; canalizar los movimientos orbitales de las olas en el área de paso o conducto de salida de la estructura donde esos movimientos entran momentáneamente por las salidas de los álabes y cancelan parcialmente la cantidad de movimiento del  
15 flujo opuesto durante la fase inicial de tránsito de las olas a través de la estructura; y servir como reflector de los componentes por debajo de la superficie de las olas que inciden. Estas placas pueden ser rígidas o flexibles, dependiendo del uso al que se des-  
20 tine el invento.

Cuando la placa es flexible, desempeña no solamente las anteriores funciones sino también al menos las funciones adicionales de actuar como un dispositivo de almacenamiento de energía, y como un elemento  
25 de desplazamiento de fase en una serie de complicadas



reacciones hidrodinámicas. Como analogía simplifi-  
cada, podemos suponer que toda la estructura (ála-  
bes y placa flexible) actúa de manera comparable a  
la de una impedancia compleja de múltiples elemen-  
5 tos en una línea de transmisión de energía eléctri-  
ca. En esta impedancia compleja, la placa flexible  
funciona como un elemento capacitivo principal, en  
el cual se almacena la energía y se introduce un  
desplazamiento de fase relativo, contribuyendo así  
10 sensiblemente a la actuación de conjunto de la es-  
tructura completa. Partiendo de esa analogía, puede  
verse que la característica apropiada de almacena-  
miento de energía (capacitancia) de la placa flexi-  
ble estará en relación con la entrada de energía ini-  
15 cial y con las complicadas reacciones hidrodinámi-  
cas totales generadas por la estructura completa.

En la práctica, las características de flexión  
de la placa flexible deberán ser adecuadamente propor-  
cionadas a las características de energía y de espectro  
20 (es decir, de periodo, de longitud y de altura) del sis-  
tema de olas en el cual esté diseñada para funcionar,  
así como a las características inherentes de impedan-  
cia compleja de la propia estructura particular, de  
modo que pueda lograrse una actuación general óptima  
25 (de banda ancha). Por ejemplo, en el caso de espec-



5        tros de olas caracterizados por olas de periodos cor-  
tos y de altura relativamente pequeña, sería prefe-  
rible una placa bastante flexible para que reacciona  
se adecuadamente a los niveles de energía relativa-  
mente bajos. Por otra parte, en presencia de olas  
de periodo largo y de altura grande se preferiría  
una placa relativamente más rígida para que reaccio-  
nase debidamente a los niveles de energía más altos  
presentes.

10                La placa flexiona en respuesta a las fuer-  
zas periódicas naturales generadas por las olas que  
inciden. La manera en que se comunica la energía del  
sistema de olas que inciden a la placa flexible es  
sustancialmente como sigue. Al aproximarse la cres-  
15        ta de la ola al plano vertical coincidente con el  
borde de salida o trasero de la placa, el correspon-  
diente movimiento del agua orbital por debajo de la  
superficie es sustancialmente horizontal y desplazán-  
dose al conducto de salida. En esta región el movi-  
20        miento orbital por debajo de la superficie es trans-  
formado por el conducto de salida en un flujo unidi-  
reccional no orbital que avanza por el conducto. Aquí  
le ocurren dos cosas a este flujo: una parte limitada  
del flujo prosigue su curso hacia arriba como contra-  
25        flujo a través de los álabes, y la parte restante es



convertida en presión dinámica. No todo el flujo pro-  
sigue a través de los álabes, debido a la alta resis-  
tencia al contraflujo de las salidas de los álabes;  
por consiguiente, la cantidad de movimiento de la par-  
te que queda aparece en forma de presión dinámica. Es-  
ta presión origina la flexión de la placa y el consi-  
guiente almacenamiento de energía y de fluido.

La energía almacenada por la placa flexible  
es liberada sustancialmente de la siguiente manera.

Al avanzar la cresta de la ola a través de las entra-  
das de los álabes, tiene lugar un flujo de fluido ba-  
jando por los álabes al conducto de salida. El flujo  
que sale de las salidas de los álabes induce un movi-  
miento hacia fuera del fluido que hay dentro del con-  
ducto de salida y una disminución asociada de la pre-  
sión en el conducto, permitiendo con ello que la pla-  
ca flexionada retorne a su posición neutra. Al hacer-  
lo así, la placa comunica su energía almacenada y su  
fluido a esa corriente de salida, aumentando con ello  
el volumen y la velocidad de la corriente que sale  
por el conducto de salida.

La Fig. 29 ilustra una realización del in-  
vento en la cual se emplea una placa de conducto de  
salida flexible. Esta estructura 500 es bastante si-  
milar a la estructura 60 de las Figs. 4-6 y comprende



un conjunto simple de álabes curvados 502 sujetos rígidamente en posición de espaciados y paralelos mediante una pluralidad de paneles de arriostrajiento 504. Una pluralidad de placas 506 de conducto de salida flexible están unidas por sus bordes de ataque 506L, como mediante articulaciones 508, al borde de salida o trasero 502RT del álabes trasero 502R, y sus bordes de salida 506T están suspendidos libremente del álabes frontal 502F, como mediante barras de articulación 510 que están conectadas a pivotamiento a ménsulas 512 fijas al álabes 502F, y 514 fijas a las placas 506. Así, las placas 506 tienen libertad de flexionar con respecto al resto de la estructura 500, en respuesta a las fuerzas ejercidas sobre ellas por las olas que inciden. En esta realización particular, la resistencia a esa flexión es inherente a las propiedades físicas de la propia placa.

En la Fig. 30 se ha ilustrado otra realización del invento en que se emplea una placa de conducto de salida o fondo flexible. Esta estructura 520 es sustancialmente idéntica a la estructura 500 de la Fig. 29, teniendo un conjunto simple de álabes curvados 522 sujetos rígidamente en posición de espaciados y paralelos mediante una pluralidad de paneles de arriostrajiento



5 tramamiento 524, y una pluralidad de placas 526 de con-  
ducto de salida flexibles unidas por sus bordes de  
ataque 526L, como mediante articulaciones 528, al  
borde de salida 522RT del álabe trasero 522R. No  
10 obstante, en esta realización los bordes de salida  
526T de las placas flexibles 526 están suspendidos  
del álabe frontal 522F por vigas flexibles en vola-  
dizo 530, cuyas vigas están sujetas rígidamente a  
ménsulas 532 fijas al álabe 522F, y conectadas a pi-  
15 votamiento a ménsulas 534 fijas a las placas 526. Las  
vigas 530 en voladizo funcionan no solamente para sus-  
pender las placas flexibles 526 desde el conjunto de  
álabes, sino también para ya sea aumentar la resisten-  
cia de flexión de las placas 526, ó ya sea, cuando es-  
20 tas placas tengan poca o ninguna resistencia a la  
flexión, para proporcionar la resistencia a la flexión  
requerida a través de la resistencia de las vigas a  
ser curvadas. En consecuencia, la estructura 520 funcio-  
nará de modo similar a la estructura 500.

20 Ha de entenderse, por supuesto, que las pla-  
cas 506 y 526 pueden ser enterizas con los álabes tra-  
seros 502R, 522R, respectivamente, en vez de ser ele-  
mentos separados conectados adecuadamente a ellos por  
medios móviles, por ejemplo como se ha ilustrado en  
25 las Figs. 29 y 30. Pueden emplearse además otros me-



dios distintos a los ilustrados en las Figs. 29 y 30 para conectar las placas de conducto de salida flexibles al conjunto de álabes, en tanto se conserven las funciones de esas placas.

5                    Aunque las anteriores realizaciones del invento se han ilustrado con álabes de espaciamiento y dimensiones uniformes en sus conjuntos, debe entenderse que estos álabes pueden también estar espaciados y dimensionados de un modo no uniforme.

10                   Cuando los álabes estén así espaciados y dimensionados uniformemente, se ha comprobado que la distribución de energía potencial a través del conjunto, representada por la línea de cresta o lugar geométrico de las crestas de las olas al pasar las olas

15                   por el conjunto, no es uniforme. Concretamente, la altura de la ola junto al punto del primer encuentro es mayor que la normal, y luego esa altura disminuye de un modo no uniforme al avanzar la ola a través del conjunto. Este fenómeno es revelador de características

20                   de alta resistencia al flujo en la parte del conjunto de álabes junto al punto de primer encuentro. La significación funcional de este fenómeno es que indica que se ejerce sobre el conjunto una energía superior a la capacidad de los pasos que hay

25                   entre los álabes y que, por consiguiente, es transmi-



tida más allá del conjunto, lo cual va a su vez en perjuicio de la actuación de conjunto de la estructura.

5 Para reducir o eliminar este problema de exceso de transmisión de la energía, se emplea un conjunto de álabes no uniforme, es decir uno en el cual el espaciamiento y las dimensiones de los álabes no son uniformes, para obtener un gradiente de energía potencial más uniforme a través de la cara  
10 de entrada de la configuración del conjunto. Dicho de otro modo, resultará un flujo más eficaz de fluido hacia abajo entre los álabes, si éstos guardan unas proporciones en cuanto a tamaño y espaciamiento, con respecto al volumen y a la velocidad del flujo, tales que el coeficiente de resistencia al flujo  
15 sea esencialmente igual entre todos los álabes. Así, puesto que tanto el volumen como la velocidad disminuyen a través del conjunto en la dirección de la propagación de la ola, de ello se deduce que los pasos entre los álabes deberán disminuir de tamaño y de  
20 espaciamiento en esa misma dirección, a fin de lograr coeficientes de resistencia al flujo esencialmente idénticos y mínimos. Con esto se obtendrá la capacidad de flujo potencial óptima para cada paso en el  
25 conjunto, y por consiguiente la actuación de conjunto



óptima para la estructura completa.

Como se ha ilustrado esquemáticamente en la Fig. 31, el tamaño de los álabes y su espaciamiento disminuyen en la dirección de la propagación de las olas, al igual que lo hace la línea de cresta o lugar geométrico de las crestas de las olas. El volumen de fluido que fluye a través del paso entre un par dado de álabes será en este caso proporcional, en general, a la línea de cresta por encima de ellos, ya que el área entre los álabes varía con el gradiente de la línea de cresta. Por consiguiente, el caudal entre todos los álabes será esencialmente idéntico. Puesto que los pasos entre todos los álabes son de la misma configuración geométrica y proporción, los coeficientes resultantes de resistencia al flujo de esos pasos serán también esencialmente idénticos. En consecuencia, será evidente que la actuación total de las estructuras de este invento resultará favorecida mediante la utilización de los anteriores principios de diseño no uniforme.

Consideraciones de tipo práctico indican, en general, que las instalaciones por debajo de la superficie de las estructuras que realizan los principios del presente invento son las más apropiadas para las aguas oceánicas en las cuales existen corrientes



temente olas muy grandes, debido al aislamiento de esas estructuras con respecto a las energías muy elevadas de transporte de masa de las olas superficiales. Por otra parte, esas mismas consideraciones de tipo práctico indican, en general que las instalaciones superficiales son las más apropiadas para aguas interiores, donde lo corriente son las olas relativamente pequeñas. Ha de entenderse, sin embargo, que pueden emplearse instalaciones superficiales en aguas oceánicas, y que pueden utilizarse instalaciones por debajo de la superficie en emplazamientos de aguas interiores, cuando así se desee.

En la Fig. 28 se resumen esquemáticamente las principales aplicaciones oceánicas anteriormente estudiadas. Una de tales aplicaciones comprende un rompeolas 400 para debajo de la superficie del agua, dispuesto para proteger un área 402 de playa y una entrada 404 a un puerto, comprendiendo ese rompeolas una pluralidad de estructuras individuales de álabes curvados convenientemente unidas extremo con extremo. Por el número 406 se ha identificado una central, una instalación para tratamiento de aguas residuales, u otra instalación desde la que se descarguen contaminantes perjudiciales en la masa de agua adyacente, a través de vertedero 408. Una instalación 410 de varias



estructuras de álabes curvados, tal como la ilustrada en las Figs. 7, 8, 16 y 17, puede usarse aquí para producir corrientes superficiales o de fondo que dispersen esas descargas de contaminantes.

5

Los cuadrados 412 representan varios tipos de actividades realizadas aguas adentro, tales como las de perforación y producción de pozos, operaciones de dragado, de minería y de recuperación, transporte o descarga de gabarras, y operaciones asociadas con barcos pequeños. Estas actividades pueden protegerse de los efectos perjudiciales de las olas reinantes mediante una instalación sumergida de rompeolas 414 similar a la ilustrada en 400. Se puede situar otra instalación 416, que comprende una pluralidad de estructuras como las ilustradas en las Figs. 13 y 14, para interceptar, contener y recoger contaminantes superficiales, tales como de petróleo derramado, que se originen como consecuencia de las actividades desarrolladas en 412.

10

15

20

Como se ha ilustrado en 418, las estructuras de este invento pueden también usarse para crear un área de puerto artificial 420 para proteger los diversos tipos de instalaciones de puertos tales como los muelles 422, instalaciones 424 de amarre en un solo

25



15 MAR 1974

puerto, y las otras muchas instalaciones y actividades comunes a las áreas de puertos.

Del estudio anterior será evidente que serían adecuadas instalaciones similares para resolver problemas comparables en aguas interiores. Además de lo expuesto en lo que antecede, se puede eliminar virtualmente la erosión de diques y riberas a lo largo de rios, canales, etc., mediante el empleo de las estructuras de este invento. Otra ventaja significativa de estas estructuras es que pueden ser soportadas de modo flotante, de manera que suban y bajen con los grandes cambios estacionales en el nivel del agua, como en los embalses, rios y similares.

Otra ventaja de este invento es que estas estructuras que realizan sus principios son de fácil fabricación siguiendo técnicas normales de construcción en astilleros, usando materiales estructurales y acabados protectores marinos usuales. En consecuencia, es evidente que estas estructuras pueden ser fabricadas en un tiempo considerablemente menor y con costes sensiblemente inferiores que los dispositivos de rompeolas y similares a rompeolas actualmente conocidos.

Todavía otra ventaja resultante de este invento es que la configuración general de la estructura se presta de por sí a medios de flotación que permiten



efectuar el rápido transporte al emplazamiento de la instalación mediante procedimientos y equipos de remolque usuales.

Teoría del Funcionamiento

5                   Se desarrollará una comprensión más a fondo de la actuación de las estructuras descritas en lo que antecede y de los resultados obtenidos mediante su uso, del examen de la Figs. 22-27 de los dibujos y del estudio que sigue. Como está perfectamente  
10                   establecido según una amplia documentación, incluido el notable trabajo de Robert L. Wiegel titulado "Oceanographical Engineering" ("Ingeniería Oceanográfica"), editado en 1964 por la Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, Estados Unidos, las olas y las marejadas, en cuanto afectan a las embarcaciones de superficie, se consideran en general con respecto a sus propiedades que son visibles en la cara de contacto con el aire, es decir, en la superficie de la masa de  
15                   agua. La mayor parte de las olas proceden de una deformación inducida por el viento en el agua, la cual es de por sí sustancialmente estacionaria. Dicho de otro modo, la ola se desplaza a través del agua, pero la propia agua simplemente cede localizadamente de un modo cíclico y retorna periódicamente a su posición  
20                   original, con escaso o ningún transporte neto de flui-  
25



do, ni a favor ni en contra de la dirección en la cual se está desplazando la ola, excepto en lo que puede ser originado por otras fuerzas tales como las corrientes, el viento, etc.

5                   Este comportamiento del agua por debajo de la superficie se denomina movimiento orbital de partículas, y tiene forma en general circular a profundidades mayores que  $1/2$  de la longitud de la ola. Esto se ha ilustrado esquemáticamente en la Fig. 22  
10 mediante los círculos de la columna 1, cuyos círculos designan las órbitas de las partículas de agua que experimentan ese movimiento. En la superficie, el diámetro de esas órbitas de las partículas de  
15 agua es igual a la altura de la ola, es decir, a la distancia  $H/2$  (Fig. 22) entre las líneas de cresta y de valle de la ola.

Debido a la complicada pauta de movimiento y de intercambios de fuerzas que se producen simultáneamente a lo largo de la trayectoria de la ola dentro del agua, la magnitud del diámetro del movimiento  
20 orbital de las partículas de agua disminuye exponencialmente al aumentar la profundidad, es decir, afectado por un factor del 50% por cada incremento de profundidad igual a un noveno de la longitud de la ola,  
25 como se ha ilustrado esquemáticamente en la Fig. 22



mediante los círculos que representan órbitas de la columna l. Así, es evidente que la parte principal del movimiento, la velocidad y la energía inducidas en la masa de agua por el paso de una ola, se concentra próxima a la superficie, el 50% dentro de una profundidad de un noveno de la longitud de la ola, el setenta y cinco por ciento dentro de una profundidad de dos novenos de esa longitud, etc.

En la zona intermedia (Fig. 22), donde la profundidad del agua se hace menor que la mitad de la longitud de la ola en aguas profundas, son afectados significativamente los movimientos tanto de la ola como del agua, y esos efectos aumentan, a medida que disminuye la profundidad, hacia la zona de aguas someras ilustrada en el lado de la izquierda de la Fig. 22. No obstante, en la zona de aguas profundas la magnitud de los movimientos de la ola y del fluido no es afectada sustancialmente por las reacciones con el fondo del mar, y por consiguiente permanece relativamente constante en largas distancias. En la zona intermedia el fondo del mar ejerce influencia sobre el movimiento de la ola, originando un aumento de las pérdidas de energía lo que, a su vez, se traduce en una disminución de la velocidad y de la longitud de la ola, un aumento de la altura de la ola, y los co-



5 rrespondientes cambios en el movimiento orbital del  
agua. Además en la zona intermedia el movimiento  
de las partículas de agua se hace cada vez más elíp-  
tico a medida que disminuye la profundidad, con el  
eje largo de la elipse orientado horizontalmente.  
Como se ha ilustrado en la Fig. 22, a medida que dis-  
minuye la profundidad del agua esas elipses se hacen  
mayores, y su atenuación relativa en función de la  
profundidad se reduce sensiblemente, lo cual signifi-  
ca que en las profundidades más someras el movimiento  
del agua cerca del fondo es casi de la misma magnitud  
que en la superficie. Este fenómeno natural particu-  
lar da por resultado altas velocidades de fluido y  
desplazamientos aumentados, los cuales, al ser conve-  
nientemente reorientados por las estructuras de ála-  
bes curvados de este invento proporcionan una gran  
fuente de energía, a la que cabe atribuir, en parte,  
algunos de los efectos útiles que produce el invento.  
Al entrar la ola en la región de aguas someras, es  
decir, en aguas de una profundidad  $H_2$  igual en general  
a la altura  $H_3$  de la propia ola, pero no mayor que és-  
ta, la ola se hace inestable de por sí, y cambiará de  
una ola de marejada a una ola rompiente.

25 El comportamiento de la ola y del fluido  
dentro de la zona intermedia es de especial importancia

16 MARZO 1974



para este invento, ya que uno de los principales efectos de las estructuras de este invento es el de presentar olas con una región de profundidad reducida que origina reacciones hidrodinámicas que son esencialmente idénticas a las que se producen en la naturaleza a profundidades similares.

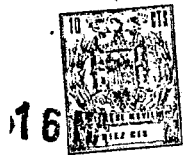
Como se ha explicado anteriormente, las diversas realizaciones y aplicaciones del principio de álabes curvados de este invento están comprendidas en dos categorías generales, a saber: (1) aquéllas que están situadas sustancialmente en la superficie del agua y operan por medio de reacción directa con la ola superficial y con los movimientos del fluido inducidos por la ola cerca de la superficie, y (2) aquéllas que están situadas de modo que quedan totalmente sumergidas en todo momento y funcionan por consiguiente por una combinación de reacciones directas con los movimientos del fluido por debajo de la superficie y de reacción indirecta con las olas superficiales. En las dos categorías generales anteriores, el principio en que se basa el funcionamiento, es el mismo, es decir, se actúa sobre los movimientos naturales del fluido inducidos por las olas mediante los álabes curvados, y se hace que aquéllos se muevan siguiendo direcciones nuevas y diferentes predeterminadas



de modo que se produzcan efectos hidrodinámicos específicos. Aparte de esta similitud funcional, existen diferencias significativas entre esas dos categorías en cuanto a la relación dinámica que tiene  
5 lugar entre los movimientos del fluido y los álabes. Para esclarecer estas diferencias, se indica en que lo que sigue la base operativa para cada categoría.

En el caso de aplicaciones superficiales, la relación general entre los movimientos de la ola  
10 y del fluido y el invento es tal que existe una gran similitud con el fenómeno que tiene lugar cuando las olas se encuentran con una playa natural de pendiente pronunciada. Partiendo de esta analogía familiar, se verá que un conjunto angular de álabes curvados  
15 podría situarse con partes extendiéndose por encima y por debajo de la superficie del agua, y que ese dispositivo interceptaría los movimientos de la ola y del fluido y estaría sometido a sucesivas incidencias periódicas de la ola y del fluido.

Además, si los álabes curvados se configu-  
20 ran de modo que capten y reorienten la ola que incide y los movimientos del fluido, será evidente que los álabes estarán sometidos a una serie de impulsos intermitentes de la ola y del fluido, que actúan de una  
25 manera unidireccional. En este sentido se comprende-



rá fácilmente que las relaciones hidrodinámicas entre los álabes y los impulsos de la ola y del fluido son sustancialmente similares a las que se producirían si el movimiento del fluido fuese a la vez continuo y unidireccional. En resumen, puede decirse que estas reacciones son simples, clásicas y evidentes de por sí.

Pasando ahora al caso de aplicaciones por debajo de la superficie, las reacciones que se producen son complicadas y están lejos de ser evidentes de por sí. En este caso, el conjunto completo de álabes curvados está totalmente sumergido dentro de una masa de fluido que está experimentando movimientos periódicos oscilatorios continuos. Como consecuencia, todo el conjunto está sometido a continuos movimientos de fluido multidireccionales, cuya dirección y magnitud no solamente varían con el tiempo de una manera periódica, sino que varían también a través de la anchura de la unidad, debido a la variación direccional de los movimientos del fluido correspondiente al cambio de fase al pasar la ola sobre la unidad.

Para poder llegar a una comprensión adecuada de estos complicados fenómenos y relaciones, se reclama la atención hacia las Figs. 23 a 27, y hacia el estudio que sigue.



16

En la Fig. 24 se ha representado una simple ola periódica en aguas profundas, y en ella se ilustran sus características principales. En esta figura se ha ilustrado la ola moviéndose de derecha a izquierda, y el movimiento orbital de las partículas de agua que se mueven en su sentido natural de giro a izquierdas. La dirección y la magnitud del movimiento orbital de las partículas de agua se han indicado mediante flechas 300, con relación a los cuadrantes de fase de la ola superficial como los indicados por los número romanos I-IV. Las flechas 302 representan los vectores de movimiento instantáneo en los límites de los cuadrantes cardinales, y también en los puntos medios de los cuadrantes. Esta notación de vectores de movimiento se ha representado simbólicamente mediante la Fig. 23.

En la Fig. 23 se presenta una correlación simplificada de la relación entre los cuadrantes I-IV de fase de la ola y los correspondientes vectores 302 de movimiento de las partículas de agua. Estas relaciones de vector-fase se han representado en las Figs. 25-27 para indicar los elementos de fase activa en las diversas configuraciones representadas en esas figuras.

En la Fig. 25 se ilustra la manera en la cual



5 puede aplicarse el principio de los álabes curvados a realizaciones físicas; de modo que se interceptan selectivamente los movimientos del fluido en cuadrantes deseados, y se dirija selectivamente dicho flujo interceptado en direcciones nuevas y deseadas.

10 Las Figs. 26 y 27 ilustran configuraciones de álabes curvados que tienen la propiedad básica de interceptar y desviar los movimientos orbitales del fluido naturales en una nueva dirección, más la característica adicional de un sesgo direccional inherente (o fase de la ola) que crea una corriente o flujo periódico neto que es efectivamente unidireccional. Esta propiedad unidireccional neta se deriva de una combinación adecuada de espaciamientos de álabes y configuraciones y ángulos relativos de entrada de álabes en las caras superior e inferior, de tal modo que el grado de interceptación y la facilidad de entrada para el fluido en movimiento se facilitan en una dirección mediante grandes áreas de admisión y ángulos de entrada inclinados favorablemente en la dirección del movimiento dominante del fluido, y se hacen a su vez relativamente resistentes a los movimientos del fluido en contra en la cara opuesta mediante áreas de admisión más pequeñas y ángulos de entrada inclinados hacia los movimientos del fluido en oposición

15

20

25



de tal modo que originen una resistencia inherente a la admisión de esos movimientos. El resultado neto de esta configuración de álabes convergentes es la interceptación sumamente eficaz y la baja desviación de resistencias de los movimientos del fluido en la dirección preferida, y la consiguiente generación de un flujo de mayor velocidad en una nueva dirección predeterminada, la suma de lo cual da por resultado una corriente o flujo unidireccional periódico.

Las líneas de trazos en curva representan el hecho de que habrá un pequeño contraflujo transitorio, disminuido por las propiedades de resistencia de las áreas con álabes con la pequeña relación angular y las áreas de paso reducido. Este contraflujo transitorio no se propagará realmente al dominio opuesto, sino que será contrarrestado e invertido por los movimientos del fluido en la siguiente fase de la ola. Por consiguiente, a la vista de las anteriores propiedades de los álabes y juntamente con los movimientos de la ola de fase natural (o que dependen del tiempo) y los del fluido inducidos por la ola, estas configuraciones originan movimientos de fluido netos (o de valores medios eficaces) que son unidireccionales en salida de flujo, aunque ese flujo neto será pulsatorio de una manera periódica.



10 FEB

Hasta aquí, este estudio de las propiedades reactivas de los conjuntos de álabes sumergidos en una masa de fluido sometida a movimientos osciladores periódicos inducidos por olas producidas por el viento natural, se ha limitado intencionalmente a aquellos fenómenos simples naturales y a las reacciones inducidas artificialmente que serían fácilmente evidentes para la evaluación visual de los expertos en hidrodinámica. No obstante, la eficacia total de estas estructuras de álabes solamente se debe en parte a esos efectos más evidentes. El análisis mediante ensayos con modelos a escala ha revelado que se crean otros efectos hidrodinámicos significativos, de una naturaleza menos fácil de imaginar visualmente, mediante estos conjuntos de álabes, y que justifican una parte considerable de la eficacia total de estos conjuntos.

Brevemente expuesto, esas reacciones menos evidentes son cuatro. La primera es la de un efecto de "bajo fondo artificial" según el cual, de acuerdo con el comportamiento natural observado, las olas reaccionan con la masa artificial dispuesta por debajo de la superficie de los álabes curvados de forma muy similar a como si bruscamente se encontrasen con un escollo o bajo fondo de aguas someras natural,



es decir, que haría que disminuyesen su altura, su longitud y su velocidad y que tendiesen a descomponerse en un sistema de crestas múltiples con un complicado sistema de olas de diversos armónicos. La

5 segunda es una cancelación inducida por la fase del momento del fluido en movimiento, originada por la mutua oposición resultante del encuentro de los movimientos del agua sustancialmente en fase al ser reorientados a través del conjunto de álabes curvados.

10 El tercer efecto es una desviación del transporte del fluido en masa apartándose de su destino natural, privando con ello al sistema de olas del lado de sotavento de una parte principal de su cantidad de movimiento que lo sustenta y además, en algunos casos, generando una corriente superficial de

15 sentido de aguas adentro que disminuye la velocidad y la energía de las olas que inciden antes de que lleguen al conjunto de álabes curvados. El cuarto efecto es el de reflexión de la ola, según el cual partes sustanciales de las energías de las olas que inciden son

20 reflejadas de nuevo hacia su fuente de aguas adentro, debido a la presencia real o virtual de superficies impermeables que reflejan ciertas componentes del vector de fase de los movimientos del agua inducidos por

25 las olas.



1615

5 A la luz de los conocimientos tanto teóricos como empíricos y de los ensayos con modelos reales, puede afirmarse con seguridad que los conjuntos de álabes curvados descritos en lo que antecede inducen una serie de reacciones dinámicas complicadas y de múltiples componentes las cuales, en su conjunto, dan por resultado los efectos beneficiosos y útiles antes mencionados.

10 Aunque el mejor modo previsto para llevar a la práctica el presente invento es el aquí ilustrado y descrito, será evidente que pueden efectuarse modificaciones y variaciones sin desviarse de lo que se considera que es la materia sujeto del invento.

15 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 3 de Febrero de 1971, bajo el número 113.521, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

20

#### REIVINDICACIONES

25 Los puntos de invención propia y nueva que



se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

5                    1ª.- Un método para atenuar las olas en el agua y para controlar y utilizar los movimientos del agua inducidos por las olas, que comprende: captar dichas olas y los movimientos del agua inducidos por las olas; convertir dichas olas y dichos movimientos en un flujo de fluido; guiar dicho flujo de fluido en una trayectoria curvada diferente de la trayectoria natural de dichas olas y de dichos movimientos; y descargar dicho flujo de fluido como una corriente libre en una dirección predeterminada,

10                    2ª.- Un método para atenuar las olas en el agua.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

15                    Esta Memoria consta de cincuenta y seis hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 16 MAYO 1974

P.A.

25



5 JUN.

FIG. 3

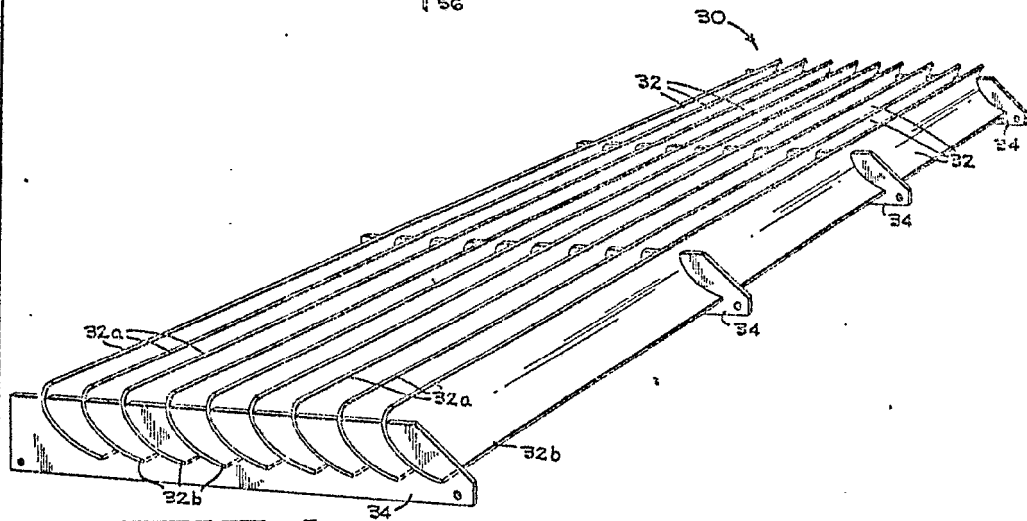
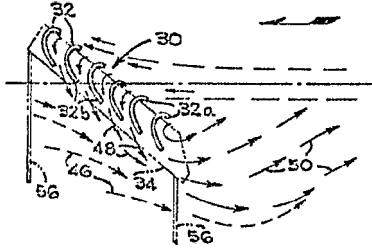
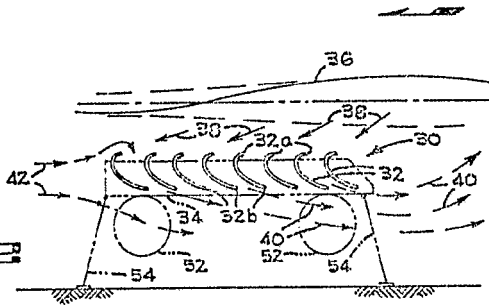


FIG. 1

FIG. 2



Alberto de Estraburo  
Pat. 2000



JUL 19 1971

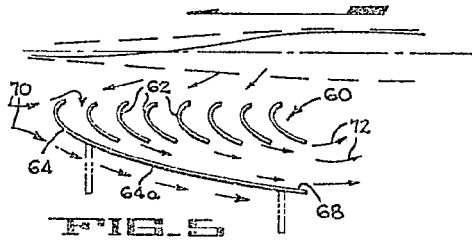


FIG. 5

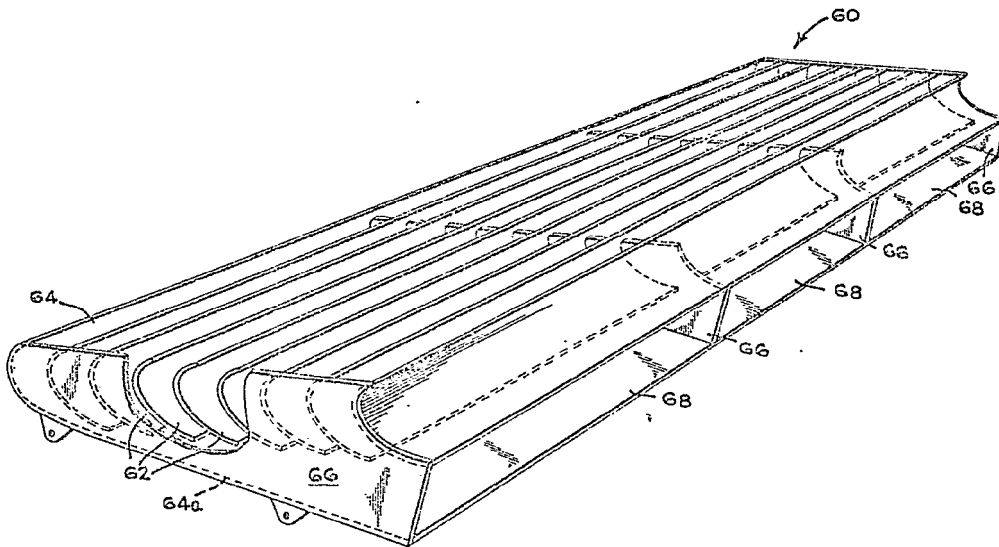
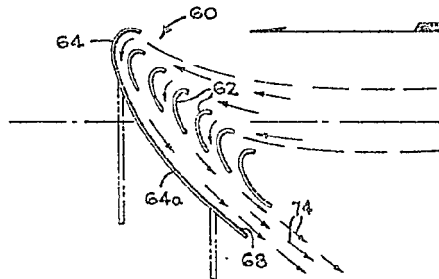


FIG. 4

FIG. 6



EMCO CORPORATION  
JUL 19 1971

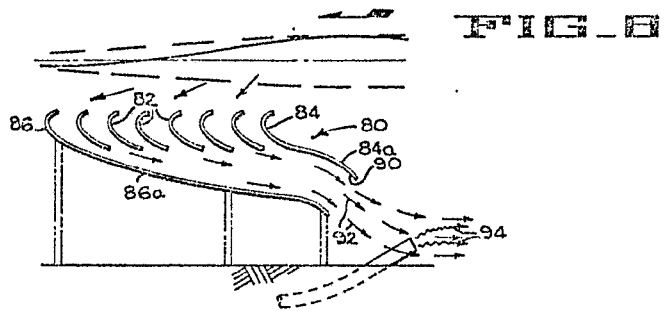


FIG. 6

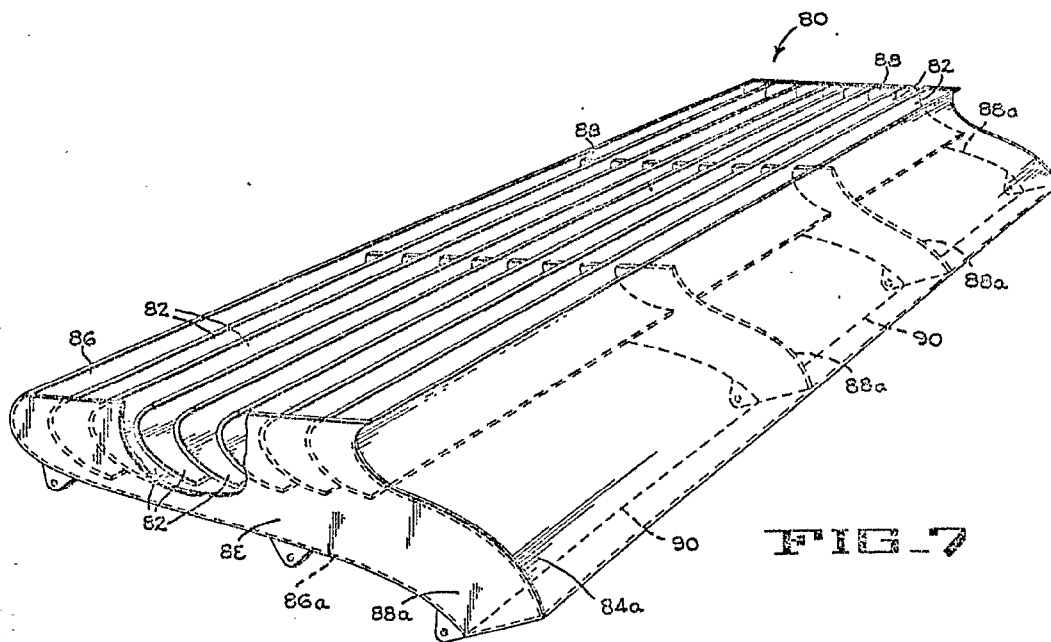


FIG. 7

*Handwritten signature or mark.*

5 2011



FIG. 10

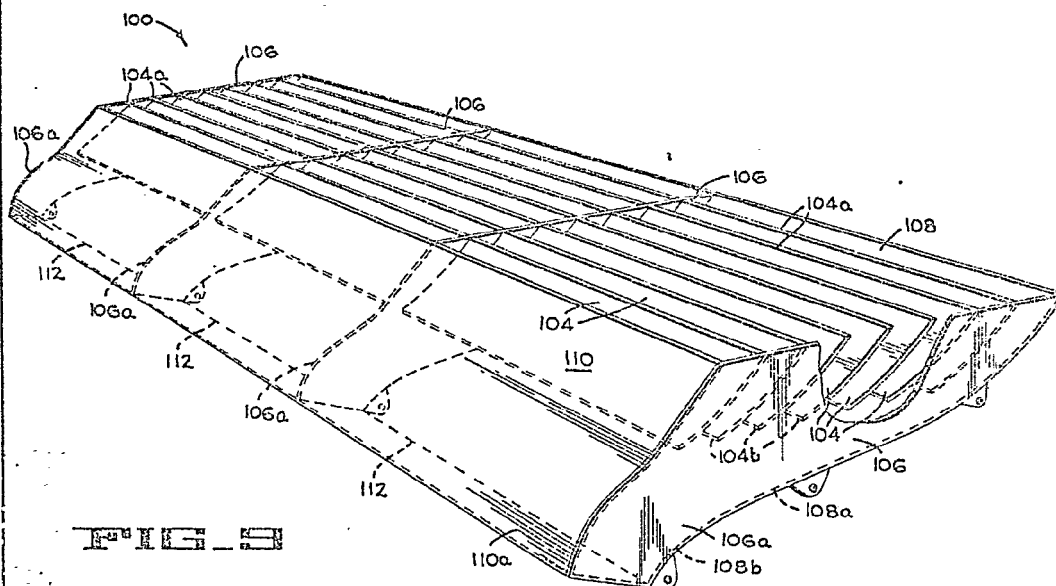
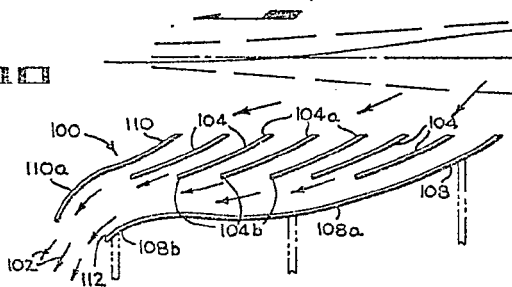
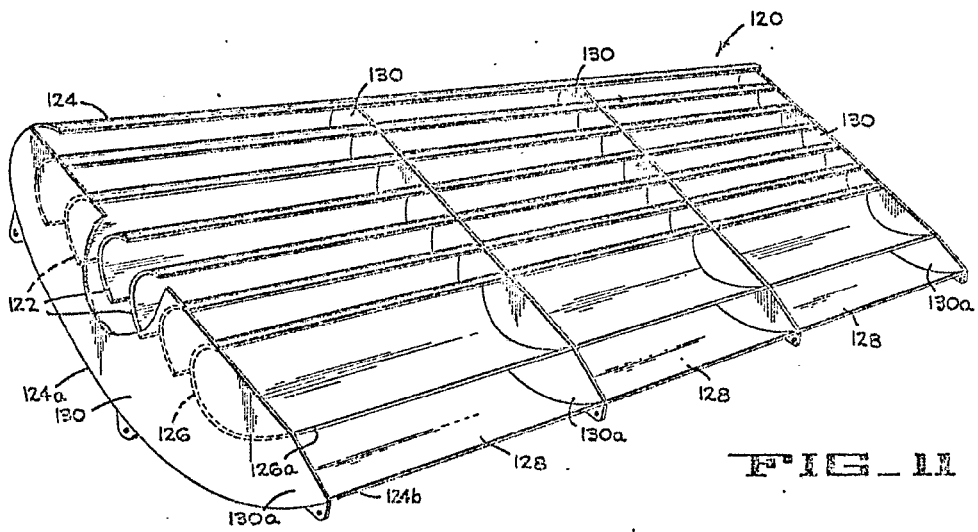
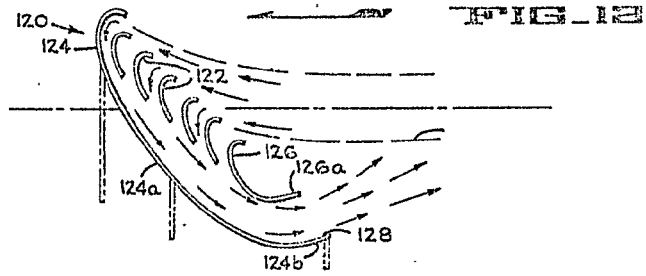


FIG. 9

Alberto de Lencastre  
*[Signature]*



Attorney-in-Fact  
*[Signature]*

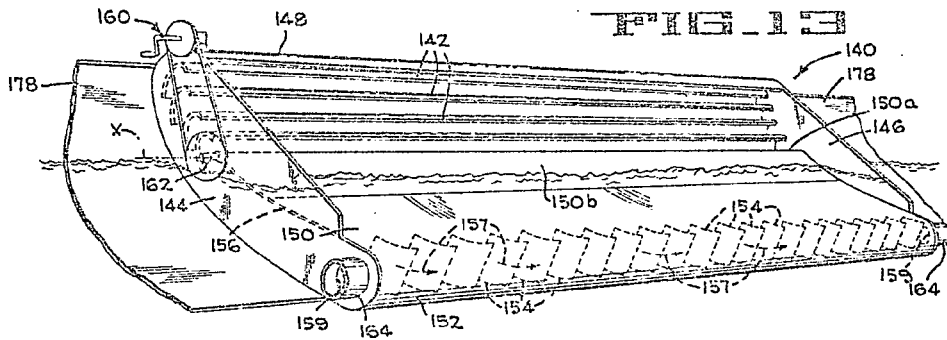


FIG. 13

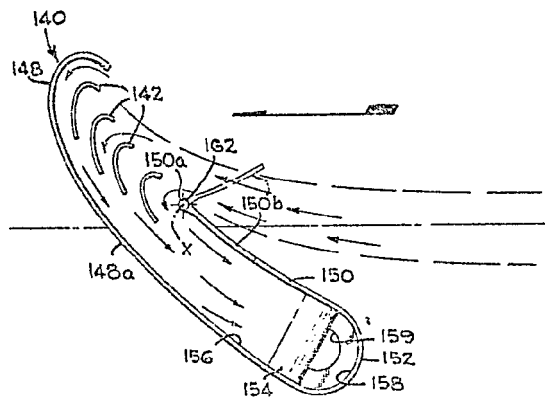


FIG. 14

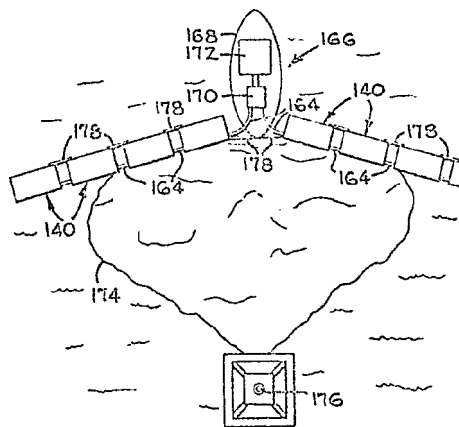


FIG. 15

Atty. Gen. of the U.S. Patent Office  
Pat. Office

5 JUN 1952

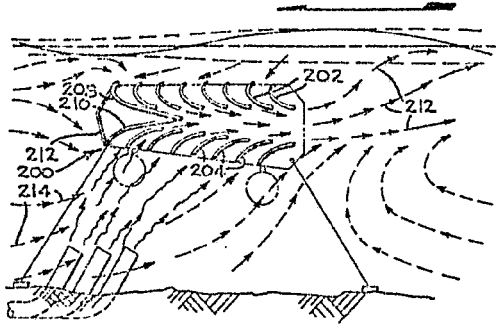


FIG. 17

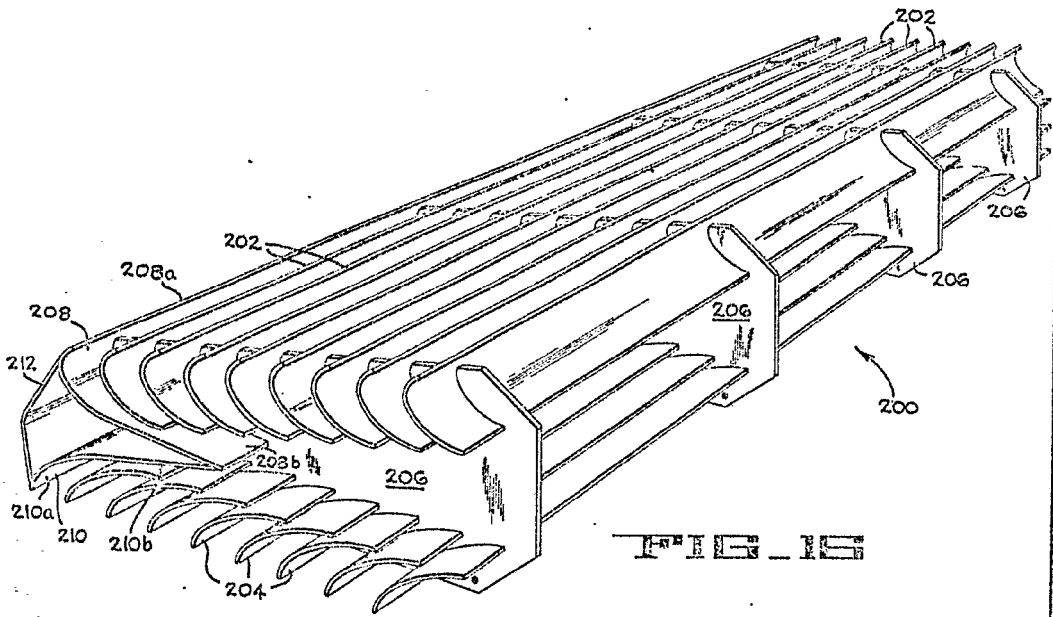


FIG. 18

Alberto de Bontade  
*Alb*

- 5 JUN -



FIG. 19

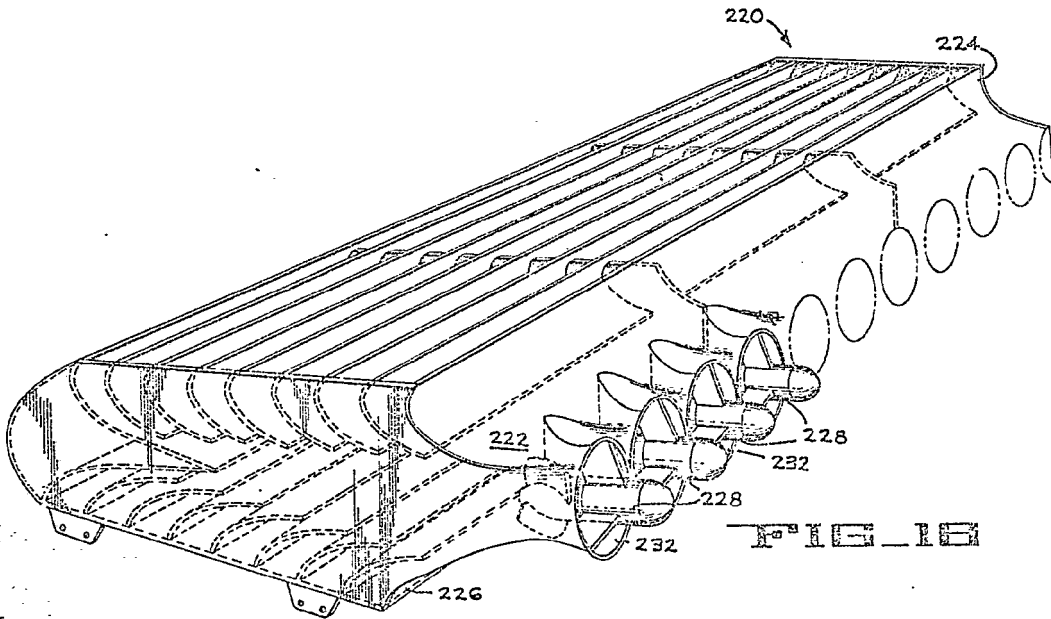
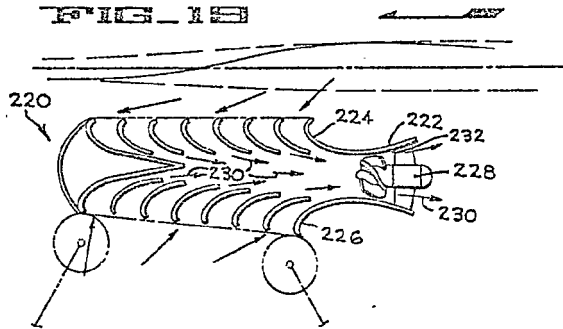


FIG. 18

*Old*



JUN 25 1951

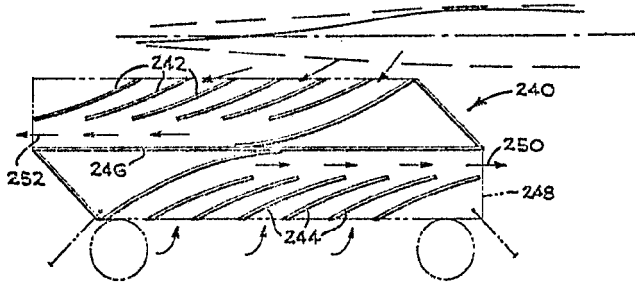


FIG. 21

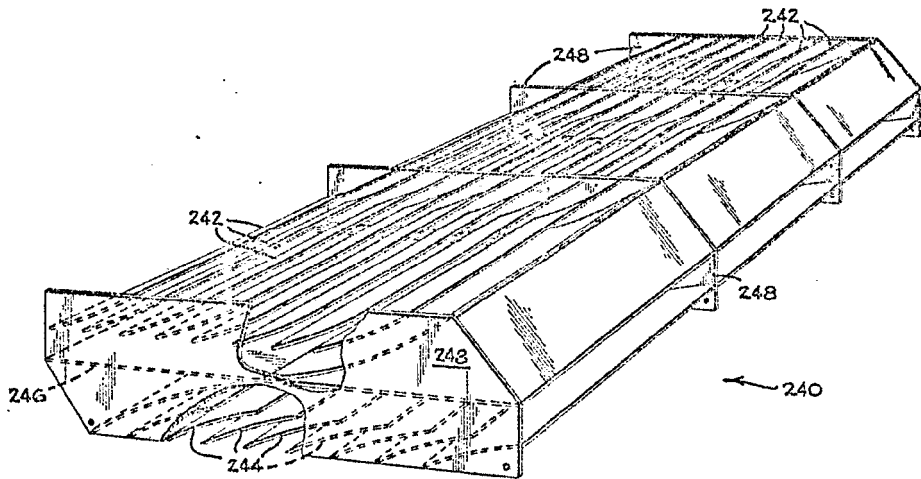


FIG. 20

Attesto de Estrutura  
D. P. M. M.



FIG 22

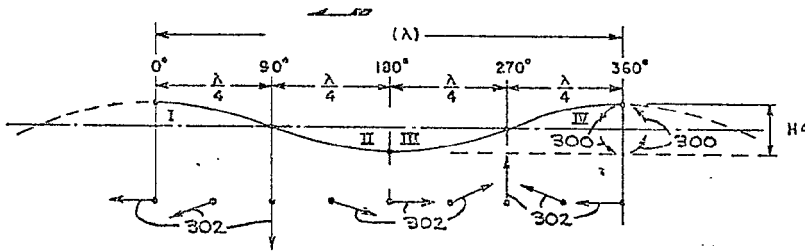
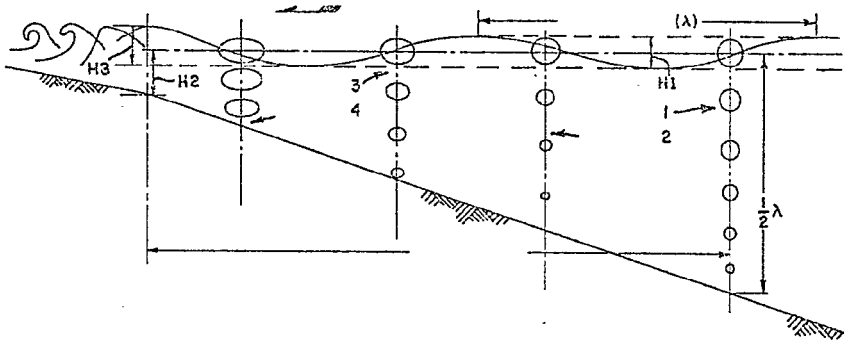


FIG 24

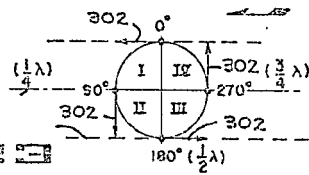


FIG 25

ALLEN & UNWIN  
 (INC.)

-5 JUN



FIG. 25

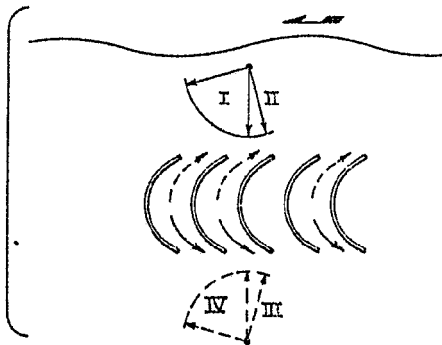


FIG. 28

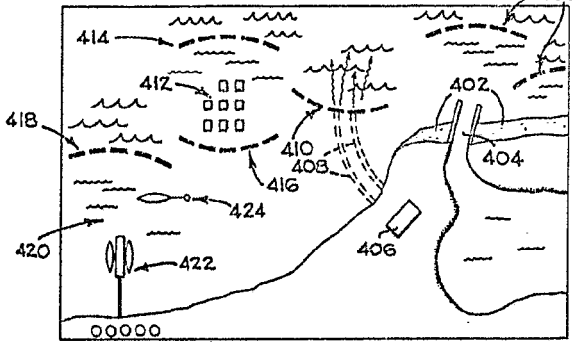


FIG. 26

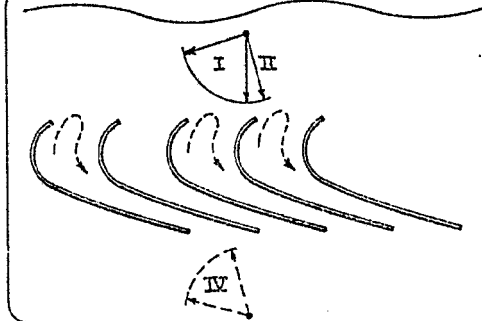
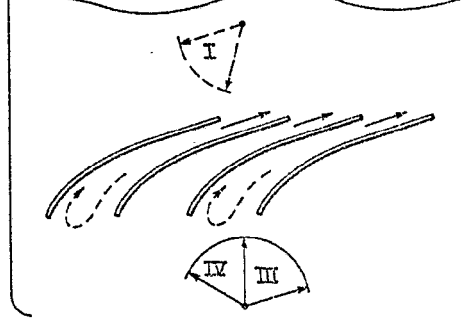
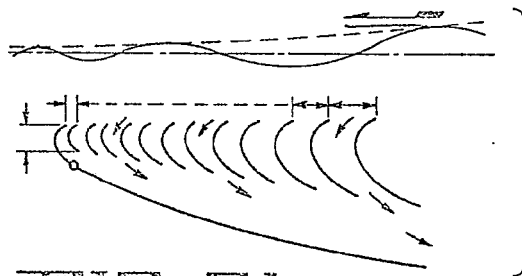
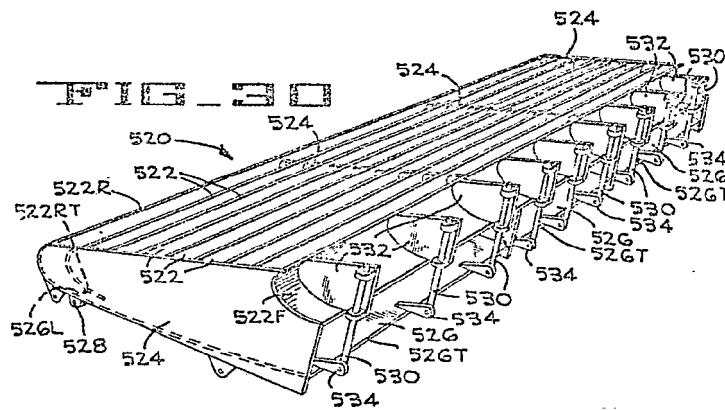
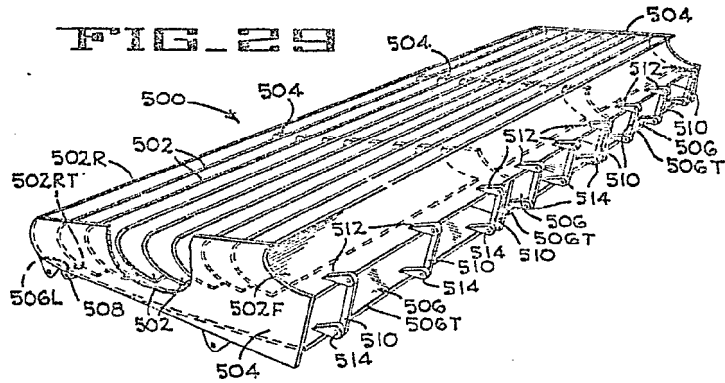


FIG. 27



*Handwritten signature or initials, possibly 'C.W.' or similar, with some faint text above it.*



Alberto de Elnaburo  
*Alberto de Elnaburo*