



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 361 680**

② Número de solicitud: 200931128

⑤ Int. Cl.:
C09K 17/00 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **09.12.2009**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **21.06.2011**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
21.06.2011

⑰ Solicitante/s: **SACYR, S.A.U.**
Pº de la Castellana, 83-85
28046 Madrid, ES
GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS DE
ANDALUCÍA, S.A. y
Gestión Energética de la Provincia de Jaén, S.A.
(AGENER)

⑱ Inventor/es: **Azañón Hernández, José Miguel;**
Corpas Iglesias, Francisco Antonio;
Salazar Martín, Luis Miguel;
Mochón López, Ignacio;
Ramírez Rodríguez, Antonio Ángel;
Pérez López, María Hortensia y
Rivas Martínez, Fernando

⑳ Agente: **Carpintero López, Mario**

㉑ Título: **Procedimiento de estabilización de suelos para la ejecución de infraestructuras lineales.**

㉒ Resumen:

Procedimiento de estabilización de suelos para la ejecución de infraestructuras lineales.

La invención se refiere a la estabilización de suelos de mala calidad para la formación de terraplenes de infraestructuras lineales, mediante la estabilización con ceniza de biomasa y cal mezcladas con el suelo que se desea tratar. En la presente invención, se ha encontrado que las cenizas de biomasa reaccionan con el total de la masa del terreno margoso, ya que reaccionan tanto con las arcillas por tener cal libre, como con la caliza, logrando una estabilización del terrero más eficiente, duradera en el tiempo y más respetuosa con el medio ambiente.

ES 2 361 680 A1

ES 2 361 680 A1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de estabilización de suelos para la ejecución de infraestructuras lineales.

5 Objeto de la invención

La presente invención se refiere en general a la estabilización de suelos calificados como marginales o inadecuados según el PG3, Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes.

10 Más concretamente la invención consiste en la estabilización de suelos de mala calidad para la formación de terraplenes de infraestructuras lineales, mediante la estabilización con agentes alternativos a los tradicionalmente empleados como la cal y/o el cemento.

Antecedentes de la invención

15 Según el artículo 330 del PG-3 Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Obras de Carreteras y Puentes del Ministerio de fomento (orden FOM/1382/2002 del 16/05/2002, desde el punto de vista de sus características intrínsecas los materiales se clasificarán en los tipos siguientes: suelos seleccionados, suelos adecuados, suelos tolerables, suelos marginales y suelos inadecuados.

20 En ingeniería civil se denomina terraplén a la tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.

25 Según el PG3, los suelos que se pueden utilizar en un terraplén pueden ser seleccionados, adecuados y tolerables.

El anteriormente referido pliego PG3 descarta los suelos inadecuados y los marginales para la formación de terraplenes, pero establece que los suelos marginales bajo determinadas circunstancias y estudios adicionales se podrían utilizar para tal finalidad.

30 Concretamente según dicha norma, se considerarán suelos marginales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados ni adecuados ni tampoco como suelos tolerables, por el incumplimiento de alguna de las condiciones indicadas para estos, cumplan las siguientes condiciones:

- 35 - Contenido en materia orgánica inferior al cinco por ciento ($MO < 5\%$).
- Hinchamiento en ensayo de expansión inferior al cinco por ciento (5%).
- Si el límite líquido es superior a noventa ($LL > 90$) el Índice de plasticidad será inferior al setenta y tres por ciento del valor que resulta de restar veinte al límite líquido ($IP < 0,73 (LL-20)$).

40 Un ejemplo de suelos marginales son las margas de la provincia de Jaén. Las margas son un tipo de roca sedimentaria resultante de la diagénesis de sedimentos con diferentes proporciones de carbonato cálcico (entre el 35 y el 65%) y arcilla.

45 Convencionalmente se emplean como agentes estabilizadores para la mejora de propiedades de suelos calificados como marginales según el PG3, cal y/o cemento. La estabilización con cal es un procedimiento muy antiguo, empleado por ejemplo en la construcción de la Gran Muralla China o en las calzadas del Imperio Romano. Su uso moderno se remonta unos 50 años cuando el Texas Highway Department llevó a cabo sus primeros ensayos y tramos de prueba, desde entonces ha sido utilizada en carreteras y se encuentra normalizada en España con vistas a su empleo en explanadas, siendo citada también en la norma francesa (SETRA-LCPC) y del Reino Unido (BSI-1924).

55 Según se establece en el PG-3, se definen como cales para estabilización de suelos aquellos conglomerantes constituidos principalmente por óxidos o hidróxidos de calcio [CaO , $Ca(OH)_2$] con o sin óxidos o hidróxidos de magnesio [MgO , $Mg(OH)_2$] y cantidades menores de óxidos de silicio (SiO_2), hierro (Fe_2O_3) y aluminio (Al_2O_3), obtenidos por calcinación de materiales calizos y que tienen la propiedad de endurecerse únicamente al aire, después del amasado con agua, por la acción del anhídrido carbónico.

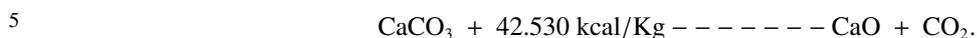
Básicamente el empleo de la cal permite:

- 60 - Mejorar su trabajabilidad y facilitar la puesta en obra, especialmente cuando el suelo tiene un exceso de humedad.
- Reducir su plasticidad y sus eventuales características expansivas.
- 65 - Aumentar su capacidad portante, (CBR).

Mediante la estabilización con cal, un suelo arcilloso calificable como marginal, puede convertirse en tolerable o adecuado, permitiendo su utilización en cualquier zona del terraplén.

ES 2 361 680 A1

Sin embargo, la estabilización con cal es cara y la fabricación de la cal implica la emisión de grandes cantidades de CO₂ y un elevado consumo energético. Para producir 1 Tm de cal se emiten a la atmósfera 224 m³ de CO₂ por la descomposición del carbonato cálcico en cal y CO₂, según la siguiente reacción:



Es decir, se necesitan unos 200 kg de carbón para producir esta reacción, la cual se realiza a una temperatura cercana a los 900°C.

10 La quema de este carbón produce, además una emisión a la atmósfera de unos 600 m³ de CO₂ por tonelada de cal producida.

15 Además, existen indicios de que los tratamientos con cal en margas húmedas o sometidas a frecuentes ciclos de humectación-desección pueden fracasar a medio y largo plazo. Las causas de este deterioro de las propiedades mecánicas de los suelos margosos estabilizados con cal, pueden ser debidas a factores puramente mecánicos o a factores físico-químicos.

20 Otro problema asociado a la composición mineralógica (arcillas + carbonatos) de las margas es que la parte de carbonato se diluye en contacto con aguas ligeramente ácidas. Por lo general, las margas son atacadas fuertemente por el agua de lluvia acidulada por la hidratación del ácido carbónico, que a su vez ataca al carbonato cálcico. A este fenómeno se le denomina lixiviación.

25 Por lo tanto la estabilización de las margas con cal es una solución económica y medioambientalmente muy cuestionable.

Se ha detectado por lo tanto la necesidad de buscar métodos alternativos de estabilización de suelos marginales e inadecuados, tales como suelos arcillosos o margas, que sean respetuosos con el medio ambiente, económicamente viables y técnicamente eficaces.

30

Descripción de la invención

35 La presente invención resuelve de forma satisfactoria la problemática anteriormente planteada, proporcionando un procedimiento de estabilización de suelos marginales que emplea agentes estabilizadores alternativos que logran reducir muy significativamente el uso de cal para la estabilización.

40 La presente invención se basa en el descubrimiento sorprendente de que la ceniza de biomasa, es decir las cenizas obtenidas en plantas térmicas como resultado de la combustión de biomasa como combustible, se comportan como un excelente agente estabilizador para procesos de estabilización de suelos.

Actualmente las cenizas de biomasa son consideradas residuos no peligrosos que o bien se emplean para la fabricación de fertilizantes por su alto contenido en Na y K, o bien se envían a vertedero lo cual supone un problema medioambiental.

45 Como se ha explicado anteriormente, la cal reacciona únicamente con la arcilla presente en las margas, no reaccionando en absoluto con el carbonato cálcico CaCO₃ presente al 35%-65%.

50 En la presente invención, se ha encontrado que las cenizas de biomasa reaccionan con todos los componentes de la marga. Las cenizas de biomasa reaccionan con las arcillas debido al intercambio de cationes que se producen al subir el pH por encima de 10 por efecto de la adición de cal, lo que da lugar a que las estructuras mineralógicas de las arcillas presentes en las margas se desestabilicen y se produzcan un intercambio de cationes entre la cal y dichas arcillas en el corto plazo, y a reacciones puzolánicas en el largo plazo, esto es la formación de silicatos y aluminatos de calcio hidratados similares a los que se producen cuando se hidrata una pasta de cemento con agua. Estas cenizas también reaccionan con la caliza de la marga por la potasa, sosa, óxidos de hierro, sílice y alúmina que entran a formar parte de la composición de las cenizas de biomasa.

55 Además, las cenizas de biomasa presentan un bajo contenido en azufre, lo que impide la formación de fases expansivas en el suelo estabilizado, como es el caso de la ettringita y la taumasita, por lo que se resuelve de este modo los problemas a largo plazo que presentaría la estabilización con cal de encontrarse azufre en la composición.

60

Por lo tanto, la presente invención permite minimizar el empleo de la cal como agente estabilizador, ya que la cal se sustituye en gran parte por un compuesto respetuoso con el medioambiente como es la ceniza de biomasa, permitiendo tratar suelos marginales e inadecuados, para mejora de las propiedades de materiales que presentan problemas de expansividad-colaabilidad utilizados en terraplenes.

65

Algunas de las ventajas del empleo de las cenizas de biomasa para la estabilización de suelos, son las siguientes:

- disminución en las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

ES 2 361 680 A1

- supone cerrar el ciclo medioambiental de la biomasa, y permite construir infraestructuras lineales responsables con el medioambiente.
- evita el transporte a vertedero de materiales que actualmente son considerados residuos, (cenizas e biomasa).
- permite que la estabilización de suelo sea duradera a largo plazo.
- permite la reutilización de materiales que actualmente no se pueden usar en el terraplén de autovías o ferrocarriles, como por ejemplo las margas de la provincia de Jaén, mediante la mejora de sus propiedades sin tener que utilizar ni cal ni cemento, productos de un alto valor económico y cuya producción supone la emisión a la atmósfera de importantes cantidades de CO₂ a la atmósfera.

Realización preferente de la invención

El procedimiento de estabilización de suelos para la ejecución de infraestructuras lineales objeto de la invención, comprende aplicar ceniza de biomasa y cal sobre el suelo que se desea tratar, y mezclar posteriormente dicha ceniza y cal con el suelo.

En una realización preferente de la invención para la estabilización de margas, se ha encontrado que la mezcla con el suelo de cal aproximadamente al 1% en peso y con ceniza de biomasa entre el 2 y el 4% en peso, produce un efecto sinérgico que consigue mejorar las propiedades de las margas utilizadas como referencia haciendo que pasen de ser suelos marginales a tolerables o adecuados de acuerdo a la clasificación del PG3 y, por tanto, aprovechables en cualquier parte del terraplén de una obra.

Estos porcentajes de cal aproximadamente al 1%, y de ceniza de biomasa entre el 2 y el 4%, son porcentajes respecto al peso del material del suelo a tratar, es decir, que se aplicarla aproximadamente 1 Kg de cal y entre 2 y 4 Kg de ceniza de biomasa, por cada 100 Kg de material a estabilizar y compactado. La aplicación de la ceniza y la cal se realiza sobre el suelo extendido en capas de 15 a 40 cm sin compactar por alguna de las técnicas ya conocidas.

Una vez mezclada la ceniza y cal con el suelo, ya sea con rodillo pata de cabra, grada de discos, rotabator, estabilizadora o alguna otra máquina de las validadas por la experiencia, se compactará el suelo hasta el porcentaje de densidad que exija el PG3 o el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra que con las margas de la provincia de Jaén ha resultado ser un valor de densidad próximo a 1,7 Tm/m³.

Como se puede apreciar, la reducción del empleo de cal es muy significativa respecto a los métodos tradicionales, que requieren de un mínimo del 2% sobre el peso del material compactado.

La aplicación de la ceniza de biomasa y la aplicación de la cal se puede realizar en cualquier orden, es decir se puede aplicar primero la cal y después la ceniza, o bien se puede realizar el proceso inverso. Igualmente en determinados casos, es posible mezclar la cal y la ceniza previamente a su aplicación sobre el suelo.

En determinadas aplicaciones como el caso de suelos muy húmedos, es deseable aplicar y mezclar previamente la cal con el suelo y luego extender la ceniza de biomasa y mezclarla con el suelo.

Una vez que ambos compuestos, ceniza y cal, han sido esparcidos sobre el terreno se procede a su mezcla con el suelo mediante la maquinaria adecuada, y finalmente se procede a la compactación del suelo con rodillo.

Las cenizas de biomasa presentan composiciones químicas diferentes a otros tipos de cenizas, pues su composición química depende de la biomasa utilizada en los procesos de combustión (orujo, resto de madera, bagazo, etc.), además del tipo de horno, continuidad en su funcionamiento, sistema de captación, velocidad de enfriamiento, etc.

La principal diferencia radica en su composición química, ya que las cenizas de biomasa están formadas por sílice (SiO₂), alúmina (Al₂O₃), cal (CaO), óxidos de hierro (Fe₂O₃), magnesia (MgO), álcalis (Na₂O + K₂O).

Las cenizas presentan un aspecto y un color que depende del tipo de biomasa utilizada, siendo gris y aspecto de polvo fino para las cenizas procedentes de la combustión de restos de madera. Cuando las cenizas proceden de la quema de orujo, éstas presentan una granulometría más gruesa y un color claro.

Como se ha mencionado anteriormente, la cal como agente estabilizador presenta la problemática de que reacciona únicamente con la arcilla presente en las margas, pero no reacciona en absoluto con la caliza de ésta.

Esta problemática se soluciona con el procedimiento de la invención, debido al empleo de ceniza de biomasa lo cual tiene el efecto de que esta ceniza reacciona químicamente tanto con la arcilla como con el CaCO₃.

Con la adición de cenizas de biomasa, se logra por un lado aportar cal y los óxidos que se necesitan para subir el pH por encima de 10 para que se produzca la movilización de iones, y por otro aportar la sílice y la alúmina necesarias para que se produzcan las reacciones puzolánicas que cementen la mezcla. Con todo ello, se logra formar estructuras más estables y resistentes.

ES 2 361 680 A1

Concretamente se han registrado los siguientes datos:

- los valores de CBR, suben de 2,4, (marga sin agente estabilizador) a valores por encima de 10 al 95% del Próctor Modificado tras 7 días de inmersión en agua.

5

- hinchamientos libres en edómetro pasan de 7,8 a valores por debajo de 3 a la humedad y densidad de compactación de puesta en obra.

10

- el índice de plasticidad pasa de valores cercanos a 40 a menos de 10.

- el pH se mantiene por encima 11 después de 28 días de estabilización.

15

Alternativamente se podría emplear también cemento, en lugar de cal, como agente activador de las reacciones de estabilización de los materiales margosos, pues las propiedades son muy similares a la cal en lo que a propiedades estabilizadoras se refiere.

20

La estabilización de suelos con estos residuos no requiere el desarrollo de ningún tipo de maquinaria específica empleándose, en principio la misma que la que se usa actualmente para la aplicación de cal o cemento.

La invención ha sido descrita según algunas realizaciones preferentes de la misma, pero para el experto en la materia resultará evidente que múltiples variaciones pueden ser introducidas en dichas realizaciones preferentes sin exceder el objeto de la invención reivindicada.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 361 680 A1

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento de estabilización de suelos para infraestructuras lineales, **caracterizado** porque comprende aplicar ceniza de biomasa y cal sobre el suelo que se desea tratar, y mezclar posteriormente dicha ceniza y cal con el suelo.

10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la proporción de ceniza de biomasa está aproximadamente entre el 2 y el 4% en peso del suelo a tratar, y porque la proporción de cal es aproximadamente del 1% en peso del suelo a tratar.

15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque comprende esparcir en primer lugar una capa de cal sobre el suelo, y posteriormente esparcir una capa de ceniza de biomasa sobre dicha capa de cal.

20 4. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque comprende esparcir en primer lugar una capa de ceniza de biomasa sobre el suelo, y posteriormente esparcir una capa cal de sobre dicha capa de ceniza.

25 5. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque comprende mezclar previamente la ceniza de biomasa y la cal en proporciones adecuadas, y esparcir sobre el suelo dicha mezcla.

30 6. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque comprende mezclar previamente la cal con el suelo y posteriormente extender la ceniza de biomasa y mezclarla con el suelo.

35 7. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque comprende mezclar previamente la ceniza con el suelo y posteriormente extender la cal y mezclarla con el suelo.

40 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque la ceniza de biomasa procede de la combustión de un material seleccionado entre: alpeorujo, madera, bagazo.

45

50

55

60

65



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②¹ N.º solicitud: 200931128

②² Fecha de presentación de la solicitud: 09.12.2009

③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤¹ Int. Cl.: **C09K17/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2007070706 A2 (TERRAFUSION INC.) 21.06.2007, todo el documento.	1-8
A	DE 10023189 A1 (ABFALLWIRTSCHAFT & UMWEL) 11.10.2001, figuras & resumen de la base de datos WPI; Recuperado de EPOQUE AN 2001-603513.	1-8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

Fecha de realización del informe
24.05.2011

Examinador
V. Anguiano Mañero

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C09K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 24.05.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-8	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-8	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2007070706 A2 (TERRAFUSION INC.)	21.06.2007
D02	DE 10023189 A1 (ABFALLWIRTSCHAFT & UMWEL)	11.10.2001

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La solicitud de patente cumple con los requisitos de novedad, actividad inventiva y aplicación industrial establecidos en la ley 11/1986 de patentes.

La primera reivindicación describe un procedimiento de estabilización de suelos para infraestructuras lineales que se caracteriza porque comprende aplicar ceniza de biomasa y cal sobre el suelo y mezclar posteriormente. Para definir y acotar el término biomasa, que según el Diccionario de la Real Academia Española, tiene dos acepciones:

1. Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.
2. Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

Es decir, el término ceniza indicado como biomasa en el estado de la técnica se considerará como tal a la hora de evaluar los criterios de patentabilidad.

El documento de patente DE 10023189 A1 describe una mejora en la compresibilidad de suelos con biomasa de ceniza, mientras que el WO 2007070706 A1 describe un procedimiento para estabilizar suelos que utiliza mezcla de biomasa de planta con microorganismos, incluyendo dicho procedimiento las fases de mezclar el suelo, agua y composición enzimática de micro-organismos; formación de la estructura que se seleccione y por último compactación de la misma, diferenciándose en la mezcla en sí, al no mencionar el componente cal.

El resto de reivindicaciones, al ser dependientes de la primera, cumplen con los requisitos de novedad, actividad inventiva y aplicación industrial indicados en los artículos 6,8 y 9 de la ley de patentes.