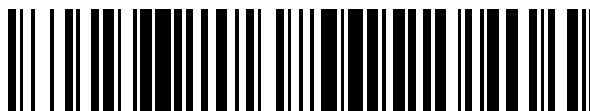


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 820**

51 Int. Cl.:

C03C 1/00 (2006.01)

C03C 3/087 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.10.2002 PCT/US2002/31675**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2003 WO03031359**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.10.2002 E 02800898 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 1441995**

54 Título: **Artículos de vidrio producidos ajustando las características de temperatura del vidrio**

30 Prioridad:

08.10.2001 US 974124

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

25.06.2018

73 Titular/es:

**Vitro, S.A.B. de C.V. (100.0%%)
Av. Ricardo Margain Zozaya No. 400, Col. Valle
del Campestre
San Pedro Garza García, Nuevo León 66265, MX**

72 Inventor/es:

**PECORARO, GEORGE A.;
RATLIFF, JERRY C. y
MARKOVIC, RICHARD**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 673 820 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

Artículos de vidrio producidos ajustando las características de temperatura del vidrio

5 **Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

Esta invención se refiere generalmente a composiciones de vidrio que tienen características mejoradas de fusión y refinado. En el presente documento también se describen, aunque no forman parte de la presente invención, métodos para ajustar una composición de vidrio para bajar la temperatura o temperaturas de fusión y/o de viscosidades de formación y/o de desvitrificación preferiblemente sin cambiar sustancialmente la temperatura o temperaturas de las viscosidades de flexión y/o recocido del vidrio, si así se desea. La siguiente descripción se refiere a artículos de vidrio preparados a partir de las composiciones de vidrio.

2. Consideraciones técnicas

Los fabricantes de vidrio funden los materiales del lote de vidrio y refinan el vidrio fundido para formar artículos de vidrio. Por ejemplo, en un proceso de vidrio flotante convencional, los materiales del lote de vidrio se calientan en un horno o fusor para formar una masa fundida de vidrio. La masa fundida de vidrio se vierte en un baño de estaño fundido, donde se forma el vidrio fundido y se enfría continuamente para formar una cinta de vidrio flotante. La cinta de vidrio flotante se enfría y se corta para formar artículos de vidrio sólidos, tales como láminas de vidrio plano. Los materiales de lote particulares usados y sus cantidades relativas se seleccionan basándose en las propiedades deseadas de los artículos de vidrio. Ejemplos de composiciones de lotes de vidrio se describen en las patentes de Estados Unidos n.º 5.071.796; 5.837.629; 5.688.727; 5.545.596; 5.780.372; 5.352.640; y 5.807.417, solo por nombrar algunas.

Como apreciará un experto en la materia de fabricación de vidrio, las propiedades de la composición del vidrio se pueden definir en función de sus características de temperatura y viscosidad. Por ejemplo, la "temperatura de fusión" de un vidrio se define convencionalmente como la temperatura a la que el vidrio tiene una viscosidad de 100 poises, que convencionalmente se conoce como la temperatura de la viscosidad "log 2" (es decir, el logaritmo de la viscosidad del vidrio en poises es 2). De manera similar, la "temperatura de conformación" (viscosidad log 4), "temperatura de flexión" (viscosidad log 7,6), "temperatura de recocido" (viscosidad log 13) y "punto de deformación" (viscosidad log 14,5) se definen convencionalmente como las temperaturas en que los logaritmos de la viscosidad del vidrio en poises son de 4, 7,6, 13 y 14,5, respectivamente. La "temperatura de licuefacción" es la temperatura a la cual el vidrio comienza a desvitrificarse, lo que puede causar una turbidez indeseable en el producto de vidrio. La temperatura de conformación y la temperatura de licuefacción se conocen como el "rango de trabajo". En general, es deseable tener un rango de trabajo que abarque más de 40 °F (22 °C).

Los fabricantes de vidrio compran láminas de vidrio plano de productores de vidrio y procesan estas láminas de vidrio en diversos productos comerciales, como ventanas arquitectónicas, espejos, puertas de ducha, ventanas de automóviles, unidades de vidrio aislante, etc. Por lo general, este proceso incluye calentar láminas de vidrio plano para doblar las láminas y luego enfriar las láminas de manera controlable para recocer, templar o calentar endureciendo las láminas. Las temperaturas de flexión, templado y/o recocido para un tipo particular de vidrio son factores económicos importantes en el proceso de fabricación y no pueden cambiarse fácilmente sin alterar sustancialmente el proceso de fabricación existente, lo que sería costoso y lento.

Debido al aumento en el tonelaje y la demanda de calidad para los productos de vidrio plano, los fabricantes de vidrio plano se encuentran bajo presión para aumentar su producción de vidrio a la vez que reducen el coste de fabricación del vidrio. Muchos fabricantes de vidrio operando sus hornos de vidrio a un rendimiento y temperaturas cada vez más altos para satisfacer la creciente demanda de vidrio. Sin embargo, esta necesidad de aumentar la producción de vidrio ha dado lugar a varias áreas problemáticas. Por ejemplo, la temperatura de funcionamiento de un horno de vidrio plano convencional normalmente es del orden de 2850 °F (1564 °C). A medida que se procesa más material de lote de vidrio a través del horno, se requiere más combustible para fundir las mayores cantidades de materiales de lote de vidrio en un período de tiempo más corto. Este mayor uso de combustible aumenta significativamente el coste de producción de las láminas o artículos de vidrio y da como resultado una disminución de la eficiencia térmica para la operación de fusión. Además, hacer funcionar el fusor con mayor rendimiento y temperaturas elevadas también puede dañar los refractarios del fusor, causando daños térmicos y/o químicos en las coronas de sílice y las paredes de retención, lo que puede provocar una falla o colapso prematuro de la superestructura del fusor y defectos sólidos en el vidrio.

La temperatura de conformación del vidrio fabricado mediante el proceso de vidrio flotante se mantiene suficientemente alta para evitar la desvitrificación del vidrio, lo que da como resultado defectos cristalinos en el producto de vidrio flotante. Con algunas composiciones de vidrio, dichas temperaturas de conformación más altas pueden ser problemáticas con un aumento en la velocidad de disolución de las secciones del fusor de vidrio flotante que incluyen secciones que suministran el vidrio fundido al baño de estaño fundido. Por ejemplo, podría reducirse la

vida útil de la formación de refractarios del fusor.

Por lo tanto, sería ventajoso proporcionar a los fabricantes de vidrio una composición de vidrio (y por lo tanto los materiales del lote de los que se fabrica) para proporcionar un punto de fusión más bajo y/o temperaturas de conformación más bajas y/o una temperatura de licuefacción más baja. La primera ayuda a disminuir el uso de combustible y el daño potencial al fusor mientras se mantienen sustancialmente las mismas temperaturas de flexión y recocido que la composición del vidrio de partida. Esta última puede extender la vida útil de las secciones del fusor, incluidos los refractarios de conformación.

10 El documento WO02/16277 A1 describe composiciones de vidrio de sosa-cal-sílice adecuadas para la formación mediante el proceso flotante que contiene el 6-12,4 % en peso de Na_2O , el 10,2-17 % en peso de CaO , el 68-75 % en peso de SiO_2 , el 0-4 % en peso de Al_2O_3 , el 0-3 % en peso de K_2O , el 0-5,5 % en peso de MgO , el 0-2 % en peso de Fe_2O_3 y el 0-0,5 % en peso de SO_3 .

15 El documento EP 1 118 597 A1 describe vidrio transparente incoloro de sosa-cal-sílice transparente que absorbe radiación ultravioleta que contiene el 0,15-0,4 % en peso de SO_3 , el 0,2-1 % en peso de óxido de cerio, el 0,01-0,08 % en peso de Fe_2O_3 , el 0,008 % en peso de FeO , el 0,01-0,08 % en peso de MnO y el 0-0,0005 % en peso de CoO .

20 La patente de Estados Unidos n.º 5.030.594 se refiere a un vidrio transparente, con ausencia sustancial de color en la transmitancia, y con una coloración azul celeste atractiva, brillante y pura lograda en un vidrio que tiene más del 87 por ciento de transmitancia luminosa usando cantidades muy pequeñas de óxido de hierro como único colorante esencial, con una relación de hierro en estado ferroso a hierro total de al menos 0,4.

25 El documento WO 99/01391 se refiere a composiciones de vidrio de cal y sosa que tienen un contenido de óxidos alcalinos entre el 9 y el 13,3 % en peso diseñado para transformarse en vidrio plano mediante un proceso de vidrio flotante.

Sumario de la invención

30 En el presente documento se describe, aunque no forma parte de la invención, un método para ajustar, por ejemplo, reducir, las temperaturas de fusión y/o conformación y/o temperatura de licuefacción de una composición de vidrio. Dichos ajustes pueden evitar cambios sustanciales en las temperaturas de flexión y/o recocido del vidrio. En un aspecto de la invención dirigido a composiciones de vidrio que contienen óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO) como se define en las reivindicaciones adjuntas, se ha descubierto que aumentar la cantidad, por ejemplo, el porcentaje en peso, de CaO y disminuir el MgO esencialmente en la misma cantidad (porcentaje en peso) da como resultado que el vidrio tenga una temperatura de fusión y de conformación baja sin cambiar sustancialmente las temperaturas de flexión y recocido del vidrio. También se ha descubierto que al disminuir la cantidad de MgO en el vidrio y aumentar la cantidad de al menos dos o más de CaO , R_2O (Na_2O y K_2O), Al_2O_3 y/o SiO_2 se reduce la temperatura de licuefacción. La reducción y el aumento concomitante de las cantidades de estos materiales se realizan sin afectar negativamente a la corrosión del vidrio fundido. Además, dependiendo de qué temperatura de fusión, reblandecimiento y/o temperatura de licuefacción se deba afectar, puede producirse un aumento concomitante de las cantidades de las cuales se pueden afectar dos o más de los materiales mencionados anteriormente. Por ejemplo, la alteración del punto de reblandecimiento del vidrio puede efectuarse para que coincida con las composiciones de vidrio de diferentes fusores para lograr un punto de reblandecimiento común para cualquier operación posterior de flexión y recocido. En este caso, las cantidades de CaO y R_2O y/o Al_2O_3 y/o SiO_2 pueden aumentarse de modo que el total del aumento en dos o más de estos materiales sea igual a la disminución en la cantidad de MgO .

50 Un método para reducir las temperaturas de fusión y conformación de una composición de vidrio puede incluir reemplazar al menos parte del CaO y/o MgO de la composición de vidrio con un óxido de metal cuyo ion metálico tenga una intensidad de campo menor que el Ca^{++} y/o Mg^{++} , por ejemplo, Ba^{++} o Sr^{++} .

55 De acuerdo con la presente invención, se proporcionan composiciones de vidrio que tienen propiedades ventajosas para la fabricación de vidrio plano como se define en las reivindicaciones adjuntas 1 y 2. En una realización, la composición de vidrio tiene una temperatura de fusión en el intervalo de aproximadamente 2570 °F a aproximadamente 2590 °F (de 1410 °C a aproximadamente 1421 °C) y una temperatura de conformación en el intervalo de aproximadamente 1850 °F a aproximadamente 1894 °F (de 1010 °C a aproximadamente 1034 °C). La composición de vidrio puede tener una temperatura de flexión en el intervalo de aproximadamente 1300 °F a aproximadamente 1350 °F (de 704 °C a aproximadamente 732 °C) y una temperatura de recocido en el intervalo de aproximadamente 1016 °F a 1020 °F (de 547 °C a 549 °C).

65 La composición de vidrio puede tener una temperatura de licuefacción reducida sin aumentar los componentes alcalinos para hacer que la composición sea demasiado corrosiva. En dichos aspectos, la composición de vidrio tiene una temperatura de fusión en el intervalo de aproximadamente 2510 °F a aproximadamente 2650 °F (de 1376 °C a aproximadamente 1454 °C) y una temperatura de conformación en el intervalo de aproximadamente 1800 °F a

aproximadamente 1894 °F (de 982 °C a aproximadamente 1034 °C) y una temperatura de licuefacción en el intervalo de aproximadamente 1780 °F a aproximadamente 1850 °F (de 971 °C a 1010 °C). La composición de vidrio puede tener una temperatura de flexión en el intervalo de aproximadamente 1300 °F a aproximadamente 1350 °F (de 704 °C a aproximadamente 732 °C) y una temperatura de recocido en el intervalo de aproximadamente 1016 °F a 1020 °F (de 547 °C a 549 °C). En una composición de vidrio de este tipo, la cantidad de MgO está en el intervalo del 2 al 3 por ciento en peso para vidrios que contienen más hierro. Los vidrios que contienen más hierro tienen un contenido de hierro de al menos el 0,1 y los vidrios que contienen menos hierro tienen un contenido de hierro de menos del 0,1 por ciento en peso. La cantidad combinada de $\text{CaO} + \text{R}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ puede compensar la reducción de MgO cuando la cantidad combinada está en el intervalo de aproximadamente el 23 a aproximadamente el 29 por ciento en peso.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un gráfico de la desviación normalizada de los parámetros seleccionados frente al porcentaje en peso de CaO para una composición de vidrio a modo de ejemplo (modelada por ordenador) que no está de acuerdo con la invención (mostrada con fines ilustrativos);

La Figura 2 es un gráfico de la desviación normalizada de los parámetros seleccionados frente al porcentaje en peso de CaO para otra composición de vidrio a modo de ejemplo (modelada por ordenador) que no está de acuerdo con la invención (mostrada con fines ilustrativos); y

La Figura 3 es un gráfico de la eficacia térmica frente al porcentaje en peso de CaO utilizado durante un período de tiempo de ocho meses en el que se hizo funcionar un horno de fabricación de vidrio (no de acuerdo con la invención, que se muestra solo con fines ilustrativos).

Descripción de la invención

Como se usa en el presente documento, todos los números que expresan dimensiones, características físicas, parámetros de procesamiento, cantidades de ingredientes, condiciones de reacción y similares usados en la memoria descriptiva y las reivindicaciones debe entenderse que están modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Por consiguiente, a menos que se indique lo contrario, los valores numéricos expuestos en la memoria descriptiva y reivindicaciones siguientes son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas que se pretende obtener mediante la presente invención. Como mínimo, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada valor numérico debe interpretarse al menos a la luz del número de dígitos significativos informados y mediante la aplicación de técnicas de redondeo ordinarias. Además, debe entenderse que todos los intervalos descritos en este documento abarcan cualquiera y todos los subintervalos subsumidos en el mismo. Por ejemplo, se debe considerar que un intervalo establecido de "1 a 10" incluye cualquiera y todos los subintervalos entre (y que incluyen) el valor mínimo de 1 y el valor máximo de 10; es decir, todos los subintervalos comienzan con un valor mínimo de 1 o más y terminan con un valor máximo de 10 o menos, por ejemplo, de 5,5 a 10. Además, cualquier referencia numérica a cantidades, a menos que se especifique lo contrario, es "en porcentaje en peso" sobre el peso total de la composición de vidrio. El contenido total de hierro de las composiciones de vidrio descritas en este documento se expresa en términos de Fe_2O_3 de acuerdo con la práctica analítica convencional, independientemente de la forma realmente presente. Como se usa en el presente documento, los términos "control solar" y "propiedades de control solar" significan propiedades que afectan las propiedades solares, por ejemplo, transmitancia y/o reflectancia visible, IR o UV, del vidrio.

El método de ajustar una composición de vidrio para cambiar, por ejemplo, disminuir, las temperaturas de fusión y/o conformación y/o licuefacción de la composición de vidrio se puede lograr sin cambiar sustancialmente las temperaturas de flexión y/o recocido del vidrio. Como alternativa, las temperaturas de flexión y/o recocido de composiciones particulares de vidrio pueden alterarse para que coincidan con dichas temperaturas para una gama de composiciones de vidrio más amplia. La invención puede proporcionar composiciones de vidrio que tienen características de fusión y conformación mejoradas que son particularmente adecuadas para un proceso de vidrio flotante. Primero se discutirá un método a modo de ejemplo para ajustar las temperaturas específicas antes mencionadas y luego se discutirán las composiciones de vidrio ilustrativas de la invención.

Aunque el método anterior puede ponerse en práctica con cualquier tipo de vidrio, son particularmente adecuadas las composiciones de vidrio plano, tales como las composiciones de vidrio de sosa-cal-sílice, que tienen sílice como constituyente principal junto con otros adyuvantes de fusión y refinación. Una composición de vidrio de sosa-cal-sílice básica se forma a partir de un lote que contiene sílice (arena), ceniza de sosa (un carbonato de sosa), dolomita (un carbonato de calcio y magnesio), piedra caliza (un carbonato de calcio) y agentes oxidantes, como nitrato o sulfato. La piedra caliza y la dolomita actúan como fundentes para ayudar a la disolución de la sílice y para mejorar la durabilidad del producto de vidrio. Como apreciará un experto en la materia, las cantidades relativas de los componentes del lote dependen de la composición deseada del vidrio que se vaya a preparar.

Pueden añadirse restos de vidrio a los materiales del lote antes de introducir los materiales del lote al fusor o durante la fusión. Los restos de vidrio pueden ser vidrio transparente o puede incluir agentes colorantes convencionales. Los restos de vidrio también pueden incluir hierro en los estados ferroso o férrico, aunque para la mayoría de los

productos de vidrio de control solar se desea el estado ferroso.

También se pueden añadir materiales adicionales al lote que afectan las propiedades finales del vidrio, por ejemplo, propiedades solares tales como transmitancia infrarroja (IR) o ultravioleta (UV), reflectancia o propiedades ópticas, propiedades estéticas y similares. Dichos materiales incluyen elementos o compuestos de titanio, selenio, cobalto, cerio, vanadio, molibdeno, cromo, níquel, manganeso, cobre y combinaciones de cualquiera de estos. En general, a medida que aumentan las cantidades de estos tipos de materiales, disminuye la transmitancia visible, IR y UV del vidrio resultante. Además, algunos de estos materiales pueden funcionar como colorantes para vidrio, y se pueden añadir otros colorantes conocidos en la industria del vidrio plano y/o flotante.

Las composiciones de vidrio de la invención pueden incluir pequeñas cantidades de otros materiales, por ejemplo, coadyuvantes de fusión y refinación, materiales residuales o impurezas, tales como elementos o compuestos de sodio, potasio, calcio, magnesio, manganeso, aluminio, azufre, estroncio, zirconio, cloro, cobalto, níquel, selenio, cromo, molibdeno, bario, titanio, cerio, estaño, zinc o hierro.

Debería apreciarse que como resultado de formar el vidrio sobre estaño fundido en el proceso flotante como se ha descrito anteriormente, cantidades medibles de óxido de estaño pueden migrar a porciones superficiales del vidrio en el lado que está en contacto con el estaño fundido. Normalmente, una pieza de vidrio flotante, aunque los compuestos de estaño no se hayan añadido intencionadamente a los materiales del lote para formar el vidrio, puede tener una concentración de SnO_2 . Esta concentración puede ser del 0,05 al 2 % en peso en los primeros 25 μm por debajo de la superficie del vidrio que estaba en contacto con el estaño. Los niveles de fondo típicos de SnO_2 pueden ser tan altos como 30 partes por millón (PPM). Se cree que altas concentraciones de estaño en aproximadamente los primeros 10 angstroms de la superficie de vidrio soportada por el estaño fundido pueden aumentar ligeramente la reflectividad de esa superficie de vidrio; sin embargo, el impacto global en las propiedades del vidrio es mínimo.

Se ha comprobado que para una composición de vidrio, particularmente una composición de vidrio plano de sosa-cal-sílice, aumentar el CaO en la composición de vidrio en una cantidad seleccionada (porcentaje en peso) mientras disminuye el MgO en la misma cantidad seleccionada (es decir el mismo porcentaje de cambio de peso que el CaO) o sustancialmente la misma cantidad (por ejemplo, hasta ± 5 por ciento en peso, por ejemplo, ± 5 por ciento o menos, por ejemplo, ± 4 por ciento o menos, por ejemplo, ± 3 por ciento o menos, por ejemplo, ± 1 por ciento en peso o menos, preferiblemente menos de ± 1 por ciento en peso de la cantidad seleccionada) mientras se mantiene una cantidad total sustancialmente constante de CaO + MgO (por ejemplo, manteniendo la cantidad total dentro del ± 5 por ciento, por ejemplo, dentro del ± 3 por ciento en peso, por ejemplo, dentro del ± 1 por ciento en peso, preferiblemente dentro de menos del ± 1 por ciento en peso) disminuye las temperaturas de fusión y conformación del vidrio sin cambiar sustancialmente las temperaturas de flexión y recocido del vidrio. Se cree que este resultado se basa, al menos en parte, en el hecho de que la intensidad del campo atómico (designada convencionalmente z/a^2 donde "z" es la carga iónica y "a" es la distancia internuclear entre el catión y el anión) para el ion calcio (0,33) es menor que la intensidad de campo del ion magnesio (0,45). Se cree que esta menor intensidad de campo de los iones calcio reduce la fuerza de enlace covalente del calcio en comparación con la fuerza de enlace covalente del magnesio, requiriendo menos fuerza de corte para romper los enlaces covalentes de calcio, que da como resultado una menor viscosidad del vidrio en el intervalo de temperatura de fusión y conformación.

Se ha descubierto que aumentar la cantidad relativa (porcentaje en peso basado en el peso total de la composición de vidrio) de CaO con respecto al MgO en la composición de vidrio mientras se mantiene una cantidad total (porcentaje en peso basado en el peso total de la composición de vidrio) de CaO + MgO en el intervalo del 12 al 13,5 por ciento en peso, por ejemplo, del 12,1 al 13,5 por ciento en peso, por ejemplo, del 12,5 al 13,0 por ciento en peso, por ejemplo, del 12,8 al 12,9 por ciento en peso, resulta en vidrio que tiene temperaturas de fusión y conformación más bajas que antes de este ajuste, sin cambiar sustancialmente las temperaturas de flexión y recocido del vidrio. Tal como se usa en el presente documento, las frases "sin cambiar sustancialmente las temperaturas de flexión y recocido" o "manteniendo sustancialmente las temperaturas de flexión y recocido" significan que las temperaturas de flexión y recocido del vidrio preferiblemente no cambian más de aproximadamente 1 °F a aproximadamente 10 °F (de 0,5 °C a 5 °C), preferiblemente no más de aproximadamente 2 °F a aproximadamente 5 °F (de 1 °C a 3 °C), más preferiblemente menos de aproximadamente 5 °F (3 °C), aún más preferiblemente no más de aproximadamente 4 °F (2,5 °C), incluso más preferiblemente menos de aproximadamente 3 °F (2 °C), y lo más preferiblemente menos de aproximadamente 2 °F (1 °C).

En los Ejemplos 1-5 presentados a continuación, se modelan diversas composiciones de vidrio ilustrativas para mostrar el efecto de modificar el porcentaje en peso de CaO y MgO mientras se mantienen los otros componentes de vidrio sustancialmente sin cambios. Como apreciará un experto en la materia, para formar estas composiciones de vidrio, los componentes del lote, por ejemplo, piedra caliza y dolomita, se ajustan para producir una composición de vidrio deseada.

Basándose en esta nueva comprensión del comportamiento del vidrio, los artículos de vidrio pueden fabricarse con cantidades de CaO relativamente más altas y menores cantidades de MgO (porcentajes en peso) que los puestos en práctica previamente sin afectar adversamente los parámetros de fabricación, por ejemplo, las temperaturas de flexión y/o recocido, del vidrio.

Una composición a modo de ejemplo de vidrio que incorpora características de la invención se caracteriza de la siguiente manera:

TABLA 1	
Componente	Porcentaje de peso
SiO ₂	70-75
Na ₂ O	12-15
K ₂ O	0-2
CaO	10-10.5
MgO	2-3
Al ₂ O ₃	0-2
SO ₃	0-1
Fe ₂ O ₃	0-2
SiO ₂ + Al ₂ O ₃	≥ 70
Na ₂ O + K ₂ O	12-15
CaO + MgO	12-13,5
CaO/MgO	2-5

- 5 Como apreciará un experto en la materia, también pueden estar presentes en el vidrio otros componentes o ingredientes convencionales tales como colorantes, materiales de control solar, materiales de vaciado, etc., como se ha descrito anteriormente.

- 10 En la composición a modo de ejemplo anterior, el CaO es del 10 a 10,5 por ciento en peso, por ejemplo, el 10,25 ± 0,25 por ciento en peso. El MgO es del 2 a 3 por ciento en peso, por ejemplo, el 2,5 ± 0,5 por ciento en peso. El porcentaje en peso total de CaO + MgO es preferiblemente de aproximadamente el 12,8 al 12,9, por ejemplo, el 12,85 ± 0,05. Las composiciones de vidrio a modo de ejemplo adicionales incluyen:

Componente	Composición 2
SiO ₂	72,89
Na ₂ O	13,9
K ₂ O	0
CaO	≥ 10
MgO	
Al ₂ O ₃	0,03
SO ₃	0,2
Fe ₂ O ₃	0,1
CaO + MgO	12,69-12,8

- 15 Las composiciones de vidrio ilustrativas adicionales inmediatamente anteriores proporcionan preferiblemente una temperatura de fusión de menos de 2600 °F (1425 °C), por ejemplo, de 2500 °F a 2600 °F (de 1370 °C a 1425 °C), por ejemplo, de 2570 °F a 2590 °F (de 1410 °C a 1421 °C), y una temperatura de conformación inferior a aproximadamente 1900 °F (1037 °C), por ejemplo, de 1800 °F a 1900 °F (de 981 °C a 1037 °C), por ejemplo, de 1850 °F a 1894 °F (de 1010 °C a 1034 °C). El vidrio preferiblemente tiene una temperatura de flexión de menos de
- 20 aproximadamente 1400 °F (759 °C), por ejemplo, de 1300 °F a 1400 °F (de 704 °C a 759 °C), por ejemplo, de 1300 °F a 1350 °F (de 704 °C a 732 °C), y una temperatura de recocido de menos de aproximadamente 1050 °F (565 °C), por ejemplo, de 1010 °F a 1050 °F (de 543 °C a 565 °C), por ejemplo, de 1016 °F a 1020 °F (de 547 °C a 549 °C).
- 25 Se ha descubierto que aumentar la cantidad relativa (porcentaje en peso basado en el peso total de la composición de vidrio) de uno o más, incluidos todos: CaO, R₂O (Na₂O y/o K₂O), SiO₂ y/o Al₂O₃ mientras se reduce la cantidad de MgO en la composición de vidrio disminuye la temperatura de licuefacción sin efectos perjudiciales sobre la corrosión del vidrio fundido.
- 30 Como con la composición de vidrio de la tabla 1, en la composición de vidrio también pueden estar presentes otros componentes o ingredientes convencionales tales como colorantes, materiales de control solar, materiales de vaciado, etc., como se ha descrito anteriormente. La cantidad de MgO generalmente es inferior al 3 por ciento en peso, pero es incluso inferior para los vidrios que contienen poco hierro como los de la patente de los Estados Unidos 5.030.594. Para estas composiciones de vidrio, la temperatura de licuefacción está preferiblemente en el
- 35 intervalo de 1790 °F a 1820 °F (de 976 °C a 994 °C). En los vidrios que contienen más hierro con hierro en cualquier forma, férrico y/o ferroso, y en una cantidad de al menos el 0,1 por ciento en peso, el MgO varía del 1 al 3 por ciento en peso.

- 40 Las composiciones de vidrio con las cantidades de estos componentes dan como resultado un vidrio que tiene una temperatura de licuefacción inferior, preferiblemente una reducción de 20 °F (~11 °C) y lo más preferiblemente de 30 °F (~17 °C). Esto se puede lograr manteniendo temperaturas de fusión y conformación adecuadas todo lo demás

antes de este ajuste. También este ajuste se puede realizar sin cambiar sustancialmente las temperaturas de flexión y recocido del vidrio, si se desea. Para este último ajuste, la cantidad incrementada de material es sustancialmente CaO. En el presente documento "sustancialmente" se refiere a la cantidad de CaO para no cambiar sustancialmente las temperaturas de flexión y recocido del vidrio. Las temperaturas de fusión, conformación y licuefacción para diferentes composiciones comparativas de vidrio pueden estar en los intervalos que se muestran en la Tabla 4:

TABLA 4		
Propiedad de vidrio	°F (°C)	Preferido °F (°C)
Temperatura de fusión	2510-2650 (1376-1454)	2520-2640 (1382-1449)
Temperatura de conformación	1800-1894 (982-1034)	1805-1884 (985-1029)
Temperatura de licuefacción	1780-1850 (971-1010)	1789-1845 (976-1007)

Si bien las composiciones de vidrio a modo de ejemplo anteriores se presentan para describir el concepto general de la invención, debe entenderse que la invención no se limita a estas realizaciones a modo de ejemplo específicas.

Como se apreciará a partir de la discusión anterior y de los siguientes Ejemplos, las composiciones de vidrio descritas en la presente memoria proporcionan características mejoradas de fusión y refinado mientras que mantienen sustancialmente las mismas características de fabricación. Por ejemplo, las menores temperaturas de fusión proporcionadas por las composiciones de vidrio significan que se requiere menos combustible para fundir inicialmente los componentes del lote de vidrio. Adicionalmente, el artículo de vidrio resultante también tiene un punto de fusión más bajo. Esto significa que cuando se usa un artículo de vidrio como se describe en este documento como restos de vidrio en el fusor de vidrio, se requiere menos combustible para fundir los restos de vidrio, lo que reduce adicionalmente los requisitos de combustible. Además, los fabricantes de vidrio pueden usar el artículo de vidrio usando sus aparatos y métodos de flexión y recocido existentes sin necesidad de que los fabricantes cambien los parámetros de fabricación, por ejemplo, temperaturas de flexión y recocido, usados para fabricar un producto de vidrio comercial. Además, la piedra caliza (fuente de CaO) normalmente es menos costosa que la dolomita (fuente de CaO y MgO). Por lo tanto, aumentar la cantidad de CaO y disminuir la cantidad de MgO en la composición de vidrio significa que se necesita más caliza y menos dolomita en el lote, lo que reduce el coste del lote de vidrio.

Además de modificar las cantidades relativas de CaO y MgO en una composición de vidrio como se ha descrito anteriormente, uno o más componentes del vidrio, como CaO y/o MgO, pueden ser reemplazados total o parcialmente por un material que tenga una intensidad de campo más baja. Por ejemplo, el CaO y/o MgO pueden ser reemplazados en su totalidad o en parte por un material, tal como un óxido, que contiene Ba⁺⁺ o Sr⁺⁺, que tienen una intensidad de campo menor que el Ca⁺⁺ o Mg⁺⁺.

Los siguientes ejemplos se presentan para demostrar los principios de la invención. Sin embargo, la invención no está limitada a los ejemplos específicos presentados.

Ejemplo predictivo 1

Se desarrolló una base de datos de composiciones de vidrio plano y sus respectivas propiedades relacionadas con la temperatura. La base de datos se basó principalmente en composiciones comerciales de vidrio plano fabricadas mediante el proceso de vidrio flotante. Luego, esta base de datos se modeló estadísticamente utilizando los programas estadísticos "Data Desk" y "SAS" disponibles en el mercado para desarrollar algoritmos para las diversas características del vidrio, como temperatura de fusión, temperatura de conformación, temperatura de flexión, temperatura de recocido, temperatura de licuefacción y rango de trabajo. Los algoritmos resultantes se optimizaron utilizando el programa "Solver" que está disponible en el menú EXCEL™ de Microsoft Corporation.

La Tabla 6 muestra los resultados de este modelo informático para variar las cantidades de CaO y MgO para una composición hipotética de vidrio caracterizada de la siguiente manera:

TABLA 5	
Componente	Porcentaje de peso
SiO ₂	72,53 ± 0,1
Na ₂ O	13,79 ± 0,1
K ₂ O	0,02 ± 0,1
Al ₂ O ₃	0,03 ± 0,1
SO ₃	0,2 ± 0,1
Fe ₂ O ₃	0,5 ± 0,1
SiO ₂ + Al ₂ O ₃	72,56 ± 0,1
Na ₂ O + K ₂ O	13,81 ± 0,1
CaO + MgO	12,85 ± 0,05

TABLA 6						
% en peso de CaO	% en peso de MgO	Temp. de fusión	Temp. de conformación	Temp. de flexión	Temp. de Recocido	Rango de trabajo (licuefacción log 4)
9,20 (*)	3,65	2594 °F (1423 °C)	1868 °F (1020 °C)	1343 °F (728 °C)	1022 °F (550 °C)	62 °F (34 °C)
9,40 (*)	3,45	2589 °F (1421 °C)	1866 °F (1019 °C)	1344 °F (729 °C)	1022 °F (550 °C)	61 °F (34 °C)
9,50 (*)	3,35	2587 °F (1419 °C)	1865 °F (1018 °C)	1344 °F (729 °C)	1023 °F (551 °C)	60 °F (33 °C)
9,59 (*)	3,25	2585 °F (1418 °C)	1865 °F (1018 °C)	1344 °F (729 °C)	1023 °F (551 °C)	60 °F (33 °C)
9,69 (*)	3,15	2584 °F (1418 °C)	1864 °F (1018 °C)	1344 °F (729 °C)	1023 °F (551 °C)	60 °F (33 °C)
9,79 (*)	3,05	2581 °F (1416 °C)	1863 °F (1017 °C)	1344 °F (729 °C)	1024 °F (551 °C)	59 °F (33 °C)
9,99 (*)	2,85	2577 °F (1414 °C)	1861 °F (1016 °C)	1344 °F (729 °C)	1025 °F (552 °C)	56 °F (31 °C)
10,20	2,64	2573 °F (1412 °C)	1859 °F (1015 °C)	1344 °F (729 °C)	1026 °F (552 °C)	53 °F (29 °C)
10,30	2,54	2571 °F (1411 °C)	1859 °F (1015 °C)	1344 °F (729 °C)	1027 °F (553 °C)	51 °F (28 °C)
10,40	2,44	2569 °F (1409 °C)	1858 °F (1014 °C)	1344 °F (729 °C)	1027 °F (553 °C)	48 °F (27 °C)
10,50	2,34	2558 °F (1403 °C)	1857 °F (1014 °C)	1344 °F (729 °C)	1028 °F (553 °C)	46 °F (26 °C)

(*): no según la presente invención

- 5 Como se muestra en los resultados del modelado por ordenador de la Tabla 6, a medida que el porcentaje en peso de CaO en la composición aumenta de 9,20 a 10,50 (con el porcentaje total en peso de CaO + MgO en la composición restante en 12,84-12,85), la fusión la temperatura del vidrio cae de 2594 °F (de 1423 °C) a 2558 °F (de 1403 °C) y la temperatura de conformación baja de 1868 °F (de 1020 °C) a 1857 °F (de 1014 °C). Sin embargo, la temperatura de flexión del vidrio solo cambia de 1343 °F (de 728 °C) a 1344 °F (de 729 °C) y la temperatura de recocido del vidrio cambia de 1022 °F (de 550 °C) a 1028 °F (de 553 °C).
- 10 Como también se muestra en la Tabla 6, a medida que el porcentaje en peso de CaO en la composición aumenta, el rango de trabajo de la composición de vidrio se estrecha. Con el fin de prevenir o minimizar esta disminución en el rango de trabajo, se puede aumentar el porcentaje en peso de Na₂O + K₂O en el vidrio y/o el porcentaje en peso de SiO₂ + Al₂O₃ en el vidrio se puede disminuir según se desee. Se anticipa que cambios del orden del 0,05 al 0,1 por ciento en peso en estos componentes en el intervalo del 9,9 al 10,5 por ciento en peso de CaO serían efectivos para
- 15 mantener un rango de trabajo que abarque más de 50 °F (28 °C).

Ejemplo predictivo 2

- 20 Se modeló por ordenador otra composición de vidrio como se ha descrito anteriormente. El vidrio modelado se caracterizó de la siguiente manera:

TABLA 7	
Componente	Porcentaje de peso
SiO ₂	72,89 ± 0,1
Na ₂ O	13,9 ± 0,1
K ₂ O	0
Al ₂ O ₃	0,02 ± 0,01
SO ₃	0,2 ± ,01
Fe ₂ O ₃	0,1 ± ,01
SiO ₂ + Al ₂ O ₃	72,91 ± 0,1
Na ₂ O + K ₂ O	13,9 ± 0,1
CaO + MgO	12,8 ± 0,11

La Tabla 8 muestra los resultados del modelado por ordenador para variar CaO y MgO para la composición de vidrio anterior.

TABLA 8						
% en peso de CaO	% en peso de MgO	Temp. de fusión	Temp. de conformación	Temp. de flexión	Temp. de Recocido	Rango de trabajo (licuefacción log 4)
9,11 (*)	3,69	2594 °F (1423 °C)	1867 °F (1019 °C)	1340 °F (727 °C)	1015 °F (546 °C)	64 °F (36 °C)
9,20 (*)	3,59	2592 °F (1422 °C)	1866 °F (1019 °C)	1340 °F (727 °C)	1015 °F (546 °C)	64 °F (36 °C)
9,40 (*)	3,39	2589 °F (1421 °C)	1865 °F (1018 °C)	1340 °F (727 °C)	1016 °F (547 °C)	61 °F (34 °C)
9,50 (*)	3,29	2588 °F (1420 °C)	1864 °F (1018 °C)	1340 °F (727 °C)	1016 °F (547 °C)	60 °F (33 °C)
9,60 (*)	3,19	2586 °F (1419 °C)	1864 °F (1018 °C)	1340 °F (727 °C)	1017 °F (547 °C)	58 °F (32 °C)
9,70 (*)	3,09	2585 °F (1418 °C)	1863 °F (1017 °C)	1340 °F (727 °C)	1017 °F (547 °C)	57 °F (32 °C)
9,80 (*)	2,99	2584 °F (1418 °C)	1862 °F (1017 °C)	1340 °F (727 °C)	1017 °F (547 °C)	55 °F (31 °C)
10,00	2,79	2581 °F (1416 °C)	1861 °F (1016 °C)	1341 °F (727 °C)	1018 °F (548 °C)	51 °F (31 °C)
10,10	2,69	2579 °F (1415 °C)	1861 °F (1016 °C)	1341 °F (727 °C)	1019 °F (548 °C)	48 °F (27 °C)
10,20	2,59	2579 °F (1415 °C)	1860 °F (1016 °C)	1341 °F (727 °C)	1020 °F (549 °C)	47 °F (27 °C)
10,30	2,49	2578 °F (1414 °C)	1860 °F (1016 °C)	1340 °F (727 °C)	1020 °F (549 °C)	46 °F (26 °C)
10,40	2,39	2577 °F (1414 °C)	1859 °F (1015 °C)	1340 °F (727 °C)	1021 °F (549 °C)	46 °F (25 °C)
10,50	2,29	2576 °F (1413 °C)	1859 °F (1015 °C)	1340 °F (727 °C)	1021 °F (549 °C)	44 °F (29 °C)
10,60 (*)	2,19	2573 °F (1412 °C)	1858 °F (1014 °C)	1341 °F (727 °C)	1022 °F (550 °C)	36 °F (20 °C)

(*): no según la presente invención

5 Como se muestra en la Tabla 8, aumentar el porcentaje en peso de CaO de 9,01 a 10,60 en el vidrio mientras simultáneamente se disminuye el porcentaje en peso de MgO sustancialmente en la misma cantidad disminuye la temperatura de fusión del vidrio unos 22 °F (12 °C) y la temperatura de conformación unos 9 °F (5 °C) mientras que la temperatura de flexión del vidrio varía solo 1 °F (0,5 °C) y la temperatura de recocido cambia solo 7 °F (4 °C).

10 Como se ha descrito anteriormente, el porcentaje en peso de Na₂O + K₂O se puede aumentar y/o el porcentaje en peso de SiO₂ + Al₂O₃ se puede disminuir según se desee para ajustar el rango de trabajo para que esté por encima de 50 °F (28 °C), si se desea.

Ejemplo predictivo 3 (no de acuerdo con la presente invención)

15 Se modeló por ordenador otra composición de vidrio como se ha descrito anteriormente. La composición de vidrio modelada tenía los siguientes componentes:

TABLA 9	
Componente	Porcentaje de peso
SiO ₂	72,80
Na ₂ O	13,90
K ₂ O	0,03
Fe ₂ O ₃	0,10
CaO + MgO	12,74

20 Los resultados del modelado por ordenador se muestran gráficamente en la Fig. 1, con el cambio en los parámetros presentados como desviaciones normalizadas con referencia a un valor de referencia (valor 0). Los "valores 0" para los parámetros presentados fueron:

temperatura de fusión	2600 °F (1427 °C)
temperatura de conformación	1868 °F (1020 °C)
temperatura de flexión	1344 °F (729 °C)
temperatura de recocido	1013 °F (545 °C)
rango de trabajo	81 °F (45 °C)

temperatura de licuefacción	1787 °F (975 °C)
punto de deformación	943 °F (506 °C)

Como se muestra en la Fig. 1, aunque la temperatura de fusión del vidrio disminuye significativamente a medida que aumenta la cantidad relativa de CaO, las temperaturas de flexión y recocido del vidrio permanecen sustancialmente sin cambios.

Ejemplo predictivo 4 (no según la invención)

Se modeló una composición de vidrio adicional que tenía la siguiente composición:

TABLA 10	
Componente	Porcentaje de peso
SiO ₂	72,41
Na ₂ O	13,78
Al ₂ O ₃	0,16
Fe ₂ O ₃	0,48
CaO + MgO	12,84

Los resultados del modelado por ordenador se presentan gráficamente en la Fig. 2 como desviaciones normalizadas de un valor 0 de manera similar a la Fig. 1. Los "valores 0" para los diversos parámetros fueron:

temperatura de fusión	2619 °F (1437 °C)
temperatura de conformación	1870 °F (1021 °C)
temperatura de flexión	1335 °F (724 °C)
temperatura de recocido	1015 °F (546 °C)
rango de trabajo	61 °F (34 °C)
temperatura de licuefacción	1809 °F (987 °C)
punto de deformación	946 °F (508 °C)

Ejemplo 5

Además del modelado por ordenador descrito anteriormente, se probó el efecto sobre la eficiencia térmica de un fusor de vidrio convencional. Como se usa en el presente documento, el término "eficiencia térmica" significa la cantidad teórica de combustible requerida para fundir una cantidad dada de materiales de lote de vidrio (suponiendo 2,5 millones de BTU para fundir 1 tonelada de materiales de lote y 1,7 millones de BTU para fundir 1 tonelada de restos de vidrio) por la cantidad real de combustible utilizado. El término "% de eficiencia térmica" es la eficiencia térmica multiplicada por 100. La composición de vidrio (no de acuerdo con la invención) probada se caracterizó por:

TABLA 11	
Componente	Porcentaje de peso
SiO ₂	72,56
Na ₂ O + K ₂ O	13,85
Fe ₂ O ₃	0,49
CaO + MgO	12,89

Los materiales del lote para formar esta composición de vidrio se fundieron en un horno de vidrio y la Fig. 3 muestra la variación en la eficiencia térmica ya que las cantidades de los materiales del lote se ajustaron de manera que la cantidad relativa (porcentaje en peso) de CaO en la composición de vidrio se incrementó mientras se reducía simultáneamente el MgO en la composición de vidrio en la misma cantidad (porcentaje en peso). El rendimiento térmico generalmente aumentó de aproximadamente el 32,5 % a aproximadamente el 35 % ya que el porcentaje en peso de CaO aumentó de aproximadamente el 9,0 % a aproximadamente el 9,4 %.

La Tabla 12 presenta composiciones de vidrio reales y predictivas (no de acuerdo con la invención, mostradas con fines ilustrativos) que muestran una cantidad reducida de MgO y una cantidad aumentada de uno o más de CaO, R₂O, Al₂O₃, SiO₂ que da como resultado una reducción temperatura de licuefacción.

Tabla 12
COMPOSICIONES Y SUS PROPIEDADES FÍSICAS

(*) : no según la invención		Ejemplo 6 (*)	Ejemplo 7 (*)	Ejemplo 8 (*)	Ejemplo 9 (*)	Ejemplo 10 (*)	Ejemplo 11 (*)	Ejemplo 12 (*)
% de óxido								
SiO ₂		69,52	71,78	72,00	72,20	72,29	71,93	72,10
Na ₂ O		14,82	14,20	14,22	14,45	14,18	14,02	14,31
K ₂ O		0,35	0,40	0,40	0,40	0,34	0,39	0,39
CaO		10,54	9,39	9,43	9,43	9,41	9,29	9,36
MgO		1,94	1,37	1,37	1,14	1,43	2,11	1,45
Al ₂ O ₃		2,01	2,06	1,79	1,63	1,54	1,54	1,63
SO ₃		0,28	0,23	0,23	0,23	0,23	0,20	0,16
Fe ₂ O ₃		<u>0,50</u>	<u>0,51</u>	<u>0,51</u>	<u>0,52</u>	<u>0,53</u>	<u>0,52</u>	<u>0,52</u>
SUMA		99,95	99,94	99,95	99,99	99,95	100,00	99,92
R ₂ O/Al ₂ O ₃		7,55	7,09	8,17	9,11	9,43	9,36	9,02
RO/Al ₂ O ₃		6,21	8,24	6,03	6,48	7,04	7,40	6,63
CaO/MgO		5,43	6,85	6,88	8,27	6,58	4,40	6,46
CaO + MgO		12,48	10,76	10,80	10,57	10,84	11,40	10,81
SiO ₂ /Al ₂ O ₃		34,59	34,84	40,22	44,29	46,94	46,71	44,23
SiO ₂ + Al ₂ O ₃		71,53	73,84	73,79	73,83	73,83	73,47	73,73
CaO + R ₂ O + Al ₂ O ₃		27,72	26,05	25,84	25,91	25,47	25,24	25,69
CaO + R ₂ O + Al ₂ O ₃ /MgO		14,28	19,01	18,86	22,73	17,81	11,96	17,72
Log 2 (°F/°C)		2536/1391	2640/1449	2631/1444	2624/1440	2615/1435	2621/1438	2627/1442
Log 3,5 (°F/°C)		1963/1073	2021/1105	2008/1098	2005/1096	2003/1095	2012/1100	2004/1096
Log 4 (°F/°C)		1834/1001	1884/1029	1873/1023	1872/1022	1870/1021	1869/1021	
Log 7,6 (Pt. reblandecimiento °F)		1323	1334	1335	1332	1337	1343	1335
Licuefacción (°F)		1843	1805	1801	1796	1803	1815	1797
Rango de trabajo 1 (°F/°C)		120/49	216/102	207/97	209/98	200/93	197/92	207/97
Rango de trabajo 2 (°F/°C)		-91-23	79/26	72/22	76/24	67/19	54/12	

Tabla 12 (continuación)

% de óxido	Ejemplo 13 (*)	Ejemplo 14 (*)	Ejemplo 15 (*)	Ejemplo 16 (*)	Ejemplo 17 (*)	Ejemplo 18 (*)	Ejemplo 19 (*)
SiO ₂	71,71	71,81	71,90	72,00	70,20	70,42	70,37
Na ₂ O	13,73	13,87	14,02	14,16	14,02	13,79	13,94
K ₂ O	0,39	0,39	0,39	0,39	0,536	0,543	0,515
CaO	9,09	9,16	9,22	9,29	9,86	9,87	9,93
MgO	2,70	2,39	2,07	1,76	2,20	2,20	2,20
Al ₂ O ₃	1,63	1,63	1,63	1,63	2,39	2,40	2,25
SO ₃	0,16	0,16	0,16	0,16	0,227	0,219	0,233
Fe ₂ O ₃	<u>0,52</u>	<u>0,52</u>	<u>0,52</u>	<u>0,52</u>	<u>0,496</u>	<u>0,500</u>	<u>0,498</u>
SUMA	99,93	99,93	99,91	99,91	99,929	99,942	99,936
R ₂ O/Al ₂ O ₃	8,66	8,75	8,84	8,93	6,09	5,97	6,42
RO/Al ₂ O ₃	7,23	7,09	6,93	6,78	5,05	5,03	5,39
CaO/MgO	3,37	3,83	4,45	5,28	4,48	4,49	4,51
CaO + MgO	11,79	11,55	11,29	11,05	12,06	12,07	12,13
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	43,99	43,99	44,11	44,17	29,37	29,34	31,28
SiO ₂ + Al ₂ O ₃	73,34	73,44	73,53	73,63	72,59	72,82	72,62
CaO + R ₂ O + Al ₂ O ₃	24,84	25,05	25,26	25,47	26,806	26,603	26,635
CaO + R ₂ O + Al ₂ O ₃ /MgO	9,20	10,48	12,20	14,47	12,18	12,09	12,11
CaO + R ₂ O + Al ₂ O ₃ /MgO	8,48	15,60	284,27	323,60	296,17	265,85	261,35
Log 2 (°F/°C)	2637/1447	2635/1446	2632/1444	2629/1443			
Log 3,5 (°F/°C)	2021/1105	2017/1103	2012/1100	2008/1098			
Log 4 (°F/°C)							
Log 7,6 (Pt. reblandecimiento °F)	1342	1340	1338	1337			
Licuefacción (°F)	1822	1815	1808	1802			
Rango de trabajo 1 (°F/°C)	199/93	202/94	204/96	206/97			
Rango de trabajo 2 (°F/°C)							

Tabla 12 (continuación)							
	Ejemplo 20 (*)	Ejemplo 21 (*)	Ejemplo 22 (*)	Ejemplo 23 (*)	Ejemplo 24 (*)	Ejemplo 25 (*)	Ejemplo 26 (*)
% de óxido	71,01	71,96	73,97	73,41	72,89	72,94	73,39
SiO ₂	13,58	13,94	16,07	15,60	16,10	15,58	15,11
Na ₂ O	0,39	0,38	0,014	0,014	0,015	0,015	0,015
K ₂ O	9,13	9,25	9,47	10,48	10,52	10,96	10,99
CaO	2,92	1,61	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10
MgO	1,67	1,55	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02
Al ₂ O ₃	0,20	0,21	0,126	0,128	0,130	0,131	0,123
SO ₃	0,79	0,80	0,009	0,007	0,006	0,007	0,006
Fe ₂ O ₃	99,69	99,70	99,779	99,759	99,771	99,763	99,754
SUMA	8,37	9,24	536,13	520,47	805,75	519,83	756,25
R ₂ O/Al ₂ O ₃	10,44	7,01	318,67	352,33	530,50	368,67	554,50
RO/Al ₂ O ₃	3,13	5,74	105,22	116,44	116,89	109,60	109,90
CaO/MgO	12,05	10,86	9,56	10,57	10,61	11,06	11,09
CaO + MgO	42,52	46,43	2465,67	2447,00	3644,50	2431,33	3669,50
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	72,68	73,51	74,00	73,44	72,91	79,97	73,41
SiO ₂ + Al ₂ O ₃	24,77	25,12	25,584	26,124	26,655	26,585	26,135
CaO + R ₂ O + Al ₂ O ₃							
Log 2 (°F/°C)	2595/1424	2599/1426	2568/1409	2557/1403	2516/1380	2521/1383	2534/1390
Log 3,5 (°F/°C)	2003/1095	1998/1092	1953/1067	1956/1069	1931/1055	1935/1057	1936/1058
Log 4 (°F/°C)			1819/993	1827/997	1805/985	1809/987	1809/987
Log 7,6 (Pt. reblandecimiento °F)	1338	1332					
Licuefacción (°F)	1845	1794	1796	1789	1789	1805	1810
Rango de trabajo 1 (°F/°C)			23/-5	38/3	16/-9	4/-16	-1/-18
Rango de trabajo 2 (°F/°C)			157/69	167/75	142/61	130/54	126/52

Nota: La viscosidad medida y los valores de licuefacción son +/- 2 °F (-17 °C), excepto para el punto de reblandecimiento que es de +/- 1 °F (-17 °C)

Comentarios: El ejemplo 6 tiene la menor viscosidad de fusión (VF), pero la de licuefacción es 14 °F más alto y el punto de reblandecimiento (PR) es 21 °F más bajo que el estándar.

5 El ejemplo 9 tiene una licuefacción 26 °F más baja, pero el punto de reblandecimiento (PR) está en el lado bajo y el PF es solo 16 °F menor que el estándar.

El ejemplo 10 tiene una licuefacción 26 °F más baja, y una VF 25 °F más baja, y un PR 7 °F más bajo que es solo 2-4 °F más alto que el estándar que es Log 2 de 2640 °F, Log 3,5 de 2021, Log 4 de 1886, Log 7,6 de 1344 y de licuefacción de 1829 °F.

10 R₂O = óxidos alcalinos de Na₂O y K₂O

RO = óxidos de metales alcalinotérreos de CoO y MgO

REIVINDICACIONES

1. Una composición de vidrio, que comprende:

- 5 SiO_2 del 70 al 75 por ciento en peso,
 Na_2O del 12 al 15 por ciento en peso,
 K_2O del 0 al 2 por ciento en peso,
 CaO del 10 al 10,5 por ciento en peso,
 MgO del 2 al 3 por ciento en peso,
- 10 Al_2O_3 del 0 al 2 por ciento en peso,
 SO_3 del 0 al 1 por ciento en peso,
 Fe_2O_3 del 0 al 2 por ciento en peso,

con la condición de que:

- 15 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ sea del 12 al 15 por ciento en peso,
 CaO/MgO no más del 5.

2. Una composición de vidrio, que comprende:

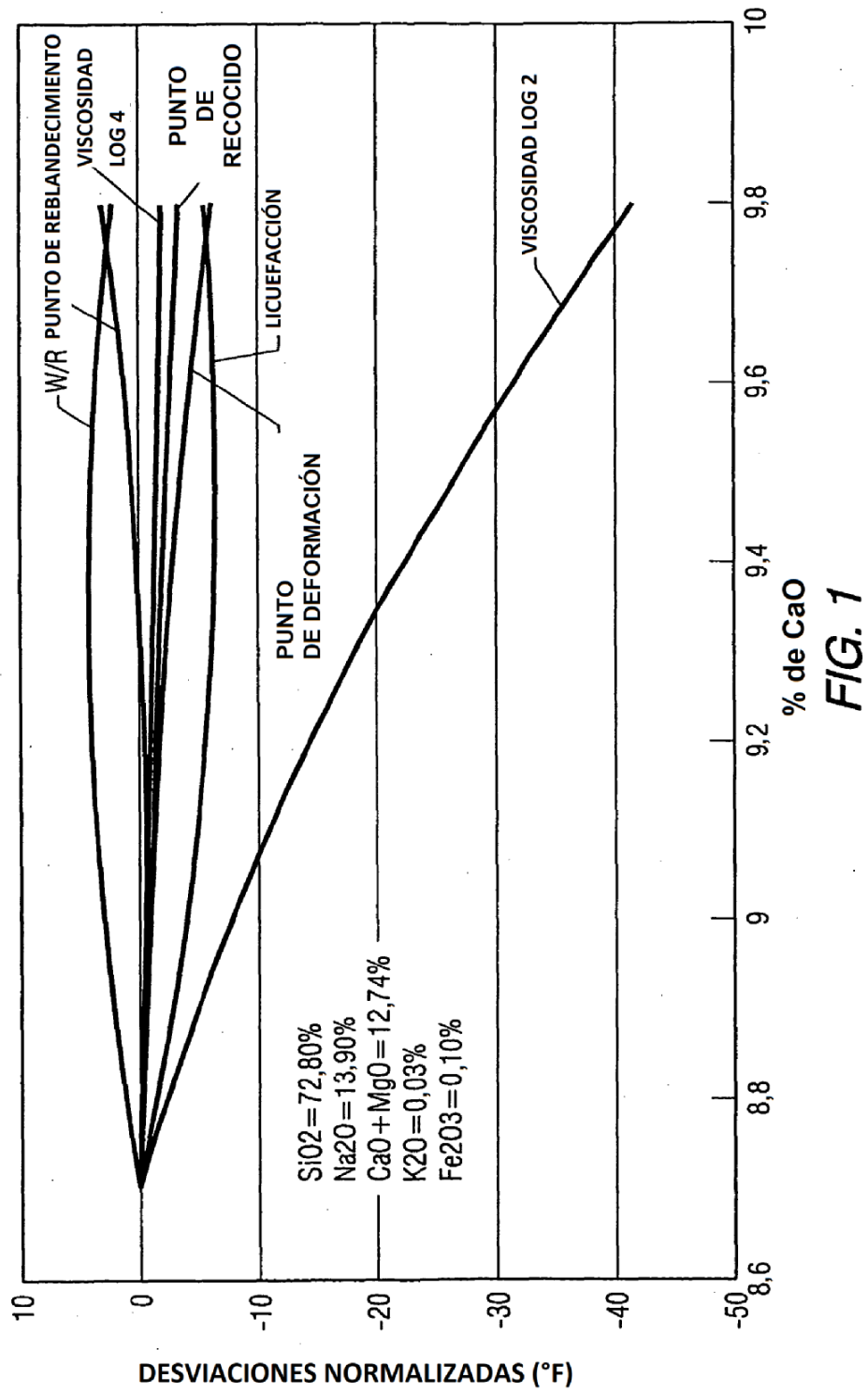
- 20 SiO_2 al 72,89 por ciento en peso
 Na_2O al 13,9 por ciento en peso
 K_2O al 0 por ciento en peso
 CaO al ≥ 10 por ciento en peso
- 25 Al_2O_3 al 0,03 por ciento en peso
 SO_3 al 0,2 por ciento en peso
 Fe_2O_3 al 0,1 por ciento en peso

en la que:

- 30 $\text{CaO} + \text{MgO}$ es del 12,69 al 12,8 por ciento en peso

3. La composición de vidrio de la reivindicación 2, en donde la composición de vidrio proporciona una temperatura de fusión de 2500 °F a 2600 °F (de 1370 °C a 1425 °C), una temperatura de conformación de 1800 °F a 1900 °F (de 981 °C a 1037 °C), una temperatura de flexión de 1300 °F a 1400 °F (de 704 °C a 759 °C) y una temperatura de recocido de 1010 °F a 1050 °F (de 543 °C a 565 °C).

4. La composición de vidrio de la reivindicación 3, en donde la composición de vidrio proporciona una temperatura de fusión de 2570 °F a 2590 °F (de 1410 °C a 1421 °C), una temperatura de conformación de 1850 °F a 1894 °F (de 1010 °C a 1034 °C), una temperatura de flexión de 1300 °F a 1350 °F (de 704 °C a 732 °C), y una temperatura de recocido de 1016 °F a 1020 °F (de 547 °C a 549 °C).



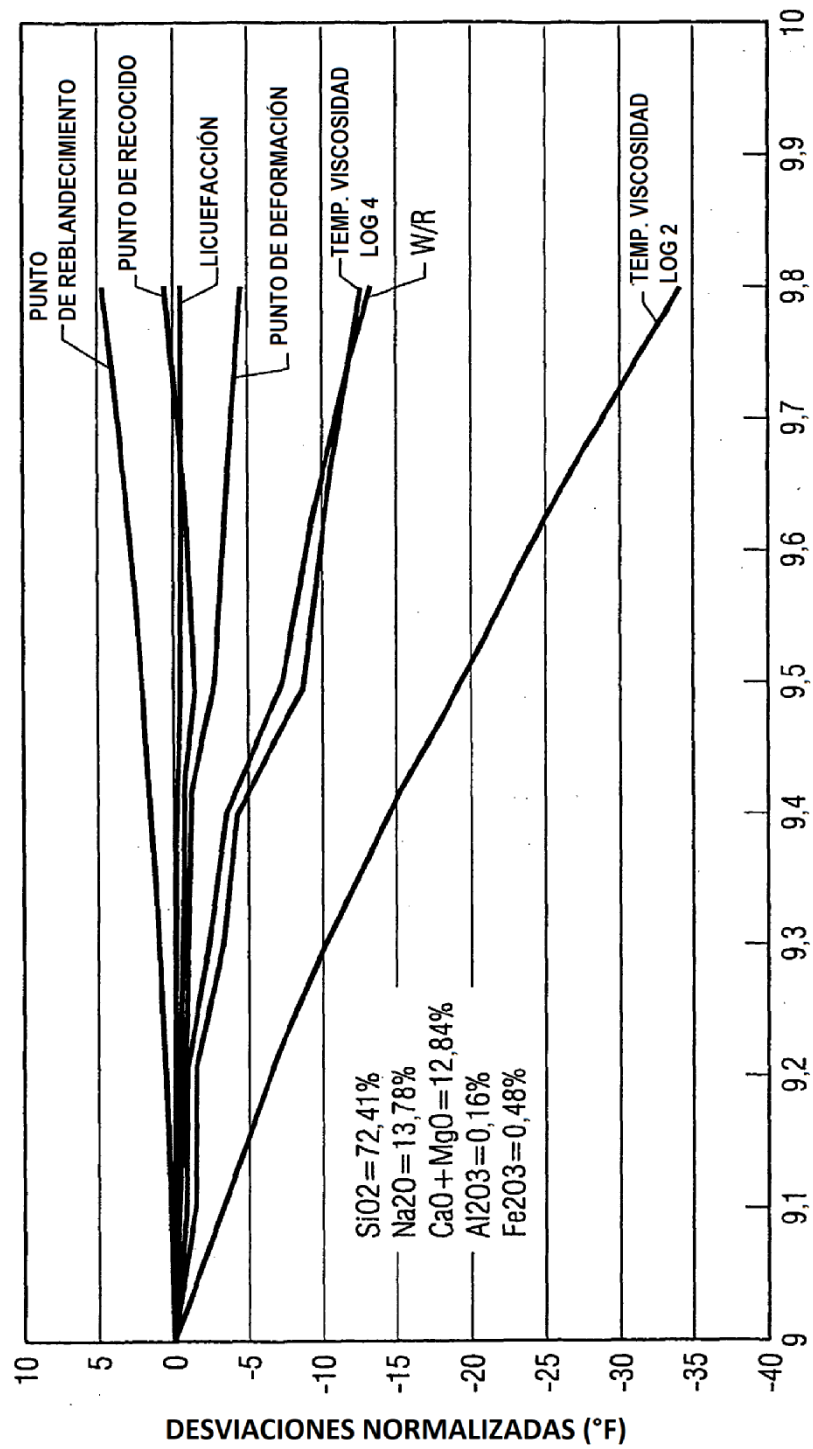


FIG. 2

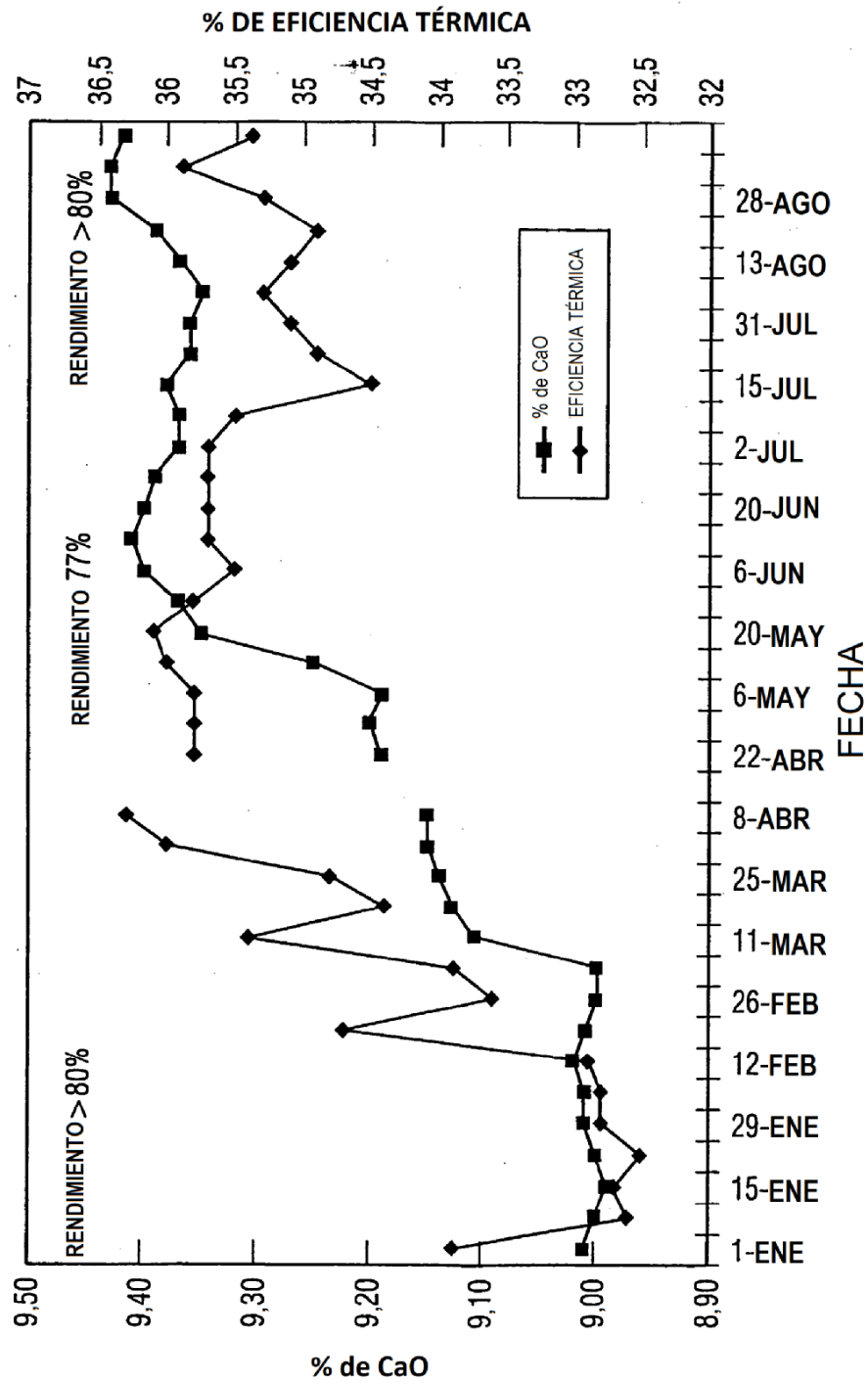


FIG. 3