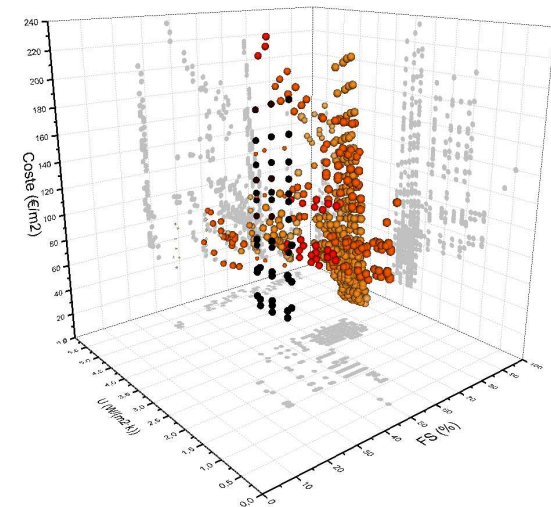




Los límites del vidrio. *Anexos*



TRABAJO FINAL DE MÁSTER
Autor: Arq. Salvador Boada i Xairó
Tutor: Dr. Arq. Ignacio Paricio Ansuategui
Barcelona, Septiembre 2013

AN.01. Terminología***Absorción energética (Ae)***

Porcentaje de energía que es absorbida por un vidrio en relación a la energía total incidente. Provoca un incremento de temperatura en su masa.

Balance energético (K)

Sumatorio de aportes (+) y pérdidas (-) energéticas que se producen a través de un acristalamiento.

Cámara

Cavidad delimitada por un perfil espaciador, normalmente metálico, y dos paños de vidrio. Estanca y rellena de aire desecado o gas noble.

Capa magnetrónica

Capa depositada sobre una superficie de vidrio con proyección de partículas metálicas, en una cámara bajo vacío.

Capa pirolítica

Capa obtenida en el proceso de fabricación por flotado, por proyección de partículas metálicas a alta temperatura, sobre la superficie del vidrio.

Capa reflectante

Capa depositada sobre el vidrio para conferirle reflexión a las radiaciones visibles e infrarrojas.

Características espectrofotométricas

Conjunto de valores de Transmisión, Reflexión y Absorción, energéticos y luminosos, de las radiaciones solares a través de un acristalamiento.

Coefficiente de Sombra (Sc)

Coefficiente obtenido al dividir el Factor Solar de un vidrio por 0,87 (índice de factor solar de un vidrio incoloro de 3mm)

Conductividad térmica

Propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción del calor.

Decibelio (dB)

Unidad de medición del sonido.

Doble acristalamiento

Conjunto de dos vidrios separados entre sí por una cámara intermedia, rellena de aire o gas. También denominados Vidrios Aislantes.

Emisividad

Cantidad de calor que ceden las caras de una placa por radiación a un entorno más frío. La emisividad de un vidrio monolítico estándar es de 0,89.

Factor Solar (FS)

Relación entre la energía solar incidente y la energía solar total que entra en un espacio a través de un acristalamiento. (También se denomina como "g").

LowE

Denominación inglesa para los vidrios bajo emisivos.

Perfil separador (o intercalario)

Perfil metálico o de plástico colocado perimetralmente entre los dos vidrios de un doble acristalamiento (o los 3 de uno triple), separándolos y configurando, así, la cámara intermedia.

Butiral de Polivinilo (PVB)

Film plástico intercalario que se coloca entre dos láminas de vidrio para ensamblarlos y configurar un acristalamiento laminado. En caso de rotura, los fragmentos de vidrio quedan pegados a la lámina de PVB, evitando que se desprendan.

Reflexión energética (Re)

Porcentaje de energía procedente de la radiación solar infrarroja que es reflejada por el vidrio, en relación al total de energía solar incidente sobre el vidrio.

Recocido

Durante el proceso de fabricación del vidrio, éste es sometido a muy alta temperatura y posteriormente se enfría en una cuba de recocido, donde se liberan las tensiones internas.

Reflexión luminosa (RI)

Porcentaje de energía luminosa reflejada por el vidrio en relación al flujo luminoso incidente total sobre el acristalamiento.

Resistencia térmica (R)

Capacidad de un material a oponerse al flujo de calor. En materiales homogéneos representa la razón entre el espesor y la conductividad térmica.

Transmisión energética (Te)

Porcentaje de energía procedente de la radiación solar infrarroja que es transmitida por el acristalamiento.

Transmisión lumínica, o luminosa (TL)

Porcentaje de energía lumínica transmitida por el vidrio en relación al flujo luminoso total incidente sobre él.

Transmitancia Térmica (U)

Cantidad de energía que atraviesa un cerramiento de superficie 1 m², cuando la diferencia de temperatura del aire a ambos lados es de 1 °C.

Vidrio lacado

Vidrio de color opaco, fabricado por depósito y horneado a muy alta temperatura, depositando laca de color sobre una de sus caras.

Vidrio aislante

Conjunto de dos vidrios separados entre sí por una cámara intermedia, rellena de aire o gas

Vidrio de seguridad

Denominación para acristalamientos templados o laminados que ofrecen prestaciones de seguridad frente a riesgo de rotura o protección de seguridad.

Vidrio esmaltado

Vidrio al que se le ha aplicado una capa de esmalte sobre una de sus caras tras el proceso de templado.

Vidrio extra claro

Vidrio con un bajo contenido de óxidos de hierro en su composición, lo que le confiere un alto nivel de transmisión lumínica y un canto de tonalidad incolora.

Vidrio flotado (o float)

Vidrio incoloro o de color que se obtiene por el procedimiento de flotación sobre un baño de estaño en fusión.

Vidrio impreso

Vidrio de carácter decorativo, con motivos impresos en su superficie.

Vidrio laminado

Vidrio formado por dos o más vidrios unidos entre sí por la interposición de láminas plásticas, normalmente de PVB, mediante proceso térmico y de presión.

Vidrio recocido

Vidrio obtenido por el proceso de Recocido.

Vidrio templado químicamente

Vidrio flotado cuya superficie se refuerza químicamente mediante el intercambio de iones a alta temperatura, para mejorar su resistencia mecánica.

Vidrio templado térmicamente

Vidrio sometido a un proceso de calentamiento hasta plastificación del material y posterior enfriamiento brusco por aire, lo que mejora sus prestaciones de resistencia mecánica y térmica.

Vidrio termoendurecido

Vidrio sometido al proceso térmico de endurecido, lo que mejora sensiblemente su resistencia mecánica.

AN.2. Marco Normativo

La normativa que regula la producción y aplicación de vidrios en la edificación es extensa y variada, tanto a nivel nacional como europeo. La normativa determina las características, procedimientos de ensayo, condiciones espectrofotométricas, mecánicas, térmicas y estéticas que debe cumplir el producto de vidrio plano aplicable a la edificación.

Los requerimientos normativos se articulan, a nivel europeo, mediante las normas EN armonizadas. Éstas son especificaciones técnicas de carácter no obligatorio (salvo que alguna prescripción legal obligue a su cumplimiento) aprobadas por un Organismo Europeo de Normalización, elaborada bajo un mandato de la Comisión Europea y publicado en el D.O.C.E. En España habitualmente reciben la codificación de UNE-EN.

La elaboración de normas UNE, incluyendo la adopción de normas europeas, se lleva a cabo a través de los Comités Técnicos de Normalización (CTN), formados por diferentes agentes del sector (técnicos, industria, instaladores, etc.).

En el caso del vidrio plano aplicado a la edificación, se pueden destacar las siguientes normas:

Norma	Título
UNE- EN 356:2001	Vidrio para la edificación - Acristalamiento de seguridad - Ensayo y clasificación de resistencia al ataque manual (Norma perteneciente al AEN/CTN 108)
UNE-EN 357:2005	Vidrio para la edificación - Elementos acristalados con productos vítreos transparentes o traslúcidos resistentes al fuego - Clasificación de la resistencia al fuego.
UNE-EN 410:2011	Vidrio para la edificación - Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos
UNE-EN 572-1:2012	Vidrio para la construcción - Productos básicos de vidrio - Vidrio de silicato sodocálcico - Parte 1: Definiciones y propiedades generales físicas y mecánicas
UNE-EN 572-2:2012	Vidrio para la construcción - Productos básicos de vidrio - Vidrio de silicato sodocálcico - Parte 2: Vidrio plano
UNE-EN 572-3:2012	Vidrio para la construcción - Productos básicos de vidrio - Vidrio de silicato sodocálcico - Parte 3: Vidrio armado pulido
UNE-EN 572-4:2012	Vidrio para la construcción - Productos básicos de vidrio - Vidrio de silicato sodocálcico - Parte 4: Vidrio estirado
UNE-EN 572-5:2012	Vidrio para la construcción - Productos básicos de vidrio - Vidrio de silicato sodocálcico - Parte 5: Vidrio impreso
UNE-EN 572-6:2012	Vidrio para la construcción - Productos básicos de vidrio - Vidrio de silicato sodocálcico - Parte 6: Vidrio impreso armado
UNE-EN 572-7:2012	Vidrio para la construcción - Productos básicos de vidrio - Vidrio de silicato sodocálcico - Parte 7: Vidrio de perfil en U, armado o sin armar

UNE-EN 572-8:2004	Vidrio para la edificación - Productos básicos de vidrio - Vidrio de silicato sodocálcico - Parte 8: Tamaños suministrados y de corte final
UNE-EN 572-9:2006	Vidrio para la edificación - Productos básicos de vidrio - Vidrio de silicato sodocálcico - Parte 9: Evaluación de la conformidad / Norma de Producto
UNE-EN 673:2011	Vidrio para la edificación - Determinación de la transmisión térmica (Valor U) - Método de cálculo
UNE-EN 674:2011	Vidrio para la edificación - Determinación de la transmisión térmica (Valor U) - Método de placa caliente guardada. (Norma perteneciente al AEN CTN-092)
UNE-EN 675:2011	Vidrio para la edificación - Determinación de la transmisión térmica (Valor U) - Método de medida de flujo de calor. (Norma perteneciente al AEN CTN-092)
UNE-EN 1096-1:2012	Vidrio para la edificación - Vidrio de capa - Parte 1: Definiciones y Clasificación
UNE-EN 1096-2:2012	Vidrio para la edificación - Vidrio de capa - Parte 2: Requisitos y métodos de ensayo para las capas de las clases A, B y S
UNE-EN 1096-3:2012	Vidrio para la edificación - Vidrio de capa - Parte 3: Requisitos y métodos de ensayo para las capas de las clases C y D
UNE-EN 1096-4:2005	Vidrio para la edificación - Vidrio de capa - Parte 4: Evaluación de la conformidad
UNE-EN 1279-1:2006	Vidrio para la edificación - Unidades de vidrio aislante - Parte 1: Generalidades, tolerancias dimensionales y reglas para la descripción del sistema
UNE-EN 1279-2:2003	Vidrio para la edificación. Unidades de vidrio aislante. Parte 2: método de ensayo a largo plazo y requisitos en materia de penetración de humedad.
UNE-EN 1279-3:2003	Vidrio para la edificación. Unidades de vidrio aislante. Parte 3: método de ensayo a largo plazo y requisitos en materia de tasa de fuga de gas y de tolerancia de concentración de gas.
UNE-EN 1279-4:2002	Vidrio para la edificación. Unidades de vidrio aislante. Parte 4: métodos de ensayo para las propiedades físicas de los sellados perimetrales.
UNE EN 1279 5:2005+A2:2010	Vidrio para la edificación. Unidades de vidrio aislante. Parte 5: Evaluación de la conformidad
UNE-EN 1279-6:2002	Vidrio para la edificación - Unidades de vidrio aislante - Parte 6: Control de producción en fábrica y ensayos periódicos
UNE- EN 1288-1	Vidrio para la edificación - Determinación de la resistencia a flexión del vidrio - Parte 1: Fundamentos de los ensayos del vidrio
UNE- EN 1288-2	Vidrio para la edificación - Determinación de la resistencia a flexión del vidrio - Parte 2: Ensayo con anillos concéntricos dobles sobre probetas planas, con grandes superficies de sollicitación
UNE- EN 1288-3	Vidrio para la edificación - Determinación de la resistencia a flexión del vidrio - Parte 3: Ensayos con probetas soportadas en dos puntos (flexión 4 puntos)
UNE- EN 1288-4	Vidrio para la edificación - Determinación de la resistencia a flexión del vidrio - Parte 4: Ensayos sobre vidrio de perfil en U
UNE- EN 1288-5	Vidrio para la edificación - Determinación de la resistencia a flexión del vidrio - Parte 5: Ensayos con anillos concéntricos dobles sobre probetas planas con pequeñas superficies de sollicitación
UNE-EN 1748-1-1:2006	Vidrio para la edificación - Productos básicos especiales – Vidrios borosilicatados - Parte 1-1: Definición y propiedades generales físicas y mecánicas
UNE-EN 1748-1-2:2005	Vidrio para la edificación - Productos básicos especiales – Vidrios borosilicatados - Parte 1-2: Evaluación de la conformidad / Norma de Producto
UNE-EN 1863-1:2012	Vidrio para la edificación - Vidrio de silicato sodocálcico termoendurecido - Parte 1: Definición y descripción
UNE-EN 1863-2:2005	Vidrio para la edificación - Vidrio de silicato sodocálcico termoendurecido - Parte 2: Evaluación de la conformidad / Norma de Producto

UNE-EN 12150-1:2000	Vidrio para la edificación - Vidrio de silicato sodocálcico de seguridad templado térmicamente - Parte 1: Definición y descripción
UNE-EN 12150-2:2005	Vidrio para la edificación - Vidrio de silicato sodocálcico de seguridad templado térmicamente - Parte 2: Evaluación de la conformidad / Norma de Producto
UNE-EN 12337-1:2000	Vidrio para la edificación - Vidrio de silicato sodocálcico endurecido químicamente - Parte 1: Definición y descripción
UNE-EN 12337-2:2006	Vidrio para la edificación - Vidrio de silicato sodocálcico reforzado químicamente - Parte 2: Evaluación de la conformidad / Norma de Producto
UNE-EN ISO 12543-1:2011	Vidrio para la edificación - Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad - Parte 1: Definiciones y descripción de los componentes
UNE-EN ISO 12543-2:2011	Vidrio para la edificación - Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad - Parte 2: Vidrio laminado de seguridad
UNE-EN ISO 12543-3:2011	Vidrio para la edificación - Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad - Parte 3: Vidrio laminado
UNE-EN ISO 12543-4:2011	Vidrio para la edificación - Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad - Parte 4: Métodos de ensayo de durabilidad
UNE-EN ISO 12543-5:2011	Vidrio para la edificación - Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad - Parte 5: Dimensiones y acabado de bordes
UNE-EN ISO 12543-6:2011	Vidrio para la edificación - Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad - Parte 6: Aspecto
UNE-EN 12600:2003	Vidrio para la edificación - Ensayo del péndulo - Método de ensayo al impacto y clasificación para vidrio plano
UNE-EN 12603:2003	Vidrio para la edificación - Determinación de la resistencia del vidrio a la flexión - Procedimiento para asegurar la adecuación y los intervalos de confianza según la distribución de Weibull
UNE-EN 12758:2011	Vidrio para la edificación - Acristalamiento y atenuación al ruido aéreo - Descripciones del producto y determinación de propiedades
UNE-EN 12898:2001	Vidrio para la edificación - Determinación de la emisividad
UNE-EN 13022-1:2006+A1:2010	Vidrio para la edificación - Acristalamiento con sellante estructural - Parte 1: productos de vidrio para los sistemas de acristalamiento con sellante estructural - Acristalamiento monolítico y múltiple apoyado y no apoyado
UNE-EN 13022-2:2007+A1:2010	Vidrio para la edificación. Acristalamiento con sellante estructural. Parte 2: Reglas de ensamblaje
UNE-EN 13024-1:2012	Vidrio para la edificación - Vidrio borosilicatado de seguridad templado térmicamente - Parte 1: Definición y descripción
UNE-EN 13024-2:2005	Vidrio para la edificación - Vidrio borosilicatado de seguridad templado térmicamente - Parte 2: Evaluación de la conformidad / Norma de Producto
UNE-EN 14178-1:2006	Vidrio para la edificación - Productos básicos de vidrio de silicato alcalinotérreo - Parte 1: Vidrio flotado
UNE-EN 14178-2:2005	Vidrio para la edificación - Productos básicos de vidrio de silicato alcalinotérreo - Parte 2: Evaluación de la conformidad / Norma de Producto
UNE-EN 14179-1:2006	Vidrio para la edificación - Vidrio de silicato sodocálcico de seguridad templado térmicamente y tratado "Heat Soak"- Parte 1: Definición y descripción
UNE-EN 14179-2:2006	Vidrio para la edificación - Vidrio de silicato sodocálcico de seguridad templado térmicamente y tratado "Heat Soak"- Parte 2: Evaluación de la conformidad / Norma de producto

UNE-EN 14321-1:2006	Vidrio para la edificación - Vidrio de silicato sodocálcico termoendurecido de seguridad - Parte 1: Definición y descripción
UNE-EN 14321-2:2006	Vidrio para la edificación - Vidrio de silicato sodocálcico termoendurecido de seguridad - Parte 2: Evaluación de la conformidad / Norma de producto
UNE-EN ISO 14438:2002	Vidrio para la edificación - Determinación del valor del balance energético - Método de cálculo (ISO 14438:2001)
UNE-EN 14449:2006	Vidrio para la edificación - Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad - Evaluación de la conformidad / Norma de producto
UNE-EN 15434:2007+A1:2010	Vidrio para la edificación - Norma de producto para sellante estructural y/o resistentes a rayos ultravioletas (para uso con acristalamiento con sellante estructural y/o unidades de vidrio aislante con sellados expuestos)
UNE-EN 15998:2011	Vidrio para la edificación. Seguridad en caso de incendio, resistencia al fuego. Metodología de ensayo del vidrio con el objeto de su clasificación

En lo que se refiere a las fachadas ligeras, destacan:

Norma	Título
UNE-EN 949:1999	Ventanas y muros cortina, puertas, cierres y persianas - Determinación de la resistencia al impacto de cuerpo blando y duro para puertas
UNE-EN 949 ERR :2000	Ventanas y muros cortina, puertas, cierres y persianas - Determinación de la resistencia al impacto de cuerpo blando y pesado para puertas
UNE-EN 12152:2002	Fachadas ligeras - Permeabilidad al aire - Requisitos de funcionamiento y clasificación
UNE-EN 12153:2000	Fachadas ligeras - Permeabilidad al aire - Método de ensayo
UNE-EN 12154:2000	Fachadas ligeras - Estanquidad al agua - Requisitos y clasificación
UNE-EN 12155:2000	Fachadas ligeras - Estanquidad al agua - Ensayo de laboratorio bajo presión estática
UNE-EN 12179:2000	Fachadas ligeras - Resistencia a la carga de viento - Método de ensayo
UNE-EN 13050:2011	Fachadas ligeras - Estanquidad al agua - Ensayo en laboratorio bajo presión dinámica de aire y proyección de agua
UNE-EN 13051:2001	Fachadas ligeras - Estanquidad al agua - Ensayo in situ
UNE-EN 13116:2001	Fachadas ligeras - Resistencia a la carga de viento - Requisitos de Prestaciones
UNE-EN 13119:2007	Fachadas ligeras – Terminología
UNE-EN 13830:2004	Fachadas ligeras - Norma de producto
UNE-EN 13947:2011	Prestaciones térmicas de las fachadas ligeras. Cálculo de la transmitancia térmica (perteneciente al CTN 92)
UNE-EN 14019:2004	Fachadas ligeras - Resistencia al impacto - Requisitos de prestaciones
UNE-EN 14024:2006	Ventanas, puertas y Fachadas ligeras - Resistencia mecánica de perfiles con rotura de puente térmico - Requisitos, pruebas y método de ensayo

En tanto que elemento constructivo, el vidrio deberá cumplir con aquellos requerimientos a nivel de resistencia mecánica y seguridad, así como a las condiciones térmicas, acústicas y de reacción al fuego, establecidas en el Código Técnico de la Edificación.

AN.3. Clasificación de los vidrios comerciales

Actualmente la industria es capaz de producir una gran variedad de tipos de vidrio, adaptando el producto a prácticamente cualquier requerimiento, ya sea formal, estético, de confort térmico, luminoso o acústico, así como de resistencia mecánica.

Su clasificación se puede realizar en función de distintos criterios que, para el estudio que se pretende realizar, se podrían resumir en:

- Según proceso de fabricación o transformación
- Según composición
- Según prestaciones

AN.3.1. Clasificación de los vidrios según su proceso de fabricación

En la actualidad existen multitud de fabricantes de vidrio que, a la vez, producen una gran variedad de tipos de vidrios distintos, confiriéndoles unas características u otras en función del uso o de las prestaciones que deban satisfacer.

Aunque el resultado final de los procesos de fabricación es la obtención de un gran abanico de vidrios de características distintas, prácticamente la totalidad del vidrio utilizado en la arquitectura se obtiene por procesos de flotado (Fig. AN.01).

Vidrio Flotado

El vidrio flotado (float) representa el elemento base utilizado en prácticamente todos los procesos de transformación sucesivos.

El vidrio flotado, con base de silicato sodocálcico, se fabrica habitualmente en groesos de 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 19 y 25 mm y con unos tamaños máximos de 600x325 cm. Éste puede ser incoloro, claro o coloreado, siendo los colores habituales el verde, gris, bronce y azul (Fig. AN.02).

Espesores estándar de producción de vidrios flotados tipo Planibel, de AGC:

	3	4	5	6	8	10	12	15	19	25
Incoloro	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Línea Azzurra					✓	✓	✓	✓	✓	✓
Clearvision	✓	✓	✓	✓	✓*	✓*	✓*			

* Bajo pedido.

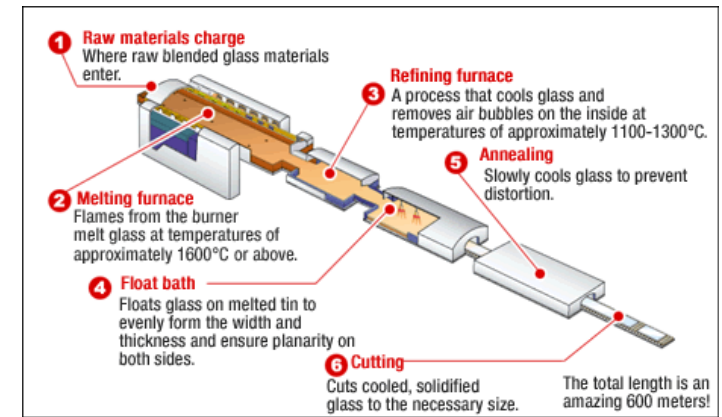


Fig. AN.01 Diagrama de línea de producción de vidrio flotado en la actualidad

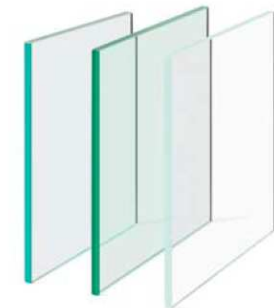


Fig. AN.02 Muestras de vidrio flotado. En la imagen, muestra de vidrios Planibel, de la serie Clearvision (claro), Incoloro y LíneaAzzurra (azulado), del fabricante AsahiGlassCompany (AGC).

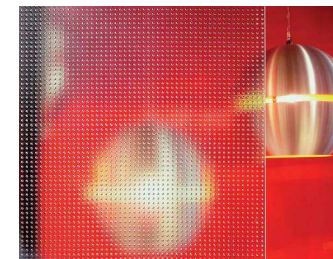


Fig. AN.03 Detalle de vidrio impreso Modelo Shine de la serie de vidrios impresos Masterglass, de Saint Gobain. El motivo impreso se puede aplicar a un vidrio templado o laminado. La Transmisión luminosa varía entre un 80% y un 90% en función del gravado.

Vidrio impreso

La obtención del vidrio impreso se asemeja en gran medida a la del vidrio flotado, con la peculiaridad que en la fase de flotación en el baño de estaño ésta se substituye por un proceso de conformación entre dos rodillos que le imprimen los motivos deseados, para luego pasar a una zona de enfriamiento controlada. El vidrio impreso tiene una cara rugosa (gravado) y otra totalmente plana. En el caso de su aplicación en vidrios laminados, éstos se juntan mediante la disposición de la lámina intermedia en la cara plana (Fig. AN.03).

Vidrio armado

El vidrio armado sigue el mismo proceso de fabricación que el vidrio impreso, pero antes del calandrado, es decir, antes de que la lámina pase entre los rodillos, se introduce una lámina metálica, con el objetivo que en caso de rotura del vidrio los fragmentos queden pegados a la malla y no se desprendan (Fig. AN.04).

Vidrio con capa

El vidrio con capa es un vidrio transformado a partir de un vidrio base (float, impreso o armado) al que se le ha aplicado una o más capas de materias inorgánicas que modifican sus propiedades físicas (factor solar, emisividad, color, transmisión luminosa, reflexión, etc.)

Éstos se pueden clasificar según 3 criterios:

- Método de fabricación de la capa
 - Piroclítica
 - Magnetrónica
- Posición de la cara con capa al instalarse la unidad aislante
- Aplicación a la que se destina el vidrio

El vidrio con capa magnetrónica se obtiene a partir de un vidrio flotado al que posteriormente se les depositan metales u óxidos metálicos al vacío mediante un proceso magnetrónico. A fin de conseguir vidrios con capas de altas prestaciones, se utilizan varias zonas de depósito (Fig. AN.05).

El vidrio con capa pirolítica se obtiene a partir de la misma cadena de producción del vidrio flotado, ya que al salir del baño de estaño, cuando el vidrio ha alcanzado una temperatura de unos 600°C, se le aplican capas de óxidos metálicos, de manera que adquiere niveles elevados de resistencia mecánica y química, así como un elevado nivel de control solar.

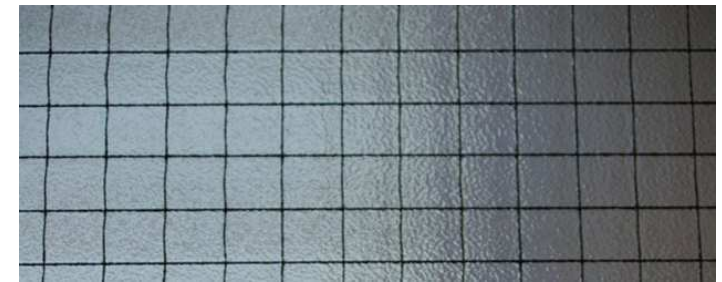


Fig. AN.04 Detalle de vidrio armado

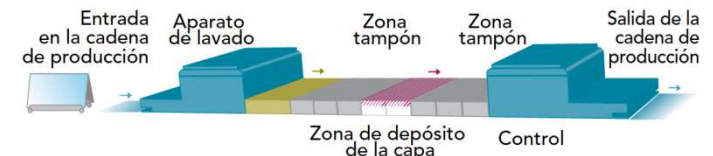


Fig. AN.05 Esquema de fabricación del vidrio con capas magnetrónicas



Fig. AN.06 catalogo de colores de vidrios lacados, tipo Lacobel del fabricante AsahiGlassCompany (AGC).

Vidrio espejo

Se trata de un vidrio obtenido mediante el proceso de plateado, al que se le aplica una capa reflectante que, a su vez, está protegida por una capa de laca.

Vidrio lacado

Se trata de un vidrio mateado al ácido, total o parcialmente, de manera que la superficie del vidrio adquiere un aspecto translúcido y mate (Fig. AN.06).

Vidrio satinado

El satinado de un vidrio se obtiene mediante la aplicación de un chorro de arena abrasiva a alta presión, desgastando la superficie y con la posibilidad de crear motivos o distintos tipos de relieve (Fig. AN.07).

Vidrio laminado

El vidrio laminado es posiblemente uno de los vidrios transformados más utilizados por sus características mecánicas.

Se fabrica mediante la adición de 2 o más hojas de vidrio ensambladas con una lámina de unión entre ellas. Esta lámina de unión puede estar compuesta por uno o más films de material plástico, resina, silicato o gel, siendo el más común el film de butiral (PVB).

Su fabricación se basa en las siguientes fases:

- Aplicación del film sobre la primera hoja de vidrio y posterior aplicación de la segunda hoja de vidrio sobre la lámina de unión.
- Calandrado del vidrio con rodillos a alta temperatura a fin de expulsar las burbujas de aire y asegurar el encolado preliminar del vidrio al butiral.
- Colocación del vidrio laminado sobre caballetes especiales en un autoclave, a presión y temperatura elevadas, para conseguir la adhesión y transparencia deseadas.

Gracias a la lámina de unión entre las hojas de vidrio, en caso de rotura los fragmentos quedan pegados a ésta, evitando su desprendimiento y, por consiguiente, disminuyendo el riesgo de lesiones.



Fig. AN.07 Aplicación arquitectónica de vidrio satinado, tipo DecoFlour Mirror de OmniDecor.

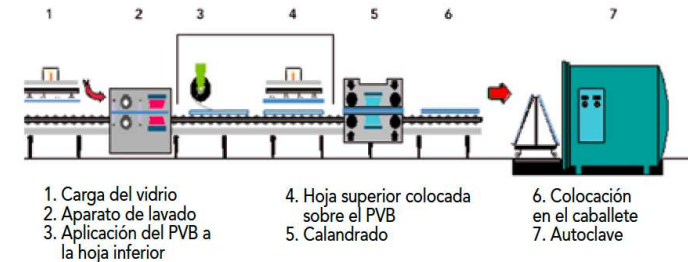


Fig. AN.08 Proceso de fabricación del vidrio laminado (calandrado).

Vidrio templado

La base del proceso de templado del vidrio se conocía ya desde finales del siglo XIX. Actualmente éste se consigue mediante el tratamiento térmico del vidrio, calentándolo a 600°C y luego enfriándolo rápidamente con chorros de aire (Fig. AN.09).

Este proceso consigue que en la superficie del vidrio se cree un estado de compresión que aumenta la resistencia a las cargas mecánicas y térmicas.

En caso de rotura, éste se rompe en pequeños fragmentos que evitan el riesgo de lesiones por corte. Este aspecto permite considerar al vidrio templado como un vidrio de seguridad (Fig. AN.10).

Vidrio templado químicamente

Se obtiene a partir de un vidrio flotado que se refuerza químicamente mediante un intercambio iónico que aumenta la resistencia a las tensiones mecánicas y térmicas.

Los iones de menor tamaño situados en la superficie y bordes del vidrio son reemplazados por iones de mayor tamaño, generando compresiones en la superficie y los bordes.

Vidrio endurecido

El proceso de endurecido se asemeja al de templado, ya que el vidrio también es calentado a 600°C para posteriormente ser enfriado con chorros de aire, pero en este caso el proceso de enfriamiento es más lento.

Con este proceso se consiguen vidrios más resistentes mecánica y térmicamente que los flotados, pero no se le confiere la propiedad de romperse en fragmentos pequeños, como en el caso del templado, por lo que no pueden considerarse vidrios de seguridad.

Vidrio esmaltado

Se trata de un vidrio cuya principal función es decorativa, ya que pierde su calidad de transparencia. Se obtiene mediante un proceso en el que, durante la fase de templado o endurecimiento, se reviste en su totalidad de una capa de esmalte vítreo.

Por su característica de opacidad, éste se emplea a menudo como revestimiento de superficies ciegas, como antepechos, cantos de forjado, etc. (Fig. AN.11).

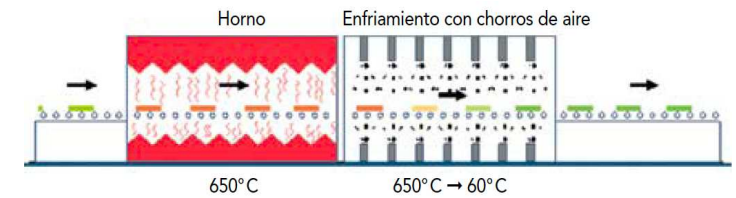


Fig. AN.09 Proceso de templado del vidrio



Fig. AN.10 Imagen de la rotura de un vidrio templado en multitud de pequeños fragmentos

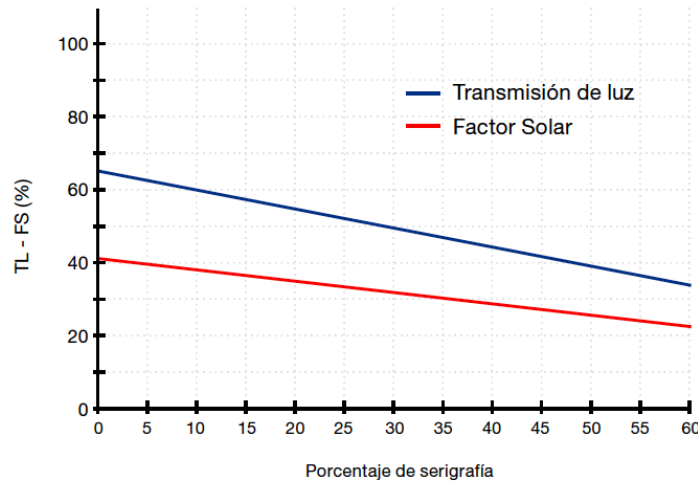


Fig. AN.11 Revestimiento de fachada con vidrio templado esmaltado

Vidrio serigrafiado

El vidrio serigrafiado se obtiene por un proceso muy similar al del vidrio esmaltado, pero en este caso el esmalte se aplica sobre una de las caras del vidrio mediante una matriz, para posteriormente someterse a un proceso de vitrificación durante el templado o endurecimiento (Fig. AN.12).

A parte de las características estéticas que le brinda la serigrafía, ésta es utilizada a menudo como un mecanismo de control luminoso y solar que, en función del porcentaje de superficie serigrafiada dejará pasar más o menos luz y, por lo tanto, energía.



La grafica muestra la variación de Transmisión Luminosa y del Factor Solar de un vidrio aislante de la casa comercial Ariño Douglass, tipo ARIPLAK DAG66, compuesto por un vidrio serigrafiado DuglassDesign de 6 mm, cámara de aire y vidrio incoloro de 6 mm.

Como es lógico, a mayor porcentaje de superficie serigrafiada, menor superficie transparente y, por lo tanto, menor Transmisión Luminosa a través del cristal que, a su vez repercute en un menor Factor Solar.

La serigrafía queda aplicada en el vidrio de forma permanente e invariable (excepto por envejecimiento o accidentes) por lo que el término de “control solar” que comercialmente se usa para definir sus cualidades, debería en realidad rebajar sus pretensiones y usar el término de “protección solar”, ya que el usuario, sea individual o colectivamente, no puede ejercer un control de la radiación que llega al interior mediante la modificación o variación de la serigrafía.



Fig. AN.12. Torre Diagonal ZeroZero, de EMBA. Se utiliza vidrio DouglassDesignextraclaro de 8 mm, Ariplak AN62 con serigrafía blanca y stralamiextraclaro 6 mm.

Vidrio curvado

Su obtención se basa en colocar el vidrio sobre un molde curvo para posteriormente calentarlo a temperatura elevada para que éste, por gravedad, se ajuste a la geometría del molde. Una vez ha adquirido la forma deseada, éste se puede enfriar lentamente mediante el proceso de recocido, o bien, aplicar un rápido enfriamiento, de manera que se obtenga un vidrio curvado templado.

Los vidrios que pueden ser curvados son, el vidrio flotado, extraclaro, el tintado en masa, así como los serigrafiados y matizados. También pueden curvarse los vidrios con capa, tales como los de control solar, bajo emisivos o selectivos.

Una vez curvados, estos vidrios pueden usarse para conformar vidrios laminados o vidrios cámara, tal y como si de vidrios planos se tratara, pero con la peculiaridad que para el ensamblaje de los vidrios cámara deberán utilizarse espaciadores con el mismo radio de curvatura que los vidrios a unir (Fig. AN.13).

El radio de curvatura que se puede dar a un vidrio está determinado por el espesor del propio vidrio, de manera que, a mayor grueso mayor radio de curvatura (Fig. AN.14).

Vidrio cámara

El vidrio cámara se compone de varias hojas de vidrio (normalmente 2 o 3 hojas) separadas por una cámara que puede estar llena de aire desecado y/o gas aislante, y unidas entre si por un perfil espaciador. En España se conoce comúnmente como “vidrio climalit”, adoptando el nombre comercial registrado de la casa Saint-Gobain para referirse al vidrio con cámara genérico.

La finalidad de este tipo de acristalamientos es la de dotar al elemento vidriado de mayores propiedades de aislamiento térmico, gracias al intercalado de la cámara.

Diferentes combinaciones de hojas de vidrios, cámaras y capas adicionales permiten múltiples posibilidades de acristalamientos de muy variadas características.

En general, el acristalamiento aislante más utilizado es el doble (Fig. AN.15), es decir, el compuesto por 2 hojas (simples o laminares) con una cámara interior. Pero en climas más extremos es frecuente el uso de acristalamientos triples, es decir, vidrio-cámara-vidrio-cámara-vidrio, pudiendo ser estos vidrios simples o laminares.

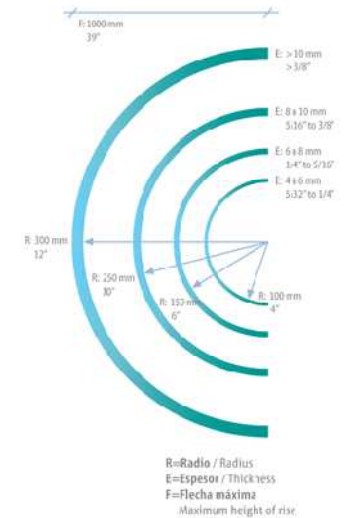


Fig. AN.13. ADIAHq Building en Abu Dhabi, de KPF Architects. En las fachadas se ha utilizado vidrio curvado tipo Critemp de Cricursa.

F. AN.14. Esquema de radio de curvatura en función del espesor del vidrio. (vidrios curvados recocidos)

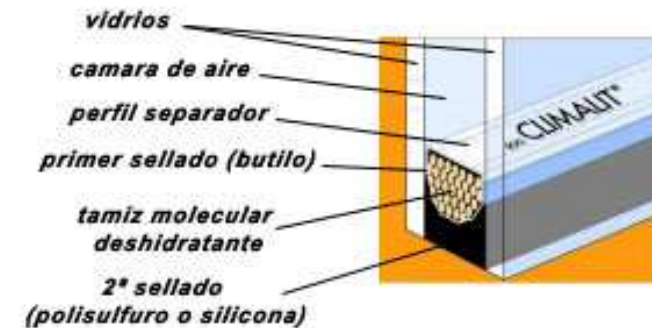


Fig. AN.15. Esquema-sección tipo de un vidrio aislante, tipo “Climalit”.

AN.3.2. Clasificación de los vidrios según su composición

La enorme multitud de variable que intervienen en la composición de un vidrio hace que las opciones resultantes sean realmente amplias.

Partiendo de la división inicial de los vidrios en tres familias básicas; Vidrios Simples o Monolíticos, Vidrios Compuestos y Vidrios Cámara o Aislantes, el siguiente esquema (*Fig. AN.16*) muestra la variabilidad combinatoria en función de los distintos factores más habituales que intervienen en la composición, y considerando que cada uno de ellos puede intervenir en la definición de varias capas de un mismo vidrio.

Existen otras variables que también pueden intervenir en la definición de un acristalamiento, como por ejemplo, la ubicación de la capa técnica, el tipo de perfil separador, tratamientos específicos del vidrio (satinado, esmaltado, serigrafiado, armado, etc.). A fin de simplificar el esquema y dar una idea clara de la multitud de combinaciones posibles, estas variables “secundarias” no se han tenido en cuenta.

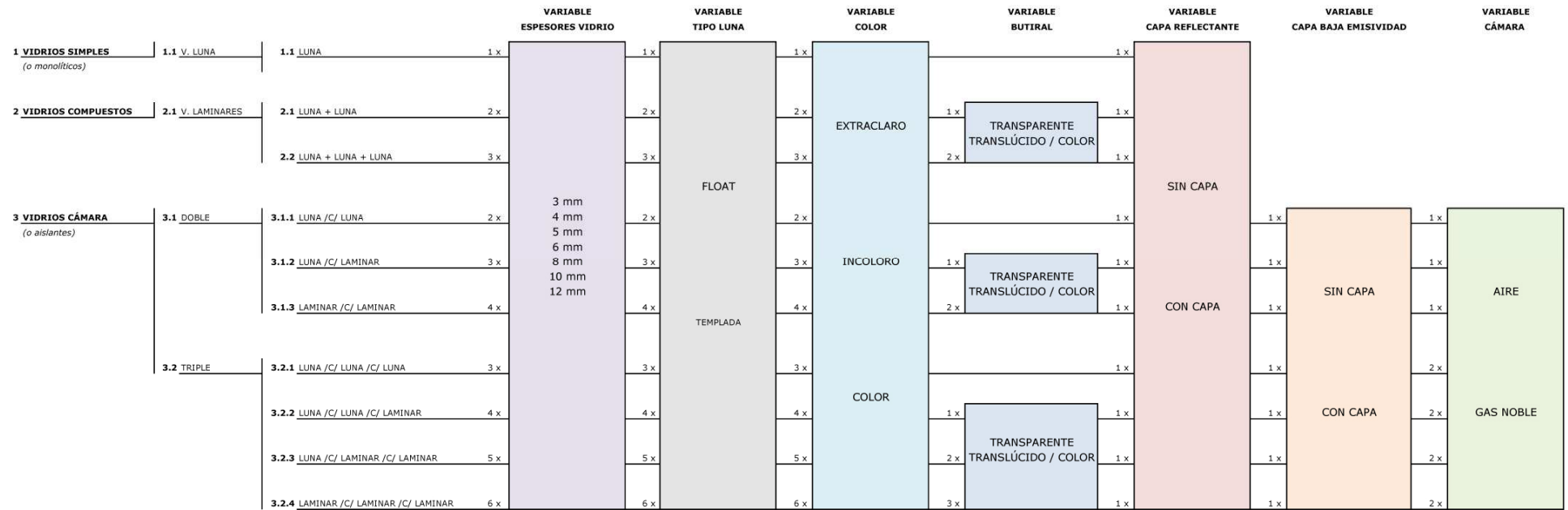
Aunque técnicamente son factibles, algunas de las subfamilias del esquema son comercialmente poco o nada utilizadas, como es el caso de los vidrios laminares triples (v+v+v), que son muy poco usuales y su utilización queda relegada a situaciones muy específicas donde se requiere unas prestaciones de seguridad frente al riesgo de rotura o impacto muy concretas.

Los vidrios cámara, o aislantes, triples son muy poco utilizados en nuestro país, puesto que en general (y exceptuando zonas muy concretas de alta montaña) las prestaciones de aislamiento que ofrecen no compensan los costes de producción e instalación que llevan asociados. Así mismo, en las pocas situaciones en que estos se utilizan, acostumbran a limitarse a los de tipo “Luna/c/Luna/c/Luna”, es decir, al uso de vidrios monolíticos en sus tres láminas, dejando de lado el uso de vidrios laminados.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el análisis que se realizará en este estudio se centrará en las siguientes subfamilias y en sus múltiples variables:

- Vidrios Simples -> V. Luna
- Vidrios Compuestos -> V. Laminados -> Luna + Luna
- Vidrios Cámara
 - Dobles -> Luna/c/Luna
 - Dobles -> Luna/c/Laminar
 - Dobles -> Laminar/c/Laminar
 - Triples -> Luna/c/Luna/c/Luna

Fig. AN.16 – Esquema clasificación de los vidrios según su composición:



AN.3.3. Clasificación de los vidrios según sus prestaciones

Hemos visto las posibilidades de clasificación en función su proceso de fabricación y de su composición, pero a nivel comercial, resulta mucho más útil, sobretodo cara al usuario, poder clasificar los distintos tipos de vidrios en función de las prestaciones que éstos aportan, puesto que en definitiva, estas prestaciones serán la respuesta a unos requerimientos iniciales.

Vidrios aislantes:

Se trata de composiciones de vidrio diseñadas para conseguir un valor de Transmitancia térmica (U) bajo, que se corresponde con un nivel de aislamiento alto, de forma que se eviten, en la medida de lo posible, las pérdidas energéticas a través del cristal, del interior del edificio hacia el exterior.

Tal como hemos visto en la definición del vidrio cámara, en el punto 5.2.1, estos acristalamientos están compuestos, comúnmente, por dos láminas de vidrio, monolíticas o laminares, separadas entre sí mediante una cámara de aire desecado (o gas noble). Puesto que el aire tiene una conductividad térmica mucho menor que la del vidrio ($0,025 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ frente a $1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$), la disposición de la cámara disminuye en gran medida el valor U, pasando de una Transmitancia térmica de $6 - 5,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ en vidrios monolíticos o laminares a un valor alrededor de $3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, en función del espesor de la cámara.

La eficacia de este tipo de acristalamientos viene dada por el espesor de la cámara de aire. Espesores demasiado pequeños llevan a una pérdida de energía por conducción, ya que en estos casos la superficie interior de una de las láminas de vidrio roba energía a la otra lámina. En cambio, si la distancia entre láminas de vidrio es demasiado grande, las pérdidas energéticas se originan por convección, ya que el aire empieza a circular a causa de las diferencias de temperatura, transfiriendo la energía entre las láminas de vidrio. En general, la máxima eficacia de aislamiento se consigue en espesores de cámara de 12 a 16 mm.

El uso de gases nobles como relleno de la cámara mejora el nivel de aislamiento del acristalamiento, puesto que gases como el Argón, Kriptón o Xenón tienen una conductividad térmica más baja que el aire y son de naturaleza más viscosa, lo que reduce en gran medida las convecciones en el interior de la cámara.

A más eficacia de un gas, menor resulta el espesor óptimo de la cámara para su uso. Así, el Argón, por ejemplo, requerirá de cámaras intermedias de menor espesor que en el caso del aire para llegar a su punto óptimo de aislamiento.

Dentro de la familia de los vidrios aislantes, encontramos un subgrupo formado por los vidrios de baja emisividad, que significan un paso más en la reducción de la Transmitancia térmica.

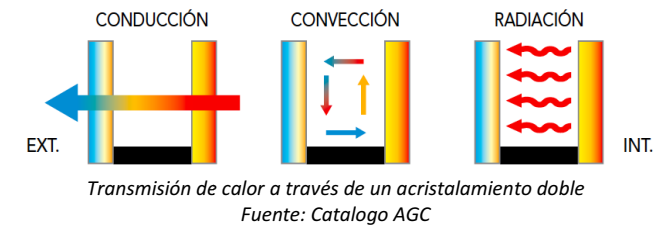


Imagen promocional de un vidrio aislante, tipo Climalit Plus de la casa Saint Gobain Glass, donde se hace hincapié en el ahorro económico (consecuencia del ahorro energético) que supone la instalación de un acristalamiento aislante.
Fuente: Catalogo Saint Gobain Glass

Vidrios de baja emisividad:

Aunque es posible la producción de vidrios bajo emisivos monolíticos o laminares, su utilización comercial se desarrolla básicamente en los vidrios cámara, donde la combinación del efecto de la capa bajo emisiva con la cámara cobra mayor sentido.

Las superficies y objetos ubicados en el interior de un edificio, cuando reciben radiación solar se calientan, emitiendo radiaciones de gran longitud de onda, a la que los vidrios son opacos, es decir, absorbentes.

La absorción de la energía por parte del vidrio se traduce en un calentamiento, con parte de energía reemitida al exterior y parte al interior, pero la mayor parte de ella al medio más frío, al exterior en invierno y al interior en verano.

Mediante la aplicación de una capa bajo emisiva en una de las láminas de vidrio del acristalamiento se consigue disminuir la pérdida de calor al exterior.

La posición de esta capa bajo emisiva dentro de la composición del acristalamiento determinará su mayor o menor eficacia.

Vidrios de control solar

Los vidrios de control solar tienen como objetivo la reducción de la cantidad de energía procedente de los rayos solares que penetra al interior del edificio a través del cristal, es decir, están diseñados para conseguir un valor de Factor Solar (FS) bajo, de manera que gran parte de la energía incidente sobre el cristal sea reflejada hacia el exterior, evitando un sobrecalentamiento del interior.

Estos tipos de acristalamientos se consiguen mediante la disposición por pulverización catódica al vacío de una capa de óxidos metálicos. Esta capa confiere propiedades reflectantes al vidrio sobre el que se deposita. Su uso puede ser tanto en la cara exterior como en la interior de la lámina de vidrio, aunque esta diferencia de disposición hará variar ligeramente sus prestaciones, tanto de rendimiento como estéticas.

Su uso es habitual tanto en vidrios monolíticos y laminares, como en vidrios cámara.

Hay que tener en cuenta que este tipo de capas, a diferencia de las capas bajo emisivas, variarán significativamente el aspecto original del vidrio y conllevarán una modificación de sus prestaciones luminosas, determinando en gran medida el valor de Transmisión Lumínica (TL) del acristalamiento.

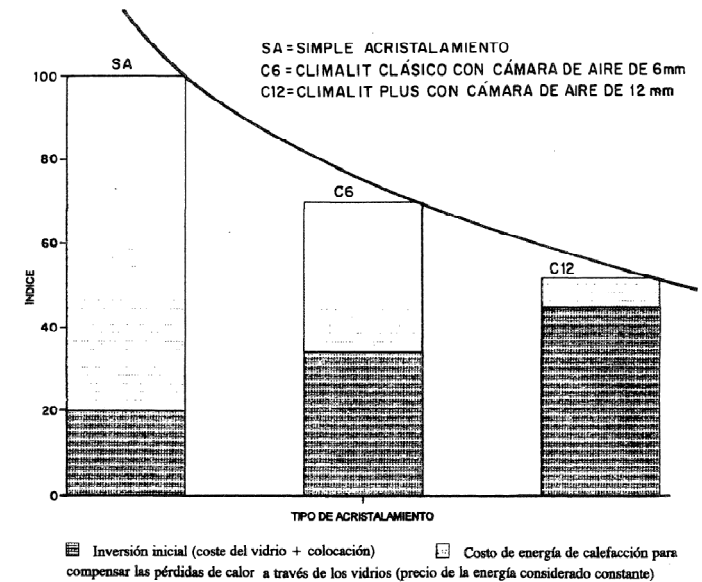


Fig. AN.17. Balance financiero de la comparativa de 3 clases de vidrios aislantes, para diez años. Fuente: Los vidrios de baja emisividad (M. Olivares Santiago). Materiales de construcción Vol. 44

Vidrios de aislamiento acústico

Se trata de acristalamientos que persiguen dotar al interior del edificio de un buen confort acústico, lo que se traduce en un alto aislamiento al ruido aéreo procedente del exterior.

Generalmente los vidrios de aislamiento acústico están compuestos, en su totalidad o en alguna de sus partes, por vidrios laminares asimétricos con lámina de PVB acústica.

Los vidrios monolíticos ofrecen un cierto aislamiento acústico, mejor en el caso de las frecuencias altas. Aumentar el espesor del vidrio mejora sensiblemente su aislamiento acústico, aunque presenta el inconveniente que de esta forma se debilita el aislamiento a sonido graves.

Los vidrios que intercalan capas de distintos materiales y espesores ofrecen un mayor aislamiento acústico. Si comparamos los niveles de aislamiento de un vidrio monolítico sencillo (de 29dB a 37dB) con un vidrio compuesto por doble acristalamiento con PVB laminado acústico (de 40dB a 51dB), vemos que la diferencia en el nivel de prestaciones es muy significativa.

El hecho de utilizar vidrios de espesores distintos (composición asimétrica) hace que cuando el conjunto del acristalamiento llega a la frecuencia crítica, cada uno de los vidrios es capaz de compensar los puntos débiles del otro.

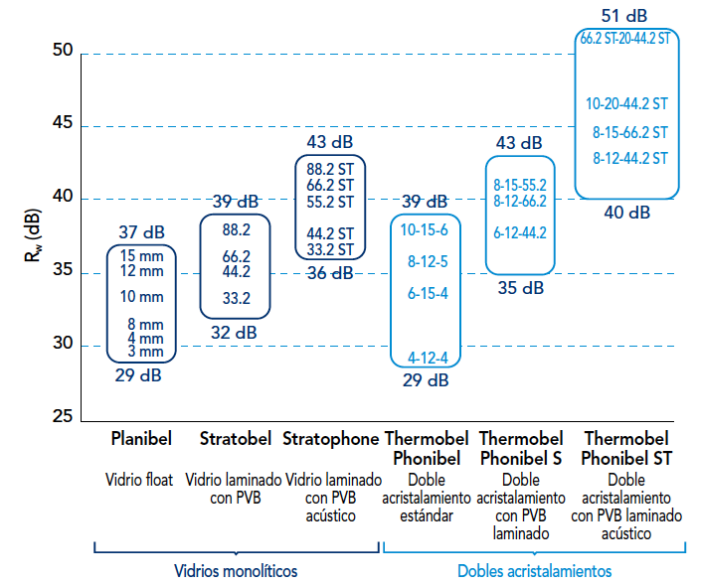
Por lo tanto, usualmente, los vidrios de aislamiento acústico son aquellos compuestos por un vidrio cámara con como mínimo una de sus láminas compuesta por un vidrio laminar asimétrico con PVB acústico.

Vidrios de seguridad

Como hemos visto en el punto AN.3.1 en relación a la clasificación de los vidrios según su proceso de fabricación, existen diversos tipos de vidrios que ofrecen una respuesta controlada frente a una rotura o impacto.

Los requerimientos que se exigen a este tipo de vidrios son variados:

- Protección al usuario frente al riesgo de lesiones por fragmentos de vidrio cortantes y frente a la caída al vacío.
- Protección de los bienes y seguridad antirrobo frente a actos vandálicos.
- Protección contra las armas de fuego (antibala)
- Protección contra explosiones



Comparativa de características acústicas de distintos tipos de vidrios
Fuente: Catalogo AGC

Los vidrios de seguridad están compuestos por vidrios laminados o vidrios templados, ya sea como elemento simple o como combinación de ambos (vidrios laminados compuestos por láminas templadas).

Los vidrios armados no se consideran vidrios de seguridad, puesto que aunque la malla que llevan en su interior tiene como finalidad la retención de los fragmentos de vidrio en caso de rotura, éstos, frente a un impacto pueden desprenderse fácilmente.

Los vidrios templados y laminados serán considerados de seguridad en función de su aplicación y de la respuesta que tengan frente al ensayo pendular (ver punto 6.1.1).

Otro mecanismo para retener los fragmentos de vidrio fruto de una rotura es la disposición de una película autoadhesiva en la superficie del vidrio, aunque habitualmente estas películas son opacas y únicamente se utilizan en vidrios tipo espejo o laqueados opacos.

Mediante las diferentes posibles combinaciones de vidrios y láminas de PVB se obtienen vidrios con capacidad para resistir un grado de “ataque”, pudiendo diferenciarse entre:

- Ataque manual
- Resistencia a las balas
- Resistencia a las explosiones

Será el nivel de exigencia de seguridad establecido por el usuario el que determinará la composición final del vidrio necesaria.

Vidrios de protección contra el fuego

Se trata de vidrios que tienen como objetivo evitar el paso del fuego a través de ellos durante un tiempo determinado.

Se clasifican según tres clases de reacciones:

- E** Indica resistencia al fuego. Periodo en el que las llamas no consiguen traspasar el cerramiento.
- W** Indica limitación de la radiación. Periodo durante el que la radiación no sobrepasa un nivel determinado al otro lado del cerramiento.
- I** Indica aislamiento. Periodo en el que la temperatura no sobrepasa un determinado nivel al otro lado del cerramiento.

	Nivel de protección	Número de películas de PVB	Ejemplos de aplicaciones
Protección contra los actos de vandalismo	Protección contra actos de vandalismo casuales	P1A P2A P3A	Viviendas en la planta baja, escaparates de tiendas con riesgo limitado o que contienen objetos de gran tamaño
Protección contra robos	Protección básica contra las intrusiones	P4A P5A	Viviendas aisladas, escaparates de tiendas con riesgo limitado o que contienen objetos de gran tamaño
	Elevado nivel de protección	P6B P8B	Escaparates de tiendas con riesgo elevado o que contienen objetos de pequeño tamaño
	Máximo nivel de protección contra cualquier ataque con herramientas de filo cortante		Escaparates de tiendas con riesgo muy elevado o que contienen objetos de gran valor

Clasificación de vidrios de seguridad según norma EN 356.

Muestra el número de películas de PVB a disponer en función del nivel de protección exigido. Fuente: Catalogo AGC

En general, los vidrios monolíticos tipo float (recocido), los vidrios laminados y los vidrios cámara estándares no ofrecen resistencia al fuego, ya que no resisten el choque térmico que produce el fuego y rompen.

Los vidrios que presentan una cierta resistencia, en mayor o menor medida, al fuego son:

Vidrios armados:

Aunque el vidrio no ofrece una gran resistencia al fuego, al romperse, gracias a la presencia de la malla metálica interior, este permanece pegado.

Vidrios templados:

Mediante el proceso de templado se consigue que el vidrio tenga una resistencia a las tensiones de tracción elevadas, con lo que se mejora considerablemente su comportamiento frente al choque térmico producido por el fuego.

Vidrios templados con capa:

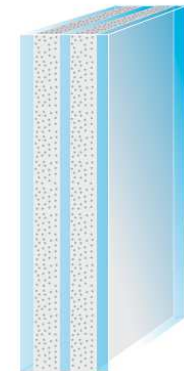
La incorporación de una capa técnica al vidrio templado mejora su resistencia al paso de radiaciones a través de él.

Vidrios laminados con capa intumescente:

Se trata de vidrios laminados que incorporan en su interior una capa sólida que en caso de temperaturas muy elevadas, se dilata y se transforma en espuma opaca, que reduce la transferencia térmica y absorbe gran parte de la radiación.



Conjunto Pyrobel con capas intercalares transparentes intumescentes



Conjunto Pyrobel - Reacción al fuego: las capas intercalares se expanden y proporcionan una barrera ignífuga

Fuente: Catalogo AGC

