

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 842 280**

51 Int. Cl.:

C04B 28/04 (2006.01)

C04B 5/00 (2006.01)

C04B 18/14 (2006.01)

C04B 111/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.11.2015** **PCT/EP2015/076385**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.05.2016** **WO16075213**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2015** **E 15798356 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2020** **EP 3218322**

54 Título: **Material de construcción para el apantallamiento de ondas electromagnéticas, procedimiento para su producción, así como su uso**

30 Prioridad:

13.11.2014 DE 102014017049

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.07.2021

73 Titular/es:

CE-SYS PRODUCTS GMBH (100.0%)
Am Hammergrund 1
98693 Ilmenau, DE

72 Inventor/es:

NOACK, BERND;
HALBEDEL, BERND;
SCHADEWALD, UWE;
NASS, MICHAEL;
RICKOWSKI, BERND y
TÄUBER, ANDREAS

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

Observaciones:

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

ES 2 842 280 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

Material de construcción para el apantallamiento de ondas electromagnéticas, procedimiento para su producción, así como su uso

La presente invención se refiere a un material de construcción para el apantallamiento de ondas electromagnéticas predominantemente mediante la absorción de las ondas electromagnéticas, por la cual el material de construcción contiene aditivos que contienen óxidos de hierro y aglomerantes minerales. Los aditivos se basan preferiblemente en productos de desecho de la industria del acero que contienen óxidos de hierro y en ferritas modificadas. El material de construcción se usa en diversas aplicaciones para la absorción de ondas electromagnéticas de alta frecuencia. La invención se refiere además a un procedimiento para la producción de tal material de construcción, así como su uso, en especial para el recubrimiento de partes de edificios.

El entorno de los espacios privados e industriales se ve afectado por las ondas electromagnéticas. Éstas surgen en las telecomunicaciones y a través de sistemas de retransmisión a distancia. El continuo intercambio creciente de información a altas frecuencias y velocidades de transmisión conduce a la producción de campos eléctricos y magnéticos de alta frecuencia. Debido a esto, los aparatos electrónicos con más altas velocidades de transmisión de datos interfieren entre sí de forma creciente y producen un funcionamiento defectuoso.

No está claramente establecida la influencia sobre los organismos vivos de las ondas electromagnéticas de alta frecuencia. Para reducir por una parte el riesgo para las personas y animales y, por otra parte, garantizar un funcionamiento más seguro de los sistemas electrónicos, en muchos países industrializados, se establecieron por ley valores umbrales para una densidad de potencia máxima de las fuentes de radiación y se desarrollaron nuevos materiales de alta frecuencia.

Además, en el ámbito industrial, en el tráfico aéreo, en aplicaciones médicas especiales, en el procesamiento de datos confidenciales, etc., la protección contra ondas electromagnéticas incontroladas e indefinidas es, a menudo, un requisito obligatorio. Igualmente, el apantallamiento de alta frecuencia de espacios es, en creciente medida, esencial, debido a la creciente carga de ondas electromagnéticas y a la creciente importancia de la seguridad de datos y empresarial de los sistemas electrónicos.

En el estado de la técnica, se conocen ya materiales de construcción que, a través de diferentes modificaciones, exhiben un apantallamiento más elevado de las ondas electromagnéticas. Así, por ejemplo, para conseguir un efecto de apantallamiento, se añade magnetita en una proporción de 50 % a una piedra caliza. Otra variante de producto adicional es la llamada placa JUWÖ, la cual presenta incrustaciones de bandas de aluminio colocadas una contra otra en el perfil de un ladrillo de construcción. Adicionalmente, se conoce el recubrimiento de una pared con una malla de cobre con un entramado de 0,46 mm x 0,46 mm y su unión a la misma mediante yeso o una capa de pintura. En todos los casos, las partes metálicas en estos materiales de construcción presentan predominantemente solo un efecto de reflexión de las ondas electromagnéticas, de forma que las intensidades de campo en las proximidades quedan inalteradas o incluso se ven incrementadas mediante interferencias.

El también conocido estuco de apantallamiento de fibra de carbono contiene fibras de carbono para la consecución del apantallamiento y presenta, para espesores de 1,5 cm, un apantallamiento del 99,5 %, el cual, sin embargo, es en su mayor parte causado por reflexión. La placa protectora 'La Vita' es una placa de cartón yeso, la cual se diferencia de otras más comunes por un recubrimiento conductor en su dorso. Ésta está dotada de un apantallamiento de un 92 %, que igualmente se basa principalmente en la reflexión de las ondas electromagnéticas. El apantallamiento de chapa de cobre y otras capas de metal macizas es comparativamente bueno. De todas formas, también aquí se reflejan en estas superficies las ondas electromagnéticas casi en su totalidad. Además, sus costes y su uso para soluciones de apantallamiento, en especial en el caso del creciente precio de las materias primas, es todavía apenas justificable.

El siguiente resumen muestra el apantallamiento de diferentes materiales a frecuencias discretas (Prof. Peter Pauli: Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld. Bericht des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU), 2008):

Frecuencia, GHz	0,5	1,5	2,5	3,0
Producto				
Roca caliza 11,5 cm				
Amortiguación [dB]	14	32	50	55
Grado de apantallamiento [%]	94	99,3	99,999	99,9999
Placa JUWÖ 36,5 cm				
Amortiguación [dB]	17	22	20	15
Grado de apantallamiento [%]	97	99,2	99,0	92
Malla de cobre AF 0,46x0,46				
Amortiguación [dB]	55	56	54	52
Grado de apantallamiento [%]	99,999	99,999	99,999	99,999
Estuco de fibra de carbono 1,5 cm				
Amortiguación [dB]	25	25	26	26
Grado de apantallamiento [%]	99,5	99,5	99,6	99,6
Placa protectora La Vita				
Amortiguación [dB]	12	13	13	13
Grado de apantallamiento [%]	92	93	93	93
Chapa de cobre				
Amortiguación [dB]	55	60	60	60
Grado de apantallamiento [%]	99,999	99,9999	99,9999	99,9999

En la publicación DE 10 2008 056 469 se describe el uso y la producción de mezclas para la construcción de edificios apantallados. Se propone añadir, a los componentes usuales de una mezcla de construcción, componentes conductores eléctricos en forma de polvo fino que contiene hierro, procedentes de la producción de acero, de forma que se produce una mejora del apantallamiento en el rango de frecuencias 0,7-5 GHz frente al hormigón normal. Este aumento del apantallamiento se basa en una reflexión de las ondas electromagnéticas incidentes, porque los componentes añadidos son metálicos y por consiguiente son buenos conductores de la electricidad. Por este motivo también se debe entender que las ondas electromagnéticas en las frecuencias utilizadas no pueden penetrar muy profundo en las partes del edificio y por tanto solo tiene sentido utilizar capas muy finas (profundidad de penetración en hierro a 1 GHz: aprox. 0,0002 mm). Además, no se aporta el efecto de apantallamiento a largo plazo, debido a que los componentes metálicos añadidos a la mezcla de construcción pueden corroerse a través de la escasa cobertura del material de construcción.

Lo mencionado previamente, actualmente propuesto o usado para sistemas de apantallamiento para habitaciones o edificios, consigue su apantallamiento solo mediante una reflexión de las ondas electromagnéticas incidentes. Una absorción de las ondas electromagnéticas entre los sistemas de apantallamiento de buena conducción solo se puede garantizar en entornos muy pequeños e incluso está limitada a un rango de frecuencias típico menor de 1 GHz. Esto tiene como consecuencia que se produce en el entorno una carga electromagnética adicional y emisión molesta por las ondas reflejadas y como resultado de múltiples reflexiones se producen interferencias, especialmente a frecuencias mayores de 1 GHz. Además del apantallamiento metálico puro de los espacios, por motivos de seguridad, las instalaciones y aparatos deben dotarse de una compensación de potencial mediante conexión a tierra o a una protección de contacto por personal técnico especializado.

En JP 2001-352194 A, se presenta otro proceso para la producción de material de apantallamiento de radiaciones ionizantes y electromagnéticas. Para ello se transfiere escoria de hornos de fundición a 1500 °C a un crisol adicional, en el cual, a 1350 °C y mientras se añaden aditivos que contienen Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ba, y se insufla oxígeno, se produce una oxidación del fundido, para obtener como fase principal espinel-ferrita de los compuestos originales de hierro. Después, el fundido se enfría rápidamente y se fracciona. El tratamiento térmico de la escoria de los hornos de fundición sirve para incrementar su permeabilidad, el apantallamiento y la amortiguación de radiación electromagnética. En cualquier caso, las altas temperaturas de proceso, así como la necesidad de un crisol adicional afectan inconvenientemente al precio del producto.

La publicación JP 2006 222105 A muestra la producción de material ferrítico a partir de escoria de hornos de fundición, escoria de cobre o polvo del proceso de hornos de fundición. A partir de la escoria del horno de fundición, etc., se produce un granulado de tamaño alrededor de 2,5 mm, el cual a continuación se calienta en atmósfera rica en oxígeno, se agita y se somete a un enfriamiento súbito. Mediante este procedimiento se incrementan las proporciones de Fe₂O₃ y Fe₃O₄. Los óxidos así producidos pueden ser usados como aditivos en plásticos, goma, hormigón, cerámica, entre otros, como material de calefacción electromagnética o para conseguir apantallamiento electromagnético. Aquí también el proceso de producción está directamente ligado a la industria del procesado del acero, lo que requiere inversiones correspondientes en fábrica.

En la publicación CN 101525224, se da a conocer la producción de material absorbente para la industria de la construcción, por el cual se utiliza como aditivo para cemento, cenizas volantes de alto contenido en hierro y/o escoria de altos hornos enfriada súbitamente con aire o agua. En especial, se utilizan cenizas y escorias con una

gran proporción de Fe_2O_3 (>25%). Estos materiales no son subsecuentemente modificados, sino que junto con (60-70) partes de cemento y (3-40) partes de escoria en seco y tras la adición de (30-40) partes de agua son mezclados en mojado, y finalmente con ello se producen placas de (180 x 180 x 20) mm para su uso en edificios. Las medidas de apantallamiento resultantes muestran, en todos los casos, que los materiales solo apantallan en un rango de frecuencia muy alto (2-18 GHz) y de forma no constante a todas las longitudes de onda de dicho rango.

En AT 004 618 U1, se describe un proceso de producción de un material de construcción en base a cascarilla de laminación, polvo de chimenea de hornos de fundición y sus lodos, así como otros polvos con contenido metálico o de óxidos metálicos, lodos u otros residuos de la industria del procesamiento de los metales que, a causa de disposiciones medioambientales cada vez más severas, solo se pueden verter con costes elevados. A una mezcla de cascarilla de laminación, arcilla y tectosilicatos se le da forma y se cuece al menos a 800 °C. La cocción de la mezcla completa se utiliza en el proceso térmico para consolidar los cuerpos formados a partir de la misma. El equilibrio termodinámico de estos componentes no se modifica durante la cocción.

Un objetivo de la presente invención es, por lo tanto, superar los inconvenientes mostrados del estado de la técnica y poner a punto un material de construcción, así como un procedimiento para su producción, con los cuales se puede efectuar el apantallamiento o amortiguación de las ondas electromagnéticas principalmente por absorción y con poca reflexión en un amplio rango de frecuencias. Para ello, el nuevo material de construcción debe ser aplicable a partes de edificios como paredes, techos o suelos, debe ser estable a largo plazo, no perjudicial a las propiedades ecológicas y físicas de construcción (firmeza, permeabilidad, estanqueidad, carga contaminante), así como no problemático y económico de producir.

Según la invención, la consecución de este objetivo se logra con un material según la reivindicación 1, un procedimiento según la reivindicación 7 y un uso del material de construcción según la reivindicación 10. En las reivindicaciones dependientes se indican realizaciones ventajosas de la solución según la invención.

La invención se refiere inicialmente al reconocimiento de que para la mejora del apantallamiento electromagnético, se debe incrementar sobre todo el comportamiento de absorción del edificio a proteger. Se descubrió que esto se consigue según la invención al minimizar el contenido de FeO y Fe_2O_3 en los residuos de la industria metalúrgica y para ello se incrementa el contenido de Fe_3O_4 . Para ello, se indica una posibilidad de conseguir estas modificaciones materiales bajo condiciones oxidantes, de forma que los procesos concebidos sean sencillos y económicos. Las reducciones químicas requeridas tienen lugar dentro del material.

El material de construcción según la invención comprende aditivos que contienen óxidos de hierro y aglomerantes minerales. Los aditivos que contienen óxidos de hierro se forman con escorias de horno de fundición (EOS), las cuales son tratadas (modificadas) térmicamente antes de su mezcla con el aglomerante, de modo que son enfriadas al retirarlas del horno de fundición y seguidamente calentadas de nuevo, en un rango de temperaturas entre 200 °C y 700 °C, por un periodo de tiempo preestablecido y bajo condiciones oxidantes (en aire).

Según una realización preferida, la escoria de horno de fundición modificada térmicamente resulta en una fracción de grano con un rango de tamaño de partículas de 0 a 8 mm y una fracción de grano con un rango de tamaño de partícula de 0 a 0,125 mm.

El procedimiento según la presente invención se basa en los procesos actuales convencionales de la industria metalúrgica, en los cuales los productos de desecho se enfrían inicialmente bajo condiciones oxidantes. Tras ello se efectúa una reducción de tamaño, cribado y división en fracciones. El posterior tratamiento térmico de las fracciones bajo condiciones oxidantes es esencial.

Mientras que el enfriamiento inicial de las EOS se conoce en el funcionamiento habitual de la industria del acero, la invención consigue un sorprendentemente claro incremento de la proporción de Fe_3O_4 en los aditivos mediante un nuevo tratamiento térmico bajo condiciones oxidantes, en el que, consecuentemente, se basan las fuertes propiedades de absorción del material de construcción según la invención.

En particular, mediante el tratamiento térmico según la invención de la escoria de horno de fundición se consigue que surjan aglomeraciones ferríticas, que la escoria se desintegre en parte en tamaños de grano por debajo de 8 mm y que las partículas libres básicas se aglomeren. El apantallamiento electromagnético que con esto se alcanza tiene una calidad completamente nueva frente a los materiales de construcción hasta ahora conocidos, cuyo comportamiento de apantallamiento se basa sobre todo en la reflexión de las ondas electromagnéticas.

El procedimiento según la invención comprende los siguientes pasos: primero tiene lugar el enfriamiento de producto residual que contiene óxidos de hierro, por ejemplo, una escoria extraída de un horno de fundición. Se continua con un nuevo calentamiento del producto residual en aire por un tiempo predeterminado a una temperatura preestablecida, la cual es 200-700°C para escorias de hornos de fundición. Finalmente, se mezclan los productos residuales tratados térmicamente y los aglomerantes minerales hasta obtener una mezcla homogénea, la cual se aporta como material de construcción.

Según una realización efectiva se separan mediante clasificación las escorias de horno de fundición enfriadas en fracciones de granos en rango de tamaño de partícula de 0 a 4 mm y de 0 a 8 mm, y mediante molido fino se produce una fracción de grano con un rango de tamaño de partícula de 0 a 0,125 mm.

- 5 Una realización ventajosa se distingue porque la hexaferrita de bario, el óxido de hierro y/o las fibras metálicas, que contienen titanio, se mezclan con las escorias de horno de fundición preparadas y los aglomerantes minerales. Preferiblemente el polvo de hexaferrita de bario que contiene titanio se sintetiza con una técnica de cristalización vítrea, en la que el titanio se añade en forma de TiO_2 como parte del Fe_2O_3 requerido, a la mezcla de materias primas. La mezcla de materias primas se funde a temperaturas entre 1250 y 1350 °C, y seguidamente se enfría súbitamente, se atempera a 10 temperaturas hasta de 840 °C y finalmente la matriz vítrea es disuelta. Este aditivo se prepara granulométricamente, y seguidamente se añaden los aglomerantes minerales, las fibras metálicas y/o los aditivos.

- 15 El material de construcción según la invención puede ser utilizado preferiblemente para capas de estuco o placas de montaje para el apantallamiento de edificios o partes de edificios. El uso de estos materiales de construcción conlleva un apantallamiento electromagnético predominantemente mediante absorción.

- Según la invención se añaden aglomerantes y aditivos apropiados dispersos a los aditivos producidos de los residuos de la industria del acero que absorben radiación electromagnética, y que contienen óxidos de hierro y que son adicionalmente modificados o sintetizados, de forma tal que se produce una mezcla de material de construcción, la cual se puede preparar con técnicas de mezcla habituales en la industria de los materiales de construcción y puede ser aplicada mediante técnicas de aplicación adecuadas sobre partes de edificios. Igualmente, a partir de dicha mezcla pueden producirse placas de montaje y endurecerse.

- 25 En la invención las modificaciones materiales de los aditivos de escoria proporcionan un incremento de la fase que contiene el compuesto $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ responsable de las pérdidas. Los aditivos de escoria pueden ser adaptados según la invención a aplicaciones determinadas mediante un correspondiente tratamiento térmico de los materiales de partida que contienen óxidos de hierro y la sustitución de la proporción de $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ por Ti^{4+} en los materiales de partida hexaferríticos, así como mediante una adaptación de la granulometría del material de partida mediante tamizado y/o reducción de tamaño y/o aglomeración y/o crecimiento cristalino dirigido.

- 30 Como aglomerante se utiliza principalmente cemento. El cemento reacciona con agua para formar compuestos más estables e insolubles. Estos compuestos que contienen silicato de calcio hidratado forman finos cristales en forma de aguja, los cuales están interdentados entre sí y forman un óxido tan rápidamente que encapsulan a los aditivos de escoria que absorben radiaciones electromagnéticas y así se produce una mayor firmeza de forma análoga al mortero u hormigón.

- 35 Para poder procesar las mezclas de materiales de construcción con muy altas densidades, se añaden aditivos, para conseguir un comportamiento en mojado ideal, una rápida dispersión y con ello una reología excelente y formar una estructura de red en el mortero u hormigón mojados entre los componentes inorgánicos, que impida el deslizamiento de los productos de las paredes al ser trabajados. Tales mezclas de materiales de construcción son aplicables en diferentes firmezas sobre las partes de edificios y son procesables a temperaturas entre 5-30 °C.

- 40 Los materiales de partida de los aditivos de escoria según la invención son materiales de diversa procedencia y propiedades diferentes (densidad, tamaño de partícula, composición química, propiedades electromagnéticas). Dependiendo de los requisitos de uso se emplean para ciertos usos, residuos disponibles que contienen óxidos de hierro (escorias, polvos), ferritas/óxidos de hierro naturales o sintéticas, las cuales son adaptadas a la mezcla de materiales de construcción y a su uso mediante reducción de tamaño y/o aglomeración y/o tratamiento térmico y para otros usos se emplean nuevas hexaferritas de bario dopadas con titanio sintetizadas a medida mediante cristalización vítrea.

- 50 Otras singularidades y ventajas de la invención se pueden deducir de la siguiente parte descriptiva, en la cual la invención se ilustra con más detalle en referencia a los dibujos adjuntos, que muestran:

Fig. 1: Gráfica de XRD de las escorias de hornos de fundición (EOS) < 125 mm a) sin tratar, b) tras tratamiento térmico de una hora en aire a 600 °C.

- 55 Fig. 2: Curvas de calentamiento d(t) de muestras de material de las escorias de hornos de fundición (a) sin tratar y (b) tratadas térmicamente.

Fig. 3: Gráfica de XRD de los polvos microscópicos de hexaferrita de bario en fase pura tras el proceso de disolución;

- 60 Fig. 4: Curva de calentamiento d(t) de unos polvos bifásicos hechos mediante la técnica de cristalización vítrea;

Fig. 5: Método de espacio libre de transmisión para la determinación del apantallamiento de placas de prueba en el rango de frecuencia de 1 a 10 GHz;

- 65 Fig. 6: Comportamiento de apantallamiento típico de una placa de prueba (500x500x40) mm³ en el rango de frecuencia de 1 a 10 GHz, hecha de mezcla de material de construcción que solo contiene escoria de horno de fundición;

Fig. 7: Comportamiento de apantallamiento típico de una placa de prueba (500x500x40) mm³ en el rango de frecuencia de 1 a 10 GHz, hecha de mezcla de material de construcción que contiene escoria de horno de fundición y fibras de acero;

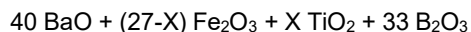
Fig. 8: Comportamiento de apantallamiento típico de una placa de prueba (500x500x40) mm³ en el rango de frecuencia de 1 a 10 GHz, hecha de mezcla de material de construcción que solo contiene escoria de horno de fundición sin tratar o modificada térmicamente;

El gráfico de DRX de la Fig. 1 muestra los cambios en la composición de fases de la escoria de horno de fundición (EOS) < 125 mm tratada durante 1 hora a 620 °C en aire. Se aprecia el incremento de la fase de Fe₃O₄, mientras que la fase de FeO disminuye claramente.

Las curvas de calentamiento de las pruebas de material representadas en la Fig. 2 de escoria de horno de fundición (a) sin tratar y (b) tratada térmicamente en un horno microondas demuestran claramente la mayor energía electromagnética absorbida.

El rango de temperaturas posible para el tratamiento térmico de la escoria de hornos de fundición (EOS) depende de la composición, tamaño de partícula y tiempo de tratamiento y va desde 200 a 700 °C.

El polvo de hexaferrita de bario dopado con titanio se convierte en una matriz vítrea amorfa a los rayos X que contiene borato de bario, la cual se sintetiza por fusión a temperaturas entre 1250 °C y 1350 °C de la mezcla de materias primas de composición (en % molar)



y subsecuente enfriamiento súbito mediante nucleación y crecimiento cristalino controlado y disolución final de la matriz vítrea. Lo importante es que el material fundido no cristalice inicialmente durante el enfriamiento. Para un enfriamiento suficientemente rápido se utiliza un rodillo doble en cuya apertura se enfría el fundido.

El polvo surgido tras la cristalización contiene dependiendo del dopado del fundido X y de las condiciones de cristalización (presión parcial de oxígeno, velocidad de calentamiento, temperatura y tiempo de reposo), una mayor proporción de partículas de hexaferrita de bario dopadas con Ti⁴⁺, submicroscópicas, monocristalinas, ferromagnéticas del tipo BaFe_{12-x}Ti_xO₁₉ y una ligera proporción – máximo hasta un 1 M-% de titanato de bario submicroscópico, monocristalino, dieléctrico del tipo BaTi₆O₁₃. El difractograma de rayos X de los polvos submicroscópicos, de fase pura de hexaferrita de bario tras el proceso de disolución se representa en la Figura 3.

Para la introducción de iones Ti⁴⁺ en los cristales de hexaferrita de bario es necesario obtener una proporción de iones Fe²⁺ formados en el fundido – max. hasta 1 M-%. Para ello se trata el fundido amorfo a los rayos X mediante templado por encima de la temperatura de transformación y por debajo de la temperatura de fusión en una atmósfera, cuya presión parcial de oxígeno se reduce suficientemente con un gas inerte, por ejemplo, nitrógeno. La proporción requerida de fase dieléctrica en el polvo se obtiene cuando el dopado del fundido X está entre 5 y 10 Mol-%.

Las partículas o polvos sintetizados de esta forma cuentan con propiedades de absorción electromagnética óptimas, las cuales se basan en el solapamiento de dos efectos de absorción como resultado de la disponibilidad de una fase dieléctrica y ferromagnética. Esto se confirma mediante la medida del calentamiento por microondas, que se representa en la Fig. 4.

Estos polvos tienen además como una ventaja especial una gran resistencia a la corrosión en disolventes, lejías y ácidos débiles. La resistencia en presencia de ácidos orgánicos e inorgánicos fuertes, tales como ácidos oxálico, clorhídrico, sulfúrico, o fluorhídrico depende de su concentración, de la temperatura y del tiempo de ataque.

Es posible utilizar otros sistemas con otros materiales, como por ejemplo MeO-Fe₂O₃-TiO₂-B₂O₃ o MeO-Fe₂O₃-TiO₂-SiO₂, en los cuales Me representa preferiblemente Ba²⁺, Sr²⁺ o Ca²⁺. Pero entonces las composiciones del fundido y las condiciones de cristalización deben ajustarse correspondientemente.

Para la realización de capas de apantallamiento de ondas electromagnéticas en una fábrica se pueden aplicar capas adecuadas a paredes, techos y suelos. Según la invención la escoria de horno de fundición modificada térmicamente se añade como aditivo a la capa de estuco. Esta escoria se enfría en dos fases. En la primera fase se enfría tras retirarla del horno de fundición durante un almacenamiento en aire a una temperatura de 1000 °C – 1200 °C. Seguidamente, la escoria se enfría súbitamente en un baño de agua.

Esto es ventajoso porque surgen compuestos ferríticos apropiados para el apantallamiento, porque la escoria se desintegra en granos de tamaño menor de 8 mm y se aglomeran partículas básicas libres. Para el subsecuente procesamiento se separan de la escoria las fracciones de granos 0-4,0 mm y 0-8,0 mm mediante clasificación. Además, mediante el molido fino se produce una fracción de grano 0-0,125 mm.

Con estos aditivos se pueden ventajosamente producir mezclas de materiales de construcción con un alto apantallamiento predominantemente mediante absorción de las ondas electromagnéticas y que además muestran propiedades de técnicas de construcción adecuadas para hacer capas de estuco. Estas propiedades se pueden conseguir, por ejemplo, cuando la mezcla de materiales de construcción se produce con la siguiente composición:

Escoria de hornos de fundición 0-8,0 mm	48 M-%
Escoria de hornos de fundición 0-0,125 mm	32 M-%
Cemento CEM / 42,5 R (incluyendo aditivos)	20 M-%

Los componentes se procesan mediante un mezclado intensivo hasta obtener una mezcla homogénea y adecuada para la técnica de gunitado. Para casos particulares de aplicación se puede añadir hexaferrita de bario dopada y/o óxidos de hierro de grano fino con la correspondiente reducción de la cantidad de escoria de horno de fundición.

La mezcla de gunitado se aplica con una adición de agua de 130 ml/kg con una máquina de gunitar en proceso de flujo denso en un espesor de capa de 40 mm. La tecnología de gunitado se distingue porque la adición de aditivos al mortero con una densidad de 3,9 kg/dm³ solo se puede conseguir con una activación mecánica y magnética. Tras el endurecimiento se obtienen las siguientes propiedades técnicas constructivas:

Resistencia de compresión	20 N/mm ²
Resistencia de flexión	4,5 N/mm ²
Densidad	2,6 kg/dm ³

La evaluación del efecto de apantallamiento electromagnético se lleva a cabo mediante el método de "Transmission free Space" sobre placas de prueba (500x500x40) mm³ en un rango de frecuencias de 1 a 10 GHz (Fig. 5). En este método una antena de emisión aplica una onda electromagnética a la muestra de material. Una parte de la potencia irradiada (P1) es reflejada por la muestra y se mide como parámetro S11. Una parte de la potencia irradiada atraviesa la muestra (P2) y se mide con una antena receptora como parámetro S21. El efecto de apantallamiento de la muestra se calcula como:

$$a = 10 * \log \left(\frac{P2}{P1} \right) \quad (1)$$

En la Fig. 6 se representa el comportamiento típico de apantallamiento de una placa de prueba (500x500x40) mm³ en el rango de frecuencias de 1 a 10 GHz, hecha de la mezcla de materiales de construcción descrita anteriormente, que solo contiene escorias de hornos de fundición modificadas térmicamente. El apantallamiento de la parte absorbente de la escoria de horno de fundición se determina en alrededor de 85 % en todo el rango de frecuencias. Como las pérdidas dependen de la frecuencia, se comprueba un incremento continuo del apantallamiento.

En otro ejemplo se añade a la mezcla de materiales de construcción una parte de fibras metálicas de acero ferrítico:

Escoria de horno de fundición 0 - 8,0 mm	48 M-%
Escoria de horno de fundición 0 - 0,125 mm	28 M-%
Fibras metálicas	4 M-%
Cemento CEM I 42,5 R (incl. aditivos)	20 M-%

La Figura 7 muestra un comportamiento típico de una placa de prueba hecha de esta mezcla de materiales de construcción, que contiene escoria de horno de fundición y fibras metálicas. A frecuencias más altas, crece la proporción del efecto de absorción. A partir de alrededor de 3 GHz se absorbe alrededor del 90 % de la energía incidente. El apantallamiento en el rango de frecuencias menores se produce esencialmente por la parte reflexiva de las fibras de acero.

Una estructuración superficial de la placa de prueba también influye en la parte reflejada de las ondas de alta frecuencia incidentes o en el ángulo de incidencia resultante de la irradiación incidente a 90 °. Dicha estructuración tiene una proporción significativa de hendiduras mayores de 1/10 de la longitud de onda. Por lo tanto, a 1 GHz se deben usar hendiduras mayores de 30 mm. A 10 GHz con 3 mm de profundidad ya es suficiente.

La Fig. 8 muestra un comportamiento típico de apantallamiento de las placas de prueba hechas de una mezcla de materiales de construcción, que contiene escorias de horno de fundición sin tratar o tratadas térmicamente. La modificación térmica ejerce un incremento del apantallamiento en todo el rango de frecuencias de hasta 7 dB (alrededor de 30 %) frente a las escorias sin tratar.

Por motivos técnicos de construcción puede ser ventajoso efectuar un apantallamiento mediante placas de montaje.

Para la producción de dichas placas se utilizan las mezclas de materiales de construcción de forma análoga a su uso en capas de estucado. Estos aditivos se añaden a la mezcladora de hormigón, a modo de ejemplo, en las composiciones siguientes:

Escoria de hornos de fundición 0-8,0 mm	45 M-%
Escoria de hornos de fundición 0-0,125 MM	30 M-%
Cemento CEM / 42,5 R (incluyendo aditivos)	25 M-%

Otros componentes de la mezcla, tales como óxidos de hierro, hexaferita de bario y fibras de metal pueden ser añadidas.

- 5 La mezcla con agua se prensa en placas de medida 400 mm x 400 mm x 40 mm en una máquina productora de bloques y se transportan a una cámara de endurecimiento mediante una cinta transportadora. Tras el endurecimiento se disponen las placas mediante una instalación desapiladora para futuros usos. Las propiedades técnicas de las placas se indican a continuación:

Resistencia a compresión	30 N/mm ²
Módulo elástico	20000 N/mm ²
Densidad en seco	2,8 kg /dm ³

- 10 Para placas sin fibras metálicas se pueden obtener los siguientes efectos en el apantallamiento de las ondas electromagnéticas:

Grado de apantallamiento a 2,45 GHz	95 %
Absorción	85 %

- 15 Las fibras metálicas de acero ferrítico y/o martensítico aumentan, en relación con su contenido en peso, el efecto de apantallamiento a bajas frecuencias, pero conducen a un aumento de la proporción reflectiva.

- 20 La mezclas de materiales de construcción según la invención pueden encontrar aplicación principalmente en el apantallamiento de laboratorios de medida y ensayo, en instalaciones médicas (MRT, EEG), para la protección de emisiones y recepciones (según protocolos BSI y NATO), para espacios sin teléfonos móviles, para zonas con altos requisitos de protección contra relámpagos, para la protección de pulsos electromagnéticos y nuclear-electromagnéticos y microondas de alta potencia, así como para espacios militares.

- 25 Ventajas frente al estado actual de la técnica surgen especialmente en la posibilidad de modernización de las medidas de apantallamiento en edificios y espacios existentes sin influir en el clima de las habitaciones mediante la adopción de procesos de consolidación/secado y minimizando una disminución de la capacidad de servicio.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Material de construcción para el apantallamiento de ondas electromagnéticas predominantemente mediante absorción de las ondas electromagnéticas, en el cual el material de construcción contiene aditivos que contienen óxido de hierro y aglomerantes minerales, caracterizado porque se usa como aditivo escoria de horno de fundición, la cual se trata térmicamente antes de su mezcla con los aglomerantes minerales como sigue:
 - 10 - enfriamiento en dos fases de una escoria de horno de fundición retirada de un horno de fundición, primero al aire a temperaturas de 1000 °C hasta 1200 °C y subsecuentemente de forma súbita en un baño de agua;
 - 10 - nuevo calentamiento de la escoria de horno de fundición al aire a una temperatura entre 200 °C y 700 °C por un tiempo preestablecido de forma que se produce una disminución de la proporción de FeO y de la proporción de Fe_2O_3 y un aumento de la proporción de Fe_3O_4 en la escoria de horno de fundición.
- 15 2. Material de construcción según la reivindicación 1, caracterizado porque la escoria de horno de fundición fue calentada en aire durante una hora a 620 °C.
- 20 3. Material de construcción según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque los aditivos presentan diferentes tamaños de partícula, en el que el porcentaje en peso de cada rango de tamaño de partículas se adapta dependiendo de cada aplicación respectiva del material de construcción.
- 25 4. Material de construcción según la reivindicación 3, caracterizado porque la escoria de horno de fundición presenta una fracción de grano con un rango de tamaño de partícula de 0 a 8 mm y una fracción de grano con un rango de tamaño de partícula de 0 a 0,125 mm.
- 30 5. Material de construcción según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque contiene fibras de metal, hexaferrita de bario y/o óxido de hierro.
- 30 6. Material de construcción según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque contiene aditivos para aumentar su comportamiento en mojado.
- 35 7. Procedimiento para la producción de un material de construcción que comprende los siguientes pasos:
 - 35 - enfriamiento en dos fases de una escoria de horno de fundición retirada de un horno de fundición, primero al aire a temperaturas de 1000 °C hasta 1200 °C y subsecuentemente de forma súbita en un baño de agua;
 - 35 - nuevo calentamiento de la escoria de horno de fundición al aire a una temperatura entre 200 °C y 700 °C por un tiempo preestablecido, de forma que se produce una disminución de la proporción de FeO y de la proporción de Fe_2O_3 y un aumento de la proporción de Fe_3O_4 en la escoria de horno de fundición;
 - 40 - mezclado de la escoria de horno de fundición así tratada térmicamente con un aglomerante mineral para obtener una mezcla homogénea que se aporta como material de construcción.
- 45 8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque se separan de la escoria de horno de fundición enfriada fracciones de grano con un rango de tamaño de partícula de 0 a 4 mm y de 0 a 8 mm mediante clasificación y porque mediante molido fino se produce una fracción de grano con un rango de tamaño de partícula de 0 a 0,125 mm.
- 50 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado porque se mezclan hexaferrita de bario, óxido de hierro y/o fibras de metal con las escorias de horno de fundición tratadas térmicamente y con los aglomerantes minerales.
- 50 10. Uso de un material de construcción según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 para capas de estuco o para placas de montaje para el apantallamiento electromagnético de edificios o partes de edificios predominantemente mediante la absorción de ondas electromagnéticas.

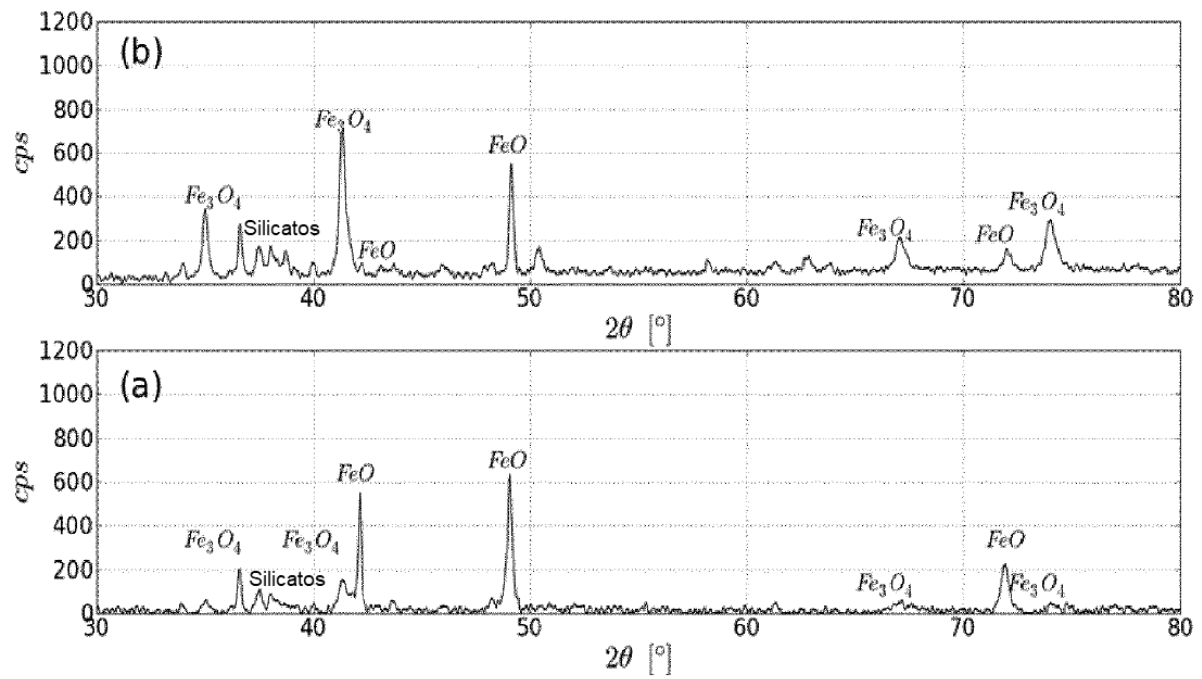


Fig. 1

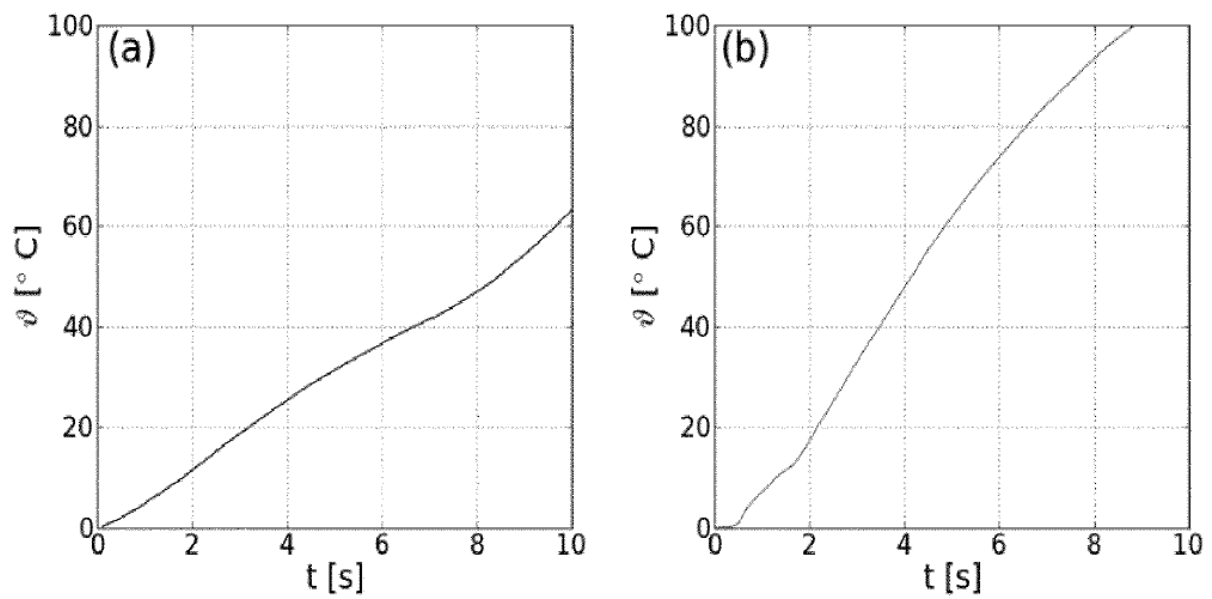


Fig. 2

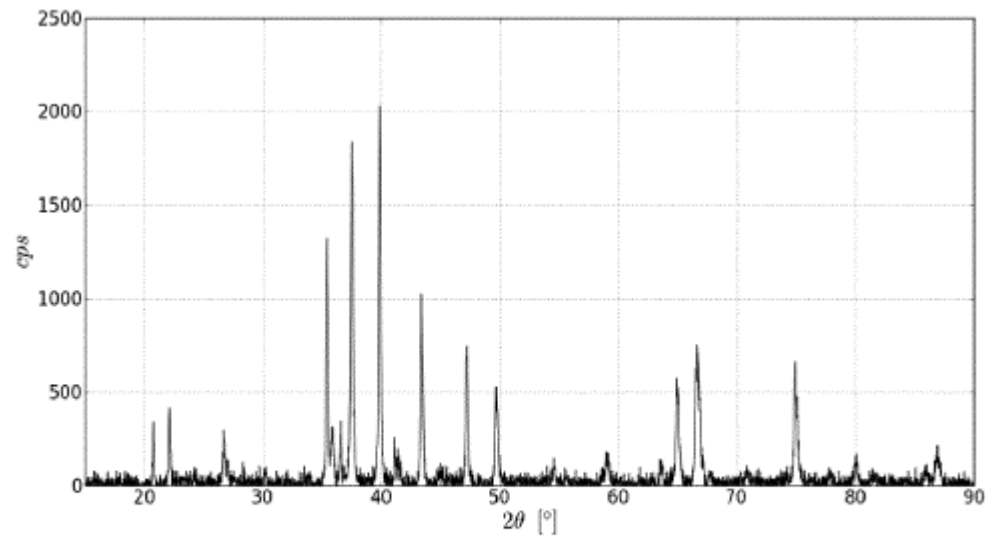


Fig. 3

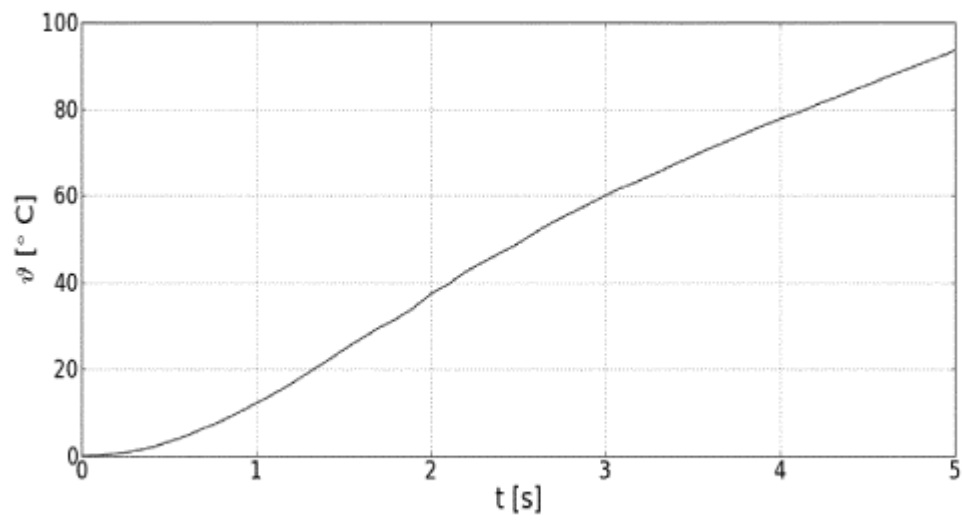


Fig. 4

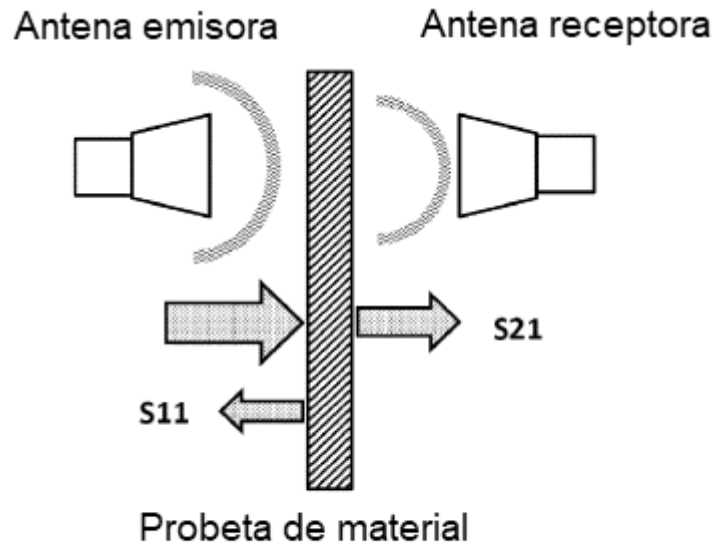


Fig. 5

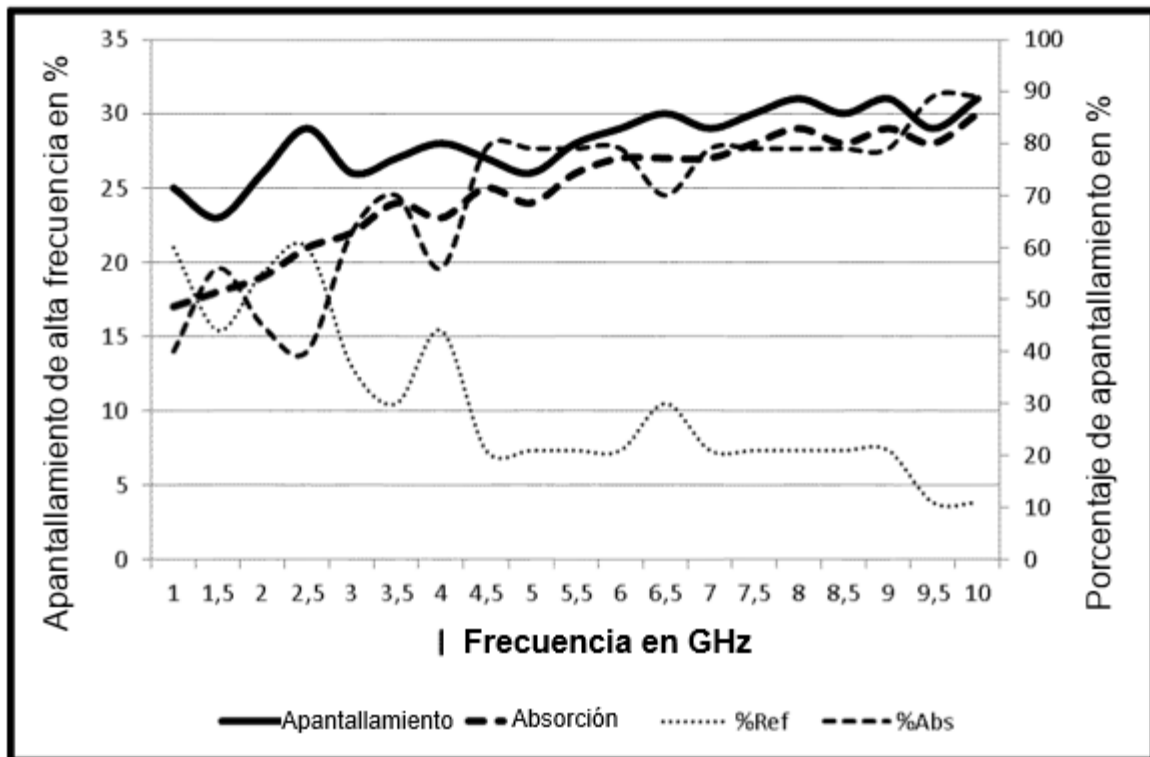


Fig. 6

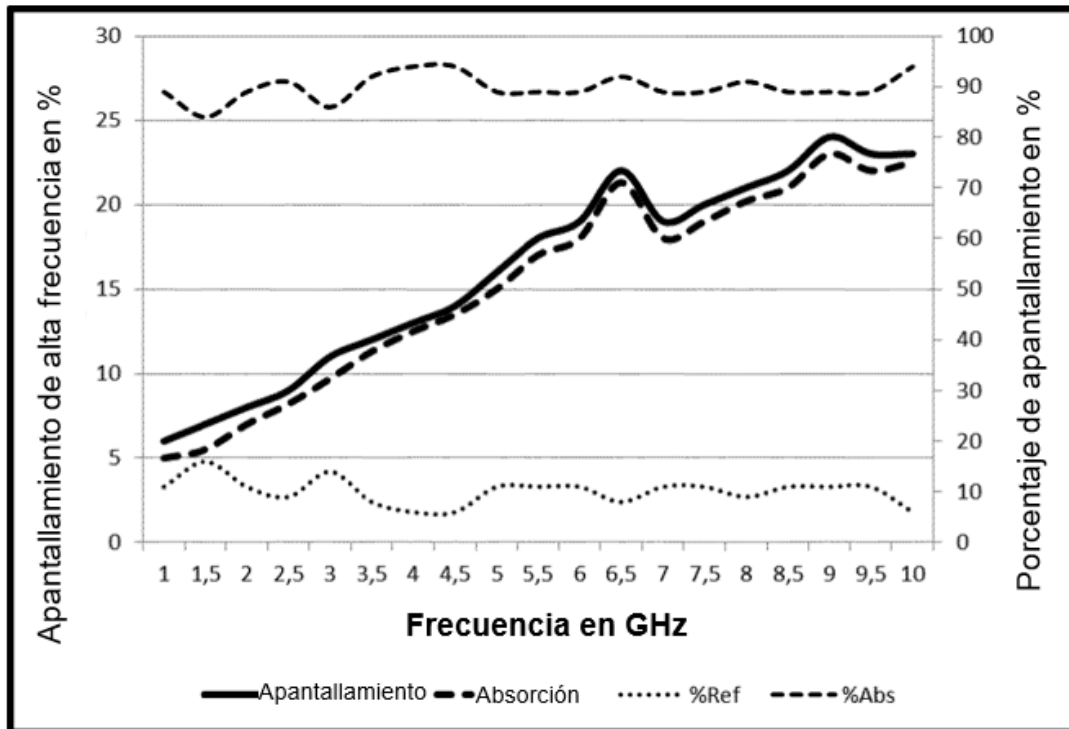


Fig. 7

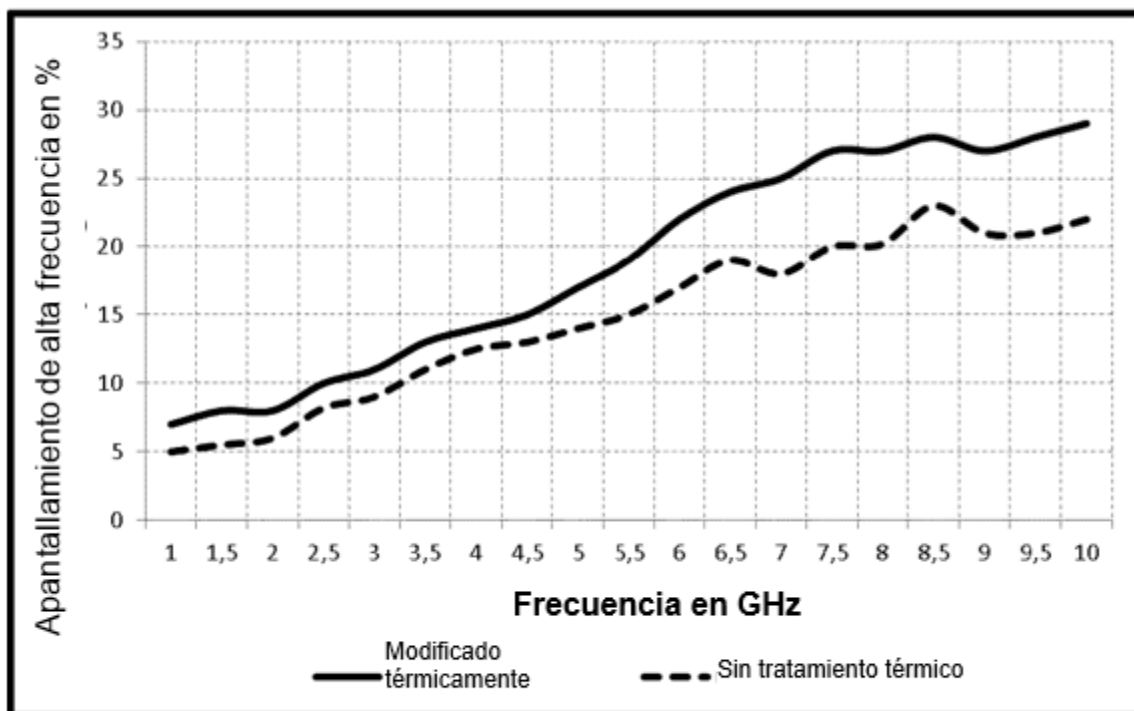


Fig. 8

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citadas por el solicitante es, únicamente, para la conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. Si bien se ha tenido gran cuidado al compilar las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP declina toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patentes citados en la descripción

- DE 102008056469 B4 [0008]
- JP 2001352194 A [0010]
- JP 2006222105 A [0011]
- CN 101525224 A [0012]
- AT 004618 U1 [0013]

Literatura no patente citada en la descripción

- **PETER PAULI.** Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld. *Bericht des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU)*, 2008 [0007]