

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 965 408**

51 Int. Cl.:

B03B 9/06 (2006.01)

C04B 18/02 (2006.01)

C04B 20/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.06.2018 PCT/EP2018/064836**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2018 WO18224523**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2018 E 18733515 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2023 EP 3634641**

54 Título: **Procedimiento para producir áridos a partir de hormigón devuelto**

30 Prioridad:

08.06.2017 IT 201700063208

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

15.04.2024

73 Titular/es:

MAPEI S.P.A. (50.0%)

Via Cafiero 22

20158 Milano, IT y

HOLCIM TECHNOLOGY LTD (50.0%)

72 Inventor/es:

FERRARI, GIORGIO;

BROCCHI, ALBERTO;

SQUINZI, MARCO;

CARBONE, FRANCESCO;

FRANCESCHI, VITTORIO y

ZAMBIANCHI, PAOLO ANTONIO

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 965 408 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 producir áridos a partir de hormigón devuelto

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para producir áridos a partir de residuos de hormigón que no se utilizan para fines de construcción o, más generalmente, a partir de mezclas de cemento que no se utilizan por cualquier motivo y se devuelven a las instalaciones de producción en el camión hormigonera. La presente invención también se refiere al material obtenido mediante dicho procedimiento y su uso como agregado para la producción de hormigón u otras aplicaciones.

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

10 El hormigón es el material más utilizado en el mundo. Se estima que cada año se producen 23 millones de toneladas de hormigón, la mayoría en instalaciones de fabricación de hormigón ampliamente distribuidas. El hormigón es transportado en camiones hormigonera desde dichas instalaciones hasta los sitios de uso, donde es descargado y colocado.

15 Muy a menudo, la carga de hormigón no se descarga completamente, pero queda un residuo, de entre medio metro cúbico y 3-4 metros cúbicos, que se devuelve a las instalaciones de producción en el camión hormigonera. El motivo de dicho exceso sobre la cantidad necesaria para una correcta colocación del hormigón se debe a que el cliente prefiere pedir un excedente de material antes que arriesgarse a un déficit, que pueda interrumpir y retrasar la correcta ejecución de la obra. En otros casos, el hormigón entregado puede no cumplir con las especificaciones del producto (asentamiento, temperatura, etc.); en tales casos, el material es rechazado por el cliente y la hormigonera regresa a la planta de fabricación con toda su carga de hormigón (hasta 8 metros cúbicos).

20 La proporción de hormigón no entregado se conoce como "hormigón devuelto" y varía de un país a otro. Se estima que el hormigón devuelto representa alrededor del 2-3 % de toda la producción en los países europeos y Japón, mientras que en EE.UU. el porcentaje aumenta al 5 %. Estas cifras indican que una cantidad considerable del hormigón producido, estimada en más de 600.000 toneladas al año, no se utiliza.

25 No siempre es posible que el hormigón devuelto que regresa fresco a las instalaciones de producción sea reciclado y entregado a otros clientes, porque 2-3 horas después de la producción, los procedimientos de hidratación del cemento provocan una pérdida gradual de trabajabilidad y el inicio de las reacciones de endurecimiento del hormigón, por lo que el hormigón debe ser descargado del camión hormigonera y permanece en la instalación, constituyendo así un grave problema de gestión y medioambiental. De hecho, en la mayoría de los casos, el hormigón devuelto se elimina como residuo especial, con el consiguiente desperdicio de recursos, un alto impacto ambiental y elevados costes.

30 Recientemente se ha promulgado una nueva legislación europea que desalienta el envío de residuos industriales a vertederos; la Directiva Europea 2008/98/CE establece que el vertido debe considerarse la última opción para el tratamiento de residuos, y que la recuperación y el reciclaje de los residuos de la construcción deben incrementarse al menos en un 70 % de aquí a 2020. Por estos motivos, existe un considerable interés y compromiso para evitar la eliminación del hormigón devuelto, y se han propuesto numerosos tratamientos para su recuperación.

35 El documento JP2009126761A describe un procedimiento de procesamiento de residuos de hormigón no utilizados. El documento DE 3906645 describe un equipo para lavar hormigón devuelto que consiste en una mezcladora en la que el hormigón devuelto se mezcla con una gran cantidad de agua. Los áridos gruesos y la arena, separados del cemento, se extraen de la mezcladora mediante un tornillo en el tanque de lavado y se transfieren a una zona de almacenamiento para ser reutilizados en la producción de hormigón nuevo. La suspensión diluida de cemento y las demás fracciones finas se sedimentan y el agua clarificada puede reutilizarse parcialmente como agua de amasado para la producción de hormigón nuevo. Este sistema permite la recuperación y el reciclaje del árido grueso y de la arena, pero presenta considerables inconvenientes. En primer lugar, no se elimina la producción de residuos. De hecho, los lodos sedimentados que se forman no se pueden recuperar y deben retirarse periódicamente del tanque y eliminarse. En segundo lugar, para lavar el hormigón se necesitan grandes volúmenes de agua, oscilando entre 1 y 2 metros cúbicos de agua por metro cúbico de hormigón. Sólo una fracción de dicha agua puede reciclarse y reutilizarse, debido a la presencia de sales disueltas y sólidos en suspensión que interfieren con la reacción de hidratación del cemento. Por lo tanto, el exceso de agua que no puede reutilizarse como agua de amasado para la producción de hormigón nuevo debe tratarse adecuadamente antes de su vertido, lo que conlleva un aumento adicional de los costes.

50 Recientemente se han propuesto numerosos métodos de tratamiento del hormigón devuelto, basados en el uso de sustancias capaces de absorber e inmovilizar grandes cantidades de agua libre. Al agregar dichas sustancias o mezclas de sustancias directamente al camión hormigonera que contiene el hormigón devuelto y mezclar la hormigonera durante unos minutos, normalmente de 3 a 10 minutos, dichas sustancias absorben el agua libre del hormigón devuelto y se hinchan, formando un "gel", que incorpora en su estructura el cemento y las fracciones más finas de la mezcla; bajo el efecto de la rotación del tambor del camión hormigonera, el material compuesto formado por el "gel", la pasta de cemento y las fracciones finas recubre los áridos más gruesos, formando una capa milimétrica de espesor variable. El resultado es que el hormigón devuelto se transforma en multitud de gránulos esféricos de distintos tamaños, formados por un árido que constituye el núcleo central y un revestimiento exterior formado por el

gel cementoso. Cuando se completa el procedimiento de formación de gránulos, el material así formado se descarga al suelo invirtiendo el sentido de rotación del tambor del camión hormigonera. Los gránulos frescos son lo suficientemente compactos para acumularse y almacenarse para completar las reacciones de hidratación y endurecimiento del cemento. Una vez endurecido, el material granular producido a partir del hormigón devuelto se puede reutilizar como material de calzada o como agregado para producir hormigón nuevo, reemplazando parcial o totalmente los agregados naturales.

Estos métodos de tratamiento tienen la gran ventaja de no producir residuos. De hecho, todo el hormigón devuelto presente en el camión hormigonera se transforma en nuevo material granular, sin dejar ningún tipo de residuo líquido o sólido.

En el Modelo de utilidad japonés 3147832, las sustancias absorbentes de agua útiles para el tratamiento consisten en copolímeros en polvo formados por copolimerización de monómeros, tales como ácido (met)acrílico y sus sales, acrilamida, alcohol vinílico, vinilpirrolidona, sales de ácido estirensulfónico y anhídrido maleico. Para hacer su uso más seguro y facilitar la dosificación, las sustancias absorbentes de agua se encierran en bolsas selladas de papel soluble en agua que se insertan en el tambor del camión hormigonera que contiene el hormigón devuelto. El material producido, formado por un conjunto de gránulos, cada uno constituido por un árido recubierto con una mezcla que contiene cemento y polímero absorbente de agua, puede utilizarse como material de firme.

El documento WO2012/084716 divulga un procedimiento para la producción de agregados a partir de hormigón devuelto que implica agregar un acelerador de fraguado y un polímero superabsorbente a una composición de cemento fresca y mezclar el conjunto hasta que se forme un material granular. Los aceleradores de fraguado reivindicados incluyen silicato de sodio y sustancias capaces de formar hidratos de aluminato en presencia de cemento, tales como aluminato de calcio, sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cemento de alúmina o mezclas de los mismos, mientras que, en el caso de los polímeros superabsorbentes, los basados en poli(acrilamida) modificada con ácido acrílico se indican como particularmente eficaces. Los aceleradores de fraguado y los polímeros superabsorbentes se pueden añadir por separado o mezclar en un solo producto. Los materiales granulares así formados pueden utilizarse como material de firmes de carreteras, áridos de hormigón, elementos decorativos para carreteras y jardines y sustitutos de la piedra natural.

El documento WO2016/198384 divulga un procedimiento para producir agregados mezclando mezclas cementosas frescas, incluido hormigón devuelto, con agentes peletizadores que comprenden celulosa, quitosano, colágeno, poli(acrilamida) y copolímeros de poli(acrilamida) y poli(acrílicos), poliaminas, alcohol polivinílico, polisacáridos, ácido láctico, ácido metacrílico, metacrilatos, acrilatos de hidroxietilo, etilenglicol, óxido de etileno, ácido acrílico, floculantes inorgánicos y coagulantes inorgánicos. El material granular fresco resultante se descarga y se acumula en áreas dedicadas adecuadas durante el tiempo necesario para su curado y endurecimiento. El periodo de curado depende de la temperatura y se sitúa entre dos intervalos: un valor mínimo t_1 antes del cual los gránulos no pueden procesarse porque son demasiado blandos, y un valor máximo t_2 sobre el cual los gránulos ya no pueden procesarse debido a su aglomeración irreversible. El material se puede procesar a mano o con medios mecánicos adecuados, que permiten triturar el material y transportarlo a otras áreas de almacenamiento en la instalación de producción de hormigón.

El documento WO2016/071298 se refiere a un procedimiento para la producción de agregados a partir de composiciones de cemento no endurecidas, en particular a partir de hormigón devuelto, que comprende añadir un agente absorbente de agua y un desactivador de cristalización a una composición de cemento no endurecida, y mezclar hasta que se haya formado un material granular. Como agentes absorbentes de agua se citan polímeros superabsorbentes, que pueden ser naturales o sintéticos, y filosilicatos, en particular vermiculita. Como desactivadores de la cristalización se citan ácido láctico, ácido cítrico y ácido málico.

Todos los métodos propuestos hasta la fecha presentan múltiples inconvenientes, que limitan fuertemente su aplicabilidad en el ámbito industrial y desalientan la recuperación del hormigón devuelto, por lo que el envío a vertedero sigue siendo la práctica más común.

En particular, el material granular producido debe acumularse hasta que los gránulos frescos desarrollen suficiente resistencia mecánica para su transformación y transferencia a la zona de almacenamiento. Además, el tiempo de procesamiento adecuado está estrechamente relacionado con las condiciones ambientales, como se describe en detalle en el documento WO2016/198384. En invierno y en países con climas fríos, los tiempos de residencia del material antes del procesamiento pueden ser muy largos. Como se muestra en el gráfico de la figura 3 de la solicitud de patente WO2016/198384, en el caso de un material cementoso granular producido a partir de hormigón devuelto almacenado a 0 °C, el tiempo de curado es de entre 2 y 3 días. Esto significa que se requieren grandes áreas para el almacenamiento temporal del material producido a partir del hormigón devuelto, y dichas áreas no siempre están disponibles en las instalaciones de fabricación de hormigón. Por el contrario, en condiciones climáticas opuestas, los tiempos de curado necesarios pueden ser demasiado cortos para permitir un procesamiento eficaz del material granular. Por ejemplo, un material granular producido a partir de hormigón devuelto a las 14 horas y almacenado a 35 °C, condiciones propias de la temporada de verano y de las zonas ecuatoriales, debe manipularse no antes de la medianoche ni después de las 5 horas de la mañana del día siguiente, lo que significa que el personal de las instalaciones debe estar presente durante la noche, lo que genera un aumento de los costes de funcionamiento. La necesidad de realizar horas extraordinarias también surge en el caso del material granular producido los viernes por

la tarde que, si se almacena en condiciones climáticas normales (entre 10 y 25 °C), debe manipularse entre el sábado y el domingo, días en los que las instalaciones de fabricación de hormigón están normalmente cerradas.

5 El segundo aspecto crítico de la producción de material granular a partir de hormigón devuelto que surge en los procedimientos descritos anteriormente es que el granulado producido siempre tiene una distribución granulométrica dispersa que, aparte de las fracciones más finas, es muy similar a la curva de distribución granulométrica de los áridos (grava, gravilla y arena) utilizados para la elaboración del hormigón original. Esto significa que el material granular, una vez endurecido, no puede almacenarse con los áridos naturales normalmente utilizados para la producción del hormigón, que se dividen en clases granulométricas bien definidas, sino que necesariamente debe almacenarse por separado, lo que requiere más espacio dentro de la instalación. Además, la distribución del tamaño de las partículas del material granular, que se parece mucho a la de los agregados originales, facilita el grado máximo de empaquetamiento de las partículas; por consiguiente, el material granular tiene una tendencia muy baja a fluir y, por lo tanto, no puede almacenarse en silos mientras se dosifica en la instalación de producción de hormigón, porque obstruiría las tuberías de alimentación.

15 El tercer aspecto crítico se relaciona con el procedimiento de granulación, que en el caso del hormigón devuelto se realiza directamente en el camión hormigonera al regresar al sitio. Además del tiempo necesario para completar el procedimiento de granulación, que oscila entre 5 y 15 minutos, también hay que tener en cuenta el tiempo necesario para descargar el granulado al suelo, ya que su duración depende del contenido de hormigón devuelto al camión hormigonera. La etapa de descarga puede durar de 10 a 15 minutos si la carga inicial de hormigón devuelto es de 1 a 2 metros cúbicos, y puede exceder los 40 minutos si la mezcladora de cemento regresa del sitio con una carga máxima de hormigón devuelto de 8 a 10 metros cúbicos. Durante todo este tiempo, el camión hormigonera está ocupado y no está disponible para cargar hormigón nuevo, lo que limita seriamente la productividad de la instalación de producción.

25 Otro aspecto adverso del procedimiento de tratamiento del hormigón devuelto desarrollado hasta la fecha se relaciona con la calidad del material granular producido. De hecho, la pasta de cemento que constituye la capa exterior de los nuevos gránulos es porosa y absorbe cantidades considerables de agua. En consecuencia, cuando se utilizan dichos áridos en lugar de áridos naturales para la producción de hormigón nuevo, el agua de amasado debe aumentarse considerablemente para compensar la mayor absorción de agua. El aumento de la relación agua/cemento del hormigón nuevo, debido a los nuevos áridos, produce invariablemente una reducción de las propiedades mecánicas y de la durabilidad del hormigón nuevo. Este aspecto limita la posibilidad de producir hormigón con altas propiedades mecánicas y buena durabilidad a partir de materiales granulares obtenidos mediante los métodos de tratamiento del hormigón devuelto desarrollados hasta la fecha.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

35 La presente invención se refiere a un nuevo procedimiento para tratar el hormigón devuelto que elimina todos los inconvenientes de los métodos propuestos hasta la fecha. En particular, el procedimiento de la invención transforma el hormigón devuelto en nuevos áridos y, a diferencia de los métodos propuestos hasta la fecha, no requiere un procedimiento de curado intermedio, ya que pueden clasificarse inmediatamente en función del tamaño de las partículas y almacenarse inmediatamente en el sitio final. Como el procedimiento se desarrolla en una unidad dedicada, el camión hormigonera está inmediatamente disponible para recibir una nueva carga de hormigón, sin penalizar de ninguna manera el procedimiento de producción. Además, el nuevo procedimiento no utiliza agua y no produce ningún tipo de residuo líquido o sólido. Finalmente, la calidad de los áridos producidos mediante el procedimiento de la invención es muy superior a la de los materiales granulares obtenidos con los sistemas propuestos hasta la fecha. Esto significa que los agregados producidos mediante el procedimiento de la invención se pueden usar para la producción de hormigones caracterizados por altas propiedades mecánicas y alta durabilidad.

45 El procedimiento de la invención no se basa en la granulación del hormigón devuelto, como se describe en todos los métodos propuestos hasta la fecha. Ahora se ha descubierto sorprendentemente que sometiendo el hormigón devuelto a una mezcla intensiva en presencia de aditivos floculantes orgánicos o inorgánicos, los agregados se pueden separar de la fracción fina y el agua, y los agregados se pueden recuperar inmediatamente en su forma y condición originales, sustancialmente seco y no recubierto con material de cemento. Este procedimiento de "pelado" de áridos es lo contrario al procedimiento de granulación descrito en los documentos anteriormente citados, que pretenden obtener un material constituido por un conjunto de gránulos, cada uno de ellos formado por un núcleo central representado por el árido grueso al que se adhiere una capa superficial, constituyéndose dicha capa por la pasta de cemento y las fracciones finas de la mezcla. Los áridos naturales "pelados" producidos por el procedimiento de la invención al final del procedimiento de mezclado intensivo están completamente separados del resto de la mezcla, están sustancialmente secos y no recubiertos con pasta de cemento; Inmediatamente se tamizan y clasifican según el tamaño de partícula deseado y se envían a los depósitos de almacenamiento de áridos de la instalación.

55 La fracción restante del hormigón devuelto, representada por arena, cemento y agua, bajo el efecto de los aditivos coagulantes y de una mezcla intensiva, se transforma en una mezcla de pequeños aglomerados (algunos milímetros), que se separan de los áridos más gruesos en las posteriores procedimientos de tamizado. Debido a la fuerte acción cohesiva de las mezclas coagulantes y a la distribución homogénea y uniforme del tamaño de las partículas, la fracción fina procedente del procedimiento, aún húmeda, tiene poca o ninguna tendencia a aglomerarse, por lo que no hay necesidad de una etapa de curado antes de su almacenamiento final, mientras que el curado es necesario en los

procedimientos de granulación, como se describe en el documento WO 2016/198384. En consecuencia, la mezcla de aglomerado fino también puede enviarse directamente al depósito de arena de la instalación donde, debido a la mezcla con el material seco ya presente, se dispersa uniformemente. Todo el procedimiento se lleva a cabo en una unidad dedicada en la que el camión hormigonera descarga el hormigón devuelto; por lo tanto, el camión hormigonera no participa en el procedimiento de transformación y puede reutilizarse inmediatamente para nuevas cargas de hormigón, sin penalizar el ciclo de producción. El procedimiento de la invención se define en la reivindicación 1. Los aspectos preferidos de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes. El esquema del procedimiento se resume en la figura, que representa un esquema del procedimiento de tratamiento del hormigón devuelto según la presente invención.

El camión hormigonera descarga el hormigón devuelto a una tolva de carga de la instalación, situada sobre células de carga para la medición de la cantidad de hormigón entregado, con un sistema de medición del asentamiento de la mezcla. Luego, el hormigón devuelto se transfiere a la mezcladora, donde se añaden los aditivos floclulantes, cuya dosificación se regula en función de la cantidad de hormigón devuelto a tratar y sus características de asentamiento. La mezcladora intensiva es una mezcladora de eje horizontal en la que el hormigón devuelto, con la adición de aditivos floclulantes, se descompone en los áridos originales y la fracción fina coagulada. Debido al alto esfuerzo cortante impartido por el árbol giratorio y al efecto de los aditivos floclulantes, los terrones de pasta de cemento, compuestos por agua, aditivos y fracciones finas de arena del hormigón devuelto, en lugar de depositarse en la superficie de los áridos gruesos y dando lugar a gránulos en los que el agregado grueso está recubierto con una capa de "gel" de cemento, como se describe en la literatura de patentes anterior, se desprenden continuamente de la superficie y permanecen separados al final del procedimiento, en forma de aglomerados coagulados con un tamaño de unos pocos milímetros (normalmente de 1 a 5 milímetros).

La duración del procedimiento de mezclado oscila entre 20 segundos y 5 minutos, preferentemente entre 30 segundos y 3 minutos, y lo más preferentemente entre 1 minuto y 2 minutos. Tiempos más cortos no permiten que los aditivos floclulantes actúen completamente, mientras que tiempos más largos desestabilizan el procedimiento de floclulación y hacen que la mezcla se reaglomere. El mezclador puede ser del tipo de un solo árbol o de dos árboles, con mezcladores de martillo o de paletas o ambos. El extremo del árbol puede equiparse con un tornillo para facilitar el avance del material a lo largo de la mezcladora.

A la salida del mezclador intensivo, la mezcla de hormigón devuelto tratado, compuesta de áridos gruesos y trozos de fracción fina compuesta por agua, pasta de cemento, fracciones finas y aditivos coagulantes, se pasa al sistema de tamizado para la separación de las distintas fracciones. La mezcla cruda se separa en al menos dos fracciones: la primera correspondiente a los agregados gruesos mayores a 5 mm, y la segunda a la fracción más fina menor a 5 mm. Preferentemente se separa en tres fracciones: la primera correspondiente a áridos gruesos mayores de 10 mm, la fracción intermedia correspondiente a áridos con un tamaño entre 10 mm y 5 mm, y la fracción más fina a áridos menores de 5 mm. Sin embargo, el número de fracciones recogidas y su tamaño de partícula se pueden variar dentro de un amplio rango aumentando el número de tamices y modificando su apertura.

Los tipos de tamiz utilizados para el procedimiento de producción de áridos a partir de hormigón devuelto según la invención son tamices industriales comunes de vibración, rotativos o ciclónicos, capaces de separar los áridos en función del tamaño de partícula seleccionado. Los separadores pueden ser de plástico o metálicos, con geometría y tamaño de orificio variables. La calidad del material separado mejora aún más si durante el procedimiento de tamizado se inyecta una corriente de aire en contracorriente al flujo de áridos en el tamiz. La acción del aire está encaminada a secar aún más la superficie del árido grueso, liberándolo de posibles residuos de la fase cementosa, y la superficie del material coagulado, facilitando el procedimiento de separación y mejorando la calidad del árido. El flujo de aire se produce mediante un sistema de ventilación en el que el aire también se puede calentar para facilitar el secado del material en los meses de invierno y en climas fríos.

Las fracciones más grandes, típicamente las que superan los 10 mm y las que oscilan entre 5 y 10 mm, están casi libres de pasta de cemento en la superficie. Las porciones residuales de mortero coagulado adheridas a la superficie de los áridos producidos mediante el procedimiento según la presente invención pueden representar hasta un 1 % de la masa total de áridos mayores de 10 mm y hasta un 5 % de la masa total de áridos de tamaño intermedio (5 a 10 mm), sin perjudicar en ningún caso la posibilidad de realizar con éxito un correcto tamizado del material de salida del mezclador intensivo y su posterior almacenamiento.

A la salida del sistema de tamizado, las fracciones de árido producidas se envían directamente a los depósitos de almacenamiento. La superficie de los agregados gruesos producidos mediante el procedimiento según la invención, típicamente los mayores de 5 mm, está seca y sustancialmente desprovista de depósitos superficiales de pasta de cemento, y puede almacenarse directamente con agregados naturales que tengan las mismas características de tamaño de partícula. La fracción fina, de tamaño inferior a 5 mm y compuesta principalmente por terrones que contienen agua, aditivos coagulantes, cemento fresco y las fracciones finas de la mezcla (arena y limo), es suficientemente cohesiva para ser enviada directamente al depósito de arena, donde se dispersa en la masa de material ya almacenado. Para mejorar la manipulación en estado fresco antes del almacenamiento, la fracción fina recién producida se puede mezclar opcionalmente con una cantidad suficiente de arena seca o de material fino ya endurecido, previamente producido.

Los aditivos floculantes orgánicos pueden consistir en polielectrolitos aniónicos y catiónicos, que pueden dosificarse en forma sólida o líquida. Ejemplos de dichas mezclas son las poliácridamidas modificadas con grupos aniónicos o catiónicos, con una densidad de carga variable y pesos moleculares que oscilan entre unas pocas decenas de miles y 20 millones de Dalton. Los productos sólidos consisten en un polvo de tamaño de partícula variable, que oscila entre 1000 μm y 0,1 μm , preferentemente entre 500 μm y 0,5 μm , y lo más preferentemente entre 200 μm y 1 μm . Los productos líquidos son emulsiones, en las que el contenido de sustancia activa puede oscilar entre el 10 % y el 80 %, preferentemente entre el 20 % y el 70 %, y lo más preferentemente entre el 25 % y el 60 %. Otros floculantes orgánicos están representados por polisacáridos de alto peso molecular tales como celulosa y sus derivados, almidón y sus derivados. La dosis típica de floculantes orgánicos puede oscilar entre 0,1 y 10 kg, preferentemente entre 0,2 y 3 kg, y lo más preferentemente entre 0,4 y 2 kg de producto por metro cúbico de hormigón devuelto a tratar. Dichas mezclas se pueden usar solas o combinadas con otras mezclas floculantes inorgánicas.

Los floculantes inorgánicos, que pueden usarse opcionalmente en combinación con los floculantes orgánicos descritos anteriormente, consisten en sales de metales trivalentes, tales como sales de aluminio (III) y hierro (III). Los más utilizados son el sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, aluminato de sodio NaAlO_2 , alumbre de potasio $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$, policloruro de aluminio $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$, cloruro férrico FeCl_3 y sulfato férrico $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. La dosis típica de floculantes inorgánicos oscila entre 0,5 kg y 15 kg, preferentemente entre 0,6 kg y 10 kg, y lo más preferentemente entre 1 kg y 7 kg de producto por metro cúbico de hormigón devuelto a tratar, y puede dosificarse en forma sólida o forma líquida.

Los aditivos floculantes orgánicos e inorgánicos de la invención también se pueden formular y usar en combinación con aditivos normales para hormigón tales como aditivos acelerantes y aditivos retardantes. Ejemplos de mezclas acelerantes incluyen nitrato de calcio, mezclas de hidratos de silicato, tiocianato de sodio, etanolaminas, formiato de calcio, acetato de calcio y mezclas de los mismos. Ejemplos de mezclas retardantes incluyen sales alcalinas y alcalinotérreas de los ácidos cítrico, láctico, málico y oxálico y, más generalmente, de los otros ácidos α -hidroxycarboxílicos.

El procedimiento según la invención para la producción de áridos a partir de hormigón devuelto puede realizarse de forma discontinua o continua. En el procedimiento discontinuo, el hormigón devuelto descargado del camión hormigonero se pesa y se introduce en la mezcladora intensiva, donde es tratado durante el tiempo establecido, en presencia de los aditivos coagulantes. Al final del intenso procedimiento de mezclado, la mezcla bruta de áridos se transfiere a la unidad de tamizado y los áridos separados se envían a los respectivos depósitos de almacenamiento. El procedimiento discontinuo es especialmente adecuado para el tratamiento de pequeñas cantidades de hormigón devuelto, desde medio metro cúbico hasta 3 metros cúbicos, que pueden estar contenidos en una mezcladora intensiva no excesivamente grande. Para cantidades mayores, para evitar el uso de mezcladores intensivos excesivamente grandes, es más ventajoso el procedimiento continuo. En ese caso, el hormigón devuelto se alimenta al mezclador intensivo de forma continua, a un ritmo tal que permita un tiempo de residencia suficiente para implementar eficazmente el tratamiento correcto con los aditivos coagulantes. Calculando adecuadamente el tiempo de residencia, se puede limitar el volumen del mezclador intensivo, evitando así el uso de mezcladores discontinuos excesivamente grandes y costosos. La mezcla bruta de áridos se transporta desde el mezclador intensivo al sistema de tamizado, que también de forma continua separa la mezcla en las distintas fracciones granulométricas. En el caso del procedimiento continuo, son especialmente adecuados los mezcladores intensivos de eje horizontal, en los que el árbol está equipado con componentes de mezclado intensivo (martillos, arados o paletas) y componentes para el avance y transferencia de la mezcla (tomillo).

La invención se describe con mayor detalle en los siguientes ejemplos.

Ejemplo 1

2 metros cúbicos de hormigón devuelto que tenga las características especificadas en la **Tabla 1** se cargaron en una mezcladora intensiva de doble árbol con una capacidad útil de 3 metros cúbicos. Después de cargar el hormigón en la mezcladora, se añadieron 2 kg de un aditivo floculante orgánico en polvo a base de poliácridamida aniónica y dichas sustancias se mezclaron durante 1 minuto 30 segundos. Al final de la mezcla, el material bruto se descargó y se separó en un tamiz vibratorio que consta de 1 separador con una apertura de 5 mm. Se obtuvieron así dos fracciones: la primera representada por áridos mayores de 5 mm, y la segunda representada por el material que pasó por el tamiz de 5 mm y se recogió en el fondo. Las características de las distintas fracciones se muestran en **Tabla 2**.

Como se verá en los resultados de **Tabla 2**, la fracción más abundante (54 % de la masa total de los áridos producidos) es la más fina (fracción < 5 mm) que contiene, en forma de terrones, el cemento, el agua, las fracciones más finas del hormigón original y los floculantes. La otra fracción está constituida principalmente por los áridos naturales que originalmente constituyeron el hormigón (46 % del total). Como se verá, la Fracción 1 está prácticamente libre de residuos de cemento (sólo un 0,1 % de mortero residual adherido), demostrando la excelente eficacia del procedimiento de coagulación y separación. Estas características inciden favorablemente en las demás características de los áridos, especialmente el volumen mástico y la absorción de agua, que son muy similares a las de los áridos naturales utilizados para la producción del hormigón original.

Tabla 1 Características del hormigón devuelto

Ingrediente/Parámetro	Unidad de medida	Valor
Tipo de cemento CEMII/A-LL	UNI-EN 197-1:2006	CEMII/A-LL
Dosificación de cemento	kg/m ³	300
Grava 20/30	kg/m ³	477
Grava 10/20	kg/m ³	308
Arena 0/8	kg/m ³	916
Agua	litros/m ³	197
Aditivo plastificante	litros/m ³	1,8
Relación W/C		0,64
Clase de asentamiento según UNI-EN 206:2008		S4

Tabla 2 Características de los áridos obtenidos con el procedimiento según la presente invención

Parámetro	u.m.	Fracción 1 > 5mm	Fracción 2 < 5 mm
Cantidad relativa	%	46	54
Cantidad residual de mortero	%	0,1	-
Masa de volumen	kg/m ³	2,70	2,35
Absorción de agua	%	1,0	7,3

Ejemplo 2 (Comparativo)

- 5 En este ejemplo, las características de los agregados producidos por el procedimiento de granulación descrito en el documento WO 2012/084716 se miden a modo de comparación. Dos metros cúbicos de hormigón devuelto que tenga las características reportadas en la **Tabla 1** fueron tratados en camión hormigonera con 13 kg de floculante inorgánico en polvo a base de sulfato de aluminio Al₂(SO₄)₃. Después de agitar en la hormigonera durante 3 minutos, se añadió 1 kg de aditivo superabsorbente a base de poliácridamida aniónica y se continuó la agitación durante 4 minutos más,
- 10 hasta que el hormigón devuelto se transformó en un material granular. El material granular así formado se descargó del camión hormigonera y se distribuyó en un espesor de aproximadamente 20 centímetros. Aproximadamente 3 horas después de la descarga, el material se procesó suavemente con un pequeño dispositivo mecánico equipado con una paleta, para romper las uniones formadas entre los gránulos debido a la hidratación del cemento. Esta operación se repitió 3 veces más en las primeras 24 horas, y luego el material granular se dejó curar en pila durante 7 días, antes
- 15 de ser tamizado a través de un tamiz de malla de 5 mm. Las características de las 2 fracciones así separadas se establecen en la **Tabla 3**.

Tabla 3 Características de los áridos obtenidos con el procedimiento de granulación divulgado en la solicitud de patente WO2012/084716 (Comparativo)

Parámetro	u.m.	Fracción 1 > 5 mm	Fracción 2 < 5 mm
Cantidad relativa	%	65	35
Cantidad residual de mortero	%	13,5	-

Parámetro	u.m.	Fracción 1 > 5 mm	Fracción 2 < 5 mm
Masa de volumen	kg/m ³	2,44	2,36
Absorción de agua	%	5,5	9,5

Como se verá en los resultados mostrados en **Tabla 3**, La fracción 1, relativa al tamaño de partícula más grueso, se caracteriza por tener un 13,5 % de fracción de mortero adherido a la superficie, muy superior a la de la misma fracción del ejemplo 1. Esta característica afecta inevitablemente a la masa volumétrica y a la absorción de agua de dichos áridos, que son mucho peores que los valores de la Fracción 1 del Ejemplo 1.

Ejemplo 3

En este ejemplo, los agregados producidos en el Ejemplo 1 (Invención) y el Ejemplo 2 (Comparativo) se usaron para la producción de una mezcla de hormigón en comparación con una mezcla comparativa similar, hecha únicamente con agregados naturales. En este ejemplo, la fracción de árido grueso (> 5 mm) y la fracción de arena medio-gruesa (< 5 mm) de los áridos naturales fueron reemplazadas en su totalidad por las fracciones de áridos producidos a partir del hormigón devuelto. En los hormigones con áridos producidos a partir de hormigón devuelto, fue necesario añadir una proporción adicional de arena fina natural para equilibrar la curva de distribución granulométrica de los áridos.

Las características de las mezclas se establecen en la **Tabla 4** abajo.

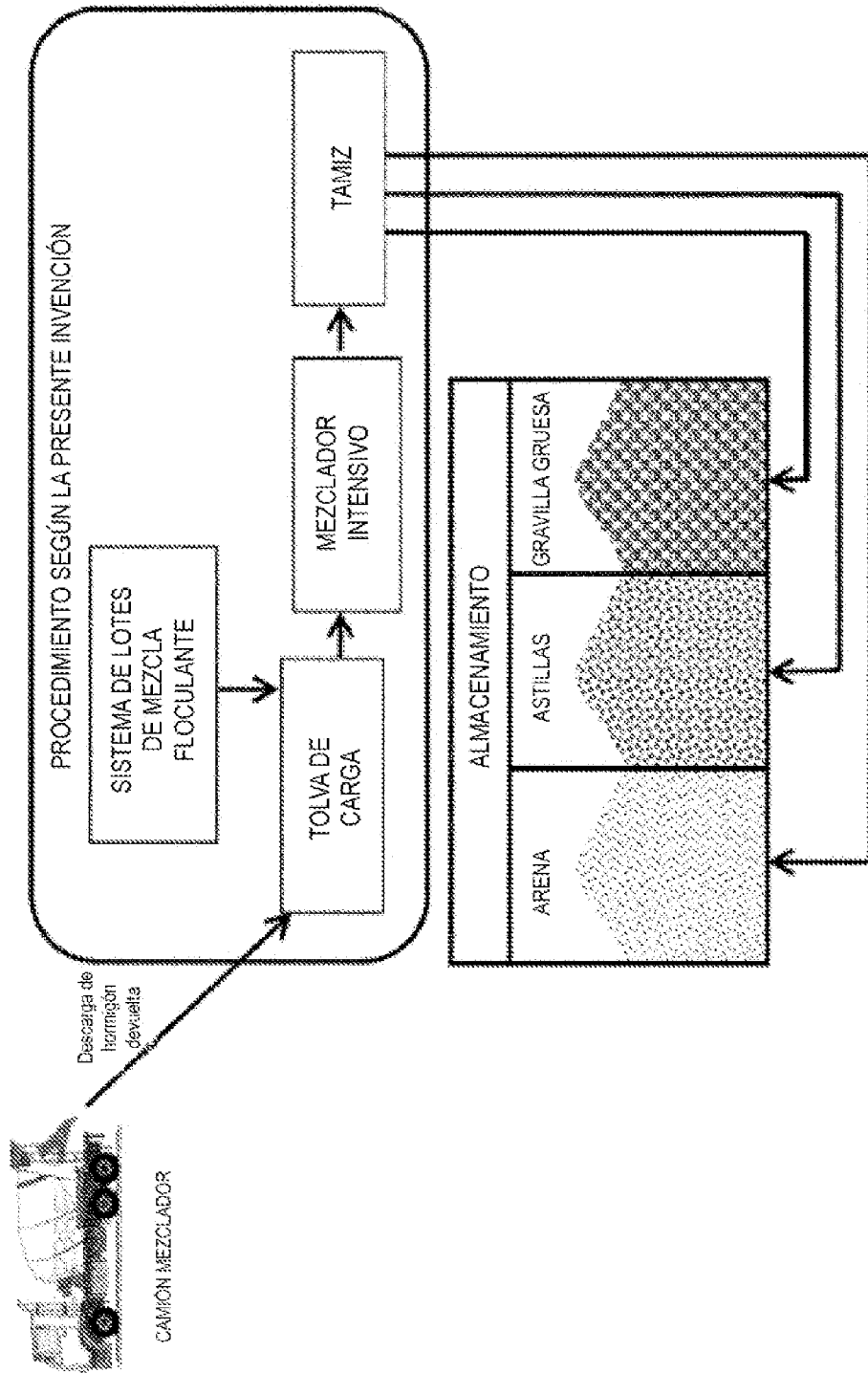
Tabla 4 Composición y características de las mezclas de hormigón utilizadas en el Ejemplo 3

Ingrediente/Parámetro	u.m.	Hormigón (referencia) 1	Hormigón (invención) 2	Hormigón (comparativo) 3
Cemento IIA-LL 42.5R	kg/m ³	300	300	300
Agua	kg/m ² ³	197	205	244
Relación W/C		0,64	0,68	0,86
Aditivo superplastificante	% bmc*	0,8	0,8	0,8
Arena natural	kg/m ³	147	350	405
Fracción < 5 mm	kg/m ³	916	763	420
Fracción > 5 mm	kg/m ³	785	735	825
Asentamiento	cm	21	21	21
Aire arrastrado	%	1,7	1,9	3,5
Resistencia a la compresión después de 24 horas	MPa	12,1	12,1	10,6
Resistencia a la compresión después de 7 días	MPa	28,4	26,2	23,1
Resistencia a la compresión después de 28 días	MPa	34,4	32,2	30,2
*bmc = en masa de cemento				

5 Como se verá, el hormigón elaborado con los áridos producidos según la presente invención (Hormigón 2) requiere menos agua de mezclado y desarrolla una mejor resistencia a la compresión mecánica que el hormigón elaborado con los áridos producidos mediante el procedimiento de granulación descrito en WO2012/084716 (Hormigón 3). Dichas diferencias se deben principalmente a las diferentes características de absorción de agua de los áridos producidos por los diversos métodos, y confirman que la calidad de los áridos producidos por el procedimiento según la invención es mucho mejor que la de los áridos producidos por los métodos de granulación de tratamiento del hormigón devuelto.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la producción de áridos a partir de hormigón devuelto que comprende:
 - a) cargar el hormigón devuelto en una mezcladora intensiva;
 - b) añadir aditivos flocculantes orgánicos o inorgánicos, solos o combinados;
 - 5 c) mezclar durante 20 segundos a 5 minutos, preferentemente durante 30 segundos a 3 minutos, y más preferentemente durante 1 minuto a 2 minutos, hasta que el hormigón devuelto se haya coagulado en:
 - i. una fracción de mayor tamaño de partículas, constituida principalmente por los áridos naturales originales contenidos en el hormigón devuelto, que están sustancialmente secos y libres de pasta de cemento;
 - 10 ii. una fracción de menor tamaño de partículas, compuesta principalmente por terrones que contienen agua, aditivos coagulantes, cemento fresco y las fracciones finas de la mezcla de arena y limo; **caracterizado por**
 - d) pasar la mezcla a través de un tamiz vibratorio, rotatorio o ciclónico con separación en al menos dos clases granulométricas, constituyéndose una fracción con un tamaño mayor de partículas principalmente por los áridos naturales originales contenidos en el hormigón devuelto, que están sustancialmente secos y libres de pasta de cemento, y una fracción con un tamaño de partícula menor compuesta principalmente por terrones que contienen agua, aditivos coagulantes, cemento fresco y las fracciones finas de la mezcla de arena y limo.
 - 15
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que el mezclador intensivo es del tipo de árbol horizontal, continuo o discontinuo, de un solo eje o de dos ejes, con elementos mezcladores que consisten en arados, martillos, paletas, tornillos o una combinación de los mismos.
3. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que el mezclador intensivo es del tipo de eje vertical, de árbol único o de árbol doble, continuo o discontinuo, con elementos mezcladores que consisten en paletas o palas.
4. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que el tamiz mencionado en el punto d) separa la fracción mayor, que consiste principalmente en los agregados naturales originales contenidos en el hormigón devuelto, que están sustancialmente secos y desprovistos de pasta de cemento, en dos o más fracciones con un tamaño de partícula que oscila entre 5 mm y 40 mm.
5. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la fracción más pequeña, que consiste principalmente en terrones que contienen agua, aditivos coagulantes, cemento fresco y las fracciones finas de la mezcla (arena y limo), tiene un tamaño de partícula inferior a 5 mm.
6. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la adición de la etapa b) se regula automáticamente en función del peso y el asentamiento del hormigón devuelto medido en la tolva.
7. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que en la etapa b) se añaden flocculantes orgánicos combinados con flocculantes inorgánicos.
8. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el flocculante orgánico se selecciona entre poliácridamidas modificadas con grupos aniónicos o catiónicos, ya sea en forma sólida o líquida, y el flocculante inorgánico se selecciona entre sales de Al (III) o Fe (III) ya sea en forma sólida o líquida.
9. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la dosis de flocculante orgánico oscila entre 0,1 y 10 kg, preferentemente entre 0,2 y 3 kg, y lo más preferentemente entre 0,4 y 2 kg de producto por metro cúbico de hormigón devuelto a tratar.
10. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la dosis de flocculante inorgánico oscila entre 0,5 y 15 kg, preferentemente entre 0,6 y 10 kg, y lo más preferentemente entre 1 y 7 kg de producto por metro cúbico de hormigón devuelto a tratar.
11. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa d) se lleva a cabo con un tamiz vibratorio bajo un flujo de aire a contracorriente.



Figura