

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 740 832**

51 Int. Cl.:

E02B 5/08 (2006.01)

E02B 3/02 (2006.01)

E02B 8/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.03.2014 PCT/IB2014/059684**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14141096**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2014 E 14719086 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 2971368**

54 Título: **Estructura de contención de detritos de una corriente**

30 Prioridad:

15.03.2013 IT TO20130200

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

06.02.2020

73 Titular/es:

**OFFICINE MACCAFERRI S.P.A. (100.0%)
Via Kennedy, 10
40069 Zola Predosa (BO) , IT**

72 Inventor/es:

ARMANINI, ARONNE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 740 832 T3

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

DESCRIPCIÓN

Estructura de contención de detritos de una corriente

Campo de la invención

La presente invención se refiere a una estructura de contención de detritos de una corriente.

- 5 En la presente memoria se hace referencia, en particular, pero no exclusivamente, a estructuras de contención de detritos (diques de consolidación) que han de ser construidos a lo largo de cursos de agua en presencia de considerable transporte de sólidos (flujos de detritos, flujos de lodo y corrientes hiperconcentradas) y/o de material vegetal flotante de gran tamaño.

Problema técnico general

- 10 Las estructuras que se proporcionan para contener detritos en corrientes son normalmente diques de consolidación, es decir, trabajos de ingeniería hidráulica que se establecen a través del canal de un curso de agua, en el cual se encuentran y se diseñan para reducir el transporte de carga sólida por el curso de agua antes mencionado, ya sea éste un torrente o un río, creando un depósito de sedimentos o sólidos aguas arriba de los mismos.

- 15 Los diques de consolidación clásicos se pueden construir de mampostería, tierra, madera y gaviones, es decir, recipientes de metal rellenos de escollera, tal como guijarros y piedras.

- 20 Los diques de consolidación anteriores están constituidos por una pared con una sección transversal generalmente trapezoidal que tiene una cara aguas arriba que es frecuentemente vertical, y unos cimientos (colocados bajo tierra) en el lecho y en las márgenes, con la pared que está dentada en las márgenes. La sección de flujo se conoce también como "presa", es generalmente trapezoidal, y se sitúa en la parte central del trabajo de ingeniería. En cambio, las partes de la pared que desde la presa se extienden hasta las márgenes se conocen como "alas". Estas alas tienen generalmente una ligera inclinación, por ejemplo 10°. La tarea de la presa es contener el curso de agua en las condiciones normales de flujo, evitando de este modo que la corriente erosione posiblemente las márgenes del trabajo de ingeniería o posiblemente lo eludan. El propósito primario de un dique de consolidación clásico es corregir la pendiente natural del lecho en el que se construye, una vez que se sedimenta, es decir, una vez, aguas arriba del mismo, que el espacio disponible está completamente ocupado por el material sólido transportado que llega desde aguas arriba.

- 25 También se conocen diques de consolidación selectivos que se hacen de una forma similar a los diques de consolidación clásicos, pero tienen la tarea, no de corregir la pendiente del lecho en el que se insertan, sino más bien de retener el material de tamaño de partículas más gruesas que llega desde aguas arriba cuando el curso de agua está en condiciones de alto flujo o inundación. Para cumplir esta función, la presa se sustituye por una sección de flujo, o abertura, las dimensiones de la cual dependen del tamaño de la partícula del material que se ha de contener. La abertura se puede hacer de varias formas; se puede constituir mediante un corte largo simple, o bien mediante una rejilla de acero (horizontal o vertical).

- 30 Es conocido usar como presas selectivas, vallas de captura de redes de cerco o mallas de alambre, es decir, barreras elásticas constituidas por redes o mallas de anillos metálicos, que permiten el flujo del agua. Por ejemplo, la firma Geobruigg produce barreras de valla para la protección contra flujos de detritos que tienen una disposición en forma de ala de cuerdas de apoyo superior que determina una sección de flujo claramente definida.

- 35 Las barreras de red de cerco antes citadas funcionan según el criterio de un tamiz mecánico y presentan el inconveniente de llenarse completamente en la fase de inundación inicial de la corriente y, por lo tanto, de no ejercer laminación durante el pico de inundación.

El documento JP2005/201019 describe una presa de control de erosión de tipo permeable para ser instalada en un canal, que comprende paredes en forma de rejilla y una red unida a la parte superior de una de las paredes en forma de rejilla.

- 40 El documento DE-1941076-A1 describe una estructura para contener detritos en una corriente según el preámbulo de la reivindicación 1.

El objeto de la presente invención es superar los inconvenientes de la técnica anterior y, en particular, indicar una estructura de contención de detritos de una corriente que no se llena completamente en la fase de inundación inicial de la corriente y, de este modo, ejerce una laminación durante el pico de inundación.

- 45 El objeto de la presente invención se logra mediante una estructura que tiene las características que forman el objeto de las reivindicaciones subsiguientes, que forman una parte integral de la enseñanza técnica proporcionada en la presente memoria en relación con la invención. El objeto de la invención es también un método correspondiente para contener detritos en corrientes.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá ahora con referencia a las láminas de dibujos anexas, que se proporcionan únicamente a modo de ejemplo no limitativo y en las cuales:

- 5 - Las Figuras 1a, 1b y 1c son ilustraciones esquemáticas, a saber, una vista en planta superior, una vista frontal y una vista en sección transversal, respectivamente, de una primera realización de la estructura de contención de detritos de una corriente según la invención;
- Las Figuras 2a, 2b y 2c son ilustraciones esquemáticas, a saber, una vista en planta superior, una vista frontal, y una vista en sección transversal, respectivamente, de una segunda realización de la estructura de contención de detritos de una corriente según la invención;
- 10 - Las Figuras 3a, 3b y 3c son ilustraciones esquemáticas, a saber, una vista en planta superior, una vista frontal y una vista en sección transversal, respectivamente, de una tercera realización de la estructura de contención de detritos de una corriente según la invención;
- Las Figuras 4a, 4b son ilustraciones esquemáticas, a saber, una vista en planta superior y una vista frontal, respectivamente, de una cuarta realización de la estructura de contención de detritos de una corriente según la invención;
- 15 - Figuras 5a, 5b son ilustraciones esquemáticas, a saber, respectivamente una vista en planta superior y una vista frontal, de una quinta realización de la estructura de contención de detritos de una corriente según la invención;
- Las Figuras 6a, 6b son ilustraciones esquemáticas, a saber, una vista en planta superior y una vista frontal, respectivamente, de una sexta realización de la estructura de contención de detritos de una corriente según la invención;
- 20 - La Figura 7 es una vista esquemática de una estructura de contención de detritos de una corriente según la invención, en la que se indican las cantidades usadas en el método de contención de detritos correspondiente; y
- Las Figuras 8, 9 y 10 son diagramas que representan la capacidad de contención de la estructura según la invención en diferentes realizaciones y condiciones de flujo.

25 Descripción detallada de la invención

En resumen, se proponen estructuras en la presente memoria que están configuradas para permitir el paso de la descarga de sólidos durante la fase inicial y la fase final de la ola de inundación y son capaces de contener el material durante el pico de inundación, ejerciendo un efecto de laminación de la descarga de sólidos, reduciendo de este modo el valor del pico de inundación; es decir, el mecanismo de intercepción del material sólido es de naturaleza hidrodinámica y no de un tipo tamiz mecánico.

En particular, la estructura según la invención está constituida por un dique de consolidación con un corte largo horizontal. El corte largo horizontal antes mencionado se sitúa en la parte inferior del dique de consolidación, es decir, en la parte inferior de la sección de flujo. Más específicamente, la sección de flujo es sustancialmente trapezoidal, está delimitada en su extensión horizontal por paredes laterales, y comprende una parte superior y una parte inferior. La parte superior de la sección de flujo comprende una estructura para retener el material que llega desde aguas arriba, que en particular está configurada para interceptar el material en condiciones de alto flujo o inundación del vapor y se extiende horizontalmente entre las paredes laterales. En particular, según una versión preferida de la invención, la estructura de retención antes citada está constituida ventajosamente por una red, hecha de malla de alambre o de anillos elásticos u obtenida con cuerdas, y no se construye como una pared completa. La parte inferior de la sección de flujo corresponde al corte largo horizontal y se extiende verticalmente entre el borde inferior de la estructura de retención y el lecho del curso de agua o una losa que cubre el lecho antes citado. La altura del corte largo horizontal antes citado con respecto al lecho o a la losa se dimensiona para realizar la acción de retención como una función del depósito que se pretende obtener aguas arriba y de las características hidrodinámicas y del transporte de sedimentos de la corriente, según el método descrito en detalle en lo sucesivo, con referencia a las Figuras 7, 8, 9 y 10.

Ventajosamente, la estructura de contención hidráulica según la invención implica costes y tiempos de construcción que son más bajos que los de un dique de consolidación hecho totalmente de hormigón. Difiere de los diques de consolidación de alambre tejido y los diques de consolidación de red de cerco precisamente a cuenta de la presencia de la abertura inferior, o la parte inferior de la sección de flujo, que tiene el propósito de:

- 50 - permitir el paso de la parte inicial de la descarga de sólidos, que otorga tras una agrupación de estas estructuras construidas en sucesión a lo largo del curso de agua, una capacidad de laminación efectiva;
- permitir una mayor capacidad de limpieza automática (que está ausente en los diques de consolidación de red tradicionales) en comparación con los diques de consolidación de corte largo vertical rígidos; de hecho, la abertura horizontal reduce considerablemente la posibilidad de obstrucción; y

- reducir los costes y tiempos de construcción.

Según el requisito de laminación particular, el corte largo horizontal puede ocupar toda la anchura del lecho o canal o, si no, solo una parte de ella (abertura de anchura parcial).

5 La parte rígida del dique de consolidación se puede construir de hormigón armado, gaviones en forma de caja y vigas de acero.

La sección de flujo del dique de consolidación se puede construir de hormigón, ya sea revestido o sin acero, o bien de cantos rodados o rocas firmemente unidas.

10 En lo que sigue, representados en las Figuras 1, 2 y 3 están diques de consolidación en los que el corte largo horizontal ocupa la anchura completa del lecho, mientras que representados en las Figuras 4, 5 y 6 están diques de consolidación de anchura parcial, en los que el corte largo horizontal ocupa sólo una parte del lecho.

Representada en la Figura 1 está una estructura de contención de dique de consolidación 10 con corte largo horizontal de anchura completa y malla de alambre.

15 Apareciendo, en particular, en la Figura 1a, es una vista en planta superior del lecho 12 de un curso de agua 11. Designadas por el número de referencia 13 están las márgenes del curso de agua 11. Una flecha 14 indica el flujo de agua y su dirección correspondiente. La estructura de dique de consolidación 10 comprende paredes laterales 15 con una sección transversal trapezoidal y con una cara aguas arriba vertical, que se extienden hasta el límite del lecho 12 y definen entre ellas una presa trapezoidal 20, donde el lado menor del trapecio corresponde al lecho del curso de agua 12. Por razones estáticas, la cara aguas arriba también podría estar inclinada alternativamente. El lado menor antes citado de la presa 20 está cubierto con una losa 21. En la vista frontal de la Figura 1b, se puede apreciar mejor cómo las paredes laterales 15 también tienen un lado superior 15a sustancialmente horizontal, aunque ligeramente inclinado, y un lado de la corriente 15b, correspondiente al lado oblicuo del trapecio definido por la presa 20. Extendiéndose desde el borde 15c formado por el lado superior 15a y por el lado de la corriente 15b, en una parte superior de la presa 20, está una estructura de retención representada por una malla de alambre 17, que también es trapezoidal, pero tiene una altura hr menor que la altura hg de la presa 20, de modo que, definida entre la losa 21 y la malla 17, en una parte inferior de la presa 20, está una abertura 30 que tiene una altura a ($a = hg - hr$) Extendiéndose a lo largo del lado mayor, superior, de la malla 17, desde los bordes 15c, está una cuerda 16 para enganchar la malla 17, que está protegida y reforzada, es decir, dimensionada para absorber los empujes aplicados sobre la red, en particular el empuje estático y dinámico ejercido por la deposición de material, junto con el empuje hidrostático en el caso en el que la red esté más o menos obstruida. Proporcionado en las alas 15 e incrustado en el hormigón que forma las alas 15 antes citadas están dos pernos de anclaje 18. En general, los pernos de anclaje pueden, por supuesto, sumar más de dos. La altura a de la abertura 30 es, por ejemplo, mayor que 1 m; no obstante, en la secuela del presente descripción se proporcionarán indicaciones para dimensionar la altura a antes citada de la abertura 30. Ilustrada en la Figura 1c está una sección transversal lateral del dique de consolidación 10, a partir de la cual se apreciará cómo las paredes laterales 15 tiene la forma antes mencionada de un trapecio recto con el lado aguas arriba vertical.

20
25
30
35

Las Figuras 2a, 2b y 2c ilustran, en vista en planta superior, en vista frontal y en vista de sección transversal, respectivamente, una estructura de dique de consolidación de anchura completa 110. En este caso, la presa 20 comprende una losa 121 revestida por una placa de acero, mientras que se usa una malla de anillo elástica 117.

40 Las Figuras 3a, 3b y 3c ilustran, en una vista en planta superior, en una vista frontal, y en una vista en sección transversal, respectivamente, una estructura de dique de consolidación de anchura completa 210. En este caso, se usa una malla 217 hecha de cuerdas. La presa 20 comprende una losa 221 de rocas o cantos rodados 221a reforzada por postes o pilas 221b dirigidos dentro del lecho.

45 Las Figuras 4, 5 y 6 se muestran en dos vistas, esto es, una vista en planta superior y una vista frontal, una variante de una estructura de dique de consolidación de anchura parcial. Ilustrada en las Figuras 4a y 4b está una estructura 310 que comprende las paredes laterales 315 extensas, es decir, paredes que se extienden desde las márgenes del curso de agua 11 hasta dentro del lecho 12, en lugar de detenerse sustancialmente en el límite del lecho 12, definiendo de este modo una presa 320, y una abertura correspondiente 330, que tiene una anchura menor que la anchura del lecho 12. Extendiéndose en la presa 320 está una malla 17 de malla de alambre.

50 Ilustrada en las Figuras 5a y 5b está una estructura 410 con paredes laterales 315 extensas y una malla de anillo 117.

Ilustrada en las Figuras 6a y 6b está una estructura 510 con paredes laterales 315 extensas y una malla de cuerda 118.

55 La abertura 30 (o 330), que tiene una altura a , dejada libre por debajo de la malla 17 de la Figura 1, o 117 y 217 en las otras realizaciones representadas, controla un valor de altura Y_{sm} del depósito controlado 25 en una sección aguas arriba 28 de la estructura de dique de consolidación 10, como se ilustra en la Figura 7.

La altura a de la abertura 30 se puede dimensionar en función de una altura Y_{sm} del depósito 25 que se pretende obtener aguas arriba de la estructura de dique de consolidación 10 en condiciones de flujo de inundación de diseño (descarga de líquido y descarga de sólidos).

5 Descrito en detalle en lo que sigue está un procedimiento de cálculo del valor a de la abertura 30 que se puede usar en un método de contención de detritos de una corriente que emplea una estructura de contención según la invención.

En el procedimiento anterior, se asume inicialmente una obstrucción total de la malla 17, y se calcula el depósito 25 correspondiente. En esta condición, la malla 17 se puede comparar con una placa impermeable. Luego se muestra cómo la permeabilidad efectiva de la malla 17 conduce en cualquier caso a una mejora funcional de la estructura de dique de consolidación según la invención. La estructura según la invención, en comparación con una estructura de dique de consolidación de corte largo horizontal totalmente impermeable, donde, en lugar de la malla 17, 117 o 217 está presente una losa de hormigón armado o placa de acero, a través de la adopción de una parte parcialmente permeable como la que se puede obtener con una red, resulta ventajoso, no solamente con respecto a su coste, sino también debido a la mejora de las condiciones de laminación. Sin desear estar necesariamente atados a ninguna hipótesis específica, en cualquier caso es razonable suponer que en la fase inicial de inundación la malla 17, 117 o 217 permanecerá libre de cualquier material que pudiera obstruirla de modo que se reduzca la cantidad de depósito, dejando de este modo un mayor volumen libre para el depósito de detritos durante la fase aguda de la inundación a favor del proceso de laminación durante el paso del pico de la inundación. En el paso del pico de descarga, en el caso de flujo de detritos o de corrientes hiperconcentradas, cuando la malla 17 se pone a prueba directamente por el frente del flujo de detritos, es razonable en su lugar imaginar que la malla 17 perderá su permeabilidad. El grado de obstrucción también se puede determinar simplemente por la cantidad de material flotante que se acumula.

De este modo, ahora se calcula el valor Y_{sm} de la cantidad máxima de depósito 25 aguas arriba de la estructura 10 en condiciones de total obstrucción de la malla 17, y luego se muestra que el valor Y_{sm} del depósito antes citado es menor si, en su lugar, una parte del flujo de líquido consigue pasar a través de la malla 17.

Se enfatiza que en cualquier caso el procedimiento de dimensionamiento de las estructuras de dique de consolidación que se describen en la presente memoria se puede, en general, aplicar también a diques de consolidación de corte largo horizontal construidos totalmente usando materiales rígidos.

En cuanto al depósito en movimiento uniforme, y por lo tanto en ausencia de filtración a través de la malla 17, sobre la hipótesis de que la malla 17 antes citada esté obstruida por el material transportado, el depósito aguas arriba de un dique de consolidación de corte largo horizontal como la estructura 10 se puede calcular imponiendo la conservación de masa y energía mecánica entre una sección cerca de la estructura de dique de consolidación, donde, para el caudal de diseño, el depósito asume el valor máximo Y_{sm} , como se ilustra en la Figura 1, y una sección de vena contracta 26 aguas abajo del dique de consolidación 10. Para una primera aproximación es justo suponer que la pérdida de energía entre estas dos secciones es insignificante.

Con referencia al esquema de la Figura 7, indicados en el cual están el valor máximo Y_{sm} del depósito 25, la velocidad aguas arriba del flujo de agua 14 U_m , y la cabeza hidráulica aguas arriba h_m , a partir de la relación de conservación de la masa líquida tenemos

$$h_m U_m = a C_c U_c \quad (1)$$

40 donde U_c es la velocidad del flujo de agua en la sección de vena contracta 26 aguas abajo del dique de consolidación 10, y C_c es un coeficiente de contracción de la sección de vena contracta 26.

A partir de la conservación de la energía mecánica entonces tenemos

$$Y_{sm} + h_m + \frac{U_m^2}{2g} = a C_c + \frac{U_c^2}{2g} \quad (2)$$

Combinando las dos ecuaciones (1) y (2) obtenemos la siguiente relación adimensional

$$\frac{Y_{sm}}{h_m} = \frac{F_m^2}{2} \left(\left(\frac{h_m}{a C_c} \right)^2 - 1 \right) + \frac{a C_c}{h_m} - 1 \quad (3)$$

F_m es el número de Froude de la corriente que llega; es decir, $F_m = U_m / \sqrt{g h_m}$.

A partir de la ecuación (3) anterior surge que el valor a de la altura de la abertura es una función de un valor relativo de depósito máximo Y_{sm} aguas arriba del dique de consolidación. En un hecho real, la ecuación (3) expresa la

$$\frac{Y_{sm}}{h_m}$$

relación adimensional $\frac{Y_{sm}}{h_m}$ entre el valor del depósito máximo Y_{sm} y la cabeza hidráulica h_m en función de a . El valor a de altura de la abertura según la ecuación (3) se representa por una función que comprende como parámetros también el coeficiente de contracción C_c .

Una representación de la ecuación (3) se proporciona en el diagrama de la Figura 8, que muestra en forma

$$\frac{Y_{sm}}{h_m}$$

adimensional la variación del depósito máximo relativo Y_{sm} , es decir, la relación $\frac{Y_{sm}}{h_m}$, aguas arriba del dique de consolidación en función del número de Froude de la corriente que llega F_m para diferentes valores del grado de apertura, expresado como la relación entre la cabeza hidráulica h_m y la altura a de la abertura de la estructura de dique de consolidación 10, en este caso bajo la hipótesis de obstrucción total de la malla 17 y de conservación de la energía. La altura a de la abertura es, consecuentemente, la altura a a la que se debe establecer el borde inferior de la malla 17 para obtener un valor máximo Y_{sm} dado de depósito 25 aguas arriba del dique de consolidación 10. Dada la altura máxima Y_{sm} de depósito 25 y una pendiente i_m del lecho 12 durante el pico de inundación con el depósito, a partir de simples consideraciones geométricas, es posible calcular el volumen de sólidos laminado durante el paso de la inundación, como se explica en lo sucesivo. Se debería señalar que en las figuras la altura a de la abertura 30 (o 330) se indica como medida en el lado de la presa 20 (o 320); no obstante, como se ha dicho, una evaluación óptima de la altura a antes citada debe estar asociada al borde inferior de la red.

En el área entre el final del depósito 25 y la sección 29 de la estructura de dique de consolidación 10, en general, se pone en marcha una circulación secundaria típica de situaciones de ensanchamiento repentino, como también se ha observado en el laboratorio. Esta circulación causa enormes fenómenos de disipación que pueden alterar la cantidad del depósito.

Los fundamentos de la hipótesis anterior de conservación de la energía mecánica en relación con el cálculo de la altura del depósito expuesto previamente se evalúan ahora y, en el caso en el que la hipótesis no sea lo suficientemente conservadora, esta evaluación, teniendo en cuenta los fenómenos de disipación, permite la corrección de la cantidad del depósito estimada previamente aplicando la ecuación (3).

La pérdida de energía ΔE_B se puede calcular comparándola con la de un efecto Borda para ensanchamiento repentino

$$\frac{\Delta E_B}{h_m} = \frac{(U_m - U_b)^2}{2g h_m} \quad (4)$$

donde U_b es la velocidad media en la sección 29 aguas arriba del dique de consolidación 10. Introduciendo la ecuación (1) de continuidad en la ecuación (4), obtenemos

$$\frac{\Delta E_B}{h_m} = \frac{F_m^2}{2} \left(\frac{Y_{sm}}{h_m + Y_{sm}} \right)^2 \quad (5)$$

donde, en una primera aproximación, se ha supuesto como la velocidad media U_b en la sección 27 inmediatamente detrás del dique de consolidación 10, el valor que se deriva de la ecuación de continuidad

$$U_b = q / (h_m + Y_{sm}) \quad (6)$$

Con el fin de sacar la cantidad del depósito 25, también en este caso se puede obtener una buena aproximación de la ecuación (5) a partir de la siguiente relación:

$$\frac{\Delta E_B}{h_m} \cong \frac{F_m^2}{2} \frac{Y_{sm} / h_m}{2 + Y_{sm} / h_m} \quad (7)$$

Ahora, se evalúa el cálculo de la altura del depósito, teniendo en cuenta la pérdida de energía. La pérdida de energía estimada previamente en la ecuación (7) se debe introducir en la ecuación de balance de energía. Combinando las dos ecuaciones, se obtiene:

$$\frac{Y_{sm}}{h_m} + 1 + \frac{U_m^2}{2gh_m} - \frac{\Delta E_B}{h_m} = \frac{aC_c}{h_m} + \frac{U_c^2}{2gh_m} \quad (8)$$

Desarrollando la ecuación (8) como se hizo previamente usando la ecuación (7), se obtiene:

$$\frac{Y_{sm}}{h_m} = \frac{Y'_{sm}}{h_m} + \frac{F_m^2}{2} \frac{Y_{sm}/h_m}{2 + Y_{sm}/h_m} \quad (9)$$

donde se establece

$$5 \quad \frac{Y'_{sm}}{h_m} = \frac{aC_c}{h_m} + \frac{F_m^2}{2} \left(\frac{h_m}{aC_c} \right)^2 - 1 - \frac{F_m^2}{2} \quad (10)$$

que corresponde al valor Y'_{sm} de depósito que habría en condiciones de conservación de energía. De este modo obtenemos

$$\left(\frac{Y_{sm}}{h_m} \right) + \frac{Y_{sm}}{h_m} \left(2 - \frac{Y'_{sm}}{h_m} - \frac{F_m^2}{2} \right) - 2 \frac{Y'_{sm}}{h_m} = 0 \quad (11)$$

Resolviendo la ecuación (11), por lo tanto se obtiene

$$10 \quad \frac{Y_{sm}}{h_m} = - \left(1 - \frac{Y'_{sm}}{2h_m} - \frac{F_m^2}{4} \right) \pm \sqrt{\left(1 - \frac{Y'_{sm}}{2h_m} - \frac{F_m^2}{4} \right)^2 + 2 \frac{Y'_{sm}}{h_m}} \quad (12)$$

Solamente la solución con el signo negativo delante de la raíz cuadrada tiene un sentido físico. Además, si omitimos el término $F_m^2/4$, la solución coincide, como es de esperar, con la obtenida usando la hipótesis de conservación de energía.

15 A partir del diagrama de la Figura 9, que muestra el gráfico del depósito Y_{sm} máximo relativo aguas arriba del dique de consolidación en función del número de Froude de la corriente que llega F_m , bajo la hipótesis de obstrucción total de la malla 17, bajo la hipótesis de conservación de la energía (puntos), y bajo la hipótesis de pérdida de energía (líneas continuas), se puede señalar que la introducción en la ecuación de balance de energía de la disipación inducida por el vórtice detrás del dique de consolidación 10 no es importante y que, en una aproximación justa, la pérdida de energía correspondiente se puede omitir.

20 En la secuela de la presente descripción, también se proporciona una indicación de cómo calcular los parámetros de la cabeza hidráulica h_m y la velocidad U_m aguas arriba en función de la descarga de líquido de diseño (en condiciones de pico de inundación) y de la descarga de sólidos.

25 El efecto de la malla 17 (o 117 o 217) se evalúa ahora. Previamente, de hecho, se ha ilustrado un criterio para calcular el depósito (y, por lo tanto, el volumen de sólidos laminado) bajo la hipótesis de que la malla 17 es completamente impermeable. El objetivo ahora es mostrar cómo es posible usar el criterio propuesto también bajo la hipótesis de que la malla 17 es permeable, como en efecto lo es en la solución según la invención.

30 Con la malla 17 obstruida, el comportamiento del dique de consolidación es el descrito anteriormente. Si la estructura de dique de consolidación de red se usa en presencia de material vegetal, una condición en la cual es preferible el uso de la red, o en presencia de material que tenga una curva de tamaño de grano con un porcentaje justo de sedimento comprendió entre $0.75D_M$ y $0.50 D_M$, donde D_M es el tamaño medio de los orificios de la malla 17, por razones de seguridad, es conveniente suponer el criterio de dimensionamiento por el cual se conjetura la obstrucción total de la malla 17.

35 Si se supone, en su lugar, que la malla 17 está en conjunto limpia, es posible aplicar de nuevo el criterio descrito previamente, simplemente usando un coeficiente de contracción C_c mayor que 0.61. Adoptando, por ejemplo, C_c igual a 0.73 se supone que el 20% de la descarga de líquido pasa a través de la malla 17. Obviamente, es posible conjeturar también valores más altos del coeficiente de contracción C_c , incluso aunque no parezca sabio aumentar este valor en más del 20-30%.

40 El diagrama del depósito máximo relativo Y_{sm} aguas arriba del dique de consolidación en función del número de Froude F_m de la corriente que llega, bajo la hipótesis de una malla parcialmente permeable, y específicamente bajo la hipótesis de que maneja el 20% de la descarga para filtrar a través de la malla, se representa en la Figura 10 (triángulos) y en comparación con el depósito en ausencia de filtración (líneas continuas).

A partir de la Figura 10 se puede observar cómo, en ausencia de obstrucción de la malla 17, como se puede esperar, dado el mismo número de Froude F_m , el depósito aguas arriba es menor que con la malla obstruida. Dado que la obstrucción en general se desarrolla en condiciones de cabezas hidráulicas más altas, es decir, en concomitancia con el paso de la cresta de inundación, el efecto de laminación de la descarga de sólidos será más efectiva en la medida en que la primera parte de la inundación puede pasar a través, dejando el volumen aguas arriba en el dique de consolidación libre. Como se ha dicho, la malla 17 se puede estirar o bien en toda la anchura del dique de consolidación (realizaciones de las Figuras 1, 2, 3) o bien sobre solamente una parte de la anchura (realizaciones de las Figuras 4, 5, 6), combinando en este último caso los efectos del dique de consolidación de corte largo horizontal dotado con una malla que se describen en la presente memoria con los de los diques de consolidación de corte largo vertical, como se describe, por ejemplo, en Armanini, A., Larcher, M., "Rational criterion for designing opening of slit-check dam", Diario de ingeniería hidráulica, 2001, vol. 127, N° 2, páginas 94-104, o en Armanini, A., Fraccarollo, L., Larcher, M., 2005 b), "Debris Flow", Capítulo 142, en Anderson, M. G. (Ed.), Enciclopedia de Ciencias Hidrológicas, vol. 4. Hoboken, N. J., Chichester, Wiley, 2173-2185.

Ahora se ilustra un posible procedimiento para el cálculo de las condiciones aguas arriba en función de la descarga de líquido y la descarga de sólidos, es decir, para el cálculo de los parámetros para la cabeza hidráulica h_m y la velocidad U_m del flujo aguas arriba que aparecen en las relaciones precedentes en función de la descarga de líquido y la descarga de sólidos del flujo que llega de tal forma que el criterio expuesto anteriormente se puede usar como criterio de diseño en función de las condiciones límite, que son precisamente estas dos descargas.

Sobre la hipótesis de que el curso de agua 11 que está involucrado en el transporte de carga sólida, la cabeza hidráulica h_m y la velocidad U_m se pueden calcular usando una fórmula de flujo uniforme y una fórmula de transporte de sólidos. Adoptaremos, a modo de ejemplo, la fórmula Gauckler-Strickler para flujo uniforme y la fórmula de Meyer-Peter y Müller para el transporte de sólidos, que cubren casi todas las situaciones de torrente en ausencia de transporte masivo, de la siguiente manera:

- la fórmula de flujo uniforme de Gauckler-Strickler, sobre la hipótesis de un canal rectangular ancho y una pared rugosa hidráulicamente:

$$\frac{U_m}{u_{*-m}} = 6.74 \left(\frac{h_m}{d_{50}} \right)^{1/6} \quad (13)$$

donde u_{*-m} es la velocidad de fricción en el tramo por encima del depósito 25, y d_{50} es el valor mediano de la distribución del tamaño de grano del material transportado;

- la fórmula de transporte de carga sólida de Meyer-Peter y Müller:

$$q_s = d_{50} \sqrt{g \Delta d_{50}} 8 \left(\frac{u_{*-m}^2}{g \Delta d_{50}} - \theta_c \right)^{3/2} \quad (14)$$

donde: q_s es la descarga de sólidos por anchura unidad;

$\Delta = (\rho_s - \rho)/\rho$ es la densidad media sumergida relativa del material que compone el sedimento; y θ_c , es el parámetro de Blindajes críticos, que en el caso de una pared rugosa se puede suponer igual a 0.056.

Combinando las ecuaciones (13) y (14), después de unos pocos pasos obtenemos

$$\left[\frac{q_s}{d_{50} \sqrt{g \Delta d_{50}} 8} \right]^{2/3} + \theta_c = \frac{q^2}{g \Delta d_{50}^3 (6.72)^2} \left[\frac{d_{50}}{h_m} \right]^{7/3}$$

es decir, para la cabeza hidráulica aguas arriba h_m

$$h_m = d_{50} \left[\frac{1}{(6.72)^2} \frac{q^2}{g \Delta d_{50}^3} \frac{1}{\left[\frac{q_s}{d_{50} \sqrt{g \Delta d_{50}} 8} \right]^{2/3} + \theta_c} \right]^{3/7} \quad (15)$$

y para la velocidad U_m del flujo 14 aguas arriba, obtenemos

$$U_m = \frac{q}{h_m} \quad (16)$$

La pendiente i_m del nuevo lecho por encima del depósito 25 por lo tanto se da por

$$i_m = \frac{u_{*m}^2}{g h_m} \quad (17)$$

5 donde la velocidad de fricción u_{*m} se puede calcular usando las ecuaciones (13), (15) y (16). Es decir, si expresamos la pendiente i_m directamente en función de la cabeza hidráulica h_m y de la velocidad U_m , tenemos

$$\begin{aligned} i_m &= \frac{U_m^2 u_{*m}^2}{g h_m U_m^2} \\ &= \frac{U_m^2}{g h_m} \frac{1}{6.74^2} \left(\frac{d_{50}}{h_m} \right)^{1/3} \end{aligned} \quad (18)$$

10 Se debería señalar que el modelo de laminación de la descarga de sólidos propuesto en la presente memoria y el modelo de deposición inducida por el corte largo horizontal y por la malla también se pueden extender a los flujos de detritos, con ventajas incluso mayores. El mecanismo de selección hidrodinámica descrito anteriormente funciona bien también en presencia de flujos de detritos y flujos de lodo, una situación en la que la estructura de dique de consolidación propuesta encuentra su aplicación más útil.

15 En este caso, será suficiente modificar las relaciones de transporte y de flujo uniforme (ecuaciones 13 a 18) con las relaciones análogas que se aplican a los flujos de detritos. No obstante, en el caso de flujos de detritos, parecería razonable suponer una obstrucción total de la malla durante todo el evento de inundación. Además, en el caso de flujos de detritos, la malla se puede dimensionar para retener cualquier impacto dinámico, según los criterios conocidos en la técnica, por ejemplo, expuestas en el documento ya citado de Armanini, A., Fraccarollo, L. y M. Larcher (2005).

Por lo tanto, a partir de la descripción precedente surgen claramente las características y ventajas de la invención.

20 Por supuesto, los detalles de construcción y las realizaciones pueden variar ampliamente con respecto a lo que se ha descrito e ilustrado en la presente memoria, sin apartarse por ello de la esfera de protección de la presente invención, como se define en las reivindicaciones anexas.

La estructura de contención según la invención permite ventajosamente el paso de la parte inicial de la descarga de sólidos, otorgando en una agrupación de estas estructuras construidas en sucesión a lo largo del curso de agua una capacidad efectiva de laminación.

25 Además, la estructura de contención según la invención permite ventajosamente una mayor capacidad de limpieza automática (que está ausente en diques de consolidación de red tradicionales) en comparación con los diques de consolidación de corte largo vertical rígidos. De hecho, la abertura horizontal reduce considerablemente la posibilidad de obstrucción.

30 Además, la estructura de contención según la invención permite ventajosamente la reducción de los costes y tiempos de construcción. En particular, a este respecto, el uso de una red es particularmente ventajoso en comparación con la adopción de otros elementos para delimitar la sección de flujo en la parte superior, tal como por ejemplo una viga. La red, que es fácil de instalar, reduce costes, incluyendo costes de instalación.

35 A este respecto, incluso aunque la realización preferida usa una malla o estructura reticular como estructura de retención que ocupa la parte superior de la sección de flujo, también una estructura de retención que usa una viga impermeable, por ejemplo una losa de hormigón armado o una placa de acero, puede lograr la laminación de la descarga de sólidos, como se ha ilustrado previamente con referencia a las ecuaciones (1) - (3).

40 Una variante importante de la estructura de contención según la invención comprende inclinar en una dirección aguas abajo, por ejemplo, en un ángulo comprendido entre 10° y 30° con respecto a la vertical, la malla que delimita la abertura, con el fin de favorecer un desplazamiento progresivo hacia arriba del material flotante, evitando que obstruya el corte largo horizontal.

Según una variante adicional, además de las realizaciones de diques de consolidación de anchura completa y de anchura parcial, la restricción de la sección de flujo del dique de consolidación puede involucrar solamente a la parte inferior de la presa; es decir, la abertura inferior es del tipo de anchura parcial, mientras que la parte superior del dique de consolidación, donde opera la malla, es del tipo de anchura completa.

45

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una estructura para contener detritos en una corriente (11) que comprende márgenes (13), la estructura que comprende paredes laterales (15; 315) que definen alas que se extienden desde las márgenes de la corriente (11) hacia el interior y que delimitan entre ellas una sección de flujo (20; 320) comprendida en un lecho (12) de dicha corriente (11), dicha sección de flujo (20; 320) que incluye una parte superior que comprende una estructura parcialmente permeable (17; 117; 217), establecida entre dichas paredes laterales (15; 315), para retener el material que llega desde aguas arriba, dicha estructura que se caracteriza por que dicha sección de flujo incluye una parte inferior que define un corte largo horizontal (30; 330) para desagüe.
- 10 2. La estructura según la reivindicación 1, caracterizada por que dicha estructura de retención (17; 117; 217) comprende una estructura reticular (17; 117; 217).
3. La estructura según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizada por que dichas paredes laterales (15) delimitan dicha sección de flujo (20; 320) extendiéndola a toda la anchura del lecho de la corriente (12).
- 15 4. La estructura según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizada por que dichas paredes laterales (315) se extienden en el lecho de la corriente (12) y delimitan dicha sección de flujo (20; 320) limitándola a una anchura parcial de dicho lecho (12).
5. La estructura según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que dicha sección de flujo (20; 320) está delimitada en la parte inferior por una losa (21; 121; 221).
- 20 6. La estructura según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizada por que dicha estructura reticular (17) comprende una red de alambre de metal.
7. La estructura según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizada por que dicha estructura reticular (117) comprende anillos elásticos.
8. La estructura según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizada por que dicha estructura reticular (217) comprende una red de cuerdas.
- 25 9. La estructura según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que dicha losa (21; 121; 221) y/o sección de flujo (20; 21; 12) están hechas de hormigón u hormigón revestido de acero o con rocas o cantos rodados unidos.
- 30 10. La estructura según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que dicha sección de flujo (20; 320) tiene, en la parte superior, dicha estructura de retención, en particular dicha estructura reticular, (17; 117; 217), hasta a una altura (a), con respecto al lecho de la corriente (12) o a la losa (21; 121; 221), que es una función de un valor máximo (Y_{sm}) dado de depósito (25) aguas arriba de la estructura (10; 110; 210, 310), en particular de una relación adimensional (Y_{sm}/h_m) entre el valor máximo de depósito (Y_{sm}) y la cabeza hidráulica (h_m).
- 35 11. La estructura según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que dicha sección de flujo (20; 320) tiene, en la parte superior, dicha estructura de retención, en particular dicha estructura reticular, (17; 117; 217) hasta una altura (a) con respecto al lecho de la corriente (12) o a la losa (21; 121; 221), que es una función de un coeficiente de contracción (C_c) de una sección de vena contracta (26) aguas abajo de la sección de flujo (20; 320).
- 40 12. La estructura según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que dicha estructura de retención, en particular dicha estructura reticular, (17; 117; 217), está inclinada en la dirección aguas abajo, en particular en un ángulo de entre 10° y 30°.
- 45 13. La estructura según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que dichas paredes laterales (15) delimitan dicha sección de flujo (20; 320) extendiéndola a toda la anchura del lecho de la corriente (12) en la parte correspondiente a la estructura de retención, en particular la estructura reticular, (17; 117; 217), y delimitar dicha abertura (30; 330) de la sección de flujo (20; 320), limitándola a una anchura parcial de dicho lecho (12).
14. Un método para contener detritos en una corriente (11), que contempla proporcionar paredes laterales (15; 315), que delimitan entre ellas una sección de flujo (20; 320) comprendida en un lecho (12) de dicha corriente (11), dicho método que se caracteriza por que comprende proporcionar una estructura de contención (10; 110; 210, 310) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

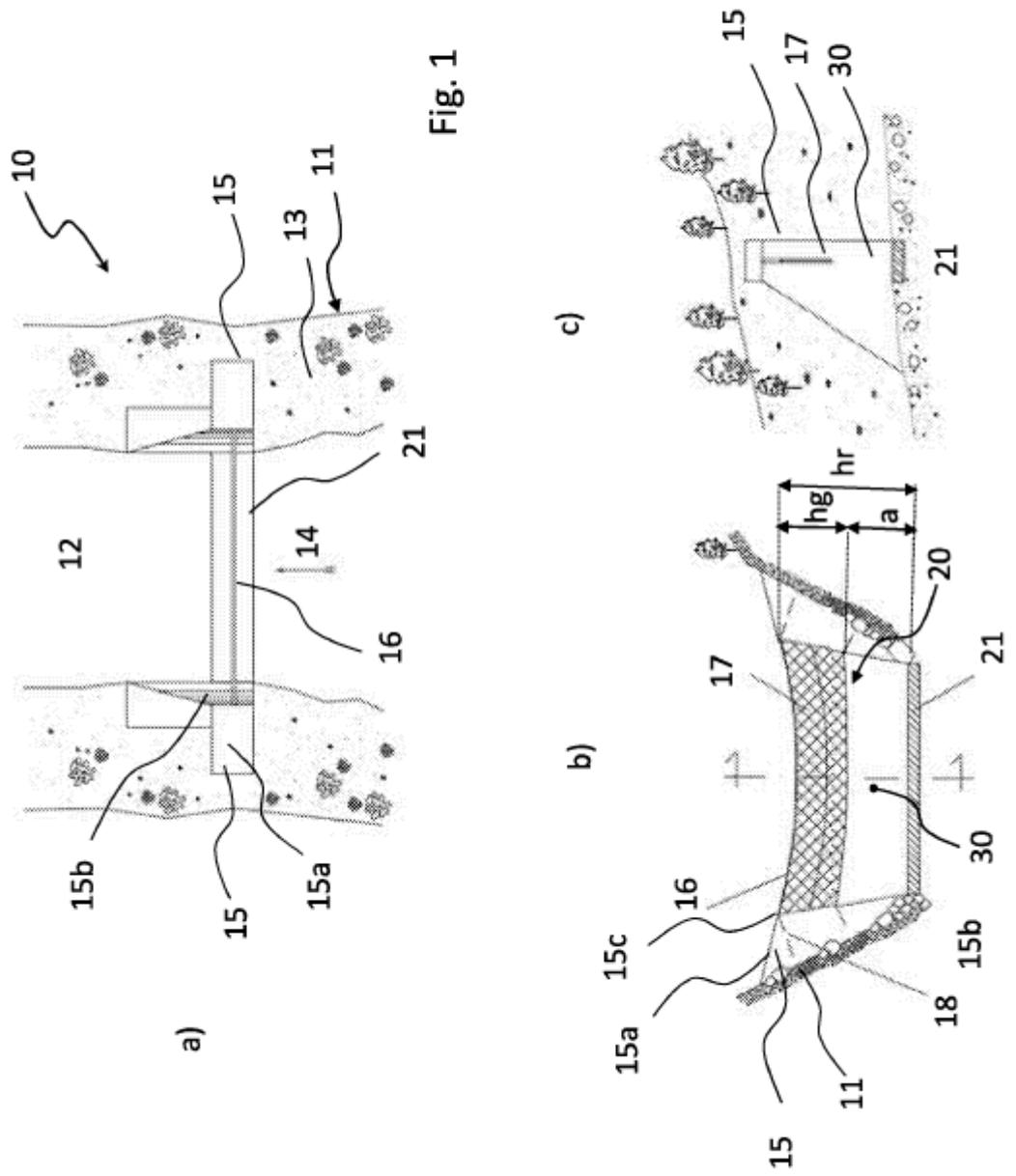
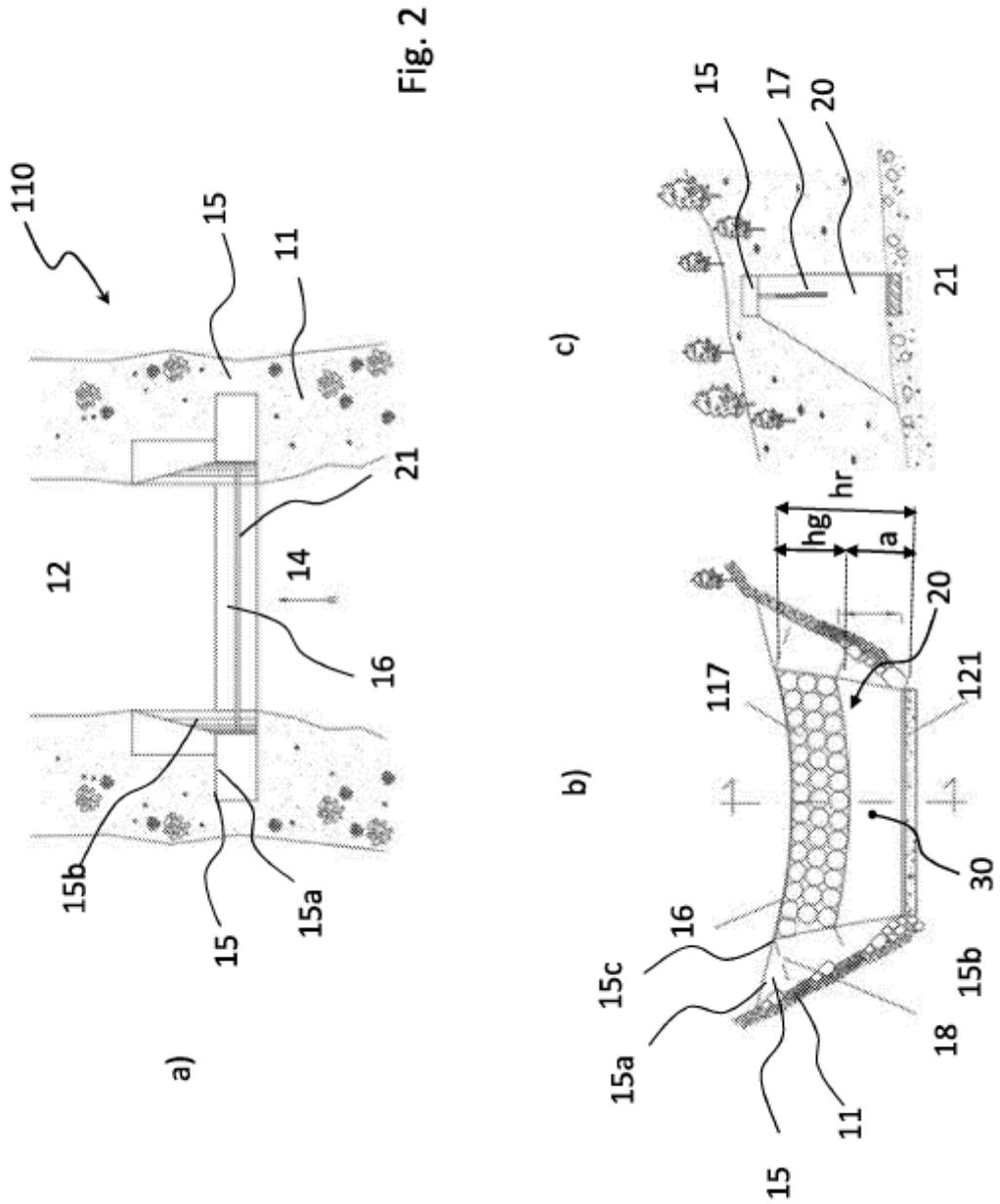
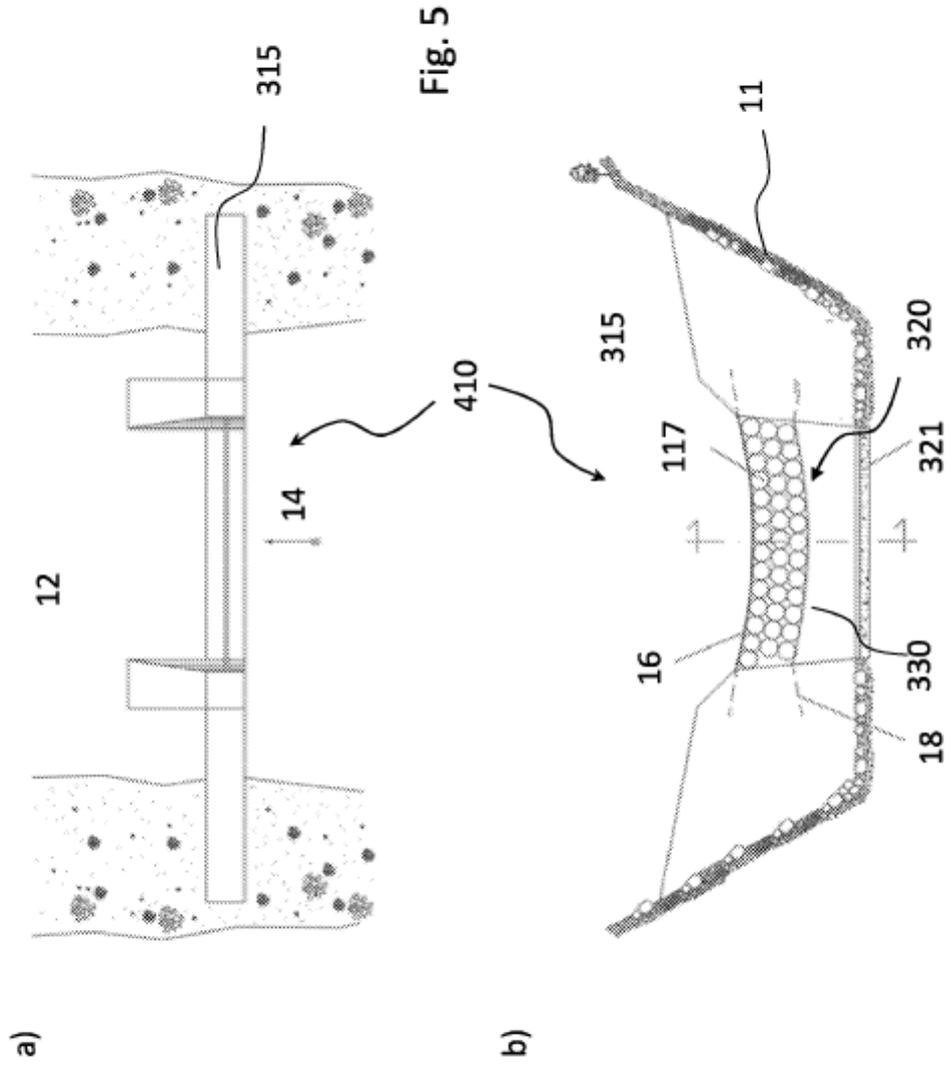


Fig. 1





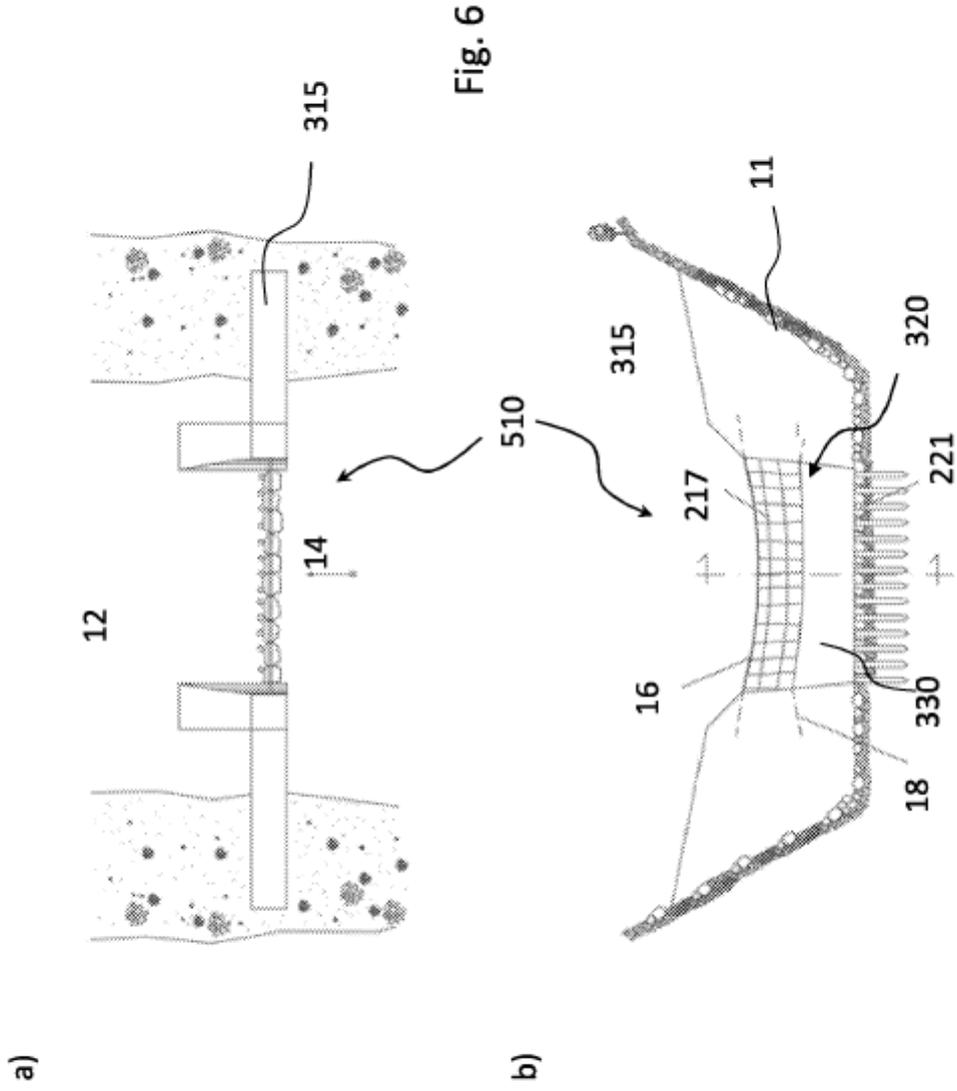
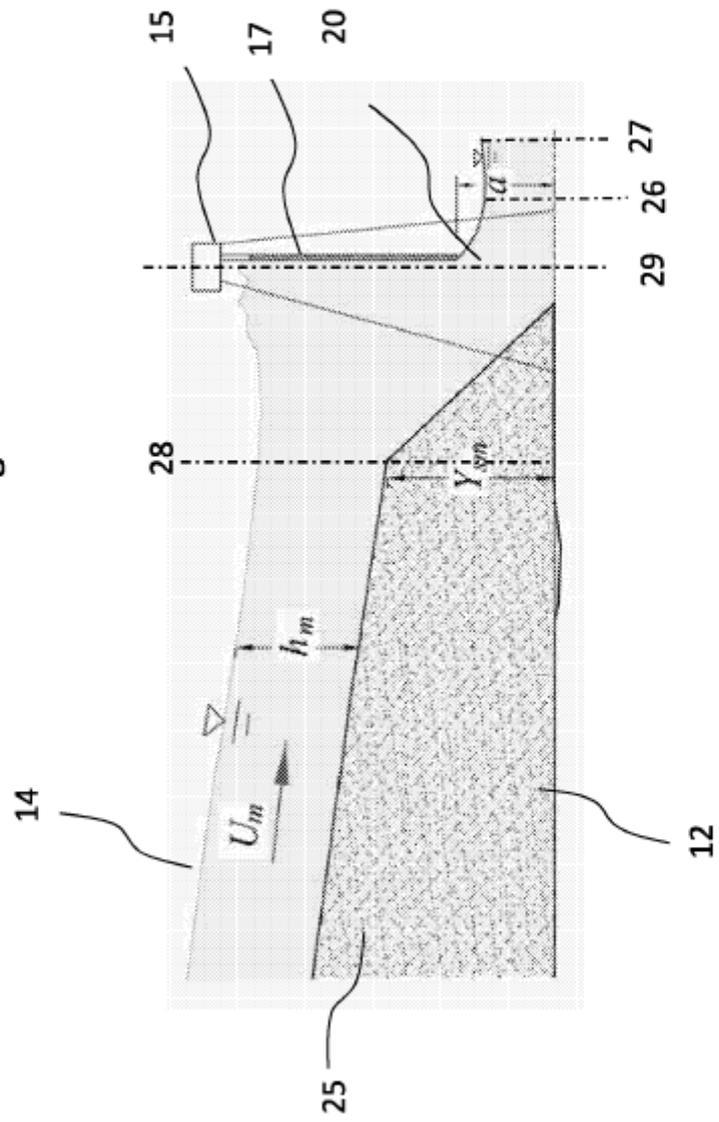


Fig. 7



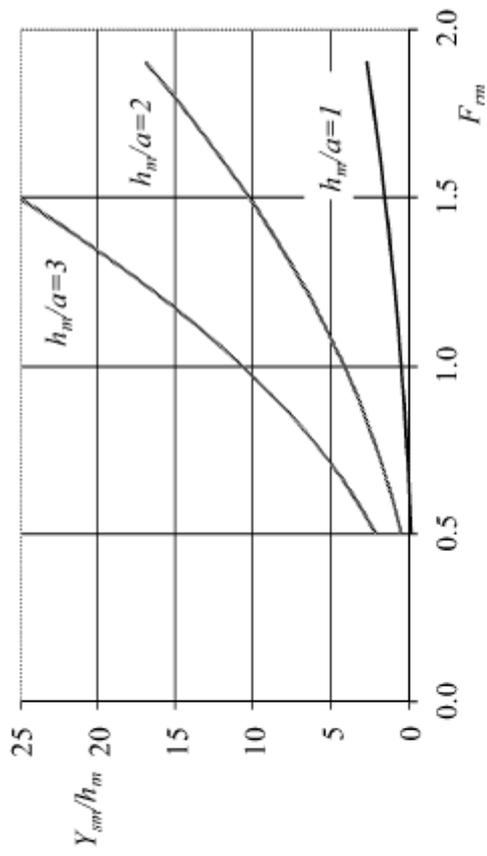


Fig. 8

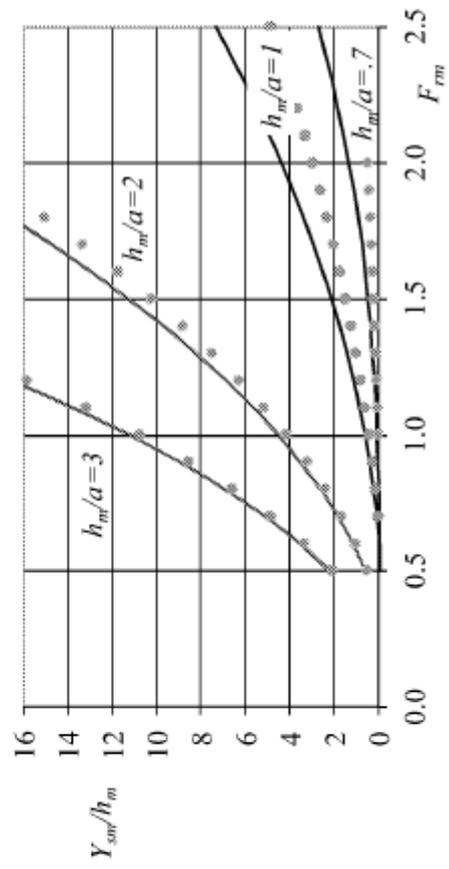


Fig. 9

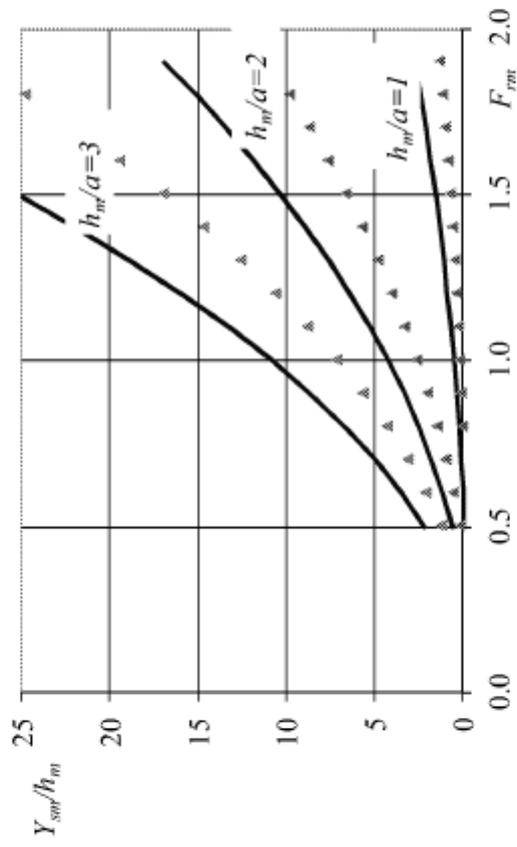


Fig. 10