

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 015**

51 Int. Cl.:

C04B 28/00 (2006.01)

C04B 40/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.05.2013 PCT/NL2013/050374**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013 WO13176545**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2013 E 13729506 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2852562**

54 Título: **Composición de activador de geopolímero y aglutinante, pasta y hormigón de geopolímero preparados con la misma**

30 Prioridad:

23.05.2012 NL 2008863

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

18.07.2017

73 Titular/es:

**PQA B.V. (100.0%)
Bennebroekerdijk 244
2142 LE Cruquius, NL**

72 Inventor/es:

**KAKEBEEKE, PIETER IZAAK JAN y
KEULEN, ARNO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 625 015 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

Composición de activador de geopolímero y aglutinante, pasta y hormigón de geopolímero preparados con la misma

La presente invención se refiere a una composición de activador de geopolímero y a un aglutinante, composiciones de pasta y de hormigón de geopolímero que comprenden la composición de activador de geopolímero. La invención también se refiere a un método para la preparación de una composición de geopolímero sobre la base de la composición de activador de geopolímero.

La producción de hormigón de geopolímero, es decir, la fabricación de piedra artificial, es una técnica prometedora y potencialmente sostenible para la producción de nuevos materiales de construcción. Las composiciones de geopolímero pueden sustituir parcialmente la necesidad de los materiales de construcción convencionales usados actualmente, por ejemplo, mortero de cemento, hormigón de cemento y asfalto. La sustitución de los materiales de construcción convencionales tiene ventajas medioambientales y de sostenibilidad, debido a que los materiales de desecho pueden usarse como materia prima secundaria en la producción de los geopolímeros.

Los geopolímeros se elaboran normalmente mediante la reacción de un líquido alcalino con un material de origen con base geológica. El producto de la reacción a partir de este material puede usarse para unir agregados para formar hormigón. Los materiales de origen con base geológica, es decir, los minerales, contienen preferentemente un elevado contenido en aluminio, silicio, calcio y hierro. Debido a la elevada alcalinidad de la mezcla, los minerales sólidos se disuelven para formar monómeros de aluminio, de silicio, de calcio y de hierro. Los monómeros comenzarán a formar una red polimerizada cuando entren en contacto con una composición de activador de geopolímero y, combinados con el agregado, una vez unida covalentemente, crece con el tiempo, dando como resultado un hormigón que puede ser más estable que el cemento, que se basa en una red con una unión cristalina.

La producción de las composiciones de geopolímero es costosa y normalmente tiene una baja maleabilidad. Un importante inconveniente es la necesidad de elevadas temperaturas para iniciar el proceso de geopolimerización, que es importante para aumentar la resistencia a la compresión del material de geopolímero. Adicionalmente, otro inconveniente es la necesidad de unas excesivas cantidades de componentes alcalinos.

El documento EP2338947A1 desvela una composición de geopolímero fraguable a la temperatura ambiente que comprende una fuente de aluminosilicato, un líquido portador y un activador en forma de una sustancia alcalina, tal como un silicato, un aluminato metálico, un hidróxido de un metal alcalino, etc., y un aditivo en forma de un carbohidrato, en forma de una glucosa, de un almidón o de una sal de sacárido, que es capaz de acelerar el espesamiento y el fraguado de los geopolímeros, especialmente a la temperatura ambiente o inferior. Los Ejemplos 1-3 muestran en las muestras A2-C3 una combinación de los componentes mencionados anteriormente, en los que el NaOH tiene una molaridad de 10 M.

El documento WOO2/24597A2 desvela la preparación de geopolímeros mediante el uso de un activador en forma de una suspensión que contiene un silicato de un metal alcalino, un compuesto oxoaniónico ácido, un hidróxido de un metal alcalino, agua y opcionalmente cationes multivalentes, y el curado de la composición a una temperatura y presión elevadas.

Altan, E. & Erdogan, S. T. en "Alkali activation of slag at ambient and elevated temperatures", Cement & Concrete Composites, Vol. 34, 2012, pág. 131-139, están divulgando la activación alcalina de escoria a la temperatura ambiente y a elevadas temperaturas mediante el uso de un activador en forma de una mezcla de NaOH/silicato de sodio, mediante lo cual el NaOH tiene una molaridad de 2-8 M.

Rattanasak, U. et al. están divulgando el efecto de una mezcla química sobre geopolímeros de ceniza volátil con un elevado contenido en calcio, mediante lo cual la mezcla funciona como un activador y contiene una solución de NaOH/silicato de sodio junto con CaCl_2 , CaSO_4 , Na_2SO_4 y sacarosa, mediante lo cual la sacarosa tiene un efecto retardante sobre el fraguado de la composición de geopolímero.

La presente invención aspira a proporcionar una composición de hormigón o de pasta de geopolímero que puede ser curada a la temperatura ambiente y que simultáneamente tiene la suficiente resistencia y que son menos costosas de preparar en comparación con los métodos de producción conocidos en la materia.

La invención aquí descrita proporciona una composición de activador de geopolímero que comprende un activador alcalino que tiene una molaridad de entre 1,0 y 20 M; y aditivos que tienen una molaridad en el intervalo de entre 0,001 y 0,2 M, en la que los aditivos se seleccionan entre un azúcar y/o un ácido orgánico y sales de los mismos.

Una composición de pasta y/o de hormigón de geopolímero preparada sobre la base de la composición de activador de geopolímero muestra unos niveles satisfactorios de resistencia, en particular de resistencia a la compresión, mientras que permite el curado a la temperatura ambiente, es decir, sin la necesidad de un calentamiento adicional, en un periodo de tiempo que es habitual en la materia.

El término "temperatura ambiente", según se usa en el presente documento, se refiere a la "temperatura de los alrededores". Dado que las composiciones de geopolímero de la presente invención se usan en la fabricación de

materiales de construcción o similares, la "temperatura de los alrededores" es igual a la temperatura exterior (es decir, la temperatura atmosférica).

Sorprendentemente, se averiguó que la composición de hormigón o de pasta de geopolímero de la presente invención puede ser curada a unas temperaturas menores de 5 °C. La temperatura de curado puede ser incluso menor de 0 °C, por ejemplo, de aproximadamente -5 °C, de aproximadamente -10 °C o incluso de aproximadamente -15 °C. Las composiciones de pasta o de hormigón disponibles actualmente no pueden proporcionar una resistencia suficiente cuando se curan a unas temperaturas inferiores a 5 °C. Preferentemente, la temperatura de curado es igual o mayor a aproximadamente -5 °C, más preferentemente la temperatura está en el intervalo de desde aproximadamente 5 °C hasta 50 °C, e incluso es más preferido que la temperatura esté en el intervalo de entre aproximadamente 10 °C y 30 °C.

En otra realización de la invención se proporciona una composición de activador de geopolímero que comprende un activador alcalino que tiene una molaridad de más de aproximadamente 1,0, aditivos que tienen una molaridad en el intervalo de desde aproximadamente 0,001 hasta aproximadamente 0,2; y un silicato soluble que tiene preferentemente una molaridad en el intervalo de desde aproximadamente 0,01 hasta aproximadamente 2,0, en la que los aditivos se seleccionan entre un azúcar y/o un ácido orgánico y sales de los mismos

En otro aspecto de la invención, se proporciona una composición de geopolímero en forma de una composición de pasta de geopolímero (por ejemplo, un mortero) que comprende agregados finos, y la composición de aglutinante de geopolímero, es decir, la composición de activador de geopolímero de la presente invención, combinada con minerales, según la invención, en la que los aditivos están presentes en pequeñas cantidades. La viscosidad de la composición de pasta de geopolímero es preferentemente mayor de aproximadamente 25.000 cP. Es más preferido que la viscosidad de la composición de pasta de geopolímero sea mayor de aproximadamente 75.000 cP. Lo más preferido es que la viscosidad de la composición de pasta de geopolímero sea mayor de aproximadamente 150.000 cP. La composición de geopolímero de la presente invención puede estar en forma de un material cuya viscosidad no puede ser medida, por ejemplo, materiales de tierra húmeda, o similares.

El término "activador alcalino" según se usa en el presente documento pretende incluir un activador alcalino de bicarbonato, un activador alcalino de silicato, por ejemplo, silicato de sodio y/o silicato de potasio y/o un activador alcalino de hidróxido, por ejemplo, de hidróxido de sodio, de hidróxido de potasio y/o de otro hidróxido de un metal alcalino, o soluciones alcalinas. Los activadores alcalinos adecuados para su uso en la presente invención son aquellos activadores alcalinos usados habitualmente en el campo de la producción de hormigón de geopolímero. Dado que los activadores alcalinos se usan en los materiales de construcción, debería entenderse que preferentemente se debe evitar el uso de activadores alcalinos que puedan perjudicar el medio ambiente.

En otro aspecto de la invención, se proporciona una composición de geopolímero en forma de composiciones de hormigón de geopolímero que comprenden agregados gruesos y la composición de pasta de geopolímero, es decir, la composición de aglutinante de geopolímero según con la invención combinada con agregados finos.

Los agregados usados en la presente invención pueden seleccionarse entre cualquiera de los tipos de agregados usados para la preparación de la pasta o del hormigón. Preferentemente, los agregados se seleccionan entre agregado grueso, agregado fino y otros materiales usados en la construcción, incluyendo arena, grava, piedra molida u hormigón molido reciclado, y minerales de desecho. En la composición de pasta de geopolímero de la presente invención se usan preferentemente agregados finos. Preferentemente se usa una mezcla de agregado grueso y agregado fino en la composición de hormigón de geopolímero de la presente invención.

El término "agregado grueso" según se usa en el presente documento es un material que tiene un tamaño de diámetro de grano de al menos 4 milímetros (mm). El término "agregado fino" según se usa en el presente documento es un material que tiene un tamaño de diámetro de grano de menos de 4 mm.

Los minerales de la presente invención tienen al menos un 30 % m/m de aluminio, de silicio, de calcio, de hierro o combinaciones de los mismos. Los materiales preferidos son cenizas volátiles de polvo de carbón, escoria de altos hornos (granulado molido), meta caolín, escorias industriales, cenizas de incineración industrial, minerales de desecho, lodos, tierras y otros materiales puzolánicos. Preferentemente, las composiciones de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención comprenden una combinación de cenizas volátiles de polvo de carbón y escoria de altos hornos (granulado molido).

Los aditivos se seleccionan entre agentes complejantes que comprenden grupos complejantes reactivos, por ejemplo, grupos hidroxil- y/o carboxil-. Los grupos reactivos de los agentes complejantes son preferentemente adecuados para la formación de un enlace covalente entre los agentes complejantes y los minerales usados en las composiciones de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención.

Los aditivos de la composición de activador de geopolímero se seleccionan entre azúcares y/o ácidos orgánicos y sales de los mismos. Algunos azúcares preferidos son monosacáridos, por ejemplo, glucosa, fructosa y galactosa, disacáridos, por ejemplo, sacarosa, maltosa y lactosa, oligosacáridos, por ejemplo, dextrina, maltodextrina y almidón, polisacáridos, por ejemplo, celulosa, dextrano y estructuras poliméricas de tipo azúcar. Adicionalmente, también pueden usarse asimismo productos que comprenden mezclas de azúcares, tales como melazas.

Adicionalmente, la miel, los zumos de frutas y los materiales de desecho, tales como la fruta podrida, pueden formar una fuente potencial de azúcares adecuados como aditivos en las mezclas de geopolímero de la presente invención. Los derivados de azúcar definidos anteriormente pueden seleccionarse entre alcoholes de azúcar, sustitutos naturales del azúcar, por ejemplo, sorbitol, lactitol, glicerol, isomalta, maltitol, manitol, estevia y xilitol, y sustitutos sintéticos del azúcar, es decir, edulcorantes artificiales, por ejemplo, aspartamo, alitamo, dulcina, glucina, ciclamato, sacarina, sucralosa y acetato de plomo. Preferentemente las composiciones de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención comprenden sacarosa, fructosa y/o lactosa, opcionalmente junto con monosacáridos, disacáridos, polisacáridos y/u oligosacáridos.

Algunos ácidos orgánicos preferidos son ácidos carboxílicos (vinílogos), por ejemplo, ácido oxálico, ácido ascórbico, ácido láctico, ácido úrico, ácido cítrico y ácido tartárico. Se averiguó que una composición de activador de geopolímero que comprende un ácido inorgánico no da como resultado una composición de activador de geopolímero adecuada para su uso en la preparación de composiciones de geopolímero. Preferentemente, el hormigón de geopolímero de la presente invención comprende tartárico ácido y/o ácido ascórbico.

Algunas sales preferidas usadas en la composición de pasta o de hormigón de geopolímero pueden ser citrato de calcio, citrato de sodio y/o sales de un azúcar, por ejemplo, gluconato de sodio. En una realización preferida adicional de la presente invención, la composición de pasta o de hormigón de geopolímero puede comprender sacarosa, fructosa, lactosa, ácido tartárico, ácido ascórbico, gluconato de sodio y combinaciones de los mismos.

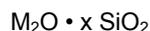
La lista de los posibles aditivos no está limitada a los aditivos mencionados anteriormente, también pueden usarse otros azúcares y derivados de los mismos y/o ácidos orgánicos y sales de los mismos en la composición de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención.

El uso de aditivos como se ha definido anteriormente reduce la concentración del activador alcalino necesaria en la composición de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención. Adicionalmente, el uso de aditivos aumenta la resistencia final, por ejemplo, después de un tiempo de curado de 28 días, y las propiedades finales del material de la composición de pasta o de hormigón de geopolímero. También mejora la maleabilidad de las composiciones de geopolímero mediante el uso de las composiciones de aditivos de la presente invención.

En una realización preferida, las composiciones de geopolímero de la presente invención en forma de composiciones de aglutinante, de pasta o de hormigón comprenden una mezcla mineral que comprende cenizas volátiles de polvo de carbón y escoria de altos hornos. El principal constituyente de la escoria de altos hornos es el calcio, el silicio y el aluminio. Se averiguó que el silicato de calcio y el aluminato de calcio presentes en la escoria de altos hornos pueden tener un efecto positivo sobre el proceso de polimerización. En la realización preferida, la concentración de la escoria de altos hornos es mayor de aproximadamente el 5 % en peso del peso total de las cenizas volátiles de polvo de carbón y de la escoria de altos hornos. Una concentración más preferida está en el intervalo de entre aproximadamente el 5 y el 40 % en peso del peso total de las cenizas volátiles de polvo de carbón y de la escoria de altos hornos, e incluso es más preferida la concentración de escoria de altos hornos que está en el intervalo de entre aproximadamente el 10 y el 35 % en peso del peso total de las cenizas volátiles de polvo de carbón y de la escoria de altos hornos. La concentración más preferida de la escoria de altos hornos está en el intervalo de entre aproximadamente el 15 y el 30 % en peso del peso total de las cenizas volátiles de polvo de carbón y de la escoria de altos hornos.

La composición de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención se prepara mediante la mezcla o la combinación de agregados finos y/o gruesos y de minerales, seguido de la adición de aditivos y de un activador alcalino, en la que los aditivos y el activador alcalino se añaden preferentemente conjuntamente mediante el uso de una solución alcalina de aditivo/activador. Se prefiere una solución que comprenda el aditivo y el activador alcalino, dado que dicha solución aumenta la maleabilidad de la composición de geopolímero. Adicionalmente, pero no necesariamente, puede añadirse un silicato soluble para ajustar el proceso de curado, por ejemplo, mediante el aumento de la velocidad del proceso de curado.

El término "silicato soluble" según se usa en el presente documento pretende incluir los silicatos que son solubles en agua y/o en álcalis, algunos silicatos en particular incluyen silicatos de sodio, de potasio y de litio que generalmente son sustancias químicas no distintas estequiométricamente (es decir, con una fórmula química y un peso molecular específicos), sino más bien soluciones acuosas de vidrios resultantes de las combinaciones de un óxido de un metal alcalino y sílice en proporciones variables. La fórmula general de los silicatos alcalinos solubles es:



en la que M es Na, K o Li, y x es la proporción molar, que define el número de moles de sílice (SiO₂), incluyendo de disilicatos, por mol del óxido del metal alcalino (M₂O).

Con objeto de facilitar el método de producción de la pasta o del hormigón de geopolímero mencionado anteriormente, la presente invención proporciona una composición de activador de geopolímero que comprende un activador alcalino y dos aditivos según la reivindicación 1, y opcionalmente, silicatos solubles según la reivindicación 3. Dicha composición de activador de geopolímero puede estar en forma de un polvo o de una solución (por ejemplo, de una solución acuosa lista para su uso). En el caso en el que la composición de activador de geopolímero esté en

forma de un polvo, preferentemente se añade agua a la mezcla resultante de los agregados y de la composición de activador de geopolímero.

5 En otra realización de la presente invención, la composición de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención se prepara mediante la mezcla o la combinación de agregados finos y/o gruesos, seguido de la adición de minerales, de aditivos y de un activador alcalino, en la que los minerales, los aditivos y el activador alcalino se añaden preferentemente conjuntamente en forma de un polvo. Adicionalmente, pero no necesariamente, puede añadirse un silicato soluble para ajustar el proceso de curado.

10 Con objeto de facilitar el método de producción de la pasta o del hormigón de geopolímero mencionado en el párrafo anterior, la presente invención proporciona una composición de geopolímero, tal como una composición de aglutinante de geopolímero, que comprende un activador alcalino, aditivos, minerales y opcionalmente, silicatos solubles. La composición de aglutinante de geopolímero comprende por lo tanto la composición de activador de geopolímero de la presente invención y minerales. Dicha composición de aglutinante de geopolímero puede estar en forma de un polvo o de una solución (por ejemplo, de una solución acuosa lista para su uso). En el caso en el que la composición de aglutinante de geopolímero esté en forma de un polvo, se requiere la adición de agua a la mezcla resultante de los agregados y de la composición de aglutinante de geopolímero. La composición de aglutinante de geopolímero puede ser preparada mediante la adición de los minerales usados en la presente invención a la composición de activador de geopolímero descrita anteriormente.

20 Con objeto de producir una composición de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención, la composición de activador de geopolímero comprende desde aproximadamente 1,0 hasta aproximadamente 20 M del activador alcalino. Se averiguó que una composición de activador de geopolímero que comprende más de 20 M del activador alcalino daba como resultado una mezcla que tenía una viscosidad demasiado alta que ya no era adecuada como composición de activador para su uso en la preparación de composiciones de geopolímero. Preferentemente la composición de activador de geopolímero comprende desde aproximadamente 1,0 hasta aproximadamente 15 M del activador alcalino, incluso más preferentemente desde aproximadamente 1,0 hasta aproximadamente 10 M del activador alcalino. Preferentemente la composición de activador de geopolímero comprende desde aproximadamente 1,2 hasta aproximadamente 9,0 M del activador alcalino. Es más preferido que la composición de activador de geopolímero comprenda desde aproximadamente 1,4 hasta aproximadamente 8,0 M del activador alcalino. Es incluso más preferido que la composición de activador de geopolímero comprenda desde aproximadamente 1,6 hasta aproximadamente 7,0 M del activador alcalino. Es incluso aún más preferido que la composición de activador de geopolímero comprenda desde aproximadamente 1,8 hasta aproximadamente 6,0 M del activador alcalino o desde aproximadamente 2,0 hasta aproximadamente 5,0 M del activador alcalino. En particular, la composición de activador de geopolímero comprende desde aproximadamente 2,0 hasta aproximadamente 3,0 M del activador alcalino o desde aproximadamente 3,0 hasta aproximadamente 4,0 M del activador alcalino.

35 En otra realización preferida, la composición de activador de geopolímero comprende adicionalmente menos de aproximadamente 3,0 M del silicato soluble, preferentemente la composición de activador de geopolímero está comprendida en el intervalo de desde 0 hasta aproximadamente 2,0 M del silicato soluble. Es más preferido que la composición de activador de geopolímero esté comprendida en el intervalo de desde aproximadamente 0,01 hasta aproximadamente 1,5 M del silicato soluble. Lo más preferido es que la composición de activador de geopolímero esté comprendida en el intervalo de desde aproximadamente 0,1 hasta aproximadamente 1,0 M del silicato soluble. En el caso en el que se use el silicato soluble en la composición de activador de geopolímero, es necesaria una cantidad menor del activador alcalino para proporcionar una composición de pasta o de hormigón de geopolímero que tenga una resistencia suficiente después de un curado durante 28 días.

45 Adicionalmente, la composición de activador de geopolímero está comprendida en el intervalo de desde aproximadamente 0,001 hasta aproximadamente 0,2 M de aditivos. Preferentemente, los aditivos tienen una molaridad acumulada en el intervalo de desde aproximadamente 0,002 hasta aproximadamente 0,15 M, preferentemente en el intervalo de desde aproximadamente 0,003 hasta aproximadamente 0,13 M. Es más preferido que la composición de activador de geopolímero tenga una molaridad acumulada de los aditivos en el intervalo de desde aproximadamente 0,004 hasta aproximadamente 0,12 M o en el intervalo de desde aproximadamente 0,005 hasta aproximadamente 0,10 M. Es incluso más preferido que la composición de activador de geopolímero tenga una molaridad acumulada de los aditivos en el intervalo de desde aproximadamente 0,01 hasta aproximadamente 0,05 M. Lo más preferido es que la composición de activador de geopolímero tenga una molaridad acumulada de los aditivos en el intervalo de desde aproximadamente 0,02 hasta aproximadamente 0,04 M.

55 Sorprendentemente, la composición de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención puede ser preparada mediante una composición de activador de geopolímero (o una composición de aglutinante de geopolímero, es decir, una composición de activador de geopolímero que comprende adicionalmente minerales) que comprende un activador alcalino y aditivos, sin la presencia de un silicato soluble. Preferentemente dicha mezcla de geopolímero se cura en el intervalo de desde aproximadamente 5 hasta 80 °C, más preferentemente la mezcla de geopolímero se cura en el intervalo de desde aproximadamente 10 hasta 60 °C, incluso más preferentemente la mezcla de geopolímero se cura en el intervalo de desde aproximadamente 15 hasta 40 °C, y lo más preferido es que la mezcla de geopolímero se cure en el intervalo de desde aproximadamente 20 hasta 30 °C.

La mezcla de geopolímero de la presente invención puede curarse a la temperatura ambiente para formar el geopolímero de la presente invención que comprende agregados y una composición de aglutinante de geopolímero. La concentración de los aditivos en la composición de aglutinante de geopolímero puede ser elegida en unos amplios intervalos y depende de la cantidad de minerales usada. Preferentemente, la concentración de los aditivos en la composición de aglutinante de geopolímero es menor de aproximadamente el 1,20 % en peso de los minerales presentes en el geopolímero, preferentemente menor de aproximadamente el 0,80 % en peso. Preferentemente, la concentración de los aditivos está en el intervalo de desde aproximadamente el 0,01 hasta el 0,70 % en peso de los minerales, más preferentemente la concentración de los aditivos está en el intervalo de desde aproximadamente el 0,10 hasta el 0,60 % en peso de los minerales, y es incluso más preferido que la concentración de los aditivos esté en el intervalo de desde aproximadamente el 0,15 hasta el 0,50 % en peso de los minerales.

Cuando se curan en el intervalo de desde aproximadamente 5 hasta 30 °C, las composiciones de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención comprenden una composición de aglutinante de geopolímero que tiene una concentración preferida de aditivos en el intervalo de desde aproximadamente el 0,10 hasta el 0,40 % en peso de los minerales. Es más preferido que la concentración de los aditivos esté en el intervalo de desde aproximadamente el 0,15 hasta el 0,35 % en peso de los minerales, y lo más preferido es que la concentración de los aditivos esté en el intervalo de desde aproximadamente el 0,20 hasta el 0,30 % en peso de los minerales.

En otra realización preferida, las composiciones de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención comprenden una concentración de la composición de activador de geopolímero de menos de aproximadamente el 15 % en peso del peso total de la mezcla de geopolímero. Más preferentemente, la concentración de la composición de activador de geopolímero está en el intervalo de desde aproximadamente el 5 hasta el 10 % en peso del peso total de la mezcla de hormigón de geopolímero.

En otra realización más, las composiciones de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención comprenden una concentración de minerales de más de aproximadamente el 5 % en peso del peso total de la mezcla de geopolímero. Más preferentemente las composiciones de pasta o de hormigón de geopolímero comprenden una concentración de minerales de más de aproximadamente el 10 % en peso del peso total de la mezcla de geopolímero. Incluso es más preferido que las composiciones de pasta o de hormigón de geopolímero comprendan una concentración de minerales en el intervalo de entre aproximadamente el 10 y el 35 % en peso del peso total de la mezcla de geopolímero. Lo más preferido es que una composición de pasta o de hormigón de geopolímero comprenda una concentración de minerales en el intervalo de entre aproximadamente el 15 y el 25 % en peso del peso total de la mezcla de geopolímero.

Adicionalmente, las composiciones de pasta o de hormigón de geopolímero de la presente invención comprenden una concentración de agregados finos y/o gruesos de más de aproximadamente el 30 % en peso del peso total de la mezcla de geopolímero, preferentemente de más de aproximadamente el 40 % en peso del peso total de la mezcla de geopolímero. Es incluso más preferido que la concentración de agregados finos y/o gruesos comprendidos en la mezcla de geopolímero sea de más de aproximadamente el 50 %. Lo más preferido es que una composición de pasta o de hormigón de geopolímero comprenda una concentración de agregados finos y/o gruesos de más de aproximadamente el 75 % en peso del peso total de la mezcla de geopolímero.

La invención se ilustrará ahora adicionalmente con referencia a los siguientes ejemplos.

Ejemplos

Se mezclaron agregados finos y gruesos, cenizas volátiles de polvo de carbón y escoria de altos hornos con una solución de hidróxido de sodio, silicato de sodio y aditivos seleccionados entre sacarosa, glucosa, ácido ascórbico, ácido cítrico y tartárico en una mezcladora de bandeja rotatoria durante 3 minutos. Después de mezclar, el mortero de geopolímero se vertió en moldes para un curado con el tiempo a la temperatura ambiente. La resistencia a la compresión se midió en bloques cúbicos de 40 por 40 por 40 mm.

Las Tablas 1-9 proporcionan una visión global de las resistencias a la compresión después de un periodo de curado de 28 días (a 20 °C), de las mezclas de geopolímero de la presente invención preparadas mediante el método proporcionado anteriormente. Las resistencias a la compresión se comparan con una mezcla de geopolímero (en lo sucesivo en el presente documento, la "referencia"), que no comprende los aditivos de la presente invención, que contiene:

- 1350 gramos de agregados finos y gruesos;
- 350 gramos de cenizas volátiles de polvo de carbón;
- 100 gramos de escoria de altos hornos; y
- 160 ml de una solución alcalina líquida que comprende hidróxido de sodio 5,6 M y silicato de sodio 0,125 M y agua.

55

La mezcla de referencia se curó en las mismas condiciones que las mezclas de geopolímero de la presente invención. La resistencia de la mezcla de referencia se midió también después de 28 días.

5 La Tabla 10 proporciona una visión global de las resistencias a la compresión después de un periodo de curado de 14 días (a 20 °C), de las mezclas de geopolímero de la presente invención preparadas mediante el método proporcionado anteriormente. Las resistencias a la compresión se comparan con la resistencia de la mezcla de referencia mencionada anteriormente medida también después de 14 días.

Tabla 1. Mezclas de geopolímero (G1-G6) con diferentes concentraciones de hidróxido de sodio

	Ref.	G1	G2	G3	G4	G5	G6
	(gramos)						
Agregado ^a	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350
PCFA ^b	350	350	350	350	350	350	350
Escoria ^c	100	100	100	100	100	100	100
NaOH 10 M	90	90	140	120	70	40	20
Silicato de sodio 1 M	20	20	20	20	20	20	20
Agua	50	50	0	20	70	100	120
Sacarosa	0	1	1	1	1	1	1
Molaridad de la sacarosa	0	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
Molaridad del NaOH	5,6	5,6	8,75	7,5	4,3	2,5	1,25
Resistencia (N/mm ²)	23,8	42,2	37,9	37,7	32,6	0,4	0,0
Proporción (1,00 = referencia)	1,00	1,77	1,59	1,58	1,37	0,02	0,00

^a Agregado = mezcla de agregados finos y gruesos;

^b PCFA = cenizas volátiles de polvo de carbón;

^c Escoria = escoria de altos hornos

Tabla 2. Mezclas de geopolímero (G7-G11) con diferentes concentraciones sacarosa

	Ref.	G7	G8	G9	G10	G11
	(gramos)					
Agregado ^a	1350	1350	1350	1350	1350	1350
PCFA ^b	350	350	350	350	350	350
Escoria ^c	100	100	100	100	100	100
NaOH 10 M	90	90	90	90	90	90
Silicato de sodio 1 M	20	20	20	20	20	20
Agua	50	50	50	50	50	50
Sacarosa	0	0,5	1	2	4	8
Molaridad de la sacarosa	0	0,009	0,018	0,036	0,073	0,146
% en peso de sacarosa	0	0,11	0,22	0,44	0,89	1,78
Resistencia (N/mm ²)	23,8	35,0	42,2	34,9	21,5	0,6
Proporción (1,00 = referencia)	1,00	1,47	1,77	1,47	0,90	0,03

^a Agregado = mezcla de agregados finos y gruesos;

^b PCFA = cenizas volátiles de polvo de carbón;

^c Escoria = escoria de altos hornos

Tabla 3. Mezclas de geopolímero (G12-G16) con diferentes aditivos

	Ref.	G12	G13	G14	G15	G16
	(gramos)					
Agregado ^a	1350	1350	1350	1350	1350	1350
PCFA ^b	350	350	350	350	350	350
Escoria ^c	100	100	100	100	100	100
NaOH 10 M	90	90	90	90	90	90
Silicato de sodio 1 M	20	20	20	20	20	20
Agua	50	50	50	50	50	70
Aditivo	0	1	1	1	4	1
Aditivo		Sacarosa	Glucosa	Ácido ascórbico	Ácido cítrico	Ácido tartárico
Molaridad del aditivo	0	0,018	0,035	0,036	0,130	0,037
Resistencia (N/mm ²)	23,8	42,2	29,9	40	25,9	32,3
Proporción (1,00 = referencia)	1,00	1,77	1,26	1,68	1,23	1,36

^a Agregado = mezcla de agregados finos y gruesos;

^b PCFA = cenizas volátiles de polvo de carbón;

^c Escoria = escoria de altos hornos

Tabla 4. Mezclas de geopolímero (G17-G22) con diferentes concentraciones de silicato de sodio

	Ref.	G17	G18	G19	G20	G21	G22
	(gramos)						
Agregado ^a	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350
PCFA ^b	350	350	350	350	350	350	350
Escoria ^c	100	100	100	100	100	100	100
Solución alcalina líquida	160	160	160	160	160	160	160
Sacarosa	0	1	1	1	1	1	1
Molaridad de la sacarosa	0	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
Molaridad del NaOH	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Molaridad del silicato de sodio	0,125	0	0,125	0,250	0,5	1,0	2,0
Resistencia (N/mm ²)	23,8	39,3	42,2	39,9	42,4	38,9	34,4
Proporción (1,00 = referencia)	1,00	1,65	1,77	1,68	1,78	1,63	1,45

^a Agregado = mezcla de agregados finos y gruesos;

^b PCFA = cenizas volátiles de polvo de carbón;

^c Escoria = escoria de altos hornos

Tabla 5. Mezclas de geopolímero (G23-G28) con diferentes proporciones de PCFA/escoria

	Ref.	G23	G24	G25	G26	G27	G28
	(gramos)						
Agregado ^a	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350
PCFA ^b	350	425	400	375	350	325	300
Escoria ^c	100	25	50	75	100	125	150
NaOH 10 M	90	90	90	90	90	90	90
Silicato de sodio 1 M	20	20	20	20	20	20	20
Agua	50	50	50	50	50	50	50
Sacarosa	0	1	1	1	1	1	1
% en peso de escoria	22	6	11	17	22	28	33
Resistencia (N/mm ²)	23,8	17,2	25,5	37,2	41,8	49,9	50,2
Proporción (1,00 = referencia)	1,00	0,72	1,07	1,56	1,76	2,10	2,11

^a Agregado = mezcla de agregados finos y gruesos;

^b PCFA = cenizas volátiles de polvo de carbón;

^c Escoria = escoria de altos hornos

Tabla 6. Mezclas de geopolímero (G29-G33) con diferentes cantidades de solución alcalina líquida

	Ref.	G29	G30	G31	G32	G33
	(gramos)					
Agregado ^a	1350	1350	1350	1350	1350	1350
PCFA ^b	350	350	350	350	350	350
Escoria ^c	100	100	100	100	100	100
Solución alcalina líquida	160	120	140	160	180	200
Sacarosa	0	1	1	1	1	1
Molaridad de la sacarosa	0	0,024	0,021	0,018	0,016	0,015
Molaridad del NaOH	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Molaridad del silicato de sodio	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
% en peso de líquido alcalino	8,16	6,25	7,22	8,16	9,09	10,0
% en peso de sacarosa	0	0,17	0,19	0,22	0,25	0,28
Resistencia (N/mm ²)	23,8	33	41,6	45,1	34,7	25,8
Proporción (1,00 = referencia)	1,00	1,39	1,75	1,89	1,46	1,08

^a Agregado = mezcla de agregados finos y gruesos;

^b PCFA = cenizas volátiles de polvo de carbón;

^c Escoria = escoria de altos hornos

ES 2 625 015 T3

Tabla 7. Mezclas de geopolímero (G34-G40) con diferentes cantidades de aglutinantes (misma proporción de escoria)

	Ref.	G34	G35	G36	G37	G38	G39	G40
	(gramos)							
Agregado ^a	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350
PCFA ^b	350	195	273	350	428	506	583	661
Escoria ^c	100	55	77	100	122	144	167	189
Solución alcalina líquida	160	130	150	160	180	200	220	240
Sacarosa	0	1	1	1	1	1	1	1
Molaridad de la sacarosa	0	0,022	0,019	0,018	0,016	0,015	0,013	0,012
Molaridad del NaOH	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Molaridad del silicato de sodio	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
% en peso de aglutinantes	23,0	14,5	18,9	23,0	26,4	29,5	32,3	34,8
Resistencia (N/mm ²)	23,8	37,5	33	42,1	46	50	48,8	48
Proporción (1,00 = referencia)	1,00	1,58	1,39	1,77	1,93	2,10	2,05	2,02

^a Agregado = mezcla de agregados finos y gruesos;

^b PCFA = cenizas volátiles de polvo de carbón;

^c Escoria = escoria de altos hornos

Tabla 8. Mezclas de geopolímero (G41-G44) que comprenden una combinación de sacarosa y ácidos

	Ref.	G41	G42	G43	G44
	(gramos)				
Agregado ^a	1350	1350	1350	1350	1350
PCFA ^b	350	350	350	350	350
Escoria ^c	100	100	100	100	100
Solución alcalina líquida	160	160	160	160	160
Sacarosa	0	1	1	1	1
Ácido	0	1	1	1	1
Ácido	-	Ácido cítrico	Ácido tartárico	Ácido ascórbico	Ácido oxálico
Molaridad del ácido y de la sacarosa	0	0,033	0,042	0,035	0,069
Resistencia (N/mm ²)	23,8	38,5	40,5	38,3	35,2
Proporción (1,00 = referencia)	1,00	1,62	1,70	1,61	1,48

^a Agregado = mezcla de agregados finos y gruesos;

^b PCFA = cenizas volátiles de polvo de carbón;

^c Escoria = escoria de altos hornos

Tabla 9. Mezclas de geopolímero (G45-G47) con diferentes aditivos

	Ref.	G45	G46	G47
	(gramos)			
Agregado ^a	1350	1350	1350	1350
PCFA ^b	350	350	350	350
Escoria ^c	100	100	100	100
Solución alcalina líquida	160	160	160	160
Aditivo	0	1	1	1
Aditivo	-	Fructosa	Lactosa	Gluconato de sodio
Molaridad del NaOH	5,0	5,0	5,0	5,0
Molaridad del silicato de sodio	0,125	0,125	0,125	0,125
Resistencia (N/mm ²)	23,8	38,7	30,1	33,7
Proporción (1,00 = referencia)	1,00	1,63	1,26	1,42

^a Agregado = mezcla de agregados finos y gruesos;

^b PCFA = cenizas volátiles de polvo de carbón;

^c Escoria = escoria de altos hornos

Tabla 10. Mezclas de geopolímero (G48-G50) con diferentes concentraciones de hidróxido de sodio

	Ref.	G48	G49	G50
	(gramos)			
Agregado ^a	1350	1350	1350	1350
PCFA ^b	350	350	350	350
Escoria ^c	100	100	100	100
Solución alcalina líquida	160	140	140	140
Sacarosa	0	1	1	1
Molaridad de la sacarosa	-	0,021	0,021	0,021
Molaridad del NaOH	5,6	1,0	2,0	3,0
Molaridad del silicato de sodio	0,125	0,125	0,125	0,125
Resistencia (N/mm ²)	18,4	5,3	28,0	31,0
Proporción (1,00 = referencia)	1,00	0,29	1,52	1,68

^a Agregado = mezcla de agregados finos y gruesos;

^b PCFA = cenizas volátiles de polvo de carbón;

^c Escoria = escoria de altos hornos

REIVINDICACIONES

1. Composición de activador de geopolímero que comprende:
 - a) un activador alcalino que tiene una molaridad de entre 1,0 y 20 M; y
 - b) aditivos que tienen una molaridad en el intervalo de entre 0,001 y 0,2 M,
- 5 en la que los aditivos se seleccionan entre un azúcar y/o un ácido orgánico y sales de los mismos.
2. Composición de activador de geopolímero según la reivindicación 1, en la que la molaridad del activador alcalino es de entre 1,0 y 10 M, preferentemente de entre 2,0 y 4,0 M.
3. Composición de activador de geopolímero según la reivindicación 1 o 2, en la que la molaridad de los aditivos es de entre 0,002 y 0,15 M, preferentemente de entre 0,003 y 0,13 M, preferentemente de entre 0,005 y 0,10 M,
- 10 preferentemente de entre 0,02 y 0,04 M.
4. Composición de activador de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el activador alcalino es un hidróxido de un metal alcalino seleccionado entre hidróxido de sodio y/o hidróxido de potasio.
5. Composición de activador de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el ácido orgánico se selecciona entre ácidos carboxílicos, seleccionados preferentemente entre ácido oxálico, ácido ascórbico, ácido láctico, ácido úrico, ácido cítrico, ácido tartárico y combinaciones de los mismos, y/o el azúcar se selecciona entre:
 - monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, seleccionados preferentemente entre glucosa, fructosa, galactosa, sacarosa, maltosa, lactosa, dextrina, maltodextrina, almidón, celulosa, dextrano, estructuras
 - 20 poliméricas de tipo azúcar, melazas y combinaciones de los mismos; y/o
 - alcoholes de azúcar, sustitutos naturales del azúcar y sustitutos sintéticos del azúcar, seleccionados preferentemente entre sorbitol, lactitol, glicerol, isomalta, maltitol, manitol, estevia, xilitol, aspartamo, alitamo, dulcina, glucina, ciclamato, sacarina, sucralosa, acetato de plomo y combinaciones de los mismos.
6. Composición de activador de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el azúcar es sacarosa, fructosa y/o lactosa, y/o el ácido orgánico es ácido tartárico y/o ácido ascórbico.
7. Composición de activador de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la composición de activador de geopolímero está sustancialmente exenta de un silicato soluble.
8. Composición de activador de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que la composición comprende adicionalmente un silicato soluble.
9. Composición de activador de geopolímero según la reivindicación 8, en la que la molaridad del silicato soluble es menor de 3,0 M, preferentemente de entre 0,01 y 2,0 M.
- 30 10. Composición de geopolímero que comprende:
 - a) la composición de activador de geopolímero según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores; y
 - b) minerales que tienen un contenido de al menos el 30 % m/m de aluminio, de silicio, de calcio, de hierro, o de combinaciones de los mismos.
- 35 11. Composición de geopolímero según la reivindicación 10, en la que la viscosidad de la composición de geopolímero es mayor de 25.000 cP.
12. Composición de geopolímero según la reivindicación 10 u 11, en la que los minerales se seleccionan entre cenizas volátiles de polvo de carbón, escoria de altos hornos, meta caolín, escoria industrial, cenizas de incineración industrial, lodos, tierras, minerales de desecho, material puzolánico y combinaciones de los mismos.
- 40 13. Composición de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en la que los minerales se seleccionan entre cenizas volátiles de polvo de carbón y escoria de altos hornos, y en la que la concentración de la escoria de altos hornos es mayor del 5 % en peso del peso total de las cenizas volátiles de polvo de carbón y de la escoria de altos hornos, preferentemente en el intervalo de entre el 5 y el 40 % en peso del peso total de las cenizas volátiles de polvo de carbón y de la escoria de altos hornos.
- 45 14. Composición de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en la que la concentración de los aditivos es menor del 1,20 % en peso de los minerales.
15. Composición de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en la que la composición está en

forma de un polvo o de una solución acuosa.

16. Composición de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15 que comprende adicionalmente agregados finos que tienen un tamaño de diámetro de grano de menos de 4 mm y, opcionalmente, que comprende agregados gruesos que tienen un tamaño de diámetro de grano de al menos 4 mm.

- 5 17. Composición de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, que comprende:
- a) más del 30 % en peso de agregados finos que tienen un tamaño de diámetro de grano de menos de 4 mm y/o agregados gruesos que tienen un tamaño de diámetro de grano de al menos 4 mm;
 - b) más del 5 % en peso de minerales que tienen un contenido de al menos el 30 % m/m de aluminio, de silicio, de calcio, de hierro o de combinaciones de los mismos; y
- 10 c) menos del 15 % en peso de la composición de activador de geopolímero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9,

en la que los porcentajes ponderales son relativos al peso total de la mezcla.

18. Método para la preparación de una composición de geopolímero según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17 que comprende:

- 15 a) la mezcla o la combinación de agregados finos que tienen un tamaño de diámetro de grano de menos de 4 mm y/o de agregados gruesos que tienen un tamaño de diámetro de grano de al menos 4 mm; y
- b) la adición de la composición de activador de geopolímero de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 a la mezcla o la combinación de la etapa a),

20 en el que los minerales que tienen un contenido de al menos el 30 % m/m de aluminio, de silicio, de calcio, de hierro o de combinaciones de los mismos son añadidos a la mezcla o la combinación en la etapa a), y/o la composición de activador de geopolímero añadida en la etapa b) comprende adicionalmente minerales.

19. Método según la reivindicación 18, en el que la mezcla resultante de geopolímero se cura a una temperatura menor de 30 °C, preferentemente menor de 10 °C, más preferentemente menor de 5 °C, y lo más preferentemente menor de 0 °C.