

INTERCAPA PARA UNA UNIDAD DE ACRISTALAMIENTO ACÚSTICAMENTE AISLANTE

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a una intercapa viscoelástica para una unidad de acristalamiento, en particular para una unidad de acristalamiento para un alojamiento. La presente invención también se relaciona con un método para diseñar esta unidad de acristalamiento.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Se sabe que una unidad de acristalamiento laminado se utiliza en la fabricación de una ventana
10 para un alojamiento, proporcionando tanto aislamiento acústico para la alojamiento y resistencia de la ventana a impactos mecánicos, por ejemplo, para evitar intrusiones en el alojamiento. Por ejemplo, la EP 0 842 767 describe tal unidad de acristalamiento laminado compuesta por dos láminas de vidrio unidas por una intercapa que tiene propiedades de amortiguamiento acústica y/o baja rigidez. Sin embargo, el uso de este tipo de intercapa no ofrece un buen rendimiento ni en términos de aislamiento acústico ni de resistencia
15 al impacto.

Para este propósito, se sabe que aumenta el espesor de la intercapa para mejorar el rendimiento acústico y la resistencia de la unidad de acristalamiento a impactos mecánicos. Por ejemplo, WO2020/152416 describe una unidad de acristalamiento con resistencia al impacto en la categoría P2A de la norma europea EN 356. Esta resistencia al impacto se logra aumentando el espesor de la intercapa con
20 respecto a las unidades de acristalamiento conocidas para una intercapa de una sola-capas o multi-capas. Sin embargo, en el caso de una intercapa multi-capas, este documento no describe cómo elegir el espesor de cada una de las capas de la intercapa. Además, este documento no describe las contribuciones de las diferentes capas de una intercapa tanto al aislamiento acústico como a la resistencia al impacto mecánico.

BREVE DESCRIPCION DE LA INVENCION

25 Uno de los objetivos de la invención es proporcionar una intercapa para una unidad de acristalamiento que tiene una resistencia al menos igual a la resistencia de una unidad de acristalamiento tipo P2A (estándar EN 356), la unidad de acristalamiento tiene propiedades de aislamiento acústico mejoradas con respecto a las propiedades de aislamiento acústico de una unidad de acristalamiento que comprende una intercapa de una sola-capas, mientras limita la cantidad de materias primas requeridas para
30 producir la intercapa.

Este objeto se logra, al menos en parte, dentro del alcance de la presente invención mediante una capa intercapa viscoelástica para una unidad de acristalamiento laminado que tiene propiedades de amortiguamiento vibro-acústicas, la intercapa comprende:

- una capa de amortiguamiento vibro-acústica, la capa de amortiguamiento tiene un primer espesor e_1 , la capa de amortiguamiento vibro-acústica se forma de una resina de polivinilbutiral (PVB) que
35 comprende un plastificante, la fracción de masa de plastificante siendo estrictamente mayor que 28.5%,
- al menos una capa de revestimiento, la capa de revestimiento o todas las capas de revestimiento tienen un segundo espesor e_2 , la capa de revestimiento se forma de una resina de polivinil butiral (PVB) que comprende un plastificante, la fracción de masa del plastificante siendo menor que 28.5%,

- la suma del primer espesor e_1 y el segundo espesor e_2 siendo mayor que o igual a 0.82 mm,
- la relación entre el segundo espesor e_2 y el primer espesor e_1 siendo mayor que o igual a 5.05.

La presente invención se completa ventajosamente con las siguientes características, tomadas individualmente o en cualquiera de sus combinaciones técnicamente posibles:

- 5 - la capa de amortiguamiento tiene una fracción de masa de plastificante de entre 28.5% (excluido) y el 40%,
- la capa de revestimiento tiene una fracción de masa de plastificante entre el 17% y el 28.5%,
- la intercapa comprende dos capas de revestimiento, la capa de amortiguamiento vibro-acústica se dispone entre las dos capas del revestimiento,
- 10 - el primer espesor e_1 está entre 0.10 mm y 0.15 mm, preferiblemente entre 0.12 mm y 0.14 mm,
- el segundo espesor e_2 está entre 0.64 mm y 0.75 mm, preferiblemente entre 0.69 mm y 0.72 mm,
- la proporción entre el segundo espesor e_2 y el primer espesor e_1 está entre 5.05 y 7.00, en particular entre 5.05 y 6.00.

Otro aspecto de la invención es una unidad de acristalamiento laminado con propiedades de amortiguamiento vibro-acústicas, que comprende:

- dos láminas de vidrio, y
- una intercapa de acuerdo con una modalidad de la invención, la intercapa se dispone entre las dos láminas de vidrio.

La unidad de acristalamiento tiene ventajosamente una resistencia al impacto mayor que o igual a aquella de una unidad de acristalamiento de categoría P2A de acuerdo con la norma europea EN 356.

Cada una de las láminas de vidrio ventajosamente tiene un espesor e_v mayor que 1.8 mm, y en particular entre 2.8 mm y 3.5 mm.

Cada una de las láminas de vidrio ventajosamente tiene un espesor e_v mayor que 3 mm, y en particular entre 2.8 mm y 3.5 mm, y

- 25 - la suma del primer espesor e_1 y el segundo espesor e_2 es mayor que o igual a 0.82 mm,
- la relación entre el segundo espesor e_2 y el primer espesor e_1 está entre 5.05 y 6.

Cada una de las láminas de vidrio tiene ventajosamente un espesor e_v de entre 1.8 mm y 2.8 mm (excluyendo), y

- 30 - la suma del primer espesor e_1 y el segundo espesor e_2 es mayor que o igual a 0.85 mm,
- la relación entre el segundo espesor e_2 y el primer espesor e_1 está entre 5.5 y 7.

Otro aspecto de la invención es un método para diseñar una unidad de acristalamiento, siendo la unidad de acristalamiento una unidad de acristalamiento de acuerdo con una de las modalidades de la invención, la unidad de acristalamiento que tiene una resistencia al impacto predeterminada, el método comprende los siguientes pasos:

- 35 - determinar el primer espesor e_1 de la capa de amortiguamiento vibro-acústica, luego
- determinar el segundo espesor e_2 de la capa de revestimiento o de todas las capas de revestimiento, a partir del primer espesor e_1 y de la resistencia al impacto predeterminada.

Ventajosamente, la resistencia al impacto predeterminada se elige de modo que la unidad de acristalamiento pertenezca a una categoría predeterminada de acuerdo con la norma europea EN 356, y

en donde el segundo espesor e_2 se determina en la base de la categoría predeterminada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Otras características, propósitos y ventajas de la invención surgirán de la siguiente descripción, que es puramente ilustrativa y no limitativa, y que debe leerse junto con las figuras adjuntas en los que:

5 [Figura 1] – la [Figura 1] muestra el aislamiento acústico de diferentes unidades de acristalamiento laminado,

[Figura 2] – la [Figura 2] muestra la altura media de ruptura con tres bolas de diferentes unidades laminadas de acristalamiento,

10 [Figura 3] – la [Figura 3] muestra esquemáticamente una vista en corte de una unidad de acristalamiento de acuerdo con una modalidad de la invención,

[Figura 4] – la [Figura 4] muestra un rango para el primer espesor de una capa de núcleo y el segundo espesor de las capas de revestimiento de una intercapa de acuerdo con una modalidad de la invención,

15 [Figura 5] – la [Figura 5] muestra esquemáticamente un método para diseñar una unidad de acristalamiento de acuerdo con una modalidad de la invención.

En todas las figuras, elementos similares se marcan con referencias idénticas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Medición de la resistencia al impacto

20 El cumplimiento con la categoría P2A de la norma EN 356 se mide utilizando la prueba de caída de bolas o prueba de caída cuerpo duro, que consiste en dejar caer sucesivamente tres bolas de acero, de 10 cm de diámetro y que pesan 4.1 kg, desde una cierta altura sobre la unidad de acristalamiento. Para alcanzar la categoría P2A, tres muestras de unidades de acristalamiento deben resistir tres caídas consecutivas de bolas desde una altura de 3 m.

25 Desde un punto de vista estadístico, es muy difícil sacar conclusiones significativas sobre el rendimiento de la unidad de acristalamiento probada debido al número limitado de muestras (determinando una probabilidad de fallo en 3 m con solo tres muestras).

El solicitante ha desarrollado un método más robusto para evaluar el rendimiento de las unidades de acristalamiento de acuerdo con la EN 356. Este método se llama altura media de ruptura con tres bolas (MBH3). Este método consiste en dejar caer tres bolas sucesivamente desde cierta altura sobre una muestra de una unidad de esmaltado. Si la muestra supera la prueba sin ser rota por las tres bolas, se prueba otra unidad de esmaltado del mismo tipo dejando caer las tres bolas desde una altura mayor correspondiente a la altura de la prueba anterior más un valor fijo de incremento. Si la muestra no supera la prueba, se prueba entonces otra unidad de acristalamiento del mismo tipo dejando caer las tres bolas desde una altura menor correspondiente a la altura de la prueba anterior menos un valor de incremento fijo. Repitiendo esta prueba, es posible converger y luego oscilar alrededor de la altura media de ruptura de la unidad de acristalamiento por tres bolas. Esta altura corresponde a la altura caracterizada porque la mitad de las muestras se rompen y la otra mitad no. La altura inicial preferiblemente se elegirá cerca de la altura media de ruptura esperada para las unidades de acristalamiento probadas, mientras que el valor fijo de incremento (más o menos) es preferiblemente cercano a la desviación estándar de una distribución de

30

35

probabilidad examinada por la prueba (probabilidad de falla en la prueba de tres bolas basada en la altura de caída de bola). Para una prueba de rendimiento P2A con una unidad de acristalamiento laminado, se elige una altura inicial de 3.6 m y un valor incremental de 0.3 m. El procesamiento estadístico de este método muestra que la altura media de ruptura, junto con la desviación estándar asociada y el intervalo de confianza del 95% sobre el valor de la altura media de ruptura, pueden definirse y calcularse (véase Dixon W. J. Mood A., "Un método para obtener y analizar datos de sensibilidad", Journal of the American Statistical Association, 43. 1948). Una vez obtenida la altura media de rotura y la desviación estándar asociada, se puede estimar si la diferencia entre la altura media de rotura y la altura objetivo (por ejemplo, 3 m para una unidad de acristalamiento a nivel P2A) es lo suficientemente grande en vista de la desviación estándar de la distribución como para garantizar que la probabilidad de falla en la altura objetivo sea despreciable. Por ejemplo, si la altura objetivo es 3 m, la altura media de ruptura es 3.6 m y la desviación estándar es 0.3 m, esto significa que la diferencia de 0.6 m es el doble de la desviación estándar, y la probabilidad de falla a 3 m es por tanto del 2.3% para una distribución normal (Gaussiana).

Polivinilo butiral (PVB)

Una capa de la intercapa se forma por una resina que comprende polivinilbutiral (PVB).

Una persona experta en la técnica está familiarizada con los siguientes dos tipos de PVB: PVB Estándar y PVB acústico.

El PVB Estándar fue históricamente el primer PVB utilizado para recubrimientos de intercapa. "PVB Estándar" significa una resina que comprende PVB y comprende un plastificante, siendo la fracción en masa de plastificante en la resina que es menor que 28.5%, preferiblemente entre el 17% y el 28.5%, en particular entre el 26.5% y el 28.5%.

La masa, masa molar promedio de co-polivinilbutiral-polivinilalcohol puede estar entre 100 y 250 g/mol. Por ejemplo, el producto comercial RB41 de la empresa Eastman es una intercapa de una sola-capas de PVB Estándar.

El "PVB acústico" se utiliza aquí para referirse a una resina que comprende PVB y comprende un plastificante, la fracción de masa del plastificante en la resina que está entre el 28.5% (excluido) y el 50%, preferiblemente entre el 28.5% (excluido) y el 40%, especialmente entre el 28.5% (excluido) y el 30.5%. Por ejemplo, el producto comercial "QS41" de la empresa Eastman es una intercapa que comprende una capa de núcleo de PVB acústico.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Efecto del espesor de una capa de núcleo acústica de una intercapa

Con referencia a la [Figura 1], una unidad de acristalamiento puede comprender una intercapa y dos láminas de vidrio, cada lámina de vidrio tiene un espesor igual a 4 mm. La intercapa puede disponerse entre las dos láminas de vidrio. La intercapa puede contar con una capa núcleo de PVB acústico y dos capas de revestimiento de PVB estándar, con la capa de núcleo dispuesta entre las dos capas de revestimiento.

Los inventores han descubierto que una variación en el espesor de todas las capas de revestimiento afecta solo marginalmente el aislamiento acústico de una unidad de acristalamiento que incorpora la intercapa. La curva (a) en la [Figura 1] muestra la variación en el aislamiento acústico de una

unidad de acristalamiento con la frecuencia, la unidad de acristalamiento comprende una intercapa conocida, la intercapa comprende una capa de núcleo de PVB acústico que tiene un espesor igual a 0.1 mm y dos capas de revestimiento de PVB estándar, siendo el espesor total de las capas de la capa igual a 0.70 mm. La curva (b) muestra la variación en el aislamiento acústico de una unidad de acristalamiento con la frecuencia, la unidad de acristalamiento comprende una intercapa, la intercapa comprende una capa de núcleo de PVB acústico que tiene un espesor igual a 0.1 mm y dos capas de revestimiento de PVB estándar, siendo el espesor total de las capas de revestimiento igual a 0.35 mm. La curva (c) muestra la variación en el aislamiento acústico de una unidad de acristalamiento con la frecuencia, la unidad de acristalamiento que comprende una intercapa, la intercapa que comprende una capa de núcleo de PVB acústico que tiene un espesor igual a 0.1 mm y dos capas de revestimiento de PVB estándar, siendo el espesor total de las capas de revestimiento igual a 1.4 mm. La curva (d) muestra la variación en el aislamiento acústico de una unidad de acristalamiento con la frecuencia, la unidad de acristalamiento comprende una intercapa, la intercapa comprende una capa de núcleo de PVB acústico que tiene un espesor igual a 0.1 mm y dos capas de revestimiento de PVB Estándar, siendo el espesor total de las capas de revestimiento igual a 2.1 mm. La curva (e) muestra la variación en el aislamiento acústico de una unidad de acristalamiento con la frecuencia, la unidad de acristalamiento comprende una intercapa, la intercapa una capa de núcleo de PVB acústico que tiene un espesor igual a 0.1 mm y dos capas de revestimiento de PVB Estándar, siendo el espesor total de las capas de revestimiento igual a 2.8 mm.

La [Tabla 1] a continuación describe los valores de atenuación acústica calculados a partir de las simulaciones mostradas en la [Figura 1]. Los índices se calculan de acuerdo con la NF EN ISO 717-1:2013-05. El índice de atenuación acústica ponderado se denota R_w . El índice de atenuación acústica ponderado para un espectro relacionado con actividades humanas y ruido del tráfico aéreo se denota R_A . El índice de atenuación acústica ponderado para un espectro de tráfico vial se denota $R_{A,Tr}$. Los índices se calculan para diferentes espesores totales de la capa de revestimiento.

[Tabla 1]

Espesor total de las capas de revestimiento (mm)	0.35	0.7	1.4	2.1	2.8
R_w (dB)	37	37	37	37	38
R_A (dB)	36	36	36	37	37
$R_{A,Tr}$ (dB)	34	34	35	35	35

De este modo, el espesor de la capa de núcleo de la intercapa puede elegirse independientemente de los demás espesores, ya que el espesor de las otras capas solo afectará marginalmente al aislamiento acústico de la capa de acristalamiento.

Efecto del espesor total de la intercapa

Con referencia a [Figura 2], los valores de prueba MBH3 descritos anteriormente se miden para unidades de acristalamiento que comprenden una intercapa. La unidad de acristalamiento comprende dos láminas de vidrio de igual espesor y una intercapa. En particular, la curva (f) muestra una unidad de acristalamiento en la que cada lámina de vidrio tiene un espesor igual a 3 mm, y la curva (g) muestra una

unidad de acristalamiento en la que cada lámina de vidrio tiene un espesor igual a 2 mm. La intercapa comprende una capa núcleo con un espesor de 0.13 mm. El espesor total de las capas del revestimiento varía de acuerdo con las unidades de acristalamiento analizadas.

Los inventores han descubierto que el valor de la prueba MBH3 es lineal con respecto al espesor total de la intercapa y en particular, con respecto al espesor total de las capas de revestimiento para mantener un espesor de la capa de núcleo constante, como se muestra en la [Figura 2]. De esta forma, a partir del gráfico de la [Figura 2], es posible predeterminar un espesor mínimo total de la intercapa, es decir, la suma del espesor de la capa de núcleo y el espesor de todas las capas de revestimiento, para proporcionar resistencia al impacto de acuerdo con una categoría predeterminada. Como el espesor de la capa del núcleo puede predeterminarse como se ha visto anteriormente, es posible calcular el espesor mínimo y suficiente de todas las capas del revestimiento para que la capa de acristalamiento proporcione resistencia al impacto de acuerdo con una categoría predeterminada.

Con referencia a la [Figura 2], se determinan los espesores de las capas de la intercapa para una unidad de acristalamiento que cumple con los criterios de categoría P2A de la norma EN 356. Para asegurar que la unidad de acristalamiento no se rompa por impactos, la diferencia entre la altura H y el valor de prueba MBH3 debe ser mayor que varias veces la desviación estándar de las alturas probadas en la secuencia MBH, preferiblemente mayor que tres veces la desviación estándar, lo que, para una estadística Gaussiana, garantiza una tasa de falla menor que 0.15%. Para la unidad de acristalamiento mostrada en la [Figura 2], la desviación estándar es aproximadamente 0.35 m para un espesor total de intercapa de 0.76 mm. La curva (f) muestra el MBH3 para una unidad de acristalamiento en la que cada lámina de vidrio tiene un espesor de 3 mm. La curva (g) muestra el MBH3 para una unidad de acristalamiento en la que cada lámina de vidrio tiene un espesor de 2 mm.

Intercapa 1

Con referencia a la [Figura 3], un aspecto de la invención es una intercapa viscoelástica 1 para una unidad de acristalamiento laminado 2 con propiedades de amortiguamiento vibro-acústicas.

La intercapa 1 comprende una capa de amortiguamiento vibro-acústica 3. La capa de amortiguamiento 3 tiene un primer espesor e_1 . La capa de amortiguamiento vibro-acústica 3 se forma por una resina de polivinilbutiral (PVB) que comprende un plastificante, siendo la fracción de masa de plastificante estrictamente mayor que 28.5%. En particular, la capa de amortiguamiento 3 está hecha de PVB acústico.

La intercapa 1 comprende al menos una capa de revestimiento 4. La capa de revestimiento 4 o todas las capas de revestimiento 4 tienen un segundo espesor e_2 . La capa de revestimiento 4 se forma de una resina de polivinilbutiral (PVB) que comprende un plastificante. La fracción de masa del plastificante es menor que 28.5%. En particular, la capa de revestimiento 4 se hace de PVB estándar.

La suma del primer espesor e_1 y del segundo espesor e_2 es mayor que o igual a 0.82 mm. Si la intercapa comprende solo una capa de núcleo y una o más capas de revestimiento, el espesor de la intercapa e_{tot} es mayor que o igual a 0.82 mm. La relación entre el segundo espesor e_2 y el primer espesor e_1 es mayor que o igual a 5.05. De este modo, la intercapa es adecuada para fabricar una unidad de acristalamiento con características de resistencia al impacto que cumplen al menos con la categoría P2A

de la norma EN356, mientras limita la cantidad de material utilizado para fabricar la capa de núcleo, manteniendo características de aislamiento acústico equivalentes a las unidades de acristalamiento conocidas y limitando la cantidad total de material utilizada para fabricar la intercapa. En particular, este efecto se consigue para una unidad de acristalamiento que comprende láminas de vidrio, cada lámina de vidrio tiene un espesor e_v mayor que 3 mm, en particular entre 3 mm y 3.5 mm. En particular, el espesor e_{tot} se elige para que la diferencia entre una altura media de ruptura con tres bolas mayores o iguales a 3 m (MBH3) y 3 m sea mayor de tres veces la desviación estándar de la distribución de alturas. Como resultado, la probabilidad de rotura de vidrio inducida por impacto es aproximadamente nula. El valor de dicha desviación estándar es de alrededor de 0.35 m, lo que hace posible calcular la condición predefinida sobre el espesor e_{tot} .

La [Figura 4] muestra el rango (compuesto por puntos en la [Figura 4]) dentro del cual se pueden elegir el primer espesor e_1 y el segundo espesor e_2 .

La intercapa 1 puede comprender dos capas de revestimiento 4. La capa de amortiguamiento vibro-acústica 3 puede disponerse entre las dos capas del revestimiento 4. De este modo, es posible limitar el primer espesor e_1 para respetar la relación definida anteriormente entre el primer espesor e_1 y el segundo espesor e_2 , mientras facilita la fabricación de la intercapa (evitando que un rodillo de PVB se adhiera a sí mismo). Alternativamente, la intercapa 1 puede comprender dos capas, incluyendo una capa de núcleo y una capa de revestimiento. Alternativamente, la intercapa 1 puede comprender una capa de núcleo y al menos tres capas de revestimiento. Las capas de revestimiento pueden apilarse para seleccionar el segundo espesor de varias películas para fabricar la capa de revestimiento que tiene el mismo espesor.

El primer espesor e_1 puede estar entre 0.10 mm y 0.15 mm, y preferiblemente entre 0.12 mm y 0.14 mm. De este modo, el aislamiento acústico de la unidad de acristalamiento 1 puede maximizarse mientras limita la cantidad de material utilizado para fabricar la capa de núcleo. De hecho, como se muestra en la [Figura 1], un aumento en el segundo espesor e_2 tiene un impacto insignificante en el aislamiento acústico de la unidad de acristalamiento.

El segundo espesor e_2 puede ser mayor que 0.64 mm, particularmente entre 0.64 mm y 0.75 mm, y preferiblemente entre 0.69 mm y 0.72 mm. La proporción entre el segundo espesor e_2 y el primer espesor e_1 puede estar entre 5.05 y 7.00, en particular entre 5.05 y 6.00. De este modo, la intercapa es adecuada para fabricar una unidad de acristalamiento 1 con propiedades mecánicas de resistencia al impacto al menos iguales a aquellas de una unidad de acristalamiento de la categoría P2A de la norma EN 356, mientras se reduce el espesor de la capa de núcleo para el mismo espesor de intercapa.

Unidad de acristalamiento 2

Con referencia a [Figura 3], otro aspecto de la invención es una unidad laminada de acristalamiento 2 que tiene propiedades de amortiguamiento vibro-acústicas. La unidad de acristalamiento 2 comprende dos láminas de vidrio 5 y una intercapa 1. La intercapa 1 se dispone entre las dos láminas de vidrio 5.

La unidad de acristalamiento 2 puede tener una resistencia al impacto igual o mayor que la de una unidad de acristalamiento de categoría P2A de acuerdo con la norma europea EN 356. En otras palabras, la unidad de acristalamiento 2 puede tener una altura media de ruptura con tres bolas de 3 m o más. De este modo, la unidad de acristalamiento 2 puede retrasar o evitar la intrusión no deseada en un alojamiento.

Cada lámina de vidrio puede ser una lámina de vidrio monolítica. La lámina de vidrio monolítica puede formarse a partir de al menos un material elegido de un polímero estructural, preferiblemente poli(metacrilato de metilo), policarbonato, poliuretano estructural, vidrio sodio-cal, vidrio aluminosilicato y vidrio borosilicato. La lámina de vidrio puede ser templada térmicamente o químicamente.

5 Cada lámina de vidrio 5 puede tener un espesor e_v mayor que 1.8 mm, y en particular entre 1.8 mm y 2.8 mm (excluido). Así, eligiendo el rango de espesor de una lámina de vidrio predefinida, y en particular para la suma del primer espesor e_1 y el segundo espesor e_2 mayor que o igual a 0.85 mm y una relación entre el segundo espesor e_2 y el primer espesor e_1 entre 5.05 y 7.00. la unidad de acristalamiento 2 tiene propiedades de resistencia al menos iguales a las de una unidad de acristalamiento en la categoría P2A
10 de la norma EN 356, mientras limita el espesor de la lámina de vidrio utilizada con respecto a las unidades de acristalamiento conocidas que ofrecen la misma resistencia.

Cada lámina de vidrio 5 puede tener un espesor e_v mayor que 2.8 mm, y en particular entre 2.8 mm y 3.5 mm (excluido). Así, al elegir el rango de espesores de una lámina de vidrio predefinida, y en particular para la suma del primer espesor e_1 y el segundo espesor e_2 mayor que o igual a 0.82 mm y una relación
15 entre el segundo espesor e_2 y el primer espesor e_1 entre 5.05 y 6.00, la unidad de acristalamiento 2 tiene propiedades de resistencia al menos iguales a aquellas de una unidad de acristalamiento en la categoría P2A de la norma EN 356, mientras limita el espesor de la lámina de vidrio utilizada con respecto a las unidades de acristalamiento conocidas que ofrecen la misma resistencia.

Método para diseñar la unidad de acristalamiento 2

20 Con referencia a la [Figura 5], otro aspecto de la invención es un método 6 para diseñar una unidad de acristalamiento 2. La unidad de acristalamiento 2 tiene una resistencia al impacto predeterminada. Por ejemplo, la resistencia al impacto puede seleccionarse de acuerdo con una categoría de la norma EN 356. Alternativamente, la resistencia al impacto puede seleccionarse predeterminando una altura media de ruptura con tres bolas, de acuerdo con el método antes mencionado.

25 El método 6 comprende un paso 61 para determinar el primer espesor e_1 de la capa de amortiguamiento vibro-acústica. El método 6 comprende un paso 62 subsecuente de determinar el segundo espesor e_2 de la capa de revestimiento o de todas las capas de revestimiento, a partir del primer espesor e_1 y de la resistencia al impacto predeterminada.

30 Cuando se implementa el método 6, la resistencia de impacto predeterminada puede elegirse para que la unidad de acristalamiento 2 pertenezca a una categoría predeterminada de acuerdo con la norma europea EN 356. El segundo espesor e_2 puede determinarse a partir de la categoría predeterminada. Por tanto, no es necesario determinar el primer espesor e_1 con respecto a las propiedades de resistencia mecánica deseadas de la unidad de acristalamiento 2, lo que simplifica su diseño.