

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 227**

51 Int. Cl.:

C04B 20/06 (2006.01)

C04B 28/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2012 PCT/US2012/026595**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.08.2012 WO12116313**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2012 E 12716775 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2678290**

54 Título: **Panel de yeso resistente al fuego de poco peso y densidad**

30 Prioridad:

25.02.2011 US 201113035800

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

08.02.2019

73 Titular/es:

**UNITED STATES GYPSUM COMPANY (100.0%)
550 West Adams Street
Chicago, IL 60661-3676, US**

72 Inventor/es:

**YU, QIANG;
SONG, WEIXIN DAVID;
VEERAMASUNENI, SRINIVAS y
LUAN, WENQI**

74 Agente/Representante:

RIZZO , Sergio

ES 2 699 227 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

Panel de yeso resistente al fuego de poco peso y densidad

REFERENCIAS CRUZADAS A SOLICITUDES DE PATENTE RELACIONADAS

5 **[0001]** La presente solicitud de continuación en parte reivindica las ventajas de la solicitud de patente estadounidense anterior con n.º 12/795,125, presentada el 7 de junio de 2010, que es una continuación de la solicitud de patente estadounidense con n.º 11/449,177, presentada el 7 de junio de 2006, que fue publicada como la patente estadounidense con n.º 7, 731,794 el 8 de junio de 2010, que reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional estadounidense con n.º 60/688,839, presentada el 9 de junio de 2005.

ESTADO DE LA TÉCNICA

10 **[0002]** Las solicitudes anteriores citadas están relacionadas con métodos de elaboración de lechadas de yeso que contienen un componente con fosfato, almidón pregelatinizado y un dispersante de naftalensulfonato, así como con productos hechos a partir de los mismos. Las solicitudes anteriores también están relacionadas con métodos de aumentar la resistencia en seco de paneles de yeso de poco peso y densidad mediante la introducción a la lechada utilizada para la elaboración de los paneles de un componente con fosfato, de almidón pregelatinizado y de dispersante de naftalensulfonato.

15 **[0003]** Los productos que contienen yeso convencionales, tales como los paneles de yeso, presentan numerosas ventajas, tales como un bajo coste y una fácil trabajabilidad, aunque pueden generarse cantidades considerables de polvo de yeso cuando se cortan o perforan los productos. En las solicitudes anteriores, se han alcanzado diversas mejoras en lo que se refiere a la elaboración de productos que contienen yeso, mediante la introducción de almidones y otros ingredientes en las lechadas utilizadas para elaborar dichos productos. El almidón puede hacer que aumente la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión de los productos que contienen yeso, incluidos los paneles de yeso.

20 **[0004]** Por lo general, es necesario utilizar cantidades considerables de agua en las lechadas de yeso que contienen almidón pregelatinizado con el fin de garantizar una capacidad de fluidez adecuada de la lechada. Desgraciadamente, la mayoría de esta agua debe eliminarse finalmente mediante calentamiento, lo que resulta caro debido al elevado coste de los combustibles utilizados en el proceso de calentamiento. La etapa de calentamiento también requiere mucho tiempo. Tal y como se ha explicado en las solicitudes anteriores, se ha descubierto que la utilización de dispersantes de naftalensulfonato puede hacer que aumente la fluidez de las lechadas, de tal forma que se supera el problema relacionado con la demanda hídrica. Además, también se ha descubierto que los dispersantes de naftalensulfonato, en caso de que el nivel de uso sea lo suficientemente elevado, pueden reticularse con el almidón pregelatinizado para unir los cristales de yeso después del secado, de tal forma que aumente la resistencia en seco del compuesto de yeso.

25 **[0005]** En el pasado, no se ha descubierto que los componentes con fosfato afecten las necesidades hídricas de las lechadas de yeso. No obstante, tal y como se ha explicado en las solicitudes anteriores, los presentes inventores descubrieron que el aumento del nivel del componente con fosfato a niveles desconocidos hasta la fecha en presencia de un dispersante específico posibilita que se alcance una capacidad de fluidez de la lechada adecuada con cantidades reducidas inesperadas de agua, incluso en presencia de niveles de almidón elevados. Esto es, evidentemente, muy deseable, puesto que a su vez reduce la utilización de combustible, así como el tiempo del proceso asociado a las etapas del proceso de eliminación de agua posteriores. Los presentes inventores también descubrieron que la resistencia en seco del panel de yeso puede aumentarse mediante la utilización de un dispersante de naftalensulfonato conjuntamente con almidón pregelatinizado en la lechada utilizada para elaborar los paneles.

30 **[0006]** Las invenciones de las solicitudes anteriores incluían paneles de yeso que comprenden una composición de yeso fraguado formada entre dos hojas de cubierta considerablemente paralelas, elaborándose la composición de yeso fraguado con la lechada que contiene yeso de agua, estuco, almidón pregelatinizado, un dispersante de naftalensulfonato y, opcionalmente, un fosfato soluble en agua, preferiblemente, trimetafosfato de sodio. Este panel de yeso presenta una gran resistencia e incluso un peso mucho menor que los paneles de yeso convencionales. Asimismo, se genera mucho menos polvo cuando se cortan, sierran, parten o perforan los paneles elaborados de acuerdo con el presente modo de realización.

35 **[0007]** Otro modo de realización de la invención de las solicitudes anteriores comprendía un método de elaboración de paneles de yeso que incluía la mezcla de una lechada con yeso que comprende agua, estuco, almidón pregelatinizado y un dispersante de naftalensulfonato, donde el almidón pregelatinizado está presente en una cantidad de al menos aproximadamente un 0,5 % en peso hasta aproximadamente un 10 % en peso a

partir del peso del estuco. La lechada resultante que contiene yeso se deposita en una primera hoja de cubierta de papel, y se coloca una segunda hoja de cubierta de papel sobre la lechada depositada para formar un panel de yeso. El panel de yeso se corta después de que la lechada que contiene yeso se haya endurecido lo suficiente para cortarse y el panel de yeso resultante se seca. La lechada que contiene yeso puede, opcionalmente, contener un componente con fosfato, por ejemplo, trimetafosfato de sodio. También se utilizarán otros ingredientes convencionales en la lechada, incluidos, cuando proceda, aceleradores, aglutinantes, fibra de papel, fibra de vidrio y otros ingredientes conocidos. Normalmente, se añade una espuma de jabón para reducir la densidad del producto de panel de yeso final.

[0008] La presente invención, por lo general, está relacionada con paneles de yeso de poco peso y densidad con buenas propiedades de aislamiento térmico, una buena resistencia a la contracción por el calor, una buena resistencia al fuego y, en algunos aspectos de la invención, una buena resistencia al agua.

[0009] Los paneles de yeso utilizados en edificios y otras aplicaciones de construcción (como una placa de yeso o paneles de techo) comprenden normalmente un núcleo de yeso con hojas de cubierta de papel, fibra de vidrio u otros materiales adecuados. Los paneles de yeso normalmente se fabrican mezclando "estuco", con agua y otros ingredientes para preparar una lechada que se utiliza para formar los núcleos de los paneles.

[0010] Tal como se entiende por lo general en la técnica, el estuco comprende principalmente una o más formas de yeso calcinado, es decir, yeso sometido a deshidratación (normalmente al calentarlo) para formar yeso anhidro o yeso hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$). El yeso calcinado puede comprender sulfato de calcio hemihidrato beta, sulfato de calcio hemihidrato alfa, sulfato de calcio anhidro soluble en agua, o mezclas de cualquiera de los anteriores, de fuentes naturales o sintéticas. Cuando se introduce en la lechada utilizada para formar los núcleos de los paneles, el yeso calcinado empieza un proceso de hidratación, que se completa durante la formación de los paneles de yeso. Este proceso de hidratación, cuando se completa adecuadamente, produce una matriz cristalina generalmente continua de yeso fraguado dihidrato en varias formas cristalinas (esto es, formas de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

[0011] Durante la formación de los paneles, las hojas de cubierta normalmente se proporcionan como redes continuas. La lechada de yeso se deposita como un flujo o franja en una primera de las hojas de cubierta. La lechada se extiende a lo largo del ancho de la primera hoja de cubierta a un espesor aproximado predeterminado para formar el núcleo del panel. A continuación, se sitúa una segunda hoja de cubierta sobre la parte superior, atrapando el núcleo de yeso entre las hojas de cubierta y formando un panel continuo.

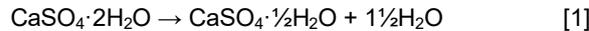
[0012] El panel continuo normalmente se transporta a lo largo de un transportador para permitir que el núcleo continúe con el proceso de hidratación. Cuando el núcleo está lo suficientemente hidratado y endurecido, se corta a uno o más tamaños deseados para formar paneles de yeso individuales. A continuación, los paneles pasan a través de un horno a temperaturas suficientes para completar el proceso de hidratación y secar los paneles a un nivel de humedad libre deseado (normalmente un contenido de humedad libre relativamente bajo).

[0013] En función del proceso empleado y del uso esperado de los paneles y otras consideraciones, pueden aplicarse capas, tiras o franjas de lechada adicionales, que comprenden yeso y otros aditivos en las primeras y/o segundas hojas de cubierta para proporcionar propiedades específicas a los paneles acabados, como bordes endurecidos o una cara del panel endurecida. De manera similar, puede añadirse espuma a la lechada del núcleo de yeso y/u otras franjas o tiras de lechada en una o más ubicaciones en el proceso para proporcionar una distribución de vacíos dentro del núcleo de yeso o las partes del núcleo de los paneles acabados.

[0014] Los paneles resultantes pueden cortarse y procesarse para su uso en una variedad de aplicaciones en función del tamaño de panel deseado, la composición de la hoja de cubierta, las composiciones del núcleo, etc. Los paneles de yeso normalmente varían en el espesor desde aproximadamente $\frac{1}{4}$ de pulgada (0,635 cm) a aproximadamente una pulgada (2,54 cm) en función de su uso y aplicación previstos. Los paneles pueden aplicarse a una variedad de elementos estructurales utilizados para crear paredes, techos y otros sistemas similares utilizando uno o más elementos de sujeción, como tornillos, clavos y/o adhesivos.

[0015] En caso de que los paneles de yeso acabados se expongan a temperaturas relativamente altas, como las producidas por llamas o gases a altas temperaturas, algunas porciones del núcleo de yeso pueden absorber suficiente calor para provocar la liberación de agua de los cristales de yeso dihidrato del núcleo. La absorción del calor y la liberación de agua del yeso dihidrato pueden ser suficientes para retrasar la transmisión del calor a través o dentro de los paneles durante un tiempo. A ciertos niveles de temperatura elevados, las llamas o gases a alta temperatura también pueden provocar cambios de fase en el núcleo de yeso y en el reordenamiento de las estructuras cristalinas. Dichas temperaturas pueden provocar, además, el derretimiento u otra complejación de las sales e impurezas de las estructuras cristalinas del núcleo de yeso. El calor absorbido por el núcleo de yeso como resultado de dichas llamas o gases a altas temperaturas, asimismo, puede ser suficiente para recalcar partes del núcleo, en función de las temperaturas de la fuente de calor y el tiempo de exposición.

[0016] Más específicamente, cuando se calienta a 212 °F (100 °C), el núcleo de yeso experimenta una reacción de descomposición en la que se elimina un 75 % del agua cristalina como vapor a medida que el yeso se convierte en hemihidrato, según la ecuación 1, mostrada a continuación:



- 5 Con un calentamiento mayor, a 250 °F (120 °C) se elimina el agua cristalina restante, a medida que el hemihidrato se convierte en anhidrita, que es sulfato de calcio, (Ec. 2):



- 10 En el momento en que el núcleo alcance 392 °F (200 °C), la totalidad del yeso se convierte en la fase anhidrita. Estas temperaturas de transición son aproximadas y pueden variar en función de las impurezas o aditivos del yeso. Las temperaturas de deshidratación que se necesitan para provocar las reacciones [1] y [2] ascienden a 390 Btu/lb (906 kJ/kg). Esta energía absorbida por las reacciones de cambio de fase y el calor evacuado por el vapor que se produce sirven de disipador térmico y son responsables de gran parte de la calidad exclusiva del yeso como material de protección contra el fuego. Por ejemplo, hacen falta más de siete veces más de energía para calentar el yeso desde 75 °F hasta 400 °F (24 hasta 204 °C) que lo que se necesita para calentar una masa equivalente de hormigón.

- 15 **[0017]** A medida que se calcina el yeso, absorbiendo y disipando energía térmica en el proceso, el volumen de la matriz de cristal se contrae. La cantidad de contracción depende de la composición original del yeso, que incluirá diversas impurezas del depósito mineral del que se extrae o aditivos del proceso de fabricación. Se suele suponer que la mayoría de la contracción se produce durante las reacciones de deshidratación [1] y [2], a medida que el yeso se convierte en anhidrita.

[0018] La contracción del núcleo de yeso influye en el rendimiento de los paneles de yeso en presencia de llamas o gases a altas temperaturas. Cuando mayor sea la contracción, más difícil será alcanzar un nivel determinado de rendimiento de resistencia al fuego. Esto puede agravarse o aminorarse en función del propio conjunto de edificio.

- 25 **[0019]** Las grietas de contracción se producen puesto que el panel de yeso tiene movimiento limitado en el plano del panel por su unión en el conjunto de edificio a marcos u otras estructuras de soporte. Si el conjunto de edificio se desvía del fuego, el panel por el lado expuesto al fuego se comprime a medida que se deforma y toma la forma de una superficie cóncava. Las consecuencias de la contracción se reducen a medida que el panel se comprime lateralmente y longitudinalmente a lo largo de su longitud y anchura. Esto ocurre con las paredes de montantes de madera, en las que los montantes se queman y se debilitan por el lado expuesto al fuego, lo que provoca que se desvíen del fuego bajo la carga vertical impuesta en la estructura.

- 30 **[0020]** Por el contrario, si el conjunto de edificio se desvía hacia el fuego, hará que el panel por el lado expuesto al fuego se convierta en una superficie convexa en tensión. La sensibilidad al agrietamiento producido por la contracción aumenta, puesto que el movimiento de la estructura tira del panel. Esto ocurre en paredes con marcos de acero ligeras, en las que los montantes de metal se calientan y se expanden principalmente por el lado expuesto al fuego, así como en conjuntos de tejado-techo y de suelo-techo, en los que las cargas por gravedad provocan que el conjunto se desvíe en sentido descendente a medida que se debilita debido al fuego de la parte inferior. El impacto total en la resistencia al fuego del conjunto depende de los índices relativos de contracción y desviación.

- 35 **[0021]** Los paneles de yeso pueden experimentar una contracción de las dimensiones del panel en una o más direcciones como resultado de algunos o todos estos efectos del calentamiento por altas temperaturas, y dicha contracción puede provocar fallos en la integridad estructural de los paneles. Cuando los paneles están unidos a una pared, techo u otros conjuntos de estructuras, la contracción del panel puede dar lugar a la separación de los paneles de otros paneles instalados en los mismos conjuntos, y de sus soportes y, en algunos casos, provocar el colapso de los paneles o de los soportes (o ambos). Como resultado, el aire calentado a temperaturas elevadas puede pasar hacia dentro o a través de una estructura de pared o de techo.

- 40 **[0022]** Tal y como se ha explicado anteriormente, los paneles de yeso resisten los efectos de temperaturas relativamente elevadas durante un periodo de tiempo, que pueden retrasar intrínsecamente el paso de altos niveles de calor a través o entre los paneles, y hacia dentro (o a través) de sistemas que los utilicen. Los paneles de yeso a los que se hace referencia como ignífugos o "resistentes al fuego" normalmente se formulan para aumentar la capacidad de los paneles de retrasar el paso de calor a través de estructuras de pared o de techo, y desempeñan una función importante a la hora de controlar la propagación del fuego en edificios. Como resultado, las autoridades del código de construcción y otras entidades públicas y privadas implicadas normalmente

establecen rigurosos estándares para el rendimiento de la resistencia al fuego de los paneles de yeso resistentes al fuego.

5 **[0023]** La capacidad de los paneles de yeso para resistir el fuego y el calor extremo asociado puede evaluarse llevando a cabo pruebas adecuadas. Algunos ejemplos de dichas pruebas que se utilizan de manera rutinaria en el sector de la construcción incluyen las publicadas por Underwriters Laboratories ("UL"), como los protocolos y procedimientos de ensayo UL U305, U419 y U423, además de procedimientos descritos en la especificación E119, publicados por la American Society for Testing and Materials (ASTM). Dichas pruebas pueden comprender la construcción de conjuntos de prueba utilizando paneles de yeso, normalmente en una aplicación de una única capa de los paneles en cada cara de una estructura de pared compuesta por montantes de acero o de madera.

10 En función de la prueba, el conjunto puede o puede no estar sujeto a fuerzas de carga. La cara de un lado del conjunto está expuesta a temperaturas en aumento durante un periodo de tiempo de acuerdo con una curva de calentamiento, tales como las que se requieren en los procedimientos de ensayo UL U305, U419 y U423 y en los procedimientos ASTM E119.

15 **[0024]** Las temperaturas aproximadas del lado calentado y las temperaturas de la superficie del lado sin calentar del conjunto se monitorizan durante las pruebas para calcular las temperaturas experimentadas por los paneles de yeso expuestos y el calor transmitido a través del conjunto a los paneles que no están expuestos. Las pruebas se terminan cuando hay uno o más fallos estructurales de los paneles y/o cuando las temperaturas del lado que no está expuesto del conjunto superan un umbral predeterminado. Normalmente, estas temperaturas de umbral se basan en la temperatura máxima en cualquiera de dichos sensores y/o la media de las temperaturas detectadas por los sensores en la cara de los paneles de yeso no expuestos.

20

[0025] Los procedimientos de ensayo, como los que se exponen en UL U305, U419 y U423 y ASTM E119, están dirigidos a una resistencia del conjunto a la transmisión del calor a través del conjunto en su totalidad. Las pruebas también proporcionan, en un aspecto, una medida de la resistencia de los paneles de yeso utilizados en el conjunto a la contracción en la dirección x-y (ancho y largo) cuando el conjunto se somete a un calentamiento por altas temperaturas. Dichas pruebas también proporcionan una medida de la resistencia de los paneles a pérdidas en la integridad estructural que dan lugar a huecos o espacios abiertos entre paneles en un conjunto de pared, con el paso resultante de temperaturas elevadas hacia las cavidades interiores del conjunto. En otro aspecto, las pruebas proporcionan una medida de la capacidad de los paneles de yeso de resistir la transmisión de calor a través de los paneles y el conjunto. Se cree que dichas pruebas reflejan la capacidad del sistema especificada para proporcionar a los ocupantes del edificio y a los bomberos/sistemas de control de incendios, respectivamente, una pequeña oportunidad para hacer frente o escapar en caso de incendio.

25

30

[0026] En el pasado, se emplearon varias estrategias para mejorar la resistencia al fuego de los paneles de yeso resistentes al fuego. Por ejemplo, se han utilizado núcleos de panel más gruesos y densos para aumentar la presencia tanto de agua como de yeso en los paneles, de tal forma que se mejora su capacidad de servir como disipador térmico, de reducir la contracción de panel y de aumentar la estabilidad y la resistencia estructurales de los paneles. De forma alternativa o además de aumentar la densidad de los núcleos de panel, varios ingredientes, incluidas la fibra de vidrio y otras fibras, se han incorporado en los núcleos de yeso para aumentar la resistencia al fuego de los paneles de yeso al aumentar la resistencia a la tracción de los núcleos de los paneles y al distribuir las tensiones de contracción a lo largo de las matrices de núcleo. De forma similar, cantidades de determinadas arcillas, como las que miden menos de aproximadamente un micrómetro, y sílice coloidal o aditivos de alúmina, como los que miden menos de un micrómetro, se han utilizado en el pasado para proporcionar un aumento de la resistencia al fuego (y resistencia a la contracción por altas temperaturas) en los núcleos de los paneles de yeso.

35

40

[0027] En la técnica, sin embargo, se ha creído que la reducción del peso y/o la densidad de los paneles de yeso al reducir la cantidad de yeso en el núcleo afectaría de manera adversa tanto la integridad estructural de los paneles como su resistencia al fuego y a las condiciones de calentamiento elevadas.

45

[0028] Otro enfoque empleado en el pasado para mejorar la resistencia al fuego de los paneles de yeso resistentes al fuego ha sido añadir vermiculita sin dilatar (también denominada mineral de vermiculita) y fibra de vidrio o mineral al núcleo de los paneles de yeso. En dichos enfoques, se espera que la vermiculita se dilate en condiciones de calor para compensar la contracción de los componentes de yeso del núcleo. Se creía que las fibras de vidrio/minerales pueden mantener unidas las partes del yeso secado. Dicho enfoque se analiza en los documentos de patente estadounidense con n.º 2,526,066 y 2,744,022. No obstante, ambas referencias dependen de un núcleo de alta densidad para proporcionar suficiente yeso para que sirva de disipador térmico. En ellas, se da a conocer la preparación de paneles de yeso con un espesor de 1,27 cm (½ pulgada) con un peso de 9,8 a 11,2 kg/m² (2 a 2,3 libras por pie cuadrado (2000 a 2300 libras por mil pies cuadrados ("lb/msf"))) y densidades de 0,8 g/m³ (aproximadamente 50 libras por pie cúbico ("pcf")) o superiores. La patente '022, además, tenía como objetivo aumentar el contenido de yeso (y, por consiguiente, la densidad y el peso) de los paneles expuestos en la patente '066 y reducir el contenido de fibra de vidrio/mineral de esos paneles para

50

55

proporcionar una capacidad todavía mayor de disipación del calor del yeso. Referencias como la patente '022 reconocen además que las propiedades expansivas de la vermiculita, a menos que esté limitada, darían como resultado el astillamiento (es decir, la fragmentación, descascarillado o descamación) del núcleo y la destrucción de un conjunto de pared hecho con paneles que contienen vermiculita en un periodo de tiempo relativamente corto en condiciones de temperaturas elevadas.

[0029] En otro ejemplo, en la patente estadounidense 3,454,456 se describe la introducción de vermiculita sin dilatar en el núcleo de los paneles de yeso resistentes al fuego para resistir la contracción de los paneles. La patente '456 también se basa en una densidad y un contenido de yeso relativamente altos para proporcionar una capacidad de disipación térmica deseada. En la patente '456, se dan a conocer pesos de panel para paneles de yeso acabados de 1,27 cm (½ pulgada) con un peso mínimo de 9,4 kg/m² (aproximadamente 1925 lb/msf) y una densidad de 0,74 g/m³ (aproximadamente 46 pcf). Esta es una densidad comparable con paneles de yeso mucho más gruesos y pesados de 5/8 pulgadas de espesor (10,6 a 11,2 kg/m² (aproximadamente 2175 a 2300 lb/msf)) ofrecidos en la actualidad en el mercado para aplicaciones de resistencia al fuego.

[0030] En la patente '456, también se expone que la utilización de vermiculita en un núcleo de un panel de yeso para aumentar la resistencia al fuego del panel está sujeta a limitaciones significativas. Por ejemplo, en la patente '456, se indica (al igual que en la patente '022) que la expansión de la vermiculita dentro del núcleo puede hacer que el núcleo se desintegre debido al astillamiento y a otros efectos destructivos. En la patente '456, también se expone que las partículas de vermiculita sin dilatar pueden debilitar también la estructura del núcleo de manera que el núcleo se vuelve débil, blando y quebradizo. En la patente '456, se pretende afrontar dichas limitaciones significativas inherentes al uso de la vermiculita en paneles de yeso empleando una vermiculita sin dilatar "única" con una distribución del tamaño de partículas relativamente pequeña (más del 90 % de las partículas sin dilatar son más pequeñas que un tamaño de malla 50 (aberturas de aproximadamente 0,0117 pulgadas (0,297 mm), con menos del 10 % con un tamaño de algo más de malla 50). Al parecer, este enfoque inhibe los efectos adversos de la dilatación de la vermiculita en el panel, tal como se explicó en la columna 2, l. 52-72 de la patente '456.

[0031] En otro enfoque, en el documento de patente estadounidense con n.º 3,616,173, se tienen como objetivo paneles de yeso resistentes al fuego con un espesor de ½ pulgada y con un núcleo de yeso caracterizado por la patente '173 como con un peso más ligero o una densidad inferior. En la patente '173, se distinguían sus paneles de los paneles de 1,27 cm (1/2 pulgada) de la técnica anterior, que pesaban 9,8 kg/m² (aproximadamente 2000 lb/msf) o más y que presentaban densidades del núcleo de más de 0,77 g/cm³ (aproximadamente 48 pcf). Por tanto, en la patente '173 se dan a conocer paneles con una densidad de o superior a 0,56 g/cm³ (aproximadamente 35 pcf) y, preferiblemente, de 0,64 g/cm³ a 0,8 g/cm³ (aproximadamente 40 pcf a aproximadamente 50 pcf). En la patente '173, se consiguen las densidades de núcleo expuestas mediante la incorporación de cantidades considerables de material inorgánico con partículas pequeñas de, bien arcilla, bien sílice coloidal o alúmina coloidal en su núcleo de yeso, además de fibras de vidrio en cantidades requeridas para evitar la contracción de sus paneles de yeso en condiciones de altas temperaturas.

[0032] También se han hecho otros esfuerzos para aumentar la resistencia e integridad estructural de los paneles de yeso y reducir el peso del panel por varios medios. Véanse, por ejemplo, los documentos de patente estadounidenses 7,731,794 y 7,736,720, y las publicaciones de solicitud de patente estadounidenses 2007/0048490 A1, 2008/0090068 A1 y 2010/0139528 A1. Sin embargo, dichos esfuerzos no se han considerado como suficientes para hacer que los paneles de poco peso sean suficientemente resistentes a las condiciones de incendio y de temperaturas elevadas.

[0033] En muchas aplicaciones, la provisión de dichos paneles de yeso de poco peso con la capacidad de resistir los efectos de temperaturas relativamente elevadas o de condiciones de fuego para retrasar el paso del nivel de calor a través de dichos paneles durante hasta media hora constituiría una contribución importante en la técnica. No obstante, por lo general, se ha creído que la reducción notoria de la densidad del núcleo de los paneles de yeso reducirá tanto las propiedades de resistencia como la integridad estructural de los paneles, así como también reducirá su capacidad de retrasar el paso del calor a través de los paneles durante al menos media hora. Más en particular, los paneles que se espera que tengan una resistencia y una integridad estructural bajas y, de forma intencionada, un contenido de yeso bajo, son de interés particular en estas aplicaciones, puesto que se ha esperado que fueran excesivamente vulnerables a las fuerzas de contracción y otras tensiones provocadas por el contacto con temperaturas relativamente elevadas o condiciones de incendio e ineficaces en la absorción y bloqueo del calor asociado a dichas condiciones.

[0034] Sin embargo, es bien sabido que la reducción del peso de un panel de yeso facilita su transporte y lo hace más económico, así como también facilita su manejo e instalación. Por consiguiente, si pudiera prepararse un panel de yeso de poco peso y, por lo tanto, de poca densidad, que tuviera un buen rendimiento en aplicaciones que requieren resistencia al fuego y al calor extremo sin contar con aditivos como la vermiculita, la arcilla, la sílice

coloidal o la alúmina coloidal, esto representaría una ventaja importante en el sector de los paneles de yeso resistentes al fuego.

5 **[0035]** Finalmente, se observa que en ausencia de aditivos resistentes al agua, cuando se sumergen en agua, el yeso fraguado puede absorber hasta el 50 % de su peso en agua. Y, cuando los paneles de yeso, incluidos los paneles de yeso resistentes al fuego, absorben agua, se hinchan, se deforman y pierden resistencia, lo que puede degradar sus propiedades de resistencia al fuego. Los paneles resistentes al fuego de poco peso y densidad tienen muchos más vacíos de agua y/o aire que los paneles resistentes al fuego convencionales, que pesan más. Podría esperarse que estos vacíos aumentaran el índice y la magnitud de la absorción de agua, de tal forma que hagan que dichos paneles resistentes al fuego de poco peso absorban más agua que los paneles resistentes al fuego convencionales, que pesan más.

[0036] En el pasado, se han realizado muchos intentos para mejorar la resistencia al agua de los paneles de yeso, en general. A la lechada utilizada, se le han añadido varios hidrocarburos, como cera, resinas y asfalto, para hacer los paneles con el fin de impartir resistencia al agua a los paneles fraguados. También es ampliamente conocida la utilización de siloxanos con esta finalidad.

15 **[0037]** Si bien la utilización de siloxanos en las lechadas de yeso constituye un medio útil para impartir resistencia al agua a los paneles acabados al formar resinas de silicona *in situ*, no se esperaría que los siloxanos protegieran suficientemente los paneles de poco peso y densidad. En consecuencia, en la técnica se necesita un método de producción de paneles de yeso resistentes al fuego de poco peso y densidad con una resistencia al agua mejorada a un coste razonable al aumentar la resistencia al agua impartida normalmente por los siloxanos.

20 **SUMARIO DE LA INVENCION**

[0038] Un panel de yeso de poco peso y poca densidad ilustrativo, no acorde a la presente invención, es una mejora de lo descrito en la solicitud de patente estadounidense anterior con n.º 12/795,125 en trámite junto con la presente. En la invención de la solicitud '125, se incluye una lechada para crear paneles de yeso de poca densidad, que puede incluir estuco, dispersante, un componente con fosfato y almidón pregelatinizado. El dispersante puede estar presente en una cantidad de aproximadamente entre un 0,1 % y un 3,0 % en peso a partir del peso del estuco seco. El almidón pregelatinizado puede estar presente en una cantidad de al menos aproximadamente un 0,5 % en peso hasta un 10 % en peso a partir del peso del estuco seco en la formulación. El componente con fosfato puede estar presente en una cantidad de al menos aproximadamente un 0,12 % en peso a partir del peso del estuco. Otros aditivos de la lechada pueden incluir aceleradores, aglutinantes, fibras de papel o de vidrio y otros componentes conocidos. La invención también comprende los paneles de yeso de poco peso y poca densidad elaborados con dichas lechadas.

[0039] En algunos aspectos ilustrativos no acordes a la presente invención, un panel de yeso de poco peso y poca densidad con un espesor nominal de 1,6 cm (5/8 pulgadas), que es mucho más ligero y menos denso que los paneles de yeso con un espesor nominal de 1,6 cm (5/8 pulgadas) normalmente utilizados en aplicaciones de construcción, presenta la capacidad de retrasar el paso de un nivel de calor elevado a través del panel durante más de media hora, así como métodos para fabricar dichos paneles. En algunos de dichos aspectos, el panel (núcleo más hojas de cubierta) presenta una densidad de entre 430 y 592 kg/m³ (aproximadamente entre 27 y 37 libras por pie cúbico ("pcf")), preferiblemente entre 464 y 544 kg/m³ (aproximadamente entre 29 y aproximadamente 34 pcf) y más preferiblemente entre 480 y 512 kg/m³ (aproximadamente entre 30 y aproximadamente 32 pcf), dispuesto entre dos hojas de cubierta considerablemente paralelas. En dichos aspectos, el peso de un panel de aproximadamente 1,6 cm (5/8 pulgadas) de acuerdo con la invención es inferior a aproximadamente 1900 lb/msf, preferiblemente inferior a 8,5 kg/m³ (aproximadamente 1740 lb/msf) y, más preferiblemente, inferior a 8 kg/m³, aproximadamente 1640 lb/msf.

[0040] En todavía otros aspectos ilustrativos, la formulación para paneles de poco peso y densidad no acorde con la invención, así como los métodos para realizarlos, proporcionan a los paneles de yeso las propiedades mencionadas anteriormente de resistencia al fuego, una densidad inferior a aproximadamente menos que 592 kg/m³ (aproximadamente 37 pcf), preferiblemente inferior a 544 kg/m³ (aproximadamente 34 pcf) y, más preferiblemente, inferior a 512 kg/m³ (aproximadamente 32 pcf), y una resistencia a la extracción de clavos que cumple las normas de ASTM C 1396/C 1396/M-09. Más en particular, en algunos modos de realización de la invención, dichos paneles presentan una resistencia a la extracción de clavos de al menos 39,5 kg (87 lb).

[0041] En algunos otros modos de realización no acordes a la presente invención, se proporciona una composición de núcleo de yeso fraguado para un panel resistente al fuego de 1,6 cm (5/8 pulgadas) nominales utilizando una lechada que contiene yeso que comprende al menos agua, estuco y los demás componentes identificados a continuación. En uno de dichos modos de realización, el núcleo de yeso fraguado tiene una densidad de entre 400 y 576 kg/m³ (aproximadamente entre 25 y 36 pcf) y el núcleo comprende estuco en una cantidad de entre 5 y 7,3 kg/m² (aproximadamente entre 1040 lbs/msf y aproximadamente 1490 lbs/msf); almidón

pregelatinizado entre aproximadamente un 0,3 % y aproximadamente un 4 % en peso del estuco; fibra de vidrio, mineral o de carbono entre aproximadamente un 0,1 % y aproximadamente 0,3 % en peso del estuco, y fosfato entre aproximadamente un 0,15 % y aproximadamente un 0,5 % en peso del estuco. (A menos que se indique lo contrario, los porcentajes del componente del núcleo de yeso se expresan en peso a partir del peso del estuco utilizado para preparar la lechada del núcleo).

[0042] En otros aspectos ilustrativos, un núcleo de yeso no acorde al panel de la invención presenta una densidad de entre 430 y 528 kg/m³ (entre aproximadamente 27 y aproximadamente 33 libras por pie cúbico), así como un peso de núcleo de yeso fraguado de entre 6,4 y 7,9 kg/m² (entre aproximadamente 1315 y aproximadamente 1610 libras lb/msf). En dichos aspectos, el núcleo de yeso también comprende entre aproximadamente un 0,5 % y aproximadamente un 2,0 % de almidón pregelatinizado, entre aproximadamente un 0,1 % y aproximadamente un 0,3 % de fibra de vidrio, mineral o de carbono; estuco y entre aproximadamente un 0,01 % y aproximadamente un 0,15 % de fosfato.

[0043] En la presente invención, también se incluye la preparación y la utilización de paneles de yeso con un espesor nominal de 1,9 cm (¾ pulgadas). Dichos paneles tendrán niveles de componentes a aproximadamente un 120 % de los valores establecidos anteriormente. Asimismo, su capacidad para resistir condiciones de incendio y de temperaturas elevadas se encontrará a un nivel de al menos aproximadamente un 120 % del de los paneles con un espesor nominal de 1,6 cm (5/8 pulgadas). Otros aspectos y variaciones de los paneles de la invención y de las formulaciones de núcleo se analizan a continuación en el presente documento.

[0044] Otros aditivos convencionales también pueden emplearse en cada uno de los aspectos de las lechadas de núcleo y composiciones de núcleo de yeso dadas a conocer en el presente documento, en cantidades usuales, para impartir propiedades deseables al núcleo y para facilitar su fabricación. Ejemplos de tales aditivos son los siguientes: aceleradores de fraguado, retardadores de fraguado, inhibidores de la deshidratación, aglutinantes, adhesivos, ayudantes de dispersión, agentes niveladores o no niveladores, espesantes, bactericidas, fungicidas, reguladores del pH, colorantes, repelentes de agua, rellenos y mezclas de los mismos.

[0045] En los aspectos mencionados anteriormente y otros aspectos de los paneles de la invención dados a conocer en el presente documento, así como en los métodos para fabricarlos, se añade espuma acuosa a la lechada del núcleo en una cantidad eficaz para proporcionar las densidades del núcleo de yeso deseadas, mediante la utilización de los métodos que se analizan a continuación. La adición del componente de espuma a la lechada del núcleo da lugar a una distribución de vacíos y de tamaños de vacío que contribuyen a una o más propiedades de resistencia del panel y/o núcleo. De manera similar, pueden aplicarse capas, tiras o franjas de lechada adicionales, que comprenden yeso y otros aditivos (que pueden tener una densidad aumentada en relación con otras partes del núcleo) a las primeras o segundas hojas de cubierta para proporcionar propiedades específicas al panel acabado, tales como bordes más duros o una cara de panel endurecida.

[0046] Otro aspecto ilustrativo no acorde a la invención comprende un método de fabricación de paneles de yeso que son capaces de retrasar el paso del nivel de calor a través de los paneles durante aproximadamente media hora o más, en el caso en que el componente del núcleo de yeso fraguado esté formado a partir de una lechada acuosa que contiene yeso calcinado. En este aspecto, la lechada comprende almidón pregelatinizado, dispersantes, fosfatos, fibras minerales/de vidrio/de carbono, espuma y otros aditivos, estuco y agua en una proporción de peso agua/estuco de aproximadamente 0,6 a aproximadamente 1,2, preferiblemente aproximadamente 0,8 a aproximadamente 1,0 y, más preferiblemente, aproximadamente 0,9. La lechada del núcleo se deposita, a continuación, como una franja continua y se distribuye sobre una cinta continua de una primera hoja de cubierta. Una cinta continua de una segunda hoja de cubierta se coloca, a continuación, sobre la lechada depositada para crear un panel de yeso generalmente continuo con un espesor aproximado deseado de 1,6 cm (o 1,9 cm) (5/8 pulgadas (o 3/4 pulgadas)). El panel de yeso generalmente continuo se corta en paneles individuales de una longitud deseada después de que la lechada que contiene yeso calcinado se haya endurecido (por hidratación del yeso calcinado para formar una matriz continua de yeso fraguado) lo suficiente para cortar, y los paneles de yeso resultantes se secan.

[0047] La necesidad de un catalizador y un método para producir paneles de yeso resistentes al fuego con una resistencia al agua mejorada a un coste razonable se cumple o se supera mediante los modos de realización ilustrativos, en los que la polimerización del siloxano se acelera y, en algunos casos, la cantidad de siloxano que se necesita para cumplir con las especificaciones de ASTM 1398 puede reducirse.

[0048] Más específicamente, la polimerización del siloxano se mejora con una lechada que incluye estuco, ceniza volante de clase C, óxido de magnesio, una emulsión de siloxano y agua, y más de un 2,0 % en peso a partir del peso del estuco de almidón pregelatinizado. Esta lechada se utiliza en un método de fabricación de paneles de yeso resistentes al agua/al fuego que incluye la fabricación de una lechada de una emulsión de siloxano, almidón pregelatinizado y agua combinando, a continuación, la lechada con una mezcla en seco de estuco, óxido de magnesio y ceniza volante de clase C. A continuación, se utiliza la lechada para fabricar los

paneles de yeso tal y como se ha descrito anteriormente. El producto resultante es útil para la fabricación de un panel de yeso resistente al agua y al fuego que tiene un núcleo que incluye matrices entrelazadas de cristales de sulfato de calcio dihidratado y una resina de silicona, donde las matrices entrelazadas tienen dispersado a lo largo de las mismas un catalizador que comprende óxido de magnesio y componentes de una ceniza volante de clase C.

[0049] La mezcla de óxido de magnesio y ceniza volante de clase C cataliza la polimerización del siloxano para acelerar el desarrollo de la resistencia al agua en el producto fabricado a partir de la lechada. Los paneles de yeso resistentes al agua y al fuego fabricados de esta manera no necesitan almacenarse durante largos periodos de tiempo esperando la finalización de las reacciones de polimerización del siloxano.

[0050] La utilización de este catalizador también aumenta el alcance de la reacción, lo que da lugar a una resistencia al agua mejorada. Puede conseguirse una absorción de agua inferior a un 5 % en peso mediante la utilización de la combinación de ceniza volante y de magnesia. Por tanto, además de provocar la aceleración de la reacción de polimerización, este catalizador también permite que el siloxano se polimerice de forma más completa, lo que permite que la cantidad de siloxano se reduzca en algunos casos. Puesto que el siloxano es uno de los aditivos de panel más caros, la reducción del nivel de uso da lugar a un ahorro en el coste de las materias primas.

[0051] Otra ventaja de la presente invención es la estabilidad dimensional de los paneles. Algunos compuestos utilizados para catalizar esta reacción provocan una expansión considerable a medida que se secan los paneles. A medida que se expande el interior de los paneles, esto provoca un agrietamiento en la superficie exterior, que la daña. La utilización de ceniza volante y óxido de magnesio da lugar a una dilatación muy pequeña y a muy poco agrietamiento en los paneles acabados. También se ha descubierto, de forma inesperada, que la resina de silicona polimerizada disminuye la contracción del panel en condiciones de calentamiento elevadas.

[0052] Este catalizador combinado de ceniza volante y magnesia también permite una polimerización satisfactoria utilizando un rango amplio de grados de óxido de magnesio. Aunque en la técnica anterior se expone solo que la magnesia calcinada a muerte es adecuada para servir de catalizador para la polimerización del siloxano, cuando se combina con ceniza volante, se puede utilizar incluso óxido de magnesio calcinado duro o calcinado suave. Esta característica permite a los fabricantes de paneles de yeso libertad adicional en la selección de fuentes de óxido de magnesio para utilizar en la lechada.

[0053] Por último, el almidón pregelatinizado superior a un 2,0 % en peso trabaja conjuntamente con el siloxano para conseguir una buena resistencia al agua. Si bien se cree que la combinación de siloxano/almidón pregelatinizado alto ralentiza la entrada de agua a través de los microporos de los bordes del panel, en primer lugar, bloqueando la entrada de agua y, a continuación, tras la demanda de agua por parte del almidón al formar una combinación muy viscosa de almidón/agua, no se pretende ceñirse a esta teoría.

[0054] El sumario de la invención anterior no pretende limitar el alcance de la invención, tal como observa un experto en la materia. Otros aspectos y modos de realización de la invención se dan a conocer a continuación y en las figuras adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0055] Las figuras enumeradas y expuestas a continuación con detalle, a menos que se exponga de otro modo expresamente, son ejemplos de, y no limitan, la invención expuesta en el presente documento.

En la figura 1, se presenta un gráfico de las temperaturas máximas de un único sensor y un gráfico de la media de las temperaturas del sensor en la superficie no calentada y no expuesta de un conjunto de prueba que utiliza los paneles de la invención sometidos a pruebas contra incendios en las condiciones de U419 tal y como se indica en el ejemplo 8 del presente documento, así como un gráfico de la curva de temperatura de ASTM E119 utilizada para las temperaturas muy elevadas en el lado calentado y expuesto del conjunto de prueba.

En la figura 2, se presenta un gráfico ampliado de los datos de las temperaturas máximas de un único sensor y medias de sensor, que se muestran en la figura 1.

En la figura 3, se presenta un gráfico de las temperaturas máximas de un único sensor y un gráfico de la media de las temperaturas del sensor en la superficie no calentada y no expuesta de un conjunto de prueba que utiliza los paneles de la invención sometidos a pruebas contra incendios en las condiciones de U305 tal y como se indica en el ejemplo 9 del presente documento, así como un gráfico de la curva de temperatura de ASTM E119 utilizada para las temperaturas de horno en el lado calentado y expuesto del conjunto de prueba.

En la figura 4, se presenta un gráfico ampliado de los datos de las temperaturas máximas de un único sensor y de las temperaturas medias de sensor, que se muestran en la figura 3.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

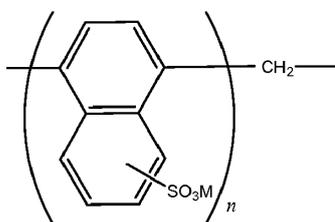
[0056] En algunos modos de realización ilustrativos no acordes a la invención de las solicitudes en trámite conjuntamente, se proporcionan productos que contienen yeso acabados hechos a partir de lechadas que contienen yeso con estuco, almidón pregelatinizado y un dispersante de naftalensulfonato. El dispersante de naftalensulfonato está presente en una cantidad de entre aproximadamente un 0,1 % y un 3,0 % en peso a partir del peso del estuco seco. El almidón pregelatinizado está presente en una cantidad de al menos aproximadamente un 0,5 % en peso hasta un 10 % en peso a partir del peso del estuco seco en la formulación.

Otros ingredientes que pueden utilizarse en la lechada incluyen aglutinantes, fibra de papel, fibra de vidrio y aceleradores. Normalmente, se añade una espuma de jabón a las lechadas que contienen yeso de formulación reciente para reducir la densidad del producto que contiene yeso final, por ejemplo, paneles de yeso.

[0057] Una combinación de entre aproximadamente un 0,5 % en peso hasta aproximadamente un 10 % en peso de almidón pregelatinizado, desde aproximadamente un 0,1 % en peso hasta aproximadamente un 3,0 % en peso de dispersante de naftalensulfonato y un mínimo de al menos aproximadamente un 0,12 % en peso hasta aproximadamente un 0,4 % en peso del componente con fosfato (todo a partir del peso del estuco seco utilizado en la lechada de yeso) aumenta, de forma inesperada y considerable, la fluidez de la lechada de yeso. Esto reduce, de forma considerable, la cantidad de agua requerida para producir una lechada de yeso con una capacidad de fluidez suficiente como para utilizarse en la fabricación de productos que contienen yeso, tales como paneles de yeso. El nivel de sal de trimetafosfato, que es al menos aproximadamente el doble que el de las formulaciones estándar (como trimetafosfato de sodio), se cree que estimula la actividad dispersante del dispersante de naftalensulfonato.

[0058] Los dispersantes de naftalensulfonato utilizados en las solicitudes en trámite conjuntamente incluyen ácido polinaftalensulfónico y sus sales (polinaftalensulfonatos) y derivados, que son productos de condensación de ácidos naftalensulfónicos y formaldehído. Los polinaftalensulfonatos particularmente deseables incluyen naftalensulfonato de sodio y calcio. El peso molecular medio de los naftalensulfonatos puede variar entre aproximadamente 3000 y 27 000, aunque se prefiere que el peso molecular sea de entre aproximadamente 8000 y 10 000. En una solución acuosa con un porcentaje de sólidos determinado, un dispersante con un peso molecular más alto tiene una mayor viscosidad y genera una demanda de agua más alta en la formulación que un dispersante con un peso molecular más bajo. Algunos naftalensulfonatos útiles incluyen DILOFLO, disponible de GEO Specialty Chemicals, Cleveland, Ohio; DAXAD, disponible de Hampshire Chemical Corp., Lexington, Massachusetts; y LOMAR D, disponible de GEO Specialty Chemicals, Lafayette, Indiana. Los naftalensulfonatos se utilizan preferiblemente como soluciones acuosas en el intervalo de entre un 35 % y un 55 % en peso de extracto seco, por ejemplo. Se prefiere más utilizar los naftalensulfonatos en forma de una solución acuosa, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente un 40-45 % en peso de extracto seco. De forma alternativa, cuando sea apropiado, los naftalensulfonatos pueden utilizarse en forma seca sólida o en polvo, como LOMAR D, por ejemplo.

[0059] Los polinaftalensulfonatos útiles en la presente invención tienen la estructura general (I):



(I)

donde n es >2 , y donde M es sodio, potasio, calcio y similares.

[0060] El dispersante de naftalensulfonato, preferiblemente, como una solución en agua de aproximadamente un 45 % en peso, puede utilizarse en un intervalo de entre aproximadamente un 0,5 % y aproximadamente un 3,0 % en peso a partir del peso del estuco seco utilizado en la formulación del compuesto de yeso. Un intervalo más preferido de dispersante de naftalensulfonato va desde aproximadamente un 0,5 % hasta aproximadamente un 2,0 % en peso a partir del peso del estuco seco y el intervalo más preferido desde aproximadamente un 0,7 % hasta aproximadamente un 2,0 % en peso a partir del peso del estuco seco. Por el contrario, los paneles de yeso

conocidos contienen este dispersante a niveles de aproximadamente un 0,4 % en peso, o menos, a partir del peso del estuco seco.

5 **[0061]** Dicho de otro modo, el dispersante de naftalensulfonato, en peso seco, puede utilizarse en un intervalo de entre aproximadamente un 0,1 % y aproximadamente un 1,5 % a partir del peso del estuco seco utilizado en la formulación del compuesto de yeso. Un intervalo más preferido de dispersante de naftalensulfonato, en extracto seco, va desde aproximadamente un 0,25 % hasta aproximadamente un 0,7 % en peso a partir del peso del estuco seco y el intervalo más preferido (en extracto seco) desde aproximadamente un 0,3 % hasta aproximadamente un 0,7 % en peso a partir del peso del estuco seco.

10 **[0062]** La lechada que contiene yeso de las solicitudes en trámite conjuntamente puede contener un componente con fosfato, tal como sal de trimetafosfato, por ejemplo, trimetafosfato de sodio. Puede utilizarse cualquier metafosfato o polifosfato adecuado soluble en agua como el componente con fosfato de conformidad con la presente invención. Se prefiere utilizar una sal de trimetafosfato, incluidas las sales dobles, que son sales de trimetafosfato que tienen dos cationes. Las sales de trimetafosfato particularmente útiles incluyen el trimetafosfato de sodio, el trimetafosfato de potasio, el trimetafosfato de litio, el trimetafosfato de amonio, entre otros, o combinaciones de los mismos. Una sal de trimetafosfato preferida es el trimetafosfato de sodio. Se prefiere utilizar la sal de trimetafosfato en forma de una solución acuosa, por ejemplo, en el rango de un 10 % - 15 % en peso de extracto seco. También se pueden utilizar otros polifosfatos cíclicos o acíclicos, como se describe en la patente estadounidense con n.º 6,409,825 concedida a Yu *et al.*

20 **[0063]** El trimetafosfato de sodio es un aditivo conocido en las composiciones que contienen yeso, aunque se utiliza generalmente en un intervalo de entre aproximadamente un 0,05 % hasta aproximadamente un 0,08 % en peso a partir del peso del estuco seco utilizado en la lechada de yeso. En los modos de realización de la presente invención, el trimetafosfato de sodio (u otro metafosfato o polifosfato solubles en agua) puede estar presente en el rango de entre aproximadamente un 0,12 % hasta un 0,4 % en peso a partir del peso del estuco seco utilizado en la formulación del compuesto de yeso. Un intervalo preferido de trimetafosfato de sodio (u otro metafosfato o polifosfato solubles en agua) va desde aproximadamente un 0,12 % hasta aproximadamente un 0,3 % en peso a partir del peso del estuco seco utilizado en la formulación del compuesto de yeso.

[0064] Existen dos formas de estuco, alfa y beta. Estos dos tipos de estuco se producen con distintos medios de calcinación. En las presentes invenciones, puede utilizarse tanto la forma beta como la forma alfa del estuco.

30 **[0065]** Deben utilizarse almidones, incluido el almidón pregelatinizado en concreto, en lechadas que contienen yeso preparadas de conformidad con las solicitudes en trámite conjuntamente. Un almidón pregelatinizado preferido es el almidón de maíz pregelatinizado, por ejemplo, la harina de maíz pregelatinizada disponible a partir de Bunge Milling, San Luis, Misuri, que presenta el análisis típico siguiente: humedad 7,5 %, proteína 8,0 %, aceite 0,5 %, fibra cruda 0,5 %, ceniza 0,3 %; que presenta una resistencia en verde de 0,48 psi; y que presenta una densidad aparente sin compactar de 560 kg/m³ (35,0 lb/ft³). El almidón de maíz pregelatinizado debería utilizarse en una cantidad de al menos aproximadamente un 0,5 % en peso hasta aproximadamente un 10 % en peso, a partir del peso del estuco seco utilizado en la lechada que contiene yeso.

40 **[0066]** Los presentes inventores también han descubierto que puede obtenerse un aumento inesperado de la resistencia en seco (particularmente en los paneles de yeso) mediante la utilización de al menos aproximadamente un 0,5 % en peso hasta aproximadamente un 10 % en peso de almidón pregelatinizado (preferiblemente almidón de maíz pregelatinizado) en presencia de aproximadamente un 0,1 % en peso hasta un 3,0 % en peso de dispersante de naftalensulfonato (niveles de almidón y naftalensulfonato a partir del peso del estuco seco presente en la formulación). Este resultado inesperado puede obtenerse esté presente o no el metafosfato o el polifosfato solubles en agua.

45 **[0067]** Asimismo, se descubrió, de forma inesperada, que el almidón pregelatinizado puede utilizarse en niveles de al menos 49 g/m² (aproximadamente 10 lb/MSF) o superiores, en los paneles de yeso secos, pero puede obtenerse una gran resistencia y un peso bajo. Se ha demostrado que unos niveles tan elevados de almidón pregelatinizado de 171 hasta 220 g/m² (35-45 lb/MSF) en los paneles de yeso son eficaces.

50 **[0068]** Otros almidones útiles incluyen los almidones modificados con ácido, como la harina de maíz modificada con ácido disponible como HI-BOND, de Bunge Milling, San Luis, Misuri. Este almidón presenta el análisis típico siguiente: humedad 10,0 %, aceite 1,4 %, solubles 17,0 %, fluidez alcalina 98,0 %, densidad aparente sin compactar 30 lb/ft³ y una lechada del 20 %, que produce un pH de 4,3. Otro almidón útil es el almidón de trigo no pregelatinizado, como ECOSOL-45, disponible a partir de ADM/Ogilvie, Montreal, Quebec, Canadá.

55 **[0069]** Otro resultado inesperado puede alcanzarse cuando la combinación de dispersante de naftalensulfonato y sal de trimetafosfato se combina con almidón de maíz pregelatinizado y, de forma opcional, con fibra de papel o fibra de vidrio. Los paneles de yeso hechos a partir de formulaciones que contienen estos tres ingredientes han

5 aumentado la resistencia y han reducido el peso, y son más deseables en términos económicos debido a los requisitos de agua reducidos en su fabricación.

10 **[0070]** Se pueden utilizar aceleradores en las composiciones que contienen yeso de la presente invención, como se describe en la patente estadounidense con n.º 6,409,825 concedida a Yu *et al.* Un acelerador resistente al calor deseable (HRA, por sus siglas en inglés) puede realizarse a partir de la molienda en seco de yeso natural (sulfato de calcio dihidratado). Se pueden utilizar cantidades pequeñas de aditivos (normalmente aproximadamente un 5 % en peso) tales como azúcar, dextrosa, ácido bórico y almidón para realizar este HRA. Actualmente, se prefiere el azúcar o la dextrosa. Otro acelerador útil es el "acelerador estabilizado de clima" o "acelerador estable de clima" (CSA, por sus siglas en inglés) como se describe en la patente estadounidense con n.º 3,573,947.

15 **[0071]** Los aspectos ilustrativos descritos a continuación no pretenden ser exhaustivos o limitar la invención a las composiciones, conjuntos, métodos y operaciones específicos expuestos en el presente documento. En su lugar, los aspectos y modos de realización descritos de la invención se han elegido para explicar los principios de la invención y su aplicación, funcionamiento y uso con el fin de permitir que los expertos en la materia sigan mejor lo descrito.

20 **[0072]** En la presente invención, se proporcionan combinaciones de estuco y otros ingredientes indicados, de los cuales se establecen ejemplos en la tabla I, a continuación. Estas formulaciones proporcionan paneles de yeso resistentes al fuego, con poco peso y densidad, con propiedades de resistencia al fuego deseadas que anteriormente no se creían factibles para paneles de yeso de tales densidades y pesos bajos. Los paneles de la presente invención también proporcionan una resistencia a la extracción de clavos adecuada para una variedad de propósitos de construcción y, en algunos aspectos, tales propiedades pueden compararse con paneles comerciales resistentes al fuego mucho más pesados y densos. En algunos otros aspectos, cuando se utilizan en paredes u otros conjuntos, tales conjuntos presentan tienen un rendimiento en los ensayos de resistencia al fuego comparables con conjuntos fabricados con paneles comerciales resistentes al fuego más pesados y densos.

25 **[0073]** De acuerdo con la presente invención, la formulación y el método de la presente invención proporcionan paneles de yeso de 1,6 cm (5/8 pulgadas de espesor) con una densidad de panel (núcleo más hojas de cubierta) de entre 430 y 592 kg/m³ (aproximadamente entre 27 y aproximadamente 37 pcf). En otros aspectos ilustrativos preferidos no acordes a la presente invención, las densidades de panel van desde 464 hasta 544 kg/m³ (entre aproximadamente 29 pcf y aproximadamente 34 pcf) o desde 480 hasta 512 kg/m³ (entre aproximadamente 30 y aproximadamente 32 pcf). Dichos paneles de la invención ofrecen propiedades resistentes al fuego comparables con paneles de yeso mucho más pesados y densos.

30 **[0074]** En otro aspecto ilustrativo no acorde a la presente invención, se proporciona un método para fabricar paneles de yeso resistentes al fuego preparando una lechada acuosa que contiene yeso calcinado con los componentes expuestos en el presente documento, donde el yeso calcinado (al que también se hace referencia como estuco) y el agua se utilizan para crear una lechada acuosa en una relación de peso agua/estuco preferida de aproximadamente 0,6 a aproximadamente 1,2 en un aspecto, aproximadamente 0,8 a aproximadamente 1,0 en otro aspecto, y aproximadamente 0,9 en todavía otro aspecto. La lechada se deposita como una franja continua en una cinta continua de hoja de cubierta de papel, fibra de vidrio sin tejer u otros materiales fibrosos o una combinación de materiales fibrosos. Una segunda de dicha hoja de cubierta continua se sitúa después sobre la franja de lechada depositada para formar un panel de yeso continuo con una anchura y espesor deseados. El panel de yeso continuo se corta en una longitud deseada después de que la lechada que contiene yeso calcinado se haya endurecido (por hidratación del yeso calcinado para formar una matriz continua de yeso calcinado) lo suficiente para cortar, y los paneles de yeso resultantes se secan. Los paneles secados, además, pueden someterse a unas etapas de corte, moldeo y despiece adicionales.

35 **[0075]** En otros aspectos ilustrativos no acordes a la presente invención, una capa de yeso con una densidad más alta puede formarse en o alrededor de la primera hoja de cubierta y/o a lo largo de los bordes periféricos de la hoja de cubierta. La capa con una densidad más alta normalmente proporciona propiedades beneficiosas para las superficies del panel, como un aumento de la dureza, una mejora de la resistencia a la extracción de clavos, etc. La mayor densidad a lo largo de los bordes periféricos de la hoja de cubierta proporciona normalmente una mejora de la dureza de los bordes y otras propiedades beneficiosas. En otros aspectos, se aplica una capa de mayor densidad a cualquiera de las hojas de cubierta, o a las partes equivalentes de la construcción de la hoja de cubierta/núcleo.

40 **[0076]** Normalmente, las capas con mayor densidad se aplican mediante técnicas convencionales, tales como la aplicación de revestimientos a una o ambas capas de cubierta antes o muy cerca de la deposición de la capa del núcleo en la primera hoja de cubierta o la aplicación de la segunda hoja de cubierta sobre la capa de lechada del núcleo. De manera similar, la capa periférica de mayor densidad se puede aplicar como una tira o una franja

estrecha de lechada de yeso (con una densidad diferente a la de la lechada del núcleo) en los bordes periféricos de la primera hoja de cubierta antes o cerca de la deposición de la lechada del núcleo en la primera hoja. En algunos de estos aspectos, las capas de mayor densidad comprenden entre aproximadamente un 3 % y aproximadamente un 4 % del peso de la placa.

- 5 **[0077]** En un aspecto ilustrativo, se proporciona un panel de yeso resistente al fuego con poco peso y densidad, con un espesor de 1,6 cm (5/8 pulgadas) adecuado para su uso como tablero, placa para techo u otras aplicaciones de construcción (como revestimiento exterior, material de tejado, etc.). Las hojas de cubierta también pueden revestirse con revestimientos resistentes al agua o resistentes al mal uso o, en algunas aplicaciones, yeso, materiales de cementación, materiales acrílicos u otros revestimientos adecuados para necesidades de construcción específicas. Los paneles también pueden formarse en una variedad de dimensiones adecuadas para aplicaciones estándar, no estándar o personalizadas. Algunos ejemplos de tales paneles son paneles de cuatro pies (aprox. 122 cm) nominales de ancho presentando una longitud nominal de ocho pies (aprox. 244 cm), diez (aprox. 305 cm) y doce pies (aprox. 366 cm) típica de los que se usan con fines de construcción de edificios.
- 10
- 15 **[0078]** La densidad del núcleo y la densidad total de los paneles resistentes al fuego de poco peso contribuyen de forma considerable al peso total de los paneles en comparación con los paneles convencionales con dimensiones similares. Por consiguiente, para paneles con un espesor de 1,6 cm (5/8 pulgadas), los pesos del panel serían de entre 6,7 y 9,3 kg/m² (entre aproximadamente 1380 lb/msf y aproximadamente 1900 lb/msf), preferiblemente entre 7,3 y 8,5 kg/m² (entre aproximadamente 1490 lb/msf y aproximadamente 1740 lb/msf) y, más preferiblemente, entre 7,5 y 8 kg/m² (entre aproximadamente 1540 lb/msf y aproximadamente 1640 lb/msf). Para espesores de panel de 1,9 cm (3/4 pulgadas), el peso de los paneles será de aproximadamente un 120 % de los pesos de los paneles de 1,6 cm (5/8 pulgadas).
- 20

- 25 **[0079]** En la tabla siguiente, se establecen formulaciones ilustrativas de ejemplo para los paneles de yeso de poco peso y densidad, resistentes al fuego, con 1,6 cm (5/8 pulgadas) nominales no acordes a la presente invención.

Tabla I:			
Formulaciones de ejemplo para los paneles de yeso de poco peso y densidad, resistentes al fuego, con 1,6 cm (5/8 pulgadas) nominales de la invención			
Componente	Densidad de núcleo de entre aproximadamente 25 y aproximadamente 36 pcf	Densidad de núcleo de entre aproximadamente 27 y aproximadamente 33 pcf	Densidad de núcleo de entre aproximadamente 28 y aproximadamente 30 pcf
Estuco (lb/msf) (al menos un 95 % de yeso)	entre aproximadamente 1040 y aproximadamente 1490	entre aproximadamente 1120 y aproximadamente 1370	entre aproximadamente 1160 y aproximadamente 1245
Yeso fraguado (lb/msf)	entre aproximadamente 1220 y aproximadamente 1750	entre aproximadamente 1315 y aproximadamente 1610	entre aproximadamente 1360 y aproximadamente 1460
Almidón pregelatinizado (% en peso del estuco)	entre aproximadamente 0,3 y aproximadamente 4,0	entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 2,0	entre aproximadamente 1,5 y aproximadamente 1,8
Fosfato (% en peso del estuco)	entre aproximadamente 0,15 y aproximadamente 0,5	entre aproximadamente 0,10 y aproximadamente 0,15	entre aproximadamente 0,10 y aproximadamente 0,15
Dispersante (% en peso del estuco)	entre aproximadamente 1,5 y aproximadamente 0,3	entre aproximadamente 1,2 y aproximadamente 0,5	entre aproximadamente 1,0 y aproximadamente 0,75
Fibra mineral, de vidrio o de carbono	entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente	entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente	entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 0,3

Tabla I:			
Formulaciones de ejemplo para los paneles de yeso de poco peso y densidad, resistentes al fuego, con 1,6 cm (5/8 pulgadas) nominales de la invención			
(% en peso del estuco)	0,3	0,3	0,3
Primeras hojas de cubierta de papel manila (lb/msf)	entre aproximadamente 40 y aproximadamente 60	entre aproximadamente 45 y aproximadamente 55	entre aproximadamente 48 y aproximadamente 53
Densidad de placa (pcf) (núcleo y hojas de cubierta)	entre aproximadamente 27 y aproximadamente 37	entre aproximadamente 29 y aproximadamente 34	entre aproximadamente 30 y aproximadamente 32
Peso de placa (lb/msf)	entre aproximadamente 1380 y aproximadamente 1900	entre aproximadamente 1490 y aproximadamente 1740	entre aproximadamente 1540 y aproximadamente 1640

[0080] Pueden emplearse otros aditivos convencionales en la práctica de la presente exposición en cantidades habituales para impartir propiedades deseables y para facilitar la fabricación. Ejemplos de dichos aditivos son: espumas acuosas, aceleradores de fraguado, retardadores de fraguado, inhibidores de la deshidratación, aglutinantes, adhesivos, ayudantes de dispersión, agentes niveladores o no niveladores, espesantes, bactericidas, fungicidas, reguladores del pH, colorantes, repelentes de agua, rellenos y mezclas de los mismos.

[0081] En un aspecto, la utilización de una o varias formulaciones en las que se exponen en la tabla I, la presente invención proporciona paneles y métodos para realizarlos, configurados con poco peso y densidad, con un espesor nominal de 1,6 cm (5/8 pulgadas) para paneles de yeso que cumplirán con una resistencia al fuego de 30 minutos o superior de conformidad con los requisitos de contención de incendios y de integridad estructural de los protocolos de ensayos adecuados. Pueden conseguirse resultados similares utilizando otras formulaciones en consonancia con el enfoque descrito en el presente documento.

[0082] La combinación de peso bajo, resistencia al fuego, y las características estructurales y de resistencia, se cree que se deben a los resultados inesperados de la combinación de los componentes anteriores, cada uno de los cuales se analiza con más detalle a continuación.

[0083] Estuco. En cada aspecto de la invención, el componente de estuco (o yeso calcinado) utilizado para formar la matriz cristalina del núcleo del panel de yeso comprende normalmente sulfato de calcio hemihidrato beta, sulfato de calcio anhidro soluble en agua, sulfato de calcio hemihidrato alfa o mezclas de cualquiera de ellos, de fuentes naturales o sintéticas. En algunos aspectos, el estuco puede incluir minerales distintos al yeso, como cantidades menores de arcillas u otros componentes que estén asociados a la fuente de yeso o se añadan durante la calcinación, procesamiento y/o la distribución del estuco en la mezcladora.

[0084] A modo de ejemplo, según las cantidades de estuco a las que se hace referencia en la tabla I, la fuente de yeso presenta al menos una pureza del 95 %. Por consiguiente, los componentes y sus cantidades relativas, como los mencionados anteriormente en la tabla I, utilizados para formar la lechada del núcleo pueden variarse o modificarse en función de la fuente del estuco, su pureza y contenido. Por ejemplo, la composición de la lechada del núcleo de yeso puede modificarse para composiciones de estuco diferentes en función de la pureza del yeso, la fuente natural o sintética para el yeso, el contenido de agua del estuco, el contenido de arcilla del estuco, etc.

[0085] Almidón. En un aspecto importante de los paneles de la invención y los métodos de preparación de dichos paneles, la formulación de lechada del núcleo, tal y como se ha mencionado en la tabla I anterior, incluye un almidón pregelatinizado. El almidón crudo se pregelatiniza al cocinar el almidón en agua a temperaturas de al menos 85 °C (185 °F) o por otros métodos conocidos para provocar la formación de geles en el almidón utilizado en el núcleo del panel. El almidón puede incorporarse en la lechada del núcleo en forma seca, forma líquida predispersada o combinaciones de ambas. En forma seca, puede añadirse a la mezcladora de la lechada del núcleo con otros ingredientes secos o en una etapa, paso o procedimiento de adición separado. En la forma predispersada, puede añadirse con otros ingredientes líquidos, como agua de amasado o en una etapa, paso o procedimiento de adición separado.

[0086] Algunos ejemplos de almidones pregelatinizados fácilmente obtenibles que pueden utilizarse en la práctica de la presente invención son (con su identificación de nombre comercial): el almidón PCF1000, comercializado por Lauhoff Grain Co.; y los almidones AMERIKOR 818 y HQM PREGEL, ambos comercializados

por Archer Daniels Midland Co. En un aspecto importante, el componente de almidón incluye al menos almidón de maíz pregelatinizado, tal como la harina de maíz pregelatinizada comercializada por Bunge Milling, San Luis, Misuri. Dichos almidones pregelatinizados presentan las siguientes características típicas: 7,5 % de humedad, 8,0 % de proteína, 0,5 % de aceite, 0,5 % de fibra cruda, 0,3 % de ceniza; y presentan una resistencia en verde de 0,48 psi; y presentan una densidad aparente sin compactar de 560 kg/m³ (35,0 lb/ft³).

[0087] Fibras. En los aspectos de la invención que incorporan fibras, tal y como se ha mencionado en la tabla I anterior, y los métodos para la preparación de dichos paneles, las fibras pueden incluir fibras minerales, fibras de vidrio y/o de carbono, y mezclas de dichas fibras, así como otras fibras comparables que proporcionan beneficios comparables al panel. En un aspecto importante, las fibras de vidrio se incorporan en la lechada del núcleo de yeso y la estructura del núcleo cristalina resultante. Las fibras de vidrio en dichos aspectos pueden tener una longitud media de 1,27 a 1,9 cm (entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 0,75 pulgadas) y un diámetro de entre aproximadamente 11 y aproximadamente 17 micras. En otros aspectos, dichas fibras de vidrio pueden tener una longitud media de entre 1,27 cm y 1,6 cm (entre 0,5 y 0,675 pulgadas) y un diámetro de entre aproximadamente 13 y aproximadamente 16 micras. En algunos otros aspectos, las fibras de vidrio de clase E se utilizan presentando un punto de reblandecimiento de más de aproximadamente 800 °C y una de dichos tipos de fibras son las fibras de vidrio Advantex® (comercializadas por Owens Corning) que presentan un punto de reblandecimiento de al menos más de aproximadamente 900 °C. Puede utilizarse lana mineral o fibras de carbono como las que conocen los expertos en la materia en lugar de o combinadas con fibras de vidrio, como las mencionadas anteriormente.

[0088] Fosfato. En un aspecto importante de los paneles de la invención y de los métodos de preparación de dichos paneles, se añade un componente con fosfato que comprende una sal de fosfato u otra fuente de iones de fosfato a la lechada de yeso utilizada para producir el núcleo de yeso del panel. La utilización de dichos fosfatos contribuye a proporcionar al núcleo de yeso un aumento en la resistencia, resistencia a la deformación permanente (p. ej., resistencia al pandeo), estabilidad dimensional, así como un aumento en la resistencia de los paneles en un estado mojado, en comparación con el yeso fraguado formado a partir de una mezcla que no contiene fosfato. En muchos de dichos aspectos, la fuente del fosfato se añade en cantidades para proporcionar estabilidad dimensional al panel y al núcleo del panel mientras que el yeso hemihidrato en el núcleo se hidrata y forma la estructura del núcleo cristalino de yeso dihidrato (por ejemplo, durante el tiempo entre la formación de la placa y la sección de horno del proceso de formación). De forma adicional, se señala que en la medida en que el fosfato añadido actúa como retardador, puede añadirse un acelerador apropiado al nivel adecuado para superar cualquier efecto retardante adverso del fosfato.

[0089] Los componentes que contienen fosfato útiles en la presente invención son solubles en agua y están en forma de ion, de sal, o de ácido, a saber, ácidos fosfóricos condensados, cada uno de los cuales comprende 2 o más unidades de ácido fosfórico; sales o iones de fosfatos condensados, cada uno de los cuales comprende 2 o más unidades de fosfato; y sales monobásicas o iones monovalentes de ortofosfatos, como se describe, por ejemplo, en los documentos de patente estadounidense con n.º 6,342,284; 6,632,550; y 6,815,049. Ejemplos adecuados de estas clases de fosfatos serán evidentes para los expertos en la materia. Por ejemplo, cualquier compuesto adecuado que contenga ortofosfato monobásico puede utilizarse en la práctica de la presente invención, incluyendo, pero sin carácter limitativo, el fosfato monoamónico, el fosfato monosódico, el fosfato monopotásico y combinaciones de los mismos. Una sal de fosfato monobásica preferida es el fosfato monopotásico.

[0090] De manera similar, puede utilizarse cualquier sal de polifosfato soluble en agua adecuada de conformidad con la presente invención. El polifosfato puede ser cíclico o acíclico. Los ejemplos de polifosfatos cíclicos incluyen, por ejemplo, sales de trimetafosfato y sales de tetrametafosfato. La sal de trimetafosfato puede seleccionarse, por ejemplo, de entre trimetafosfato de sodio (al que también se hace referencia en el presente documento como STMP), trimetafosfato de potasio, trimetafosfato de litio, trimetafosfato de amonio, y similares, o combinaciones de los mismos.

[0091] Además, puede utilizarse cualquier sal de polifosfato acíclico soluble en agua adecuada de conformidad con la presente invención. La sal de polifosfato acíclico tiene al menos dos unidades de fosfato. A modo de ejemplo, las sales de polifosfato acíclico adecuadas de acuerdo con la presente invención incluyen, pero sin carácter limitativo, pirofosfatos, tripolifosfatos, hexametafosfato sódico, que presentan entre aproximadamente 6 y aproximadamente 27 unidades de fosfato que se repiten, hexametafosfato potásico que presenta entre aproximadamente 6 y aproximadamente 27 unidades de fosfato que se repiten, hexametafosfato de amonio presentando entre aproximadamente 6 y aproximadamente 27 unidades de fosfato que se repiten, y combinaciones de los mismos. Una sal de polifosfato acíclica preferida conforme a la presente invención está disponible comercialmente como CALGON.RTM de ICL Performance Products LP, San Luis, Misuri, que es un hexametafosfato sódico que presenta entre aproximadamente 6 y aproximadamente 27 unidades de fosfato que se repiten.

[0092] Preferiblemente, el componente con fosfato se selecciona entre el grupo que consiste en trimetafosfato de sodio con la fórmula molecular $(\text{NaPO}_3)_3$, hexametafosfato de sodio con 6-27 unidades de fosfato que se repiten y con la fórmula molecular $\text{Na}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$, donde $n=6-27$, pirofosfato tetrapotásico que presenta la fórmula molecular $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$, tripolifosfato dipotásico trisódico con la fórmula molecular $\text{Na}_3\text{K}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$, tripolifosfato de sodio con la fórmula molecular $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, pirofosfato tetrasódico con la fórmula molecular $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, trimetafosfato de aluminio con la fórmula molecular $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$, pirofosfato de ácido sódico con la fórmula molecular $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, polifosfato de amonio con entre 1000-3000 unidades de fosfato que se repiten y con la fórmula molecular $(\text{NH}_4)_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$, donde $n=1000-3000$, y ácido polifosfórico con 2 o más unidades de ácido fosfórico que se repiten y con la fórmula molecular $\text{H}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$, donde n es 2 o más. El trimetafosfato de sodio es el más preferido y es comercializado por ICL Performance Products LP, San Luis, Misuri.

[0093] Los fosfatos normalmente se añaden en forma seca y/o en forma líquida de solución acuosa, con los ingredientes secos añadidos a la mezcladora de lechada del núcleo y los ingredientes líquidos añadidos a la mezcladora o en otros pasos o procedimientos.

[0094] Dispersantes. En otro aspecto de los paneles de poco peso y densidad, resistentes al fuego de la invención y los métodos para preparar dichos paneles, pueden incluirse dispersantes en la lechada del núcleo de yeso. Los dispersantes pueden añadirse en forma seca con otros ingredientes secos y/o en forma líquida de solución acuosa con otros ingredientes líquidos en la operación de mezcla de la lechada del núcleo o en otras etapas o procedimientos.

[0095] En un aspecto importante, tales dispersantes pueden incluir naftalensulfonatos, como ácido polinaftalensulfónico y sus sales (polinaftalensulfonatos) y derivados, que son productos de condensación de ácidos naftalensulfónicos y formaldehído. Dichos polinaftalensulfonatos deseables incluyen naftalensulfonato de sodio y calcio. El peso molecular medio de los naftalensulfonatos puede variar entre aproximadamente 3000 y 27 000, aunque se prefiere que el peso molecular sea de aproximadamente 8000 a 10 000. En una solución acuosa con un porcentaje de sólidos determinado, un dispersante con un peso molecular más alto tiene una mayor viscosidad y genera una demanda de agua más alta en la formulación que un dispersante con un peso molecular más bajo.

[0096] Algunos naftalensulfonatos útiles incluyen DILOFLO, comercializado por GEO Specialty Chemicals, Cleveland, Ohio; DAXAD, comercializado por Hampshire Chemical Corp., Lexington, Massachusetts; y LOMAR D, comercializado por GEO Specialty Chemicals, Lafayette, Indiana. Los naftalensulfonatos se utilizan preferiblemente como soluciones acuosas en el intervalo de entre un 35 % y un 55 % en peso de extracto seco, por ejemplo. Es más preferible utilizar los naftalensulfonatos en forma de solución acuosa, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente un 40-45 % en peso de extracto seco. De forma alternativa, cuando proceda, los naftalensulfonatos pueden utilizarse en forma de extracto seco o en polvo, como el LOMAR D, por ejemplo.

[0097] De forma alternativa, en otros aspectos de la invención, pueden utilizarse dispersantes de policarboxilato útiles para mejorar la fluidez de las lechadas de yeso. Un número de dispersantes de policarboxilato, en particular éteres policarboxílicos, son tipos preferidos de dispersantes. Una de las clases preferidas de dispersantes utilizados en la lechada incluye dos unidades que se repiten. En el documento de patente estadounidense con n.º 7,767,019, titulado "Gypsum Products Utilizing a Two-Repeating Unit System and Process for Making Them", se describe con mayor detalle. Estos dispersantes son productos de BASF Construction Polymers, GmbH (Trostberg, Alemania) y los suministra BASF Construction Polymers, Inc. (Kennesaw, Georgia) (en lo sucesivo, "BASF") y se les hace referencia en lo sucesivo como los "Dispersantes de Tipo PCE211". Un dispersante particularmente útil de los Dispersantes de Tipo PCE211 se denomina PCE211 (en lo sucesivo, "211"). Otros polímeros de esta serie útiles para la presente invención incluyen el PCE111. Los dispersantes de Tipo PCE211 se describen con más detalle en el documento con número de serie 11/827,722 (n.º pub. US 2007/0255032A1), presentado el 13 de julio de 2007 y titulado "Polyether-Containing Copolymer".

[0098] El peso molecular de un tipo de estos dispersantes de Tipo PCE211 puede ser de entre aproximadamente 20 000 y aproximadamente 60 000 Daltons. Se ha descubierto que los dispersantes con un peso molecular inferior provocan un retraso menor del tiempo de fraguado que los dispersantes que presentan un peso molecular de más de 60 000 Daltons. Una longitud de una cadena lateral generalmente más larga, que da lugar a un aumento del peso molecular total, aporta una mejor dispersabilidad. No obstante, los ensayos con yeso indican que la eficacia del dispersante se reduce en pesos moleculares de más de 50 000 Daltons.

[0099] Otra clase de compuesto de policarboxilato útil como dispersante en la presente invención se expone en el documento de patente estadounidense con n.º 6,777,517, de ahora en adelante denominado "Dispersante de Tipo 2641" Los dispersantes de Tipo PCE211 y de Tipo 2641 los fabrica BASF Construction Polymers, GmbH (Trostberg, Alemania) y los comercializa en Estados Unidos BASF Construction Polymers, Inc. (Kennesaw, Georgia). Algunos Dispersantes preferidos de Tipo 2641 los vende BASF como dispersantes MELFLUX 2641F, MELFLUX 2651F y MELFLUX 2500L.

[0100] Otra familia de dispersantes preferida la vende BASF y se le hace referencia como "Dispersantes de Tipo 1641". Este dispersante se describe con más detalle en el documento de patente estadounidense con n.º 5,798,425. Uno de estos dispersantes es un dispersante de Tipo 1641, comercializado como dispersante MELFLUX 1641F de BASF. Otros dispersantes que pueden utilizarse incluyen otros éteres de policarboxilato como COATEX Ethacryl M, comercializado por Coatex, Inc. de Chester, Carolina del Sur, y lignosulfonatos o lignina sulfonada. Los lignosulfonatos son polímeros polielectrolitos aniónicos solubles en agua, subproductos de la producción de la pasta de madera utilizando la formación de pasta con sulfito. Un ejemplo de una lignina útil en la invención es Marasperse C-21, comercializada por Reed Lignin, Greenwich, Connecticut.

[0101] Retardadores/Aceleradores. Los retardadores de fraguado (hasta aproximadamente 2 lb/MSF (9,8 g/m²)) o aceleradores secos (hasta aproximadamente 35 lb/MSF (170 g/m²)) pueden añadirse a algunos aspectos de la lechada del núcleo para modificar la proporción a la que suceden las reacciones de hidratación del estuco. El "CSA" es un acelerador de fraguado que incluye un 95 % de sulfato de calcio dihidratado molido conjuntamente con un 5 % de azúcar y calentado a 250 °F (1-21 °C) para caramelizar el azúcar. El "CSA" está disponible en la central de USG Corporation, Southard, Oklahoma y está fabricado según la patente estadounidense n.º 3,573,947. El sulfato de potasio es otro acelerador preferido. El HRA, que es un acelerador preferido, es sulfato de calcio dihidratado recién molido con azúcar en una proporción de aproximadamente 5 a 25 libras de azúcar por 100 libras de sulfato de calcio dihidratado. En el documento de patente estadounidense n.º 2,078,199, se describe con más detalle. Ambos son aceleradores preferidos.

[0102] Otro acelerador, conocido como acelerador de yeso húmedo o WGA (por sus siglas en inglés), es también un acelerador preferido. En el documento de patente estadounidense n.º 6,409,825, se proporciona una descripción de la utilización del acelerador de yeso húmedo y de un método para prepararlo. Este acelerador incluye al menos un aditivo seleccionado de entre el grupo consistente en un compuesto fosfónico orgánico, un compuesto que contiene fosfato o mezclas de los mismos. Este acelerador particular presenta una longevidad considerable y mantiene su efectividad con el tiempo, de manera que el acelerador de yeso húmedo puede fabricarse, almacenarse e incluso transportarse largas distancias antes de utilizarse. El acelerador de yeso húmedo se utiliza en cantidades que van desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 80 libras por mil pies cuadrados (24,3 a 390 g/m²) de panel de yeso.

[0103] Espuma. En otro aspecto importante, puede introducirse espuma en la lechada del núcleo en cantidades que proporcionen la densidad del núcleo y el peso de panel reducidos mencionados anteriormente. La introducción de espuma en la lechada del núcleo en las cantidades, formulaciones y procesos adecuados producirá una red deseada y la distribución de vacíos en el núcleo de los paneles secados finales. Esta estructura de vacío permite la reducción del yeso y otros componentes del núcleo, así como de la densidad y el peso del núcleo, mientras que se mantienen unas propiedades estructurales y de resistencia del panel deseadas. Ejemplos del uso de agentes espumantes para producir estructuras de vacío deseadas incluyen las analizadas en la patente estadounidense 5,643,510. Los enfoques para añadir espuma a una lechada del núcleo se conocen en la técnica y un ejemplo de este enfoque se analiza en la patente estadounidense 5,683,635.

[0104] Hojas de cubierta. En algunos aspectos de la invención, la primera hoja de cubierta comprende papel manila de baja porosidad sobre el que se dispensa la lechada de yeso (que normalmente es la cara expuesta del panel cuando se utiliza en una aplicación de construcción). Puede utilizarse papel prensa como la segunda hoja de cubierta situada en la lechada del núcleo de yeso durante el proceso de formación (que normalmente es el dorso oculto de los paneles cuando se utilizan en aplicaciones de construcción). En otras aplicaciones, pueden utilizarse esteras de fibra de vidrio no tejida, materiales de hoja de otros materiales fibrosos o no fibrosos, o combinaciones de papel y otros materiales fibrosos como una o ambas hojas de cubierta.

[0105] En aspectos en los que se utiliza papel u hojas de cubierta similares, la primera hoja de cubierta tiene una densidad y un gramaje básico más alto que la segunda hoja de cubierta. Por ejemplo, en algunos aspectos, la primera hoja de cubierta tiene un gramaje básico de 195 a 293 g/m² (entre aproximadamente 40 y 60 lb/msf), y la segunda hoja de cubierta tiene un gramaje básico de 171 a 220 g/m² (entre aproximadamente 35 y 45 lb/msf). Se prefiere la utilización de dicho papel manila pesado como primera hoja de cubierta, puesto que mejora las propiedades de extracción de clavos y de flexión de los paneles en todas las aplicaciones y, más en particular, en las aplicaciones de techos.

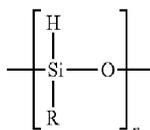
[0106] Las hojas de cubierta pueden incorporar y pueden tener añadidos a sus superficies expuestas revestimientos de materiales que proporcionen superficies adecuadas para aplicaciones de construcción específicas, tales como el revestimiento exterior, la construcción de tejados, las bases para baldosas, etc.

[0107] Siloxano. De forma sorprendente, la combinación de más de un 2 % en peso a partir del peso del yeso de almidón pregelatinizado y al menos aproximadamente un 0,4 % y, preferiblemente, al menos aproximadamente un 0,7 % en peso a partir del peso del yeso de siloxano producirá paneles de yeso con menos de un 5 % de absorción de agua. Esto es particularmente sorprendente, puesto que los paneles de peso y

densidad reducidos presentan muchos más vacíos de aire y/o agua que los paneles convencionales y se esperaría que estos vacíos hicieran que los paneles de poco peso absorbieran mucha más agua. También se ha descubierto, de forma inesperada, que la resina de silicona polimerizada disminuye la contracción del panel en condiciones de calentamiento elevadas.

5 **[0108]** La resistencia al agua de los artículos a base de yeso se mejora mediante la adición de un siloxano polimerizable a la lechada utilizada para fabricar los artículos a base de yeso. Preferiblemente, el siloxano se añade en forma de emulsión. A continuación, se le da forma a la lechada y se seca en condiciones que favorecen la polimerización del siloxano para formar una resina de silicona altamente reticulada. A la lechada de yeso se le añade, preferiblemente, un catalizador que favorece la polimerización del siloxano para formar una
10 resina de silicona altamente reticulada.

[0109] Preferiblemente, el siloxano es generalmente un siloxano fluido lineal modificado con hidrógeno, pero también puede ser un siloxano cíclico modificado con hidrógeno. Dichos siloxanos son capaces de formar resinas de silicona altamente reticuladas. Los expertos en la materia conocen bien dichos fluidos y estos están disponibles en el mercado y se describen en la literatura de patente. Normalmente, los siloxanos lineales modificados con hidrógeno útiles en la práctica de la presente invención comprenden aquellos que tienen una
15 unidad de repetición de la fórmula general:



donde R representa un radical hidrocarbonado monovalente saturado o insaturado. En los modos de realización preferidos, R representa un grupo alquilo y, más preferiblemente, R es un grupo metilo. Durante la
20 polimerización, los grupos terminales se eliminan mediante condensación y los grupos siloxano se unen para formar la resina de silicona. También se produce la reticulación de las cadenas. La resina de silicona resultante imparte resistencia al agua a la matriz de yeso a medida que se forma.

[0110] Preferiblemente, un fluido de metilhidrógeno siloxano sin disolvente vendido con el nombre de SILRES BS 94 por Wacker-Chemie GmbH (Múnich, Alemania) se utilizará como siloxano. El fabricante indica que este
25 producto es un fluido de siloxano que no contiene agua ni disolventes. Se contempla que se puede utilizar entre aproximadamente un 0,3 % y un 1,0 % del siloxano BS 94, a partir del peso de los ingredientes en seco. Se prefiere utilizar desde aproximadamente un 0,4 % hasta aproximadamente un 0,8 % del siloxano a partir del peso del estuco seco.

[0111] El siloxano se conforma en una emulsión o una suspensión estable con agua. Se contemplan varias emulsiones de siloxano para utilizarse en esta lechada. Las emulsiones de siloxano en agua están también
30 disponibles para su compra, pero pueden incluir agentes emulsionantes que tienden a modificar las propiedades de los artículos de yeso, tales como la adherencia del papel en los productos de panel de yeso. Por lo tanto, se prefieren las emulsiones o suspensiones estables preparadas sin el uso de emulsionantes. Preferiblemente, la suspensión se conformará *in situ* mezclando el fluido de siloxano con agua. Es esencial que la suspensión de
35 siloxano sea estable hasta su uso y que permanezca bien dispersa en las condiciones de la lechada. La suspensión o emulsión de siloxano debe permanecer bien dispersa en presencia de los aditivos opcionales, tales como aceleradores de fraguado, que pueden estar presentes en la lechada. La suspensión o emulsión de siloxano debe permanecer también estable a través de las etapas en las que se forman también los paneles de yeso. Preferiblemente, la suspensión permanece estable durante más de 40 minutos. Más preferiblemente,
40 permanece estable durante al menos una hora. En la exposición y reivindicaciones siguientes, el término "emulsión" pretende incluir emulsiones y suspensiones auténticas que son estables al menos hasta que el estuco está fraguado al 50 %.

[0112] Aunque no se desea ceñirse a la teoría, se cree que la resistencia al agua se desarrolla cuando el siloxano se cura dentro de los paneles formados y que el al menos un 2,0 % en peso de almidón pregelatinizado
45 trabaja junto con el siloxano para frenar la entrada de agua a través de los microporos de los bordes de los paneles, en primer lugar, al bloquear la entrada de agua y, a continuación, después de que el almidón absorba agua, al formar una combinación altamente viscosa de almidón y agua.

[0113] La reacción de polimerización del siloxano avanza lentamente por sí misma y requiere que los paneles se almacenen durante un tiempo suficiente para que se desarrolle la resistencia al agua antes del transporte. Se
50 sabe que los catalizadores aceleran la reacción de polimerización y reducen o eliminan el tiempo necesario para almacenar los paneles de yeso a medida que se desarrolla la resistencia al agua. La utilización de óxido de magnesio calcinado a muerte para la polimerización del siloxano se describe en el documento con número de

serie en trámite conjuntamente 10/917,177, titulado "Method of Making Water-Resistant Gypsum-Based Article". El óxido de magnesio calcinado a muerte es insoluble en agua e interactúa menos con otros componentes de la lechada. Este acelera el curado del siloxano y, en algunos casos, provoca que el siloxano se cure de manera más completa. Está disponible en el mercado con una composición consistente. Una fuente particularmente
 5 preferida de óxido de magnesio calcinado a muerte es BAYMAG 96. Tiene una superficie BET de al menos 0,3 m.sup.2/g. La pérdida por calcinación es inferior a un 0,1 % en peso. El óxido de magnesio se utiliza, preferiblemente, en cantidades de aproximadamente 0,1 % a aproximadamente 0,5 % en función del peso del estuco seco.

[0114] Hay al menos tres grados de óxido de magnesio en el mercado, en función de la temperatura de calcinación. El óxido de magnesio "calcinado a muerte" se calcina a entre 1500 °C y 2000 °C, y se elimina la mayoría de la reactividad, si no toda. MagChem P98-PV (Martin Marietta Magnesia Specialties, Bethesda, Maryland) es un ejemplo de un óxido de magnesio "calcinado a muerte". BayMag 96 (Baymag, Inc. de Calgary, Alberta, Canadá) y MagChem 10 (Martin Marietta Magnesia Specialties, Bethesda, Maryland) son ejemplos de magnesia "calcinada dura". El óxido de magnesio "calcinado duro" se calcina a temperaturas de entre 1000 °C y
 10 aproximadamente 1500 °C. Presenta un rango reducido de reactividad, una densidad alta y se utiliza normalmente en aplicaciones en las que se requiere una reactividad química o degradación lentas, tal como en los piensos para animales y los fertilizantes. El tercer grado es la magnesia "calcinada suave" o "cáustica", producida mediante calcinación a temperaturas de entre aproximadamente 700 °C y aproximadamente 1000 °C. Este tipo de magnesia se utiliza en un amplio rango de aplicaciones, incluyendo el procesamiento de plásticos,
 15 caucho, papel y pulpa, aditivos para calderas de acero, adhesivos y neutralización ácida. Algunos ejemplos de magnesia calcinada suave incluyen BayMag 30, BayMag 40 y BayMag 30 (malla -325) (BayMag, Inc. de Calgary, Alberta, Canadá).

[0115] Se ha descubierto que los catalizadores preferidos están hechos de una mezcla de óxido de magnesio y ceniza volante de clase C. Cuando se combinan de esta manera, cualquiera de los grados de óxido de magnesio son útiles. Sin embargo, se prefieren los óxidos de magnesio calcinados a muerte y calcinados duros debido a la reactividad reducida. La reactividad relativamente alta de los óxidos de magnesio puede provocar reacciones de agrietamiento que pueden producir hidrógeno. A medida que se genera el hidrógeno, el producto se dilata, y
 25 provoca grietas donde el estuco ha fraguado. La dilatación también provoca la ruptura de los moldes en los que se vierte el estuco, lo que da lugar a una pérdida de detalle y deformación del producto en una o más dimensiones. Preferiblemente, BayMag 96, MagChem P98-PV y MagChem 10 son las fuentes preferidas de óxido de magnesio. Preferiblemente, el óxido de magnesio y la ceniza volante se añaden al estuco antes de su adición al agua de amasado. Los componentes secos, tales como estos, se añaden a menudo al estuco a medida que se mueve a lo largo de un transportador hasta la mezcladora.

[0116] Una ceniza volante preferida es una ceniza volante de clase C. La ceniza volante hidráulica de clase C, o su equivalente, es el componente de ceniza volante más preferido. En la tabla 1, se muestra una composición típica de una ceniza volante de clase C. La ceniza volante de un alto contenido en cal, superior a un 20 % de cal en peso, que se obtiene a partir del procesamiento de ciertos carbones. La designación ASTM C-618 describe las características de la ceniza volante de clase C. Una ceniza volante de clase C preferida es la que suministra Bayou Ash Inc., Big Cajun, II, L A. Preferiblemente, la ceniza volante se utiliza en cantidades de entre
 35 aproximadamente un 0,1 % y aproximadamente un 5 % a partir del peso del estuco seco. Más preferiblemente, la ceniza volante se utiliza en cantidades de entre aproximadamente un 0,2 % y aproximadamente un 1,5 % a partir del peso del estuco seco.

[0117] La catálisis del siloxano da lugar a una polimerización y una reticulación más rápida y completa del siloxano para formar la resina de silicona. La hidratación del estuco forma una matriz entrelazada de cristales de sulfato de calcio dihidratado. Mientras se está formando la matriz de yeso, las moléculas de siloxano están formando también una matriz de resina de silicona. Puesto que estas se forman simultáneamente, al menos en parte, las dos matrices se entrelazan entre sí. El exceso de agua y de aditivos de la lechada, incluyendo la ceniza volante, el óxido de magnesio y los aditivos descritos a continuación, que se dispersaron por toda la lechada, se dispersan por las matrices en los espacios intersticiales para conseguir una resistencia al agua a lo largo del núcleo del panel. El nivel elevado de almidón pregelatinizado trabaja junto con el siloxano para retrasar la
 45 entrada de agua por los bordes más vulnerables del panel.

[0118] En modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, un panel de yeso incluye un núcleo de yeso fraguado entre hojas de cubierta superior e inferior. El panel presenta una densidad de núcleo de entre 430 y 592 kg/m³ (entre aproximadamente 27 y aproximadamente 37 libras por pie cúbico) y un Índice de Aislamiento Térmico superior a aproximadamente 17 minutos. En otros dichos modos de realización, el panel de yeso presenta un espesor nominal de 1,6 cm (aproximadamente 0,625 pulgadas). En todavía otros dichos modos de realización, el panel de yeso presenta un espesor nominal de 1,6 cm (aproximadamente 0,625 pulgadas) y un Índice de Aislamiento Térmico de al menos aproximadamente 18 minutos.
 55

[0119] En modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, un panel de yeso resistente al fuego incluye un núcleo de yeso fraguado entre hojas de cubierta superior e inferior. El panel presenta una densidad de núcleo de entre 430 y 592 kg/m³ (entre aproximadamente 27 y aproximadamente 37 libras por pie cúbico). El panel es eficaz en cuanto a que inhibe la transmisión de calor a través de un conjunto preparado y sometido a ensayos de resistencia al fuego de conformidad con los procedimientos UL U419 con una superficie expuesta a una fuente de calor y una superficie opuesta no calentada, de tal forma que la temperatura de única ubicación máxima sobre la superficie no calentada sea inferior a 213 °C (aproximadamente 415 °F) con un tiempo transcurrido de aproximadamente 30 minutos en el momento de medirse de conformidad con UL U419. En otros dichos modos de realización, el panel de yeso resistente al fuego es eficaz en cuanto a que inhibe la transmisión de calor a través del conjunto, de tal forma que la temperatura media sobre la superficie no calentada sea inferior a 171 °C (aproximadamente 340 °F) con un tiempo transcurrido de aproximadamente 30 minutos en el momento de medirse, de conformidad con UL U419.

[0120] En modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, un panel de yeso resistente al fuego incluye un núcleo de yeso fraguado entre hojas de cubierta superior e inferior. El panel presenta una densidad de núcleo de entre 430 y 592 kg/m³ (entre aproximadamente 27 y aproximadamente 37 libras) por pie cúbico. El panel es eficaz en cuanto a que inhibe la transmisión de calor a través de un conjunto preparado y sometido a ensayos de resistencia al fuego de conformidad con los procedimientos UL U305 con una superficie expuesta a una fuente de calor y una superficie opuesta no calentada, de tal forma que la temperatura de única ubicación máxima sobre la superficie no calentada sea inferior a 213 °C (aproximadamente 415 °F) con un tiempo transcurrido de aproximadamente 45 minutos en el momento de medirse, de conformidad con UL U305.

[0121] En otros modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, el panel de yeso resistente al fuego es eficaz en cuanto a que inhibe la transmisión de calor a través del conjunto, de tal forma que la temperatura de única ubicación máxima sobre la superficie no calentada sea inferior a 132 °C (aproximadamente 270 °F) con un tiempo transcurrido de aproximadamente 45 minutos en el momento de medirse, de conformidad con UL U305. En todavía otros dichos modos de realización, el panel de yeso resistente al fuego es eficaz en cuanto a que inhibe la transmisión de calor a través del conjunto, de tal forma que la temperatura media sobre la superficie no calentada sea inferior a 171 °C (aproximadamente 340 °F) con un tiempo transcurrido de aproximadamente 45 minutos en el momento de medirse, de conformidad con UL U305. En todavía otros dichos modos de realización, el panel de yeso resistente al fuego es eficaz en cuanto a que inhibe la transmisión de calor a través del conjunto, de tal forma que la temperatura media sobre la superficie no calentada sea inferior a 118 °C (aproximadamente 245 °F) con un tiempo transcurrido de aproximadamente 45 minutos en el momento de medirse, de conformidad con UL U305.

[0122] De acuerdo con la presente invención, un panel de yeso presenta una densidad de entre 430 y 592 kg/m³ (entre aproximadamente 27 y aproximadamente 37 libras por pie cúbico) y un Índice de Aislamiento Térmico superior a 17,0 minutos. El panel de yeso comprende: (a) entre 5,95 y 9,3 kg/m³ (aproximadamente 1220-1750 lb/msf) de yeso fraguado; (b) aproximadamente un 0,3-4,0 % en peso de almidón pregelatinizado; (c) aproximadamente un 0,15-0,50 % en peso de un componente con fosfato; (d) aproximadamente un 0,3-1,5 % en peso de dispersante; (e) aproximadamente un 0,1-0,3 % en peso de fibra mineral, de vidrio o de carbono; y (f) vacíos de espuma en una cantidad eficaz para proporcionar la densidad de panel específica. Los porcentajes en peso se basan en el peso del yeso fraguado y los kg/m² (lb/msf) son para un panel con un espesor nominal de 1,6 cm (0,625 pulgadas). En otros modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, las lb/msf de yeso fraguado se ajustan proporcionalmente para un espesor nominal de panel de entre 1,6 y 1,9 cm (entre aproximadamente 0,625 y aproximadamente 0,75 pulgadas).

[0123] En todavía otros modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, el panel de yeso incluye: (a) entre 6,4 y 7,8 kg/m² (aproximadamente 1315-1610 lb/msf) de yeso fraguado; (b) aproximadamente un 0,5-2,0 % en peso de almidón pregelatinizado; (c) aproximadamente un 0,10-0,15 % en peso de fosfato; (d) aproximadamente un 0,5-1,2 % en peso de dispersante; (e) aproximadamente un 0,1-0,3 % en peso de fibra mineral, de vidrio o de carbono; y (f) vacíos de espuma en una cantidad eficaz para proporcionar la densidad de panel específica. Los porcentajes en peso se basan en el peso del yeso fraguado y los valores de kg/m² (lb/msf) son para un panel con un espesor nominal de 1,6 cm (5/8 pulgadas) y sometido a un ajuste proporcional para paneles más gruesos o más finos.

[0124] En todavía otros modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, el panel de yeso incluye: (a) entre 6,6 y 7,1 kg/m² (aproximadamente 1360-1460 lb/msf) de yeso fraguado; (b) aproximadamente un 1,5-1,8 % en peso de almidón pregelatinizado; (c) aproximadamente un 0,10-0,15 % en peso de fosfato; (d) aproximadamente un 0,75-1,0 % en peso de dispersante; (e) aproximadamente un 0,1-0,3 % en peso de fibra mineral, de vidrio o de carbono; y (f) vacíos de espuma en una cantidad eficaz para proporcionar la densidad de panel específica. Los porcentajes en peso se basan en el peso del yeso fraguado y los valores de kg/m² (lb/msf) son para un panel con un espesor nominal de 1,6 cm (5/8 pulgadas) y sometido a un ajuste proporcional para paneles más gruesos o más finos.

5 **[0125]** En todavía otros modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, el panel de yeso incluye hojas de cubierta de papel presentando una primera de dichas hojas de cubierta un peso de entre 195 y 293 g/m² (aproximadamente 40-60 lb/msf). En otros modos de realización, la densidad del panel es de entre 464 y 544 kg/m³ (entre aproximadamente 29 y aproximadamente 34 libras por pie cúbico). En todavía otros modos de realización ilustrativos, la densidad del panel es de entre 480 y 512 kg/m³ (entre aproximadamente 30 y aproximadamente 32 libras por pie cúbico).

10 **[0126]** En todavía otros modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, el panel de yeso comprende al menos un 0,4 % en peso de siloxano a partir del peso del yeso fraguado. En algunos modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, la contracción por altas temperaturas del panel es inferior a la contracción por altas temperaturas de un panel de las mismas cantidades de componente sin siloxano. En algunos modos de realización, el panel de yeso comprende más de un 2 % en peso de almidón pregelatinizado. En algunos modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, la contracción por altas temperaturas del panel es inferior a la contracción por altas temperaturas de un panel de las mismas cantidades de componente sin siloxano. En algunos modos de realización, la contracción por altas temperaturas del panel es de aproximadamente un 50 % de la contracción por altas temperaturas de un panel de las mismas cantidades de componente sin siloxano.

20 **[0127]** En otros modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, el componente con fosfato es soluble en agua y se selecciona entre el grupo que consiste en un ácido fosfórico condensado que comprende dos o varias unidades de ácido fosfórico, una sal o ion de un fosfato condensado que comprende dos o varias unidades de fosfato, una sal monobásica o un ion monovalente de un ortofosfato y combinaciones de los mismos. En algunos modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, el componente con fosfato comprende un polifosfato cíclico.

25 **[0128]** En modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, un conjunto de paneles de yeso se monta en soportes de metal. Los paneles de yeso comprenden un núcleo de yeso fraguado entre hojas de cubierta superior e inferior. El núcleo presenta una densidad de entre 430 y 592 kg/m³ (entre aproximadamente 27 y 37 libras por pie cúbico) y proporciona al conjunto al menos una resistencia de 30 minutos al fuego, de acuerdo con los procedimientos de ensayo UL U419. En algunos modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, los paneles de yeso del conjunto se montan en soportes de madera y los paneles de yeso proporcionan al menos una resistencia al fuego de 30 minutos, de acuerdo con los procedimientos de ensayo UL 305.

30 **[0129]** En modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, un método para fabricar un panel de yeso resistente al fuego que presenta un Índice de Aislamiento Térmico de al menos 17,0 minutos comprende el suministro de una lechada. La lechada presenta: (a) entre 5 y 7,3 kg/m² (aproximadamente 1040-1490 lb/msf) de estuco; (b) aproximadamente un 0,3-4,0 % en peso de almidón pregelatinizado; (c) aproximadamente un 0,15-0,50 % en peso de fosfato; (d) aproximadamente un 0,3-1,5 % en peso de dispersante; (e) aproximadamente un 0,1-0,3 % en peso de fibra mineral, de vidrio o de carbono; y (f) una cantidad de espuma eficaz para proporcionar una densidad de núcleo de entre 400 y 577 kg/m³ (entre aproximadamente 25 y aproximadamente 36 libras por pie cúbico). La lechada se deposita sobre una primera hoja de cubierta. La lechada se cubre con una segunda hoja de cubierta para formar el panel. El panel se mantiene con un espesor nominal predeterminado hasta que se hidrate la lechada del núcleo. El panel se corta en unas dimensiones deseadas. El panel se seca. Los porcentajes en peso se basan en el peso del estuco y los valores de lb/msf son para un panel con un espesor nominal de 1,6 cm (0,625 pulgadas).

45 **[0130]** En otros modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, las lb/msf de estuco en el método se ajustan proporcionalmente para un espesor nominal de panel de entre 1,6 y 1,9 cm (entre aproximadamente 0,625 y aproximadamente 0,75 pulgadas). En todavía otros modos de realización ilustrativos no acordes a la presente invención, un conjunto de los paneles de yeso hechos mediante el método se montan en soportes de metal. El conjunto proporciona al menos una resistencia al fuego de 30 minutos, de acuerdo con los procedimientos de ensayo UL U419.

EJEMPLOS

50 **[0131]** Los siguientes ejemplos ilustran en mayor medida los aspectos. Todos los valores indicados en el presente documento (p. ej., pesos, porcentajes, temperaturas, dimensiones, tiempos, etc.) están sujetos a, e incluyen, las variaciones y márgenes de error de medición reflejados en los datos, así como los que normalmente halla un experto en la materia para el componente, la prueba, la propiedad o la observación específicos a que se refieren.

55 Ejemplo 1

Formulaciones de lechada de yeso de muestra

[0132] A continuación, en la tabla 1, se muestran formulaciones de lechada de yeso. La totalidad de valores de la tabla 1 están expresados en porcentaje en peso a partir del peso del estuco seco. Los valores en paréntesis están en peso seco en g (g/m²) (libras (lb/MSF)) para un panel con un espesor nominal de 1,27 cm (1/2 pulgada).

5

TABLA 1

Componente	Formulación A	Formulación B
Estuco en kg/m ² (lb/MSF)	3,6 (732)	3,4 (704)
trimetafosfato de sodio	0,20 (7,3 (1,50))	0,30 (10,45 (2,14))
Dispersante (naftalensulfonato)	0,18 (6,6 (1,35))	0,58 ¹ (19,77 (4,05))
Almidón pregelatinizado	2,7 (97,6 (20))	6,4 ((45))
Almidón de placa	0,41 (14,6 (3,0))	0
Acelerador resistente al calor (HRA)	(73,2 (15))	(73,2 (15))
Fibra de vidrio	0,27 ((2,0))	0,28 (0,27 (2,0))
Fibra de papel	0	0,99 (34,1 (7,0))
Jabón*	0,03 (9,8 (0,192))	0,03 (0,9 (0,192))
Agua total en kg (lb.)	365 (805)	386 (852)
Proporción de agua/estuco	1,10	1,21
*Utilizado para pregenerar espuma.		
¹ 1,28 % en peso como solución acuosa al 45 %.		

Ejemplo 2

Preparación de los paneles

[0133] Se prepararon paneles de yeso de muestra (con un espesor nominal de 1,27 cm (aproximadamente 1/2 pulgada)) de acuerdo con los documentos de patente estadounidense con n.º 6,342,284, concedida a Yu *et al.* y 6,632,550 concedida a Yu *et al.* Esto incluye la generación separada de espuma y la introducción de la espuma en la lechada de los otros ingredientes, como se describe en el ejemplo 5 de estas patentes.

[0134] Los resultados para los paneles de yeso hechos mediante la utilización de las formulaciones A y B del ejemplo 1, así como un control, se muestran en la tabla 2, a continuación. Como en este ejemplo y en otros ejemplos siguientes, las pruebas de resistencia a la extracción de clavos, dureza del núcleo y resistencia a la flexión se llevaron a cabo de acuerdo con ASTM C-473. De forma adicional, cabe observar que un panel de yeso habitual tiene un espesor de aproximadamente 1,27 cm (1/2 pulgada) y presenta un peso de entre 7,8 y 8,8 kg/m² (entre aproximadamente 1600 y 1800 libras por 1000 pies cuadrados de material o lb/MSF). ("MSF" es una abreviatura estándar en la técnica para miles de pies cuadrados; es una medición de área para cajas, material corrugado y tableros).

20

TABLA 2

Resultado de ensayo de laboratorio	Placa de control	Placa de la Formulación A	Placa de la Formulación B
Peso de la placa en kg/m ² (lb/MSF)	7,7 (1587)	5,2 (1066)	5,1 (1042)
Resistencia a la extracción de clavos en kg (lb)	37 (81,7)	22,8 (50,2)	33 (72,8)
Dureza del núcleo en kg (lb)	7,4 (16,3)	2,4 (5,2)	5,3 (11,6)
Carga de unión humidificada en kg (lb)	7,8 (17,3)	9,2 (20,3)	6,8 (15,1)
Fallo de unión humidificada (%)	0,6	5	11,1
Resistencia a la flexión, boca arriba (MD) en kg (lb)	21,3 (47)	21,4 (47,2)	23,9 (52,6)
Resistencia a la flexión, boca abajo (MD) en kg (lb)	23,4 (51,5)	30,3 (66,7)	35,7 (78,8)
Resistencia a la flexión, boca arriba (XMD) kg (lb)	68 (150)	61,5 (135,9)	78,5 (173,1)
Resistencia a la flexión, boca abajo (XMD) en kg (lb)	65,3 (144,4)	56,9 (125,5)	75 (165,4)
MD: dirección longitudinal			
XMD: dirección transversal a la máquina			

[0135] Tal y como se ilustra en la tabla 2, los paneles de yeso preparados mediante la utilización de las lechadas de la Formulación A y B presentan reducciones considerables de peso en comparación con la placa de control. Haciendo referencia de nuevo a la tabla 1, las comparaciones de la placa de la Formulación A con la placa de la Formulación B son muy llamativas. Las proporciones de agua/estuco (a/e) son similares en la Formulación A y en la Formulación B. También se utiliza un nivel superior de dispersante de naftalensulfonato en la Formulación B. Además, en la Formulación B, se utilizó considerablemente más almidón pregelatinizado, aproximadamente un 6 % en peso, un aumento superior al 100 % en comparación con la Formulación A, junto con aumentos de resistencia señalados. Aun así, la demanda de agua para producir la capacidad de fluidez requerida seguía siendo baja en la lechada de la Formulación B, siendo la diferencia de aproximadamente un 10 % en comparación con la Formulación A. La baja demanda de agua en ambas formulaciones se atribuye al efecto sinérgico de la combinación de dispersante de naftalensulfonato y trimetafosfato de sodio en la lechada de yeso, lo que hace que aumente la fluidez de la lechada de yeso, incluso en presencia de un nivel de almidón pregelatinizado considerablemente superior.

[0136] Tal y como se ilustra en la tabla 2, los paneles de yeso preparados con la lechada de la Formulación B presentan una resistencia considerablemente mayor en comparación con los paneles preparados con la lechada de la Formulación A. Mediante la incorporación de cantidades mayores de almidón pregelatinizado en combinación con cantidades mayores de dispersante de naftalensulfonato y trimetafosfato de sodio, la resistencia a la extracción de clavos en la placa de la Formulación B mejoró un 45 % en comparación con la placa de la Formulación A. También se observaron aumentos considerables en la resistencia a la flexión en la placa de la Formulación B en comparación con la placa de la Formulación A.

Ejemplo 3

Ensayos de reducción de peso de paneles de yeso de 1,27 cm (1/2 pulgada)

[0137] A continuación, en la tabla 3, se muestran más ejemplos de paneles de yeso (placas C, D y E), incluidas las formulaciones de lechada y los resultados de prueba. Las formulaciones de lechada de la tabla 3 incluyen los componentes principales de las lechadas. Los valores en paréntesis se expresan en porcentaje en peso a partir del peso del estuco seco.

TABLA 3

Componente/parámetro de formulación de ensayo	Placa de control	Placa de la Formulación C	Placa de la Formulación D	Placa de la Formulación E
Estuco seco en kg/m ² (lb/MSF)	6,3 (1300)	6,2 (1281)	5,9 (1196)	5,2(1070)
Acelerador en g/m ² (lb/MSF)	44,9 (9,2)	44,9 (9,2)	44,9 (9,2)	44,9 (9,2)
DILOFLO ¹ en g/m ² (lb/MSF)	20 (4,1) (0,32 %)	39,6 (8,1) (0,63 %)	39,6 (8,1) (0,68 %)	39,6 (8,1) (0,76 %)
Almidón corriente en g/m ² (lb/MSF)	23,7 (5,6) (0,43 %)	0	0	0
Almidón de maíz pregelatinizado en g/m ² (lb/MSF)	0	48,8 (10) (0,78 %)	48,8 (10) (0,84 %)	48,8 (10) (0,93 %)
Trimetafosfato de sodio en g/m ² (lb/MSF)	3,4 (0,7) (0,05 %)	7,8 (1,6) (0,12 %)	7,8 (1,6) (0,13 %)	7,8 (1,6) (0,15 %)
Proporción de agua/estuco (a/e) total	0,82	0,82	0,82	0,84
Resultados de pruebas de formulación de ensayo				
Peso de la placa seca en kg/m ² (lb/MSF)	7,9 (1611)	7,7 (1570)	7,1 (1451)	6,4 (1320)
Resistencia a la extracción de clavos en kg (lb)	35 (77,3) [†]	38,8 (85,5)	35 (77,2)	29,6 (65,2)

[†] Estándar ASTM: 77 lb

¹ DILOFLO es una solución de naftalensulfonato en agua al 45 %

5 [0138] Tal y como se ilustra en la tabla 3, las placas C, D y E se hicieron a partir de una lechada que presenta cantidades considerablemente mayores de almidón, dispersante DILOFLO y trimetafosfato de sodio en comparación con los paneles de control (aproximadamente un aumento del doble sobre una base porcentual para el almidón y el dispersante, y un aumento del doble o el triple para el trimetafosfato), al tiempo que mantiene la proporción de a/e constante. No obstante, la resistencia medida por la resistencia a la extracción de clavos no se vio muy afectada y el peso del panel se redujo considerablemente. Por consiguiente, en este ejemplo de un modo de realización de la invención, la nueva formulación (tal como, por ejemplo, la placa D) puede proporcionar más almidón formulado en una lechada utilizable y con capacidad de fluidez, junto con una resistencia adecuada.

Ejemplo 4

Prueba de resistencia de cubos de yeso húmedos

15 [0139] Las pruebas de resistencia de cubos húmedos se llevaron a cabo mediante la utilización de estuco de placa Southard CKS, comercializado por United States Gypsum Corp., Chicago, Illinois y de agua corriente en el laboratorio para determinar su resistencia a la compresión húmeda. Se utilizó el siguiente procedimiento de ensayo de laboratorio.

20 [0140] Se utilizó estuco (1000 g), CSA (2 g) y agua corriente (1200 cc) a 21 °C (aproximadamente 70 °F) para cada molde de cubo de yeso húmedo. En primer lugar, se mezcló minuciosamente almidón de maíz pregelatinizado (20 g, un 2,0 % a partir del peso del estuco) y CSA (2 g, un 0,2 % a partir del peso del estuco) en seco en una bolsa de plástico con el estuco antes de mezclarse con una solución de agua corriente que contenía tanto dispersante de naftalensulfonato como trimetafosfato de sodio. El dispersante utilizado era el dispersante DILOFLO (1,0 - 2,0 %, tal y como se indica en la tabla 4). También se utilizaron cantidades variadas de trimetafosfato de sodio, tal y como se indica en la tabla 4.

- 5 **[0141]** Inicialmente, se combinaron los ingredientes en seco y la solución acuosa en una mezcladora Warning de laboratorio, y se dejó en remojo la mezcla producida durante 10 segundos y, a continuación, se mezcló la mezcla a velocidad baja durante 10 segundos con el fin de elaborar la lechada. Las lechadas formadas de esta manera se vertieron en tres moldes de cubo de 2"X2"X2". Los cubos moldeados se sacaron, a continuación, de los moldes, se pesaron y se cerraron herméticamente en el interior de bolsas de plástico para evitar la pérdida de humedad antes de llevarse a cabo la prueba de resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión de los cubos húmedos se midió mediante una máquina ATS y se registró como una media en bares (libras por pulgada cuadrada (psi)). A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

TABLA 4

N.º de muestra de prueba	Trimetafosfato de sodio, gramos (porcentaje en peso a partir del estuco seco)	DILOFLO 1 (porcentaje en peso a partir del estuco seco)	Peso de cubo húmedo (2"X2"X2"), g	Resistencia a la compresión de cubo húmedo, bares (psi)
1	0	1,5	183,57	22,1 (321)
2	0,5 (0,05)	1,5	183,11	24,6 (357)
3	1 (0,1)	1,5	183,19	24,8 (360)
4	2 (0,2)	1,5	183,51	24,9 (361)
5	4 (0,4)	1,5	183,65	26,3 (381)
6	10 (1,0)	1,5	183,47	25,4 (369)
7	0	1,0	184,02	23,8 (345)
8	0,5 (0,05)	1,0	183,66	24,1 (349)
9	1 (0,1)	1,0	183,93	24,5 (356)
10	2 (0,2)	1,0	182,67	25,2 (366)
11	4 (0,4)	1,0	183,53	25,1 (365)
12	10 (1,0)	1,0	183,48	23,5 (341)
13	0	2,0	183,33	23,8 (345)
14	0,5 (0,05)	2,0	184,06	24,5 (356)
15	1 (0,1)	2,0	184,3	25,0 (363)
16	2 (0,2)	2,0	184,02	25,0 (363)
17	4 (0,4)	2,0	183,5	25,3 (368)
18	10 (1,0)	2,0	182,68	23,3 (339)

¹ DILOFLO es una solución de naftalensulfonato en agua al 45 %

- 10 **[0142]** Tal y como se ilustra en la tabla 4, las muestras 4-5, 10-11 y 17, con un nivel de trimetafosfato de sodio en un intervalo de 0,12 - 0,4 % de la presente invención, por lo general, mostraron una resistencia a la compresión de cubo húmedo superior en comparación con las muestras con trimetafosfato de sodio fuera de este rango.

Ejemplo 5

Ensayos de producción en fábrica de paneles de yeso de peso ligero de 1,27 cm (1/2 pulgada)

[0143] Se llevaron a cabo otros ensayos (placas de ensayo 1 y 2), incluidas formulaciones de lechada, y los resultados de las pruebas se muestran a continuación, en la tabla 5. Las formulaciones de lechada de la tabla 5 incluyen los componentes principales de las lechadas. Los valores en paréntesis se expresan en porcentaje en peso a partir del peso del estuco seco.

5

TABLA 5

Componente/parámetro de formulación de ensayo	Placa de control 1	Placa de ensayo de formulación en fábrica 1	Placa de control 2	Placa de ensayo de formulación en fábrica 2
Estuco seco en kg/m ² (lb/MSF)	6,4 (1308)	5,7 (1160)	5,9 (1212)	5,5 (1120)
DILOFLO ¹ en g/m ² (lb/MSF)	29 (5,98) (0,457 %)	39 (7,98) (0,688 %)	35 (7,18) (0,592 %)	43,9 (8,99) (0,803 %)
Almidón corriente en g/m ² (lb/MSF)	(5,0) (0,38 %)	0	(4,6) (0,38 %)	0
Almidón de maíz pregelatinizado en g/m ² (lb/MSF)	24,4 (2,0) (0,15 %)	48,8 (10) (0,86 %)	12,2 (2,5) (0,21 %)	43,9 (9,0) (0,80 %)
Trimetafosfato de sodio en g/m ² (lb/MSF)	3,4 (0,7) (0,05 %)	9,8 (2,0) (0,17 %)	2,9 (0,6) (0,05 %)	7,8 (1,6) (0,14 %)
Proporción de agua/estuco (a/e) total	0,79	0,77	0,86	0,84
Resultados de pruebas de formulación de ensayo				
Peso de la placa seca en kg/m ² (lb/MSF)	7,9 (1619)	7,1 (1456)	7,6 (1553)	7 (1443)
Resistencia a la extracción de clavos en kg (lb)	37 (81,5) [†]	37,4 (82,4)	36,6 (80,7)	36,5 (80,4)
Resistencia a la flexión, media (MD) en kg (lb)	18,9 (41,7)	(43,7)	20,3(44,8)	21,3 (46,9)
Resistencia a la flexión, media (XMD) en kg (lb)	60,8 (134,1)	61,5 (135,5)	66,2 (146)	62,2 (137,2)
Carga de unión ² humidificada, media en kg (lb)	8,7 (19,2)	8 (17,7)	9,5 (20,9)	8,7 (19,1)
Fallo de unión ^{2,3} humidificada (%)	1,6	0,1	0,5	0

[†] Estándar ASTM: 35 kg (77 lb)

MD: dirección longitudinal

XMD: dirección transversal a la máquina

¹ DILOFLO es una solución de naftalensulfonato en agua al 45 %

² 90 °F/ 90 % de humedad relativa

³ Cabe observar que en estas condiciones de prueba, los porcentajes de índices de fallo < 50 % resultan aceptables.

[0144] Tal y como se ilustra en la tabla 5, las placas de ensayo 1 y 2 se realizaron a partir de una lechada con cantidades considerablemente mayores de almidón, dispersante DILOFLO y trimetafosfato de sodio, junto con una proporción de a/e ligeramente menor, en comparación con los paneles de control. No obstante, la resistencia medida por la resistencia a la extracción de clavos y las pruebas de flexión se mantuvieron o se mejoraron, y el peso de la placa se redujo considerablemente. Por consiguiente, en este ejemplo de un modo de realización de la invención, la nueva formulación (tal como, por ejemplo, las placas de ensayo 1 y 2) puede proporcionar más

10

trimetafosfato y almidón formulado en una lechada utilizable y con capacidad de fluidez, junto con una resistencia adecuada.

Ejemplo 6

Ensayos de producción en fábrica de paneles de yeso de peso ultraligero de 1,27 cm (1/2 pulgada)

- 5 **[0145]** Se llevaron a cabo otros ensayos (placas de ensayo 3 y 4) con la Formulación B (ejemplo 1) tal y como en el ejemplo 2, con la excepción de que el almidón de maíz pregelatinizado se preparó con agua a una concentración del 10 % (preparación de almidón húmedo) y se utilizó una mezcla de jabones HYONIC PFM (comercializados por GEO Specialty Chemicals, Lafayette, Indiana). Por ejemplo, la placa de ensayo 3 se preparó con una mezcla de HYONIC PFM 10/HYONIC PFM 33 que iba desde 65-70 % en peso/35-30 % en peso. Por ejemplo, la placa de ensayo 4 se preparó con una mezcla de 70/30 peso/peso de HYONIC PFM 10/HYONIC PFM 33. A continuación, se muestran los resultados del ensayo en la tabla 6.

TABLA 6

Resultado de ensayo de laboratorio	Placa de ensayo 3 (Formulación B más mezcla de jabón HYONIC 65/35) (n = 12)	Placa de ensayo 4 (Formulación B más mezcla de jabón HYONIC 70/30) (n = 34)*
Peso de la placa en kg/m ² (lb/MSF)	5,4 (1106)	4,9 (1013)
Resistencia a la extracción de clavos ^a (lb)	38,8 (85,5)	36,4 (80,3)
Dureza del núcleo ^b (lb)	>6,8 (>15)	(12,4)
Resistencia a la flexión, media ^c (MD) (lb)	25,2 (55,6)	5,6 (60,3) ¹
Resistencia a la flexión, media (XMD) (lb)	63,5 (140,1)	64,5 (142,3) ¹
* Salvo como se haya señalado. ¹ n = 4 MD: dirección longitudinal XMD: dirección transversal a la máquina ^a Estándar ASTM: 35 kg (77 lb) ^b Estándar ASTM: 5 kg (11 lb) ^c Estándar ASTM: 16 kg (36 lb) ^d Estándar ASTM: 49 kg (107 lb)		

- 15 **[0146]** Tal y como se ilustra en la tabla 6, las características de resistencia según se mide mediante la extracción de clavos y la dureza del núcleo se encontraban por encima del estándar ASTM. La medición de la resistencia a la flexión también estaba por encima del estándar ASTM. De nuevo, en este ejemplo de un modo de realización de la invención, la nueva formulación (tal como, por ejemplo, las placas de ensayo 3 y 4) puede proporcionar más trimetafosfato y almidón formulado en una lechada utilizable y con capacidad de fluidez, junto con una resistencia adecuada.

Ejemplo 7

- 20 **[0147]** Se llevó a cabo la prueba del aislamiento térmico a temperaturas elevadas con arreglo a los procedimientos analizados en la Pub. ASTM WK25392 para analizar las características de aislamiento térmico a altas temperaturas de los paneles de yeso con un espesor de 1,6 cm (5/8 pulgadas) fabricados de acuerdo con la invención.

- 25 **[0148]** Las condiciones de transferencia del calor reflejadas en esta prueba pueden describirse con la ecuación de energía para la conducción del calor inestable unidimensional a lo largo del espesor del panel:

$$\Delta/\Delta x (k (\Delta T/\Delta x)) + q = \rho c_p (\Delta T/\Delta t) \quad (1)$$

5 **[0149]** Donde T es la temperatura en un tiempo t y profundidad x determinados en el panel. La conductividad térmica (k), densidad (ρ) y el calor específico (c_p) son funciones dependientes de temperatura no lineales a temperaturas elevadas. El índice de generación de calor q representa una variedad de reacciones endotérmicas y exotérmicas, por ejemplo, los cambios de fase del yeso y la combustión del papel frontal, que suceden a distintas temperaturas y, por consiguiente, en distintos momentos.

[0150] Con el fin de analizar la conducción de calor total a través de la placa de yeso y, por consiguiente, su rendimiento de aislamiento térmico, normalmente no es necesario medir y describir cada variable por separado. Es suficiente analizar su efecto acumulativo neto en la transferencia del calor.

10 **[0151]** Con este fin, se desarrolló una prueba de aislamiento térmico a temperaturas elevadas en la que los especímenes de prueba consistentes en discos con un diámetro de 4 pulgadas (100 mm) se fijan entre sí mediante tornillos de cabeza avellanada de tipo G.

[0152] Los especímenes de prueba se prepararon a partir de un panel de yeso mediante la utilización de un núcleo que contenía:

15

Estuco	5,7 kg/m ² (1170 lb/msf)
Almidón de maíz pregelatinizado	136 g/m ² (28 lb/msf) (2,3 % en peso del estuco)
Trimetafosfato de sodio (solución acuosa al 10 %)	142 g/m ² (29 lb/msf) (2,5 % en peso del estuco)
Dispersante de naftalensulfonato (45 % de extracto seco)	24 g/m ² (5 lb/msf) (0,4 % en peso del estuco)
Fibra de vidrio	10 g/m ² (2 lb/msf) (0,2 % en peso del estuco)
Papel de recubrimiento	delantero 249 g/m ² (51 lb/msf) (manila pesado); trasero 190 g/m ² (39 lb/msf) (papel prensa)

[0153] Un termopar se sitúa en el centro del espécimen entre los discos. A continuación, se monta el espécimen en el borde en una repisa diseñada para asegurar un calentamiento uniforme sobre su superficie y se sitúa en un horno precalentando a 930 °F (500 °C).

20 **[0154]** El aumento de temperatura en el centro del espécimen de prueba se anota y se mide un índice de aislamiento térmico, TI , calculado como el tiempo, en minutos, requerido para que el espécimen de prueba se caliente entre aproximadamente 105 °F (40 °C) y aproximadamente 390 °F (200 °C). El índice de aislamiento térmico del espécimen de prueba se calcula de la siguiente manera:

$$TI = t_{200^{\circ}\text{C}} - t_{40^{\circ}\text{C}} \quad (2)$$

25 **[0155]** Un perfil de temperatura desarrollado a partir de los datos recogidos mediante este procedimiento normalmente muestra la transición de yeso a hemihidrato a aproximadamente 212 °F (100 °C) y la conversión de hemihidrato a la primera fase de anhídrita aproximadamente a cerca de 285 °F (140 °C). Tales datos también muestran a menudo que una vez que estas transiciones de fase se completan, la temperatura aumenta rápidamente de manera lineal, dado que normalmente no se produce ninguna reacción química o de cambio de fase adicional significativa por debajo de la temperatura del horno de aproximadamente 930 °F (500 °C). Al esperar hasta que la temperatura del núcleo del espécimen haya alcanzado aproximadamente 105 °F (40 °C) para comenzar a medir el tiempo, se consiguió una repetitividad y reproducibilidad aceptables.

30 **[0156]** La prueba de aislamiento térmico anterior se llevó a cabo en discos cortados a partir del panel de yeso con un espesor de 1,6 cm (5/8 pulgadas) preparado de acuerdo con la invención con un peso de panel de 7,5 kg/m² (1545 lb/msf). Estas muestras presentaban un Índice de Aislamiento Térmico medio de 18,6 minutos.
35 En comparación, el valor de Índice de Aislamiento Térmico medio para un panel de techo interior comercial de 7,3 kg/m² (aproximadamente 1500 lb/msf) con un espesor nominal 1,27 cm (1/2 pulgada) disponible en el mercado, era de 17,0 minutos. No se esperaba que el panel de la invención (con una densidad de núcleo de 480 kg/m³ (aproximadamente 30 pcf)) tuviera un Índice de Aislamiento Térmico superior en comparación con un panel de aproximadamente el mismo peso pero con una densidad de núcleo superior (561 kg/m³ (aproximadamente 35 pcf)).
40

Ejemplo 8

ES 2 699 227 T3

[0157] Algunas muestras de paneles de la invención se sometieron a ensayos de resistencia al fuego de conformidad con los procedimientos de UL U419 con paneles de yeso de un espesor nominal de 1,6 cm (5/8 pulgadas) de acuerdo con la invención con un peso de panel de 7,5 kg/m² (aproximadamente 1546 lb/msf) comprendiendo:

5

Estuco	5,7 kg/m ² (1170 lb/msf)
Almidón pregelatinizado	136 g/m ² (28 lb/msf) (2,3 % en peso a partir del estuco)
Trimetafosfato de sodio (en seco)	0,12 % en peso a partir del estuco
Dispersante de naftalensulfonato (en seco)	0,14 % en peso a partir del estuco
fibra de e-vidrio cortada 1,27 cm (1/2 pulgada)	0,17 % en peso a partir del estuco
Papel	delantero 246 g/m ² (51 lb/msf) (manila pesado); trasero 190 g/m ² (39 lb/msf) (papel prensa)

[0158] Los parámetros físicos de los paneles de yeso de 4'x10' eran los siguientes:

Espesor de panel medio	1,5 cm (0,606 pulgadas) (nominalmente 1,6 cm (5/8 pulgadas))
Peso de panel medio (4'x10')	28 kg/7,5 kg/m ² (61,62 lb/1545 lb/msf)
Densidad de placa media	491 kg/m ³ (30,64 pcf)

10 **[0159]** En la prueba U419, se construyeron conjuntos de pared en una pared de 305 cm por 305 cm (10 pies por 10 pies). Los montantes utilizados eran montantes de acero de un calibre ligero disponibles en el mercado formados a partir de acero con un espesor de entre 0,04 cm y 0,08 cm (entre aproximadamente 0,015 pulgadas y aproximadamente 0,032 pulgadas), y con las dimensiones de entre 9,2 cm y 8,9 cm (aproximadamente 3 5/8" o 3 1/2" pulgadas) de ancho por 3,175 (aproximadamente 1 1/4" pulgadas) de espesor. Los montantes de acero de calibre ligero estaban separados 61 cm (aproximadamente 24 pulgadas) entre sí en el conjunto de acuerdo con la especificación U419.

15 **[0160]** Los procedimientos de ensayo U419 se consideran entre los más rigurosos de todos los tipos de ensayos UL, dado que los montantes de acero de calibre ligero normalmente experimentan una deformación por calor (normalmente instando a los paneles expuestos hacia las llamas del quemador) debido a la transferencia de calor a través de los paneles y hacia dentro de la cavidad del conjunto entre los paneles expuestos y sin exponer. Esta deformación normalmente provoca la separación de las uniones del panel u otros fallos en el lado calentado y expuesto del conjunto, lo que permite una penetración de la llama del quemador y/o un calentamiento elevado
20 rápidamente hacia dentro de la cavidad del conjunto y hacia dentro del lado sin exponer y sin calentar del conjunto. Se espera que cuanto más ligero sea el calibre de los montantes de acero, mayor será la probabilidad de que los montantes y el conjunto se deformen por el calor.

25 **[0161]** Los paneles de yeso estaban unidos de manera horizontal, es decir, de manera perpendicular a los montantes verticales, en cada lado del conjunto. Normalmente, se utilizaron dos paneles de 305 cm por 122 cm (10 pies por 4 pies) y un panel de 305 cm por 61 cm (10 pies por 2 pies) en cada lado de la estructura. Los paneles estaban unidos a la estructura con tornillos con rosca Hi-Lo (doble rosca alta-baja) de tipo S de una pulgada (2,54 cm) a cada lado del conjunto, a ocho pulgadas (20,32 cm) del centro. Los paneles se situaron de tal manera que las juntas entre los paneles en cada lado de la estructura estuvieran alineadas entre sí.
30 Entonces, las juntas se sellaron con cinta de papel para juntas y compuesto para juntas. En las pruebas que siguen los procedimientos de U419, el acero utilizado para formar los montantes de calibre ligero tenía un espesor de entre 0,04 y 0,045 cm (0,015 pulgadas o 0,018 pulgadas) y el conjunto no se somete a cargas externas.

35 **[0162]** En cada una de las pruebas, el conjunto de estructura y panel completado se situó de tal manera que un lado del conjunto, el lado expuesto, se sometiera a un conjunto de llamas de horno de quemador que calentara el lado expuesto del conjunto a temperaturas y a un ritmo especificado por el estándar ASTM 119, de ASTM. Con arreglo a los procedimientos U419, un conjunto de aproximadamente 14 sensores se dispusieron en una relación espaciada entre el lado expuesto y calentado del conjunto y cada uno de los quemadores para monitorizar las temperaturas utilizadas para calentar el lado expuesto del conjunto. También con arreglo a estos procedimientos,
40 se dispuso un conjunto de sensores en una relación espaciada en el lado sin exponer opuesto y sin calentar del conjunto. Normalmente, se aplicaron 12 sensores en la superficie sin exponer del conjunto en un patrón con arreglo a los procedimientos de UL. Con arreglo a estos procedimientos, cada sensor también se cubrió con una almohadilla aislante.

[0163] Durante los procedimientos de prueba de exposición al fuego, las temperaturas del horno utilizadas seguían la curva de calentamiento de ASTM-119, que comenzaba con temperatura ambiente y aumentaba en el lado expuesto del conjunto hasta más de 871 °C (1600 °F) en aproximadamente una hora, con el cambio más rápido de temperatura ocurriendo al principio de la prueba y casi al final de la prueba. La prueba finalizó cuando, bien había un fallo de carga catastrófico en la cara expuesta del conjunto, bien la media de las temperaturas de los sensores en el lado sin exponer del conjunto superaba una temperatura preseleccionada (121°C (250 °F) por encima de la ambiente), o cuando un único sensor del lado sin exponer del conjunto superaba una segunda temperatura preseleccionada (163 °C (325 °F) por encima de la ambiente).

[0164] Los datos generados durante la prueba U419 se muestran en las figuras 1 y 2. En la figura 1, se representa un gráfico de las temperaturas facilitadas por el sensor único que alcanzaron la temperatura máxima al final de la prueba y un gráfico de la media de las temperaturas del sensor desde el inicio de la prueba hasta el final de la prueba. En la figura 1, también se muestra un gráfico de la curva de temperatura de ASTM 119 utilizada para las temperaturas del horno en el lado expuesto y calentado del conjunto. En la figura 2, se presenta un gráfico ampliado de los datos de las temperaturas máximas de un único sensor y de las temperaturas medias de sensor, que se muestran en la figura 1.

[0165] Tal y como se indica en las figuras 1 y 2, tanto la temperatura de un único sensor como la temperatura media de sensor en la superficie sin exponer del conjunto aumentaron de forma gradual durante las pruebas en relación con las temperaturas de horno, con un aumento más rápido en la temperatura de un único sensor cerca de la finalización de la prueba. Por ejemplo, con un tiempo transcurrido de aproximadamente 20 minutos, las temperaturas máximas del sensor y medias de sensor en la superficie sin exponer del conjunto eran inferiores a 82 °C (aproximadamente 180 °F) y 79 °C (aproximadamente 175 °F), respectivamente. Con un tiempo de aproximadamente 25 minutos, las temperaturas máximas del sensor y medias de sensor eran inferiores a 90 °C (aproximadamente 195 °F) y 88 °C (aproximadamente 190 °F), respectivamente. Con un tiempo de aproximadamente 30 minutos, las temperaturas máximas del sensor y medias de sensor eran inferiores a 110 °C (aproximadamente 230 °F) y 99 °C (aproximadamente 210 °F), respectivamente. La temperatura máxima de un único sensor no superó los 149 °C (300 °F) hasta mucho después de los 30 minutos de tiempo transcurrido, con una temperatura inferior a 210 °C (aproximadamente 410 °F) con aproximadamente 35 minutos. El sensor medio no superó los 99 °C (300 °F) hasta que finalizó la prueba después de más de 35 minutos, con una temperatura inferior a 143 °C (aproximadamente 290 °F) con aproximadamente 35 minutos.

[0166] Los paneles de la invención también cumplían criterios tales como los utilizados para establecer clasificaciones de resistencia al fuego de UL, lo que confirman los datos mostrados en las figuras 1 y 2. Los paneles de la invención cumplían los criterios que los calificarían con una resistencia al fuego de "30 minutos". Entre otros requisitos, dichos criterios requerirían una temperatura media del sensor en la superficie sin exponer del conjunto que no fuera superior a la temperatura ambiente al principio de la prueba más 121 °C (250 °F) y una temperatura de un sensor individual máxima que no fuera superior a la temperatura ambiente al principio de la prueba más 163 °C (325 °F) (normalmente las temperaturas ambiente son de 32 °C (aproximadamente 90 °F) o inferiores para dicha prueba). Las temperaturas de la prueba U419 bajo estos criterios se indican a continuación.

	Media	Individual
Temperatura ambiente de los criterios de temperatura limitativa de la superficie no expuesta 22,5 °C (69 °F)	159 °C (319 °F)	201 °C (394 °F)
Límites de temperatura de superficie no expuesta alcanzados	No sobrepasados @ 151 °C (304 °F)	T/C # 1 @ 34 Min. 30 Seg.

[0167] Por lo tanto, esta prueba demuestra que los paneles de la presente invención presentan la capacidad de retrasar considerablemente el paso del calor a través de estructuras de pared o de techo durante más de 30 minutos con arreglo a los protocolos U419 tan complicados. Por consiguiente, a pesar de la poca densidad del núcleo del panel y del poco peso del panel en relación con el espesor del panel, los paneles de la invención pueden desempeñar una función importante en el control de la extensión del fuego en los edificios.

Ejemplo 9

[0168] Los paneles de la invención también fueron sometidos a pruebas de resistencia al fuego según los procedimientos del protocolo de UL U305 con la utilización de los paneles de yeso con un espesor nominal de 1,6 cm (5/8 pulgadas) hechos de acuerdo con la formulación del núcleo y las hojas de cubierta de papel descritas en el ejemplo 8 anteriormente y que presentan un peso de panel de aproximadamente 7,7 kg/m² (1580 lb/msf).

[0169] Los parámetros físicos de los paneles de yeso de la invención utilizados en estas pruebas eran los siguientes:

Espesor de panel medio	1,57 cm (0,620 pulgadas) (nominalmente 1,6 cm (5/8 pulgadas))
Peso de panel medio	28,6 kg/7,7 kg/m ² (63,10 lb/1580 lb/msf)
Densidad media	490 kg/m ³ (30,57 pcf)

[0170] En este ejemplo, el procedimiento de la prueba del protocolo U305 requiere conjuntos que soporten cargas hechos a partir de paneles de yeso con un espesor nominal de 1,6 cm (5/8 pulgadas) y estructuras de montantes de madera. De conformidad con los procedimientos de ensayo U305, los paneles de la invención se aplicaron a una estructura tal como la que se analiza anteriormente en el ejemplo 8 hecha con montantes #2 de 2 x 4 de abeto de Douglas (8,9 cm de ancho por 3,8 cm de grueso (aproximadamente 3,5 pulgadas de ancho por 1,5 pulgadas de grueso)), separados 40 cm (aproximadamente 16 pulgadas) entre sí y montados entre placas de base y superior de 2 x 4 de abeto de Douglas. Los paneles se aplicaron horizontalmente con las juntas alineadas en los lados opuestos del sistema con clavos de 6d y las juntas se pegaron con cinta y se sellaron con compuesto para juntas. Se aplicó una carga total de 8073 kg (aproximadamente 17 800 libras) en la parte superior del conjunto.

[0171] Los datos generados durante la prueba U305 se muestran en las figuras 3 y 4. En la figura 3, se representa un gráfico de las temperaturas facilitadas por el sensor único que alcanzaron la temperatura máxima al final de la prueba y un gráfico de la media de las temperaturas del sensor desde el inicio de la prueba hasta el final de la prueba. En la figura 3, también se muestra un gráfico de la curva de temperatura de ASTM 119 utilizada para las temperaturas del horno en el lado expuesto y calentado del conjunto. En la figura 4, se presenta un gráfico ampliado de los datos de las temperaturas máximas de un único sensor y medias de sensor, que se muestran en la figura 4. La prueba finalizó debido al fallo de carga del conjunto a los 46 minutos aproximadamente.

[0172] Tal y como se indica en las figuras 3 y 4, tanto la temperatura de un único sensor máxima como la temperatura media de sensor en la superficie sin exponer del conjunto aumentaron de forma gradual durante las pruebas en relación con las temperaturas del horno en el lado calentado del conjunto. Por ejemplo, con un tiempo transcurrido de aproximadamente 20 minutos, las temperaturas máximas del sensor y medias de sensor eran inferiores a 79 °C y 74 °C (aproximadamente 175 °F y aproximadamente 165 °F), respectivamente. Con un tiempo de aproximadamente 25 minutos, las temperaturas máximas del sensor y medias de sensor eran inferiores a 88 °C y 82 °C (aproximadamente 190 °F y aproximadamente 180 °F), respectivamente. Con un tiempo de aproximadamente 30 minutos, las temperaturas máximas del sensor y medias de sensor eran inferiores a 96 °C y 88 °C (aproximadamente 205 °C y aproximadamente 190 °F), respectivamente. La temperatura máxima de un único sensor no superó los 149 °C (300 °F) hasta mucho después de los 45 minutos de tiempo transcurrido, con una temperatura inferior a 107 °C (225 °F) con aproximadamente 35 minutos; inferior a 118 °C (aproximadamente 245 °F) con aproximadamente 40 minutos; e inferior a 135 °C (aproximadamente 275 °F) con aproximadamente 45 minutos. La temperatura media del sensor no superó los 149 °C (300 °F) al término de la prueba, con una temperatura inferior a 96 °C (205 °F) con aproximadamente 35 minutos; inferior a 110 °C (aproximadamente 230 °F) con aproximadamente 40 minutos; e inferior a 121 °C (aproximadamente 250 °F) con aproximadamente 45 minutos.

[0173] Los paneles de la invención también cumplían criterios tales como los que se utilizarían para establecer una resistencia al fuego de "30 minutos", lo que confirman los datos mostrados en las figuras 3 y 4. Tal y como se ha analizado en el ejemplo 8, dichos criterios requerirían una temperatura media del sensor en la superficie sin exponer del conjunto que no fuera superior a la temperatura ambiente al principio de la prueba más 121 °C (250 °F) y una temperatura de un sensor individual máxima al inicio de la prueba que no fuera superior a la temperatura ambiente más 163 °C (325 °F) (normalmente, las temperaturas ambiente son de 32 °C (aproximadamente 90 °F) o menos para dichas pruebas). Las temperaturas de la prueba U305 bajo estos criterios se indican a continuación, indicando el resultado "no sobrepasado" que los límites de temperatura máxima en el lado que no está expuesto del conjunto no se habían alcanzado antes de que la prueba hubiera finalizado debido al fallo de carga.

	Media	Individual
Temperatura ambiente de los criterios de temperatura limitativa de la superficie no expuesta 16 °C (61 °F)	155 °C (311 °F)	197 °C (386 °F)
Límites de temperatura de superficie no expuesta	No sobrepasados @	No sobrepasados @ 150

	Media	Individual
alcanzados	126 °C (259 °F)	°C (303 °F)

- 5 **[0174]** Esta prueba también indica que los paneles de la presente invención presentan la capacidad de proporcionar una resistencia al fuego y protección considerable a pesar de la poca densidad del núcleo del panel y del poco peso del panel en relación con el espesor del panel. Tal y como se indica en las pruebas U305 anteriormente, aunque sea con una carga considerable, los conjuntos fabricados con los paneles de la invención retrasan considerablemente el paso del calor a través de las estructuras de pared o de techo durante más de 30 minutos y, al menos, hasta 45 minutos en las condiciones de U305.

Ejemplo 10

- 10 **[0175]** En este ejemplo, el panel del ejemplo 8 se sometió a una prueba de resistencia a la extracción de clavos para determinar las propiedades de resistencia del panel conforme a este criterio utilizado comúnmente. La prueba de resistencia a la extracción de clavos es una medición de una combinación de las resistencias de un núcleo de un panel de yeso, sus hojas de cubierta, y la unión entre las hojas de cubierta y el yeso. La prueba mide la fuerza máxima requerida para extraer un clavo con una cabeza a través del panel hasta que la placa se agriete aún más. En las pruebas de este ejemplo, las pruebas de resistencia a la extracción de clavos se llevaron a cabo conforme a ASTM C 473-09.
- 15 **[0176]** En resumen, el espécimen sometido a ensayo se condicionó a 21 °C (aproximadamente 70 °F) y a una humedad relativa de aproximadamente el 50 % durante 24 horas antes de las pruebas. Se utilizó una fresa de 0,28 cm (7/64 pulgadas) para taladrar orificios guía a través del espesor de los especímenes. Después, el espécimen se situó en una placa de soporte de especímenes con un agujero de tres pulgadas de diámetro en el centro, que era perpendicular a la trayectoria del clavo de la prueba. El agujero guía se alineó con la punta de la caña del tornillo. La carga se aplicó a una velocidad de deformación de una pulgada por minuto hasta que se alcanzó la carga máxima. A aproximadamente un 90 % de la carga máxima tras pasar la carga máxima, se detuvo la prueba y la carga máxima se anotó como la resistencia a la extracción de clavos.

[0177] Los resultados de la resistencia a la extracción de clavos se resumen a continuación, en la tabla 7.

TABLA 7

Resistencia a la extracción de clavos			
Muestra	Carga máxima media en Nm (lb-f)	Pesos del panel calculados en kg/m ² (lb/msf)	Densidad de la placa en kg/m ³ (lb/ft ³)
1	119,6 (88,2)	7,8 (1602)	493 (30,8)
2	116,1 (85,6)	7,7 (1586)	486 (30,5)
3	122,7 (90,5)	7,8 (1597)	492 (30,7)
4	121,3 (89,5)	7,9 (1608)	495 (30,9)
5	116,2 (85,7)	7,7 (1592)	490 (30,6)
6	118,2 (87,1)	7,7 (1591)	490 (30,6)
Media	118,5 (87,4)	7,8 (1596)	492 (30,7)

- 25 **[0178]** Los valores de resistencia a la extracción de clavos medios para estos ejemplos del panel de poco peso y poca densidad de la invención promediaron 118,5 Nm (87,4 lb-f). Esto indica que, a pesar de la poca densidad de los paneles de la invención, los paneles de la invención pueden alcanzar valores de resistencia a la extracción de clavos comparables con paneles de yeso mucho más pesados y densos resistentes al fuego.

Ejemplo 11

- 30 **[0179]** Se prepararon muestras de laboratorio para calcular el efecto de añadir siloxano, así como siloxano junto con almidón pregelatinizado en una formulación de lechada de yeso y paneles de la invención hechos con una lechada de este tipo. Las formulaciones utilizadas en esta prueba se establecen a continuación, en la tabla 8.

características de contracción de los paneles de yeso de la presente invención en condiciones de altas temperaturas. Las pruebas de aislamiento térmico se llevaron a cabo mediante la utilización de los procedimientos analizados anteriormente en el ejemplo 7. Para la prueba de contracción por altas temperaturas y la prueba de aislamiento térmico, se cortaron diez discos con un diámetro de 4 pulgadas (100 mm) a partir de dos de las muestras de placa de yeso mencionadas anteriormente con una prensa taladradora con una hoja de sierra para cortar orificios. Seis de los discos se utilizaron para la prueba de contracción por altas temperaturas y cuatro se utilizaron para la prueba de aislamiento térmico.

[0183] El procedimiento de prueba de contracción por altas temperaturas refleja el hecho de que la contracción por altas temperaturas que experimentan los paneles de yeso en condiciones de incendio está influida por factores aparte de las reacciones de calcinación que pueden ocurrir en los núcleos de yeso del panel en condiciones de altas temperaturas. Por consiguiente, el protocolo de la prueba utiliza un horno sin ventilación de manera que no haya un flujo de aire desde fuera del horno que pueda enfriar los especímenes de ensayo. La temperatura del horno también es de aproximadamente 1560 °F (850 °C) para tener en cuenta la contracción que puede producirse en las fases anhidrita de las estructuras del núcleo de yeso, además de la calcinación y otros efectos de altas temperaturas, cuando se exponen a las condiciones de altas temperaturas de los incendios.

[0184] Con el fin de evitar un choque térmico para los especímenes de ensayo, que puede producir unos resultados inválidos en la prueba debido al astillamiento y la rotura, el protocolo de prueba se modificó para situar los especímenes de ensayo en el horno antes de que se calentase a aproximadamente 1560 °C (850 °C). Los especímenes se mantuvieron a esa temperatura durante aproximadamente 20 minutos mínimo antes de apagar el horno. La puerta del horno se mantuvo cerrada mientras el horno se enfriaba. Los especímenes no se retiraron para medirlos hasta después de que la temperatura hubiese bajado a cerca de la temperatura ambiente.

[0185] Como la placa de yeso es anisótropa, la cantidad de contracción variará ligeramente en las direcciones del largo y ancho. Por tanto, se tomaron dos mediciones ortogonales y se promediaron para computar el diámetro medio del disco. En estos ensayos, se tomaron dos mediciones a 90 grados entre sí ya que se había observado que este enfoque proporcionaba un diámetro medio coherente de un espécimen a otro. Normalmente, si las dos mediciones para un disco variaban en más de 0,01 pulgadas (0,25 mm), entonces el disco se rechazaba y las mediciones se excluían de los resultados observados. La contracción se calculó como el cambio porcentual en el diámetro medio tras la exposición al calor, y se anotó "S", normalmente hasta el 0,1 % más cercano para el grupo de seis especímenes de prueba.

[0186] Como puede observarse en la tabla 7, además de proporcionar una resistencia a la humedad mejorada, la adición de siloxano sin almidón pregelatinizado añadido mejoró, de forma inesperada, las propiedades de contracción de la muestra de panel, y redujo la contracción entre casi un 6 % y aproximadamente un 3 %. La adición de almidón pregelatinizado aumentó la contracción de las muestras en relación con las muestras sin almidón pregelatinizado añadido y las muestras con solamente siloxano añadido. La contracción aumentó con la cantidad mayor de almidón pregelatinizado añadido. Sin embargo, la combinación de siloxano añadido y almidón pregelatinizado añadido, de forma inesperada, mejoró considerablemente la contracción por altas temperaturas de las muestras de prueba. Por ejemplo, la adición de siloxano redujo la contracción de las muestras con 20 gramos de almidón pregelatinizado entre más de un 7 % y menos de un 3,5 %. De manera similar, la adición de siloxano a las muestras con 40 gramos de almidón pregelatinizado redujo la contracción por altas temperaturas entre más de un 8 % y más de un 3 %. En consecuencia, la adición de siloxano a los paneles de yeso de la invención proporciona una resistencia mayor a la contracción por altas temperaturas, lo que debería mejorar aún más y, de forma inesperada, las propiedades de resistencia al fuego de los paneles de la invención.

[0187] Ha de interpretarse que el uso de los términos "un/una" y "el/la/los/las" y referentes similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones) cubre tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en la presente memoria o el contexto lo contradiga claramente. La citación de rangos de valores en la presente memoria pretende simplemente servir como un método abreviado para referirse de manera individual a cada valor independiente incluido dentro del rango, a menos que se indique lo contrario en la presente memoria, y cada valor independiente se incorpora en la memoria como si se citara de manera individual en la presente memoria. Todos los métodos descritos en la presente memoria pueden llevarse a cabo en cualquier orden adecuado, a menos que se indique lo contrario en la presente memoria o el contexto lo contradiga claramente de otro modo. El uso de todos y cada uno de los ejemplos, o del lenguaje de ejemplo (p. ej., "tal como") que se proporciona en la presente memoria pretende simplemente aclarar mejor la invención y no supone una limitación en el alcance de la invención a menos que se reivindique lo contrario. Ninguna expresión en la memoria ha de interpretarse como indicativa de que cualquier elemento no reivindicado es esencial para la práctica de la invención.

[0188] Los aspectos y modos de realización preferidos de la presente invención se describen en la presente memoria, incluyendo el mejor modo conocido por los inventores para llevar a cabo la invención. Ha de

entenderse que los modos de realización ilustrados son a modo de ejemplo únicamente y no deben considerarse limitativos del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Panel de yeso que comprende un núcleo de yeso fraguado dispuesto entre dos hojas de cubierta, presentando el panel una densidad en el rango de entre 430 y 592 kg/m³ (entre 27 y 37 libras por pie cúbico) y un índice de aislamiento Térmico superior a 17,0 minutos, y el panel comprende:
 - 5 - 5,95 - 9,3 kg/m² (1220-1750 lb/msf) de yeso fraguado
 - 0,3 - 4,0 % en peso de almidón pregelatinizado
 - 0,15 - 0,50 % en peso de un componente con fosfato
 - 0,3 - 1,5 % en peso de dispersante
 - 0,1- 0,3 % en peso de fibra mineral, de vidrio o de carbono
 - 10 - vacíos de espuma en una cantidad eficaz para proporcionar la densidad de panel específica
 - un espesor de 1,6 cm (0,625 pulgadas).

FIGURA 1

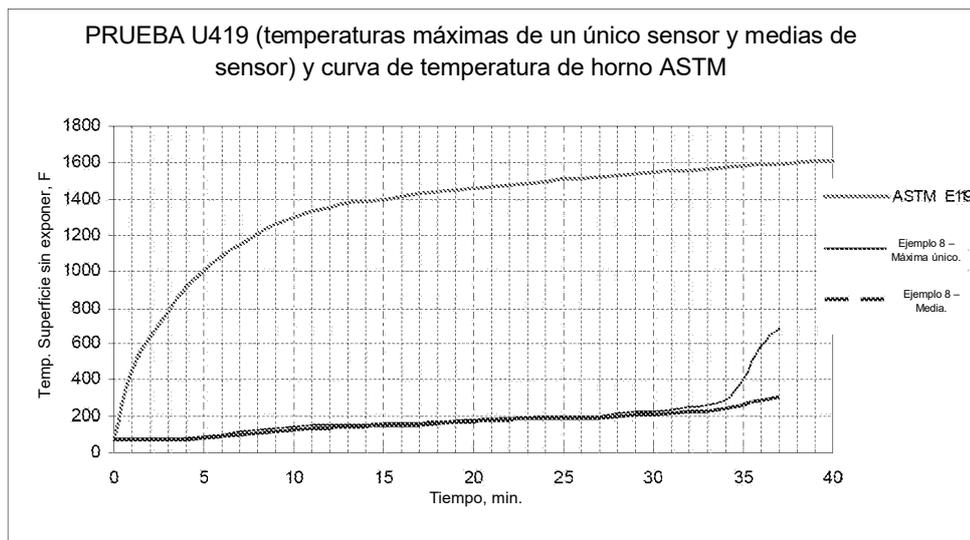


FIGURA 2

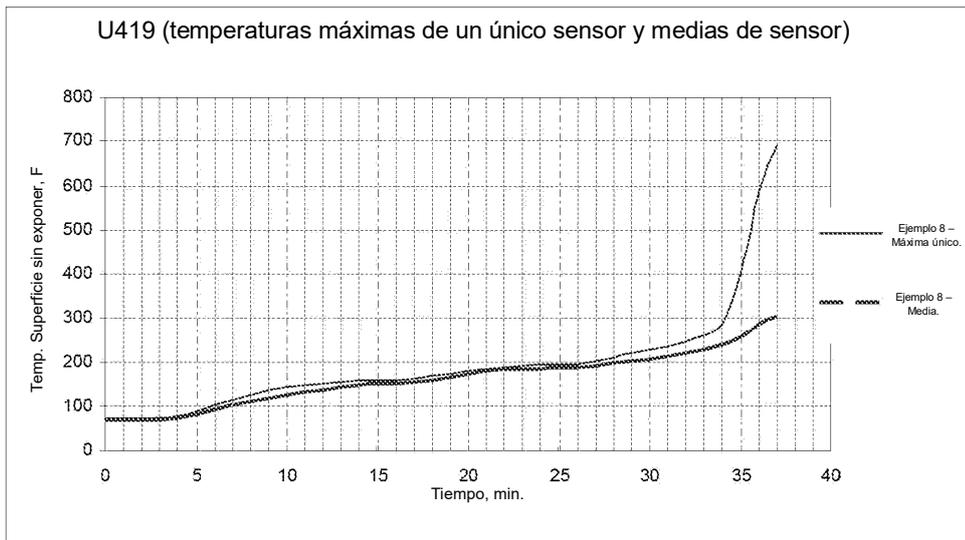


FIGURA 3

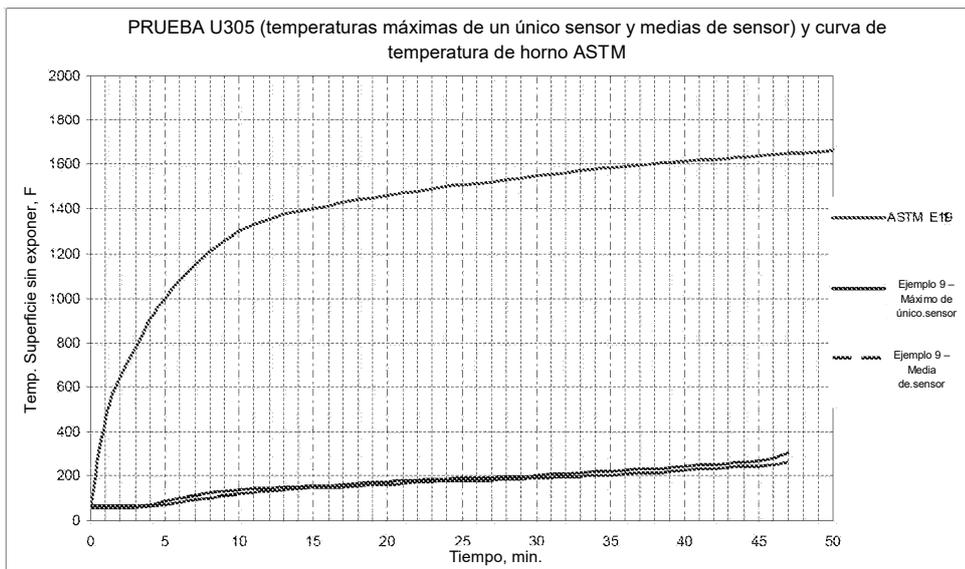


FIGURA 4

