

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 044**

51 Int. Cl.:

**E02B 1/00** (2006.01)

**E02B 3/02** (2006.01)

**E02B 3/12** (2006.01)

**C08L 33/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.05.2014 PCT/FR2014/051176**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.12.2014 WO14199037**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2014 E 14734853 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 3008248**

54 Título: **Procedimiento para limitar el nivel de las crecidas y combatir las inundaciones**

30 Prioridad:

**10.06.2013 FR 1355310**

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

**18.04.2018**

73 Titular/es:

**S.P.C.M. SA (100.0%)  
ZAC de Milieux  
42160 Andrézieux Bouthéon, FR**

72 Inventor/es:

**PICH, RENÉ**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 664 044 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**

Procedimiento para limitar el nivel de las crecidas y combatir las inundaciones

- 5 El número de desastres naturales debidos a las inundaciones se ha duplicado en 10 años. En 2010, 178 millones de personas fueron víctimas de este fenómeno que aumentó, por una parte, debido a las condiciones naturales y, por otra parte, debido al aumento demográfico y de la urbanización.
- 10 Algunas de estas inundaciones se produjeron en ciudades por desbordamiento de arroyos o de ríos, otras en costas debido a las mareas.
- 15 Como ejemplo, cabe citar la inundación de Praga por el Vltava, donde los cálculos habían pronosticado un caudal máximo de 2.900 m<sup>3</sup>/segundo cuando, en realidad, fue próximo a 6.000 m<sup>3</sup>/segundo. El metro, por ejemplo, solo pudo ponerse en funcionamiento después de 6 meses.
- 20 En particular, la evolución sucesiva de las ciudades ha creado anchos de ríos fijos que son casi imposibles de modificar, lo que permite solo medidas correctivas insignificantes para su protección. Entre estas medidas, cabe citar la descarga aguas arriba sobre superficies agrícolas, lo que se ha realizado en el Misisipi, o la construcción de depósitos cuya eficacia está limitada.
- 25 En las propias ciudades, los arquitectos construyen inmuebles resistentes a las inundaciones o estipulan el amurallamiento de las estaciones de metro, los planes de evacuaciones, los planes de emergencia. Sin embargo, el tamaño de las metrópolis propensas a las inundaciones es tal que las disposiciones tomadas son insignificantes con respecto al fenómeno y a los enormes costes de reconstrucción.
- 30 De hecho, estas grandes ciudades están atravesadas por sistemas de alcantarillado, túneles, excavaciones, canteras subterráneas que conectan grandes superficies que antes eran independientes.
- Finalmente, no existe una solución de envergadura que evite desastres asociados a crecidas excepcionales, tales como crecidas centenarias que podrían afectar, en particular, a las grandes ciudades.
- 35 Por lo tanto, existe la necesidad de solución novedosa que permita atenuar los fenómenos de inundación y sus consecuencias.
- 40 El documento DE 19732106 describe un procedimiento que permite limitar las inundaciones. Este procedimiento consiste en provocar explosiones por medio de explosivos mantenidos en el lecho del arroyo. Las ondas provocadas por estas explosiones aceleran el caudal del agua. Este procedimiento implica la implementación de explosivos potencialmente peligrosos en lugares que siguen siendo aleatorios dependiendo de la corriente.
- 45 El Solicitante tuvo la idea de inyectar en el curso de agua en crecida un reductor de fricción usando el efecto Toms. La aplicación del procedimiento por inyección se hace fácil de este modo y evita los riesgos asociados a los explosivos.
- El efecto de Toms, descubierto en 1946, denominado reducción de arrastre (reducción de arrastre), permite, con la misma potencia, aumentar un caudal de líquido mediante la adición de reductor de fricción, tal como, por ejemplo, arcillas, tensioactivos, o productos orgánicos, tales como polímeros solubles en agua.
- 50 Las aplicaciones industriales de los polímeros solubles en agua actualmente se realizan en el transporte de agua en canalización a larga distancia con velocidades de 2 a 3 metros por segundo y, en particular, en las industrias petrolera, agrícola o minera en entorno árido. A modo de ejemplo, el documento US 2012/0214714 describe un procedimiento de fracturación hidráulica, según el que se introducen polímeros solubles en agua en el fluido de fracturación con el fin de reducir los fenómenos de fricción en los conductos cerrados.
- 55 Se usan cantidades más secundarias para aumentar la velocidad de las lanchas lanzatorpedos, estando los propios torpedos cortados con un chorro de agua que contiene un polímero soluble en agua.
- Su aplicación industrial se inició en los años 70 y se desarrolla regularmente.
- 60 Mediante la aplicación del efecto Toms en el curso de agua en crecida, el depositante ha investigado un método que permita un flujo más rápido de las aguas para lograr un resultado significativo sobre el nivel de las aguas en caso de inundación.

En un modo de realización preferido, el Solicitante propone la aplicación, como reductor de fricción, de polímeros solubles en agua en los ríos, arroyos y/o afluentes para favorecer el flujo de las aguas y, por lo tanto, disminuir el nivel de las crecidas.

5 De este modo, la invención tiene por objeto un procedimiento para limitar el nivel de las crecidas de un curso de agua, en particular, de un río, de un arroyo y/o de uno de sus afluentes que consiste en inyectar en dicho curso de agua al menos un reductor de fricción, ventajosamente, un polímero soluble en agua.

10 La invención resulta particularmente interesante para proteger las grandes ciudades y metrópolis densamente pobladas y que ya no tienen los medios para modificar su arquitectura para hacer frente a crecidas excepcionales.

Los polímeros solubles en agua inyectados pueden presentarse en forma sólida o líquida. Estos se presentarán preferentemente en forma de polvo.

15 La inyección del polímero soluble en agua consiste en verter por cualquier medio conocido el o los polímeros solubles en agua, preferentemente en forma de polvo, directamente en el o los cursos de agua aguas arriba de la ciudad a proteger. Esta inyección puede realizarse en la orilla o el medio del curso de agua. En un modo de realización preferido, el polímero soluble en agua se dispersa mediante una bomba centrífuga y se inyecta directamente en el curso de agua.

20 Generalmente, el polímero soluble en agua se almacena en silos en la orilla de los cursos de agua.

Los polímeros solubles en agua de pesos moleculares muy altos son los compuestos más eficaces.

25 Los polímeros solubles en agua son preferentemente a base de acrilamida. Entre estos polímeros, los copolímeros preparados a partir de los siguientes monómeros resultan particularmente interesantes: el ácido acrílico, el ATBS (ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico), el cloruro de dialil dimetil amonio (DADMAC), el acrilato de dialquilaminoetilo (ADAME) y el metacrilato de dialquilaminoetilo (MADAME), así como sus sales acidificadas o cuaternizadas, la N-vinil pirrolidona.

30 De manera preferente, los polímeros solubles en agua son copolímeros a base de acrilamida y de ácido acrílico, más particularmente, aquellos que contienen entre el 50 % y el 90 % molar de acrilamida.

35 El peso molecular de estos polímeros a base de acrilamida está comprendido preferentemente entre 5 y 30 millones de g/mol, y más preferentemente entre 10 y 25 millones de g/mol.

Los polióxidos de etileno también son eficaces, pero su peso molecular es más bajo (de 6 a 10 millones máximo) con una sensibilidad a la degradación mecánica y un precio de coste más elevado.

40 Los polímeros solubles en agua son eficaces a partir de velocidades de flujo del curso de agua del orden de 1,5 metros/segundo y, sobre todo, de más de 2 metro/segundo. Según las velocidades, resulta posible alcanzar el 30 % de reducción de pérdida de carga con cantidades de 50 a 100 partes por millón. Con cantidades superiores, se limita al 70 % de aumento.

45 La cantidad de polímero soluble en agua inyectado en el río, el arroyo y/o su afluente está comprendida entre 10 y 1.000 ppm, y será ajustada por el experto en la materia según el nivel de las crecidas.

50 Por supuesto, la aplicación al problema de las inundaciones es novedosa y requiere estudios exhaustivos dependiendo de los caudales y de los perfiles. En particular, la medición de una velocidad en una distancia no tiene en cuenta los obstáculos (puentes, estrechamientos, objetos bloqueados,...) que aceleran considerablemente la velocidad y crean efectos de turbulencia donde la velocidad instantánea es varias veces la velocidad promedio.

55 Hay que tener en cuenta también que las crecidas son muy diferentes en llanura donde el tiempo de advertencia es suficiente para actuar y las crecidas torrenciales extremadamente rápidas y con picos muy altos. Cabe citar crecidas del Var de 3.800 m<sup>3</sup>/s, mientras que las crecidas del Sena no exceden los 2.200 m<sup>3</sup>/segundo. En determinados casos, fenómenos anexos y, en particular, el viento, reducen o aceleran la velocidad del agua.

Por supuesto, cada caso es particular y resulta necesario un estudio tanto por modelización como por ensayo.

60 Además, la adición de un producto químico en un río puede conducir a retenciones ecológicas. Dependiendo de los enormes desafíos, será necesario el examen exhaustivo del problema.

De hecho, la poli(acrilamida) en sí misma no presenta ninguna toxicidad, no obstante, un residuo de monómero bajo (acrilamida) puede plantear cuestiones. Afortunadamente, la acrilamida es fácilmente biodegradable y la escorrentía

sobre superficies saturadas con agua no debe representar un riesgo de contaminación de las capas freáticas. Este problema debe comprobarse con objetividad.

El ejemplo siguiente permite ilustrar la invención y las ventajas que se derivan de la misma.

Ciudad de París

Las grandes inundaciones del Sena que se produjeron en París son las grandes crecidas de 1176, 1658 (nivel 8,96 m) y 1740. Sin embargo, la crecida más espectacular pues se produjo recientemente fue la de enero de 1910 donde el nivel alcanzó 8,42 m frente a 3,60 m en un tiempo promedio normal. Esta crecida duró 20 días con un retorno a la normalidad a los 45 días. El caudal constatado fue de 2.000 a 2.200 m<sup>3</sup>/segundo.

El Sena, por sí mismo, aguas arriba de sus principales afluentes es un río pequeño que recibe, en particular:

- El Yonne	promedio de 92 m <sup>3</sup> /s	crecida de 960 m <sup>3</sup> /s
- Marne	promedio de 110 m <sup>3</sup> /s	crecida de 650 m <sup>3</sup> /s
- Aube	promedio de 41 m <sup>3</sup> /s	crecida de 330 m <sup>3</sup> /s
- Loing	promedio de 18 m <sup>3</sup> /s	crecida de 315 m <sup>3</sup> /s
- Eure	promedio de 26 m <sup>3</sup> /s	crecida de 140 m <sup>3</sup> /s
- Sena en París	promedio de 450 m <sup>3</sup> /s	crecida de 2.000 m <sup>3</sup> /s

La velocidad del Sena en promedio es de 1 a 2 km/hora (de 0,3 a 0,6 m/s). Al principio de la crecida, pasa a 4 km/hora (1,1 m/s) para estabilizarse a 5-7 km/hora durante las crecidas (de 1,4 a 1,9 m/s). No obstante, las velocidades instantáneas pueden ser prácticamente el doble en los pasos estrechos y dependiendo de las turbulencias que reducen considerablemente los caudales. Los depósitos de crecidas actualmente construidos permiten absorber aproximadamente 60 cm de crecida sin impedirla.

El uso de un agente de reducción de arrastre a una dosis a definir del orden de 50 a 100 ppm permitiría un aumento de caudal promedio del 20 al 30 % en su punto más alto. Por supuesto, las cantidades necesarias parecen enormes. Con un caudal de 2.000 m<sup>3</sup>/segundo, hace falta, para 100 ppm, 0,2 toneladas de producto por segundo, es decir, 720 toneladas/hora, 17.280 toneladas para 24 horas, 172.800 toneladas para 10 días. No obstante, el coste sería del orden de 500 millones de euros, bajo con respecto al coste de una inundación centenaria, teniendo en cuenta también que el nivel de 2.000 m<sup>3</sup>/segundo puede excederse en caso de situación catastrófica.

Cabe citar, por ejemplo, las crecidas del Danubio y del Inn que, en 2002, causaron daños masivos, estimados por las autoridades, en 7,5 miles de millones de euros. A eso se añade la evacuación de una parte de la población.

La ley Barnier de 1995 estipuló un Plan de Prevención para los Riesgos de Inundación (PPRI) que prevé la interrupción del transporte público a 6,20 m, la evacuación de 850.000 personas para 30 a 40 días con la retención *in situ* de 1,5 millones de personas inundadas, probablemente sin calefacción y electricidad durante 30 a 40 días. Y aunque la RATP haya planeado la construcción de muros de mampostería alrededor de las estaciones de metro, a un nivel determinado y dependiendo de los cortocircuitos de los sistemas, el metro podría inundarse totalmente.

En 1910, había 65.000 abonados a la electricidad en París. Hoy en día, y dependiendo de la sofisticación electrónica más sensible al agua que la electricidad en 1910, se desconoce el tiempo de reemplazo por falta de material.

El otro problema es la evacuación del parque automovilístico hacia zonas no propensas a las inundaciones con retorno, a largas distancias, a zonas inundadas y sin transporte público.

París - Implementación del proyecto.

El estudio de simulación del proyecto permitirá definir los parámetros:

- Eficacia del producto a diversas dosis
- Eficacia a diversas velocidades
- Eficacia a diversas velocidades dependiendo de las turbulencias
- Puntos de inyección favorables
- Zona de tiempo favorable para la inyección

Probablemente, resulte evidente que las inyecciones deben realizarse al nivel de los afluentes, teniendo en cuenta que el tiempo de disolución de una poliácridamida en forma de polvo es de aproximadamente una hora. El programa de inyección en sí mismo variará dependiendo de la duración, del caudal y del nivel.

## ES 2 664 044 T3

La implementación del producto en silos del tipo silos de grano no plantea problemas, pero será habré que comprobar periódicamente el envejecimiento del producto que debería poder usarse más de 10 años en polímeros de alta calidad.

5 La dispersión en los arroyos se puede realizar por dispersión en un cono de agua montado en bombas centrífugas. Una bomba centrífuga de 500 m<sup>3</sup>/h puede dispersar 5 toneladas/hora de producto descargado directamente en el arroyo.

10 Por supuesto, este posible desarrollo novedoso debe ser objeto de estudios de optimización, teniendo en cuenta que el procedimiento en sí mismo está validado por estudios y realizaciones previas sobre caudales mucho más bajos.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para limitar el nivel de las crecidas de un curso de agua, en particular, de un río, de un arroyo y/o de uno de sus afluentes caracterizado por que consiste en inyectar en dicho curso de agua al menos un reductor de fricción en la forma de un polímero soluble en agua.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el curso de agua tiene una velocidad superior a 1,5 metro/segundo y preferentemente superior a 2 metro/segundo.
- 10 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se inyecta el reductor de fricción en la forma de un polímero soluble en agua aguas arriba del sitio a proteger.
- 15 4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el polímero soluble en agua se presenta en forma de polvo.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el polímero soluble en agua se dispersa mediante una bomba centrífuga y se inyecta directamente en el curso de agua.
- 20 6. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el polímero soluble en agua es un polímero a base de acrilamida o un polióxido de etileno.
7. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la cantidad de polímero soluble en agua inyectado en el curso de agua está comprendida entre 10 y 1.000 ppm.
- 25 8. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el polímero soluble en agua es un polímero a base de acrilamida obtenido por copolimerización de la acrilamida con los siguientes monómeros: el ácido acrílico, el ATBS (ácido 2-acrilamido-2-metilpropanosulfónico), el cloruro de dialil dimetil amonio (DADMAC), el acrilato de dialquilaminoetilo (ADAME) y el metacrilato de dialquilaminoetilo (MADAME), así como sus sales acidificadas o cuaternizadas, la N-vinil pirrolidona.
- 30 9. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que cuando el polímero soluble en agua es un polímero a base de acrilamida, su peso molecular está comprendido entre 5 y 30 millones de g/mol.