



(11) **MX 2013008232 A**

(12)

SOLICITUD de PATENTE

(43) Fecha de publicación: **09/01/2015** (51) Int. Cl: **C04B 7/06** (2006.01)
C04B 7/02 (2006.01)
(22) Fecha de presentación: **09/07/2013**
(21) Número de solicitud: **2013008232**

(71) Solicitante:
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA, S.C
Parque Tecnológico Querétaro 76703 PEDRO
ESCOBEDO Queretaro MX**

(72) Inventor(es):
**FRANCISCO ESTRADA ARREOLA
Parque Tecnológico Querétaro s/n PEDRO
ESCOBEDO Queretaro 76703 MX
JOSÉ DE JESÚS PÉREZ BUENO
YUNNY MEAS VONG**

(74) Representante:
**CLAUDIA RÍOS ÁLVAREZ
Camino a los Olvera No.44 Corregidora Queretaro
76904 MX**

(54) Título: **COMPOSICIÓN CEMENTANTE DE CENIZA VOLANTE.**

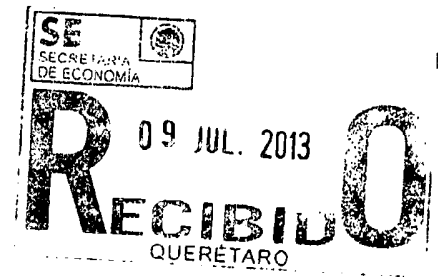
(54) Title: **CEMENTING COMPOSITION OF FLY ASH.**

(57) Resumen

Esta inventiva describe la composición cementante para ser utilizado como material para construcción a partir del residuo industrial denominado cenizas volantes, mediante el proceso sol-gel de sílice con silicatos en condiciones alcalinas $\text{pH} > 7$. Con este material, se obtiene de buena resistencia a la compresión 199.9 kg/cm². Este proceso es ambientalmente amigable ya que la utilización de cemento Portland es mínima o nula. Además, con ello se promueve la utilización de residuos industriales que, de otra forma, causarían un problema de confinamiento. Esta composición cementante permite la incorporación de otros tipos de residuos, entre los que se encuentran los residuos agroindustriales como, por ejemplo, las cascarillas de arroz. Adicionalmente la adición de cal (hidratada o viva) a la composición cementante objeto de esta invención, acorta el tiempo de fraguado de la misma.

(57) Abstract

The present invention describes a cementing composition to be used as a construction material, which results from an industrial residue known as fly ash, the invention using a silica and silicates sol-gel process under alkaline conditions $\text{pH} > 7$. This material provides a suitable compression resistance of 199.9 Kg/cm². This process is environmentally friendly since the use of Portland cement is minimal or null. In addition, the use of industrial residues is promoted, which would otherwise cause a confinement problem. The cementing composition allows other types of residues to be incorporated, amongst which are agro-industrial residues, such as rice husk. Furthermore, the addition of lime (hydrated lime or quicklime) to the cementing composition object of the present invention will shorten the setting time of the same.



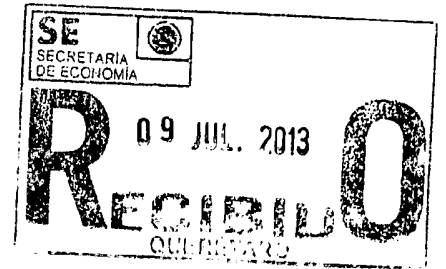
COMPOSICIÓN CEMENTANTE DE CENIZA VOLANTE

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

5 La presente invención está principalmente vinculada con la industria de la construcción, particularmente la invención propuesta se refiere a una composición cementante que comprende una como mezcla de ceniza volante y una solución química alcalina de sílice amigable con el medio ambiente, que
10 promueve así mismo la utilización de residuos industriales y agro-industriales (material lignocelulósico), mitigando con esto el problema de confinamiento que generan estos residuos. Además, por sus características esta composición cementante también tiene relación en el campo de nuevos materiales para el ramo
15 aeroespacial, automotriz e inmobiliario.

OBJETO DE INVENCION

El objeto de la presente invención se refiere a una composición cementante de ceniza volante alternativa al cemento Portland,
20 amigable con el medio ambiente, capaz de endurecer y solidificarse, para conformar un material alternativo para la construcción reprocesable.

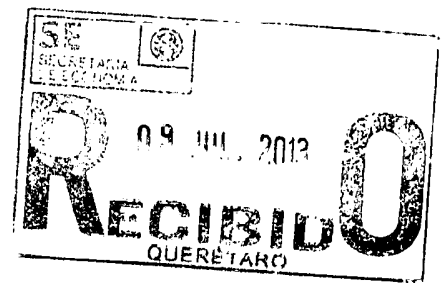


ANTECEDENTES

Actualmente la industria de la termoeléctrica genera una vasta cantidad de productos residuales. La mayoría de estos no se especifica el uso y son simplemente confinados. Por lo que es necesario establecer procedimientos de reciclaje que ayuden a la reutilización de estos materiales para minimizar su impacto ambiental. Los seres humanos hoy en día no utilizan ningún otro material en grandes cantidades como el concreto aparte del agua, provocando con esto un gran consumo de energía y generación de emisiones de CO₂ derivadas de la industria del cemento Portland, esto conjuntamente con la escasez de los recursos naturales, marca una tendencia hacia formulaciones alternativas para producir mezclas cementantes eco-amigables preservando y ahorrando con esto recursos minerales y energía en la fabricación, que favorezcan la conservación del medio ambiente.

La ceniza volante es el subproducto de las plantas termoeléctricas derivado de la combustión del carbón mineral. Este tipo de material es utilizado para reducir el costo derivado de la utilización de composiciones cementantes de cemento Portland. Los principales componentes de la ceniza volante son sílice, aluminio, óxidos de fierro y óxido de calcio. Por otro lado la incorporación de material lignocelulósico, puede contribuir al desarrollo sustentable del sector de la construcción.

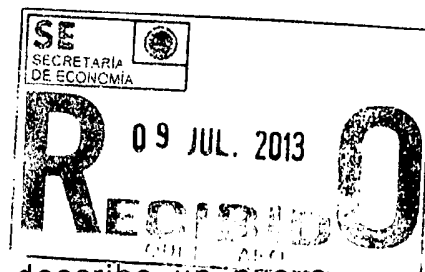
En la presente solicitud se refiere a una composición cementante como un agente aglomerante que endurece para formar un medio de unión entre los sólidos, por lo que particularmente en la



presente invención se describe a una composición cementante de ceniza volante a partir de una solución química alcalina de sílice $\text{pH} > 7$, con aplicación principalmente al área de la construcción y en el desarrollo de nuevos materiales para el
5 ramo aeroespacial, automotriz e inmobiliarios, contribuyendo a la mitigación de los problemas de confinamiento de algunos materiales, considerados como residuos industriales y agro-industriales, como la ceniza volante y las cascarillas de arroz.

El consumo de carbón mineral por parte de las termoeléctricas,
10 se ha incrementado en la última década provocando una generación de cenizas volante entre 600- 750 millones de toneladas por año en todo el mundo (M. Ahmaruzzaman, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 36, 2010 y R.S. Blissett&N.A. Rowson, Fuel, 2012).

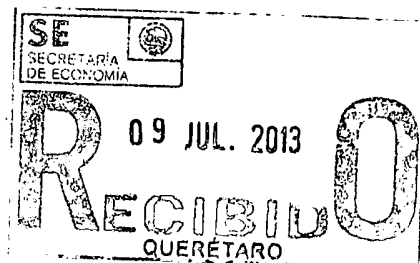
15 La ceniza volante se ha utilizado principalmente como un sustituto o aditivo para la industria de la construcción disminuyendo el costo por unidad de volumen del concreto. En el estado de la técnica el documento MX 05000096 A, describe un proceso para la fabricación de mortero de cementos y otros
20 aditivos entre los que se encuentran la ceniza volante, ceniza de fondo entre otros. Las resistencias mecánicas de los materiales derivados de este tipo de mortero pueden variar desde 5 a 70 kg/cm^2 , mientras que los pesos volumétricos oscilan entre 300 a 1500 kg/cm^3 , cuyos niveles de sustitución de cemento alcanza
25 hasta un 40% con respecto al peso del cemento por ceniza volante.



El documento de patente MX PA000467 A, describe un nuevo concreto celular de alta resistencia y baja contracción que tiene una densidad de 721 hasta 1441.5 kg/cm³, y una resistencia mecánica de 70.3 a 421.8 kg/cm² después de los 28 días. La
5 mezcla del material incluye material de cementación, agregado de peso ligero, cal, fibras (nylon, polipropileno, fibras de carbono, fibras de celulosa y mezclas de los mismos), un agente de formación de gas o de generación de espuma y agua donde los polvos finos pueden remplazar una parte del cemento
10 Portland, incluyendo a materiales de cementantes suplementarios que incluyen escorias de alto horno molidas, ceniza volante, acero molido y humo de sílice.

El documento de patente EP2218700A1 describe una composición cementante, para la construcción con alto contenido
15 de ceniza volante o de fondo entre el 90.0-99.9% en peso del material fabricado y con una composición entre 0.1 hasta 10% de aditivo y una cantidad de 0.0 -5.0% de cemento Portland en peso. Los aditivos pueden ser de dos tipos cloruros de metales y otro de sílice, zeolitas y apatita. Con esta composición, la ceniza
20 volante puede ser usada como material de construcción. Esta composición del material de ceniza volante otorga resistencias a la compresión de 0.61 y 12.23 kg/cm² aproximadamente a los 3 y 24 días respectivamente.

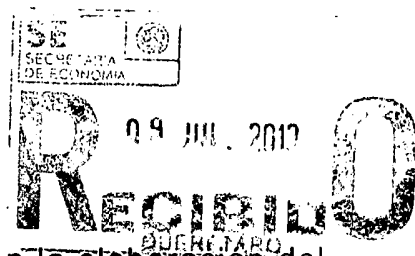
El documento de patente WO2010/036512A2 describe un método
25 para el desarrollo de un material cementante de ceniza volante de endurecimiento rápido, de gran desempeño y el cual incluye ceniza volante, sales alcalinas metálicas de ácido cítrico y



agregados ligeros. Donde el endurecimiento de material se logra entre 10 y 20 minutos. Esta invención mezcla el polvo reactivo cementante que incluye ceniza volante en un porcentaje de 75 al 100%, con citratos de potasio o de sodio y con agua para producir un rápido endurecimiento en menos de 10 y 13 minutos. El desempeño mecánico de material puede variar de 420.9 a 734.1 kg/cm².

El documento de patente WO2009/024829 también describe una formulación cementante para concreto con una mezcla química en medio alcalino (ceniza volate y de escoria, pH >7) sin cemento convencional, que otorga un desempeño similar a los concretos ordinarios de cemento Portland. Mientras que otra aplicación a gran escala de ceniza volante es reportada en el documento de patente MX 200701664 A, el cual describe un método para la producción de unidades de mampostería de ceniza volante no vitrificadas durables.

La reacción entre soluciones químicas alcalinas de sílice (pH>7), y aluminosilicatos es una tecnología, frecuentemente llamada geopolimerización, la cual involucra una reacción química entre los óxidos de aluminosilicatos y soluciones de metal alcalino de sílice bajo condiciones fuertemente álcalis; esto produce estructuras amorfas de Si-O-Al. Estas composiciones cementantes exhiben buenas propiedades físicas, químicas y mecánicas. Dadas estas características parecen tener potencial para la aplicación en industrias de la construcción, transporte, aeroespacial y metalurgia. Pero el mayor enfoque esta, en que estas composiciones, pueden ser una alternativa al uso del

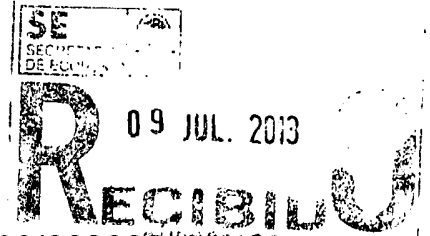


cemento Portland como agente aglomerante en la elaboración del concreto (J. C Swanepoel & C. A. Strydom, Applied Gechemistry, Vol, 17, 2002).

El documento de patente WO2012/087926 reporta una
5 composición cementante, conformada por un 35-45% de material puzolánico (ceniza volante o metacaolín), 30-40% de una fuente de óxido de sílice (arena), 15-20% en peso de solución química alcalina de sílice ($\text{pH} > 7$), y 0.3-2.5 de una fuente de iones de cobre. Con un desempeño mayor a 400 kg/cm^2 en tan solo 3
10 días. Por otro lado el documento de patente WO2011/135584, describe la composición de un concreto basado en la geopolimeración que comprende de ceniza volante, una solución química alcalina de sílice (porción molar de $\text{NaO}_2:\text{SiO}_2$ de 0.68-1.13), $\text{pH} > 7$, hidróxido de calcio, agua, agregados ordinarios y
15 cemento Portland, otorgando un concreto de gran estabilidad térmica, resistente a condiciones ácidas, de rápido fraguado y de un buen costo-efectivo.

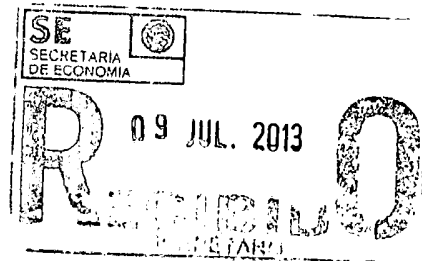
El proceso sol-gel es el nombre dado al proceso que involucran una solución o sol, donde las redes inorgánica sufren una
20 evolución mediante la formación de una suspensión coloidal (sol) y una posterior gelación del sol, para formar una red en una fase líquida continua (gel). Los precursores para la síntesis de estos coloides consisten de un elemento metal o metaloide con varios enlaces reactivos. La transición a gel, se lleva a cabo por medio
25 de un precursor que generalmente es el silicio.

Algunos documentos de patente describen la aplicación del proceso sol-gel en condiciones ácidas $\text{pH} < 7$, generalmente en el



desarrollo de materiales híbridos (patente WO2008/023025 A1),
materiales silicios-metálicos (patente WO2008/058240 A2), y
materiales de construcción (patente WO2010/135494 A1).

Los documentos de patente mencionados anteriormente,
5 describen una formulación cementante innovadora y algunas de
gran desempeño en la elaboración de materiales de
construcción, a diferencia de la presente invención la
composición cementante derivada del proceso sol-gel en
condiciones alcalinas $\text{pH} > 7$, para obtener la solución química
10 alcalina de sílice empleando sílice coloidal estabilizada, lo que
permite incorporar con esto a las nanopartículas de sílice a la
composición cementante de ceniza volante con la solución
química a través del proceso sol gel, con o sin aditivos extra o
agregados finos o gruesos, para generar un material
15 reprocesable con un desempeño mecánico (resistencia a la
compresión entre 17.22 y 199.7 kg/cm^2). Hasta el momento no se
ha descrito la incorporación de un material lignocelulósico a
alguna composición cementosa de ceniza volante, como la
cascarilla de arroz que es un residuo agro-industrial derivado de
20 la refinación del cereal del arroz, a este tipo de composiciones
cementantes, si bien su aporte no es en el mejoramiento notable
de las propiedades mecánicas, si garantiza que la formulación
propuesta sea amigable con el medio ambiente y cuya aplicación
no puede ser limitado únicamente al campo de la construcción,
25 ya que, también tiene relación en aplicaciones como en el
desarrollo de nuevos materiales para el ramo aeroespacial,
automotriz e inmobiliario, todo esto en conjunto, fundamenta la
parte inventiva vinculada a toda patente publicada.



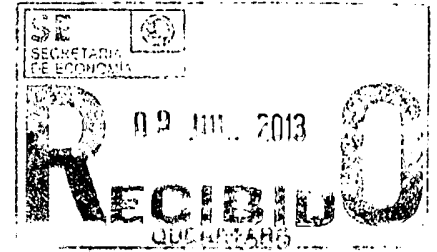
BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN.

La invención propuesta describe una composición cementante para ser utilizada como material para construcción reprocesable, a partir de residuos industriales, como la ceniza volante, mediante el proceso sol-gel de sílice con silicatos en condiciones alcalinas $\text{pH} > 7$. Con este material, se obtiene un material con un buen desempeño mecánico entre 17.22 y 199.7 kg/cm^2 .

Este proceso es ambientalmente amigable ya que la utilización del cemento Portland es mínima o nula y de fácil preparación. Además, de promover la utilización de residuos industriales que, de otra forma, causarían un problema de confinamiento. Asimismo, esta composición cementante permite la incorporación de algunos residuos, entre los que se encuentran los residuos agro-industriales (material lignocelulósico). Adicionalmente la adición de cal (hidratada o viva) a la composición cementante objeto de esta invención, acorta el tiempo fraguado de la misma.

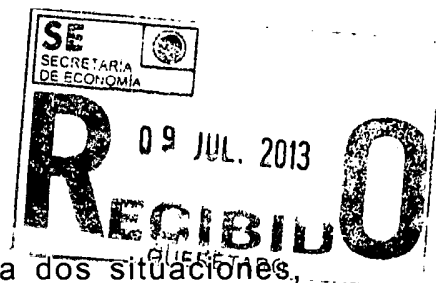
BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

En la figura 1 muestra un esquema general del proceso de preparación de la composición cementante de ceniza volante. Para la preparación de la solución sol gel (A), se incorporan el sílice coloidal (S) y el silicato (sn) a la solución de una base proveedora de alcalinidad $\text{pH} > 7$, comprendida de agua potable (H) e hidróxido de sodio (N). En el mezclado (B), la ceniza volante (Cv), pueden ser sustituidas con agregados o material



invención que pueden o no formar parte del proceso. Después del fraguado, se obtiene un material de composición cementante de ceniza volante (MTR) reprocesable.

En la figura 2 se muestran los difractogramas de rayos X (XRD), para las cascarillas de arroz (Curva A), ceniza volante (Curva B), el material de la composición cementante de ceniza volante con (Curva D) y sin material lignocelulósico (Curva C). Las fases cristalinas en su mayoría detectadas en el difractograma de cenizas volante de acuerdo a la base datos de The International Center for Diffraction Data (JCDD, por sus siglas en inglés) corresponden en su mayoría al cuarzo (JCPDS 46-1045), mullita (JCPDS 1-074-2419) y cristobalita (JCPDS 39-1425). Los difractogramas para los materiales de la composición de ceniza volante, muestran que la conformación del material no ocasiona la formación de alguna nueva fase cristalina con o sin el material lignocelulósico (cascarillas de arroz), sin embargo si existe un ligero decremento de los picos correspondientes al cuarzo, mullita y cristobalita, en donde, el difractograma correspondiente al material de la composición cementante con cascarillas de arroz, es donde se observa un decremento más pronunciado ya que la disminución del pico correspondiente a la mullita en la posición (1 1 2) es evidente. La parte cristalina de la celulosa perteneciente a la cascarilla de cascarilla de arroz en las posiciones (1 1 0), (2 0 0) y (0 0 4), no son detectables en el material derivado de la composición cementante (20 % en peso de cascarillas de arroz con respecto a la ceniza volante clase F utilizada). Este comportamiento es atribuible a dos situaciones, la primera la baja proporción de cascarillas de arroz en el

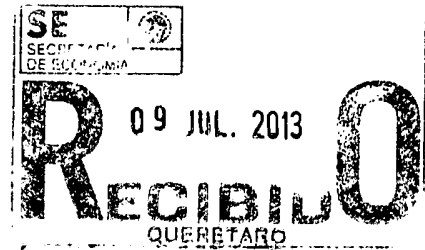


utilizada). Este comportamiento es atribuible a dos situaciones, la primera la baja proporción de cascarillas de arroz en el material de la composición cementante de ceniza volante, y/o la buena capacidad de envolvimiento de la composición cementante de ceniza volante hacia la cascarilla de arroz.

10

15

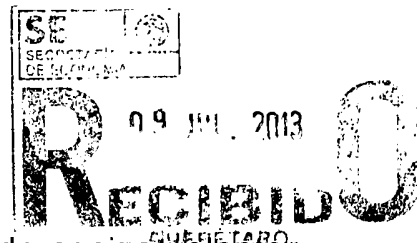
20



DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Esta composición cementante posee un gran contenido de material puzolánico, que no se limita a la ceniza volante clase F de acuerdo a la clasificación ASTM C618, establecida por la American Society for Testing and Materials (ASTM, por sus siglas en inglés), también pueden ser utilizados otros materiales como ceniza volante clase C y ceniza natural (N), con una solución química alcalina de sílice que contiene nanopartículas de sílice, incorporadas a través del proceso sol-gel en medio alcalino $\text{pH} > 7$. En México, estas cenizas son derivadas en parte de la quema de 15 000 toneladas de carbón sub-bituminoso (80%) y bituminoso (20%) diariamente, para producir 1 200 000 kW/h en la planta termoeléctrica "José López Portillo" para generar aproximadamente 2700 toneladas/día de residuo sólido (Adriana Medina *et al.*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 181, 2010), por lo que la utilización de ceniza volante en diferentes aplicaciones mitigará el problema ambiental de confinamiento a corto y largo derivado de la disposición de estos residuos. La composición de este material se enlista en la Tabla 1 de acuerdo al análisis de fluorescencia de rayos X (FRX).

La composición cementante en cuestión, es constituida principalmente por ceniza volante clase F y una solución química alcalina de sílice. La composición cementosa de ceniza volante varía en el intervalo de 12 a 75% en peso de ceniza volante. Preferiblemente el rango óptimo es de 55 a 65% de ceniza volante (Véase en el ejemplo 1).



Una modalidad, composiciones mayores a 75% de ceniza volante son obtenidas mediante la exposición de la mezcla recién preparada a una carga de compresión de por lo menos 0.6-26 kg/cm², siendo el intervalo de 6-13 kg/cm² el más adecuado para generar un ahorro de solución química alcalina de sílice a utilizar, por lo que se concibe a un material más económico.

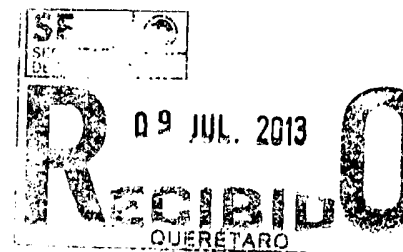
Tabla 1 Análisis químico por FRX de ceniza volante clase F.

COMPUESTO	% (EN PESO)
SiO ₂	58.89
Al ₂ O ₃	24.84
F ₂ O ₃	4.94
MgO	3.23
Na ₂ O	1.18
CaO	1.12
K ₂ O	1.00
SO ₃	0.87
P ₂ O ₅	0.45
TiO ₂	0.07
MnO	0.01
Otros	3.40
Total	100.00

10

La composición cementante de ceniza volante es precedida por la preparación de solución química alcalina de sílice (soluciones sol-gel). En este proceso se lleva a cabo la integración de nanopartículas a través del proceso sol-gel. En la preparación son considerados los siguientes componentes; silicato de metal alcalino, preferentemente el silicato de sodio, y todas sus

15



modalidades de hidratación ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, donde $n = 1, 2, 3, 4, 5$, etc.), que puede ser encontrado bajo la designación comercial de Insumos Químicos del Centro[®]. Sílice coloidal estabilizada, este componente está conformada por un conjunto de partículas

5 de sílice de escala nanométrica alrededor de 15 a 30 nanómetros con el mismo signo de carga, lo cual hace que se repelen entre sí, por lo que no se aglomeran, lo que llevaría eventualmente a una precipitación. La sílice coloidal estabilizada puede ser encontrado bajo la denominación comercial de OPTACOL[®], en su

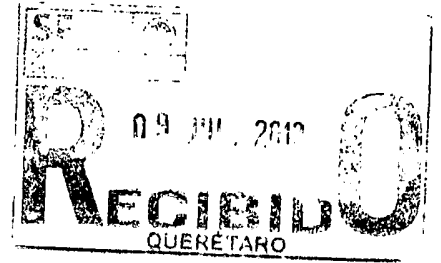
10 presentación NXP-1030 (30% en peso de nanopartículas de sílice, 20-30 μm) y todas sus modalidades de concentraciones en peso en medio acuoso, y finalmente cualquier base proveedora de alcalinidad, como el hidróxido de calcio o de amoníaco. Por lo regular, los preferidos son los hidróxidos de potasio y de sodio,

15 pero el más reactivo es el hidróxido de sodio, que puede ser encontrado bajo la denominación comercial de KIS KAM[®]. Asimismo, entre las bases que pueden ser empleadas, denominadas como fuertes, como las ya mencionadas, NaOH, KOH, CaOH, algunas catalogadas como superfuertes, como

20 hidruro de sodio (NaH) y amida de sodio (NaNH_2), algunas no solubles, como óxido de magnesio, óxido de calcio, óxido de bario, fluoruro de potasio sobre alúmina o algunas zeolitas.

Finalmente, en la preparación de estas soluciones pueden llevar agua extra o no, de acuerdo a la formulación, el agua puede ser

25 potable de acuerdo a la norma ASTM C 1602-06, o con un alto contenido de sales. Véase en los ejemplos 1, 2 y 3.



El procedimiento para la elaboración de las soluciones químicas alcalinas de sílice es sencillo, tal y como se describe a continuación:

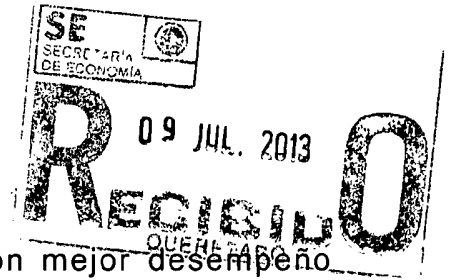
- 5 • Preparación de la solución alcalina $\text{pH} > 7$ en medio acuoso neutro (en caso de que llevar agua extra).
- Mezclado del silicato de sodio y el sílice coloidal, por lo menos de 1-5 minutos. El mezclado puede ser manual o se puede auxiliar con cualquier otro dispositivo que facilite dicha operación.
- 10 • Finalmente, se integran la solución alcalina $\text{pH} > 7$ o el hidróxido de sodio según el caso, y la mezcla de silicato de sodio y sílice coloidal, mezclar hasta obtener una índice de tonalidad de transparencia de al menos del 10%, aunque preferente el rango óptimo para hacer uso de estas
- 15 soluciones es a partir del 80% de tonalidad de transparencia.

Aunque no hay orden de mezclado establecido, el mezclado de la base proveedora de alcalinidad y el agua potable (conforme a la norma ASTM C 1602-06), por su lado da la oportunidad de

20 controlar el calor desprendido por la reacción de la base proveedora de alcalinidad y el agua, para que en su posterior incorporación con sílice coloidal y silicato de sodio facilite la preparación de las soluciones químicas alcalinas de sílice.

En las composiciones cementantes de ceniza volante el pH del

25 medio es muy importante ya que tiene la capacidad de disolver la fase cristalina de la ceniza volante para formar un material cementante. En esta inventiva las composiciones

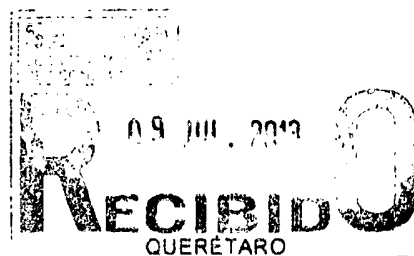


- cementantes que otorgan a los materiales con mejor desempeño mecánico (resistencia a la compresión), son aquellas donde los intervalos otorgan mayor concentración de la base proveedora de alcalinidad y de sílice en la soluciones sol-gel preparadas. Por lo
- 5 que las soluciones químicas alcalinas de sílice más aptas para la conformación del material de ceniza volante reprocesable recaen en el intervalo de 3 a 30 % en peso de base proveedora de alcalinidad con respecto a la solución química alcalina de sílice preparada, que otorgan un pH entre 10-14 a la solución y una
- 10 viscosidad de 1 a 100000 cps. No obstante las mejores condiciones son presentadas a una concentración de 14.6 % en peso de base proveedora de alcalinidad en relación a la solución química alcalina de sílice y un pH de 12. Véase en los ejemplos 1, 2, y 3.
- 15 Una modalidad, composición cementante de ceniza volante es preparada con soluciones químicas alcalinas de sílice, sin silicato de sodio en un rango de concentración entre 7 a 14% en peso de base proveedora de alcalinidad en relación a la solución química alcalina de sílice preparada. Véase en el ejemplo 2.
- 20 Una modalidad, una composición cementante de ceniza volante objeto de esta invención, con adiciones de cal viva (CaO) o cal hidratada (Ca(OH)₂), sulfato de calcio hidratado (CaSO₄·2H₂O, yeso) o cemento Portland. Se prefiere el uso de cal hidratada (véase en los ejemplos 3 y 4) y del cemento Portland en
- 25 adicciones a partir de 0.1-5 % en peso con respecto a la ceniza volante clase F utilizada en la composición cementante de ceniza volante, sin tener limite al porcentaje a adicionar, pero esto es



contraproducente en términos económicos ya que se genera un material cada vez más costoso. Véase en los ejemplos 2 y 3.

La resistencia de un material es la respuesta que éste presenta ante una carga aplicada o esfuerzo. En materiales para construcción, esta propiedad es importante, ya que la mayoría de las aplicaciones finales o condiciones de servicio involucran alguna forma de carga mecánica. El desempeño mecánico está muy relacionado a la resistencia a compresión, la cual se determina mediante un ensaye a la compresión. La composición cementante de ceniza volante fraguada posee una densidad promedio de 1530 Kg/m^3 y un desempeño mecánico (resistencia a la compresión) de 19.74 hasta 199.7 kg/cm^2 a los ocho y 120 días respectivamente, de acuerdo a la formulación de la composición cementante de ceniza volante utilizada, por lo que el material de construcción resultante de la composición cementante por sus características puede disminuir las cargas muertas de una estructura, por poseer un peso específico menor a la de un concreto convencional de cemento Portland, ya que la principal carga muerta en una construcción es el propio peso del material, lo que resulta en una alternativa en el ámbito de la industria de construcción. El material resultante del fraguado de las composiciones cementante de ceniza volante, puede ser reprocesado completamente, a través de contacto íntimo y continuo con agua potable (de acuerdo a la norma ASTM C 1602-06), al menos durante un periodo de tiempo entre 1-4 horas dependiendo de la formulación, en una relación en volumen de al menos 1:1 material-agua. Por tanto, la presentación final de la



composición cementante de ceniza volante es en forma de una pieza sólida, pasta, líquido o en polvo.

En otra modalidad, la composición cementante de cenizas volante con adicciones de agregado fino (arena) y grueso (grava y gravilla) o material inerte como: plásticos (termoplásticos o termofijos) donde los preferidos son los plásticos considerados como de reciclaje como: polietileno, polipropileno, estireno, PET entre otros. Otro material como agregado, que puede ser adicionado es el material ligero y poroso referido como tezontle.

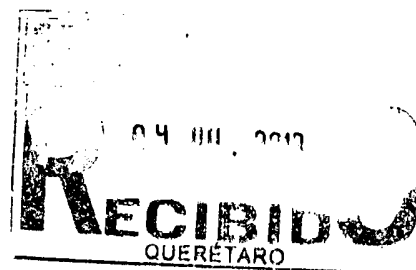
10 Otros agregados que pueden ser adicionados a la composición cementosas de cenizas volantes son fibras sintéticas y orgánicas (textiles, acrílicas, nylon, vidrio y aramidas), y minerales (carbón, amianto o de cualquier rebada metálica). Por lo que esta formulación no está limitada a aplicaciones en el área

15 de la construcción sino que su giro abarca al desarrollo de nuevos materiales para áreas como aeroespacial, automotriz e inmobiliarios.

En una modalidad, la incorporación de material lignocelulósico a la composición cementante de ceniza volante es parte de la

20 innovación que se presenta en esta patente, ya que es posible sustituir entre 0-60 % en peso de este material lignocelulósico con respecto a la ceniza volante clase F utilizada. El material lignocelulósico puede ser pero particularmente de las fibras naturales de la familia de la planta *Bambusoideae* (Bambu),

25 *Linum usitatissimum* (lino), *Boehmeria nivea* (ramio), *Musa textilis* (abaca), *Agave fourcroydes* (henequén), plantas herbáceas del género *Gossypium* (algodón), cascara de *Cocos nucifera* (coco),



Ceiba pentandra (kapok), *Hibiscuscannabinus* (kenaf),
Corchoruscapsularis (yute), remanentes de las plantas de
Triticum spp (trigo) y de *Zea mays* (maíz), cascarilla del fruto de
los arbustos del género *Coffea* (café), cascarilla de *Oryza sativa*
5 (arroz) y de *Hordeumvulgare* (cebada), y residuos de madera
(como el aserrín). Preferentemente se utiliza la cascarilla de
arroz ya que es uno de los agro-industriales que más se generan
en todo el mundo, dado la gran demanda que posee el cereal del
arroz, preferiblemente en un porcentaje de 20-30% en peso con
10 respecto a la ceniza volante clase F utilizada.

Asimismo, los siguientes ejemplos ilustran adicionalmente a la
invención:

Ejemplo 1

15 Composición cementante de ceniza volante clase F, con una
solución química alcalina de sílice con las siguientes
características: con agua (potable conforme a la norma ASTM C
1602-06) extra, pH>7, con una relación de 1:1 en volumen sílice
coloidal-agua, se puede fabricar a partir de los siguientes
20 componentes y composiciones:



Tabla 2 Composición cementante de ceniza volante derivada de una solución química alcalina de sílice con agua extra.

COMPONENTES			
		% en peso	
CENIZAS VOLANTES		61.5	
Solución	NaOH	38.5	9.3
	Sílice coloidal		44
	Metasilicato de sodio		9.3
	H ₂ O Extra		37.4

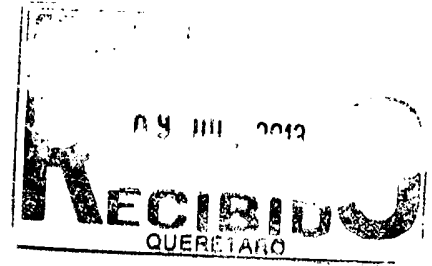
Ejemplo 2

Composición cementante de ceniza volante clase F, con un pequeño porcentaje de cal y con una solución química alcalina de sílice con las siguientes características: sin agua (potable conforme a la norma ASTM C 1602-06) extra, pH>10, sin silicato de sodio, se puede fabricar a partir de los siguientes componentes:

10

Tabla 4 Composición cementante de ceniza volante con cal y derivada de una solución sol-gel sin agua extra y silicato de sodio.

COMPONENTES			
		% en peso	
CENIZAS VOLANTES		56	
CAL		1	
Solución	NaOH	43	11.3
	Sílice coloidal		88.7
	Metasilicato de sodio		-
	H ₂ O Extra		-



Ejemplo 3

Composición cementante de ceniza volante clase F, con un pequeño porcentaje de cal y con una solución química alcalina de sílice con las siguientes características: sin agua (potable conforme a la norma ASTM C 1602-06) extra, $\text{pH} > 10$, con silicato de sodio, se puede fabricar a partir de los siguientes componentes:

Tabla 4 Composición cementante de ceniza volante con cal y derivada de una solución química alcalina de sílice sin agua extra y silicato de sodio.

COMPONENTES			
		% en peso	
CENIZAS VOLANTES		56	
CAL		1	
Solución	NaOH	43	10.1
	Sílice coloidal		77.8
	Metasilicato de sodio		10.1
	H ₂ O Extra		-

10 Las características mecánicas resultantes de los ejemplos anteriormente señalados (especímenes cilíndricos con una relación de altura-diámetro de 2, 10×5 cm), se mencionan a continuación. El equipo utilizado para determinar la resistencia a compresión fue una máquina universal con capacidad de 150 toneladas, la velocidad promedio de compresión fue de 300 kg_f/min aproximadamente.

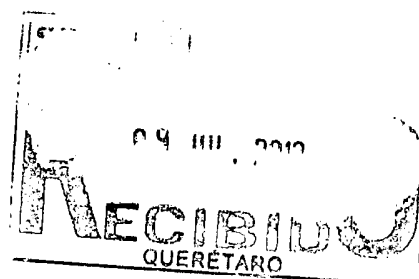
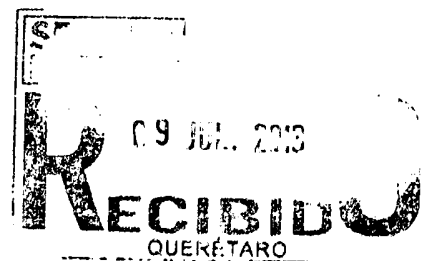


TABLA 6 Resistencia a la compresión de las diferente composiciones cementantes de ceniza volante.

	DENSIDAD (kg/m ³)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	Días
Ejemplo 1	1.57	100	120
Ejemplo 2	1.7	19.76	8
Ejemplo 3	1.75	17.22	8

Las resistencias que se muestran en la Tabla 6 se observa que los especímenes a los ocho días de efectuar la prueba de compresión son menores en comparación con las que se observan a los 120 días, denotando de esta manera que el tiempo transcurrido es de suma importancia para la ganancia de resistencia. Por su parte la densidad material e la composición cementante de ceniza volante tiende a disminuir, aun a los ocho días el peso específico del material es menor al de un concreto convencional de cemento Portland (igual o mayor a 2300 kg/cm³ aproximadamente).

Se comprenderá que pueden efectuarse muchas modificaciones en los detalles, materiales, formulaciones y tratamiento como se ha descrito, y de los alcances de esta inventiva tal como se expresa en las reivindicaciones anexas.



REIVINDICACIONES

Una vez de habiendo descrito nuestra invención, que calificamos como novedad y, por lo tanto, apelamos como nuestra exclusiva propiedad lo contenido en las siguientes clausulas:

- 5 1.- Una composición cementante caracterizada porque comprende una mezcla de ceniza volante y una solución química alcalina de sílice que aporta nanopartículas de sílice, con un intervalo de porcentaje en peso de base proveedora de
- 10 sílice.
- 2.- Una composición cementante de acuerdo a la reivindicación 1, donde la solución química alcalina de sílice contiene silicato de sodio, $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{nH}_2\text{O}$, donde $n = 5, 6, 8$ y 9 , y es caracterizada por:
- 15 a) Con o sin disolución en agua
b) Con o sin agua extra
c) Un intervalo de pH de 9-14.
d) Viscosidad entre 1-100,000cps.
e) Transmitancia de 0 -95%.
- 20 f) Densidad entre 1.1 a 2.4 kg/m^3 .
- 3.- Una composición cementante de acuerdo a la reivindicación 1, sin silicato de sodio en la solución química alcalina de sílice escaracterizada por:
- a) Con o sin disolución en agua
- 25 b) Con o sin agua extra
c) Un intervalo de pH de 9-14.



d) Viscosidad entre 1-100,000cps.

e) Transmitancia de 0-95%.

f) Densidad de 1.1 a 2.4 kg/m³.

4.- Una composición cementante de acuerdo a las
5 reivindicaciones 2 y 3, caracterizada porque la solución química
de sílice comprende además monómeros, dímeros, tetrámeros,
oligómeros, y/o, polimerización en masa extendida a todo el
volumen transformándola en un gel.

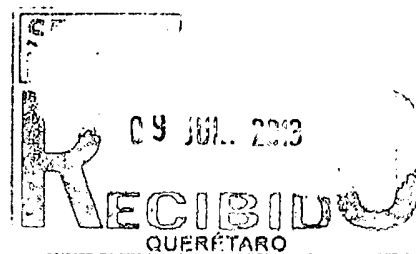
5.- Una composición cementante de acuerdo a las
10 reivindicaciones 2 y 3, porque la solución química de sílice
comprende además agentes químicos, particularmente;
surfactantes, polielectrólitos y polímeros inorgánicos.

6.- Una composición cementante de acuerdo a las
15 reivindicaciones 2 y 3, caracterizada porque la ceniza volante
comprende una ceniza volante clase F, C, N o una mezcla de las
mismas.

7.- Una composición cementante de acuerdo a la reivindicación
6, caracterizada porque comprende además adiciones de
cemento Portland a partir del 0.5% en peso, hasta 20 %
20 respecto a la ceniza volante.

8.- Una composición cementante de acuerdo a la reivindicación
6, caracterizada porque comprende además de adiciones de cal
viva (CaO), cal hidratada (Ca(OH)₂), o sulfato de calcio hidratado
(CaSO₄.2H₂O, yeso) a partir de 0.05% en peso, hasta 20%
25 respecto a la ceniza volante.

9.- Una composición cementante de acuerdo a una o más de las
reivindicaciones 6-8, caracterizada porque comprende además



agregados finos de arena, gruesos de grava o gravilla, agregado porosos de tezontle o una mezcla de las mismas.

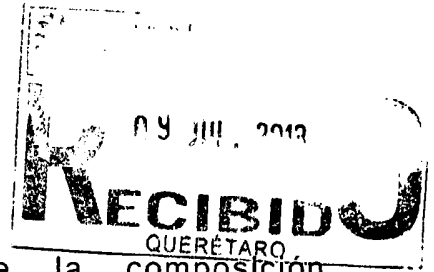
10.- Una composición cementante de acuerdo a una o más de las reivindicaciones 6-8, caracterizada porque comprende además polímeros termoplásticos, termofijos o elastómeros,

11.- Una composición cementante de acuerdo a una o más de las reivindicaciones 6-8, caracterizada porque comprende además fibras orgánicas, pero particularmente textiles, acrílicas, carbono nylon o aramidás.

10 12.- Una composición cementante de acuerdo a una o más de las reivindicaciones 6-8, caracterizada porque comprende además fibras minerales, pero particularmente fibras de vidrio, amianto o rebaba metálica.

15 13.- Composición cementante de acuerdo a una o más de las reivindicaciones 6-8, caracterizada porque comprende además material lignocelulosico, pero particularmente pero particularmente las fibras naturales de la familia de la planta *Bambusoideae*, *Linum sitatissimum*, *Boehmeria nivea*, *Musa textilis*, *Agave fourcroydes*, plantas herbáceas del género *Gossypium*, cascara de *Cocos nucifera*, *Ceiba pentandra*, *Hibiscus cannabinus*, *Corchorus capsularis*, remanentes de las plantas de *Triticum* spp de *Zea mays*, cascarilla del fruto de los arbustos del género *Coffea*, cascarilla de *Oryza sativa* y de *Hordeum vulgare*, aserrín.

25 14.- Composición cementante caracterizada porque comprende además la combinación de dos o más elementos correspondientes a las reivindicaciones de la 1 a la 10.



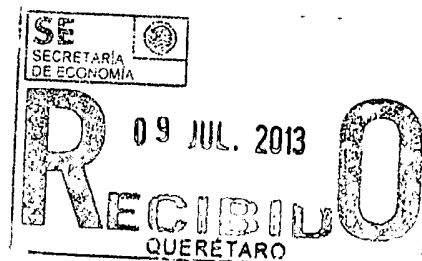
15.- Material reprocesable derivado de la composición cementante de ceniza volante de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones de la 6 a la 14, mediante un contacto íntimo con agua, o con alto contenido en sales, durante al menos 10-30 5 minuto.

16.- Una composición cementante de acuerdo a las reivindicaciones 1, 2 y 3, caracterizada por una presentación en forma de una pieza sólida, o pasta, o líquido, o en polvo.

10

15

20



RESUMEN

Esta inventiva describe la composición cementante para ser utilizado como material para construcción a partir del residuo industrial denominado cenizas volantes, mediante el proceso sol-gel de sílice con silicatos en condiciones alcalinas $\text{pH} > 7$. Con este material, se obtiene de buena resistencia a la compresión 199.9 kg/cm^2 .

Este proceso es ambientalmente amigable ya que la utilización de cemento Portland es mínima o nula. Además, con ello se promueve la utilización de residuos industriales que, de otra forma, causarían un problema de confinamiento. Esta composición cementante permite la incorporación de otros tipos de residuos, entre los que se encuentran los residuos agroindustriales como, por ejemplo, las cascarillas de arroz. Adicionalmente la adición de cal (hidratada o viva) a la composición cementante objeto de esta invención, acorta el tiempo de fraguado de la misma.

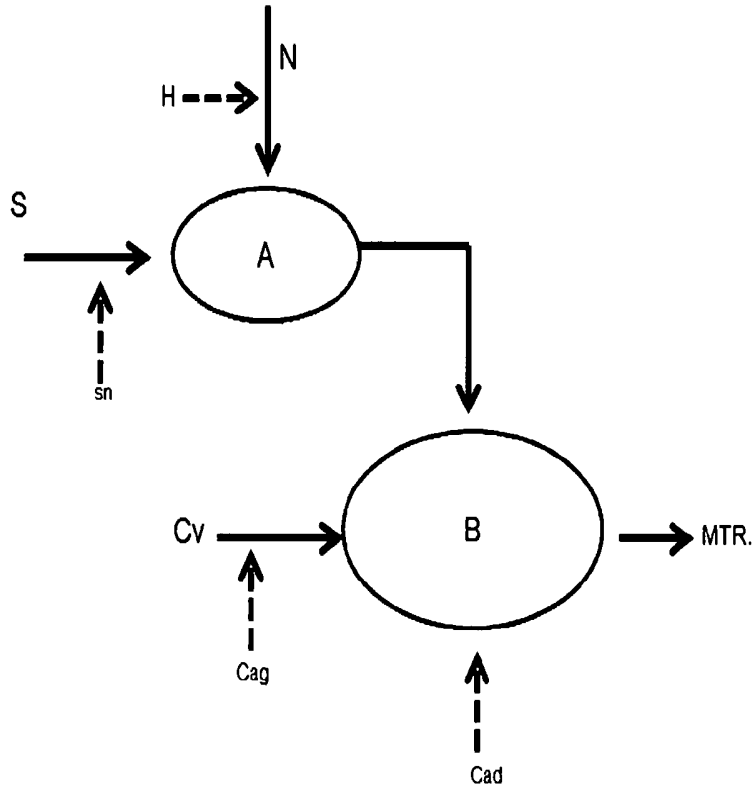


Figura 1

5

10

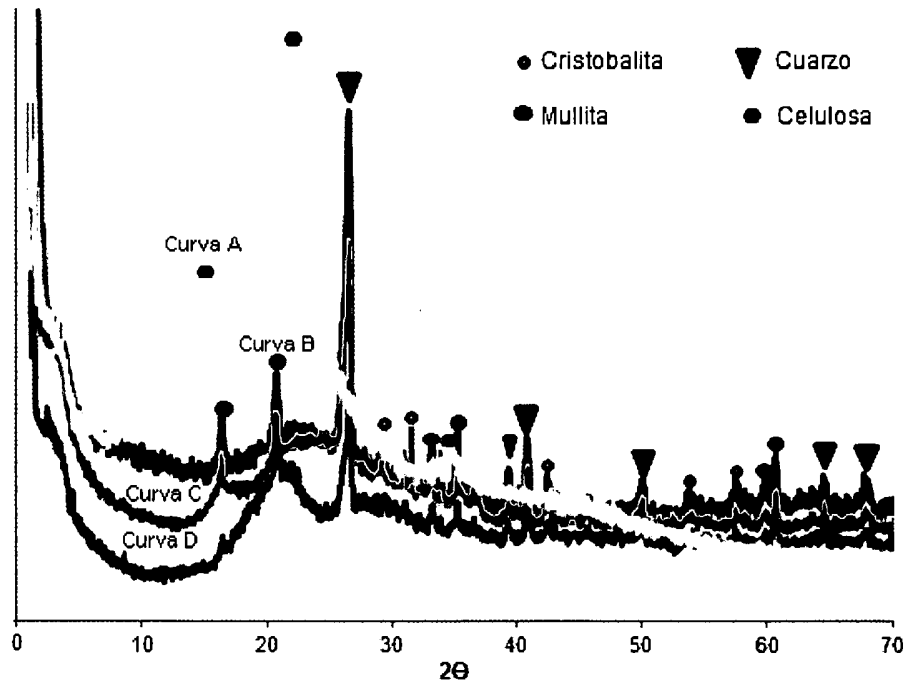


Figura 2

5

10