

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 986 186**

51 Int. Cl.:

<b>C09D 5/03</b>	(2006.01) <b>E04C 2/06</b>	(2006.01)
<b>C09D 5/08</b>	(2006.01) <b>E04C 5/01</b>	(2006.01)
<b>C09D 5/28</b>	(2006.01) <b>E04C 5/07</b>	(2006.01)
<b>C09D 127/18</b>	(2006.01) <b>B29B 7/00</b>	(2006.01)
<b>C09D 163/00</b>	(2006.01) <b>C09D 7/40</b>	(2008.01)
<b>C08J 3/12</b>	(2006.01)	
<b>C08J 3/20</b>	(2006.01)	
<b>B29B 9/08</b>	(2006.01)	
<b>B05D 5/02</b>	(2006.01)	
<b>B05D 7/14</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.05.2016 PCT/US2016/030432**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2016 WO16179102**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2016 E 16789897 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2024 EP 3289021**

54 Título: **Recubrimiento texturizado de alto rendimiento**

30 Prioridad:

**01.05.2015 US 201562155911 P**

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

**08.11.2024**

73 Titular/es:

**SWIMC LLC (100.0%)  
101 West Prospect Avenue  
Cleveland, Ohio 44115, US**

72 Inventor/es:

**SOWINS, JONATHAN;  
ROGOZINSKI, JEFFREY, D.;  
BRONK, JOHN, M.;  
KIRKWOOD, KEITH, M. y  
POLANCE, ROBERT, G.**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 986 186 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

Recubrimiento texturizado de alto rendimiento

- 5 La presente invención proporciona un artículo recubierto que comprende un elemento de inserción estructural y un recubrimiento obtenido curando al menos una composición de revestimiento en polvo aplicada sobre el mismo, en donde el artículo recubierto tiene una superficie texturizada; y métodos para el recubrimiento.

10 **Antecedentes de la invención**

- 10 Los materiales agregados como el hormigón, por ejemplo, se utilizan habitualmente en diversas estructuras y componentes civiles y arquitectónicos porque estos materiales son baratos y resistentes a la corrosión y a las fuerzas de compresión. Sin embargo, muchos materiales agregados no tienen buenas propiedades de resistencia a la tracción y fallarán cuando se sometan a cargas de tracción significativas o fuerzas de sacudida lateral. Por lo tanto, es común reforzar los materiales agregados mediante la inclusión o incorporación de elementos de inserción estructurales rígidos en el material agregado.

- 15 El hormigón armado es un material agregado que incluye elementos estructurales insertados (normalmente hechos de acero y comúnmente llamados "barras de refuerzo") y hormigón. El hormigón armado funciona con mayor eficacia cuando el acero está correctamente adherido al hormigón.

- 20 Para el hormigón armado de alto rendimiento utilizado en ambientes corrosivos, es habitual recubrir las barras de refuerzo con una composición de revestimiento que proporcione resistencia a la corrosión. Sin embargo, dichas barras de refuerzo recubiertas a menudo adolecen de una baja fuerza de adhesión (es decir, una mala unión al hormigón).  
 25 Cuando la corrosión no es un problema importante, se pueden utilizar barras de refuerzo negras o sin recubrimiento para reforzar el hormigón. Este tipo de barra de refuerzo normalmente puede soportar cargas de tracción sustanciales, pero tiende a fallar cuando se somete a fuerzas laterales significativas, como las fuerzas que resultan de un terremoto, por ejemplo.

- 30 Los intentos de mejorar la fuerza de adhesión de los materiales agregados reforzados como el hormigón incluyen limpiar con chorro de arena el elemento de inserción antes de incrustar el elemento de inserción estructural en el hormigón. El proceso de granallado elimina las impurezas de la superficie, incluido el óxido y otros contaminantes, y puede aumentar ligeramente la fuerza de adhesión. Los elementos de inserción estructural también se pueden sumergir en agua durante varios días como tratamiento previo para mejorar la fuerza de unión y la resistencia a la  
 35 corrosión mediante la creación de una capa superficial a la que se pueda adherir el hormigón. Sin embargo, a largo plazo, incluso los elementos estructurales insertados pretratados tienden a desprenderse del hormigón armado.

- 40 Un método alternativo para abordar la baja resistencia de adhesión del hormigón armado es aumentar el número o el tamaño de los elementos estructurales insertados para una cantidad determinada de hormigón. Esto es típico, por ejemplo, en las esquinas de los edificios y en los tableros de puentes. Sin embargo, aumentar el número de elementos de inserción estructurales produce la congestión del hormigón, donde el hormigón está mal compactado o no penetra en absoluto. Esto conduce a un diseño deficiente del hormigón, una mala colocación del hormigón y un aumento significativo en el coste del hormigón armado sin resolver el problema de la baja fuerza de adhesión.

- 45 Por consiguiente, existe la necesidad de elementos de inserción estructurales que puedan soportar fuerzas de tracción o fuerzas laterales significativas durante la actividad sísmica y que puedan usarse en cantidad óptima para evitar la congestión del hormigón. En la presente descripción se describen elementos de inserción estructurales recubiertos, composiciones de revestimiento y métodos para fabricarlos.

- 50 El documento EP 0 482 608 A1 describe una composición de polisulfuro de fenileno para recubrimiento en polvo que comprende (a) un polvo de resina de polisulfuro de fenileno y (b) sílice hidrófoba, añadiéndose la sílice hidrófoba a dicho polvo de resina en forma de partículas ultrafinas, habiéndose sometido las partículas ultrafinas a un tratamiento hidrófobo superficial.

- 55 El documento JP 2007 291356 A describe un recubrimiento en polvo de resina epoxi para un motor, que puede formar una película aislante que tiene una excelente tasa de cobertura de bordes y suavidad de superficie.

- 60 El documento US-2009/022980 A1 describe un material de barra de refuerzo recubierto con una película anticorrosión de alta adherencia que permite aumentar la fuerza de adhesión al hormigón, que comprende formar dos capas de películas anticorrosión sobre una superficie de un material de barra de refuerzo mediante pulverización de un material de recubrimiento en polvo epoxi.

- 65 El documento JP 2002 194297 A describe el uso de una composición de revestimiento en polvo que comprende un componente de recubrimiento en polvo, un agente de curado, un pigmento y partículas cristalinas de politetrafluoroetileno, para formar una película de recubrimiento con patrón texturizado sobre un material previamente recubierto.

El documento CN 101 353 544 A describe un recubrimiento en polvo epoxi de sinterización resistente y un método de preparación del mismo.

5 **Breve descripción de las figuras**

La Figura 1 es una comparación fotográfica de una barra de prueba metálica con un recubrimiento texturizado aplicado sobre la misma y extraída del hormigón, y una barra de prueba con una superficie lisa extraída del hormigón.

10 La Figura 2 es una comparación de imágenes microscópicas de una barra de prueba metálica con un recubrimiento texturizado aplicado sobre la misma y extraído del hormigón, y una barra de prueba con una superficie lisa.

La Figura 3 es una comparación fotográfica de recubrimientos texturizados realizados por diferentes métodos.

15 **Resumen**

La presente invención proporciona un artículo recubierto como se define en la reivindicación 1, incluyendo dicho artículo recubierto un elemento de inserción estructural y al menos una composición de revestimiento en polvo aplicada sobre el mismo. El recubrimiento en polvo incluye un componente de resina aglutinante y un aglomerado que incluye un aditivo texturizante y al menos una carga funcionalizada. El artículo recubierto tiene una superficie texturizada.

20 En una realización del artículo recubierto, la composición de revestimiento en polvo aplicada sobre el elemento de inserción estructural comprende

25 de 40 a 70 por ciento en peso de un aglutinante con funcionalidad epoxi, de 0,5 a 5 por ciento en peso del aditivo texturizante y de 0,5 a 20 por ciento en peso de la al menos una carga funcionalizada. El recubrimiento texturizado, cuando se aplica a una barra de prueba como se describe en la presente descripción, demuestra un aumento en la resistencia a la extracción de al menos aproximadamente un 10 % con respecto a una barra de prueba sin recubrir.

30 Además, la presente invención proporciona un método para recubrir un elemento de inserción estructural, que comprende proporcionar un elemento de inserción estructural, calentar el elemento de inserción estructural a una temperatura de 150 °C a 300 °C, aplicar una composición de revestimiento en polvo al elemento de inserción calentado y curar la composición de revestimiento en polvo aplicada, como se define en la reivindicación 3.

35 Además, la presente invención proporciona un método para recubrir un artículo que comprende proporcionar un sustrato, calentar el sustrato a una temperatura de 150 °C a 300 °C, aplicar una primera composición de revestimiento al sustrato y aplicar un recubrimiento texturizado sobre la primera composición de revestimiento, en donde el recubrimiento texturizado es una composición de revestimiento en polvo como se define en la reivindicación 4.

40 La presente invención proporciona también el uso de un artículo, en donde el elemento de inserción estructural está hecho de un primer material y se incorpora a un segundo material para reforzar el segundo material, como se define en la reivindicación 9.

45 Los detalles de una o más realizaciones de la invención se establecen en la siguiente descripción. A partir de la descripción y de las reivindicaciones, serán evidentes otras características, objetos y ventajas de la invención.

**Definiciones seleccionadas**

50 Salvo que se indique lo contrario, los siguientes términos, tal como se usan en la presente descripción, tienen los significados que se proporcionan a continuación.

El término “sobre”, cuando se usa en el contexto de un recubrimiento aplicado sobre una superficie o sustrato, incluye recubrimientos aplicados tanto directa como indirectamente a la superficie o sustrato. Por lo tanto, por ejemplo, un recubrimiento aplicado a una capa de imprimación que reviste un sustrato constituye un recubrimiento aplicado sobre el sustrato.

A menos que se indique lo contrario, el término “polímero” incluye tanto homopolímeros como copolímeros (es decir, polímeros de dos o más monómeros diferentes).

60 El término “comprende” y variaciones del mismo no tienen un significado limitativo cuando estos términos aparecen en la descripción y en las reivindicaciones.

65 Los términos “preferido/a” y “preferiblemente” se refieren a realizaciones de la invención que pueden proporcionar ciertos beneficios, en determinadas circunstancias. Sin embargo, también pueden preferirse otras realizaciones, en las mismas u otras circunstancias. Además, la mención de una o más realizaciones preferidas no implica que otras realizaciones no sean útiles y no se pretende excluir otras realizaciones del alcance de la invención.

Como se usa en la presente descripción, “un”, “uno”, “el”, “al menos uno”, y “uno o más” se usan indistintamente. Por lo tanto, por ejemplo, una composición de recubrimiento que comprende “un” aditivo puede interpretarse que significa que la composición de recubrimiento incluye “uno o más” aditivos.

También en la presente descripción, las menciones de intervalos numéricos mediante puntos de extremo incluyen todos los números incluidos dentro de ese intervalo (por ejemplo, de 1 a 5 incluye 1, 1,5, 2, 2,75, 3, 3,80, 4, 5, etc.). Además, la descripción de un intervalo incluye la descripción de todos los subintervalos incluidos dentro del intervalo más amplio (por ejemplo, de 1 a 5 describe de 1 a 4, de 1,5 a 4,5, de 1 a 2, etc.).

### Descripción detallada

La presente invención proporciona un artículo recubierto que comprende un elemento de inserción estructural, como se define en la reivindicación 1. La expresión “elemento de inserción estructural” como se usa en la presente descripción se refiere a un primer material usado para reforzar un segundo material en el que se incorpora, inserta o incrusta el primer material. El elemento de inserción estructural puede tener varias formas o configuraciones y puede seleccionarse entre barra de refuerzo, clavija, fibra, malla, placa y combinaciones de los mismos. El elemento de inserción estructural puede estar hecho de varios materiales diferentes incluyendo, sin limitación, metal (por ejemplo, acero), vidrio, materiales poliméricos, materiales cerámicos y mezclas o combinaciones de los mismos. El segundo material es típica y preferiblemente un material agregado tal como hormigón, asfalto, tierra y similares.

En algunas realizaciones, el elemento de inserción estructural descrito en el presente documento es preferiblemente un artículo metálico, más preferiblemente un artículo de acero. En un aspecto, el artículo de acero es acero reforzado. Como se usa en la presente descripción, el término “acero reforzado” se refiere al acero incrustado, insertado o incluido en un material agregado u otro material para proporcionar resistencia a la tracción. Por ejemplo, frecuentemente se utiliza el hormigón en materiales de construcción porque es económico, resistente a la corrosión y resistente a la compresión. Sin embargo, el hormigón no puede resistir fuerzas de tracción elevadas y debe reforzarse para resistir dichas fuerzas de tracción. Los elementos o barras de refuerzo de acero que se utilizan para reforzar el hormigón se denominan comúnmente barras de refuerzo. Para obtener una resistencia a la tracción óptima del material compuesto, es beneficioso que la barra de refuerzo de acero y el hormigón estén adecuadamente unidos. Las barras de refuerzo normalmente tienen una forma o configuración para maximizar la adhesión entre la superficie de la barra de refuerzo y el hormigón. Por ejemplo, una barra de refuerzo estándar en la industria es una barra de acero sin recubrimiento con un diseño helicoidal estriado o de “cuerda retorcida” que ayuda a que la barra de refuerzo resista mecánicamente el desprendimiento del hormigón cuando se aplica una carga de tracción.

El artículo recubierto de la presente invención comprende un elemento de inserción estructural recubierto. El elemento de inserción estructural incluye un sustrato con una composición de revestimiento aplicada al mismo, de modo que el elemento recubierto tiene preferiblemente una superficie que demuestra una resistencia de adhesión superior comparada con la de un elemento de inserción estructural liso. Sin limitarse a una teoría se cree que, en determinadas realizaciones, el elemento recubierto que se describe en la presente descripción tiene una superficie que mejora la interacción micromecánica entre la barra de refuerzo de acero y el hormigón de manera que aumenta la fuerza de adhesión. Esto proporciona al hormigón armado una mayor resistencia a la tracción. En determinadas realizaciones, el elemento recubierto puede tener una superficie que mejora la adhesión química entre la barra de acero y el hormigón de manera que aumenta la fuerza de adhesión. Preferiblemente, la superficie del elemento recubierto demuestra una adhesión micromecánica y química óptima al hormigón.

El elemento de inserción estructural recubierto tiene una superficie texturada o texturizada. Como se usa en la presente descripción, el término “texturado” o “texturizado” se refiere a un recubrimiento caracterizado por un grado mínimo de rugosidad superficial. La rugosidad superficial del recubrimiento se determina perfilando la superficie utilizando un microscopio óptico, y se expresa como Sz, parámetro que representa la distancia (en micrómetros;  $\mu\text{m}$ ) entre el punto más alto de la superficie y el punto más bajo de la superficie. Un recubrimiento liso o un sustrato con una superficie lisa tendría un valor Sz cercano a cero, tal como, por ejemplo, menos de 30  $\mu\text{m}$ , menos de 20  $\mu\text{m}$  o menos de 10  $\mu\text{m}$ .

Sin limitarse a una teoría, se cree que una superficie texturizada es beneficiosa porque puede alterar la interacción micromecánica entre el elemento de inserción estructural recubierto y el material agregado donde se coloca el elemento de una manera que mejora significativamente la adhesión del elemento recubierto y el material agregado. Por ejemplo, en el contexto de las barras de refuerzo de acero utilizadas para reforzar el hormigón, la interfase entre las barras de refuerzo y el hormigón puede verse afectada por el estado de la superficie de las barras de refuerzo. Una barra de refuerzo con una superficie lisa puede proporcionar una interfase suave de modo que el acero y el hormigón se mantengan unidos solamente mediante fuerzas de atracción débiles en la interfase, y la barra de refuerzo podría extraerse o desprenderse fácilmente del hormigón. Sin embargo, una barra de refuerzo con una superficie texturizada o rugosa puede proporcionar un fuerte entrelazamiento micromecánico entre el acero y el hormigón, de modo que la barra de refuerzo no se salga fácilmente del hormigón. Por lo tanto, podría esperarse que el uso de una barra de refuerzo texturizada mejorara significativamente la adhesión entre la barra de refuerzo y el hormigón y, por lo tanto, proporcionara una mayor resistencia a la tracción.

Por consiguiente, el artículo recubierto descrito en la presente descripción es un elemento de inserción estructural con una superficie texturada o texturizada que tiene una rugosidad superficial (Sz) de al menos aproximadamente 150 µm, preferiblemente al menos aproximadamente 200 µm, más preferiblemente al menos aproximadamente 300 µm. En un aspecto, la rugosidad superficial del recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción es preferiblemente al menos dos veces, más preferiblemente al menos tres veces, incluso más preferiblemente al menos cuatro veces mayor que la rugosidad superficial de un recubrimiento liso o sin textura.

Un recubrimiento texturizado como se describe en la presente descripción se puede obtener de varias formas diferentes. Por ejemplo, se puede obtener una superficie texturizada controlando la tensión superficial de la composición en polvo o usando aditivos que sean incompatibles o insolubles en la composición en polvo. La composición en polvo descrita en la presente descripción incluye texturizantes o aditivos texturizantes, que son agentes que producen un flujo bajo o son insolubles, o de otro modo incompatibles, en el componente aglutinante de la composición en polvo. Los aditivos texturizantes se seleccionan entre politetrafluoroetileno (PTFE), fluoruro de polivinilidina (PVDF), sulfuro de polifenileno (PPS), polietileno de peso molecular ultraalto (UHMWPE), perfluoroalcoxiciano (PFA); tetrafluoroetileno perfluoropropileno (FEP), poliéter éter cetona (PEEK), polietileno de alta densidad (HDPE), cloruro de polivinilo (PVC), fluoruro de polivinilideno (PVDF), fibras de para-aramida (KEVLAR) y mezclas o combinaciones de los mismos. Se prefiere especialmente el PTFE.

Los aditivos pueden ser también composiciones líquidas añadidas directamente a la composición de revestimiento o líquidos adsorbidos sobre un vehículo sólido.

Cuando se utiliza un aditivo texturizante, el grado de textura del artículo recubierto puede verse influenciado por el tamaño de partícula (D50) del aditivo texturizante. En un aspecto, para producir un artículo recubierto texturizado con la rugosidad superficial deseada, el aditivo texturizante tiene un tamaño de partícula de aproximadamente 1 a 300 µm, preferiblemente de 10 a 100 µm, más preferiblemente de 25 a 75 µm, incluso más preferiblemente de 20 a 50 µm, según se determina antes de la inclusión o incorporación en una composición de revestimiento.

En una realización, el al menos un aditivo texturizante está presente en una cantidad de aproximadamente 0,1 a 10 % en peso, más preferiblemente 0,5 a 5 % en peso, incluso más preferiblemente 1 a 3 % en peso, basado en el peso total de la composición de revestimiento.

La rugosidad de la superficie del recubrimiento texturizado se puede aumentar mediante la inclusión de al menos un aditivo adicional. La composición de revestimiento descrita en la presente descripción incluye al menos un aditivo para modificar la reología (flujo y nivelación) de la composición de revestimiento. El aditivo es una carga funcionalizada, en donde la carga funcionalizada es un material silanizado seleccionado entre arcilla, mica, talco, wollastonita y mezclas o combinaciones de los mismos. En un aspecto preferido, la carga funcionalizada es un material de wollastonita silanizada.

En una realización, la al menos una carga funcionalizada está presente en una cantidad de aproximadamente 0,5 a 20 % en peso, preferiblemente de 1 a 15 % en peso, más preferiblemente de 2 a 10 % en peso, basado en el peso total de la composición de revestimiento.

El uso de solamente un aditivo texturizante o solamente de una carga funcionalizada como aditivo puede actuar, cada uno independientemente, para aumentar el grado de textura o rugosidad superficial del elemento de inserción estructural y proporcionar así una mayor adhesión al hormigón. Sin embargo, en la presente invención, la composición descrita en la presente descripción incluye al menos un aditivo texturizante y al menos una carga funcionalizada de modo que los dos puedan comportarse de manera complementaria para aumentar la adhesión entre la barra de refuerzo de acero y el hormigón en un grado mayor que una composición que contiene solamente una carga o solamente un aditivo texturizante.

Sin limitarse a una teoría, se cree que el aditivo texturizante, preferiblemente PTFE, se combina con la carga funcionalizada, preferiblemente wollastonita silanizada, para producir una partícula de aglomerado. Este aglomerado incluye partículas de wollastonita y PTFE, y puede incluir además partículas del componente de resina aglutinante y otros componentes de la composición. En determinadas realizaciones, el aglomerado tiene un tamaño de partícula total suficiente para producir una rugosidad superficial (Sz) de preferiblemente al menos aproximadamente 150 µm. La partícula de aglomerado puede tener un tamaño de partícula promedio preferiblemente de más de 100 µm, más preferiblemente de más de 150 µm e incluso más preferiblemente de más de 200 µm.

La invención utiliza una composición de revestimiento en polvo que incluye tanto un aditivo texturizante como una carga funcionalizada para aumentar el grado de textura o rugosidad superficial del elemento de inserción estructural y de ese modo proporcionar una mayor adhesión al hormigón. En un aspecto, para proporcionar el grado deseado de adhesión mejorada, las partículas del aditivo texturizante y la carga, o las partículas del aglomerado formado por el aditivo texturizante y la carga, están preferiblemente incrustadas al menos parcialmente en el recubrimiento de manera que las partículas formen parte del recubrimiento y no estén simplemente presentes en la superficie del recubrimiento como una capa texturizada superficial. Sin limitarse a una teoría, se cree que una capa texturizada superficial no proporcionaría la integridad del recubrimiento y, además, las partículas de la capa texturizada superficial se perderían

durante las pruebas, la fabricación o el uso. En una realización alternativa, las partículas de aditivo texturizante, carga y/o un aglomerado formado a partir de los mismos pueden encapsularse al menos parcialmente en la composición de revestimiento, convirtiéndose así en una parte integrante del recubrimiento en lugar de estar simplemente dispuestas físicamente en la superficie.

Se puede obtener una superficie texturizada formando un recubrimiento discontinuo sobre la superficie de un elemento de inserción estructural. Por ejemplo, en una realización, se puede formar un recubrimiento discontinuo incluyendo un material tal como una sal, por ejemplo, en la composición de revestimiento que desaparecerá o se disolverá durante la aplicación o el curado (o en un proceso posterior a la aplicación), dejando atrás un película con huecos o agujeros. En otra realización, se puede formar un recubrimiento discontinuo incrustando material grueso o arenilla (por ejemplo, arena, sílice y similares) en el recubrimiento, por ejemplo, después de que el recubrimiento se haya aplicado a la superficie de un elemento de inserción estructural. Esto produce una capa de material grueso sobre la superficie de un recubrimiento que de otro modo sería liso. En otra realización más, se puede formar una película discontinua enmascarando partes del elemento de inserción estructural antes de aplicar un recubrimiento, aplicando el recubrimiento al elemento enmascarado y luego retirando la máscara del elemento recubierto. Esto produce una película que no cubre completamente la superficie del elemento de inserción.

Se pueden utilizar diversos métodos para producir un recubrimiento texturizado. Sin embargo, independientemente del método utilizado para producir el recubrimiento texturizado, el recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción demuestra preferiblemente una rugosidad superficial óptima así como propiedades mecánicas óptimas que incluyen una cohesión óptima y una adhesión óptima del recubrimiento a la superficie del elemento de inserción estructural. Por ejemplo, un recubrimiento puede demostrar una rugosidad superficial significativa, pero si el recubrimiento se deslaminada del elemento de inserción o falla cohesivamente, no es un recubrimiento texturizado ideal como se describe en la presente descripción. Por consiguiente, en una realización, el recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción tiene una rugosidad superficial óptima y propiedades mecánicas óptimas.

El recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción demuestra una adhesión micromecánica y química óptima al hormigón. Por consiguiente, en una realización, el recubrimiento texturizado incluye un promotor de la adhesión. Un promotor de la adhesión eficaz tiene afinidad tanto por el sustrato como por cualquier recubrimiento aplicado sobre el sustrato, o cualquier material en el que esté incrustado o insertado el sustrato. Con respecto al hormigón armado, un promotor de la adhesión eficaz aumentará la adhesión del elemento de inserción estructural al hormigón, pero también promoverá la adhesión del recubrimiento texturizado al elemento de inserción estructural.

Los promotores de la adhesión adecuados incluyen, por ejemplo, silanos, siliconas, metales catalíticos y similares. De estos, se prefieren los promotores de la adhesión o agentes de acoplamiento de silano. Sin limitarse a una teoría, se cree que los promotores de la adhesión de silano funcionan mediante la formación de silanol durante la hidrólisis. Los grupos silanol pueden reaccionar con el sustrato, así como con cualquier otro material que entre en contacto con el sustrato. Los ejemplos de promotores de la adhesión de silano adecuados incluyen, sin limitación, alcoxisilanos (por ejemplo, metoxisilano, etoxisilano, etc.), halosilanos (por ejemplo, clorosilano), silanos impedidos (por ejemplo, silano modificado con diisopropilo, silano modificado con aminopropilo, etc.), silanos insaturados (por ejemplo, vinilsilanos), y combinaciones y mezclas de los mismos.

En una realización, el al menos un promotor de la adhesión está presente en una cantidad de aproximadamente 0,5 a 10 % en peso, preferiblemente 1 a 5 % en peso, más preferiblemente 2 a 3 % en peso, basado en el peso total de la composición.

La presente invención proporciona un artículo recubierto que comprende un elemento de inserción estructural con una composición de revestimiento aplicada sobre el mismo. El recubrimiento puede ser cualquier tipo de recubrimiento orgánico o híbrido, y cualquier tipo de composición de revestimiento líquida, composición de revestimiento en polvo o combinaciones de las mismas. La composición de revestimiento incluye generalmente una resina formadora de película o un componente de resina aglutinante y, opcionalmente, un agente de curado o reticulación para la resina. El componente de la resina aglutinante puede seleccionarse de cualquier resina o combinación de resinas que proporcione las propiedades de película deseadas. Los ejemplos adecuados de aglutinantes poliméricos incluyen materiales termoestables y/o termoplásticos, y pueden fabricarse con epoxi, poliéster, poliuretano, poliamida, acrílico, policloruro de vinilo, nailon, fluoropolímero, silicona, otras resinas o combinaciones de los mismos. Se prefieren especialmente epoxis, poliésteres y acrílicos. En la presente invención, al menos una composición de revestimiento en polvo que incluye un componente de resina aglutinante, un aditivo texturizante y al menos una carga funcionalizada, como se define en las reivindicaciones, respectivamente, se aplica al sustrato o elemento de inserción estructural.

El aglutinante polimérico incluye al menos una composición de resina epoxi o poliepóxido. Los poliepóxidos adecuados incluyen preferiblemente al menos dos grupos 1,2-epóxido por molécula. En un aspecto, el peso equivalente de epoxi es preferiblemente de aproximadamente 100 a aproximadamente 4000, más preferiblemente de aproximadamente 500 a 1000, basado en el contenido total de sólidos del poliepóxido. Los poliepóxidos pueden ser alifáticos, alicíclicos, aromáticos o heterocíclicos. En un aspecto, los poliepóxidos pueden incluir sustituyentes tales como, por ejemplo, halógeno, grupo hidroxilo, grupos éter y similares.

Las composiciones de resina epoxi o poliepóxidos adecuados usados en la composición y el método descritos en la presente descripción incluyen, sin limitación, éteres epoxi formados por reacción de una epihalohidrina, tal como epiclorhidrina, por ejemplo, con un polifenol, típica y preferiblemente en presencia de un álcali. Los polifenoles adecuados incluyen, por ejemplo, catecol, hidroquinona, resorcinol, bis(4-hidroxifenil)-2,2-propano (bisfenol A), bis(4-hidroxifenil)-1,1-isobutano, bis(4-hidroxifenil)-1,1-etano, bis (2-hidroxifenil)-metano, 4,4-dihidroxibenzofenona, 1,5-hidroxinaftaleno y similares. Se prefieren el bisfenol A y el diglicidil éter del bisfenol A.

Las composiciones de resina epoxi o poliepóxidos adecuados pueden incluir también éteres poliglicidílicos de alcoholes polihídricos. Estos compuestos pueden derivarse de alcoholes polihídricos tales como, por ejemplo, etilenglicol, propilenglicol, butilenglicol, 1,6-hexilenglicol, neopentilglicol, dietilenglicol, glicerol, trimetilolpropano, pentaeritritol y similares. Otros epóxidos o poliepóxidos adecuados incluyen ésteres poliglicidílicos de ácidos policarboxílicos formados por reacción de epihalohidrina u otras composiciones epoxi con ácido policarboxílico alifático o aromático tales como, por ejemplo, ácido succínico, ácido adípico, ácido azelaico, ácido sebácico, ácido maleico, ácido fumárico, ácido ftálico, ácido tetrahidroftálico, ácido hexahidroftálico, ácido trimelítico y similares. En un aspecto, también se pueden hacer reaccionar ácidos grasos insaturados dimerizados y ácidos policarboxílicos poliméricos para producir poliglicidil ésteres de ácidos policarboxílicos.

En una realización, las composiciones de resina epoxi o poliepóxidos descritos en la presente descripción se derivan de la oxidación de un compuesto alicíclico etilénicamente insaturado. Los compuestos alicíclicos etilénicamente insaturados se pueden epoxidar mediante reacción con oxígeno, ácido perbenzoico, monooperacetato de ácido-aldehído, ácido peracético y similares. Los expertos en la técnica conocen los poliepóxidos producidos mediante dicha reacción e incluyen, sin limitación, éteres y ésteres epoxi alicíclicos.

En una realización, las composiciones de resina epoxi o poliepóxidos descritos en la presente descripción incluyen resinas epoxi novolac, obtenidas por reacción de epihalohidrina con el producto de condensación de aldehído y fenoles monohídricos o polihídricos. Los ejemplos incluyen, sin limitación, el producto de reacción de epiclorhidrina con producto de condensación de formaldehído y diversos fenoles, tales como, por ejemplo, fenol, cresol, xilenol, butilmetilfenol, fenilfenol, bifenol, naftol, bisfenol A, bisfenol F y similares.

Según la invención, la composición de revestimiento aplicada sobre el elemento de inserción estructural es una composición de revestimiento en polvo. Generalmente se prefieren los materiales termoendurecibles para su uso como aglutinantes poliméricos en aplicaciones de recubrimiento en polvo. La composición en polvo descrita en la presente descripción es una composición curable que incluye al menos un agente de curado. En una realización, el agente de curado descrito en la presente descripción ayuda a lograr una composición en polvo sólida, flexible y con funcionalidad epoxi. Los agentes de curado adecuados incluyen, por ejemplo, compuestos con funcionalidad epóxido (por ejemplo, isocianurato de triglicidilo), hidroxialquilamidas (por ejemplo, beta-hidroxialquilamida, conocida comercialmente como PRIMID), isocianatos bloqueados o uretdionas, aminas (por ejemplo, diciandiamida), dihidrazidas (por ejemplo, dihidrazida del ácido adípico (ADH), dihidrazida isoftálica (IDH), dihidrazida sebácica (SDH) y similares), resinas fenólicas funcionales, agentes de curado carboxilo funcionales y similares. La reacción de curado puede inducirse térmicamente o mediante exposición a radiación (por ejemplo, UV, UV-vis, luz visible, IR, IR cercano y haz de electrones).

En un aspecto, el agente de curado se selecciona para que sea compatible con la composición de resina epoxi y funcione para curar la composición en polvo a la temperatura utilizada para curar y aplicar la composición en polvo. Por lo tanto, para la composición en polvo descrita en la presente descripción, el agente de curado se selecciona preferiblemente para que tenga un punto de fusión o reblandecimiento dentro del intervalo de la temperatura de aplicación descrito en la presente descripción, es decir, preferiblemente aproximadamente 150 °C a 300 °C, más preferiblemente aproximadamente 220 °C a 260 °C.

Por consiguiente, en una realización preferida, la composición en polvo descrita en la presente descripción es una composición epoxi unida por fusión (FBE). Las composiciones preferidas incluyen una resina epoxi preparada a partir de una mezcla homogénea de poliglicidil éter de un fenol polihídrico, junto con un agente de curado de dihidrazida o diciandiamida. En un aspecto, la composición epoxi unida por fusión está presente en una cantidad de aproximadamente 20 a 90 % en peso, preferiblemente de aproximadamente 30 a 80 % en peso, más preferiblemente de aproximadamente 40 a 70 % en peso y, con máxima preferencia, de aproximadamente 50 a 60 % en peso, basado en el peso total de la composición en polvo.

En algunas realizaciones, el recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción es un recubrimiento líquido, preferiblemente un recubrimiento epoxi líquido. Estos recubrimientos son preferiblemente termoendurecibles y tienen un alto contenido de sólidos. En una realización, el agente de curado descrito en la presente descripción ayuda a lograr una composición en polvo sólida, flexible y con funcionalidad epoxi. La composición líquida descrita en la presente descripción es una composición curable que puede incluir al menos un agente de curado. Los agentes de curado adecuados incluyen, por ejemplo, aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas, poliaminas, amidas, poliamidas y mezclas y combinaciones de los mismos. La reacción de curado puede inducirse térmicamente o mediante exposición a radiación (por ejemplo, UV, UV-vis, luz visible, IR, IR cercano y haz de electrones). En un aspecto preferido, el recubrimiento epoxi es un sistema de dos partes y el curado se produce a temperatura ambiente.

En un aspecto, la composición epoxi líquida está presente en una cantidad de aproximadamente 20 a 90 % en peso, preferiblemente de aproximadamente 30 a 80 % en peso, más preferiblemente de aproximadamente 40 a 70 % en peso y, con máxima preferencia, de aproximadamente 50 a 60 % en peso, basado en el peso total de la composición en polvo.

La composición descrita en la presente descripción puede incluir otros aditivos. Estos otros aditivos pueden mejorar la aplicación del recubrimiento, la fusión y/o el curado de ese recubrimiento, o el rendimiento o aspecto del recubrimiento final. Los ejemplos de aditivos opcionales que pueden ser útiles en la composición incluyen: catalizadores de curado, antioxidantes, estabilizadores del color, aditivos antideslizantes y antimarcas, absorbentes de UV, estabilizadores de luz de aminas impedidas, fotoiniciadores, aditivos de conductividad, aditivos de tribocarga, aditivos anticorrosión, cargas, agentes de textura, aditivos de desgasificación, agentes de control de flujo y aditivos de cobertura de bordes.

En una realización donde la composición descrita en la presente descripción es un recubrimiento en polvo, el aglutinante polimérico se mezcla en seco junto con cualquier aditivo, incluido cualquier aditivo texturizante, cargas funcionalizadas y similares, y luego normalmente se mezcla en estado fundido pasándolo a través de una extrusora. El producto extruido resultante se solidifica mediante enfriamiento y después se muele o se pulveriza para formar un polvo. Alternativamente, los aditivos descritos en la presente descripción pueden combinarse con un pigmento u otra composición para añadirse a la composición en polvo tras la extrusión. Las partículas de aditivo pueden estar presentes en la superficie de la composición en polvo o, como alternativa, las partículas de aditivo pueden mezclarse con la composición en polvo. En un aspecto preferido, el aditivo texturizante y la carga funcionalizada se añaden al aglutinante polimérico antes de la extrusión.

También se pueden usar otros métodos. Por ejemplo, un método alternativo utiliza un aglutinante que es soluble en dióxido de carbono líquido. En ese método, los componentes secos se mezclan en el dióxido de carbono líquido y después se pulverizan para formar las partículas de polvo. Si se desea, los polvos pueden clasificarse o tamizarse para lograr un tamaño de partícula deseado y/o una distribución de tamaños de partícula. En otro método alternativo más, la composición en polvo se puede disolver en un disolvente comúnmente usado en composiciones de revestimiento y luego aplicarse como un recubrimiento líquido.

Opcionalmente, se pueden usar otros aditivos en la presente invención. Como se ha discutido anteriormente, los aditivos se pueden añadir antes de la extrusión y ser parte de la composición de polvo extruido, o se pueden añadir después de la extrusión. Los aditivos adecuados para la adición después de la extrusión incluyen materiales que no funcionarían bien si se añadieran antes de la extrusión; materiales que provocarían un desgaste adicional en los equipos de extrusión u otros aditivos.

Adicionalmente, los aditivos opcionales incluyen materiales que resulta viable añadir durante el procedimiento de extrusión, pero también se pueden añadir más adelante. Los aditivos pueden añadirse solos o en combinación con otros aditivos para proporcionar un efecto deseado sobre el acabado en polvo o la composición en polvo. Estos otros aditivos pueden mejorar la aplicación del polvo, la fusión y/o el curado, o el rendimiento o aspecto finales. Los ejemplos de aditivos opcionales que pueden ser útiles incluyen: pigmentos, catalizadores de curado, antioxidantes, estabilizadores del color, aditivos antideslizantes y antimarcas, absorbentes de UV, estabilizadores de luz de aminas impedidas, fotoiniciadores, aditivos de conductividad, aditivos tribocargantes, aditivos anticorrosión, aditivos desgasificantes, agentes de control de flujo y similares.

En un aspecto, el recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción cuando se aplica al sustrato (es decir, barras de refuerzo) mejora la adhesión entre el sustrato y el medio (es decir, hormigón) en el que se coloca el sustrato. Un método posible para evaluar este grado de adhesión es medir la resistencia a la extracción de la barra de refuerzo. Como se usa en la presente descripción, el término "resistencia a la extracción" se refiere a la cantidad de fuerza necesaria para extraer una barra de refuerzo del hormigón y se correlaciona con la resistencia de adherencia entre un elemento de inserción estructural y el material agregado en el que se incorpora el elemento de inserción. Con referencia al hormigón armado, cuanto mayor sea la resistencia a la extracción, más fuerte será la unión entre la barra de refuerzo y el hormigón. Para las barras de refuerzo de acero, la resistencia a la extracción se mide según los procedimientos proporcionados en la norma ASTM A944-10 ((Standard Test Method for Comparing Bond Strength of Steel Reinforcing Bars to Concrete Using Beam-End Specimens [*Método de prueba estándar para comparar la resistencia de la unión de barras de refuerzo de acero con hormigón usando probetas de extremos de vigas*])). La resistencia a la extracción también se puede determinar utilizando una versión modificada de la norma ASTM A944-10 diseñada para proporcionar una evaluación en laboratorio de la resistencia a la adhesión. Las muestras de prueba de acero se colocan en pequeños recipientes de hormigón premezclado. Tras encapsular y curar el hormigón, las muestras de prueba de acero se someten a una fuerza de tracción y se extraen del hormigón. La tensión máxima medida en esta prueba se correlaciona con la resistencia de adhesión del acero y el hormigón.

Convencionalmente, el hormigón armado utilizado en la construcción utiliza dos tipos de barras de refuerzo. En situaciones donde es probable que el hormigón experimente corrosión (por ejemplo, puentes, carreteras y similares), es habitual recubrir las barras de refuerzo de acero para proporcionar una superficie lisa protectora contra la corrosión

y, de esta manera, aumentar la vida útil del hormigón armado. Sin embargo, el hormigón armado con barras de refuerzo recubiertas lisas muestra una menor resistencia a la tracción y no puede soportar fuerzas de tracción fuertes, como las que se experimentan, por ejemplo, en edificios de gran altura. En estas aplicaciones, donde se requiere una alta resistencia a la tracción o donde no es necesaria la protección contra la corrosión (por ejemplo, en edificios de gran altura y similares), se utilizan barras de refuerzo estándar sin recubrimiento, también conocidas como barras negras. La barra negra normalmente tiene una configuración de cuerda acanalada o retorcida (es decir, helicoidal) para permitir una mayor interacción entre la barra de refuerzo y el hormigón en relación con una barra de refuerzo de acero lisa.

Sorprendentemente, la barra de refuerzo con el recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción demuestra una resistencia a la extracción superior en relación con una barra recubierta lisa, ya que la superficie texturizada aumenta la adhesión entre la barra de refuerzo y el hormigón. También es sorprendente que la barra de refuerzo con el recubrimiento texturizado demuestra una resistencia a la extracción superior en relación con la barra de refuerzo estándar sin recubrimiento o la barra negra. En un aspecto, la barra de refuerzo con el recubrimiento texturizado demuestra una resistencia a la extracción de al menos un 5 % mayor, preferiblemente un 10 % mayor, más preferiblemente un 15 %, con máxima preferencia un 20 % y de manera óptima al menos un 30 % mayor que la barra negra estándar, o una barra lisa.

El recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción se puede aplicar en una sola capa, es decir, directamente sobre la superficie de un sustrato, tal como una barra de refuerzo de acero sin recubrir. Alternativamente, el recubrimiento texturizado se puede aplicar como segundo recubrimiento en polvo sobre un primer recubrimiento ya aplicado a la barra de refuerzo de acero. En una realización, el primer recubrimiento es una composición de revestimiento, preferiblemente un recubrimiento epoxi, más preferiblemente un recubrimiento epoxi liso y resistente a la corrosión. El segundo recubrimiento es una composición de revestimiento en polvo, preferiblemente un recubrimiento epoxi unido por fusión, más preferiblemente un recubrimiento texturizado que proporciona una rugosidad superficial (Sz) de al menos 150 µm. En una realización, cuando se aplican las composiciones de revestimiento primera y segunda, el sustrato se calienta para permitir al menos un curado o gelificación parcial del primer recubrimiento antes de aplicar el segundo. En una realización alternativa, la segunda composición de revestimiento se puede aplicar sobre un primer recubrimiento sustancialmente sin curar o sin gelificar.

El recubrimiento texturizado de una sola capa proporciona una mayor resistencia a la tracción en comparación con las barras de refuerzo estándar sin recubrimiento y es particularmente útil en la construcción y otros usos donde la protección contra la corrosión es menos crítica que una resistencia a la tracción mejorada. Por ejemplo, en zonas geográficas con actividad sísmica significativa, el hormigón armado debe poder soportar fuerzas significativas, y el recubrimiento texturizado de una sola capa proporciona una resistencia superior a dichas fuerzas en comparación con las barras de refuerzo convencionales sin recubrimiento. El recubrimiento texturizado de una sola capa también se puede usar con barras de refuerzo prefabricadas, es decir, barras de refuerzo que se doblan hasta darle la forma deseada en la etapa de fabricación y antes de aplicar cualquier recubrimiento. El recubrimiento texturizado de una sola capa también puede actuar como un recubrimiento resistente a la corrosión.

Aunque el recubrimiento texturizado de una sola capa puede proporcionar protección contra la corrosión, se cree, sin limitarse a una teoría, que una superficie rugosa o texturizada es discontinua y puede incluir poros y/o grietas microscópicas que pueden no estar completamente cubiertas por una composición de revestimiento. Si el agua penetra en estos poros y/o grietas, puede causar corrosión en áreas donde el hormigón armado está expuesto a un ambiente corrosivo.

Por consiguiente, cuando se requiere protección contra la corrosión y mayor resistencia a la tracción, se puede usar un recubrimiento texturizado de doble capa, donde se aplica un primer recubrimiento al sustrato de acero para proporcionar resistencia a la corrosión, seguido de la aplicación de un segundo recubrimiento que le da al sustrato una superficie texturizada. Un recubrimiento de doble capa de este tipo proporciona una mayor resistencia a la tracción debido a la superficie texturizada y resistencia a la corrosión porque el primer recubrimiento tiene una continuidad de película suficiente para resistir la corrosión. Además, el recubrimiento texturizado de doble capa puede tener mayor flexibilidad y, por lo tanto, es útil tanto en barras de refuerzo prefabricadas como en barras de refuerzo postfabricadas, es decir, barras de refuerzo recubiertas que se doblan hasta adoptar la forma deseada tras la etapa de fabricación y después de que se haya aplicado el recubrimiento.

En una realización, el recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción afecta la longitud de incrustación de la barra de refuerzo. Como se usa en la presente descripción, el término "longitud de incrustación" significa la longitud mínima de acero que debe encajarse en el hormigón para proporcionar la resistencia requerida. El recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción mejora la resistencia del hormigón armado al mejorar la interacción entre las barras de refuerzo y el hormigón y, como resultado, se puede reducir la longitud de las barras de refuerzo que deben encajarse en hormigón para proporcionar la misma resistencia. También es posible lograr la misma resistencia a la tracción con barras de refuerzo texturizadas que tengan un diámetro más pequeño que las barras estándar sin recubrimiento.

En una realización, el recubrimiento texturizado descrito en la presente descripción afecta la longitud de empalme de la barra de refuerzo. Convencionalmente, cuando se utilizan barras de refuerzo de acero para reforzar el hormigón, se

superponen dos piezas de barras de refuerzo para crear una línea continua de barras de refuerzo en el hormigón. La longitud de empalme del solapado (es decir, la distancia de solapamiento) depende de una serie de variables, incluido el tamaño y el espaciado de la barra de refuerzo. El revestimiento texturizado descrito en la presente descripción mejora la interacción entre las barras de refuerzo y el hormigón, y también la interacción entre dos piezas de barras de refuerzo. Como resultado, se puede reducir la longitud de empalme de la barra de refuerzo necesaria para proporcionar la misma resistencia.

Por consiguiente, en una realización, la presente descripción proporciona un artículo recubierto, es decir, una barra de refuerzo de acero con una superficie texturizada, donde el recubrimiento texturizado proporciona una resistencia a la extracción mejorada con respecto al estándar sin recubrimiento de al menos un 5 %, preferiblemente un 10 %, más preferiblemente un 15 %, incluso más preferentemente un 20 % y óptimamente al menos un 30 % más de longitud para el mismo diámetro de barra de refuerzo. En otra realización, la presente descripción proporciona un artículo recubierto que demuestra una resistencia a la extracción equivalente a la de un estándar sin recubrimiento al menos un 5 %, preferiblemente un 10 %, más preferiblemente un 15 %, incluso más preferiblemente un 20 % y de manera óptima al menos un 30 % mayor en diámetro para la misma longitud de barra de refuerzo.

Alternativamente, el número de barras de refuerzo (o el diámetro de las barras) necesarias para una determinada cantidad de hormigón armado puede reducirse como resultado del aumento de la resistencia a la tracción proporcionada. Como los costos de las barras de refuerzo son sustancialmente más altos que los costos del hormigón, reducir la cantidad total de barras de refuerzo necesarias representa una reducción significativa de costos para el hormigón armado. Esto también ayudaría a evitar la congestión del hormigón y los elevados costes de construcción que ello conlleva.

La presente invención proporciona métodos para fabricar un artículo recubierto como se define en las reivindicaciones. El método incluye la etapas de proporcionar un sustrato y aplicar una composición de revestimiento sobre el sustrato. La composición de revestimiento puede ser una composición líquida, una composición en polvo, una composición en polvo disuelta en un disolvente y similares. Las composiciones líquidas se pueden aplicar al sustrato mediante diversos medios conocidos en la técnica, incluyendo pulverización, recubrimiento con rodillo, recubrimiento por inmersión, recubrimiento con brocha y similares. En un aspecto, donde se aplica un recubrimiento de doble capa, el recubrimiento de doble capa puede ser un recubrimiento híbrido que incluye composiciones de revestimiento en polvo y de recubrimiento líquido. Por ejemplo, se puede aplicar un primer recubrimiento líquido al elemento de inserción estructural, con un recubrimiento en polvo texturizado aplicado sobre una película seca o curada del recubrimiento líquido.

Un artículo recubierto ilustrativo de la invención es una barra de refuerzo texturizada con un recubrimiento en polvo de una sola capa aplicado sobre la misma. El método incluye las etapas de proporcionar un sustrato y aplicar una composición de revestimiento en polvo sobre el mismo. Primero se calienta el sustrato a una temperatura de 150 °C a 300 °C, preferiblemente de 220 °C a 260 °C y se forma un recubrimiento texturizado sobre el sustrato aplicando la composición de revestimiento en polvo al sustrato. En un aspecto, el sustrato se puede limpiar o tratar para eliminar impurezas de la superficie mediante chorro de arena, por ejemplo antes de calentar y aplicar la composición de revestimiento.

La presente invención también proporciona métodos para fabricar un artículo recubierto con un recubrimiento de doble capa. El método incluye las etapas de proporcionar un sustrato, es decir, una barra de refuerzo de acero. A esto le sigue una etapa de calentamiento del sustrato a una temperatura de 150 °C a 300 °C, preferiblemente de 220 °C a 260 °C. Se forma un primer recubrimiento sobre el sustrato aplicando una primera composición al sustrato para proporcionar resistencia a la corrosión. El primer recubrimiento puede ser un recubrimiento en polvo, un recubrimiento líquido o un recubrimiento híbrido. Se forma un recubrimiento texturizado sobre el primer recubrimiento aplicando una composición de revestimiento en polvo sobre la primera composición. En un aspecto, el recubrimiento texturizado se aplica sobre el primer recubrimiento inmediatamente, es decir, cuando el primer recubrimiento está sustancialmente sin curar. En un aspecto alternativo, el recubrimiento texturizado se aplica sobre el primer recubrimiento después de que se haya curado el primer recubrimiento. En un aspecto, el sustrato se puede limpiar o tratar primero para eliminar las impurezas de la superficie, mediante chorro de arena, por ejemplo, antes de calentar y aplicar la primera composición de revestimiento.

La composición en polvo descrita en la presente descripción se puede aplicar a un sustrato, tal como una barra de acero, por ejemplo, mediante diversos medios, incluido el uso de lechos fluidos y aplicadores de pulverización. Más habitualmente, se usa un procedimiento de pulverización electrostática, en donde las partículas se cargan electrostáticamente y se pulverizan sobre un artículo que se ha conectado a tierra de modo que las partículas de polvo se atraen y se adhieren al artículo. El recubrimiento se cura a continuación, y dicho curado puede producirse mediante calentamiento continuado, calentamiento posterior o calor residual en el sustrato. Por ejemplo, el recubrimiento se puede aplicar a un sustrato calentado de manera que el curado se produzca de manera continua.

Las composiciones y métodos descritos en la presente descripción se pueden usar con una amplia variedad de sustratos. De forma típica y preferida, las composiciones de revestimiento descritas en la presente descripción son composiciones de revestimiento en polvo utilizadas para recubrir sustratos metálicos, incluyendo, sin limitación, metal

sin imprimación, metal limpio o chorreado con arena y metal previamente tratado, incluyendo sustratos chapados y sustratos metálicos tratados ecológicamente. Los tratamientos previos típicos para sustratos metálicos incluyen, por ejemplo, tratamiento con fosfato de hierro, fosfato de cinc y similares. Los sustratos metálicos pueden limpiarse y tratarse previamente usando una variedad de procedimientos convencionales conocidos en la industria. Los ejemplos incluyen, sin limitación, tratamiento con fosfato de hierro, tratamiento con fosfato de cinc, tratamientos con nanocerámica, diversos tratamientos previos a temperatura ambiental, tratamientos previos que contienen circonio, decapado ácido o cualquier otro método conocido en la técnica para producir una superficie limpia libre de contaminantes en un sustrato. Un sustrato metálico preferido es una barra de acero que se ha limpiado mediante chorro de arena antes de aplicar el recubrimiento.

El recubrimiento se puede aplicar a cualquier espesor de película según lo requiera el sustrato particular y su uso. Normalmente, para un recubrimiento de doble capa, el recubrimiento de película final tendrá un espesor de preferiblemente 125 a 700 micrómetros, más preferiblemente de 200 a 575 micrómetros, incluso más preferiblemente de 250 a 425 micrómetros. Cuando el recubrimiento es un recubrimiento de doble capa, el primer recubrimiento tendrá un espesor de 100 a 500 micrómetros, más preferiblemente de 150 a 400 micrómetros, incluso más preferiblemente de 175 a 300 micrómetros, teniendo el segundo recubrimiento un espesor de 25 a 200 micrómetros, más preferiblemente de 50 a 175 micrómetros, incluso más preferiblemente de 75 a 125 micrómetros.

### Ejemplos

La invención se ilustra mediante los siguientes ejemplos. Debe entenderse que los ejemplos, materiales, cantidades y procedimientos concretos deben interpretarse ampliamente según el alcance de la invención como se establece en la presente descripción. Salvo que se indique lo contrario, todas las partes y porcentajes son en peso y todos los pesos moleculares son pesos moleculares promedio en peso. A menos que se especifique lo contrario, todos los productos químicos utilizados están disponibles comercialmente.

#### Métodos de prueba

Salvo que se indique lo contrario, se usaron los siguientes métodos de ensayo en los siguientes ejemplos.

#### Prueba de resistencia a la extracción de barras de refuerzo

Las pruebas de resistencia a la extracción se utilizan para evaluar el grado de interacción entre las barras de refuerzo de acero y el hormigón. La prueba se realiza según la norma ASTM A944-10 (Método de ensayo estándar para comparar la resistencia de adherencia de las barras de acero de refuerzo al hormigón utilizando probetas de extremo de viga). Brevemente, se moldea una barra de prueba en un bloque de hormigón armado y se aplica una carga de tracción a la barra de prueba. Se vigila la distancia de desplazamiento de la barra, junto con las lecturas de carga inicial y máxima.

#### Prueba de resistencia a la extracción de barras/alambres

Las pruebas de resistencia a la extracción también se pueden utilizar como una evaluación a escala de laboratorio o de banco de la interacción entre una barra metálica o alambre de prueba y el hormigón. Para dichas pruebas, se preparan varios lotes de hormigón húmedo a partir de hormigón premezclado (QUIKRETE) y se vierten 250 ml de hormigón en recipientes de plástico individuales. Luego se introducen barras de prueba metálicas recubiertas (0,64 cm x 2,54 cm x 20,32 cm) en cada copa de hormigón hasta una profundidad de aproximadamente 1,9 cm. Tras el encapsulado, se deja curar el hormigón durante tres días y se aplica una carga de tracción de 5 kN a cada barra de prueba mientras se sostiene la superficie superior del hormigón usando un instrumento Instron 3345 y se extraen las barras de prueba del hormigón a una velocidad de 1 mm/min. La tensión máxima observada proporciona una medida de la resistencia a la extracción para cada barra de prueba recubierta.

#### Medición de la rugosidad superficial

El grado de textura se determina midiendo la rugosidad superficial de barras de prueba metálicas recubiertas utilizando un microscopio óptico Keyence. El perfilador óptico del microscopio genera una imagen de la superficie representada como picos y valles. La rugosidad superficial se expresa como Sz, un parámetro que representa la distancia entre el punto más alto de la superficie y el punto más bajo de la superficie.

#### Ejemplo 1. Pruebas de resistencia a la extracción

Se prepararon composiciones en polvo como se muestra en la Tabla 1 y se recubrieron muestras de ensayo con el espesor de película indicado. Las pruebas de resistencia a la extracción se realizaron según la norma ASTM A944-10. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

#### Tabla 1. Resistencia a la extracción

Probeta de ensayo	Nm de extracción	% de extracción en relación con el estándar	Espesor de la película mm	Extracción por mm (KN)	Tamaño de partícula del polvo (µm)
5 Barra de refuerzo sin recubrimiento (control)	1677	--	--	--	--
10 Barra de refuerzo con recubrimiento resistente a la corrosión (barra recubierta)	718,6	42,9	0,28	2566	62-70
Una sola capa (recubrimiento texturizado)	1381	82,4	0,261	5291	30-40
15 Una sola capa (recubrimiento texturizado)	1006	60,0	0,310	3245	60-70
Una sola capa (recubrimiento texturizado)	1831	109,2	0,381	4806	90-100
20 Doble capa (primer recubrimiento resistente a la corrosión + segundo recubrimiento texturizado)	2026	120,8	0,3302	6136	90-100

Ejemplo 2. Efecto de la rugosidad superficial sobre la resistencia a la extracción

Para determinar el efecto de la rugosidad superficial sobre la resistencia a la extracción, se recubrieron barras de prueba de metal con las formulaciones n.º 1 a n.º 4 como se muestra en la Tabla 2. Para cada barra de prueba, se midió la rugosidad superficial utilizando un microscopio óptico. Se tomaron imágenes de la superficie como se muestra en la Figura 2A, que muestra imágenes microscópicas de la superficie de una barra de prueba con un recubrimiento texturizado aplicado sobre la misma. La Figura 2B muestra una imagen microscópica de una superficie sin recubrimiento.

Para las pruebas de resistencia a la extracción, cada barra de prueba se encapsuló en hormigón para la prueba de extracción. Se aplicó una carga de tracción y cada barra de prueba se sacó del hormigón a un ritmo fijo. Se midió la tensión máxima para cada barra y los resultados se presentan en la Tabla 2. Se observa una correlación positiva entre la rugosidad superficial y la tensión máxima.

Tabla 2. Rugosidad superficial y resistencia a la extracción

Muestra n.º	Descripción	Rugosidad superficial (Sz; µm)	Esfuerzo máximo (KPa)
1	Metal desnudo; chorreado (control)	79,5	1584
2	Recubrimiento resistente a la corrosión (liso)	166,9	1485
3	Recubrimiento texturizado (monocapa; barra)	337,3	2340
4	Recubrimiento texturizado (doble capa; recubrimiento texturizado aplicado sobre recubrimiento liso)	339,2	1924

Ejemplo 3. Efecto de la rugosidad superficial sobre la adherencia al hormigón

Para demostrar el efecto de la rugosidad superficial sobre la adhesión de una barra metálica recubierta al hormigón, se aplicaron las formulaciones de recubrimiento en polvo n.º 1 a n.º 4 (como se muestra en la Tabla 2) a barras de prueba metálicas y luego las barras se encapsularon en hormigón. Tras el encapsulado y curado del hormigón, se aplicó una carga de tracción y las barras de prueba se extrajeron del hormigón a una velocidad fija. La Figura 1A representa una barra de prueba recubierta con un recubrimiento texturizado y la Figura 1B representa una barra de prueba con una superficie lisa. El hormigón permanece adherido al recubrimiento texturizado de la barra de prueba, mientras que la barra de prueba con la superficie lisa se desprende limpiamente del hormigón.

Ejemplo 4. Efecto del aditivo texturizante sobre la resistencia a la extracción

Para evaluar el efecto de varios aditivos texturizantes sobre la rugosidad superficial y la correspondiente resistencia a la extracción, se aplicaron las formulaciones de recubrimiento en polvo n.º 5 a n.º 8 a barras de prueba metálicas usando los aditivos texturizantes que se muestran en la Tabla 3. Se midieron los valores de la rugosidad superficial para cada barra de prueba y luego las barras se encapsularon en hormigón. Tras el encapsulado y curado del hormigón, se

aplicó una carga de tracción y las barras de prueba se extrajeron del hormigón a una velocidad fija. Se midió la tensión máxima para cada barra de prueba y los resultados se muestran en la Tabla 3. La formulación que contenía partículas de PTFE mostró una mayor rugosidad superficial y resistencia a la extracción en relación con las formulaciones elaboradas con otros aditivos texturizantes.

5

Tabla 3. Aditivo texturizante y rugosidad superficial

Muestra n.º	Descripción del agente texturizante	Rugosidad superficial (Sz; µm)	Esfuerzo máximo (KPa)
-	Ninguno (control)	26,7	1361
5	PTFE (inventivo)	337,3	2337
6	PPS	161,6	1604
7	Acrílico	90,8	1374
8	Partículas de vidrio	225,7	1623

10

15

Ejemplo 5. Efecto del tixotropo sobre la rugosidad superficial

20

Para determinar el efecto de agentes tixotrópicos específicos y aditivos texturizantes sobre la rugosidad superficial y la correspondiente resistencia a la extracción, se aplicaron formulaciones de recubrimiento en polvo n.º 9 y n.º 10 a barras de prueba metálicas. Cada formulación incluye el mismo aditivo texturizante pero diferentes agentes tixotrópicos como se muestra en la Tabla 4. Se midieron los valores de la rugosidad superficial para cada barra de prueba usando un microscopio óptico. Los resultados son los indicados en la Tabla 4. La combinación de PTFE y el material de carga funcionalizado mostró una mayor rugosidad superficial.

25

Tabla 4. Tixotropos y rugosidad superficial

Descripción del agente texturizante	Rugosidad superficial (Sz; µm)
Ninguno (control)	26,7
PTFE + material de carga funcionalizado (inventivo)	337,3
PTFE + carga de arcilla (comparativo)	145,9

30

35

Ejemplo 6. Efecto de diferentes tipos de textura sobre la rugosidad superficial

40

Para determinar la correlación entre la rugosidad superficial y la textura, se recubrieron barras de prueba metálicas con un recubrimiento epoxi convencional y se introdujo la textura mediante diversos métodos, como se muestra en la Tabla 5. La Figura 3 proporciona una representación visual de los distintos tipos de textura. Como comparación, se utilizó también una barra de prueba recubierta con el recubrimiento estructurado según la invención. Se midió la rugosidad superficial de cada barra de prueba y luego las muestras se encapsularon en hormigón. Tras el encapsulado y curado del hormigón, se aplicó una carga de tracción y las barras de prueba se extrajeron del hormigón a una velocidad fija. Se midió la tensión máxima para cada prueba. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

45

Algunos métodos de texturizado producen una rugosidad superficial significativa pero ningún aumento correspondiente en la adhesión en relación con el control sin recubrimiento. Esto puede deberse a la falla del recubrimiento a nivel cohesivo o porque las partículas no se adhirieron adecuadamente al recubrimiento o no se encapsularon adecuadamente en el recubrimiento. Con respecto a la textura producida por el alambre, la rugosidad se limitó al área relativamente pequeña de la máscara.

50

Tabla 5. Métodos de texturización

55

Muestra n.º	Descripción del método de texturizado	Rugosidad superficial (Sz; µm)	Esfuerzo máximo (KPa)
-	Ninguno (control)	26,7	1622
11	Texturizado (aditivo texturizante)	337,3	2180
12	Texturizado (sal; el recubrimiento tiene huecos o agujeros)	598,0	1899
13	Texturizado (arena; las partículas grandes se adhieren a la superficie tras la aplicación)	181,8	1919

60

65

ES 2 986 186 T3

Muestra n.º	Descripción del método de texturizado	Rugosidad superficial (Sz; µm)	Esfuerzo máximo (KPa)
5 14	Texturizado (alambre; las partes del recubrimiento están enmascaradas)	499,3	1821

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un artículo recubierto que comprende:

5 un elemento de inserción estructural seleccionado entre barra de refuerzo, clavija, fibra, malla, placa y combinaciones de los mismos; y un recubrimiento obtenido curando al menos una composición de revestimiento en polvo aplicada sobre el anterior,

10 en donde la composición de revestimiento en polvo incluye: un componente de resina aglutinante y un agente de curado para la resina, en donde el aglutinante polimérico incluye al menos una composición de resina epoxi; y un aglomerado que comprende

15 un aditivo texturizante seleccionado entre politetrafluoroetileno (PTFE), polifluoruro de vinilidina (PVDF), sulfuro de polifenileno (PPS), polietileno de peso molecular ultraalto (UHMWPE), perfluoroalcoxialcano (PFA); tetrafluoroetileno perfluoropropileno (FEP), poliéter éter cetona (PEEK), polietileno de alta densidad (HDPE), cloruro de polivinilo (PVC), fluoruro de polivinilideno (PVDF), fibras de para-aramida (KEVLAR) y mezclas o combinaciones de los mismos; y al menos una carga funcionalizada, en donde la carga funcionalizada es un material silanizado seleccionado entre arcilla, mica, talco, wollastonita y mezclas o combinaciones de los mismos;

25 en donde el artículo recubierto tiene una superficie texturizada.

2. El artículo recubierto de la reivindicación 1,

30 en donde la composición de revestimiento en polvo aplicada sobre el elemento de inserción estructural comprende:

35 de 40 a 70 % en peso del componente de resina aglutinante; de 0,5 a 5 % en peso del aditivo texturizante; y de 0,5 a 20 % en peso de la carga funcionalizada,

en donde el recubrimiento en polvo, cuando se aplica a una barra de prueba, demuestra un aumento en la resistencia a la extracción de al menos un 10 % con respecto a una barra de prueba sin recubrimiento, según se determina mediante el método de prueba estándar ASTM A944-10.

40 3. Un método para recubrir un elemento de inserción estructural, que comprende:

45 proporcionar un elemento de inserción estructural seleccionado entre barra de refuerzo, clavija, fibra, malla, placa y combinaciones de los mismos; calentar el elemento de inserción estructural a una temperatura de 150 °C a 300 °C; aplicar una composición de revestimiento en polvo al elemento de inserción calentado, en donde la composición de revestimiento en polvo incluye:

50 un componente de resina aglutinante y un agente de curado para la resina, en donde el aglutinante polimérico incluye al menos una composición de resina epoxi; un aditivo texturizante seleccionado entre politetrafluoroetileno (PTFE), polifluoruro de vinilidina (PVDF), sulfuro de polifenileno (PPS), polietileno de peso molecular ultraalto (UHMWPE), perfluoroalcoxialcano (PFA); tetrafluoroetileno perfluoropropileno (FEP), poliéter éter cetona (PEEK), polietileno de alta densidad (HDPE), cloruro de polivinilo (PVC), fluoruro de polivinilideno (PVDF), fibras de para-aramida (KEVLAR) y mezclas o combinaciones de los mismos; y una carga funcionalizada, en donde la carga funcionalizada es un material silanizado seleccionado entre arcilla, mica, talco, wollastonita y mezclas o combinaciones de los mismos; y

60 curar la composición de revestimiento en polvo aplicada.

4. Un método para recubrir un artículo, que comprende:

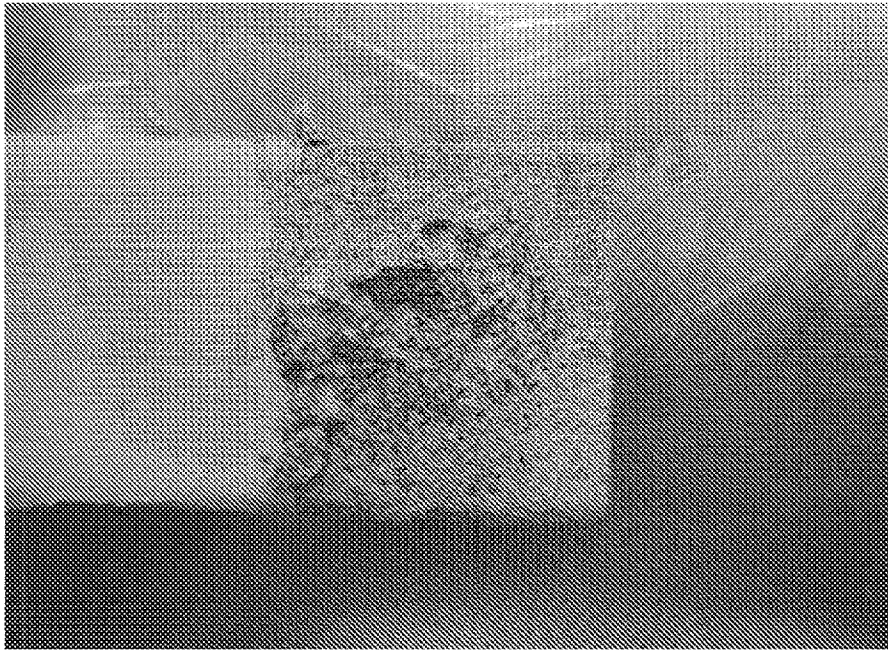
65 proporcionar un sustrato; calentar el sustrato a una temperatura de 150 °C a 300 °C; aplicar una primera composición de revestimiento al sustrato; y

aplicar un recubrimiento texturizado sobre la primera composición de revestimiento, en donde el recubrimiento texturizado es una composición de revestimiento en polvo que incluye:

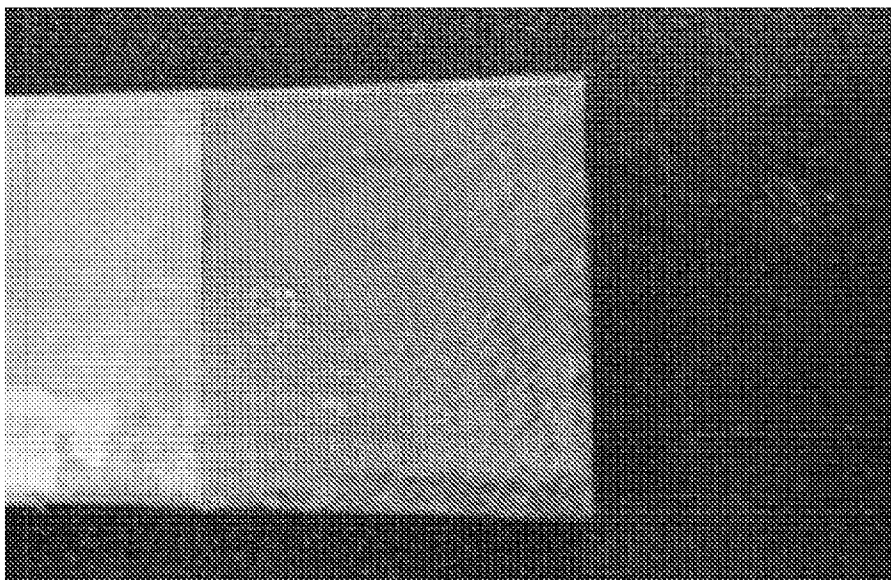
un componente de resina aglutinante y un agente de curado para la resina, en donde el aglutinante polimérico incluye al menos una composición de resina epoxi; un aditivo texturizante seleccionado entre politetrafluoroetileno (PTFE), polifluoruro de vinilidina (PVDF), sulfuro de polifenileno (PPS), polietileno de peso molecular ultraalto (UHMWPE), perfluoroalcoxialcano (PFA); tetrafluoroetileno perfluoropropileno (FEP), poliéter éter cetona (PEEK), polietileno de alta densidad (HDPE), cloruro de polivinilo (PVC), fluoruro de polivinilideno (PVDF), fibras de para-aramida (KEVLAR) y mezclas o combinaciones de los mismos; y al menos una carga funcionalizada, en donde la carga funcionalizada es un material silanizado seleccionado entre arcilla, mica, talco, wollastonita y mezclas o combinaciones de los mismos.

5. El artículo o método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el componente de resina aglutinante es resina epoxi unida por fusión.
6. El artículo o método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento de inserción estructural se selecciona del grupo que consiste en metal, vidrio, materiales poliméricos, cerámica y mezclas o combinaciones de los mismos.
7. El artículo o método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento de inserción estructural es una barra de refuerzo de acero utilizada para reforzar el hormigón.
8. El artículo o método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la carga funcional y el aditivo texturizante se combinan para formar un aglomerado.
9. Uso de un artículo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el elemento de inserción estructural está hecho de un primer material y se incorpora a un segundo material para reforzar el segundo material.
10. El uso de la reivindicación 9, en donde el segundo material es un material agregado seleccionado entre hormigón, cemento, asfalto, tierra y mezclas o combinaciones de los mismos.

**Figura 1/3**

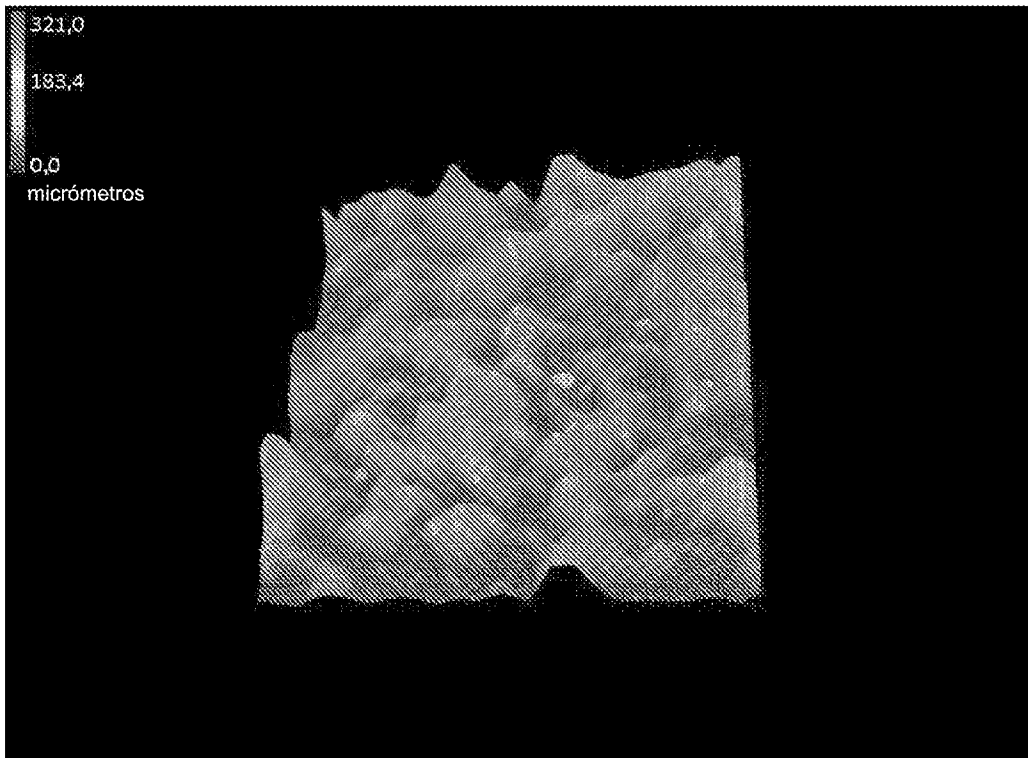


**1A**

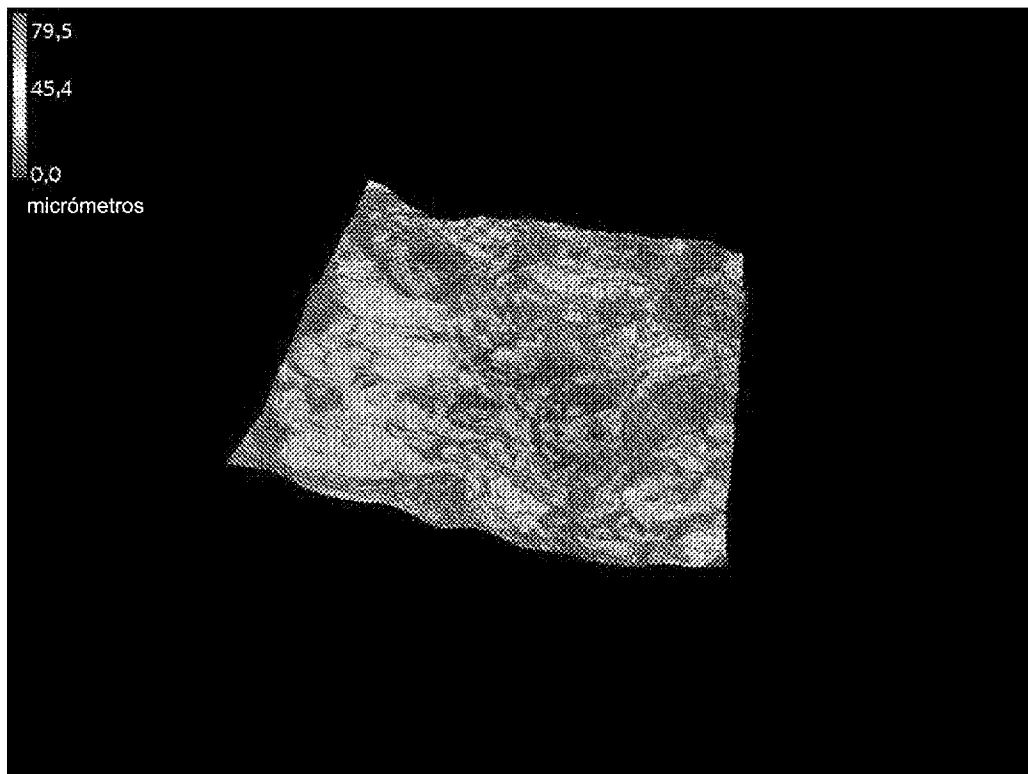


**1B**

**Figura 2/3**

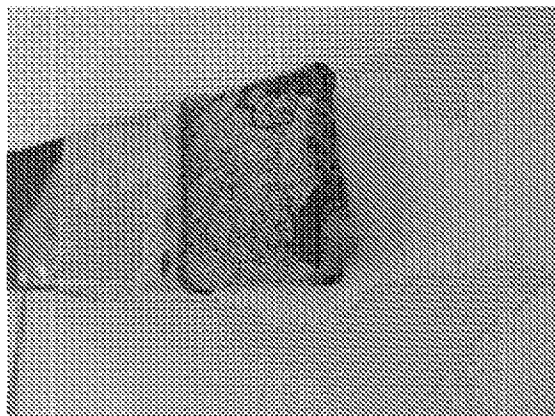


**2A**

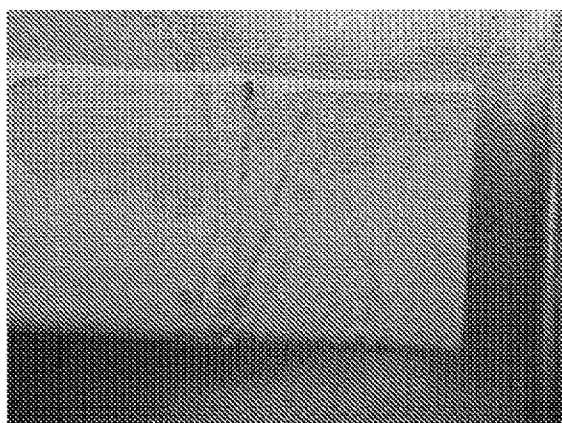


**2B**

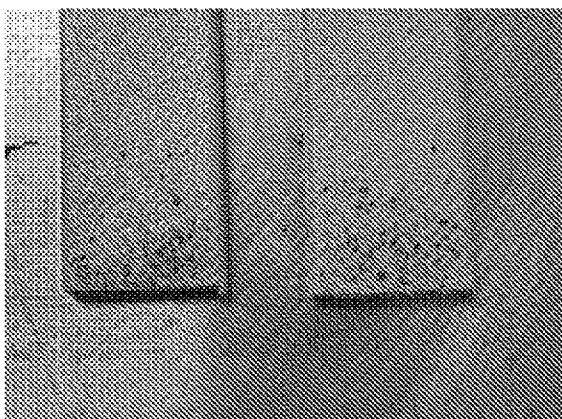
**Figura 3/3**



**Sal**



**Enmascarado con alambre**



**Arena**