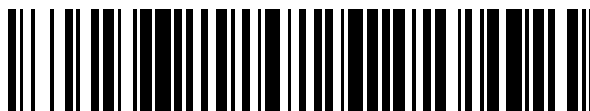


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 483 015**

51 Int. Cl.:

**C04B 28/04** (2006.01)

**C04B 28/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.03.2009 E 09155219 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.04.2014 EP 2103579**

54 Título: **Aglutinante para redes viales a base de cristal triturado y metacaolín**

30 Prioridad:

**19.03.2008 FR 0801514**

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

**05.08.2014**

73 Titular/es:

**MICROSOLS TECHNOLOGIES (100.0%)  
17 rue du Commandant Charcot, Technowest  
33290 Blanquefort , FR**

72 Inventor/es:

**COMBRET, JEAN-MICHEL;  
SALMON, ROLAND y  
CADEAC, ELIANE**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

**ES 2 483 015 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**

Aglutinante para redes viales a base de cristal triturado y metacaolín

- 5 La presente invención pertenece al dominio de los revestimientos de los terrenos y más particularmente a los aglutinantes para la protección de las vías.
- 10 La misma tiene como objeto un aglutinante para redes viales que emplea conjuntamente cristal en polvo y metacaolín, en presencia de una cantidad reducida de cal y cemento. Otro objeto de la invención es un mortero o un hormigón que comprende dicho aglutinante.
- 15 Los aglutinantes para redes viales deben poseer propiedades mecánicas indispensables para su eficacia y duración. Estos deben conferir a los terrenos una resistencia mecánica elevada, al conservar una determinada elasticidad, de forma que los terrenos absorban mejor las deformaciones causadas por el paso repetido de cargas pesadas. Su ejecución debe ser simple y rápida para no obstaculizar el desarrollo de las obras. Por la misma razón, estos deben poderse usar lo más pronto posible después de su aplicación en el terreno. Esto implica conservar las propiedades requeridas a largo plazo pero igualmente adquirirlas muy rápidamente.
- 20 Otras propiedades son importantes, por ejemplo la capacidad de secar los terrenos, lo que favorece la compactación y aumenta la resistencia de los mismos. Los aglutinantes aportan igualmente al terreno una insensibilidad al gel, lo que permite prolongar la vida de un revestimiento. El empleo de materiales poco costosos y que poseen cualidades estéticas es un criterio suplementario a tener en cuenta. Las exigencias medioambientales se suman ahora a las limitantes técnicas y económicas.
- 25 Los aglutinantes para redes viales se emplean para tratar la mayoría de los terrenos en un mismo lugar o con elementos adicionados (arcillas, limos, arenas, gravillas, etc.). Ellos modifican su naturaleza y contribuyen al mejoramiento de su estado. Un tratamiento con un aglutinante reduce la cantidad de humedad de un terreno y prepara, según el caso, la colocación de un revestimiento de asfáltico. Los aglutinantes son empleados en obras viales y para construir parqueos, pistas de ciclismo, áreas de almacenamiento, rutas de gran tráfico, carreras para caballos, etc.
- 30 Están normalmente compuestos por cal hidráulica natural y cemento. El constituyente principal del cemento es el clinker que es obtenido a partir de la cocción de una mezcla de 80% de caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) y 20% de arcillas (silicatos de aluminio hidratados).
- 35 Después de varias moliendas y homogeneización, el producto en bruto se lleva a una temperatura que va desde 700°C a 940°C donde se realiza una descarbonatación de la mezcla, y es hacia los 1450°C que se produce la formación del clinker. El clinker se tritura finamente después con yeso (aproximadamente 5%) el que desempeña el papel de regulador de tiempo de fraguado durante la mezcla con el agua.
- 40 Ahora, al ser cada vez mayor la producción de cemento en Europa y el mundo, incidiendo además de manera significativa en la emisión de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera, resulta indispensable tratar de disminuir el consumo de clinker hallando materiales que lo puedan sustituir. Al hacerlo, es necesario conservar las propiedades específicas de los aglutinantes viales, como la resistencia mecánica o la duración de los revestimientos.
- 45 Algunos estudios han considerado utilizar cristal en bruto, ya sea en forma de granulado tipo arena, o en forma de polvo fino, en sustitución de una parte del cemento. Por ejemplo, los desechos de cristal de tubos catódicos pueden contribuir a reducir el consumo de clinker.
- 50 En 1998, un estudio puso en evidencia el interés de utilizar los desechos de vidrios para embalaje como aglutinantes en la estabilización de los terrenos, formando con una mezcla con el clinker, un "cemento de cristal". El valor óptimo de reactividad del cristal triturado fue determinado teniendo en cuenta la granulometría de este último y la adición de bases fuertes (sodio y potasio). Fue demostrado que la resistencia mecánica de las pastas de cemento eran pobres a corto plazo pero evolucionaban de manera interesante más allá de este período. Seguidamente, un nuevo estudio permitió elaborar un aglutinante de mayor calidad a partir de polvo fino de cristal siendo mayoritario, con al menos 70% del aglutinante. El empleo en el dominio de la ingeniería civil de este nuevo aglutinante que asocia clinker y desechos de cristal y presenta rendimientos globalmente satisfactorios en ejecución y resistencia, permitió reducir los volúmenes del cristal no reciclable, considerado hasta el momento como desecho último y sólo pudiendo ser asumido por un Centro Técnico de Vertederos.
- 60 El documento FR2800089A1 divulga un procedimiento de estabilización de un terreno, en el cual se mezcla un aglutinante comprendiendo: cristal, cal viva y sodio, como reactivo básico. El documento EP1422206A1 divulga un aglutinante hidráulico, destinado a constituir un hormigón/mortero decorativo. El aglutinante está constituido por una mezcla de clinker, o cemento Portland, con al menos 50% de al menos una variedad de cristal con silicato industrial, en estado finamente triturado.

5 Sin embargo, se observó que aunque la resistencia de dichos aglutinantes sea correcta a largo plazo, la misma se mantiene en un nivel medio con respecto a los aglutinantes convencionales, y sobre todo es baja en el periodo inicial. El tiempo de fijación a respetar para obtener una resistencia suficiente antes de la circulación de vehículos en el terreno tratado es elevado, lo que acarrea dificultades en las vías.

Se hace necesario definir un aglutinante de red vial que mejore las propiedades mecánicas de los "cementos de cristal" a corto plazo, conservando e incluso mejorando sus propiedades mecánicas a largo plazo.

10 La presente invención tiene como objeto responder a esta necesidad, a fin de proponer un aglutinante en los rendimientos mejorados aplicable en técnica viaria, que respete las normas mecánicas pero también ecológicas. La solución adoptada se basa en la utilización conjunta de polvo de cristal y metacaolín, en presencia de una cantidad reducida de cal y cemento. Los constituyentes seleccionados permitieron obtener aglutinantes de fijación rápida y presentando una excelente resistencia mecánica a corto y largo plazo. Estos constituyentes deben de preferencia  
15 emplearse en proporciones definidas, tomados en un intervalo de valores seleccionados. De manera inesperada, se halló que los valores óptimos que rigen las proporciones de cada ingrediente en el aglutinante, no son los valores extremos. En estas condiciones, no se observa ninguna interacción nefasta entre los constituyentes.

20 Luego fue necesario, para mejorar los rendimientos actuales de los aglutinantes de redes viales, modificar de manera fundamental su formulación. Esto pudo realizarse mejorando el carácter ecológico y además el aspecto económico del material final. En efecto, la utilización de un aglutinante en el cual una gran parte del cemento sea sustituida por metacaolín posee una ventaja económica y medioambiental, ya que la producción de una tonelada de cemento produce una tonelada de CO<sub>2</sub> mientras que la producción de metacaolín lo produce únicamente por el aporte energético necesario en la calcinación. Del mismo modo, la recuperación final de los residuos de vidrio en una aplicación de  
25 carretera, evita el almacenamiento en el CET (Centro Técnico de Vertedero).

La presente invención tiene así por objeto un aglutinante de red vial, que comprende cristal triturado, metacaolín, cemento y cal, la cantidad ponderal total de cristal triturado y metacaolín está comprendida entre 70% y 90%, con respecto al aglutinante seco.

30 El metacaolín, de fórmula Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, se produce por la calcinación de los materiales arcillosos: éste proviene de la deshidroxilación de la caolinita entre 500 y 650°C. Inmediatamente después de su formación, el metacaolín contiene aún 10% de sus grupos OH de inicio. Éstos se eliminan progresivamente con la elevación de la temperatura hasta 980°C.

35 El cristal triturado se presenta en forma de un polvo de granulometría clásicamente comprendido entre 10 µm y 35 µm, pero puede ir de 5 µm a 100 µm sin impedir la realización de la invención.

40 El cemento y la cal son escogidos entre los productos comúnmente empleados en el dominio de los aglutinantes destinados a la preparación de los morteros y hormigones. Se puede utilizar por ejemplo clinker (cemento Portland) mezclándolo con la cal viva.

45 Se observará que los compuestos del aglutinante aquí descrito se mencionan en su forma en polvo, sin tener en cuenta el agua que será adicionada para formar por amasamiento una pasta generalmente en un mortero o un hormigón. El término "aglutinante" incluye en cuanto a éste el conjunto de los compuestos en el estado seco. Cuando un mortero está preparado, el aglutinante (conforme a la invención o clásicamente compuesto por cemento y/o cal aérea), es amasado con arena y agua. Es en contacto con el agua que ocurre la fijación del aglutinante.

50 Denominamos A a la cantidad ponderal total de cristal triturado y metacaolín en el aglutinante seco, es decir la suma de la cantidad ponderal de cristal triturado V y la cantidad ponderal de metacaolín MK. Se puede entonces escribir la igualdad  $A = V + MK$ , de acuerdo a la invención, la relación  $70\% \leq A \leq 90\%$ .

55 En un modo de realización preferido, la cantidad ponderal total de cristal triturado y metacaolín en el aglutinante de redes viales según la invención está comprendida entre 75% y 80%, con respecto al aglutinante seco, es decir en la relación  $75\% \leq A \leq 80\%$ .

60 Según una característica ventajosa del aglutinante de redes viales objeto de la invención, la cantidad ponderal de cristal triturada V y la cantidad ponderal de metacaolín MK se encuentran en una relación V/MK que va de 20/80 a 60/40. Se tiene así la relación  $20/80 \leq V/MK \leq 60/40$ .

De preferencia, la cantidad ponderal de cristal triturado V y la cantidad ponderal de metacaolín MK del aglutinante de redes viales según la invención se encuentran en una relación V/MK que va de 45/55 a 55/45, pudiéndose expresar por la relación  $45/55 \leq V/MK \leq 55/45$ . Aún de preferencia esta relación es de 50/50, siendo  $V/MK = 50/50$ .

Según una característica interesante de la invención, la cantidad ponderal de cemento Ci y la cantidad ponderal de cal Ch se encuentran en una relación Ci/Ch que va de 1/2 a 2/1.

5 Según un modo de realización ventajoso, el aglutinante para redes viales según la invención comprende, en cantidad ponderal en el aglutinante seco:

- de 10% a 45% de cristal triturado,
- de 25% a 70% de metacaolín,
- 10 – de 1% a 20% de cemento, y
- de 1% a 20% de cal.

15 Según un modo de realización preferida, el aglutinante objeto de la invención comprende, en cantidad ponderal en el aglutinante seco:

- de 30% a 40% de cristal triturado,
- de 30% a 50% de metacaolín,
- de 5% a 10% de cemento,
- 20 – de 10% a 20% de cal.

Según una variante particularmente preferida de realización, el aglutinante objeto de la invención comprende, en cantidad ponderal en el aglutinante seco, 38% de cristal triturado, 38% de metacaolín, 8% de cemento, y 16% de cal.

25 Según otra característica del aglutinante de redes viales según la invención, el metacaolín puede contener de 60% a 70% de silicio SiO<sub>2</sub>, y 25% a 40% de óxido de aluminio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

30 De preferencia, el cristal triturado que entra en la composición del aglutinante según la presente invención es un cristal silicato sodo-cálcico. En efecto, este tipo de cristal posee una reactividad más importante que un cristal de silicio puro en relación de su cantidad de cationes. Esta propiedad se aprovecha aquí para darle valor a los desechos últimos de vidrios para embalajes (llamados cristales huecos), de para-brisas o de cristales planos de la deconstrucción, ya que estos cristales son con frecuencia sodo-cálcicos. Como promedio, están compuestos de 75% de SiO<sub>2</sub>, 15% de Na<sub>2</sub>O y 10% de CaO. Evidentemente, estas cifras pueden variar en función de las propiedades que se quiere dar al cristal y luego a los diferentes óxidos introducidos (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BO<sub>3</sub>...) llamados entonces modificadores.

35 Según una característica interesante, el cristal triturado que entra en la composición del aglutinante según la presente invención puede seleccionarse entre los cristales de carácter hidrófobo o los cristales de carácter hidrófilo. En efecto, el carácter hidrófilo confiere al aglutinante una humectabilidad más elevada de los polvos, lo que mejora la resistencia a la compresión a largo plazo y la escala de la reducción. En cuanto al carácter hidrófobo, éste puede constituir una gran ventaja para determinadas aplicaciones, puesto que teniendo más agua disponible para la hidratación del cemento, se puede aumentar la resistencia mecánica a edad temprana y en el caso de un aglutinante viario, disminuir la demora de circulabilidad del terreno tratado.

45 La invención propone entonces un nuevo aglutinante que respeta los requisitos apropiados para una aplicación en la técnica vial, que se puede calificar de eco-aglutinantes hidráulicos y puzolánico. La originalidad del trabajo consistió en utilizar metacaolín como constituyente principal con, como constituyente secundario, cristales sodo-cálcicos triturados provenientes de desechos últimos de vidrio de embalaje, definiendo las condiciones físico-químicas que conducen a una reactividad máxima del cristal y expresando las propiedades puzolánicas del metacaolín.

50 Es igualmente objeto de la presente invención un mortero destinado a una aplicación vial, el cual está constituido por arena y agua en mezcla con un aglutinante según la invención, como recién se ha descrito. Tal mortero comprende entonces un cristal triturado, metacaolín, cemento y cal, la cantidad ponderal total en cristal triturado y metacaolín está comprendida entre 70% y 90%, con respecto al aglutinante seco. Un mortero que incorpora gravilla para formar un hormigón se incluye igualmente por definición en la presente invención.

55 Según un modo preferido de realización del mortero según la invención, la relación de los volúmenes de agua y el aglutinante está comprendida entre 0,5 y 1,5. Se sabe que el metacaolín posee una superficie específica de aproximadamente que 15m<sup>2</sup>/g, lo que cambia la reología de los hormigones incorporándolos con respecto a los hormigones clásicos. Las mezclas que contienen metacaolín son entonces más secas que los hormigones clásicos, y por esto, es necesario aumentar la cantidad de agua aportada durante el amasado para obtener la fluidez deseada. Se considera además adicionar un plastificante reductor de agua.

60 Según otra característica de la invención, la arena que se usa para preparar el mortero puede ser arena sílice o arena calcárea.

5 Se probaron diferentes composiciones de hormigón para su resistencia en la compresión a diferentes intervalos de tiempo después de su preparación. Estas pruebas, conducidas en condiciones controladas, en hormigones normalizados y no normalizados, pusieron en evidencia los rendimientos mejorados del aglutinante objeto de la invención, por comparación con un aglutinante estándar. Se observaron diferentes cinéticas de aumento de la resistencia a la compresión. Todas las formulaciones responden a la definición de la presente invención ofrecen mejores resultados que la referencia a 7 días, y la mayoría confirman esta superioridad en 28 días. Tenemos luego un mejoramiento neto de los resultados.

10 El mortero objeto de la invención, como recién se ha descrito, es así particularmente adaptado a una utilización en una aplicación al tratamiento de los terrenos y calzadas.

15 La presente invención será mejor comprendida, y se brindarán detalles, a la luz de la descripción que va a incluir diferentes variantes de realización, en relación con las figuras anexadas, en las cuales:

- La figura 1 representa las variaciones de las resistencias mecánicas en compresión en función del tiempo de diferentes formulaciones de morteros según la invención.
- Las figuras 2 y 3 son los difractogramas de los rayos X de pasta de las formulaciones Fa y Fe, tres horas después del amasamiento.
- 20 - Las figuras 4 y 5 son los difractogramas de los rayos X de pasta confeccionada con las formulaciones Fa y Fe, 7 días después del amasamiento.
- Las figuras 6 y 7 son los difractogramas de la pasta confeccionada con las formulaciones Fa y Fe, al cabo de 28 días después de la fabricación.

25 **EJEMPLO 1 – Composición de los morteros**

Los morteros según la invención fueron preparados a partir de los ingredientes siguientes:  
 - Cemento  
 El cemento utilizado es cemento LAFARGE 52.5 R proveniente de la fábrica de Martres-Tolosane (31).  
 30 - Cal  
 Cal viva, pura a 92% mínimo, conforme a los productos del comercio.  
 - Cristal  
 El cristal utilizado proviene de desechos de cristal hueco sodo-cálcico de composición media SiO<sub>2</sub>: 75%, Na<sub>2</sub>O : 15%, y CaO : 10%, reducido a polvo por trituración.  
 35 El polvo de cristal estuvo caracterizado por los tres parámetros: d<sub>10</sub>, d<sub>50</sub> et d<sub>90</sub>, que representan el diámetro de las partículas de la muestra por la cual, respectivamente 10%, 50% y 90% de éstas tienen un diámetro inferior a esta dimensión. El d<sub>50</sub> es el parámetro retenido generalmente para caracterizar un polvo.

d <sub>10</sub>	d <sub>50</sub>	d <sub>90</sub>
7 µm	<b>24,8 µm</b>	91 µm

40 - Metacaolín  
 El metacaolín utilizado proviene de la fábrica ARGECO de Fumel (47). Está compuesto principalmente de SiO<sub>2</sub> (entre 60% y 70%), de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (entre 25% y 40%), así como de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> y K<sub>2</sub>O en muy pocas cantidades. Tiene una densidad de 2,6 ± 0,1 g/cm<sup>3</sup> y una superficie específica ≥ 15 m<sup>2</sup>/g.

45 - Granulados  
 La arena sílice 0/6 recompuesta viene del arenal MALET de Portet-Sur-Garonne (31). Está compuesta de arena filerizada 0/2 de origen aluvial, con una densidad real de 2670 kg/m<sup>3</sup>, y una arena triturada lavada 2/6,3 igualmente de origen aluvial, de densidad real 2680 kg/m<sup>3</sup>. Estas arenas están habitualmente destinadas a una utilización para las calzadas y más específicamente para las capas de rodamiento en aglutinantes hidrocarbonados.

50 La arena calcárea 0/6 recompuesta proviene de la cantera BERNADETS d'Aurignac (31). Está compuesta de arena calcárea 0/4 triturada, y tiene una densidad real de 2599 kg/m<sup>3</sup>, y una arena 2/5,6 triturada, con una densidad de 2600 kg/m<sup>3</sup>.

La composición de los seis morteros preparados es la siguiente:

- 55 - arena = 1350 g ± 5 g.
- aglutinante = 450 g ± 2 g.
- agua de amasado = 225 g ± 1 g (la relación agua /aglutinante es entonces 0,50).

60 Las composiciones de las seis fases aglutinantes (denotados Fa en Ff), para los seis morteros (designados Ma en Mf) son presentados en la tabla 1. (V : cristal; MK : metacaolín; CaO : cal).

TABLA 1

	Fa	Fb	Fc	Fd	Fe	Ff
%V	38%	43%	19%	38%	19%	21%
%MK	38%	43%	53%	38%	53%	64%
%Cemento	8.33%	5%	8.33%	16.67%	16.67%	5%
%CaO	16.67%	10%	16.67%	8.33%	8.33%	10%

**EJEMPLO 2 – Pruebas de resistencia a la compresión**

5

Se midió la resistencia mecánica en compresión de los morteros Ma en Mf preparados conforme a las fórmulas del ejemplo 1, con la arena sílice de granulometría 0/6, en diferentes circunstancias: 7 días, 28 días, 56 días y por último 90 días.

10

1) – Procedimiento de fabricación de los morteros

15

Introducir agua en el tanque del amasador; y verter seguidamente el aglutinante; poner en marcha el amasador a poca velocidad. Después de 30 segundos de amasado, introducir la arena en 30 segundos, regularmente. Poner entonces el amasador en su velocidad rápida y continuar el amasado durante 30 segundos suplementarios. Detener el amasador por 90 segundos. Durante los 15 primeros segundos, desprender con la ayuda de una espátula de caucho todo el mortero adherido a las paredes y al fondo del recipiente empujándolo hacia el medio de éste. Reanudar el amasado a gran velocidad durante 60 segundos.

20

2) – Confección de probetas y conservación

25

La norma EN 196-1 describe de manera detallada el modo operatorio. Con cada mortero preparado como se indica arriba, llenar un molde 4 x 4 x 16. El cierre del mortero en este molde es obtenido introduciendo el mortero dos veces y aplicando al molde 60 impactos cada vez. Después de lo cual el molde es enrasado, recubierto de una placa de cristal y depositado en una cámara mantenida a 20° C ± 2° C. El desmoldeado tiene lugar 48 h después el comienzo del amasado y la conservación se hace en un saco de plástico estanco para tener un medio endógeno, en la cámara mantenida a 20°C ± 2°C.

La prueba testigo Ft

30

Se confeccionaron una serie de probetas testigo con un "cemento de cristal" del comercio, a saber un cemento preparado a partir del aglutinante "ECO'STABIL®" de la sociedad ESPORTEC, según el modo operatorio descrito con anterioridad. Está compuesto de 75% de cristal, 15% de cemento 52.5 R y 10% de cal viva.

35

3) – Método de medida de la resistencia a la compresión en función del tiempo

40

El equipo necesario para la medida de la resistencia a la compresión Rc de las probetas de mortero es descrito de manera detallada por la norma EN 196-1. Está esencialmente constituido por una máquina de ensayos en la compresión permitiendo aplicar cargas hasta 150 KN (o más si los ensayos lo exigen) con una velocidad de puesta en carga de 2400 N/s ± 200 N/s.

45

La medición se realiza con 6 repeticiones para cada composición. Los resultados obtenidos por cada uno de los 6 ensayos están aproximados a 0,1 MPa y este es el promedio. Si uno de los 6 resultados difiere de ±10 % de este promedio, está alejado y el promedio es entonces recalculado a partir de los 5 resultados restantes. Si uno de los 5 resultados se aleja de ±10 % de este nuevo promedio, la serie de las 6 medidas es alejada y una nueva serie de 6 probetas es preparada respetando cuidadosamente el protocolo. Cuando el resultado es satisfactorio, el promedio así obtenido es la resistencia del cemento en la edad considerada.

50

Las normas ENV 197-1 et NFP 15-301 definen las clases de resistencia de los cementos después de su resistencia en 7 días y 28 días. Estas edades son entonces imperativas para verificar la conformidad de un cemento. En el día previsto, las probetas se rompen en compresión.

4) – Resultados

55

La resistencia mecánica en compresión en función del tiempo obtenida con las formulaciones Fa en Ff y la formulación testigo Ft, se reportan en la tabla 2 y se presentan en la Figura 1.

TABLA 2

	<b>Ft</b>	<b>Fa</b>	<b>Fb</b>	<b>Fc</b>	<b>Fd</b>	<b>Fe</b>	<b>Ff</b>
<b>Rc 7j</b>	0,5	2,8	2,4	3,3	2,7	2,7	2,3
<b>Rc 28j</b>	1,4	4,6	2,9	5,2	4,3	4,3	3,2
<b>Rc 56j</b>	1,8	4,9	3,0	5,4	4,5	4,5	3,2
<b>Rc 90j</b>	2,8	5,3	3,0	5,4	4,8	4,8	3,2

En primer lugar, se comprueba un mejoramiento de las resistencias en compresión de todas las formulaciones. Esto es verdadero a largo plazo, ya que después de 90 días de fijación, las compresiones son superiores a la de fórmula de referencia. Algunas fórmulas muestran además un potencial de crecimiento suplementario con curvas de pendiente positiva. Esto es igualmente cierto a corto plazo muy rápidamente después del encofrado, con las pendientes de evolución de la resistencia muy fuertes desde los primeros días y hasta los 30 días.

Un valor óptimo de sustitución del cristal por el metacaolín es del orden de 50%. El porcentaje de la cantidad (cemento + cal) tiene también una influencia. Mientras más elevado en la composición, más importante es la resistencia. Esto podría ser atribuido a la formación rápida de los productos de hidratación del cemento de una parte, y a la reserva de cal necesaria en la reacción puzolánica por otra parte.

Dichos resultados responden a los objetivos en vista de la creación de un nuevo producto en el mercado de los eco-aglutinantes a base de metacaolín y polvo de cristal.

**EJEMPLO 3 – Influencia de la naturaleza de la arena**

La resistencia mecánica en compresión fue probada para morteros en los cuales la arena sílice fue reemplazada por arena calcárea, igualmente de granulometría 0/6. Las proporciones de aglutinante y agua son las mismas. Las formulaciones probadas son aquellas en las cuales la relación V/MK = 1. Los valores de la resistencia a la compresión en 28 días (Rc 28j, expresado en MPa) son reportados en la tabla 3.

TABLA 3

<b>Formulación</b>	<b>Arena Sílice</b>	<b>Arena Calcárea</b>
<b>Fa</b>	4.6	4.9
<b>Fb</b>	2.9	2.8
<b>Fe</b>	4.3	4.3

Al parecer, los resultados de resistencia a la compresión de las probetas de mortero que contienen arena sílice o calcárea son muy próximas. Los morteros según la invención pueden entonces ser preparados indistintamente con dos tipos de arena.

**EJEMPLO 4 - Impacto medioambiental del cemento y la cal**

El análisis por difracción de los rayos X permite seguir la aparición y la evolución de los productos de hidratación en las pastas confeccionadas.

Las dos formulaciones Fa y Fd fueron retenidas. Éstas contienen los mismos porcentajes de cristal y metacaolín (38% de cada uno), la diferencia reside en las tasas de cemento y cal (para Fa : 8.33% de cemento y 16.67% de cal, y a la inversa para Fd, sea 16.67% de cemento y 8.33% de cal).

Dos muestras de pastas, es decir aglutinante con adición de agua, sin arena, fueron analizados, los análisis en mortero sólo mostraron los picos característicos del cuarzo y la arena. Las medidas fueron realizadas en tres circunstancias: 3 horas después de la confección de las pastas, después 7 días y 28 días, con una conservación en medio endógeno. Los difractogramas correspondientes son presentados en las figuras 2 a 7.

Se utilizarán aquí las denotaciones particulares adoptadas en química de los cementos. Los óxidos son designados por las letras: **C** para CaO, **S** para SiO<sub>2</sub>, **A** para Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, **F** para Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y H para H<sub>2</sub>O. Así, se observa:

- el silicato tricálcico : **C<sub>3</sub>S**
- el silicato bicálcico : **C<sub>2</sub>S**
- la portlandite Ca(OH)<sub>2</sub> : **C-H**
- los aluminatos cálcicos hidratados de diversos grados: C<sub>x</sub>AH<sub>y</sub>

1) - Formulaciones Fa y Fd, tres horas después del amasado

5 Para las dos formulaciones, tres horas después de la hidratación y el amasado de la pasta, son visibles los picos característicos del cuarzo (SiO<sub>2</sub>), principalmente aportado por el metacaolín, pero también el "pandeo" producto del cristal. Se distinguen igualmente los picos de la calcita (CaCO<sub>3</sub>), debida a la carbonatación de la cal en el aire, así como los picos de los principales constituyentes anhidros del cemento: silicato tricálcico (C<sub>3</sub>S), silicato bicálcico (C<sub>2</sub>S). Se pudo detectar portlandita (C-H) y una pequeña cantidad de etringita que se forman rápidamente durante la hidratación.

10 En esta etapa, las dos pastas contienen los mismos productos pero en proporciones diferentes, en relación con la cantidad de cal entrando en las formulaciones.

2) - Formulaciones Fa y Fd, 7 días después del amasado

15 Después de 7 días, es posible siempre distinguir para las dos formulaciones, el pandeo debido al cristal, y la cantidad importante de cuarzo y calcita. Sin embargo, los picos de los constituyentes anhidros del cemento son apenas detectables, quedan sólo rastros de silicato bicálcico. La etringita aumenta mientras que un aluminato de calcio hidratado (C<sub>x</sub>AH<sub>y</sub>) aparece en cantidad muy importante, resultado del consumo de los compuestos anhidros e hidratados del cemento por las reacciones puzolánicas.

20 3) – Formulaciones Fa y Fd, 28 días después del amasado

Al cabo de los 28 días después del comienzo de la fijación de las pastas, los difractogramas de los rayos X muestran los mismos componentes a los 7 días, a saber el cuarzo, la calcita, la etringita y el aluminato de calcio. El porcentaje de etringita aumentó ligeramente para la muestra Fd. Se puede no obstante resaltar que el silicato bicálcico no aparece más en el diagrama, sino otro aluminato de calcio hidratado, diferente del que había aparecido a los 7 días, volviéndose detectable. Esta nueva fase cristalizada, ahora visible, corresponde a la estraetlingita, de fórmula Ca<sub>2</sub>Ai<sub>2</sub>SiO<sub>7</sub>·8H<sub>2</sub>O (según la de nominación cementaria C<sub>2</sub>ASH<sub>8</sub>).

25 La tabla 4 resume la evolución de la cantidad de los compuestos detectados en los difractogramas de los rayos X de las dos pastas confeccionadas con las dos formulaciones Fa y Fd en diferentes circunstancias.

30

TABLA 4

Tipos de compuestos	Fa			Fd		
	3 horas	7 días	28 días	3 horas	7 días	28 días
SiO <sub>2</sub>	++++	++++	++++	++++	++++	++++
CaCO <sub>3</sub>	+++	+++	+++	+++	+++	+++
C <sub>2</sub> S	++	+	/	++	+	/
C <sub>3</sub> S	++	/	/	++	+	/
C-H	++	/	/	++	/	/
C <sub>x</sub> AH <sub>y</sub>	/	+++	+++	/	+++	+++
Etringita	+	++	++	+	++	++
Estraetlingita	/	/	++	/	/	+

Presencia muy importante : + + + + ; Presencia importante : + + + ;  
 Presencia promedio: + + ; Rastros : + ; Ausencia : /

Conclusiones

35 Las informaciones obtenidas por estos análisis en cuanto a los productos formados por el aporte del metacaolín y cristal, permiten arrojar aquellos que son responsables de la fijación y del crecimiento de la resistencia mecánica del aglutinante y del mortero objetos de la invención.

40 Gracias a la observación de la evolución de los productos de las reacciones de hidratación, se establece que no se hallan más rastros después de 28 días de C<sub>3</sub>S ni de C<sub>2</sub>S. Esto demuestra que el cemento y la cal fueron consumidos totalmente, lo que es un índice muy positivo en lo que concierne al impacto en el medio ambiente del aglutinante según la invención.



Reivindicaciones

- 5 1. Aglutinante para redes viales, **caracterizado porque** comprende cristal triturado, metacaolín, cemento y cal, la cantidad ponderal total de cristal triturado y metacaolín está comprendida entre 70% y 90%, con respecto al aglutinante seco.
2. Aglutinante para redes viales según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la cantidad ponderal total de cristal triturado y metacaolín está comprendida entre 75% y 80%, con respecto al aglutinante seco.
- 10 3. Aglutinante para redes viales según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la cantidad ponderal de cristal triturado V y la cantidad ponderal de metacaolín MK están en una relación V/MK que va de 20/80 a 60/40.
- 15 4. Aglutinante para redes viales según la reivindicación precedente, **caracterizado porque** la cantidad ponderal de cristal triturado V y la cantidad ponderal de metacaolín MK están en una relación V/MK que va de 45/55 a 55/45, y de preferencia de 50/50.
- 20 5. Aglutinante para redes viales según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la cantidad ponderal de cemento Ci y la cantidad ponderal de cal Ch están en una relación Ci/Ch que va de 1/2 a 2/1.
- 25 6. Aglutinante para redes viales según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** comprende, en cantidad ponderal en el aglutinante seco:
  - de 10% a 45% de cristal triturado,
  - de 25% a 70% de metacaolín,
  - de 1 % a 20% de cemento, y
  - de 1 % a 20% de cal.
- 30 7. Aglutinante para redes viales según la reivindicación precedente, **caracterizado porque** comprende, en cantidad ponderal en el aglutinante seco :
  - de 30% a 40% de cristal triturado, de preferencia 38%,
  - de 30% a 50% de metacaolín, de preferencia 38%,
  - de 5% a 10% de cemento, de preferencia 8%, y
  - de 10% a 20% de cal, de preferencia 16%.
- 35 8. Aglutinante para redes viales según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el metacaolín contiene de 60% a 70% de sílice SiO<sub>2</sub>, y de 25% a 40% de óxido de aluminio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- 40 9. Aglutinante para redes viales según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el cristal triturado es un cristal silicato sodo-cálcico.
- 45 10. Aglutinante para redes viales según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el cristal triturado es escogido entre los cristales de carácter hidrófobo o los cristales de carácter hidrófilo.
- 50 11. Mortero destinado a una aplicación en la red vial, **caracterizado porque** está constituido por arena y agua y se mezcla con un aglutinante según una de las reivindicaciones precedentes.
12. Mortero según la reivindicación precedente, **caracterizado porque** la relación de los volúmenes agua / aglutinante está comprendida entre 0,5 y 1,5.
13. Mortero según la reivindicación 11 o 12, **caracterizado porque** la arena es arena sílice o arena calcárea.
14. Aplicación de un mortero según una de las reivindicaciones 11 a 13 en el tratamiento de los terrenos y calzadas.

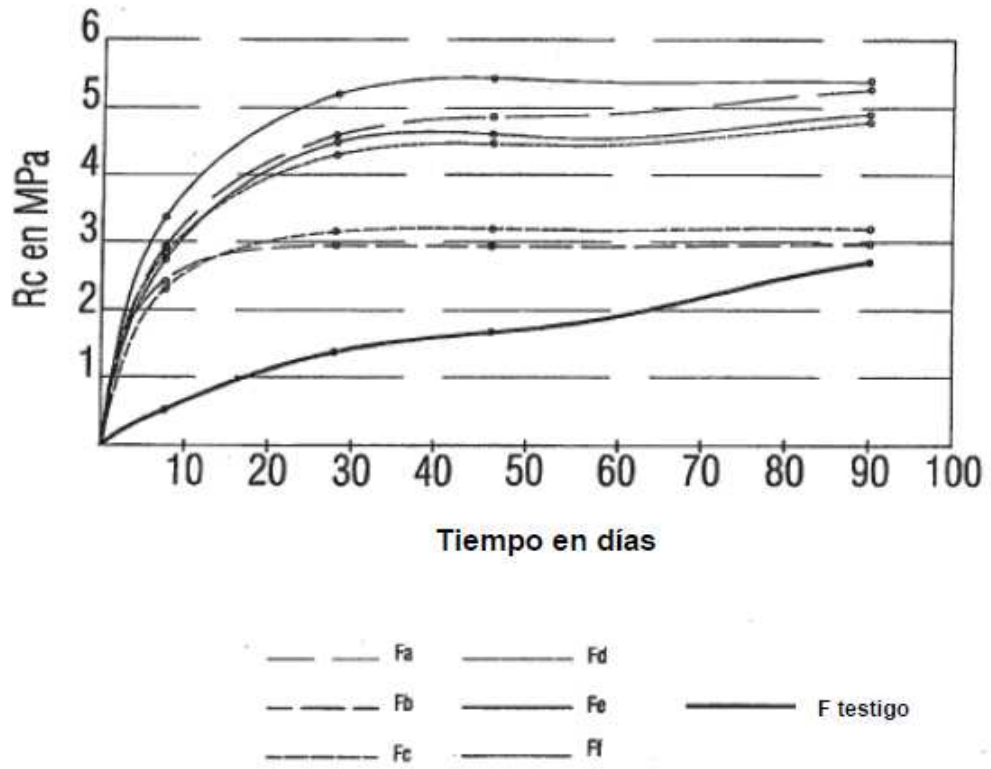
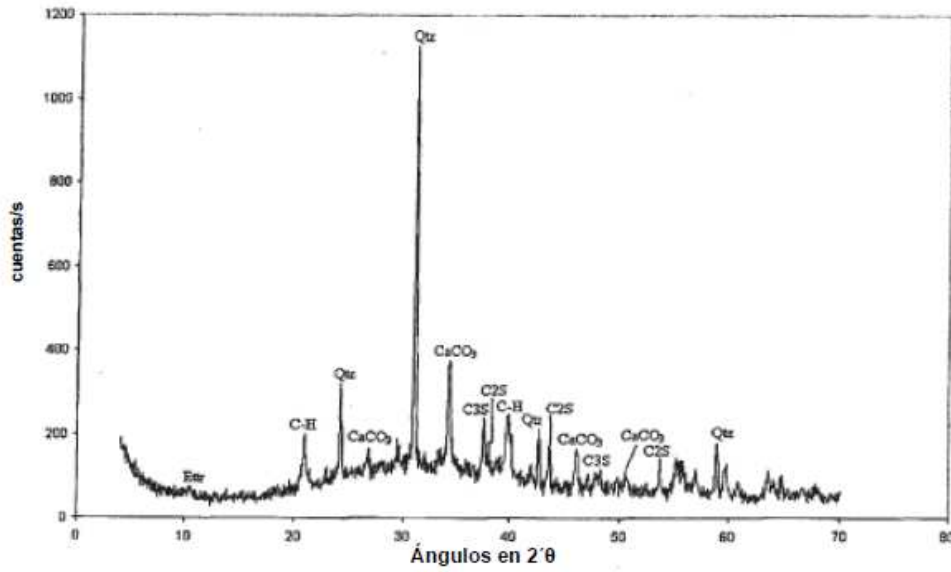
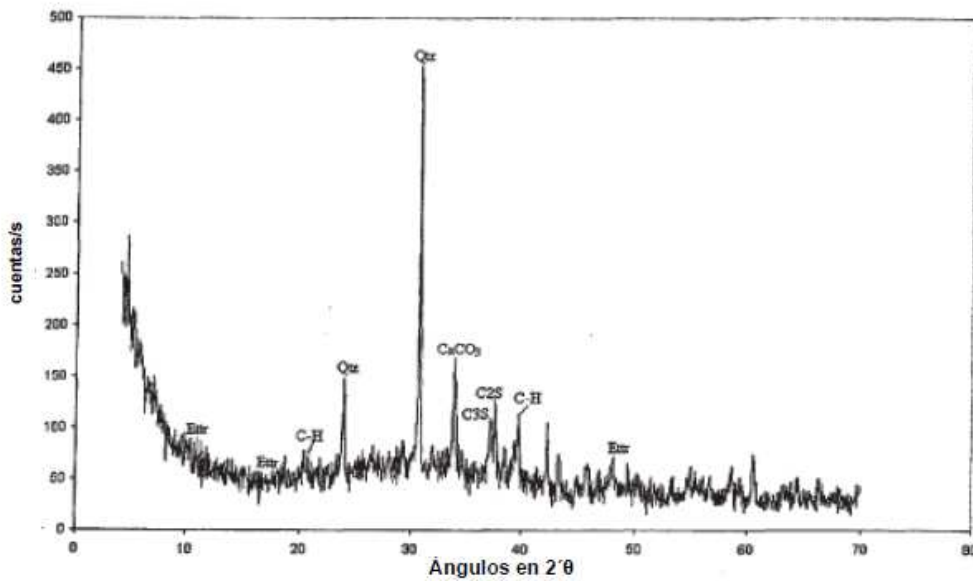


Figura 1



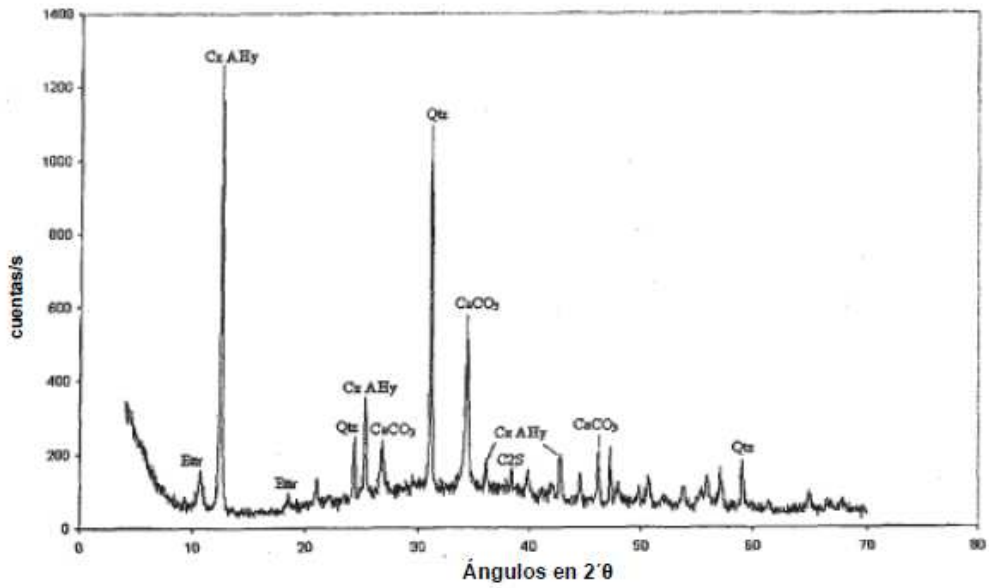
Difractograma de rayos X de la pasta de formulación Fa, tres horas después del amasado

Figura 2



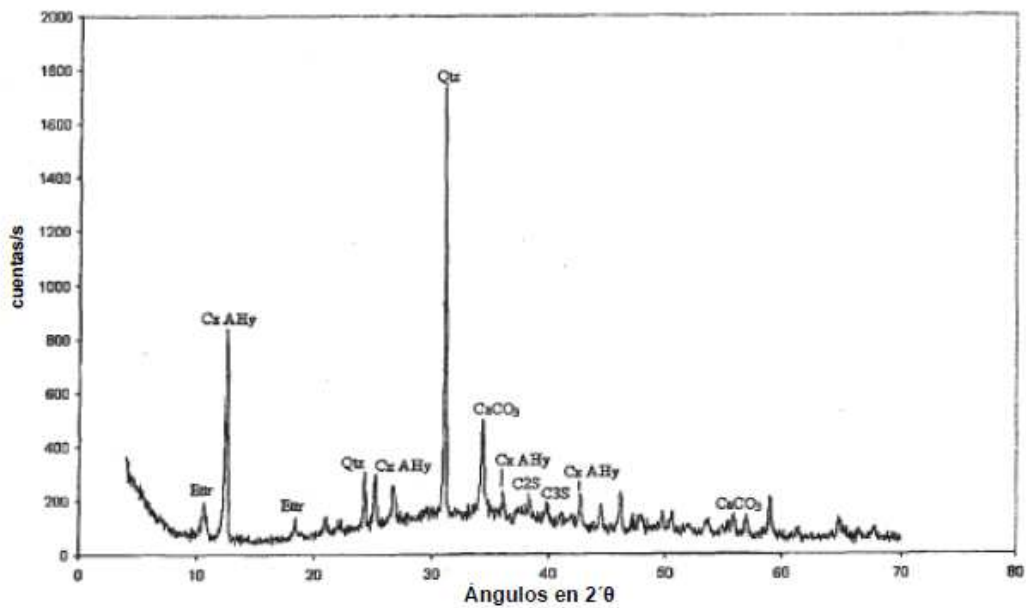
Difractograma de rayos X de la pasta de formulación Fd, tres horas después del amasado

Figura 3



Difractograma de rayos X de la pasta de formulación Fa, siete días después del amasado

Figura 4



Difractograma de rayos X de la pasta de formulación Fd, siete días después del amasado

Figura 5

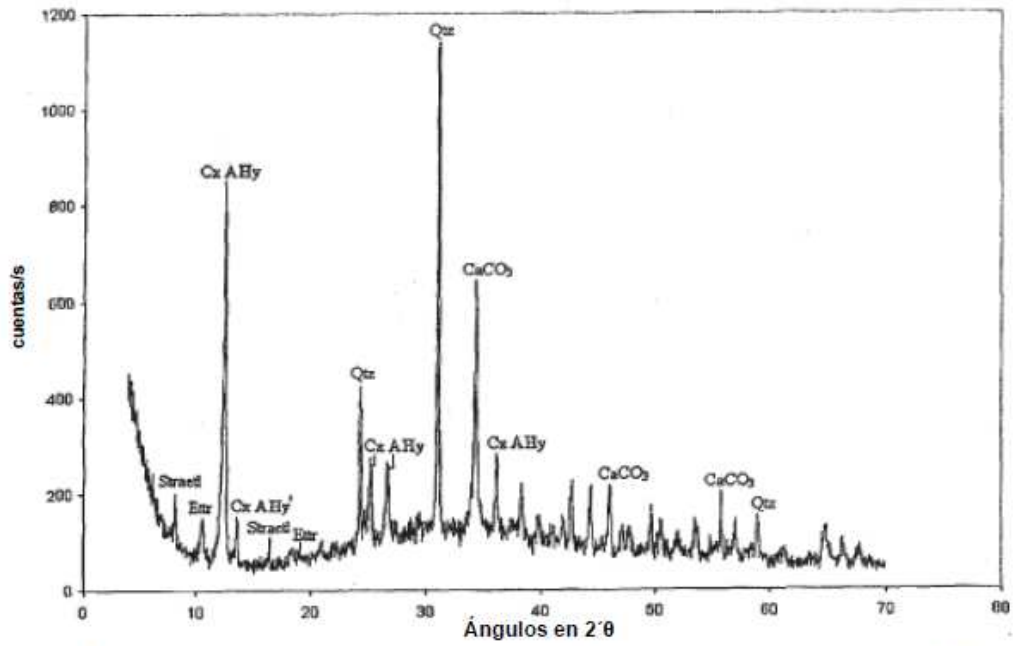


Figura 6

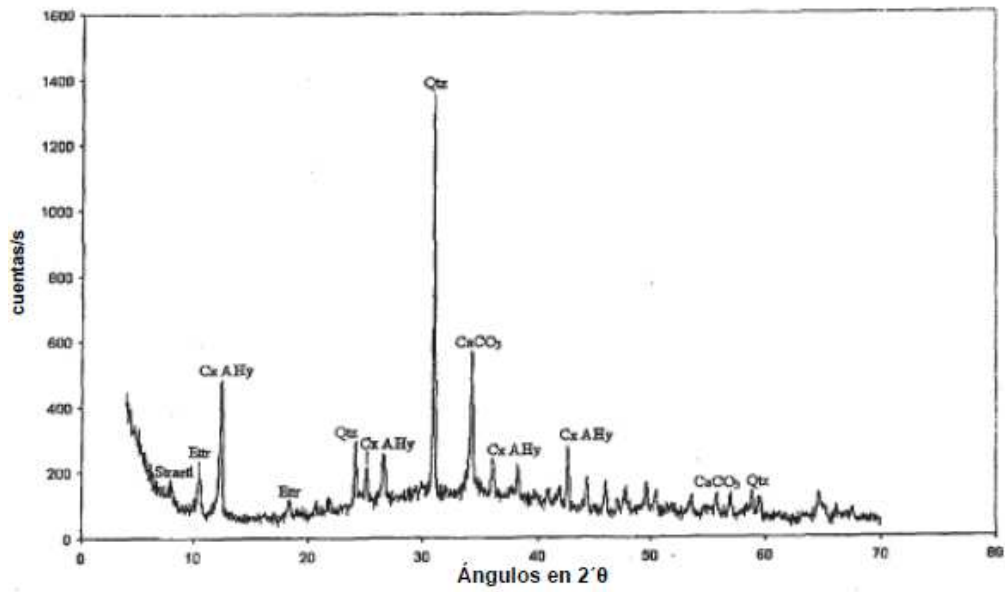


Figura 7