

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 359**

51 Int. Cl.:

**C04B 18/02** (2006.01)

**C04B 111/00** (2006.01)

**C04B 28/02** (2006.01)

**C04B 111/54** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2006 E 06707554 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 1858821**

54 Título: **Materiales litoidales granulares**

30 Prioridad:

**17.03.2005 IT MI20050443**

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

**22.05.2015**

73 Titular/es:

**IN.T.EC. S.R.L. (50.0%)**

**Via Torino, 151/A**

**30172 Mestre (VE), IT y**

**MAPEI S.P.A. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**FERRARI, GIORGIO y**

**PELLAY, ROBERTO**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

ES 2 536 359 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**

Materiales litoidales granulares

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un agregado granular superplastificado litoidal obtenido por la combinación de un aglutinante inorgánico que consiste en un cemento hidráulico o una mezcla de cementos hidráulicos; un material fino que consiste en minerales carbonosos, minerales silíceos, minerales silico aluminosos o sus combinaciones; un superplastificante; y agua para la solidificación/estabilización y la remediación de suelos contaminados.

10

Antecedentes de la invención

15

Las piedras naturales siempre han representado un factor importante en la construcción y el diseño arquitectónico. Desde la época helénica las piedras de río se aglutinaban con cal y arcilla para crear revestimientos ornamentales. En la época romana pequeñas piedras de diferentes colores y formas se incorporaban en una mezcla de cal y "puzolana" para fundir pisos de mosaico (*opus tassellatum* y *opus signinum*). Es durante la República de Venecia que el uso de piedras de colores para pisos logró el mayor desarrollo estético y el "Terrazo a la Veneciana" se hizo famoso en todo el mundo. Según esta técnica, las piedras de color y tamaño seleccionados se incorporan en la matriz fresca de aglutinante de acuerdo a un diseño predeterminado. Después del endurecimiento del aglutinante, las operaciones de alisado y pulido enfatizan en el diseño y el efecto de color de las piedras. La técnica tradicional y más antigua para el fundido de la "Terrazo" emplea hidróxido de calcio como aglutinante pero, más recientemente, también se han utilizado resinas epoxi y cemento portland. En otras aplicaciones, las piedras de colores seleccionadas se pueden combinar con diferentes tipos de aglutinantes, basados tanto en cemento como en resinas orgánicas, en elementos prefabricados de varias formas los cuales se utilizan para la creación de objetos decorativos, tales como revestimientos, losas, estantes y otras bases para mobiliarios. Por otra parte, las piedras naturales, incluso no enlazadas con un aglutinante, pueden representar en si mismas un elemento importante para las decoraciones interiores y exteriores cuando se utilizan para arreglar jardines y parterres.

20

25

30

Una considerable cantidad de piedras seleccionadas se utilizan en todo el mundo para las aplicaciones mencionadas. El tamaño deseado de las piedras se obtiene por trituración de bloques de mármol de color y calidad seleccionada, y tamizando el material molido resultante para obtener fragmentos caracterizados por dimensiones medias en el intervalo de 4 a 40 mm. Los siguientes tipos de mármoles son los más utilizados para la producción de piedras de colores en Italia: mármoles rojos y rosas, como la "rosa Arabescato", "Rosso Broccato di Verona" y "Rosso Levante"; mármoles verdes, como el "Verde Alpi" y "Verde Piave"; mármoles amarillos, como "Giallo di Siena", "Giallo Mori" y "Giallo di Verona"; mármoles grises y azul / gris, como "Bardiglio" y "Grigio Venato"; mármoles negros, como "Nero d'Iseo" y "Nero Portoro"; mármoles blancos, como el "Bianco di Carrara".

35

40

La creciente demanda de mármoles valiosos ha dado un impulso significativo a la actividad extractiva. Sin embargo, la explotación incontrolada de canteras ha creado, en muchos casos, problemas ambientales como la deforestación de grandes áreas, con la consiguiente desfiguración del paisaje y el aumento de los riesgos hidrogeológicos. Además, el lavado de de las canteras con aguas pluviales puede disolver metales traza de las rocas (Pb, Cd, Hg, Ni, Cu, Zn) que se pueden dispersar en las áreas circundantes, aumentando la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Otro aspecto ambiental se relaciona con el proceso de trituración de los bloques de mármol para la producción de los pequeños fragmentos útiles para las aplicaciones decorativas. De hecho, una considerable cantidad de bloques se pulveriza durante el proceso de trituración y no puede ser utilizado convenientemente. El polvo de mármol resultante es un material de desecho y debe ser eliminado en sitios controlados con aumento de los costos y otros problemas ambientales.

45

50

Debido a los problemas antes mencionados, las crecientes limitaciones en la disponibilidad de piedras de buena calidad a menudo obligan a los operadores técnicos importar mármoles desde largas distancias, con el consiguiente aumento de los costos de transporte. Por lo tanto, no siempre es posible o económicamente conveniente, utilizar piedras del color deseado, con efectos perjudiciales desde el punto de vista estético; Además, el uso de piedras de menor calidad, más porosa y menos resistente mecánicamente, afecta gravemente la durabilidad de la obra final

55

60

Consideraciones similares se pueden hacer para los agregados utilizados en las mezclas tradicionales de cemento, como en el hormigón. En este caso, además de las razones antes mencionadas relacionadas con la limitada disponibilidad de agregados triturados de buena calidad, hay una limitación en la selección de agregados fluviales, especialmente adecuados, debido a su forma redondeada y la ausencia de bordes afilados, para la producción de mezclas de concreto altamente fluidas, fáciles de colocar. De hecho, las medidas ambientales para la protección de las aguas imponen limitaciones crecientes a la actividad extractiva de áridos de los ríos.

65

Por lo tanto, importantes razones ambientales, técnicas y económicas imponen limitaciones crecientes a la disponibilidad de piedras naturales tanto para el diseño arquitectónico y como áridos agregados para la construcción. Con el fin de superar estas desventajas, los autores de la presente invención, después de intensos esfuerzos de

investigación, han desarrollado un nuevo material granular litoidal, basado en agregados sintéticos superplastificados, los cuales se puede utilizar en sustitución de piedras naturales, tanto para fines decorativos en el diseño arquitectónico y como agregados para mezclas de cemento. Este nuevo material, no sólo no sufre de los factores críticos antes mencionados, sino que representa una contribución importante a la atenuación y la reducción de tales inconvenientes.

5 Otra aplicación del nuevo material granular de la presente invención es la solidificación y estabilización de suelos y sedimentos contaminados. Es bien conocido que la adición de aglutinantes hidráulicos a los suelos o sedimentos contaminados reduce sustancialmente la lixiviación de los contaminantes. Por ejemplo, el documento US 4432666 describe un método para la estabilización de suelos contaminados mediante el mezclado de suelos contaminados con aceites con cemento hidráulico y agua, solidificando y posteriormente granulando dicha mezcla endurecida para obtener un agregado. En estas aplicaciones, el aglutinante hidráulico, normalmente cemento Portland, se añade y se mezcla con el suelo o el sedimento por medio de mezcladores intensivos "in-situ" y posteriormente compactados por medio de apisonadores de caminos. El resultado final es un suelo estabilizado el cual se caracteriza por una lixiviación reducida de contaminantes, pero con las mismas características de superficie específica y permeabilidad al agua como el suelo original. Este aspecto representa el punto débil de esta tecnología, mas en los casos en que el material estabilizado entra en contacto con agua. De hecho, cuanto mayor sea la superficie específica expuesta al lavado con agua, mayor es la lixiviación de los contaminantes y la degradación de los materiales. Estos inconvenientes se agravan aún más cuando el material estabilizado está expuesto al agua de mar, que contiene agentes agresivos, como cloruros y sulfatos, que son perjudiciales para la durabilidad de las mezclas de cemento.

20 Con el fin de superar estas desventajas, los autores de la presente invención, después de intensos esfuerzos, han desarrollado un nuevo proceso para la producción de agregado sintético granular, superplastificado basado en aglutinantes inorgánicos, que se caracteriza por una alta resistencia mecánica, baja porosidad, baja permeabilidad al agua y alta durabilidad.

25 Las características detalladas de la invención se describen a continuación.

Descripción detallada de la invención

30 La presente invención se refiere al uso de un agregado granular litoidal superplastificado obtenido por la combinación de los siguientes componentes esenciales:

- a) 5 a 50 por ciento en peso, preferiblemente de 10 a 35 por ciento en peso, de un aglutinante inorgánico que consiste en un cemento hidráulico o una mezcla de cementos hidráulicos;
- 35 b) 40 a 90 por ciento en peso, preferiblemente de 60 a 80 por ciento en peso, de un material fino de granulometría inferior a 4 mm, que consiste esencialmente en minerales carbonosos, minerales silíceos, minerales silico-aluminosos o sus combinaciones;
- c) 0.01 a 10 por ciento en peso, preferiblemente de 0.05 a 5 por ciento en peso, de un superplastificante;
- 40 d) del 1 al 20 por ciento en peso, preferiblemente de 3 a 15 por ciento en peso, de agua;
- e) 0 a 10 por ciento en peso de pigmentos inorgánicos y / u orgánicos;
- f) 0 a 20 por ciento en peso de sílice amorfa fumante o de otro material puzolánico sintético o natural;
- g) 0 a 10 por ciento en peso de sulfato de calcio hemihidrato o cal;
- h) 0 a 40 por ciento en peso de material metálico con una granulometría inferior a 2 mm;
- 45 i) 0 a 40 por ciento en peso de vidrio coloreado de granulometría inferior a 2 mm
- j) 0 a 40 por ciento en peso de materiales plásticos de granulometría inferior a 2 mm;
- k) 0 a 10 por ciento en peso de otros aditivos, tales como aceleradores de fraguado y endurecimiento, retardadores, agentes dispersantes, agentes viscosificantes, agentes humectantes, agentes tensioactivos, agentes de impregnación, agentes de arrastre de aire, agentes hidrofóbicos, agentes repelentes de agua, agentes quelantes, agentes de precipitación, filtros UV, ceras, esencias y perfumes, fertilizantes, herbicidas y pesticidas, producidos mediante un proceso que incluye las siguientes etapas:

- 50 – mezclado de los componentes esenciales y opcionales adicionales;
- nucleación y crecimiento del material granular;
- tratamiento opcional de la superficie de los granos;
- 55 – curado y endurecimiento de los granos;
- post-tratamientos opcionales

para la solidificación/estabilización y la remediación de los suelos contaminados.

60 Los aglutinantes hidráulicos para el uso de la presente invención consisten preferiblemente de cemento Portland y cemento de alúmina. Otros aglutinantes se pueden utilizar convenientemente, tales como cemento de escoria. Los diferentes aglutinantes se pueden usar solos o en combinaciones de los mismos. De particular interés son las combinaciones de cemento Portland y cemento de alúmina, opcionalmente estabilizados con la adición de sulfato de

calcio hemihidratado. Estas mezclas permiten obtener un rápido endurecimiento del material granular de la presente invención, a pesar de que se cura a temperatura ambiente.

5 Los materiales de granulometría inferior a 4 mm, que consiste esencialmente en minerales carbonosos, silíceos, silico-aluminosos o sus mezclas, incluyen sílice, arenas carbonosas y sus mezclas, los materiales finos y polvos resultantes de la trituración y el procesamiento de mármol o ladrillos, los residuos de la construcción, desde la extracción y lavado de áridos y gravas, los suelos contaminados y los sedimentos y las arcillas. Tales materiales pueden ser utilizados solos o en combinaciones de los mismos, de acuerdo a la necesidad.

10 Los ejemplos no limitantes de superplastificantes útiles para la invención son polímeros sintéticos a base de sulfonato de naftaleno condensado con formaldehído, sulfonato de melamina condensado con formaldehído, lignosulfonato, superplastificantes de policarboxilato a base de copolímeros de ácido (met)acrílico con monómeros derivados de oxialquileno, como metoxipolioxietilenglicol (met)acrilatos o polioxietilenglicoles de vinilo, opcionalmente en combinación con otros monómeros tales como estireno, monómeros sulfonados, monómeros de vinilo, derivados de anhídrido maleico o de otros (met)acrilatos. Los diferentes polímeros pueden ser utilizados solos o en combinaciones de los mismos, tanto en forma de solución acuosa o en forma de polvo.

20 Se puede añadir agua por separado de los otros componentes, o puede estar ya presente en uno o más de los ingredientes de la invención, tales como en los minerales carbonosos, silíceos y silico-aluminosos, suelos y sedimentos contaminados, los cuales pueden ser caracterizados por los diferentes contenidos en agua. Además, el agua se puede introducir junto con los superplastificantes, cuando estos se utilizan en solución.

25 Los pigmentos y otras sustancias colorantes se pueden añadir para impartir color específico a los agregados sintéticos superplastificados de la invención. Como ejemplo, los pigmentos a base de óxidos de hierro, manganeso, zinc y cromo se pueden utilizar, con el fin de obtener los colores negro, marrón, rojo, amarillo y verde. Los diversos colores y efectos se pueden obtener con pigmentos orgánicos, incluyendo tintes fluorescentes. Ambos pigmentos orgánicos e inorgánicos y colorantes se pueden utilizar en forma de polvo, pasta, solución o dispersión.

30 Las características de los materiales granulares para uso de la invención se pueden mejorar mediante la adición de sustancias con alto contenido en sílice amorfa, tales como sílice fumante y otros materiales puzolánicos naturales o sintéticos. La adición de estos materiales promueve la reacción del hidróxido de calcio, que se caracteriza por una solubilidad relativamente elevada en agua, en los hidratos de silicato de calcio, que son casi insoluble. Esta reacción mejora sustancialmente la durabilidad del material, reduciendo la apariencia de las eflorescencias causadas por el hidróxido de calcio.

35 Se pueden añadir polvos metálicos para impartir determinadas características estéticas, las cuales no se pueden obtener con las piedras naturales. Además, la presencia de polvo metálico puede mejorar las características mecánicas tales como la resistencia a la abrasión.

40 Cuando se requieren materiales granulares que se caracterizan por una baja densidad, se pueden añadir pequeños fragmentos de materiales plásticos. Tales materiales plásticos pueden ser también en forma de polímeros en dispersión o en emulsión.

45 El efecto estético de los materiales granulares de la invención se pueden mejorar aún más mediante la adición de pequeños fragmentos de vidrio coloreado, que mejoran el brillo de las superficies pulidas.

50 Además de los componentes secundarios antes mencionados, muchas otras sustancias se pueden utilizar para conferir propiedades específicas por ejemplo, para mejorar las características estéticas y / o mecánicas. Se pueden añadir esencias o perfumes para conferir propiedades adicionales cuando se utilizan los materiales granulares de la invención como elementos decorativos para interiores. Además, la adición de fertilizantes a los ingredientes principales puede representar un elemento complementario útil cuando se utilizan materiales granulares para decorar cerámicas y parterres. De esta manera, además del efecto decorativo debido al material granular coloreado, la liberación controlada del fertilizante asegura una dosificación prolongada y controlada de nutrientes al suelo. En otras aplicaciones, la adición de herbicidas y / o pesticidas a los ingredientes principales puede garantizar la liberación controlada de sustancias capaces de preservar las plantas de las plagas y los insectos peligrosos.

55 El proceso para la producción de los materiales granulares de la invención incluye preferiblemente los siguientes pasos:

- 60
1. mezclado de los principales y eventuales ingredientes accesorios;
  2. nucleación y crecimiento de los granos;
  3. tratamientos de la superficie de los granos;
  4. curado y endurecimiento de los granos;
  5. post-tratamientos opcionales.

5 1. Mezclado de los principales y eventuales ingredientes accesorios - Este paso se puede lograr con varios tipos de sistemas de mezclado. En general, en la primera etapa los ingredientes sólidos se mezclan para obtener una mezcla homogénea. En una segunda etapa, el agua y los componentes líquidos adicionales opcionales se añaden, evitando la formación de aglomerados húmedos de grandes dimensiones. Esto es posible mediante un mezclado intensivo y / o mediante la pulverización de agua y otros ingredientes líquidos durante la adición. Después de la adición de agua y los otros ingredientes líquidos, el material, el cual está en forma de un polvo húmedo finamente dividido, se puede dejar por algunos minutos en el sistema de mezclado. Después, el superplastificante se añade bajo mezclado, u opcionalmente mezclado y pulverizado con una parte del agua de mezclado. En esta etapa también es esencial evitar la formación de macro-aglomerados húmedos.

10 2. Nucleación y el crecimiento de los granos - Esta etapa se lleva a cabo en un mezclador rotatorio donde la mezcla de los ingredientes principales y secundarios, gracias al movimiento rotatorio, se inicia para nuclear y granular los materiales granulares de dimensiones crecientes que se producen. Además del efecto de crecimiento, la rodadura de los granos en el mezclador imparte al material granular de la presente invención una forma esférica. La copa de la mezcladora rotatoria puede ser de diferente forma y dimensión. Particularmente adecuados son los mezcladores con forma de placa rotatoria, con inclinación y velocidad de rotación variables.

15 3. Tratamientos opcionales de la superficie de los granos - Durante la etapa de crecimiento 2) los ingredientes adicionales se pueden añadir para impartir características específicas. Uno de los tratamientos más comunes consiste en la adición de una cantidad complementaria de aglutinante con el fin de secar la superficie de los granos y para prevenir el pegado cuando todavía están en estado fresco. Otros tratamientos consisten en la adición de agentes repelentes del agua, agentes impermeabilizantes, agentes de impregnación y otros aditivos para impartir características superficiales específicas a los materiales granulares de la presente invención.

20 4. Curado y endurecimiento de los granos — Esta etapa se lleva a cabo mediante curado normal o térmico. Durante el primer período de hidratación, antes del fraguado del aglutinante, es aconsejable mover periódicamente los materiales granulares con algún dispositivo mecánico para mantener los granos separados e impedir su coalescencia.

25 5. Post-tratamientos opcionales - Las características de los materiales granulares se pueden mejorar aún más mediante la realización de tratamientos adicionales durante o después del proceso de endurecimiento. En particular, se pueden realizar tratamientos específicos para mejorar las características mecánicas o la estabilidad dimensional de los granos, tales como los tratamientos térmicos descritos en US 5,522,962, o los tratamientos con CO<sub>2</sub> u otras sustancias como las descritas en el documento WO 97/44294.

30 Los materiales granulares de la invención están compuestos por granos redondeados con un tamaño de partícula distribuido estadísticamente. El tamaño de partícula más probable está en el intervalo entre 2 mm y 20 mm. Los tamaños de partícula externos a este intervalo son menos frecuentes y, en general, no son necesarios. En particular, la fracción con dimensiones inferiores a 1 mm es insignificante.

35 En los siguientes ejemplos, se describe la utilización de la presente invención

#### Ejemplo

40 2000 g de suelo contaminado con metales pesados de un área industrial abandonada, que consiste mayoritariamente de minerales silicios y carbonaceos con la presencia de fracciones de feldespato y arcilla (con un contenido de agua del 10 % y un tamaño máximo de partícula de 2 mm) se mezclan con 667 g de cemento CEM I 52,5R. Después, se añaden lentamente 100 g de agua con agitación, seguido por la adición mediante rociado de 45 g de superplastificante de policarboxilato (Dynamon SPL en forma de solución al 30 por ciento), previamente diluida con 79 g de agua. La mezcla resultante se transfiere progresivamente a un mezclador con plato rotatorio y un diámetro de copa de 400 mm a una velocidad de 150 rpm. El material granular resultante se trata en el mismo mezclador con una mezcla de 148 g de cemento blanco CEM I 52.5R. El material resultante se compone de 3039 g de un material granular, de forma esférica y superficie limpia, el cual es curado durante 28 días en condiciones controladas de temperatura (20 °C) y humedad (r.h. > 95%). Durante las primeras 12 horas de curado, el material granular se mezcla periódicamente para evitar la aglomeración de los granos. Después de 28 días de curado, la fracción que pasa el tamiz de 4 mm, se usa para mediciones de lixiviación de metales pesados según el ensayo italiano de lixiviación de acuerdo con el Decreto del Ministerio del Ambiente del 5 de Febrero de 1998 para residuales re-utilizables . De acuerdo con este ensayo, una cantidad pesada de la muestra se coloca en un exceso de 5 veces de volumen de agua desionizada, el cual se renueva a tiempos fijos (después de 2, 8, 24, 48, 72, 102, 168, 384 horas). Para cada fracción de eluatos, se determina la concentración de contaminantes y la sumatoria de estas concentraciones ( $\Sigma Ci$ ) se compara con un valor límite establecido (CL). El ensayo pasa si  $\Sigma Ci < CL$  para cada contaminante.

50 Los resultados del ensayo de lixiviación se presentan en la siguiente Tabla 4:

60

65

Tabla 4

Contaminante	Tiempo de lixiviación (horas)								ΣCi	Cl
	2	8	24	48	72	102	168	384		
As (ppb)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<8	50
Cd (ppb)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<1.6	5
Cr (ppb)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<8	50
Cu (ppb)	1.2	1.2	1.9	2.4	1.9	2.0	3.7	4.4	18.7	50
Hg (ppb)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.8	1
Pb (ppb)	2.5	3.1	4.4	4.3	3.3	3.1	4.5	6.8	32.0	50

A partir de esta Tabla 4, es posible observar que los resultados acumulativos (ΣCi), expresados en ppb (partes por billón) de los diferentes contaminantes son, con mucho, inferiores a los límites acumulativos (CL) establecidos por el Decreto del Ministerio de Medio Ambiente del 5 de febrero 1998.

Como comparación, en la siguiente Tabla 5 se reportan los resultados del ensayo realizado con suelo contaminado sin el tratamiento de la presente invención.

Tabla 5

Contaminante	Tiempo de lixiviación (horas)								ΣCi	Cl
	2	8	24	48	72	102	168	384		
As (ppb)	108	85	97	159	135	156	180	334	1254	50
Cd (ppb)	<0.2	0.3	<0.2	0.5	0.4	0.5	0.7	1.1	3.9	5
Cr (ppb)	4.3	4.6	6.5	8.6	7.1	5.9	9.2	17.8	64.0	50
Cu (ppb)	24.3	14.4	11.0	20.7	19.6	16.0	23.9	45.1	175	50
Hg (ppb)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.8	1
Pb (ppb)	3.0	17.6	10.6	27.0	20.0	24.1	35.2	80.2	217.7	50

Mediante la comparación de los resultados de los ensayos de lixiviación de las tablas anteriores, es bastante evidente que, mayoritariamente para arsénico, plomo, cromo, cobre y cadmio, los valores de lixiviación de los materiales tratados según el método de la presente invención son bastante bajos, en muchos casos son inferiores a los límites de detección del método analítico y, en cualquier caso, son mucho más bajos que los valores de lixiviación del suelo sin tratar. Estos resultados confirman los excelentes desempeños de los materiales granulares de la presente invención, que se caracterizan por una baja porosidad y características mecánicas elevadas, para la solidificación / estabilización de suelos contaminados.

Reivindicaciones

1. Uso de materiales granulares litoidales obtenidos a partir de la combinación de los siguientes ingredientes esenciales :

- 5 - 5 a 50 por ciento en peso, de un sistema aglutinante compuesto por un cemento hidráulico o una mezcla de cementos hidráulicos;  
- 40 a 90 por ciento en peso de suelo contaminado con un máximo de tamaño de partícula de 4 mm de diámetro, que consiste esencialmente en minerales carbonosos, minerales silíceos, minerales silíceos-aluminoso o mezclas de estos;  
10 - 0.01 a 10 por ciento en peso de un superplastificante;  
- 1 a 20 por ciento en peso de agua.

en combinación opcional con los siguientes ingredientes adicionales:

- 15 - 0 a 10 por ciento en peso de pigmentos o sustancias colorantes inorgánicas u orgánicas;  
- 0 a 20 por ciento en peso de sílice fumante u otro material puzolánico, tanto naturales como sintéticos;  
- 0 a 10 por ciento en peso de hemihidrato de sulfato de calcio o cal en forma de polvo;  
- 0 a 40 por ciento en peso de polvo metálico fino de tamaño de partícula inferior a 2 mm de diámetro;  
20 - 0 a 40 por ciento en peso de vidrio de color fino de tamaño de partícula inferior a 2 mm de diámetro;  
- 0 a 40 por ciento en peso de materiales plásticos con tamaño de partícula inferior a 2 mm de diámetro;  
- 0 a 10 por ciento en peso de otros aditivos, seleccionados de aditivos aceleradores de fraguado y endurecimiento, aditivos retardadores del fraguado y endurecimiento, agentes viscosificantes, agentes humectantes, agentes tensioactivos, agentes de impregnación, agentes de arrastre de aire, agentes hidrofóbicos, repelentes de agua, filtros UV, ceras, esencias y perfumes, fertilizantes y nutrientes, herbicidas, pesticidas.

y producidos mediante un proceso que incluye las siguientes etapas :

- 30 - mezclado de los componentes esenciales y opcionales adicionales;  
- nucleación y el crecimiento del material granular;  
- tratamientos opcionales de superficie de los granos;  
- curado y endurecimiento de los granos;  
- tratamientos posteriores opcionales

- 35 para la solidificación / estabilización y la remediación de suelos contaminados.