

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 450 520**

51 Int. Cl.:

B32B 17/10 (2006.01)
C03C 27/12 (2006.01)
G02F 1/15 (2006.01)
G02F 1/153 (2006.01)
C03B 33/08 (2006.01)
B60J 3/04 (2006.01)
E06B 3/67 (2006.01)
B26F 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2011 E 11708645 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2013 EP 2542407**

54 Título: **Laminado de un dispositivo electrocrómico a sustratos de vidrio**

30 Prioridad:

05.03.2010 US 311001 P
10.11.2010 US 412153 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.03.2014

73 Titular/es:

SAGE ELECTROCHROMICS, INC. (100.0%)
One Sage Way
Faribault, MN 55021, US

72 Inventor/es:

MCCOY, MICHAEL A.;
SBAR, NEIL L. y
VAN DINE, JOHN E.

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 450 520 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

Laminado de un dispositivo electrocrómico a sustratos de vidrio

5 Antecedentes de la invención

El vidrio, especialmente el vidrio que está tintado, se somete a grandes tensiones debido a un calentamiento no uniforme provocado por la absorción de radiación solar. Estas tensiones pueden ser tan grandes que provocan que se desarrollen fracturas o grietas en el vidrio, lo que finalmente podría conducir a fallo.

10 El centro del vidrio (COG) puede tener una temperatura considerablemente mayor que, por ejemplo, los bordes del vidrio, que típicamente están cubiertos o ensombrecidos por un marco u otra estructura arquitectónica. Por supuesto, cuanto más tintado sea el vidrio, mayor será la absorción solar, y mayor el diferencial de temperatura potencial entre el COG y los bordes del vidrio u otras áreas sombreadas. Esto da como resultado tensión, típicamente a lo largo de los bordes del vidrio, que si es mayor que aproximadamente 14 a aproximadamente 28 MPa, podría dar como resultado agrietamiento. En tal caso, la práctica normal dicta que el vidrio debe reforzarse con calor o templarse para reducir la incidencia de las fracturas. Típicamente, la hoja de vidrio absorbente se trata con calor o se temple para soportar al menos aproximadamente 35 MPa, o para adaptarse a las normas industriales tales como ASTM E2431 (Práctica para determinar la Resistencia de Vidrio Arquitectónico Plano Recocido Sencillo a las Cargas Térmicas). Por supuesto, esto se suma al coste de fabricación.

25 Al igual que los vidrios tintados, los dispositivos electrocrómicos (en lo sucesivo en el presente documento "dispositivos EC") absorben cantidades significativas de radiación solar, especialmente cuando están en un estado totalmente oscurecido. Para soportar las tensiones o cargas de servicio asociadas con estos diferenciales de temperatura, la práctica común es usar un vidrio reforzado con calor o templado como el sustrato para estos dispositivos. Aunque esta es una solución práctica, el coste de fabricación de dispositivos basados en estos sustratos es caro. Es deseable reducir costes y aumentar la eficacia en la fabricación de dispositivos EC, mientras que se mantiene su estabilidad estructural (es decir, su capacidad para soportar el agrietamiento y los fallos tanto durante el proceso de fabricación como cuando se instalan en el campo).

30 Los dispositivos EC tradicionales y las unidades de vidrio aisladas (IGU) que los comprenden tienen la estructura mostrada en la Figura 1A. Como se usa en el presente documento, la expresión "unidad de vidrio aislada" significa dos o más capas de vidrio separadas por un espaciador a lo largo del borde y selladas para crear un espacio de aire muerto (u otro gas, por ejemplo argón, nitrógeno, kriptón) entre las capas. La IGU **18** comprende un panel de vidrio interior **18** y un dispositivo EC **19**. El dispositivo EC **19** está comprendido por una pila EC **11** que comprende una serie de películas aplicadas o depositadas sobre el sustrato EC **12**. El sustrato EC **12** tradicionalmente está comprendido de vidrio que se ha reforzado con calor o templado.

40 Para formar la IGU **18**, un panel de vidrio, que se convertirá en el sustrato EC **12**, se corta en primer lugar a un tamaño deseado de acuerdo con las dimensiones necesarias. El panel de vidrio cortado **12** se temple después o se refuerza con calor para proporcionar una resistencia suficiente para soportar las tensiones de fabricación y las tensiones encontradas durante su vida útil ("cargas de servicio"). La pila de dispositivos EC **11**, que comprende por ejemplo una serie de películas finas, se aplica o deposita después en el panel de vidrio **12** por métodos conocidos en la técnica (véanse, por ejemplo las Patentes de Estados Unidos N° 7.372.610 y 7.593.154). El corte del panel de vidrio **12** no se realiza después del templado o reforzado con calor. Análogamente, el sustrato de un dispositivo EC **19** generalmente no se temple o refuerza con calor después de que se depositen las películas que forman la pila EC **11** (a menos que se use una pila y un proceso de películas EC adecuadamente post-templables). La IGU **18** se ensambla después combinando el dispositivo EC **19** con otro panel de vidrio **10**. Los dos paneles se separan mediante espaciadores **17**. El panel **10** puede contener revestimientos de película fina a cualquiera de los lados (por ejemplo, para control solar).

Breve descripción de los dibujos

- 55 La Figura 1a es una vista transversal de una IGU tradicional que comprende un dispositivo EC.
- La Figura 1b es una vista transversal de una IGU que comprende un dispositivo EC, donde el dispositivo EC es por sí mismo un laminado de dos materiales.
- 60 La Figura 2 es una representación de la distribución de tensión de un laminado EC que comprende un vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica laminado a un vidrio sódico-cálcico.
- La Figura 3a es una representación de los laminados EC que compara tensiones de tracción pico en el borde para varios laminados expuestos a irradiación solar.
- 65 La Figura 3b es una representación de un laminado EC que compara las tensiones de tracción pico en el borde para varios laminados expuestos a irradiación solar.

La Figura 4 proporciona un resumen del ensayo de impacto como una función del sustrato EC, la hoja de vidrio laminada externa EC y el espesor intercapa.

5 La Figura 5 proporciona un ejemplo de un ensayo de torsión de cuatro puntos que muestra una muestra de vidrio cortada por láser en las condiciones de ensayo.

La Figura 6 proporciona una representación de probabilidad de la resistencia para las muestras de vidrio que compara paneles cortados de forma mecánica y cortados por láser.

10 Sumario de la invención

Los solicitantes han desarrollado una IGU mejorada que comprende un laminado de dispositivo EC. Los solicitantes han desarrollado también un método de fabricación del laminado de dispositivo EC mejorado y una IGU.

15 En un aspecto de la presente invención, los solicitantes han encontrado un proceso para fabricar un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende: (a) proporcionar un sustrato electrocrómico; (b) cortar el sustrato electrocrómico en una o más hojas derivadas de sustrato; (c) fabricar una pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico sobre cada una de la una o más hojas derivadas de sustrato; (d) cortar cada uno de los precursores del dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y (e) laminar cada uno de los dispositivos electrocrómicos individuales a una hoja de vidrio laminada externa separada (un ejemplo del proceso "cortar-después-revestir después cortar" descrito adicionalmente en detalle en el presente documento. En una realización, los precursores del dispositivo electrocrómico se cortan mecánicamente. En otra realización, los precursores del dispositivo electrocrómico se cortan por láser. En otra realización, el dispositivo EC se corta mediante corte electrotérmico.

25 En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales tienen una resistencia de borde de al menos aproximadamente 60 MPa. En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales tienen una resistencia de borde de al menos aproximadamente 69 MPa. En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales tienen una resistencia de borde de al menos aproximadamente 75 MPa. En otra realización, los dispositivos EC individuales tienen una resistencia de borde de al menos aproximadamente 100 MPa.

30 En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales son de aproximadamente el mismo tamaño que la hoja de vidrio laminada externa. En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales son más pequeños que la hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión. En otra realización, se pretende que los dispositivos electrocrómicos individuales sean de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 3 mm respecto a la hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión. En otra realización, se pretende que los dispositivos electrocrómicos individuales sean de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2,0 mm respecto a la hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión, preferentemente en todas las dimensiones.

40 En otra realización, el sustrato electrocrómico y la hoja de vidrio laminada externa comprenden el mismo material. En otra realización, el sustrato electrocrómico es un material diferente al de la hoja de vidrio laminada externa. En otra realización, un material para el sustrato electrocrómico se selecciona entre el grupo que consiste en vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica, vidrio flotado sódico-cálcico, vidrio de aluminosilicato, vidrio de borosilicato, vidrio de boro aluminosilicato, otros vidrios con una composición baja en sodio o un polímero. En otra realización, el sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 2 ppm/K a aproximadamente 10 ppm/K para sustratos de vidrio y hasta aproximadamente 80 ppm/K para materiales de sustrato polimérico. En otra realización, el sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 4 ppm/K a aproximadamente 8 ppm/K. En otra realización, el sustrato electrocrómico tiene un espesor que varía de aproximadamente 0,7 mm a aproximadamente 6 mm.

50 En otra realización, un material para la hoja de vidrio laminada externa se selecciona entre el grupo que consiste en vidrio con bajo coeficiente de expansión térmica, vidrio flotado sódico-cálcico, vidrio de aluminosilicato, vidrio de borosilicato, vidrio de boro aluminosilicato, vidrio reforzado con calor, vidrio templado o un polímero. En otra realización, la hoja de vidrio laminada externa tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 2 ppm/K a aproximadamente 10 ppm/K. Para sustratos basados en polímero, el coeficiente de expansión térmica puede ser de hasta aproximadamente 80 ppm/K. En otra realización, la hoja de vidrio laminada externa tiene un espesor que varía de aproximadamente 2,2 mm a aproximadamente 12 mm. En otra realización, el material de intercapa se selecciona entre el grupo que consiste en polivinilbutiral, polímeros iónicos, acetato de etilvinilo, poliuretanos o mezclas de los mismos.

60 Otro aspecto de la presente invención es un laminado preparado de acuerdo con el proceso de "cortar-después-revestir después cortar". En otra realización, el laminado preparado de acuerdo con el proceso de "cortar-después-revestir después cortar" comprende un sustrato que tiene una resistencia de borde de al menos aproximadamente 60 MPa.

65

En otro aspecto de la presente invención, los solicitantes han encontrado un proceso de fabricación de un laminado de dispositivo electromecánico que comprende: (a) proporcionar un sustrato electrocrómico; (b) fabricar una pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico sobre el sustrato electrocrómico; (c) cortar cada uno de los precursores del dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y (d) laminar cada uno de los dispositivos electrocrómicos individuales a una hoja de vidrio laminada externa separada (un ejemplo del proceso "revestir después cortar" descrito adicionalmente en el presente documento. Los precursores del dispositivo EC pueden cortarse mecánicamente por láser o mediante corte electrotérmico.

En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales tienen una resistencia de borde de al menos aproximadamente 60 MPa. En otra realización, la resistencia de borde es de al menos aproximadamente 69 MPa. En otra realización, la resistencia de borde es de al menos aproximadamente 75 MPa. En otra realización, la resistencia de borde es de al menos aproximadamente 100 MPa.

En otra realización, el dispositivo electrocrómico individual es de aproximadamente el mismo tamaño que la hoja de vidrio laminada externa. En otra realización, el dispositivo electrocrómico individual es más pequeño que la hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión. En otra realización, se pretende que el dispositivo electrocrómico individual sea de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 3 mm respecto a la hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión. En otra realización, se pretende que el dispositivo electrocrómico individual sea de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2,0 mm respecto a la hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión.

En otra realización, el sustrato de vidrio recocido y la hoja de vidrio laminada externa comprenden el mismo material. En otra realización, el sustrato electrocrómico es un material diferente que el de la hoja de vidrio laminada externa. En otra realización, un material para el sustrato electrocrómico se selecciona entre el grupo que consiste en un vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica, vidrio flotado sódico-cálcico, vidrio de aluminosilicato, vidrio de borosilicato, vidrio de boro aluminosilicato, vidrios de baja composición de sodio o un polímero. En otra realización, el sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 2 ppm/K a aproximadamente 10 ppm/K. Para sustratos basados en polímero, el coeficiente de expansión térmica puede ser de hasta aproximadamente 80 ppm/K. En otra realización, el sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 4 ppm/K a aproximadamente 8 ppm/K. En otra realización, el sustrato de vidrio electrocrómico tiene un espesor que varía de aproximadamente 0,7 mm a aproximadamente 6 mm.

En otra realización, un material para la hoja de vidrio laminada externa se selecciona entre el grupo que consiste en vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica, vidrio flotado sódico-cálcico, vidrio de aluminosilicato, vidrio de borosilicato, vidrio de boro aluminosilicato, vidrio reforzado con calor, vidrio templado o un polímero. En otra realización, la hoja de vidrio laminada externa tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 2 ppm/K a aproximadamente 10 ppm/K. En otra realización, la hoja de vidrio laminada externa tiene un espesor que varía de aproximadamente 2,3 mm a aproximadamente 12 mm. En otra realización, el material de la intercapa se selecciona entre el grupo que consiste en polivinilbutiral, materiales ionoméricos, acetato de etilenvinilo, poliuretanos o mezclas de los mismos.

Otro aspecto de la invención es un laminado preparado de acuerdo con el proceso de "revestir después cortar". En otra realización, el laminado preparado de acuerdo con el proceso de revestir después cortar, comprende un sustrato que tiene una resistencia de borde de al menos aproximadamente 60 MPa.

En otro aspecto de la presente invención, los solicitantes han encontrado un laminado que comprende: (a) un dispositivo electrocrómico, comprendiendo dicho dispositivo electrocrómico una pila electrocrómica sobre un sustrato de vidrio recocido; (b) una hoja de vidrio laminada externa; y (c) un material de intercapa intercalado entre el dispositivo electrocrómico y la hoja de vidrio laminada externa. En algunas realizaciones, el dispositivo electrocrómico tiene una resistencia de borde de al menos aproximadamente 60 MPa. En otra realización, la resistencia de borde es de al menos aproximadamente 69 MPa. En otra realización, la resistencia de borde es de al menos aproximadamente 75 MPa y en otra realización es al menos aproximadamente 100 MPa. En otra realización, el dispositivo electrocrómico se prepara mediante corte mecánico. En otra realización, el dispositivo electrocrómico se prepara mediante corte por láser. En otra realización, el dispositivo electrocrómico se prepara mediante corte electrotérmico. En otra realización, el laminado es parte de una unidad de vidrio integrada.

En otra realización, el sustrato de vidrio recocido y la hoja de vidrio laminada externa comprenden el mismo material. En otra realización, el sustrato de vidrio recocido es de un material diferente que el de la hoja de vidrio laminada externa. En otra realización, un material para el sustrato de vidrio recocido se selecciona entre el grupo que consiste en un vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica, un vidrio flotado sódico-cálcico, vidrio de aluminosilicato, vidrio de borosilicato, vidrio de boro aluminosilicato, vidrio con una baja composición de sodio o un polímero. En otra realización, el sustrato de vidrio recocido tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 2 ppm/K a aproximadamente 10 ppm/K. En otra realización, el sustrato de vidrio recocido tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 4 ppm/K a aproximadamente 8 ppm/K. En otra realización, la hoja de vidrio templado tiene un espesor que varía de aproximadamente 0,7 mm a aproximadamente 6 mm. En otra realización, la hoja de vidrio recocido tiene el mismo espesor que el laminado externo. En otra realización, la hoja de

vidrio recocido tiene un espesor diferente que el laminado externo.

En otra realización, un material para la hoja de vidrio laminada externa se selecciona entre el grupo que consiste un vidrio con un bajo coeficiente de expansión térmica, vidrio flotado sódico-cálcico, vidrio de aluminosilicato, vidrio de borosilicato, vidrio de boro aluminosilicato, vidrio reforzado con calor, vidrio templado o un polímero. En otra realización, la hoja de vidrio laminada externa tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 2 ppm/K a aproximadamente 10 ppm/K. En otra realización, para sustratos basados en polímero, el coeficiente de expansión térmica puede ser de hasta aproximadamente 80 ppm/K. En otra realización, la hoja de vidrio laminada externa tiene un espesor que varía de aproximadamente 2,3 mm a aproximadamente 12 mm.

En otra realización, el sustrato de vidrio recocido es de aproximadamente el mismo tamaño que la hoja de vidrio laminada externa. En otra realización, el sustrato de vidrio recocido es más pequeño que la hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión. En otra realización, el sustrato de vidrio recocido está rebajado de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 3 mm respecto a la hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión. En otra realización, el sustrato de vidrio recocido está rebajado de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2,0 mm respecto a la hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión. En otra realización, un perímetro del sustrato de vidrio recocido más pequeño está rodeado sobre al menos un lado del material de intercapa u otro material, tal como un polímero incluyendo siliconas, uretanos, epoxis y acrilatos.

En otra realización, el material de intercapa se selecciona entre el grupo que consiste en polivinilbutiral, materiales ionoméricos, acetato de etilenvinilo, poliuretanos o mezclas de los mismos.

En otra realización, el sustrato de vidrio recocido es vidrio flotado sódico-cálcico que tiene un coeficiente de expansión térmica de aproximadamente 8,5 ppm/K, dicha hoja de vidrio laminada externa es un vidrio flotado sódico-cálcico templado que tiene un coeficiente de expansión térmica de aproximadamente 8,5 ppm/K y el material de intercapa es polivinilbutiral. En otra realización, el material de intercapa es SentryGlas[®] Plus (SGP). En otra realización, el sustrato de vidrio recocido se prepara mediante corte por láser y tiene una resistencia de borde de al menos 69 MPa. En otra realización, la pila electrocrómica está entre el sustrato de vidrio recocido y el material de intercapa. En otra realización, la pila electrocrómica está sobre una superficie del sustrato de vidrio recocido opuesta al material de intercapa.

En otro aspecto de la presente invención, los solicitantes han encontrado un laminado que comprende: (a) un dispositivo electrocrómico, comprendiendo dicho dispositivo electrocrómico una pila electrocrómica sobre un sustrato; (b) una hoja de vidrio laminada externa; y (c) un material de intercapa intercalado entre el dispositivo electrocrómico y la hoja de vidrio laminada externa. En otra realización, el dispositivo electrocrómico se prepara mediante corte por láser o corte electrotérmico.

Los solicitantes han encontrado inesperadamente que los laminados de dispositivo electrocrómico (o las IGU que comprenden estos laminados) de la presente invención pueden soportar tensiones similares a aquellas encontradas por los dispositivos electrocrómicos tradicionales fabricados sobre sustratos de vidrio templados o tratados con calor (o las IGU que comprenden tales dispositivos electrocrómicos tradicionales). En tal caso, el laminado de dispositivo EC de la presente invención puede soportar tensiones en el centro del vidrio y el borde similares y puede soportar tensiones de al menos aproximadamente 17 MPa.

En algunas realizaciones, por soportar tensiones similares se entiende que los laminados de dispositivo electrocrómico o las IGU de la presente invención pasan aproximadamente los mismos ensayos convencionales en la industria que los dispositivos electrocrómicos o las IGU tradicionales. En otras realizaciones, por soportar tensiones similares se entiende que los laminados de dispositivo electrocrómico o las IGU de la presente invención pueden soportar (i) tensiones seguras superiores a las tensiones termomecánicas en servicio máximas encontradas en las aplicaciones EC tradicionales, y/o (ii) al menos aproximadamente un 50 % de las mismas cargas de servicio o tensiones que los dispositivos EC o las IGU tradicionales. Los solicitantes han encontrado también sorprendentemente que estos objetivos pueden conseguirse usando sustratos de vidrio templado sobre los cuales se apila o deposita la pila electrocrómica.

Los solicitantes han encontrado inesperadamente que los métodos de fabricación mejorados proporcionan laminados de dispositivo electrocrómico o IGU que pueden soportar cargas de servicio o tensiones similares a aquellas encontradas mediante las IGU producidas por medios tradicionales, mientras que proporcionan una eficacia de fabricación potenciada y satisfacen los estándares industriales.

Además, los solicitantes han encontrado sorprendentemente que los sustratos de vidrio recocido pueden cortarse por láser para producir un borde suficientemente libre de defectos que se cree soportará todo el intervalo de tensiones térmicas y cargas al que el laminado del dispositivo EC estará sometido durante su vida útil. Los solicitantes han ensayado el vidrio cortado por láser y los laminados de dispositivo EC de la Figura 1B en el extremo alto del espacio de parámetros de tensión térmica y mecánica y han determinado que el corte por láser, para laminados o sustratos de dispositivo EC son altamente duraderos y adecuados para su uso en aplicaciones arquitectónicas, residenciales y comerciales y otras aplicaciones.

Además, los solicitantes han encontrado que los procesos de "revestir después cortar" y "cortar-después-revestir después cortar" descritos ambos adicionalmente en el presente documento, permiten el corte de grandes paneles de sustrato y el dimensionado a medida después del revestimiento. Los solicitantes han encontrado también que este proceso proporciona un control de proceso mejorado y una mejor uniformidad global de los revestimientos de película del dispositivo EC. De hecho, se cree que cuando se usan paneles de vidrio que tienen todos aproximadamente las mismas dimensiones, las temperaturas de procesamiento y condiciones de plasma de bombardeo posteriores para cada panel individual serán aproximadamente iguales. Se cree que esto conduce a una operación más eficaz y continua del revestidor o pulverizador sin necesidad de ralentizar o detener la producción o de realizar ajustes en el proceso para muchos espesores de vidrio, tintes y tamaños deseados. De esta manera, la velocidad de producción y el tiempo de operación se maximizan, dando como resultado menores costes de un producto más competitivo cuando se fabrican dispositivos electrocrómicos o IGU.

Descripción detallada

15 Laminado de dispositivo EC

Un aspecto de la presente invención es un laminado de dispositivo EC que comprende un dispositivo electrocrómico, comprendiendo el dispositivo electrocrómico una pila electrocrómica sobre un sustrato EC; una hoja de vidrio laminada externa EC; y un material de intercapa intercalado entre el dispositivo electrocrómico y la hoja de vidrio laminada externa.

En la Figura 1B se muestran el laminado de dispositivo EC **29** y la IGU **30** que lo contiene. El laminado de dispositivo EC **29** está comprendido de un dispositivo EC **32** laminado a una hoja de vidrio laminada externa EC **22**. Entre el dispositivo EC **32** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** hay un material de intercapa **28** que une el dispositivo EC **32** y la hoja laminada externa **22**. El dispositivo EC **32** está comprendido por sí mismo por una pila EC **21** que se aplica o deposita sobre un sustrato EC **31**. La IGU completada **30** comprende el laminado de dispositivo EC **29** junto con otro panel de vidrio **20**, separado por espaciadores **27**. La Figura 1B representa una IGU de dos hojas, sin embargo, la invención contempla también las IGU que contienen tres o más hojas (las hojas adicionales pueden ser de cualquier forma o tamaño y comprender cualquier revestimiento, tinte u otros, conocidos en la técnica).

Como saben los expertos en la materia, puede usarse cualquier pila EC **21**. Las pilas EC ejemplares se describen por ejemplo en las Patentes de Estados Unidos Nº 5.321.544; 5.404.244; 7.372.610; y 7.593.154, cuyas divulgaciones se incorporan por referencia en su totalidad en el presente documento.

En una realización, al menos el sustrato EC **31** de laminado de dispositivo EC **29** está comprendido de vidrio recocido. Como se usa en el presente documento, la expresión "vidrio recocido" significa vidrio producido sin conferir tensiones internas por el tratamiento térmico y enfriamiento rápido posterior. Este incluye el vidrio clasificado típicamente como vidrio recocido o vidrio flotado y solo excluye el vidrio reforzado con calor o vidrio templado.

En otras realizaciones, tanto el sustrato EC **31** como la hoja de vidrio laminada externa EC **22** están comprendidos de vidrio recocido. En las realizaciones donde el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** están ambos comprendidos de vidrio recocido, el vidrio recocido utilizado puede ser el mismo ("coincidente") o diferente ("no coincidente"). Los sustratos de vidrio recocido usados pueden tener también el mismo o diferente coeficiente de expansión térmica o diferentes tipos y/o cantidades de dopantes.

Por ejemplo, en una realización "no coincidente", el sustrato **31** puede comprender vidrio flotado sódico-cálcico mientras que la hoja de vidrio laminada externa EC **22** está comprendida de un vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica (vidrio de bajo CTE) o viceversa. En una realización "coincidente", a modo de ejemplo, el sustrato **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** pueden estar comprendidos ambos de un vidrio flotado sódico-cálcico o, como alternativa, ambos pueden estar comprendidos de vidrio de bajo CTE.

Además de lo definido anteriormente, el término "no coincidente" significa también el uso de vidrio que tiene diferentes espesores, independientemente de si el tipo de vidrio es el mismo o diferente. Por ejemplo, el sustrato **31** y la hoja de vidrio laminada externa **22** podrían ser del mismo material, pero tener diferentes espesores, o, a modo de ejemplo únicamente, el sustrato **31** puede ser de un material que es diferente que el de la hoja de vidrio laminada externa **22** y tener diferentes espesores. Adicionalmente, a modo de ejemplo únicamente, el sustrato **31** puede ser de un material que es del mismo tipo que el de la hoja de vidrio laminada externa **22** pero tiene un coeficiente de expansión térmica diferente y/o un espesor diferente.

El sustrato EC **31** de la presente invención puede seleccionarse a partir de materiales de vidrio tradicionales incluyendo vidrio recocido sódico-cálcico, tal como el de Guardian Industries (Guardian Global Headquarters, Auburn Hills, MI), Pilkington, North America (Toledo, OH), Cardinal Glass. Industries (Eden Prairie, MN) y AGC (AGC Flat Glass, Alpharetta, GI) que producen vidrio fino de área elevada.

El sustrato EC **31** puede seleccionarse también a partir de materiales que incluyen vidrio de borosilicato de bajo CTE, tal como el disponible en Schott (Schott North America, Elmsford, NY), o vidrios de boro aluminosilicato tales

como Corning 1737™ y Corning Eagle XG™ (cada uno de los cuales está disponible en Corning Incorporated, Corning, NY). Además, el sustrato EC **31** puede seleccionarse entre materiales que incluyen vidrio de aluminosilicato. Los expertos en la materia podrán seleccionar otros sustratos de vidrio adecuados para este fin y satisfacer las limitaciones de la invención reivindicada.

5 El sustrato EC **31** puede estar comprendido también de un polímero, copolímero o mezclas de uno o más polímeros o copolímeros. Los ejemplos no limitantes de polímeros incluyen poliimida, polietileno, naftalato (PEM), polietilentereftalato (PET), aramida u otros materiales poliméricos similares. Los expertos en la materia podrán seleccionar otros sustratos poliméricos adecuados para este fin y satisfacer las limitaciones de la invención reivindicada.

10 En general, el sustrato EC **31** puede tener cualquier espesor dependiendo de la aplicación deseada (por ejemplo, ventanas arquitectónicas residenciales, ventanas arquitectónicas comerciales o incluso una ventana para automóvil) y las propiedades térmicas/estructurales deseadas. Típicamente, el sustrato **31** tiene un espesor que varía entre aproximadamente 0,7 mm y aproximadamente 6 mm. En algunas realizaciones, el sustrato EC **31** tiene un espesor que varía entre aproximadamente 1,5 mm y aproximadamente 2,3 mm.

15 En algunas realizaciones, el vidrio recocido o vidrio flotado sódico-cálcico utilizado tiene un coeficiente de expansión térmica (CTE) entre aproximadamente 7,0 ppm/K y aproximadamente 10,0 ppm/K. En otras realizaciones, el vidrio flotado sódico-cálcico utilizado tiene un CTE de entre aproximadamente 8,2 ppm/K y aproximadamente 9,0 ppm/K. En algunas realizaciones que utilizan vidrios de bajo CTE, el coeficiente de expansión térmica varía de aproximadamente 2,0 ppm/K a aproximadamente 6,4 ppm/K. En algunas realizaciones específicas que utilizan vidrios de bajo CTE, los coeficientes de expansión térmica son los siguientes: Corning 1737 (aproximadamente 3,76 ppm/K), Corning EagleXG™ (aproximadamente 3,2 ppm/K) y Schott Borofloat 33™ (aproximadamente 3,3 ppm/K).

20 La hoja de vidrio laminada externa EC **22** de la presente invención puede seleccionarse entre materiales que incluyen vidrio reforzado con calor, vidrio templado, vidrio parcialmente reforzado con calor o templado o vidrio recocido. El "vidrio reforzado con calor" y "vidrio templado", como estos términos son conocidos en la técnica, son ambos tipos de vidrio que se han tratado para inducir la compresión superficial y reforzar por lo demás el vidrio. Los vidrios tratados con calor se clasifican como totalmente templados o reforzados con calor. De acuerdo con la Normativa Federal DD-G-1403B, el vidrio totalmente templado debe tener una compresión superficial de aproximadamente 69 MPa o mayor para una compresión de borde de aproximadamente 67 MPa o mayor. Se cree que el vidrio reforzado con calor debe tener una compresión superficial entre aproximadamente 24 y aproximadamente 69 MPa, o una compresión de borde entre aproximadamente 38 y aproximadamente 67 MPa. Se cree que las características de fractura del vidrio reforzado con calor varían ampliamente y la fractura puede ocurrir a tensiones de aproximadamente 41 a por encima de 69 MPa.

25 En general, la hoja de vidrio laminada externa EC **22** puede tener cualquier espesor dependiendo de la aplicación deseada (por ejemplo, ventana arquitectónica residencial o ventana arquitectónica comercial) y de las propiedades térmicas/estructurales deseadas. En algunas realizaciones, la hoja laminada externa EC **22** puede estar comprendida de plásticos, incluyendo policarbonatos. Típicamente, la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tiene un espesor que varía entre aproximadamente 2,3 mm y aproximadamente 12 mm. En algunas realizaciones, la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tiene un espesor que varía entre aproximadamente 2,3 mm y aproximadamente 6 mm. Por supuesto, puede utilizarse un vidrio más grueso, si la aplicación lo requiere como por ejemplo cuando se usa en aplicaciones arquitectónicas que experimentan altas cargas de viento o para aplicaciones de resistencia balística o a explosión.

30 En algunas realizaciones, el vidrio recocido o vidrio flotado sódico-cálcico utilizado tiene un coeficiente de expansión térmica (CTE) entre aproximadamente 7,0 ppm/K y aproximadamente 10,0 ppm/K. En otras realizaciones, el vidrio flotado sódico-cálcico tiene un CTE de entre aproximadamente 2,0 ppm/K y aproximadamente 9,0 ppm/K. En algunas realizaciones que utilizan vidrios de bajo CTE, el coeficiente de expansión térmica varía de aproximadamente 2,0 ppm/K a aproximadamente 6,4 ppm/K. En algunas realizaciones específicas que utilizan vidrios de bajo CTE, los coeficientes de expansión térmica son los siguientes: Corning 1737™, aproximadamente 3,76 ppm/K; Corning EagleXG™, aproximadamente 3,2 ppm/K; y Schott Borofloat 33™, aproximadamente 3,3 ppm/K.

35 En algunas realizaciones, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen aproximadamente el mismo coeficiente de expansión térmica (CTE). En otras realizaciones, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen diferentes CTE. En otras realizaciones, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen un coeficiente de expansión térmica que difiere en menos de aproximadamente un 50 %. En otras realizaciones más, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen un coeficiente de expansión térmica que difiere en menos de aproximadamente un 30 %. En realizaciones adicionales, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen un coeficiente de expansión térmica que difiere en menos de aproximadamente un 20 %. En otras realizaciones más, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen un coeficiente de expansión térmica que difiere en menos de aproximadamente un 10 %. Como se analiza en el presente documento, la selección de un material de intercapa **28** apropiado puede ayudar a mitigar cualquier

tensión provocada por una falta de coincidencia en el CTE.

Por ejemplo, la Figura 2 muestra la distribución de tensión de un laminado cuando se usa un vidrio de bajo CTE como el sustrato EC **31**, se usa vidrio sódico-cálcico como la hoja de vidrio laminada externa EC **22** y se usa polivinilbutiral como el material de intercapa **28**. La simulación muestra el efecto de sombreado de un marco de 25 mm alrededor del borde del panel. Se cree que el marco provoca un gradiente de temperatura entre el borde y el centro del laminado, por lo que se cree que provoca la formación de tensiones en el borde. En el caso de una estructura laminada, una falta de coincidencia en el CTE provoca tensiones adicionales puesto que la absorción solar provoca que el dispositivo se caliente. El efecto de esta falta de coincidencia en el CTE se muestra en la Figura 3a, en la cual un laminado de vidrio sódico-cálcico de bajo CTE de absorción solar sometido a una radiación incidente de 1000 W/m² tiene un mayor nivel de tensión pico en comparación con una estructura laminada sódico cálcica/sódico cálcica en las mismas condiciones de absorción solar, mostrado también en la Figura 3a. Como se muestra en estos ejemplos, la tensión de borde máxima cambia con el tiempo puesto que el laminado EC absorbe más radiación solar, hasta una tensión máxima de aproximadamente 20,5 MPa después de aproximadamente 40 minutos. A tiempos mayores, la conducción de calor a través del vidrio desde la región expuesta hasta la región del borde ensombrecido provocará que la temperatura se equilibre y que las tensiones térmicas correspondientes disminuyan desde su nivel pico. Se cree que estas tensiones pueden reducirse cuando se laminan juntos dos paneles de bajo CTE, tal como se muestra en la Figura 3b, en las mismas condiciones de sombra del marco de borde y absorción solar que las mostradas en la Figura 3a.

En las realizaciones preferidas, el borde del sustrato EC **31** está protegido de manipulación y daño mecánico. Sin desear quedar ligado a teoría particular alguna, se cree que si los bordes del sustrato EC **31** están significativamente entallados o picados, la resistencia global del dispositivo EC podría verse comprometida. En algunas realizaciones de la presente invención, el sustrato EC **31** está rebajado respecto a la hoja de vidrio laminada externa EC **22**. En otras realizaciones, el tamaño del sustrato EC **31** es ligeramente menor que el tamaño de la hoja de vidrio laminada externa EC **22**, en al menos una dimensión, preferentemente en al menos dos dimensiones y más preferentemente en todas las dimensiones. En algunas realizaciones, el sustrato EC **31** está rebajado de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 3 mm en al menos una dimensión y preferentemente de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 3 mm alrededor del perímetro con respecto a la hoja de vidrio **22**. En otras realizaciones, el sustrato EC **31** está rebajado de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2,0 mm en al menos una dimensión y preferentemente de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2,0 mm alrededor del perímetro con respecto a la hoja de vidrio **22**.

En algunas realizaciones, la profundidad del rebaje se determina mediante las tolerancias de colocación automatizada de las dos piezas de vidrio durante el proceso de moldeado/fabricación de hojas así como cualquier ligero movimiento incurrido durante el proceso de laminado térmico. En algunas realizaciones, durante el procesamiento térmico se permite que el material de intercapa fluya alrededor del borde del sustrato EC **31** proporcionando un elemento de protección que, se cree, protege adicionalmente el laminado de dispositivo EC **29** del daño durante el transporte e instalación. En algunas realizaciones, se añade un exceso de material de intercapa para conseguir esto. En otras realizaciones, pueden depositarse materiales protectores adicionales alrededor del perímetro del dispositivo EC, tal como polímeros (incluyendo aunque sin limitación epoxis, uretanos, siliconas y acrilatos). Estos materiales pueden aplicarse en diversas cantidades para conseguir el resultado deseado.

El material de intercapa puede seleccionarse entre cualquier material que permita que el dispositivo EC **32** se lamine, por aquellos métodos conocidos en la técnica, a la hoja de vidrio laminada externa EC **22**. En general, el material de intercapa **28** debería poseer una combinación de características que incluyen: (a) una alta transparencia óptica; (b) baja turbidez; (c) alta resistencia a impacto; (d) alta resistencia a penetración; (e) resistencia a la luz ultravioleta; (f) buena estabilidad térmica a largo plazo; (g) adhesión suficiente al vidrio y/u otros materiales/hojas poliméricas; (h) baja absorción de humedad; (i) alta resistencia a humedad; (j) excelente resistencia a las condiciones atmosféricas; y (k) resistencia a una carga de tensión elevada (por ejemplo, carga por impacto o carga por viento). En algunas realizaciones, el material de intercapa **28** proporciona al menos una adhesión suficiente tanto al dispositivo EC **32** como a la hoja de vidrio laminada externa EC **22** para evitar el deslaminado durante las cargas de tensión durante el servicio y también puede seleccionarse de manera que no afecte negativamente a las características visuales del laminado del dispositivo EC **29**. En otras realizaciones, el material de intercapa debería seleccionarse de manera que los criterios de rendimiento de las normas industriales se satisfagan para ambos modos de carga (véase, por ejemplo ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto y ASTM E1300 para los criterios de carga de viento).

En una realización, un material de intercapa **28** adecuado es polivinilbutiral (PVB), disponible en Solutia inc. (St. Louis, Missouri) con el nombre comercial Saflex™. El PVB también está disponible en DuPont (Wilmington, DE) con el nombre comercial Butacite™. Otros materiales adecuados para el material de intercapa **28** incluyen materiales ionoméricos tales como SentryGlas Plus™ (SGP) de DuPont, acetato de etilvinilo (EVA) y poliuretanos reticulados (por ejemplo, resinas coladas en el sitio) o poliuretanos termoplásticos. Por supuesto, pueden usarse mezclas de cualquiera de los materiales identificados anteriormente. Además, pueden usarse otros materiales poliméricos como un material de intercapa **28** con la condición de que satisfagan al menos algunos de los requisitos funcionales termomecánicos, de adhesión y de transparencia óptica citados anteriormente. Esto incluye también materiales de

intercapa compuestos de capas de polímero compuestos diseñados para mejorar la atenuación del sonido, aplicaciones de resistencia balística y de resistencia a explosiones. Estos materiales están fácilmente disponibles para los expertos en la materia.

5 En otras realizaciones, el material de intercapa **28** puede incluir siliconas y epoxis.

Si, por ejemplo, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** están comprendidos del mismo material, se cree que ambos paneles de vidrio podrían tener aproximadamente el mismo coeficiente de expansión térmica. Cuando los materiales difieren, es decir, se da una situación de no coincidencia como en la Figura 2, sin desear quedar ligado a teoría particular alguna, se cree que la selección de un material de intercapa **28** apropiado
10 podría afectar a la transferencia y distribución de tensión entre los paneles de vidrio no coincidentes y, por lo tanto, se cree que aliviaría al menos algunas de las tensiones presentes en diversos puntos en el laminado.

15 Para estructuras de laminado que implican un coeficiente de expansión térmica (CTE) no coincidente entre las hojas de vidrio, se cree que la intercapa debería seleccionarse de manera que (1) sea suficientemente adaptable para no transmitir tensiones de tracción desde un panel de vidrio de mayor CTE a un panel de vidrio de menor CTE; o (2) suficientemente rígida desde la temperatura de laminación de manera que puedan transmitirse tensiones de compresión a partir de un panel de vidrio de alto CTE al panel de vidrio de bajo CTE durante el enfriamiento con una relajación mecánica de polímero insignificante a bajas temperaturas.

20 Las Figuras 3a y 3b proporcionan una comparación de la resistencia a tracción pico en el borde para un laminado (donde los paneles componentes en este caso tienen espesores de 0,7 mm y 6 mm, respectivamente) expuestos a irradiación solar, con los bordes ensombrecidos por un marco de ventana/arquitectónico de 2,54 cm (1"). Los ejemplos coincidentes (bajo CTE/bajo CTE; sódico-cálcico/sódico-cálcico) y no coincidentes (bajo CTE/sódico-cálcico) se muestran como una función del tiempo. Para un material de intercapa rígido (transmisor de tensión) la tensión eficaz para la combinación bajo CTE/sódico-cálcico puede ser mayor que para la combinación sódico-cálcico/sódico-cálcico. En tal caso, se cree que la tensión de borde resultante puede depender de las propiedades termomecánicas del material de intercapa.

30 Se cree que los laminados de dispositivo EC **29** (o las IGU **30** que comprenden estos laminados) soportan tensiones similares a aquellas encontradas por los dispositivos electrocrómicos tradicionales fabricados de sustratos de vidrio templado o tratado con calor (o las IGU que comprenden tales dispositivos electrocrómicos tradicionales).

35 En algunas realizaciones, por soportar tensiones similares se entiende que los laminados de dispositivo EC **29** o las IGU **30** de la presente invención pasan aproximadamente los mismos ensayos convencionales que los dispositivos electrocrómicos o las IGU tradicionales. En otras realizaciones, soportar tensiones similares significa que los laminados de dispositivo EC **29** o las IGU **30** de la presente invención pueden soportar (i) tensiones seguras superiores a las tensiones termomecánicas máximas de servicio encontradas en las aplicaciones EC tradicionales, y/o (ii) al menos aproximadamente un 50 % de las mismas cargas de servicio o tensiones que los dispositivos electrocrómicos o las IGU tradicionales. En algunas realizaciones, el laminado del dispositivo EC **29** es capaz de soportar una tensión de borde térmica (o carga de servicio) de al menos aproximadamente 17 MPa. En otras realizaciones, el laminado de dispositivo EC es capaz de soportar una tensión de borde térmica de al menos aproximadamente 21 MPa. En algunas realizaciones, el dispositivo EC **29** tiene una resistencia de borde de al menos aproximadamente 60 MPa. En otras realizaciones, el dispositivo EC o el sustrato EC tiene una resistencia de
45 borde de al menos aproximadamente 69 MPa. En otras realizaciones más, el dispositivo EC o el sustrato EC tienen una resistencia de borde de al menos aproximadamente 75 MPa. En otras realizaciones adicionales, el dispositivo EC o el sustrato EC tienen una resistencia de borde de al menos aproximadamente 100 MPa.

50 En algunas realizaciones, el laminado EC **29** o el sustrato EC **31** es parte una IGU. El panel de vidrio **20**, que se usa para formar la IGU, puede seleccionarse entre cualquier material, incluyendo vidrios o plásticos, usados tradicionalmente en estructuras de IGU. Por ejemplo, puede usarse cualquier clase de vidrio (vidrio sódico-cálcico, vidrio de bajo CTE, vidrio templado y/o vidrio recocido) o plástico. Además, el panel de vidrio **20** puede ser por sí mismo un laminado multilamina de uno o más materiales (múltiples hojas de vidrio, múltiples hojas de plástico, hojas alternas de vidrio y plástico en cualquier orden). El panel de vidrio **20** puede estar teñido también con cualquier color o revestido sobre uno o ambos lados de cualquier manera tradicional, tal como un revestimiento por deposición química o física en fase vapor. El panel de vidrio **20** puede ser un dispositivo electrocrómico o termocrómico. El panel de vidrio **20** puede cortarse por láser o rayarse mecánicamente. Además, la IGU **30** de la Figura 1b puede ser una IGU de triple hoja, es decir, una IGU que contiene un panel de vidrio **20** adicional (o polímero, por ejemplo acrílico) adyacente a uno o más paneles de vidrio **20** o laminado de dispositivo EC **29**, pero separado por espaciadores. El panel de vidrio **20** puede tener cualquier espesor o tener cualquier propiedad, con la condición de
60 que satisfaga los códigos comerciales o residenciales mínimos y/o las normativas para ventanas.

Métodos de fabricación

65 "Revestir después cortar"

En una realización de la invención propuesta, los solicitantes han encontrado un enfoque de fabricación que implica el concepto de "revestir después cortar". En un aspecto, se da un proceso de fabricación de un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende proporcionar un sustrato electrocrómico; fabricar una pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico sobre el sustrato; cortar cada uno de los precursores del dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales y laminar cada uno de los dispositivos electrocrómicos individuales a una hoja de vidrio laminada externa separada. Como se usa en el presente documento, un "precursor de dispositivo electrocrómico" es un dispositivo EC, típicamente una pila de películas finas como se ha descrito anteriormente, aplicadas o depositadas sobre un sustrato antes de cortar ese sustrato en dispositivos EC individuales. En tal caso, se fabrican múltiples precursores del dispositivo EC sobre cualquier sustrato individual, o como se describe en el presente documento, una hoja derivada del sustrato. Típicamente, el despliegue de precursor EC está diseñado para incorporar suficiente espacio entre los precursores para permitir el corte, preferentemente sin dañar ninguna película o la pila en general.

En algunas realizaciones, se produce el dispositivo EC (o precursor) **32**, en general revistiendo o aplicando la pila EC **21** sobre un panel de sustrato grande **31**, tal como vidrio recocido. La pila puede aplicarse o depositarse de acuerdo con aquellos métodos conocidos en la técnica y que se incorporan en el presente documento. El dispositivo EC (o precursor) **32** se corta después posteriormente (por medios mecánicos tradicionales, mediante corte por láser o por métodos de corte electrotérmicos, detallados en el presente documento) a una dimensión deseada dependiendo de la aplicación final. Por supuesto, el panel puede cortarse en cualquier tamaño o forma. El sustrato puede precortarse también a partir de un panel más grande. El dispositivo **32** se lamina después a una hoja de vidrio laminada externa EC **22**, preferentemente para proporcionar resistencia mecánica adicional. El laminado EC **29** puede construirse con el sustrato de dispositivo EC **32** como se muestra en la Figura 1b (es decir, con la pila de película EC **21** sobre el exterior del laminado EC **29**) o, como alternativa, el laminado EC **29** puede construirse con el sustrato del dispositivo EC **32** orientado con la pila de película EC **21** en contacto con el material de intercapa **28** (es decir, la pila de película EC en el interior del laminado).

Una vez que el laminado del dispositivo EC **29** se procesa, opcionalmente se combina con el vidrio **20** para formar una IGU **30**.

En algunas realizaciones, la hoja de vidrio laminada externa EC es de aproximadamente el mismo tamaño que el dispositivo EC. En otras realizaciones, la hoja de vidrio laminada externa EC es de un tamaño diferente al del dispositivo EC. En algunas realizaciones, el sustrato EC está rebajado respecto a la hoja de vidrio externo, como se ha descrito anteriormente. Como se detalla adicionalmente en el presente documento, el vidrio laminado externo EC puede tener el mismo o diferente espesor y/o coeficiente de expansión térmica que el dispositivo EC (o el sustrato sobre el cual se deposita el dispositivo EC). La hoja de vidrio laminada externa puede cortarse mecánicamente o cortarse por láser. Otro aspecto de la invención es un laminado fabricado de acuerdo con este proceso.

"Cortar después revestir después cortar"

En otra realización de la invención propuesta, los solicitantes han descubierto un enfoque de fabricación que implica primero cortar un gran panel de un sustrato EC en uno o más paneles derivados del sustrato, seguido de la aplicación del concepto de "revestir después cortar" descrito anteriormente a cada uno del uno o más paneles derivados del sustrato (este proceso se denomina en lo sucesivo en el presente documento proceso "cortar-después-revestir después cortar").

En tal caso, otro aspecto de la presente invención es un proceso de fabricación de un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende proporcionar un sustrato electrocrómico; cortar el sustrato electrocrómico en uno o más paneles derivados del sustrato; fabricar una pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico en cada uno del uno o más paneles derivados del sustrato; cortar cada uno de los precursores de dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y laminar cada uno de los dispositivos electrocrómicos individuales a una hoja de vidrio laminada externa separada.

En algunas realizaciones, un panel de sustrato grande de vidrio recocido se corta en uno o más paneles derivados del sustrato. En otras realizaciones, un gran panel de sustrato de vidrio recocido se corta en una pluralidad de paneles derivados del sustrato. Cada uno de los paneles derivados del sustrato puede ser de aproximadamente el mismo tamaño y/o forma o pueden ser de diferentes tamaños y/o formas. Por ejemplo, el sustrato EC grande inicial puede cortarse en tres paneles derivados del sustrato de igual tamaño o puede cortarse en tres paneles derivados del sustrato cada uno de los cuales tiene un tamaño diferente. Al menos alguno de los bordes de los paneles derivados del sustrato puede experimentar un proceso de rectificado del borde opcional, seguido preferentemente de lavado. En otras realizaciones, el panel de sustrato grande se corta en un único panel derivado del sustrato más pequeño (en al menos una dimensión).

En algunas realizaciones, los paneles derivados del sustrato se cargan sobre soportes para un procesamiento adicional, es decir, la fabricación de los precursores del dispositivo EC revistiendo cada uno de los paneles derivados del sustrato con una pila EC como se ha descrito en el presente documento. Puede cargarse cualquier número de paneles derivados del sustrato sobre cualquier soporte individual, aunque se prefiere optimizar el área

superficial del soporte con tantos paneles derivados del sustrato como encajen. Cada uno de los precursores de dispositivo EC en cada uno de los paneles derivados del sustrato después se cortan adicionalmente tal como mediante un láser o corte electrotérmico o por un medio mecánico.

5 Se cree que el proceso de cortar-después-revestir después cortar proporciona diversas ventajas. En primer lugar, es típico que el sustrato de vidrio se mantenga a un ligero ángulo durante un proceso de bombardeo (normalmente entre aproximadamente 5 grados y 9 grados respecto a la vertical). Este ángulo podría conducir a una desviación que podría conducir finalmente a revestimientos no uniformes debido al arqueado del vidrio. Se cree que este arqueado del vidrio aumenta cuando aumenta el tamaño del vidrio. En tal caso, la aplicación de revestimientos (por ejemplo, pilas EC) por bombardeo sobre piezas de vidrio más pequeñas, primero cortadas a partir de un panel de sustrato más grande, podría ayudar a aliviar cualquier no uniformidad potencial. En algunas realizaciones, el sustrato de vidrio se mantiene verticalmente durante el revestimiento. Sin desear quedar ligado a teoría particular alguna, se cree también que el arqueado podría estar provocado por tensiones térmicas. Se cree que cualquier tensión térmica podría reducirse igualmente usando paneles derivados del sustrato, preferentemente paneles derivados del sustrato más pequeños.

10 En segundo lugar, ciertos tamaños (o formas) deseados del sustrato de vidrio no siempre están disponibles en un fabricante. Por ejemplo, el vidrio de un fabricante podría ser demasiado grande para ajustarse en un soporte o en una cámara de bombardeo reactiva. Además, puede ser más rentable comprar grandes piezas de vidrio y primero cortarlas para adaptarse en un soporte.

15 En tercer lugar, se cree que los bordes del vidrio tal cual se recibe puede que no siempre estén en una condición adecuada para el procesamiento inmediato. En estos casos, es deseable primero cortar el vidrio en paneles derivados más pequeños que tienen un borde libre de defectos o un borde que satisface los requisitos de fabricación y procesamiento aguas abajo.

20 En cuarto lugar, cualquier pieza de vidrio grande puede contener un defecto. Puede cortarse un panel o paneles de vidrio sin el defecto a partir del panel de vidrio grande, sin gastar grandes cantidades de vidrio o tiempo de procesamiento.

30 La etapa de laminado en los procesos de "revestir después cortar" y "cortar-después-revestir después cortar" se realiza usando métodos conocidos por expertos en la materia. Por ejemplo, los procesos de laminado típicos incluyen calentar el laminado a presiones moderadas para crear un enlace parcial entre los paneles de vidrio, por ejemplo un proceso usando un rodillo de presión, seguido de un proceso de unión extendida, por ejemplo usando un autoclave, a temperaturas y presiones elevadas para completar la unión al vidrio y retirar cualquier aire residual o disolver el aire en la estructura del polímero para crear una intercapa ópticamente transparente. Otros enfoques utilizan: (i) un proceso al vacío combinado con calentamiento para retirar el aire de la región intercapa y unir los paneles de vidrio o (ii) un polímero que se vierte en el hueco entre los paneles de vidrio que rellena el espacio capilar entre ellos para crear una intercapa transparente.

40 Grabado o corte mecánico convencional

45 La preparación típica del vidrio implica crear un corte sobre la superficie del panel de vidrio usando un marcador o rueda de carburo o de punta de diamante, aplicar después un momento de torsión para propagar las grietas superficiales a lo largo del borde para crear, se cree, un borde recto. Los bordes del vidrio a menudo se rectifican usando una amoladora o una cinta de lija de carburo de silicio.

Corte por láser

50 En algunas realizaciones de la presente invención, se usa un láser para cortar el laminado de dispositivo EC **29** o el sustrato EC **31**. Como se usa en el presente documento, el término "corte por láser" significa (i) usar un láser para crear una fina grieta perpendicular a la superficie del sustrato que posteriormente se propaga a través del vidrio mediante un momento de torsión aplicado para producir una separación completa, o (ii) un corte completo a través del vidrio mediante una grieta inducida por láser que se propaga a lo largo de la longitud del sustrato para completar la separación. El proceso de corte por láser es igualmente aplicable a los procesos de "revestir después cortar" y "cortar-después-revestir después cortar".

60 De esta manera, en un aspecto de la presente invención se da un proceso de fabricación de un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende proporcionar un sustrato electrocrómico; fabricar una pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico sobre el sustrato; cortar por láser cada uno de los precursores de dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y laminar cada uno de los dispositivos electrocrómicos individuales a una hoja de vidrio laminada externa separada. En algunas realizaciones, el proceso de corte por láser implica inducir una grieta superficial fina y después propagarla hasta la separación mediante la aplicación de un momento de torsión, o un "corte pasante" completo iniciando y propagando una grieta a lo largo del sustrato para completar la separación sin que se requiera una torsión o "rotura" posterior.

Más específicamente, se fabrica un vidrio externo laminado innovador, térmicamente resistente, usando un rayo láser enfocado para facilitar el corte de los sustratos de vidrio revestidos en hojas derivadas individuales. Sin desear quedar ligado a teoría particular alguna, se cree que la energía láser calienta localmente el vidrio seguido de enfriamiento rápido a lo largo de las líneas de separación. Esto da como resultado la formación de grietas perpendiculares al vidrio que dan como resultado un borde que está libre de astillas y microgrietas adicionales que podrían provocar la contaminación y debilitamiento del borde, respectivamente. El borde procesado mediante láser resultante no requiere ningún acabado de borde adicional.

En algunas realizaciones, se cree que los bordes cortados por láser pueden soportar tensiones de aproximadamente 2 a aproximadamente 3 veces mayores que los bordes cortados mecánicamente convencionales y, se cree, tienen una resistencia de borde comparable a la del vidrio reforzado con calor. En consecuencia, se cree que los sustratos de dispositivos EC no templados cortados por láser pueden soportar variaciones de temperatura y, de esta manera, las tensiones asociadas con tales variaciones de temperatura, que se generan típicamente en el campo cuando el vidrio se tiñe en profundidad.

En algunas realizaciones, los paneles de corte por láser son capaces de soportar tensiones de al menos aproximadamente 60 MPa. En otras realizaciones, los paneles de corte por láser son capaces de soportar tensiones de al menos aproximadamente 69 MPa. En otras realizaciones más, los paneles de corte por láser son capaces de soportar tensiones de al menos aproximadamente 75 MPa. En otra realización más, los paneles de corte por láser pueden soportar tensiones de al menos aproximadamente 100 MPa. En otras realizaciones adicionales, los paneles de corte por láser son capaces de soportar tensiones entre aproximadamente 70 MPa y aproximadamente 310 MPa.

Corte electrotérmico

En algunas realizaciones de la presente invención, el corte electrotérmico (ETC) se usa para cortar o separar el laminado de dispositivo EC **20** o el sustrato EC **31**. ETC se refiere a un método para calentar (y cuando se requiera evaporar) pequeñas regiones dentro de un sustrato aislante o semiconductor. En algunas realizaciones, el vidrio se corta mediante la aplicación de una descarga eléctrica CA entre dos electrodos. Sin desear quedar ligado a teoría particular alguna, se cree que la alta tensión calienta localmente el vidrio y un cabezal de enfriamiento provoca una tensión adecuada para que se forme una grieta pasante. El conjunto de electrodo/cabezal de enfriamiento se mueve después en una trayectoria definida para propagar la grieta (separación controlada) en el patrón deseado definido por el tamaño habitual del sustrato EC requerido o el panel derivado del sustrato EC.

En algunas realizaciones, los paneles cortados por ETC son capaces de soportar tensiones similares a aquellos cortadas por láser. En otras realizaciones, los paneles cortados por ETC son capaces de soportar tensiones de al menos aproximadamente 60 MPa. En otras realizaciones más, los paneles cortados por ETC son capaces de soportar tensiones de al menos aproximadamente 69 MPa. En otras realizaciones, los paneles cortados por ETC son capaces de soportar tensiones de al menos aproximadamente 75 MPa. En otras realizaciones, los paneles cortados por ETC son capaces de soportar tensiones de al menos aproximadamente 80 MPa. En otras realizaciones adicionales, los paneles cortados por ETC son capaces de soportar tensiones de al menos aproximadamente 100 MPa.

Datos experimentales y ejemplos

Resultados del ensayo de impacto del laminado

Se realizó un ensayo de impacto sobre laminados "no coincidentes" que comprendían: (1) un sustrato EC **31**, comprendido por un vidrio flotado sódico-cálcico o vidrio de bajo CTE; y (2) una hoja de vidrio laminada externa EC **22**, compuesta de un vidrio reforzado con calor, vidrio templado o vidrio recocido como se muestra en la Figura 4. Los datos de impacto sugieren un espacio de diseño útil con respecto a los espesores del sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa **22**. Se ensayaron polivinilbutiral (PVB) y polímeros de ionómero (SGP de DuPont) como materiales de intercapa **28**. El SGP mostró un espacio de diseño más estrecho con respecto a sustrato EC/sopORTE de sustrato y espesor de intercapa en comparación con PVB, por lo que sin desear quedar ligado a teoría particular alguna, se cree que el mejor rendimiento de PVB está relacionado con una mejor adaptación/estirado del material PVB.

La Figura 4 resume los datos del ensayo de impacto como una función del espesor del sustrato EC **31**, de la hoja de vidrio laminada externa EC **22** y de la intercapa **28**. La Figura 4 demuestra diferentes combinaciones de espesor del sustrato EC **31**, espesor de la hoja de vidrio laminada externa EC **22** y espesor del material de intercapa **28**. Para la geometría de ensayo de 0,86 m x 1,93 m (34" x 76") requerida por la norma ANSI Z97.1-2004, los datos sugieren la aplicación sobre un amplio intervalo de espesores de vidrio y de intercapa. Se cree que el PVB es más robusto con respecto a los espesores de vidrio e intercapa.

La norma de ensayo a la que se hace referencia más frecuentemente para los vidrios de laminado es la norma expedida por el Instituto Nacional Americano de Normalización, ANSI Z97.1-2004 (Norma Nacional Americana para Materiales de Acristalamiento de Seguridad usados en Edificios – Método de Ensayo de Especificaciones del

Rendimiento de Seguridad). Esta norma establece tanto las especificaciones como los métodos de ensayo para materiales de acristalamiento de seguridad que se usan para fines de construcción y arquitectónicos. El ensayo implica el impacto de una bola de plomo de 45,5 kg (100 libras) disparada mantenida en el extremo de una cuerda y que se hace oscilar en la línea central de un panel de vidrio laminado. Hay una norma adicional expedida por el Consejo de Seguridad de Productos de Consumo (CPSC), 16CFR1201, que usa la misma metodología de ensayo pero que tiene unos criterios de pasa/falla ligeramente diferentes.

Los criterios de pasa/falla para los ensayos Z97.1 y 16CFR1201 son ligeramente diferentes. El ensayo Z97.1 permite la rotura y formación de un desgarro/orificio más pequeños que permitirían que una bola de 7,6 cm (3 pulgadas) de diámetro pasara a su través. El ensayo L6CFR1201 adicionalmente requiere que una bola de 7,6 cm (3 pulgadas) que pesa 1,8 kg (4 libras) no caiga a través de la abertura después de 1 segundo de duración cuando el panel está en una posición horizontal. Los datos de pasa/falla presentados están basados en los criterios Z97.1, pero creemos que la rigidez del laminado permitiría que pasara un ensayo 16CFR1201.

Ambos ensayos tienen diferentes categorías, dependiendo de la altura de caída de la bola. Se presentan los resultados a partir del ensayo más extremo que implica una caída desde una altura de 1,22 m (48") (544 N.m) (400 pie-libra)). Los tamaños del panel de ensayo típicos son 0,86 m x 1,93 m (34" x 76"), aunque también se ensayó otro tamaño (1,02 m x 1,02 m (40" x 40")). La geometría de 1,02 m x 1,02 m (40" x 40") representa un ensayo más audaz. Todos los sustratos de vidrio para el ensayo de impacto en los siguientes Ejemplos 1-8 se cortaron por rayado mecánico. El ensayo se realizó en SAGE de Faribault, MN y en CardinalLG en Amery, Wisconsin.

Ejemplos:

Ejemplo 1 - Laminado EC

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 3,2 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material de intercapa	PVB	Espesor: 0,76 mm

Método de fabricación:

La estructura EC laminada del Ejemplo 1 se fabricó de acuerdo con un proceso de "cortar-después-revestir". El laminado se realizó usando un proceso convencional con rodillo de presión/autoclave. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

Resultados:

La estructura EC laminada que tiene los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto.

Ejemplo 2 - Laminado EC

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 4 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material de intercapa	PVB	Espesor: 0,76 mm

Método de fabricación:

La estructura EC laminada del Ejemplo 2 se fabricó de acuerdo con un proceso de "cortar-después-revestir". El laminado se realizó usando un proceso convencional con rodillo de presión/autoclave.

Resultados:

La estructura EC laminada que tenía los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto.

En los Ejemplos 1 y 2 se ensayaron paneles de laminado externos que tenían diferentes espesores, con el resultado de que ambos laminados pasaban el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un

ES 2 450 520 T3

proceso de laminado al vacío.

Ejemplo 3 - Laminado EC

Componente	Material	Propiedades
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 3,2 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material de intercapa	SentryGlas Plus (DuPont)	Espesor: 0,89 mm

5

Método de fabricación:

La estructura EC laminada del Ejemplo 3 se fabricó de acuerdo con un proceso de "cortar-después-revestir". El laminado se realizó usando un proceso convencional con rodillo de presión/autoclave.

10

Resultados:

La estructura EC laminada que tenía los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

15

Ejemplo 4 - Laminado EC

Componente	Material	Propiedades
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 4 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material de intercapa	SentryGlas Plus (DuPont)	Espesor: 0,89 mm

20

Método de fabricación:

La estructura EC laminada del Ejemplo 4 se fabricó de acuerdo con un proceso de "cortar-después-revestir". El laminado se realizó usando un proceso convencional con rodillo de presión/autoclave.

25

Resultados:

La estructura EC laminada que tenía los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto.

30

En los Ejemplos 3 y 4 se ensayaron paneles de laminado externos que tenían diferentes espesores, con el resultado de que ambos laminados pasaban el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

Ejemplo 5 - Laminado EC

Componente	Material	Propiedades
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 4 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado CTE de borosilicato templado	Espesor: 1,7 mm CTE: 3,3 ppm/K
Material de intercapa	PVB	Espesor: 0,76 mm

35

Método de fabricación:

La estructura EC laminada del Ejemplo 5 se fabricó de acuerdo con un proceso de "cortar-después-revestir". El laminado se realizó usando un proceso convencional con rodillo de presión/autoclave.

40

Resultados:

La estructura EC laminada que tenía los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

45

ES 2 450 520 T3

Ejemplo 6 - Laminado EC

Componente	Material	Propiedades
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio flotado sódico-cálcico reforzado con calor	Espesor: 2,3 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material de intercapa	SentryGlas Plus (DuPont)	Espesor: 1,5 mm

Método de fabricación:

5 La estructura EC laminada del Ejemplo 6 se fabricó de acuerdo con un proceso de "cortar-después-revestir". El laminado se realizó usando un proceso convencional con rodillo de presión/autoclave.

Resultados:

10 La estructura EC laminada que tenía los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

Ejemplo 7 - Laminado EC

Componente	Material	Propiedades
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio flotado sódico-cálcico reforzado con calor	Espesor: 2,3 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material de intercapa	PVB	Espesor: 0,76 mm

Método de fabricación:

20 La estructura EC laminada del Ejemplo 7 se fabricó de acuerdo con un proceso de "cortar-después-revestir". El laminado se realizó usando un proceso convencional con rodillo de presión/autoclave.

Resultados:

25 La estructura EC laminada que tenía los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

Ejemplo 8 - Dispositivo EC de SageGlass®

Componente	Material	Propiedades
Vidrio interior de IGU	Vidrio flotado sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 6 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 6 mm CTE: 8,5 ppm/K

30 Método de fabricación:

La IGU del Ejemplo 8 se fabricó de acuerdo con los procesos de fabricación convencionales descritos en el presente documento.

35 Resultados:

La IGU que tenía los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto.

40 Se ha observado que las IGU laminadas de los Ejemplos 1-7 y la IGU tradicional del Ejemplo 8 todas pasaban la norma ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto. De esta manera, se cree que los laminados de dispositivo EC (y las IGU que los comprenden) de la presente invención son capaces de satisfacer/superar todos los requisitos de rendimiento mecánico industrial críticos para aplicaciones arquitectónicas.

45 Comparación de la resistencia de borde de vidrio flotado sódico-cálcico recocido rayado mecánicamente, recocido cortado por láser y reforzado con calor

Se ha evaluado la resistencia de borde cortado por láser para una diversidad de composiciones de vidrio, espesores de sustrato y orientaciones mecánicas de la muestra de ensayo. La mejor medición cuantitativa de la resistencia de borde para el vidrio cortado por láser se ha realizado usando el montaje de ensayo de torsión de cuatro puntos. En la torsión de cuatro puntos, mostrándose en la Figura 5 un ejemplo usando una orientación de muestra 'horizontal', toda la región bajo el tramo interno se somete al mismo momento de torsión y, por lo tanto, se cree que permite que se interroge una mayor área eficaz. Se ha ensayado la resistencia de borde en ambas orientaciones 'de canto' y 'horizontal'. La orientación 'de canto' se usó inicialmente porque permite el ensayo de ambos bordes superior e inferior al mismo tiempo, en condiciones de tensión similares a las que se vería sometido durante el servicio. Sin embargo, se ha descubierto una coincidencia excelente con los datos en ambas orientaciones de ensayo y puesto que la posición 'horizontal' es más fácil de ensayar usando una instalación fija de ensayo de torsión de cuatro puntos convencional, la mayoría de la muestras de ensayo se ha ensayado en la orientación 'horizontal'. Las dimensiones de muestra típicas eran de 25 mm de anchura y 330 mm de longitud, con una región de ensayo eficaz de aproximadamente 100 mm. Se ha examinado una diversidad de espesores de vidrio diferentes (que varía de aproximadamente 1 mm a 2,3 mm) y composiciones de vidrio que incluían vidrio flotado sódico-cálcico convencional a partir de diversas fuentes de fabricación, y vidrios de bajo CTE incluyendo Eagle2000™ y EagleXG™ (fabricado por Corning) y Borofloat33™ (fabricado por Schott Glass).

Se han comparado nuestros datos de resistencia de borde mediante corte por láser en vidrio sódico-cálcico con los valores bibliográficos de resistencia de borde para vidrios sódico-cálcicos recocidos, reforzados con calor y totalmente templados. Veer *et al.* han publicado recientemente un estudio experimental exhaustivo que compara el vidrio recocido, reforzado con calor y templado. Veer, FA, PC Louter y FP Bos, "The strength of annealed, heat-strengthened and fully tempered float glass", *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 32 págs.18-25 (2009). Debido a las restricciones de tamaño mínimo implicadas con el refuerzo con calor o el templado, sus dimensiones de muestra (10 x 100 x 1000 mm con una longitud de ensayo eficaz de aproximadamente 500 mm) eran significativamente mayores que en nuestro estudio y una comparación directa requiere un cambio de escala apropiado puesto que, hablando estadísticamente, un área mayor tendría una mayor probabilidad de incluir un defecto de tamaño crítico a una tensión dada. Usamos un tratamiento basado en el trabajo de Vuolio (2003) y Beason y Lignell (2002) Beason, WL y AW Lignell, "A Thermal Stress Evaluation Procedure for Monolithic Annealed Glass", *Symp. on the Use of Glass in Buildings*, ASTM STP1434, ed. VL Block (2002), en la cual las resistencias para diferentes tamaños de muestra son proporcionales a la proporción de las áreas de borde respectivas:

$$\sigma_1 / \sigma_2 = (\text{Área}_2 / \text{Área}_1)^{1/m}$$

El módulo de Weibull, m, es una medida de la variación en la distribución de la resistencia respectiva. Se usó un valor de m=5,8, determinado a partir de los datos experimentales, para los cálculos. Este corresponde a una proporción de 1,7.

En la Figura 6 se muestran los datos ajustados al área, que comparan los resultados de ensayo propios y de la bibliografía. La comparación de los datos propios y de la bibliografía sugiere que los datos de ensayo de corte por láser están entre medias de las distribuciones para los datos de la bibliografía reforzados con calor ("HS") y totalmente templados ("FT").

La Figura 6 muestra adicionalmente una representación de probabilidades comparativa de la resistencia de borde para el rayado mecánico y con láser. Se cree que los paneles rayados con láser muestran una resistencia de al menos 60 MPa. En algunas realizaciones, la resistencia de los paneles rayados con láser es de al menos 69 MPa, preferentemente, aproximadamente 75 MPa, más preferentemente aproximadamente 100 MPa.

La Figura 6 proporciona también una comparación del ensayo experimental (mecánico ("rayado mecánico") y ("corte por láser") y datos bibliográficos (ajustado para las diferencias en la geometría de la muestra de ensayo). Nuestros datos de ensayo para muestras recocidas preparadas usando un rayado mecánico convencional y procesos de corte por láser se muestran como triángulos y cuadrados, respectivamente en la Figura 6. En general, la distribución de resistencia del vidrio cortado por láser (que representa los datos totales a partir de cinco campañas de corte por láser diferentes usando diferentes máquinas de corte por láser) puede describirse como que tiene un rendimiento entre el rendimiento HS y FT.

Ejemplo 9 - Laminado cortado por láser

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio flotado sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 3,2 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material de intercapa	PVB	Espesor: 0,76 mm

Método de fabricación:

El laminado cortado por láser del Ejemplo 9 se fabricó de acuerdo con el proceso de "revestir después cortar". El laminado se realizó usando un proceso convencional con rodillo de presión/autoclave. El sustrato EC (dispositivo EC o precursor del dispositivo) se cortó por láser, como se ha descrito en el presente documento, después de que se depositara en la pila EC. La resistencia de borde del laminado cortado por láser se midió induciendo tensiones de borde mediante la creación de un gradiente de temperatura en la muestra. El gradiente de temperatura se creó usando un relleno de calentamiento de silicona que tenía unas dimensiones laterales más pequeñas en comparación con el laminado. El relleno se colocó sobre la superficie del laminado con un perímetro no calentado de aproximadamente 25 mm de anchura. La magnitud del gradiente se controló ajustando la potencia aplicada al relleno calefactor (controlada mediante un suministro de energía variable variac) mientras se mantenían los bordes del laminado cerca de temperatura ambiente. Las tensiones de borde creadas mediante el gradiente de temperatura inducido se midieron directamente usando técnicas fotoelásticas (Stress Photonics, Inc., Madison, WI).

Resultados:

Las estructuras EC laminadas cortadas por láser que tenían los componentes detallados anteriormente tenían una resistencia de borde de al menos aproximadamente 60 MPa después del laminado.

Se realizó también un estudio de la capacidad del proceso de un procesamiento de rayado por láser térmico tal cual se fabrica (TLS). El estudio usó el ensayo de torsión mecánico de cuatro puntos descrito anteriormente. Se recogieron datos de más de 80 muestras de cinco sesiones de ensayo. Los datos que representaban cinco campañas de TSL diferentes durante un periodo de seis meses, se usaron para desarrollar una capacidad del proceso basada en diferentes tensiones de borde máximas durante el servicio. La capacidad del proceso Cpk sugirió que la resistencia tal cual se fabricó era suficiente para proporcionar una baja probabilidad de fallo en el entorno de tensión operativa para aplicaciones de ventana de laminado de dispositivo EC.

Para calcular la capacidad del proceso usando métodos estadísticos convencionales, se requería que los datos tuvieran una distribución normal. Los datos de ensayo mecánicos siguieron una distribución logarítmica normal y requirieron una transformación logarítmica para conseguir la normalidad. Se calcularon los valores de capacidad del proceso y tasas de fallo predichas correspondientes para un número de límites de especificación menores (es decir, tensiones de borde máximas) para determinar la sensibilidad para los gradientes térmicos del dispositivo. La tensión de borde máxima depende de la interacción medioambiental así como del diseño de la ventana o del marco arquitectónico (por ejemplo, diseños de marcos totalmente aislados frente a sumideros de calor). Los análisis de capacidad se calcularon usando un paquete de software estadístico Minitab15.

Probabilidad de rotura calculada frente a la tensión de borde máxima	
Tensión máxima (MPa)	Probabilidad de rotura
117	0,171
103	0,0910000
90	0,0380000
83	0,0220000
69	0,0048000
55	0,0005300
41	0,0000160
34	0,0000010
28	0,0000001

Aunque la invención en el presente documento se ha descrito con referencia a realizaciones particulares, debe entenderse que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios y aplicaciones de la presente invención. Por lo tanto, debe entenderse que pueden realizarse numerosas modificaciones a las realizaciones ilustrativas y que pueden preverse otras disposiciones sin alejarse del alcance de la presente invención como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

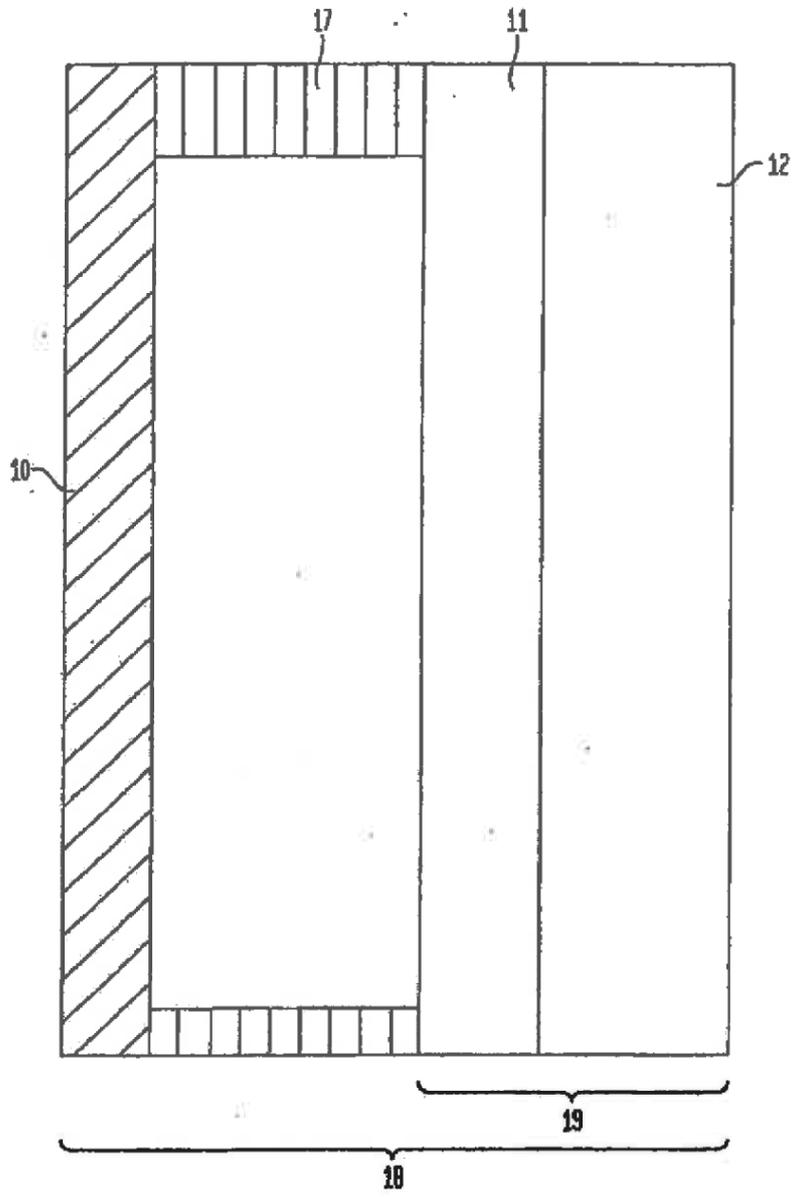
REIVINDICACIONES

1. Un proceso para fabricar un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende:
- 5 (a) proporcionar un sustrato electrocrómico;
(b) cortar dicho sustrato electrocrómico en una o más hojas derivadas de sustrato;
(c) fabricar una pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico sobre cada una de dicha una o más hojas derivadas de sustrato;
10 (d) cortar cada uno de dicha pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y
(e) laminar cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales en una hoja de vidrio laminada externa separada, en el que cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de al menos 60 MPa.
- 15 2. El proceso de la reivindicación 1, en el que cada uno de dicha pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico están cortados por láser.
3. El proceso de la reivindicación 1, en el que cada uno de dicha pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico están cortados mediante corte electrotérmico.
- 20 4. El proceso de la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de al menos 69 MPa.
5. El proceso de la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de al menos 75 MPa.
- 25 6. El proceso de la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de al menos 100 MPa.
- 30 7. El proceso de la reivindicación 1, en el que dichos dispositivos electrocrómicos individuales son más pequeños que dicha hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión.
8. El proceso de la reivindicación 7, en el que dichos dispositivos electrocrómicos individuales están rebajados de 0,5 mm a 3 mm respecto a dicha hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión.
- 35 9. El proceso de la reivindicación 7, en el que dichos dispositivos electrocrómicos individuales están rebajados de 1 mm a 2 mm respecto a dicha hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión.
- 40 10. El proceso de la reivindicación 1, en el que dicho sustrato electrocrómico y dicha hoja de vidrio laminada externa comprenden el mismo material.
11. El proceso de la reivindicación 1, en el que dicho sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de 4 ppm/K a 8 ppm/K.
- 45 12. Un laminado preparado de acuerdo con el proceso de la reivindicación 1, que comprende un sustrato que tiene una resistencia de borde de al menos 60 MPa.
13. Un proceso de fabricación de un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende:
- 50 (a) proporcionar un sustrato electrocrómico;
(b) fabricar una pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico sobre dicho sustrato electrocrómico;
(c) cortar cada uno de dicha pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y
55 (d) laminar cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales en una hoja de vidrio laminada externa separada, en el que cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de al menos 60 MPa.
14. El proceso de la reivindicación 13, en el que cada uno de dicha pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico están cortados por láser.
- 60 15. El proceso de la reivindicación 13, en el que cada uno de dicha pluralidad de precursores de dispositivo electrocrómico están cortados mediante corte electrotérmico.
16. El proceso de la reivindicación 13, en el que cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de al menos 69 MPa.
- 65

17. El proceso de la reivindicación 13, en el que cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de al menos 75 MPa.
- 5 18. El proceso de la reivindicación 13, en el que cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de al menos 100 MPa.
19. El proceso de la reivindicación 13, en el que dicho dispositivo electrocrómico individual es más pequeño que dicha hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión.
- 10 20. El proceso de la reivindicación 19, en el que dicho dispositivo electrocrómico individual está rebajado de 0,5 mm a 3 mm respecto a dicha hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión.
21. El proceso de la reivindicación 19, en el que dicho dispositivo electrocrómico individual está rebajado de 1 mm a 2 mm respecto a dicha hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión.
- 15 22. El proceso de la reivindicación 13, en el que dicho sustrato electrocrómico y dicha hoja de vidrio laminada externa comprenden el mismo material.
23. El proceso de la reivindicación 13, en el que dicho sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de 4 ppm/K a 8 ppm/K.
- 20 24. Un laminado preparado de acuerdo con el proceso de la reivindicación 13 que comprende un sustrato que tiene una resistencia de borde de al menos 60 MPa.
- 25 25. Un laminado que comprende:
- (a) un dispositivo electrocrómico, comprendiendo dicho dispositivo electrocrómico una pila electrocrómica sobre un sustrato de vidrio recocido;
 - (b) una hoja de vidrio laminada externa; y
 - (c) un material de intercapa intercalado entre dicho dispositivo electrocrómico y dicha hoja de vidrio laminada externa, en el que dicho dispositivo electrocrómico tiene una resistencia de borde de al menos 60 MPa.
- 30
26. El laminado de la reivindicación 25, en el que dicho dispositivo electrocrómico tiene una resistencia de borde de al menos 69 MPa.
- 35 27. El laminado de la reivindicación 25, en el que dicho dispositivo electrocrómico tiene una resistencia de borde de al menos 75 MPa.
28. El laminado de la reivindicación 25, en el que dicho dispositivo electrocrómico se prepara mediante corte electrotérmico.
- 40 29. El laminado de la reivindicación 25, en el que dicho dispositivo electrocrómico se prepara mediante corte láser.
30. El laminado de la reivindicación 25, en el que dicho sustrato de vidrio recocido es más pequeño que dicha hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión.
- 45 31. El laminado de la reivindicación 30, en el que dicho sustrato de vidrio recocido está rebajado de 0,5 mm a 3 mm respecto a dicha hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión.
- 50 32. El laminado de la reivindicación 30, en el que dicho sustrato de vidrio recocido está rebajado de 1 mm a 2 mm respecto a dicha hoja de vidrio laminada externa en al menos una dimensión.
33. El laminado de la reivindicación 30, en el que un perímetro de dicho sustrato de vidrio recocido más pequeño está rodeado al menos en un lado por un material seleccionado entre el grupo que consiste en material de intercapa y materiales protectores.
- 55 34. El laminado de la reivindicación 25, en el que dicho sustrato de vidrio recocido se prepara mediante corte por láser y tiene una resistencia de borde de al menos 69 MPa.
- 60 35. El laminado de la reivindicación 25, en el que dicho dispositivo electrocrómico tiene una resistencia de borde de al menos 100 MPa.
36. El laminado de la reivindicación 28, en el que dicho dispositivo electrocrómico tiene una resistencia de borde de al menos 69 MPa.
- 65

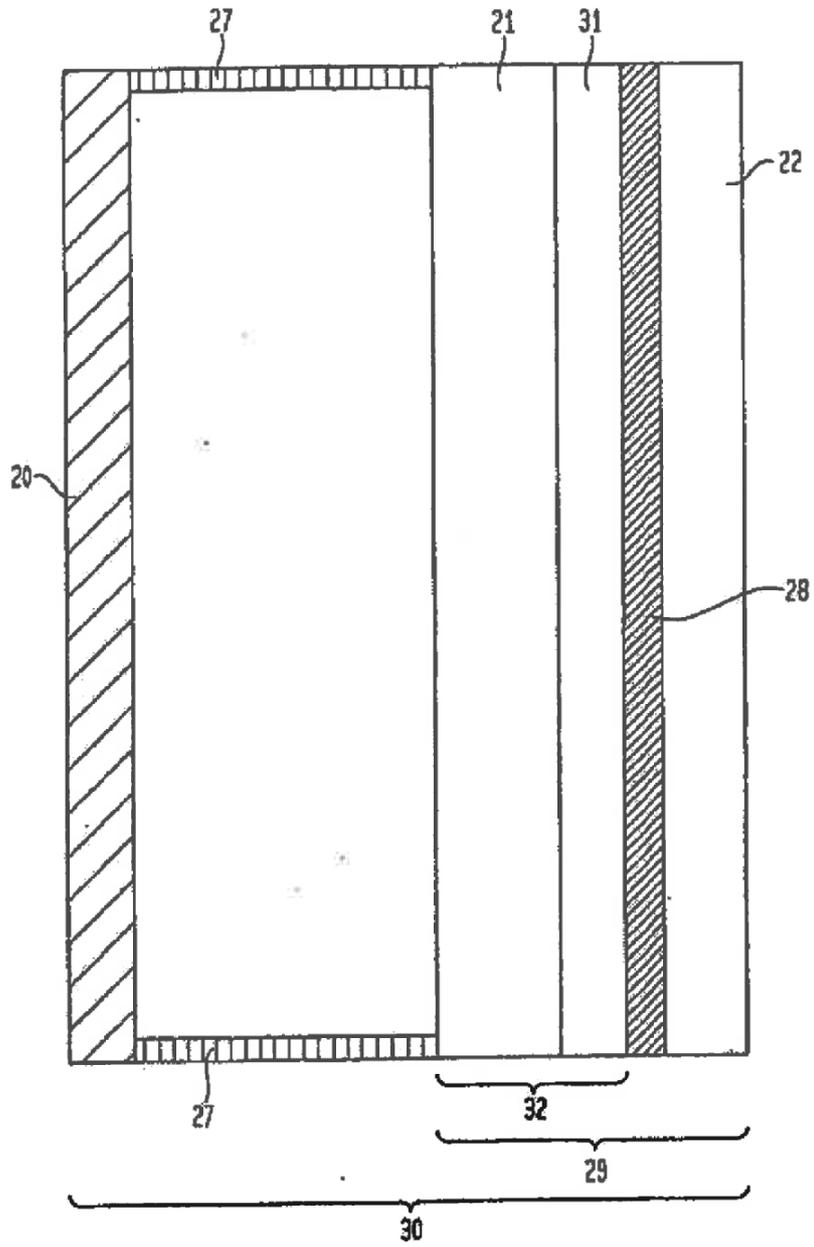
37. El laminado de la reivindicación 29, en el que dicho dispositivo electrocrómico tiene una resistencia de borde de al menos 69 MPa.

1/8
FIG. 1A



2/8

FIG. 1B



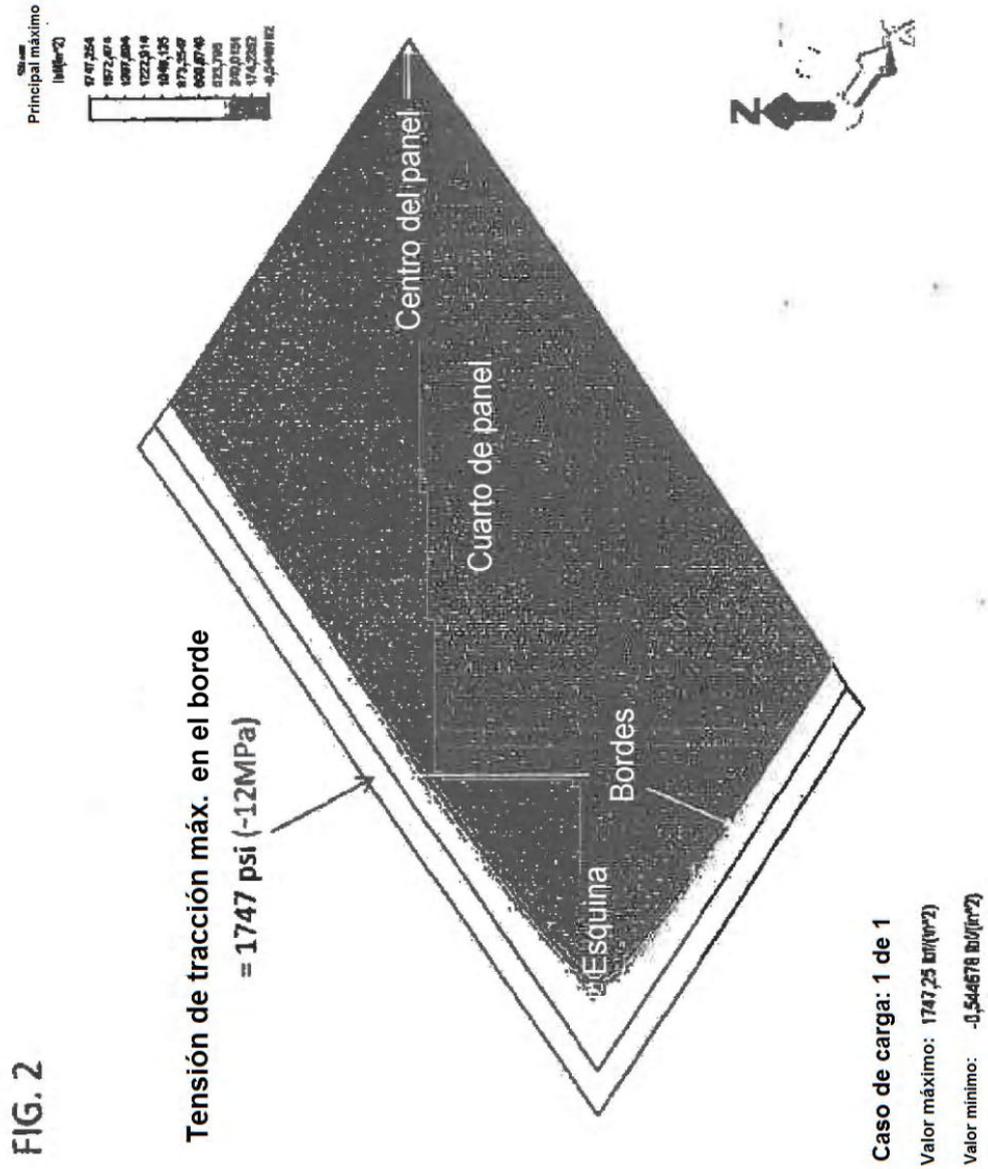


FIG. 2

Tensión de borde máxima calculada
dispositivo EC de 914 x 1524 mm
radiación incidente 1000 vatios/m²

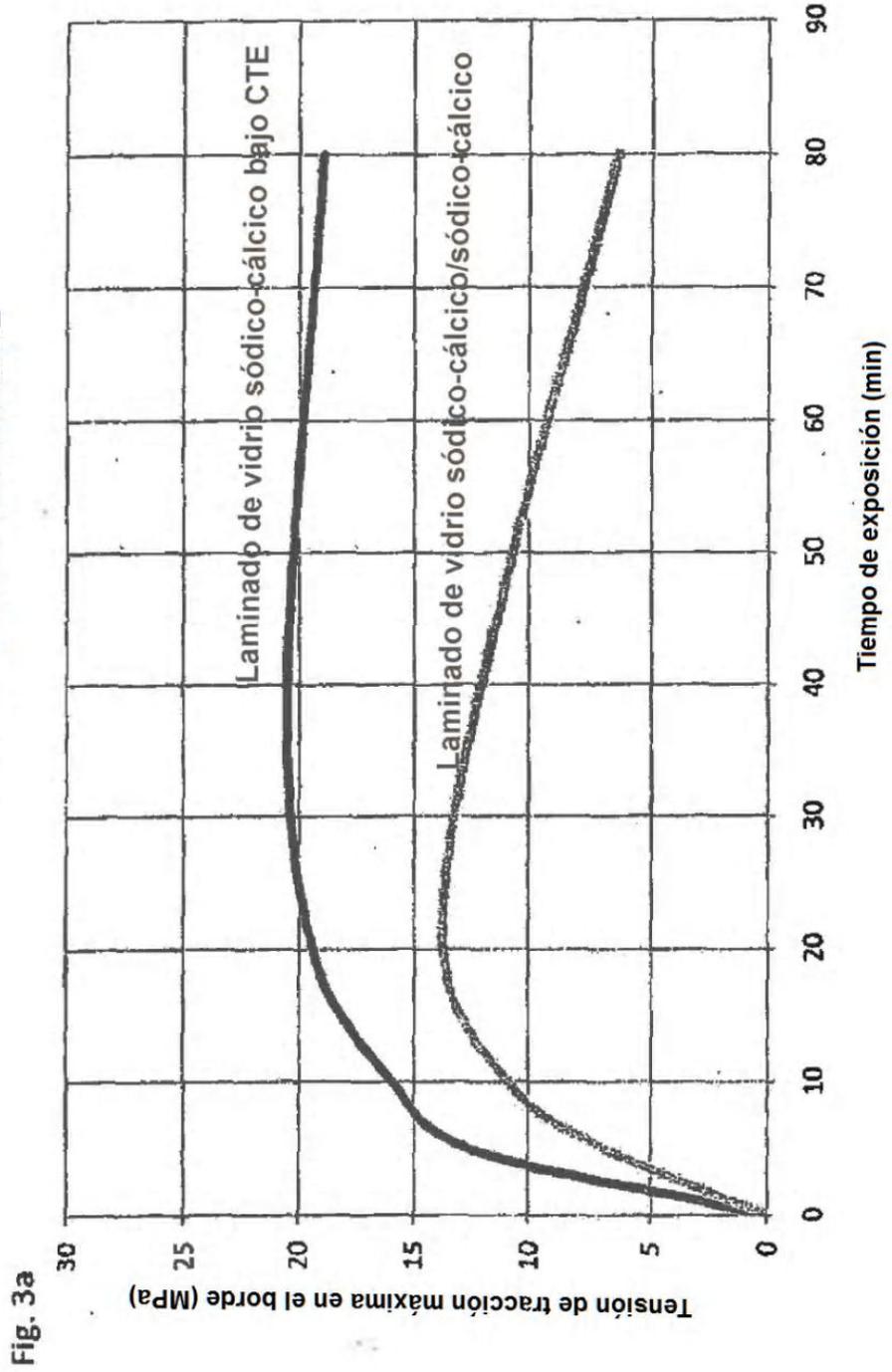
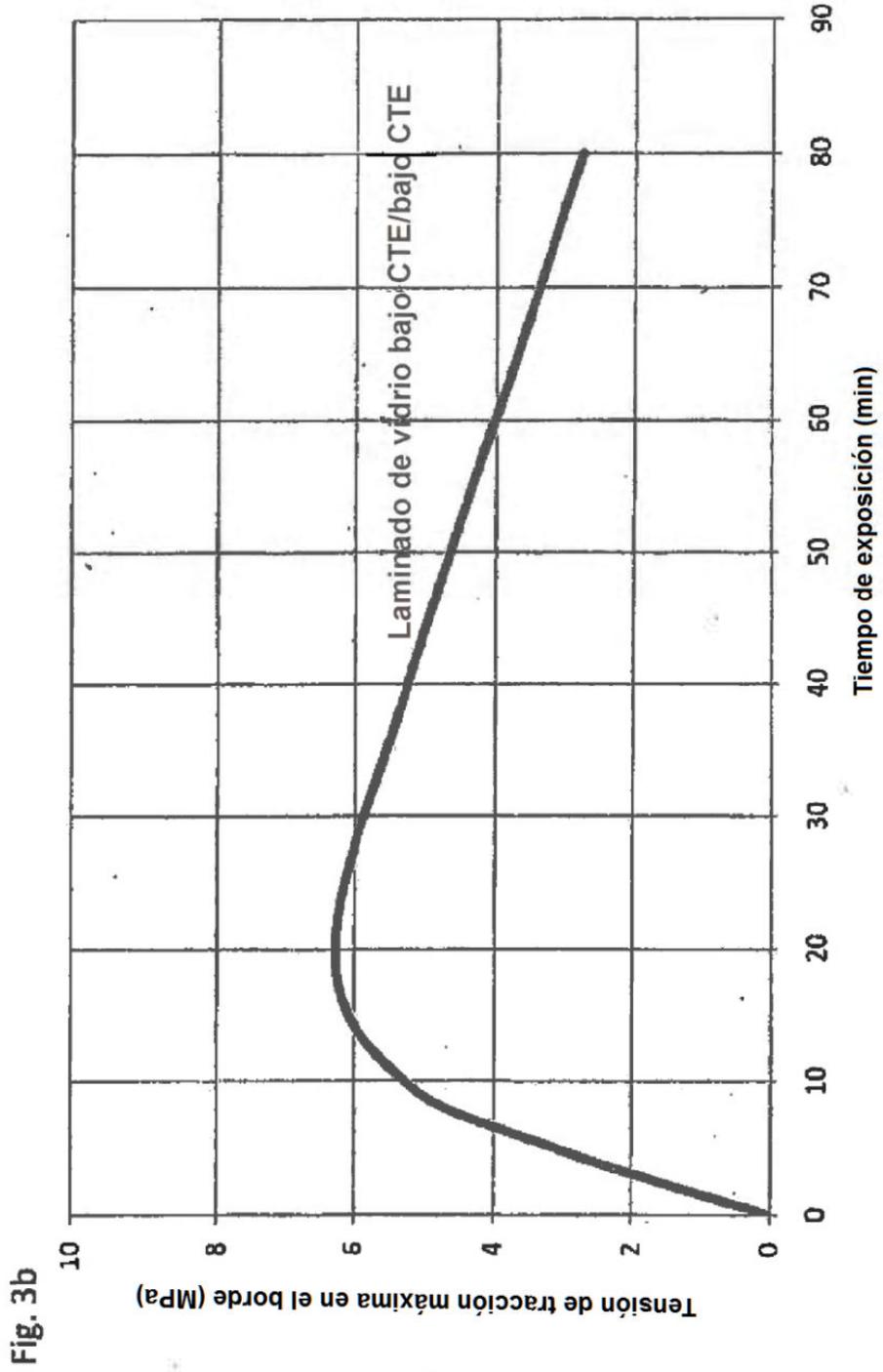


Fig. 3a

Tensión de borde máxima calculada
dispositivo EC de 914 x 1524 mm
radiación incidente 1000 vatios/m²



Resumen del ensayo ANSI Z97.1

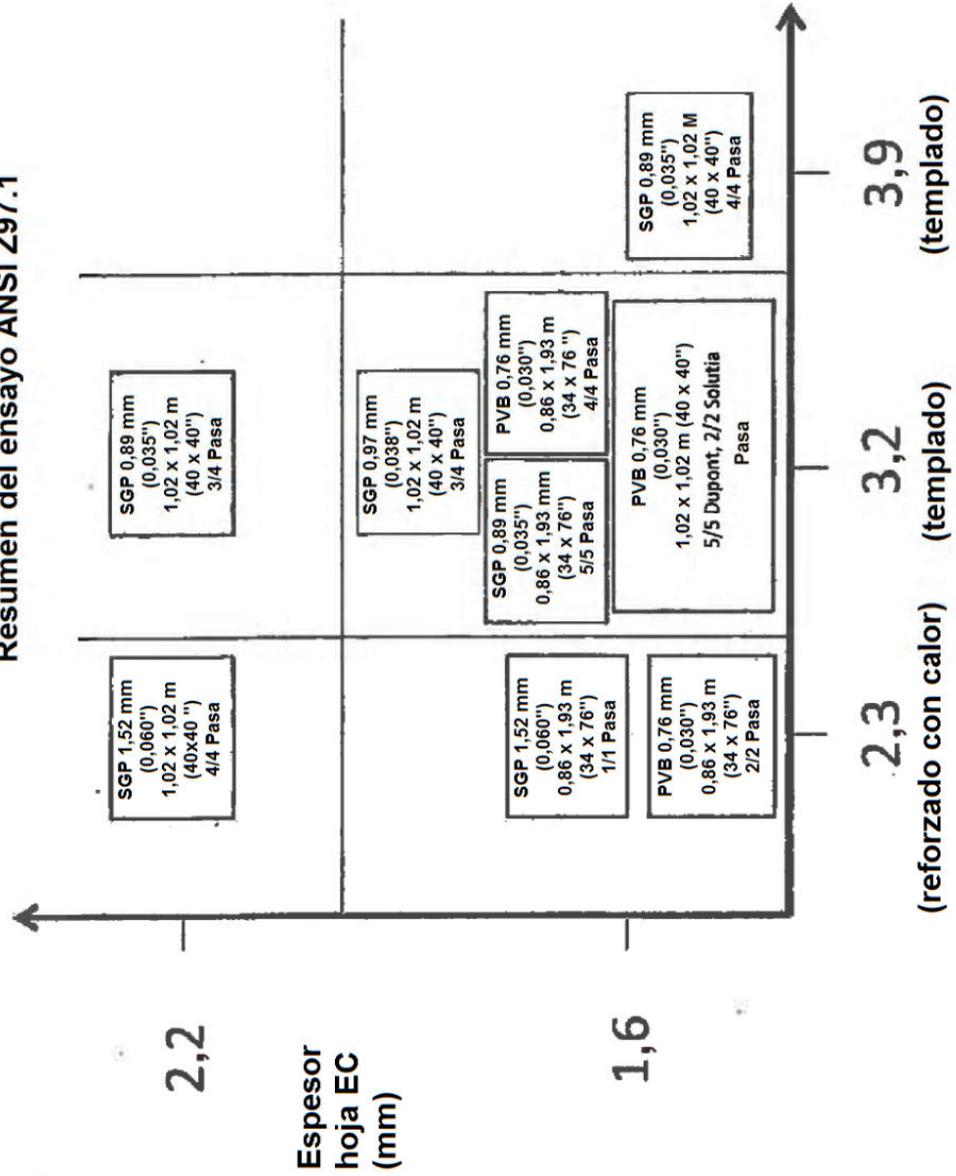


Fig. 4

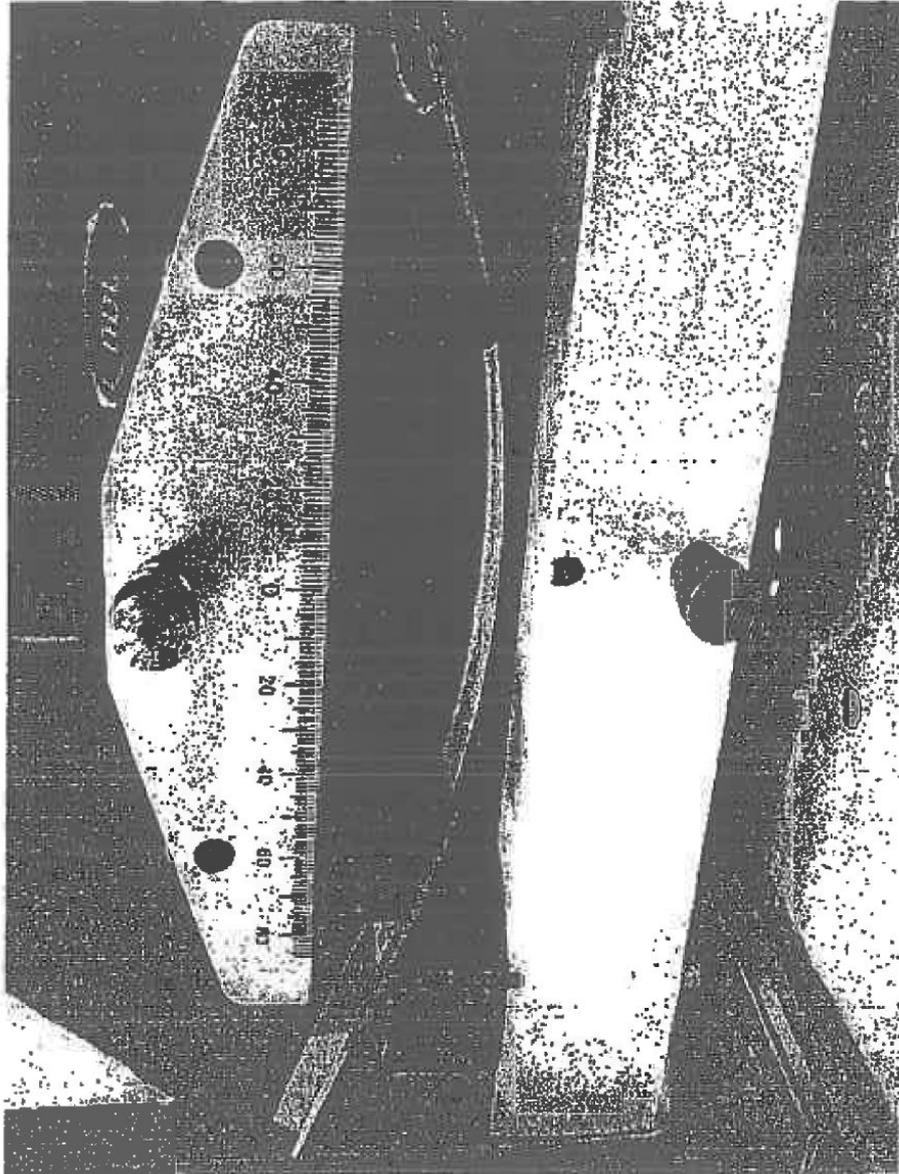


Fig. 5

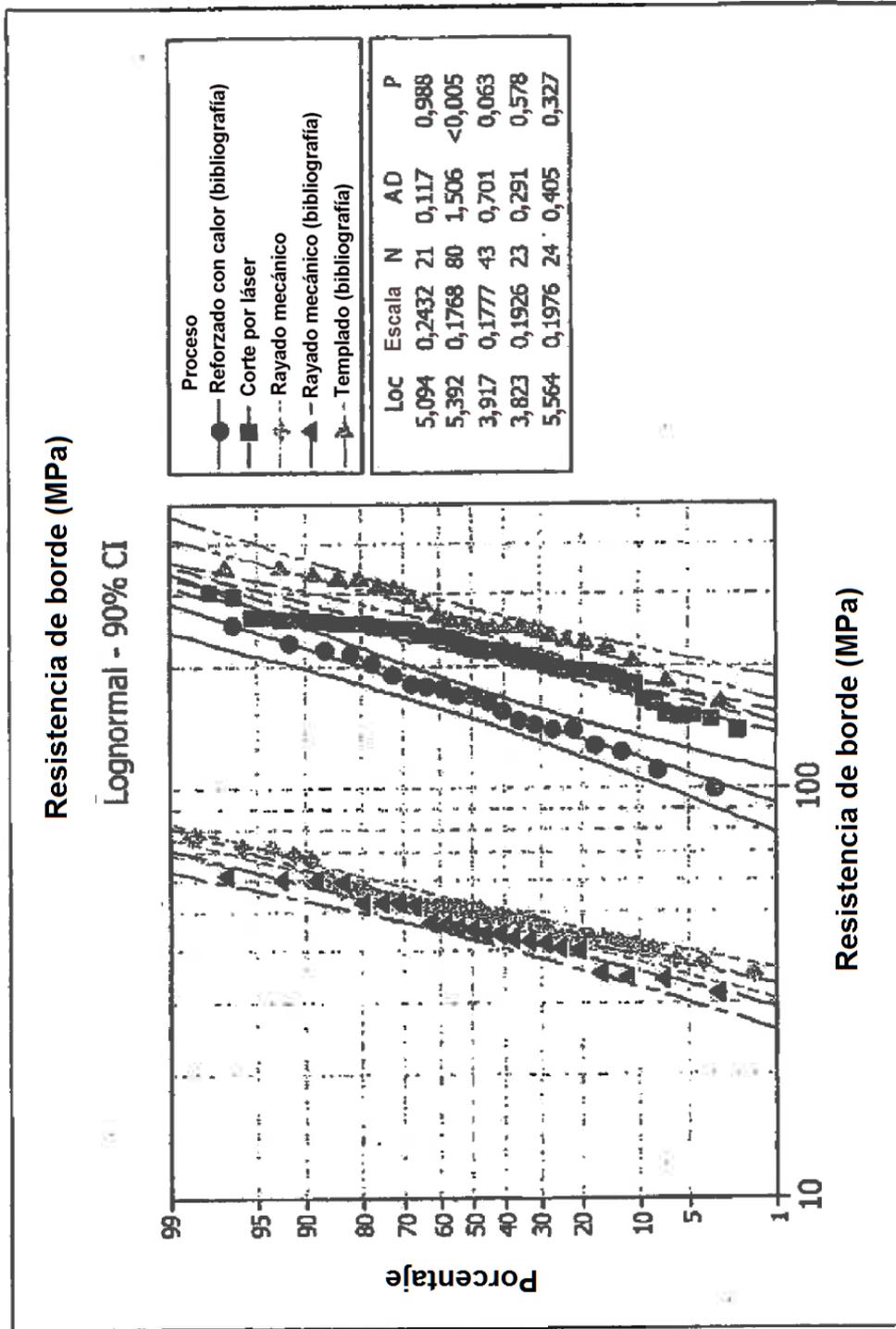


Fig. 6