

PATENTE DE INVENCION

ESPIGÓN MODULAR Y MÉTODO PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN COSTERA

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere, en términos generales, al desarrollo de diseños en el ámbito de la ingeniería civil. Más concretamente, la invención se refiere al diseño de un espigón modular y un método para el control de la erosión costera.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En los litorales, la mejor forma de defensa natural contra la erosión es la presencia de playas las cuales absorben de manera eficiente la energía que poseen las olas del mar.

15

Sin embargo, a lo largo de muchas costas, se presenta el fenómeno de deriva litoral que consiste en el desplazamiento de sedimentos tales como arenas, gravas, guijarros, etc., a lo largo de la costa y lo cual se produce por la influencia de la dirección del viento predominante, el reflujo y las corrientes litorales. La deriva litoral provoca que la playa comience a escasear en ciertos lugares y a su vez problemas de erosión de la tierra que se encuentra tras las zonas de playa.

20

Los litorales que presentan erosión y que representan la línea de la playa, causan riesgos ambientales y económicos notables en numerosas zonas costeras. Si bien la erosión costera es un fenómeno natural que siempre ha existido, hoy día se ha intensificado en medida considerable por causa de las actividades humanas.

25

La alimentación masiva con arena en los litorales erosionados ha sido una solución convencional contra el problema de la erosión costera en términos de seguridad y reducido impacto ambiental, pero no es una solución económica.

30

Los tipos de sedimentación pueden generar los aumentos de los costos de inversión y todo proyecto en la actualidad no puede asegurar la viabilidad técnica por los aspectos dinámicos del mar a través de los años. Por eso se requiere de grandes inversiones que a la larga afectan el desarrollo de estos proyectos en muchos países.

35

Las estructuras duras como los espigones y los rompeolas han sido otra alternativa de solución pero no remedian la erosión de las dunas durante las condiciones de tormenta con altos niveles de sobretensión.

40

Las estructuras duras pueden conducir a un aumento de la variabilidad costera con tasas de recesión máximas mucho más grandes que la recesión costera inicial.

Modelos matemáticos detallados ahora están disponibles para determinar con suficiente precisión el impacto morfológico de varias estructuras duras.

5 Las estructuras de control de la erosión con espigones y diques son otra solución convencional. La combinación de estructuras y la adición de sedimentos son las respuestas más comunes a los riesgos causados por la erosión en playas.

10 Los pilotes hidráulicos son otra solución y están conformados por pilotes de madera colocados en posición vertical sobre el sedimento (arena o fango) dejando un espaciado regular. Pueden instalarse en la playa en paralelo o perpendicular a la costa, normalmente a varias decenas de metros. Estas construcciones permeables se utilizan para disipar la energía de las olas sobre la playa, limitando así el transporte de sedimentos y favoreciendo la estabilidad de la playa.

15 Los espolones de madera son elaborados de maderas tropicales duras que son más resistentes a la polilla de mar y la erosión. Se construye en ángulos rectos a la orilla y espaciados alrededor de 50-100 metros de distancia. Estos pueden tener una vida de 15 a 20 años, pero a menudo tienen que ser reemplazados en lugar de repararlos.

20 Los espolones de escolleras son estructuras diseñadas para atrapar la arena en movimiento. Son bajos muros contruidos perpendicular a la línea de costa que se extienden hacia fuera en el agua. Su función principal es promover playa acumulación al atrapar arena o ralentizar su movimiento a lo largo de la playa. Están contruidos con piedra o concreto.

25 Construir un espigón es un proyecto relativamente costoso porque implica la realización de estudios ambientales, técnicos y financieros previos ocasionando demoras en la ejecución del proyecto mucho más de lo estimado y dejando como pérdida millares de metros lineales de playa todos los años.

30 En la actualidad, los espigones convencionales presentan problemas adicionales ya que un espigón no soluciona sino que desplaza aguas abajo el problema de la erosión de la zona. Esta es la razón por la que los espigones se contruyen a menudo en series largas a lo largo de la línea de costa, conformando campos de espigón. A pesar
35 de ello, se continúan identificando problemas de erosión en las zonas posteriores donde se contruyen los campos de espigón.

En los espigones convencionales se debe definir de manera fija la longitud del espigón final, ya que esta dimensión debe ser determinada para el desarrollo de la obra de
40 ingeniería la cual está condicionada por la fisiograma del fondo marino. Este es uno de los problemas que genera la falta de material a los largo del litoral, ya que cuando se construye el espigón se debe esperar largos periodos de tiempo para que el material

que se va sedimentando, lo supere a lo largo del espigón instalado. La presente invención resuelve gran parte de estos problemas, ya que con esta última se van colocando módulos en diversos periodos de tiempo, para que el litoral cuente con material de sedimentación de una manera dinámica.

5

Otro problema de los espigones actuales es que no retienen eficientemente material, creándose una dinámica de erosión y acreación. Esto disminuye los tiempos de acreción del material que se acumula en los espigones.

10 En la actualidad también se utiliza diversos tipos de rocas de composición arenisca calcárea, tanto en la base como en la vista superior del espigón y la sedimentación de la bases de las mismas. Esto trae consigo problemas de cambio paisajístico y genera un impacto en proyectos recreacionales, turísticos en las zonas.

15 Otro de los problemas existentes en los espigones de estructura arenisca calcárea es su anchura, que debe ser como mínimo de 4 m para que los camiones puedan realizar las descargas del material. Esto es una inversión excesiva de tiempo y recursos pues no se requiere tanto material para hacer una intervención dinámica efectiva de las playas.

20

La búsqueda de soluciones efectivas sigue requiriendo el análisis de múltiples variables físicas presentes en el litoral, el entorno social, las normas estéticas, las normas de turismo, el impacto ambiental, los aspectos económicos, el mantenimiento, la vida útil y la facilidad de instalación y desinstalación de las estructuras.

25

En la patente No. 2,766,592 concedida en los Estados Unidos, se describen bloques artificiales para estructura expuestas a la acción del agua en movimiento. Estos bloques presentan una forma tridimensional con proyecciones separadas por porciones empotradas más amplias que las proyecciones de modo que las proyecciones empotradas pueden recibir las proyecciones de otros bloques cuando se encuentran apilados, promoviendo el entrelazado de los bloques.

30

En la patente No. 2,909,037 concedida en los Estados Unidos se describe un componente para rompeolas de escombros, el cual resiste las fuerzas cinéticas del agua pero que no posee proyecciones con puntas de cuña afiladas u otras proyecciones que tienen a desplazar los componentes adyacentes por acción de cuña o palanca.

35

En la patente No. 3,176,468 concedida en los Estados Unidos, se describe un bloque estable para la absorción de la energía del flujo del agua, tal como un cuerpo plano un cuerpo sustancialmente rectangular que tiene dos caras planas en lados opuestos del bloque y cuatro caras de borde alrededor de la periferia del bloque. El bloque posee

40

una apertura central que atraviesa desde una cara plana hasta la otra. Unas patas son localizadas en cada esquina de cada cara plana del cuerpo.

5 En la patente 3,368,357 concedida en los Estados Unidos, se describe una estructura para romper olas en la cual una pluralidad de bloques son dispuestos en forma de zigzag sobre una pendiente y donde cada bloque queda sobre dos miembros de columna paralelos en el que cada bloque descansa sobre dos miembros de columnas paralelas y se apoya entre los miembros de columnas de bloques adyacentes, de manera que los terceros miembros de columnas de los bloques se extienden por encima de la
10 pendiente en una relación paralela espaciada.

En la patente 3,759,043 concedida en los Estados Unidos, se describen unos moldes para la fabricación de bloques de hormigón disipadores de energía para obras fluviales y marinas, los cuales están compuestos por un conjunto de placas que entran en
15 contacto con el concreto, cada una con una forma geométrica simple. Varios tipos de moldes pueden obtenerse mediante la combinación de los platos. Los bloques de hormigón fabricados con los moldes divulgados se pueden combinar fácilmente para formar diseños geométricos regulares con porcentajes específicos de vacíos respectivamente, lo que resulta en su vasta aplicación en todo tipo de obras marinas y
20 fluviales.

En la patente 4,347,017 concedida en los Estados Unidos, se describe un bloque marino construido con dos cilindros extremos, de sección transversal circular, en una relación fija y espaciada unida integralmente por un cilindro central. Los cilindros
25 extremos son masivos y poseen una masa mucho mayor que la del cilindro central, el cual posee un diámetro menor que los cilindros extremos. Los cilindros extremos están dispuestos de manera que cuando uno está en una posición horizontal, el otro está en una posición vertical. Las dimensiones axiales de los cilindros extremos son menores que el total de la longitud del centro o del cilindro de conexión más los diámetros de los
30 dos cilindros extremos en las áreas de unión del cilindro de conexión al cilindro final.

En la patente 4,341,489 concedida en los Estados Unidos, se describe un conjunto de arrecife en alta mar que posee filas de miembros de arrecife de hormigón o de un material similar, con una configuración de cada uno de los miembros de arrecife que
35 con caras laterales inclinadas dispuestas en ranuras y nervaduras.

Los miembros del arrecife pueden formarse apilando bloques en forma de pirámides o conos. La interacción de las caras laterales inclinadas de los miembros de arrecife adyacentes con el agua que se mueve verticalmente causada por las ondas, disipa la
40 energía cinética del agua y da como resultado la deposición de arena y partículas en la parte inferior alrededor del ensamble del arrecife.

En la patente 5,620,280 concedida en los Estados Unidos, se describe una unidad de blindaje para proteger los bancos costeros, fluviales, lacustres y de lagos, las líneas costeras, de las fuerzas hidrodinámicas dañinas de las olas y las corrientes de agua. La unidad de blindaje posee un miembro alargado central que presenta un eje longitudinal y unos miembros alargados exteriores primero y segundo, conectados con el miembro alargado central en sus lados opuestos. Los miembros alargados exteriores primero y segundo poseen ejes longitudinales paralelos que se extienden normales al eje longitudinal del miembro alargado central. Los miembros alargados pueden tener cada uno una sección transversal octogonal que disminuye desde una parte intermedia hacia los extremos opuestos. Cuando una pluralidad de unidades se entrelaza para definir una matriz protectora, se proporciona un alto grado de acuífamiento entre los miembros octogonales.

En la patente 4,503,649 concedida en los Estados Unidos, se describe una estructura que consiste en bloques modulares para llevar a cabo rompeolas, presas en puertos y similares. Dichos bloques se fabrican con una mezcla standar e incluyen dos elementos de base: un elemento macho que tiene una forma cilíndrica y un ala dispuesta sustancialmente a la mitad del cuerpo cilíndrico provisto de una cavidad abierta dispuesta para abrazar el elemento cilíndrico de bloques similares; un elemento sustancialmente hembra que tiene dos cavidades abiertas dispuestas para abrazar el cuerpo cilíndrico de los primeros bloques para llevar a cabo un enclavamiento de los primeros bloques en toda la construcción.

En la patente 9,157,204 concedida en los Estados Unidos, se describe un sistema y un método para proporcionar flujo de agua y sedimentos a través de un embarcadero de roca, que incluye una pluralidad de componentes de recolección montados a lo largo de una cara delantera del embarcadero de roca. Cada componente de recolección posee una pluralidad de tuberías de flujo para recibir agua con sedimentos. Una tubería de flujo principal para recibir el flujo de la pluralidad de tuberías de flujo y para transportar agua y sedimentos a una distancia predeterminada para depositar en la parte posterior del embarcadero; un canal continuo montado en la cara delantera del embarcadero para capturar eficientemente el agua y los sedimentos en las entradas de la pluralidad de tuberías de flujo; y una pantalla de filtro que cubre la entrada del canal para permitir que el agua y los sedimentos fluyan hacia el canal y para evitar que entren rocas grandes y otros desechos.

En la patente 9,915,049 concedida en los Estados Unidos, se describen unidades de blindaje para estructuras de montículos de escombros, que incluyen rompeolas, revestimientos, espigones y similares. Las modalidades de realización son apropiadas para el blindaje de la estructura de los océanos, ríos, lagos y embalses, para evitar la erosión resultante de las fuerzas hidrodinámicas resultantes de las olas y las corrientes de agua y similares.

Una realización incluye una sección rectangular central, tres apéndices en forma de media “H”, unos apéndices, un fondo plano con dos extrusiones, nominalmente más pequeñas que los apéndices. Una realización es simétrica alrededor de dos planos verticales que se intersectan perpendicularmente y se extienden a través del centro de la unidad. Los tres miembros en forma de media “H” están conectados a las partes exteriores de un lado definido como la parte superior y los dos lados longitudinales de la sección central. Los tres miembros en forma de media “H” comprenden frusta de cuatro lados que se estrecha desde una base en la sección rectangular central hasta los extremos distales de cuatro lados. Para realizaciones particulares, los frusta son generalmente simétricos.

En la patente 9,903,080 concedida en los Estados Unidos, se describe un rompeolas modular conformado por una pared, una base unida a la pared y un anclaje unido a la base. La pared incluye un conjunto de orificios de disipación formados integralmente en la pared y un conjunto de orificios de paso formados integralmente en la pared. Las varillas estructurales de refuerzo se pueden incrustar en la pared, la base y el anclaje para proporcionar resistencia. Los orificios de montaje en la base permiten que la rotura de ola modular se asegure a una superficie de fondo de agua. Se pueden interconectar múltiples roturas de onda modulares para formar una sola ruptura de onda. La estructura de control de agua incluye un panel que comprende una pared, una base unida a la pared, un anclaje unido a la base y un orificio de flujo a través de la pared. Múltiples paneles están conectados en serie para crear una estructura de control de agua estanca.

En la patente 1,009,883 de Europa, se describe una invención que se refiere a un módulo de dique que puede llenarse con material de respaldo y para reforzar, ampliar, reparar y/o reconstruir un dique. Dicho módulo comprende un contenedor (10, 40, 50, 60) de longitud que varía entre 0,5 m y 500 m, y una altura que varía entre 0,25 m y 5 m, para recibir el material de respaldo y tener una superficie inferior apoyada en el subsuelo y dos superficies frontales (22) orientadas oblicuamente con respecto al frente marino. El módulo también comprende un dispositivo de cojinete para mantener el contenedor (10, 40, 50, 60) en condiciones de uso. La superficie inferior del contenedor (10, 20, 50, 50) tiene, al menos parcialmente, una forma flexible que le permite adaptarse al subsuelo, y el módulo dique tiene una abertura (36) orientada hacia arriba y / o una abertura (36) mirando hacia el mar para recibir el material de respaldo.

En la patente 1,232,130 de China, se describe un método de terraplén de doble dique, de alta seguridad para los diques de relleno sin carbón y las presas de relleno de cenizas de la planta de energía. La capa de drenaje (zanja de tubería ciega) se encuentra entre los diques llenos internos y externos que están embalados alternativamente, el cuerpo del dique interno se usa como cuerpo principal, el cuerpo

del dique externo se usa como cuerpo auxiliar, y el drenaje de la red de zanja ciega está dispuesto en la pendiente externa del cuerpo interno del dique.

A pesar de las propuestas arriba identificadas, todavía subsiste la necesidad de superar los problemas señalados anteriormente.

- 5 Por todo lo anterior, uno de los objetivos de la presente invención consiste en proporcionar una estructura flexible y robusta adaptable a la morfología particular de cada litoral, para reducir de manera muy eficiente la velocidad de la deriva litoral y construir playa para eliminar la erosión costera.

OBJETO DE LA INVENCION

- 10 El objeto de la presente invención es proporcionar una nueva y mejorada estructura para el diseño y construcción de rompeolas modulares para el control de oleaje, pérdida de sedimentación de playas y rompiente de olas, de modo que sea una tecnología de fácil fabricación in situ o en zonas especializadas de fabricación.
- 15 El objeto de la presente invención también abarca ofrecer un novedoso y efectivo método para el control de la erosión costera.

BREVE DESCRIPCION DE LA INVENCION

- 20 La presente invención corresponde a un espigón modular para el control de la erosión costera mediante la retención de arena, el cual comprende un conjunto de unidades modulares ensambladas consecutivamente mediante un mecanismo de ensamble macho-hembra, donde todas las unidades modulares son idénticas en términos de forma, configuración y dimensiones.

- 25 Las unidades modulares son armazones, que en una modalidad preferida de la invención poseen un espacio interior hueco, elaboradas en materiales poliméricos y fibra de vidrio. Se configuran como un cuerpo tridimensional o poliedro irregular que desde la vista superior e inferior posee forma de "Y" invertida. Cuando el espacio interior del armazón es hueco, se entiende que la forma de las unidades modulares es un poliedro irregular hueco.
- 30

- La invención también abarca un método para el control de la erosión costera junto a un lecho marino con agua de mar y material particulado alrededor de él, que comprende las siguientes etapas:
- 35

- a) Instalar en el suelo de una playa el espigón modular (E) con su eje longitudinal adentrándose hacia el mar mediante anclar una secuencia de unidades modulares (1) colocando el pico frontal (3) de cada unidad modular (1) en la dirección de la unidad modular (1) subsiguiente en contacto con la superficie posterior del cuerpo
- 40

central (3) y siguiendo la morfología de la costa, con las unidades modulares (1) semi-sumergidas en el oleaje, con una cara frontal general del espigón modular (E) orientada hacia el mar y la cara posterior general orientada hacia la playa seca.

- 5 b) Llenar cada unidad modular (1) a través de la válvula de alimentación (4b) con una suspensión acuosa compuesta de arena y agua, donde el agua sale de la unidad modular (1) a través de unas válvulas de purga (4c) y que cuentan con una malla retenedora de sedimentos (4c'') que impide la salida de la arena;
- 10 c) Sellar cada unidad modular (1) cerrando las válvulas de alimentación (4b) y válvulas de purga (4c) mediante las tapas (4b', 4c');
- 15 d) Enterrar en el lecho marino parte del espigón modular (E) como consecuencia del peso ejercido al llenar todas las unidades modulares (1) con arena y agua y la presión que realiza sobre el lecho marino.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La presente invención se entenderá de mejor manera con referencia a las figuras.

20

En las figuras que acompañan este documento se ilustra, a modo de ejemplo, una realización del aparato y el método de la invención, pero sin limitar su alcance. En tales figuras, los códigos de referencia indican elementos idénticos o similares.

- 25 La figura 1 presenta una vista isométrica del espigón modular de la invención con dos unidades modulares ensambladas a modo de ejemplo.

Las figuras 2 y 3 presentan otras vistas isométricas del espigón modular de la invención que resaltan el mecanismo de ensamble macho-hembra entre unidades modulares.

30

La figura 4 presenta una vista superior del espigón modular que permite apreciar la configuración simétrica sobre su eje longitudinal.

- 35 La figura 5 presenta una vista isométrica lateral de una unidad modular con sus secciones principales y que hace parte del espigón modular.

La figura 6 presenta una vista isométrica inferior de la unidad modular y que permite apreciar la configuración de las dentaduras de sierra.

- 40 La figura 7 presenta una vista isométrica superior de la unidad modular que hace parte del espigón modular, en donde se observan detalles de la válvula de alimentación, de la manija hembra de anclaje y de las válvulas de purga.

La figura 8 presenta una vista isométrica inferior de la unidad modular que hace parte del espigón modular en donde se observan detalles de las dentaduras de sierra, el dispositivo macho de anclaje y las muelas de empotrado.

- 5
- La figura 9 presenta una vista isométrica posterior de la unidad modular con una varilla estabilizadora incorporada en el conector para varilla.

La figura 10 ilustra un ejemplo de la disposición en costa de espigones modulares de la invención cuando son inicialmente instalados para su acción sobre la playa.

- 10
- La figura 11 ilustra un ejemplo de la disposición en costa de espigones modulares de la invención y su efecto sobre la configuración de la playa.

LISTADO DE LOS ELEMENTOS DEL INVENTO

- 15
- El siguiente listado corresponde al conjunto de elementos que hacen parte de la presente invención. Al frente de cada elemento se indica el código de referencia incluido en el juego de figuras para su fácil identificación.

20	Espigón modular	E
	Unidad modular	1
	Armazón	2
	Pico frontal	3
	Dispositivo macho de anclaje	3a
25	Dentaduras de sierra	3b
	Cuerpo central	4
	Manija hembra de anclaje	4a
	Válvula de alimentación	4b
	Tapa de la válvula de alimentación	4b'
30	Válvulas de purga	4c
	Tapa de válvula de purga	4c'
	Malla retenedora de sedimentos	4c''
	Alas	5
	Muelas para empotrado	5a, 5b
35	Conector para varilla	5c
	Varilla estabilizadora	5d
	Agarraderas desmontables	6

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Esta divulgación corresponde a la explicación detallada de algunas de las modalidades de la invención y no implica la limitación del alcance de la invención definida en las reivindicaciones.

Para una comprensión más completa de la presente invención, ahora se hace referencia a la siguiente descripción de un modo ilustrativo y no limitativo de la misma, tomada en conjunto con los dibujos acompañantes en los cuales los números de referencia indican elementos idénticos o semejantes en los dibujos correspondientes.

Para propósito de comprensión de la invención descrita, la expresión “espigón modular” define el invento como un conjunto de estructuras modulares interconectadas entre sí, el cual puede aumentar o disminuir de longitud según el ensamblaje de unidades modulares que se le adicionen o retiren, todo con fines de instalación en costas para control de la erosión.

La expresión “unidad modular” define la estructura unitaria que interconectada con otras semejantes conforman en conjunto el espigón modular.

La expresión “monolítico” hace referencia a una sola pieza sin uniones entre partes o secciones.

En términos generales y de acuerdo con las figuras 1 a 4, el espigón modular (E) de la invención está compuesto por un conjunto de unidades modulares (1) ensambladas consecutivamente mediante un mecanismo de ensamble macho-hembra, donde todas las unidades modulares son idénticas en términos de forma, configuración y dimensiones.

Únicamente a modo de ejemplo, las figuras 1 a 4 presentan un espigón modular (E) conformado por dos unidades modulares (1), sin embargo, esta no es una limitante de la invención ya que un espigón modular (E) puede estar conformado por una secuencia de 5, 10, 15, 20, 30, 40 unidades modulares (1) y más, según las necesidades de cada ubicación geográfica que debe ser tratada para solucionar el problema de erosión costera.

Tal como se observa en las figuras 1 y 5, una unidad modular (1) es un armazón (2) monolítico con una sección frontal denominada pico frontal (3), una sección central denominada cuerpo central (4) y dos secciones laterales denominadas alas (5).

En términos de la forma de una de las modalidades de la invención, la unidad modular (1) se configura como un cuerpo tridimensional o poliedro irregular hueco que desde

sus vistas superior e inferior presenta forma de “Y” invertida. En otras modalidades preferidas, el cuerpo tridimensional puede ser macizo, sólido en su totalidad, sin ningún tipo de hueco o espacio interior.

- 5 La cara que mira a la playa incluye además medios de retención de arena/disipación de las olas dispuestos en el mismo para acumular la arena de la playa.

La cara hacia el mar incluye además medios de dirección de las olas dispuestos en el mismo para dirigir las olas hacia los costados y los dos lados de las unidades
10 modulares (1) alejándose de la cara hacia la playa.

De acuerdo con la figura 6, el pico frontal (3) corresponde a una configuración semejante a la de un prisma cuadrangular el cual presenta un dispositivo macho de anclaje (3a) en su superficie frontal y presenta unas dentaduras de sierra (3b) en su
15 superficie inferior. Dicho pico frontal (3) puede poseer una amplia variedad de longitudes y cumple con la función de retención de sedimentos en sus dos caras laterales.

La cara frontal de la primera unidad modular (1) que mira hacia el mar cuando el
20 espigón modular (E) se encuentra completamente instalado, posee un patrón de disipación de energía de las olas del mar.

Las dentaduras de sierra (3b) en la superficie inferior corresponden a una superficie de anclaje al lecho marino, que puede variar su diseño y forma atendiendo a las
25 necesidades morfológicas del terreno del litoral costero donde se quiere desarrollar. Estas dentaduras evitan el movimiento indeseado de la unidad modular (1) hacia los laterales, adelante y atrás del punto de ubicación que se defina.

De acuerdo con las figuras 7 y 9, el cuerpo central (4) corresponde a una configuración
30 semejante a la de un prisma triangular el cual presenta en su superficie superior una válvula de alimentación (4b) con tapa (4b') y en su superficie posterior una manija hembra de anclaje (4a) y válvulas de purga (4c) con tapa (4c').

Las válvulas de purga (4c) poseen en su interior una malla retenedora de sedimentos
35 (4c'').

Las válvulas de purga (4c) de salida de agua, pueden tener un diámetro variado. Estas válvulas poseen unas tapas (4c') enroscables de un diámetro variado. La malla retenedora de sedimentos (4c'') también posee diámetro variado para la salida del agua
40 y retención de la arena contenida en la unidad modular (1).

De acuerdo con las figuras 8 y 9, las alas (5) poseen conectores para varilla (5c) y varillas estabilizadoras (5d) en su superficie superior y unas muelas para empotrado (5a, 5b) en su superficie inferior. Las alas (5) presentan una amplia variedad de longitudes y ángulos de amplitud con respecto al cuerpo central (4) y poseen una forma de prisma cuadrangular semejante a la del pico frontal (3).

Las alas (5) de las unidades modulares (1), especialmente las caras que miran hacia el mar, permiten en su conjunto un medio de disipación de olas, al disipar la energía cinética que poseen las ondas entrantes. También aumentan el efecto retardante sobre el flujo de retorno hacia el agua de mar buscando así retener la mayor cantidad de sedimento.

Las alas (5) también funcionan como rompientes de olas, elemento de control de oleaje en sus caras laterales y como sistema de captura de sedimento en su cara posterior.

La cara de las alas (5) contraria hacia el mar, que está dispuesta de manera perpendicular, busca la retención de sedimentos que son desplazados por el efecto de las olas. Estas caras de las alas (5) incluyen además medios de dirección de la onda dispuestos en la misma para dirigir las ondas hacia ambos costados de las unidades modulares (1) desde la cara hacia un lado de la playa.

Tanto el pico frontal (4) como las alas (5) de la unidad modular (1) presentan cada uno sustancialmente el mismo ancho y alto. La zona identificada desde el pico frontal (3) hasta el inicio de las alas (5) se describe como cuello de las unidades modulares (1).

Las muelas para empotrado (5a, 5b) se proyectan hacia abajo con una variedad de dimensiones y buscan generar estabilidad a todas las unidades modulares (1) del espigón modular (E).

En la cara superior de las alas (5) de cada unidad modular (1) existen aberturas con roscas identificadas como conectores para varilla (5c), los cuales permiten insertar las varillas estabilizadoras (5d) que funcionan como mecanismo de bloqueo y estabilización del módulo con respecto al lecho marino donde se instala el espigón modular (E). Las varillas atraviesan cada ala (5) hasta llegar al lecho marino a una profundidad determinada.

Cada unidad modular (1) también posee unas agarraderas desmontables (6), normalmente tres por cada unidad modular (1), ubicadas cada una de ellas en la cara superior del pico frontal (3) y en la cara superior de cada una de las alas (5). Estas agarraderas se retiran después de la instalación de las unidades modulares (1) de manera permanente.

El diseño de la construcción incluye un núcleo interno en forma de “Y” invertida, con una superficie de anclaje en la parte inferior, y una superficie lisa en la parte superior incluyendo sus caras. La forma general de cada unidad modular de la presente invención es de “Y” invertida y su amplitud y longitud son variables.

5

La extensión delantera que es el pico frontal (3) es longitudinal y consta de un sistema de anclaje en la parte posterior. Consta de una superficie plana que permite resistir a las presiones del agua por el impacto generado debido a las olas sobre las estructura del módulo.

10

La configuración en forma de “Y” invertida, permite que cada unidad modular (1) sea colocada de forma perpendicular al avance de las olas, donde las extinciones laterales permite generar un grado de estabilidad importante dentro del terreno.

15 El dispositivo macho de anclaje (3a) que se encuentra en la superficie frontal del pico frontal (3) se acopla a la manija hembra de anclaje (4a) situada en la superficie posterior de la unidad modular (1) subsiguiente. Las unidades modulares (1) están dispuestas de manera ordenada, cumpliendo con el número de módulos requerido para cada proyecto. Las alas (5) de cada unidad modular (1), en su parte posterior, permiten
20 desviar el impacto de la fuerza de las olas.

Un aspecto muy importante de la invención es la función que cumplen las alas (5) en sus caras interiores y la función que cumple el pico frontal (3), ya que permite la sedimentación de la arena sin que este material se desplace a lo largo del litoral.

25

Otro de los aspectos de gran importancia en esta invención es la integridad estructural, dado que la estructura modular permite asentarse a medida que la sedimentación del material particulado se acopla en las alas (5) del espigón modular y también se entierre por efectos mecánicos, hidráulicos y dinámicos del litoral.

30

Como complemento de lo anterior, el método de la invención es un método para el control de la erosión costera junto a un lecho marino con agua de mar y material particulado alrededor de él, que comprende las siguientes etapas:

35 a) Instalar en el suelo de una playa el espigón modular (E) con su eje longitudinal adentrándose hacia el mar mediante anclar una secuencia de unidades modulares (1) colocando el pico frontal (3) de cada unidad modular (1) en la dirección de la unidad modular (1) subsiguiente en contacto con la superficie posterior del cuerpo central (3) y siguiendo la morfología de la costa, con las unidades modulares (1)
40 semi-sumergidas en el oleaje, con una cara frontal general del espigón modular (E) orientada hacia el mar y la cara posterior general orientada hacia la playa seca.

b) Llenar cada unidad modular (1) a través de la válvula de alimentación (4b) con una suspensión acuosa compuesta de arena y agua, donde el agua sale de la unidad modular (1) a través de unas válvulas de purga (4c) y que cuentan con una malla retenedora de sedimentos (4c'') que impide la salida de la arena;

5

c) Sellar cada unidad modular (1) cerrando las válvulas de alimentación (4b) y válvulas de purga (4c) mediante las tapas (4b', 4c');

10 d) Enterrar en el lecho marino parte del espigón modular (E) como consecuencia del peso ejercido al llenar todas las unidades modulares (1) con arena y agua y la presión que realiza sobre el lecho marino.

La arena contenida dentro de las unidades modulares (1) cumple la función de lastre y composición estructural de los tales.

15

Se podrá recuperar las unidades modulares (1) mediante aplicar agua en la válvula de alimentación (4b), abriendo las válvulas de purga (4c) y retirando la malla retenedora de sedimentos (4c'') para que permita el paso del agua con la arena.

20 Tal como se puede apreciar en la figura 10, la instalación del espigón modular (E) de la presente invención se realiza de manera perpendicular a la línea de costa con el fin de proteger una sección de dicha línea de costa. Esta acción genera un bloqueo parcial del transporte litoral, por lo que la arena se acumula en el lado aguas arriba del espigón modular (ver figura 11).

25

Para evitar que la captura de la arena provoque un déficit en el presupuesto de la deriva del litoral, se coloca por ciclos de tiempo. Los ciclos de instalación evita la erosión correspondiente en el lado de sotavento de la estructura. Estos ciclos de tiempo permiten generar un tiempo de recuperación de arena en el litoral posterior a la

30 construcción de los espigones modulares.

Fabricación

La invención es una tecnología de fácil fabricación in situ o puede ser fabricado en

35 zonas especializadas para ese fin.

Las estructuras son unidades modulares fabricadas de concreto reforzado, elaboradas en módulos de acero cada 24 horas; cada módulo produce un molde de una sola pieza. El sistema de encoframiento y la formulación del concreto es un arte que se puede

40 modificar de acuerdo con las necesidades del proyecto. Su fabricación es rápida, lo que permite atender las necesidades de instalación del proyecto cumpliendo con todos los requerimientos técnicos.

El Cuadro 1 permite identificar variables importantes para la fabricación de la invención.

Cuadro 1. Variables para la fabricación de la invención

	Tipo de espigón	Espigón modular
5	Sistema de construcción	Materiales de construcción:
		Cemento especial para medio marino
		Aditivos
		Varilla de acero
10		Grava
		Arena
		Equipamiento:
		Molde de acero y fibra de vidrio
15		Equipo para instalación de los módulos
		Mezcladora de concreto
		Herramientas menores
	Sistema de estabilidad	Dos alas laterales que permite dar estabilidad a estructura
	Sistema de anclaje	Inherente en el diseño
20	Dimensiones	Eslora: 3 m
		Manga: 2 m
		Pultal: 1,5 m
		Francobordo: 40 cm máximo
25	Línea de flotación	Obra viva: 90 a 100 cm
		Obra muerta: 40 a 50 cm
	Peso	3 toneladas (3000 kg)

Efectos técnicos

Los siguientes son los efectos técnicos inesperados y sorprendentes que se logran con la presente invención a nivel hidráulico, estabilidad, logístico y económico:

- Flexibilidad de diseño porque permite estar acorde con las necesidades de construcción de un proyecto pues su costos de construcción e instalación son moderados y las actividades se pueden reprogramar de acuerdo con las necesidades de extensión de la longitud del espigón modular.
- Permite atrapar en cada ola los sedimentos que se movilizan por la dinámica de la playa.

- A medida que la dinámica del litoral se desarrolle, esta invención se va enterrando y solo dejando una pequeña pestaña.
- Disminuye los costos de instalación reemplazando el uso de rocas y sus altos costos logísticos y de instalación de las mismas.
- 5 - Diseño que permite mantenerse de una forma estable y representar una fracción del volumen instalados de material respecto a los actuales espigones de arenisca calcárea.
- La invención permite generar refracciones a la incidencia de las olas y adsorción de las difracciones que trae consigo en el rompimiento de las olas en el litoral,
- 10 esto permite que el proceso dinámico del litoral sea utilizado para recuperación y estabilización del mismo.
- Facilidad de transporte: Se puede transportar de manera rápida pues por su sistema de construcción modular, se puede transportar desde un punto de fabricación hacia la costa donde se desarrollara el proyecto.
- 15 - Fabricación in situ: Si la distancia donde se fabrica lo espigones modulares es considerable, se puede colocar una unidad de fabricación cercana a la playa donde se desarrollarán los trabajos.
- Almacenamiento: No genera ningún inconveniente de almacenamiento pues se puede apilar en vista de su diseño modular.
- 20 - Ahorros en los costos de instalación: Genera grandes ahorros comparados con los sistemas tradicionales actuales.
- Flexibilidad: se pueden retirar de acuerdo con el ciclo de trabajo, permitiendo ser una obra reversible.
- Evita el uso de escolleras: El uso de escollera en estos espacios sensibles y la
- 25 difícil reversibilidad de las construcciones marítimas tradicionales tienden a generar conflictos de sostenibilidad.
- Diseño modular: Permite construir módulos estandarizados.
- Reutilización: La invención puede ser retirada cuando el ciclo de trabajo haya terminado y ser reutilizados en otras áreas donde se requiera la remediación de
- 30 la playa.
- Evita el encajonamiento de la playa: algunas playas donde se han construido espigones de larga dimensiones, se presenta un problema de encajonamiento de la playa, generando retención de algas, basura, residuos vegetales entre otros.
- 35 - Grado de dureza: El grado de dureza de acuerdo con la afectación de su instalación.
- Eficiencia: La eficiencia de un campo de espigón modular como una medida de protección dependerá de la longitud de los espigones relativos a la anchura de la zona del litoral, la cantidad espigones requeridos, el espaciamiento de los
- 40 espigones, la aplicabilidad de los ciclos de recuperación, la funcionalidad de espigón modular.

Análisis comparativo

A continuación se presenta una comparación técnica entre el espigón convencional construido con escolleras y el espigón modular de la presente invención. El Cuadro 2 facilita esta comparación.

Cuadro 2. Comparativo entre las ventajas de los espigones convencionales y el de la invención

		Grado de dureza	Longitud	Trabajo por ciclos de recuperación	Ventajas	Inconvenientes
	Espigones con escolleras	Medio	Decenas de metros	No	Creación de tómbolos y playas encajadas	Alteración del paisaje, difícil Reversibilidad
	Espigón modular de la invención	Muy Bajo	metros	Sí	Ciclos de recuperación, fácil Reversibilidad	Mínima alteración del paisaje

* * * * *

RESUMEN

La presente invención se refiere, en términos generales, al desarrollo de diseños en el ámbito de la ingeniería civil, particularmente, en el campo de aparatos para el control de la erosión costera.

La invención es un espigón modular para el control de la erosión costera mediante la retención de arena, el cual comprende un conjunto de unidades modulares ensambladas consecutivamente mediante un mecanismo de ensamble macho-hembra, donde todas las unidades modulares son idénticas en términos de forma, configuración y dimensiones.

En la modalidad preferida de la invención, las unidades modulares son armazones con espacio interior hueco, elaboradas en materiales poliméricos y fibra de vidrio. Se configuran como un cuerpo tridimensional o poliedro irregular preferiblemente hueco, que desde la vista superior e inferior posee forma de “Y” invertida.

La invención también abarca un método para el control de la erosión costera junto a un lecho marino con agua de mar y material particulado alrededor de él, que comprende las siguientes etapas:

- a) Instalar en el suelo de una playa el espigón modular (E) con su eje longitudinal adentrándose hacia el mar mediante anclar una secuencia de unidades modulares (1) colocando el pico frontal (3) de cada unidad modular (1) en la dirección de la unidad modular (1) subsiguiente en contacto con la superficie posterior del cuerpo central (3) y siguiendo la morfología de la costa, con las unidades modulares (1) semi-sumergidas en el oleaje, con una cara frontal general del espigón modular (E) orientada hacia el mar y la cara posterior general orientada hacia la playa seca.
- b) Llenar cada unidad modular (1) a través de la válvula de alimentación (4b) con una suspensión acuosa compuesta de arena y agua, donde el agua sale de la unidad modular (1) a través de unas válvulas de purga (4c) y que cuentan con una malla retenedora de sedimentos (4c'') que impide la salida de la arena;
- c) Sellar cada unidad modular (1) cerrando las válvulas de alimentación (4b) y válvulas de purga (4c) mediante las tapas (4b', 4c');
- d) Enterrar en el lecho marino parte del espigón modular (E) como consecuencia del peso ejercido al llenar todas las unidades modulares (1) con arena y agua y la presión que realiza sobre el lecho marino.

* * * * *

REIVINDICACIONES

1. Un espigón modular (E) para el control de la erosión costera, **que comprende:**

Un conjunto de unidades modulares (1) ensambladas consecutivamente mediante un mecanismo de ensamble macho-hembra, cuyas unidades modulares (1) son de forma y configuración idéntica entre sí; cada una de dichas unidades modulares (1) es un armazón (2) con un pico frontal (3) como sección frontal, un cuerpo central (4) como sección central y alas (5) como secciones laterales.

2. El espigón modular (E) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el armazón (2) es monolítico y hueco en su interior.
3. El espigón modular (E) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde cada unidad modular (1) es un poliedro irregular hueco que presenta forma de “Y” invertida en sus caras superior e inferior.
4. El espigón modular (E) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el pico frontal (3) posee forma de prisma cuadrangular hueco que presenta un dispositivo macho de anclaje (3a) en su superficie frontal y presenta unas dentaduras de sierra (3b) en su superficie inferior.
5. El espigón modular (E) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el cuerpo central (4) posee una forma de prisma triangular hueco en cuya superficie superior posee una válvula de alimentación (4b) con tapa (4b') y en su superficie posterior posee una manija hembra de anclaje (4a) y válvulas de purga (4c) con tapa (4c') enroscable exterior y una malla retenedora de sedimentos (4c'') en su interior.
6. El espigón modular (E) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el mecanismo de ensamble macho-hembra entre unidades modulares (1) está conformado por el dispositivo macho de anclaje (3a) y la manija hembra de anclaje (4a) vinculados entre sí.
7. El espigón modular (E) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las alas (5) poseen una forma de prisma cuadrangular, poseen conectores para varilla (5c) y varillas estabilizadoras (5d) en su superficie superior y unas muelas para empotrado (5a, 5b) en su superficie inferior.
8. El espigón modular costero de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la cara hacia el mar de las alas (5) incluye además medios de dirección de la onda dispuestos en la misma.

9. El espigón modular costero según la reivindicación 1, además cuenta con unas agarraderas desmontables (6) en la cara superior del pico frontal (3) y en la cara superior de cada una de las alas (5).
10. El espigón modular (E) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las unidades modulares (1) son de materiales seleccionados del grupo consistente en fibra de vidrio, polímeros y concreto reforzado.
11. El espigón modular según la reivindicación 1, en donde la cara frontal de la primera unidad modular (1) que mira hacia el mar está provista de un patrón de disipación de energía de las olas.
12. Un método para el control de la erosión costera junto a un lecho marino con agua de mar y material particulado alrededor de él, **que comprende** las siguientes etapas:
 - a) Instalar en el suelo de una playa el espigón modular (E) con su eje longitudinal adentrándose hacia el mar mediante anclar una secuencia de unidades modulares (1) colocando el pico frontal (3) de cada unidad modular (1) en la dirección de la unidad modular (1) subsiguiente en contacto con la superficie posterior del cuerpo central (3) y siguiendo la morfología de la costa, con las unidades modulares (1) semi-sumergidas en el oleaje, con una cara frontal general del espigón modular (E) orientada hacia el mar y la cara posterior general orientada hacia la playa seca.
 - b) Llenar cada unidad modular (1) a través de la válvula de alimentación (4b) con una suspensión acuosa compuesta de arena y agua, donde el agua sale de la unidad modular (1) a través de unas válvulas de purga (4c) y que cuentan con una malla retenedora de sedimentos (4c'') que impide la salida de la arena;
 - c) Sellar cada unidad modular (1) cerrando las válvulas de alimentación (4b) y válvulas de purga (4c) mediante las tapas (4b', 4c');
 - d) Enterrar en el lecho marino parte del espigón modular (E) debido al peso ejercido al llenar todas las unidades modulares (1) con arena y agua y la presión que realiza sobre el lecho marino.

* * * * *