



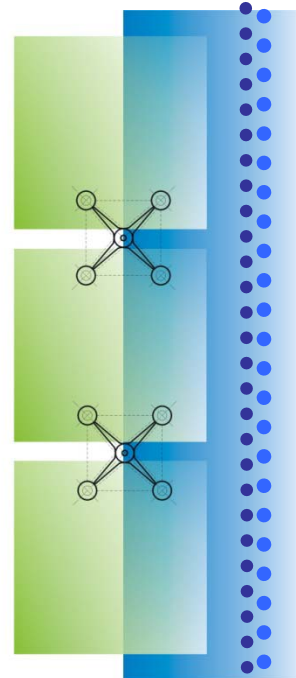
**INTERACCIÓN DE SISTEMAS PASIVOS Y ACTIVOS EN EL
DISEÑO TRANSLÚCIDO DE FACHADAS DE EDIFICIOS**

Caso de Estudio Santa Fe, Ciudad de México.

MARÍA EUGENIA LÓPEZ GARCÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

CAMPO DE CONOCIMIENTO EN TECNOLOGÍA



Ciudad Universitaria
México, D.F.
MMIX



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**INTERACCIÓN DE SISTEMAS PASIVOS Y ACTIVOS EN EL
DISEÑO TRANSLÚCIDO DE FACHADAS DE EDIFICIOS**

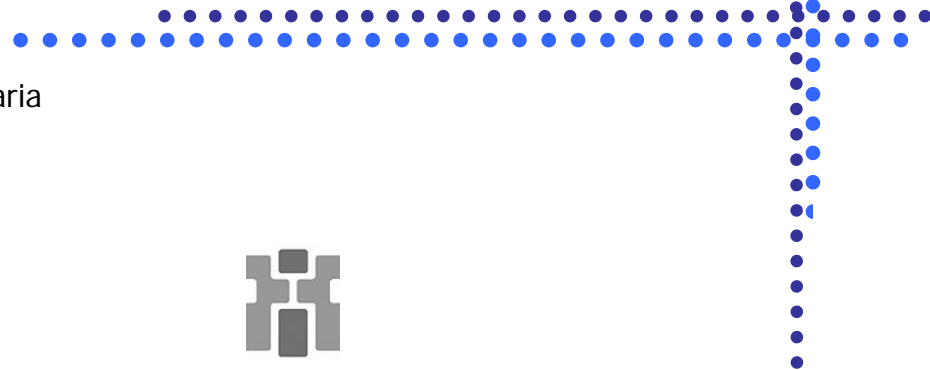
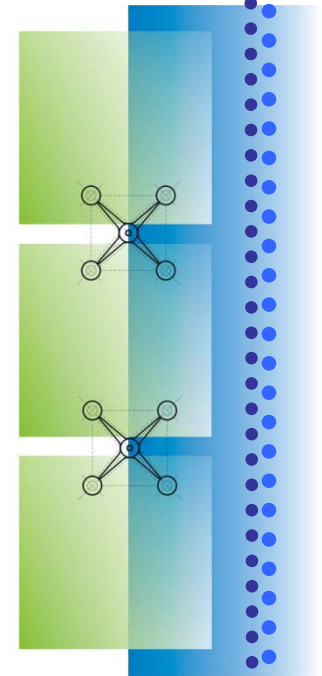
Caso de Estudio Santa Fe, Ciudad de México.

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN ARQUITECTURA
PRESENTA:

MARÍA EUGENIA LÓPEZ GARCÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

Ciudad Universitaria
México, D.F.
MMIX



JURADO

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Álvaro Sánchez González

SINODALES:

Dra. Gemma Verduzco Chirino
M. en Arq. Francisco Reyna Gómez
Dr. Aarón Sánchez Juárez
M. en Arq. Ernesto Ocampo Ruíz

AGRADECIMIENTOS:

“A mi espíritu por moverse”

A la UNAM por el acoso y los recursos proporcionados en la maestría – Dr. Álvaro Sánchez González – Dra. Gemma Verduzco Chirino
– M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos – Dr. Aarón Sánchez Juárez

Gracias a las empresas que me apoyaron en la documentación de esta investigación – VITRO – SAINT – GOBAIN – Arq. Francisco
Barrera

De igual modo agradezco a los arquitectos e ingenieros encargados de la administración de los edificios en Santa Fe, que me
apoyaron en la realización de esta investigación

A mi familia: mi mamá por su gran ejemplo de vida y a mis hermanas y mi abuelita.

A mis grandes amigos: Manuel – Juan Ramón

A mis nuevos amigos: Jaz – Liz – Ixtchel - Arturo

INDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| ANTECEDENTES | 5 |
| CAPITULO I. | |
| 1.0 CONCEPTOS BÁSICOS | 8 |
| 1.1. Evolución del vidrio en la Arquitectura. | |
| 1.2. Concepto de vidrio. | |
| 1.3. Propiedades de los vidrios. | |
| CAPITULO II. | |
| 2.0 CLASIFICACIÓN DE LOS VIDRIOS | 20 |
| 2.1. Vidrios Primarios. | |
| 2.2. Vidrios Secundarios. | |
| 2.3. Clasificación Propuesta. | |
| 2.4. Por su composición. | |
| 2.5. Aditivos para los vidrios | |
| CAPITULO III. | |
| 3.0 PROCESOS DE FABRICACIÓN | 35 |
| CAPITULO IV. | |
| 4.1 MÓDULOS DE VIDRIO AISLANTE | 43 |
| CAPITULO V. | |
| 5.0 DEFORMACIONES | 50 |
| 5.1 Variaciones de temperatura. | |
| 5.2 Presión barométrica. | |
| 5.3 Condensación Exterior. | |
| CAPITULO VI. | |
| 6.0. SISTEMAS DE ANCLAJE, SUJECIÓN Y SELLADO DEL VIDRIO EN FACHADAS | 54 |



- 6.1. Mini arañas.
- 6.2. Sistema de soporte puntual o Sistema de arañas.
- 6.3. Anclajes Articulados.
- 6.4. Tornillos rótulas.
- 6.5. Sistema de Sujeción de Placas.
- 6.6. Sistema de sujeción Libre con Tensores.
- 6.7. Sistema de sujeción Libre a Estructura.

CAPITULO VII.

7.0. COMPARATIVAS 57

7.1. Análisis comparativo de los diferentes productos de empresas proveedoras del vidrio en la ciudad de México.

CAPITULO VIII.

8.0 SISTEMAS PASIVOS SOLARES 66

8.1. Concepto de Sistema Pasivo Solar.

8.2. Aplicación de los sistemas pasivos solares en Edificios.

CAPITULO XIX.

9.0. ZONA DE ESTUDIO 74

9.1. Zona de Estudio.

9.2. Análisis del Clima de la Zona de Estudio.

9.3. Casos de Estudio.

9.4. Criterios de selección de casos de estudio

CAPITULO X.

10.0. APLICACIÓN 100

CONCLUSIONES 104

GLOSARIO 108

APÉNDICES 112

FUENTES DE INFORMACIÓN 115

INTRODUCCIÓN.

Es importante conocer el panorama histórico del vidrio aplicado a la arquitectura, reconociendo su avance tecnológico de los distintos procesos químicos a los que ha sido sometido este material para favorecer sus propiedades tanto ópticas como térmicas, aportando una gran gama de presentaciones en favor del ahorro energético de los edificios.

Este desarrollo tecnológico del vidrio utilizado en las fachadas translúcidas de los edificios, se visualiza en el ámbito de los revestimientos y de las capas para resolver tanto las exigencias técnicas de transmisión de luz, como de aislamiento térmico, acústico y de seguridad, por lo cual es de gran importancia conocer su clasificación por proceso de fabricación, visibilidad, coloración, durabilidad; entre otros.

Teniendo presente que existen otras aplicaciones tecnológicas no desarrolladas al cien por ciento en nuestro país como el vidrio inteligente, el fotovoltaico, holográfico, dicróico, entre otros, resultando de gran importancia estudiarlos, abriéndose un parte - aguas para futuros estudios.

En esta investigación se enfatiza a los módulos de vidrio, como los vidrios laminados, dobles vidrios, o más de dos láminas de vidrio, que están conformados por cámaras de aire u otro tipo de gas aislante en favor de la reducción de la cantidad de incidencia solar en las fachadas translúcidas de los edificios.

Es de gran importancia tener en cuenta las deformaciones de este tipo de material, ya que presenta diferentes comportamientos en el momento de estar colocado en las fachadas, por tal motivo se tratan los diversos sistemas de sellado del vidrio de anclaje y sujeción en fachadas.

Al considerar los módulos de vidrio aislante en esta investigación, se realizan una serie de tablas comparativas de los diferentes productos de las empresas dedicadas a la tecnología del vidrio, las que se han abocado al desarrollo de nuevas presentaciones de vidrio dónde solucionan en mayor parte la problemática que éste presenta al realizar una fachada translúcida o transparente integral de un edificio.

Diseñar la envolvente de un edificio como las fachadas translúcidas y transparentes, hay que hacerlo de manera estratégica, ya que es el reflejo de nuestro confort en el interior, además porque en ella influyen varios fenómenos climáticos como la energía solar, el viento, la humedad, entre otros factores; por lo cual será propicio recurrir a los diferentes sistemas pasivos solares para reducir la cantidad de energía que consume un edificio, debido al gasto de energía eléctrica por concepto de aire acondicionado para conseguir temperaturas de confort interior óptima, además del uso extensivo de lámparas por la falta de iluminación natural en los espacios de oficinas.

Esta investigación resalta la importancia de esta tecnología del vidrio, la cual es aplicada y aprovechada en los diferentes edificios corporativos ubicados en la zona de desarrollo al poniente de la ciudad de México, conocida como Santa Fe, donde se encuentran varios casos de estudio conformados por edificios con fachadas recubiertas de módulos de vidrios, con propiedades de aislamiento térmico y de baja emisividad.

En el momento que se analizaron las fachadas de estos edificios se consideraron diversos factores como el clima de la zona de estudio, la orientación, sus dimensiones (altura y área total), el número y tipo de fachadas, los elementos de protección a la envolvente, el espesor y tipo de módulos de vidrio aislante; así como los tipos de sistemas pasivos y activos que intervienen en inmuebles de este tipo.

Además se realizó un estudio comparativo de la extensiva gama de vidrios de control solar de las diversas empresas que se encuentran actualmente en el mercado, ya que con este estudio minucioso se conoce su comportamiento ante la radiación solar, observando datos importantes como el porcentaje de transmisión luminosa y energética de cada uno de ellos, así como el porcentaje de factor solar, y el coeficiente de transmitancia energética.

El ahorro energético no sólo se consigue a través de las fachadas con este tipo de tecnología, sino que también se obtiene con la utilización de aire acondicionado eficiente, por ejemplo en la mayoría de los edificios analizados se encontró que este tipo de equipo tiene un funcionamiento por más de doce años, reduciendo con esto el ahorro energético; así como emplear lámparas ahorradoras de energía, debido a su uso excesivo de lámparas por la falta de iluminación natural en los espacios de oficinas.

Es por ello, que este documento invita a la reflexión en retomar varios aspectos bioclimáticos como: el clima, orientación, contexto, vientos dominantes, radiación solar, iluminación, entre otros aspectos, al momento de proyectar un edificio de altura, que se consideren todos estos aspectos importantes que influyen en las fachadas como envolvente, así como tomar muy en cuenta las normas nacionales como la Norma Oficial Mexicana NOM- 008-ENER-2001, en cuestión de eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.

Ante el argumento de reducir el impacto ambiental dentro de la industria de la construcción han surgido diferentes organizaciones en el mundo, destacando el USGBC US Green Building Council con el sistema LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) y para Europa existe el BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), teniendo como objetivo en común, medir el comportamiento o impacto ambiental de un edificio, destacando temas como: el ahorro de energía, protección del suelo, ahorro de agua, control y cuidado de los recursos materiales y mejorar la calidad del aire en los edificios que habitamos.

ANTECEDENTES.

La idea de empezar a utilizar un material transparente como el vidrio en las ventanas de los inmuebles, era para permitir la incidencia de luz natural, creando ambientes naturales artificialmente contruidos, aunque en sus inicios esto representaba un costo excesivo ya que no se tenía totalmente desarrollado su proceso de elaboración. Posteriormente se fue incorporando nuevos modelos de producción y procesos químicos a los cuales eran sometidos los vidrios una vez fabricados, proporcionándoles cualidades cada vez más benéficas para las fachadas transparentes y translúcidas de los grandes edificios corporativos.

Por lo tanto para que exista confort físico (térmico, lumínico, acústico) y psicológico en el interior de los espacios de un edificio, es necesario controlar los efectos de diversos factores que interactúan en su envolvente, como el tipo de clima, la orientación, la humedad, la iluminación, la radiación solar, inclusive la acústica. Sin embargo, un número considerable de inmuebles no obtiene este tipo de confort, la mayoría de los edificios que proyectamos trabajan en contra del clima, y son muy fríos o muy calientes, haciéndolos muy costosos en el momento que se requiere corregir estas dificultades por medios activos como es el aire acondicionado.

Se han realizado una serie de trabajos de investigación, artículos, tesis acerca de la tecnología del vidrio, donde se analizan sus diferentes composiciones, los procesos de elaboración, así como los procesos químicos a los que son sometidos en mejora de sus propiedades físicas, térmicas y ópticas, los sistemas constructivos; en general se trata del desarrollo que ha tenido el vidrio en la construcción a través del tiempo, donde se conoce como este material ha afrontado las diferentes exigencias y necesidades arquitectónicas de la actualidad.¹

También se planteó en otra tesis el comportamiento de la envolvente translúcida en tres climas representativos de la variabilidad climática de la República Mexicana, donde se considera el ahorro energético por porción translúcida, tomando en cuenta las propiedades térmicas y ópticas de diversos tipos de vidrio.²

En una última investigación enfocada a edificios verticales presenta un análisis de la fachada, analizando sus componentes, funcionamiento, conexiones positivas y desfavorables con otros sistemas, reacción con el contexto exterior e interior con el fin de

¹ NAVIA, Parodi Ana María. Tecnología del vidrio. UNAM. Octubre 2002.

² BARRIOS, Rodríguez María del Pilar. Comportamiento Energético de la Envolvente Translúcida en México. UNAM, 2005.

detectar criterios que ayuden a arquitectos, constructores e inversionistas a plantear soluciones y tomar decisiones desde el proceso de diseño que ayude a una estrategia de ahorro de energía en la ciudad de México.³

El conjunto de estas investigaciones aportan un avance en el tema de ahorro energético de los edificios, faltando la utilización alternativa de los sistemas pasivos solares, proporcionando sólo una ligera idea de lo conveniente que sería emplear estas estrategias de manera formal a fachadas de vidrio.

El vidrio como lámina es un material empleado en la envolvente de un edificio, por sus propiedades físicas al permitir el ingreso de la luz natural, como su comportamiento con respecto a la radiación solar resultando relativamente incontrolable. A partir de ello, se ha tratado de resolver esto de manera tecnológica con la utilización del "vidrio inteligente"⁴, sin embargo esto ha provocado que el vidrio inteligente se utilice como fin último, haciendo caso omiso de la orientación del edificio.

Actualmente, la utilización del vidrio en sus diferentes modalidades ha crecido ampliamente y tiene una importante influencia en la arquitectura, su papel dentro de la tendencia de uso como una superficie transparente ha sido rebasado a causa del efecto invernadero que se manifiesta en un espacio interior al permitir el paso de los rayos ultravioletas e infrarrojos. Sin embargo, desde los inicios de la arquitectura moderna surgieron problemas técnicos en el uso de las superficies vidriadas de grandes dimensiones.

Por tal motivo se han realizado diversos estudios para la mejora de sus propiedades térmicas - lumínicas del vidrio para solucionar el primer inconveniente de los edificios con fachadas totalmente acristaladas, sinónimo de gran consumidor de energía eléctrica.

Aunque existe cierta polémica entre lo altamente tecnológico y lo enteramente natural o pasivo, la arquitectura debe hacer uso de los recursos disponibles para cumplir con sus objetivos de proveer bienestar y confort, para lograr una solución energéticamente eficiente y no impactar al medio ambiente, ni incrementar el costo. Como arquitectos tenemos el compromiso de contribuir al beneficio del planeta, diseñando, proyectando y construyendo edificios de poco o casi nulo impacto ambiental.

La hipótesis de esta investigación es que con los diferentes sistemas pasivos solares que intervienen en la fachada de un edificio, así como las tecnologías aplicadas a los procesos químicos a los que son sometidos los vidrios, se reduce la utilización de sistemas activos como el acondicionado de aire y la iluminación artificial como resultado de un consumo eléctrico, dando como

³ VARGAS, Palma Gloria Angélica. Sistemas en Fachadas. Hacia la Bioclimática Vertical en la Ciudad de México. UNAM, 2008.

⁴ Módulo de Vidrio Aislante.

resultado una interacción tecnológica en el diseño de fachadas translúcidas o transparentes de manera integral, manifestándose en un ahorro energético.

Dentro de los objetivos generales se encuentra conocer el ahorro energético de fachadas translúcidas o transparentes, que se obtiene al considerar módulos de vidrio de control solar y baja emisividad, disminuyendo así la utilización de aire acondicionado.

Conocer la óptima interacción de la tecnología del vidrio con sistemas pasivos solares para el diseño de una fachada traslúcida o transparente integral.

Observar el comportamiento de la incidencia solar en el vidrio, para analizar el porcentaje de eficiencia energética del mismo.

Conocer los edificios de la zona de estudio que emplean vidrios de control solar en sus fachadas, vislumbrando el porcentaje de demanda de esta tecnología del vidrio.

Saber si se emplea sistemas pasivos en las fachadas de estos edificios, que aporten un ahorro energético.

Ofrecer una guía de selección de los módulos de vidrio aislante, donde se consulten recomendaciones y criterios a considerar para el diseño de fachadas translúcidas o transparentes de edificios de altura, como estrategia tecnológica para el ahorro de energía.

Al poniente de la ciudad de México se ha transformado una zona de manera tan drástica en tan poco tiempo como Santa Fe, donde se vislumbra la reconversión de los espacios más degradados del área metropolitana como los tiraderos de basura, en una zona vanguardista y de alto costo en cuanto edificación inmobiliaria y corporativa.

Por tal motivo se resolvió realizar en esta región importante de crecimiento urbano, la zona de estudio para conocer los edificios con fachadas de vidrio que se encuentran dentro de esta vanguardia tecnológica, considerados a su vez como edificios inteligentes.

La zona de Santa Fe se encuentra ubicada en dos delegaciones: Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos, por limitación de esta investigación, los edificios que se eligieron como casos de estudio se ubican en la zona correspondiente a la delegación Cuajimalpa de Morelos, ubicados en la Avenida Prolongación de Reforma y Avenida Santa Fe.

Uno de los edificios analizados de esta zona, es el Corporativo Opción Santa Fe III, el cual se le aplicó la metodología para el cálculo de la ganancia de calor, proporcionado por la CONAE, para conocer el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM- 008-ENER-2001 en cuestión de la eficiencia energética de edificios no residenciales.



1.1. Evolución del vidrio en la Arquitectura.

El vidrio soplado fue el que hizo posible la producción de objetos de vidrio sin sustancia, se inventó en Siria en el primer siglo A.C. que fue parte del Imperio Romano, el conocimiento de este método propició que más tarde los europeos produjeran vidrio soplado. Pero antes de que esta técnica se desarrollara, los romanos hicieron pequeñas llanas de hojas de vidrio, vertiendo el vidrio fundido sobre una mesa generando lo que hoy conocemos como placas de vidrio para conformar una ventana, aunque en realidad era translúcida y no transparente.⁵

Excavaciones en Pompeya revelaron un marco de ventana que sostenían láminas de vidrio que data del año 79 D.C., cuyas dimensiones aproximadas son de 0.54 x 0.72 metros, un tamaño considerablemente grande para esa época.

Hacia el siglo XIV, empieza a difundirse el uso del vidrio en las ventanas, inicia una nueva y revolucionaria posibilidad de confort para los edificios. El espacio interior se transforma; de ser un espacio oscuro y frío, a ser un espacio iluminado y ventilado.

El vidrio que se utilizaba para cubrir los vanos de las ventanas de la edad media, se producían a partir de método manual, el cual involucraba insertar una vara en una masa viscosa de vidrio fundido e hilarlo en su eje longitudinal, la fuerza centrífuga extendía los exteriores del vidrio en un disco más plano y redondo que era ligeramente más espeso en el centro donde la vara había sido interceptada.

El dirigente central dio lugar a los nombres como ojo de toro o de Butzenscheibe.



Imagen No.1. Vidrieros trabajando. Algunos artesanos manejaban tubos para soplar el vidrio del siglo XVI).
<http://www.xtec.net/~cgarcia38/ceta/tecnologia/vidrio.htm>.

En 1330, Philippe de Cacquerrai encontró un nuevo método de producción de vidrio plano, con discos más grandes y planos (conocido como la corona de vidrio). Esta técnica consistía en que un soplete caliente era insertado en una masa de vidrio fundido,

⁵ Translúcido es cuando la luz atraviesa un cuerpo, pero no deja verse con claridad detrás de él; Transparente. Cuerpo a través del cual puede verse los objetos con claridad.

se soplaba y giraba para moldear una esfera, formándose unos engrosamientos en la parte inferior y en repetidas ocasiones una vara férrea era pegada al lado convexo y el soplete era desprendido del lado redondo. Después del hilado, primero se daba la forma de una copa y, finalmente el disco redondo de vidrio se colocaba en el piso. La nueva técnica hizo posible lograr un diámetro de 0.125 metros.



Imagen No.2. Método de Cacquerrai
http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgg/glas_alles_over_glas_productie_handmatig_3_cilinders.jpg

Por la presencia de oquedades en los discos, por el manejo del soplete largo, se manifiesta otro método de hacer vidrio plano, llamado cilindros (o manguito) descrito en los siglos XI o XII por un monje alemán llamado Theophilus. Continúa siendo el principal método de producción para hojas de vidrio hasta principios del siglo XX, por que los fabricantes de vidrio podían maniobrar cilindros de 2.00 metros de longitud por 0.30 a 0.45 metros de diámetro.

El soplete se sumergía varias veces en el cristal líquido, era tan largo que un trozo de vidrio pesaba alrededor de 25 kg. y tan solo el soplete pesaba 22 kilogramos, de modo que se tenían que maniobrar 47 kilogramos aproximadamente.

Una vez que el cilindro era lo suficientemente amplio, se calentaba la parte inferior y a continuación se hacía un soplado abierto, se cortaba la parte redonda. Después de enfriarse, la longitud del cilindro era cortado, para aplanarse posteriormente en un horno allanando. El resultado era una hoja grande, plana de aproximadamente de uno por 2.00 metros.

En respuesta a la demanda de la industria de la construcción, crece la necesidad de dimensiones más grandes de láminas de vidrio, los procesos de industrialización en la producción del vidrio plano se llevaba a cabo al final del siglo XIX.

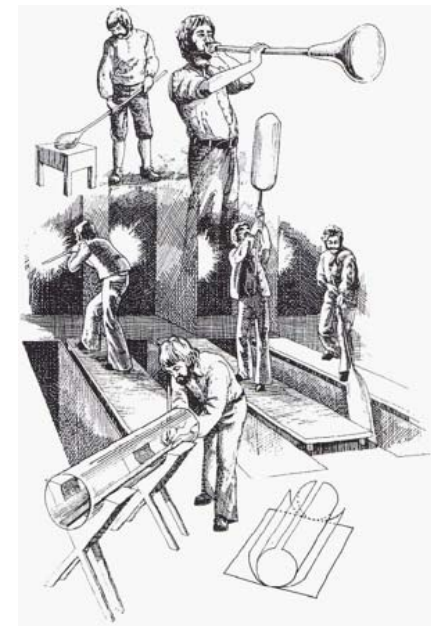


Imagen No. 3. Método de Cilindro.
<http://schildersbedrijf.com/pics/glas/glasprod008.JPG>

En 1901 los ingenieros belgas Emile Gobbe y Emile Fourcault presentaron el primer sistema mecánico para la producción de vidrio. Este sistema de giro vertical influyó totalmente a la industria del vidrio en todo el mundo, sustituyendo al método manual de soplado de vidrio que se utilizaba. Con el rápido desarrollo de la mecanización, vino una concentración de la industria en Bélgica.⁶

Fourcault en 1904 y Colburn en 1905 registraron el proceso de fabricación del vidrio laminado⁷. Surgiendo otros procesos de producción de vidrio laminado, muy similares, tales como los métodos de: Pittsburgh, Libbey-Owens, Chance, Bicheroux.

El sistema de Libby-Owens, patentado en 1905 por un americano, Irving G. Colburn. Diferió del sistema de Fourcault, la lámina de vidrio estaba horizontalmente torcida encima del rodillo de acero. Después de que el vidrio pasaba a través de un horno de 60 metros de largo donde se enfriaba lentamente. El vidrio resultante era más plano y más fácil de cortar.

El proceso de Pittsburgh por primera vez se empleó en 1921 por una compañía de vidrio en los Estados Unidos. En este método de producción, la lámina de vidrio se pasó a través de una serie de rodillos de asbesto con rebordes pequeños. Éstos enfriaban con aire internamente, permitiendo que la hoja de vidrio se enfriara más rápidamente, a su vez producía una llanura mayor que facilitaba el corte. El espesor del vidrio variaba al ajustar la velocidad con que este pasará a través de los rodillos.

En 1959, después de más de siete años de investigación, la empresa inglesa, Pilkington empezó a producir un vidrio flotado. El vidrio flotado que se produce por un método sumamente diferente de a todos los métodos más antiguos de producción de vidrio para las aplicaciones arquitectónicas.

Será después de la primera guerra mundial que se introduce en forma industrial la tecnología del vidrio templado y cuya característica es que su resistencia es cinco veces mayor que el mismo vidrio sin templar. Esto se logra recalentando la placa o lámina a altas temperaturas (700 °C) y después enfriándola bruscamente con aire fresco por las dos caras. Este proceso mejora considerablemente las resistencias al choque térmico, consiguiéndose, en caso de rotura que los bordes no sean filosos. También es posible templar placas de vidrio a través de procesos químicos y que funcionan a base del intercambio de iones de la superficie del vidrio por otros de mayor tamaño que tensan la superficie.⁸

Un pionero de este periodo, John Claudius Loudon, explicaba en *Construction of Hothouses* (1817) que las casas de cristal debían diseñarse científicamente para hacer un análisis de su rendimiento y resolver su construcción a nivel técnico. Loudon preparó

⁶ AGC Flat Glass Europe. <http://www.agc-flatglass.eu/AGC-Flat-Glass-Europe/English/Homepage/About-us/History/page.aspx/896>.

⁷ Rodríguez Cheda, José Benito, op. Cit. pp.10

⁸ URL: sistema de Fourcault + vidrio. <http://www.azc.uam.mx/cyad/procesos/website/grupos/tde/NewFiles/manuelV.III.html>

el camino para la llegada de las estructuras de hierro forjado donde se insertaban los paneles de vidrio como una membrana primitiva –una envoltura de “piel tensa”.⁹

Desde del siglo XIX las numerosas estructuras de vidrio se establecieron como precepto de gran arquitectura, construcciones del acero y vidrio empezaban a mostrar una luminosidad inimaginablemente construida, como el Jardín des Plantes de París, de Rohault de Fleury (1833); el Gran invernadero de Chatsworth, Derbyshire, de Joseph Paxton (1836); la Palm House, los reales jardines botánicos, los Kew Gardens y el invernadero de Regent´s Park de Richard Turner y Decimus Burton (1845-1848); entre otros. Esta estancia culminó en 1851 con el Crystal Palace de Hyde Park, Londres, obra de Joseph Paxton.¹⁰



Imagen No. 4. El interior del Palacio de Cristal diseñado por Joseph Paxton. Arquitectura de Cristal.

El Crystal Palace se le puede considerar que fue el primer edificio «moderno», anunciando la velocidad tecnológica del siglo XX, como el comienzo de una arquitectura más ligera de construir.

El vidrio como material del edificio experimentó un intenso uso en el expresionismo alemán y en el modernismo internacional, debido a los desarrollos tecnológicos que hicieron posible producir mayores cantidades de hojas de vidrio, más económicas y de mayor tamaño, dentro de los ejemplos alemanes más importantes se encuentran la fábrica en Giengen por Richard Steiff (1903) conocido como la cortina de vidrio, el AEG Turbina Vestíbulo en Berlín por Peter Behrens (1909) y el taller del Bauhaus en Dessau por Walter Gropius (1926), Los modernistas ideales de la luz, aire y espacio, también se valieron del vidrio y ejemplos de ello, es su aplicación en los edificios de Estilo Internacional incluyendo una galería en un Complejo residencial en Rotterdam por Michiel Brinkman.

Los rascacielos americanos, vislumbran una tendencia mundial para los edificios altos con fachadas de vidrio en la segunda mitad del siglo XX.

⁹ Arquitectura de Cristal, Richards, Brent, Editorial Art Blume, Barcelona, España, 2006, pp.14

¹⁰ Arquitectura de cristal, Richards, Brent, Editorial Art Blume, Barcelona, España, 2006, pp.14

Los procesos continuaban aumentando, apostándole al campo de laminación para incrementar la resistencia del vidrio y así emplearlo como material estructural. Los avances tecnológicos en los diferentes tipos de vidrio continúan, como el de baja emisividad (capas transparentes con una base metálica) con una doble resistencia al calor en fachadas de vidrio; por lo tanto se espera que interactúe una envolvente con un vidriado transparente con la integración de los sistemas pasivos de acuerdo al tipo de clima, haciendo posible una eficiencia energética con referencia al sector de la construcción.

Ejemplos de edificios con fachada transparentes y translúcidas más representativas se encuentra la Sala de Conciertos St. Polten, Austria [1997], el Banco DZ en Berlín, Alemania [2001], el Kimmel Center (Arts) en Filadelfia, Estados Unidos [2001], el 30 St. Mary Axe en Londres, Reino Unido [2004], la Torre Agbar en Barcelona, España [2004]. Así como diversos edificios ubicados en Shanghai, por citar algunos se encuentran: Shanghai Star, Tomorrow Square, Nanjing Road East, Shanghai International Expo Center, entre otros edificios.¹¹

Con respecto a Dubai se encuentra el hotel Burj al – Arab, Dancing Towers; además de que se tiene planeado diversos proyectos como las Torres El Burj, Al – Burj y el Burj Al Alam.

1.2. Concepto de vidrio

El **vidrio** es un material duro, frágil y transparente que ordinariamente se obtiene por fusión de arena de sílice (SiO_2), carbonato sódico (Na_2CO_3) y caliza (CaCO_3) a una temperatura aproximada de 1,500 °C. ¿pero a que tipo de material pertenece?, a un sólido o a un líquido, debido a que su estructura cristalina no pertenece a los materiales sólidos pero su aspecto físico (rigidez) lo hace parecer a este grupo, mientras que su composición estructural molecular tiene una cierta semejanza con los líquidos.

El vidrio es un líquido sub - enfriado

Realmente en términos técnicos el vidrio es un líquido sub-enfriado¹², es decir de gran viscosidad, obtenido en un proceso controlado de enfriamiento a partir de una mezcla en estado líquido a temperatura de fusión, la cual se enfría lentamente hasta

¹¹ Arquitectura de Cristal, Richards, Brent, Editorial Art Blume, Barcelona, España, 2006, pp.45, 55, 76, 86, 98.

¹² ORTEGA, Ayala Gabriel: "Tecnología del vidrio"-Una Guía para el diseñador industrial, México 2005, pp.1

alcanzar una apariencia sólida, manteniendo la estructura molecular de su inicial estado líquido. Este estado sólido aparente se denomina estado vítreo.¹³

A través del tiempo, es un material que fluye paulatinamente, pareciendo ser ésta una característica negativa, pero con la tecnología en los procesos a que son sometidos, los vidrios son en esencia, casi indeformables por un período de tiempo extenso.

Ahora bien en muchas ocasiones al hablar del material que cubre los vanos de nuestras ventanas recurrimos en mencionar la palabra cristal o vidrio, ¿son sinónimos? En primer lugar el cristal y el vidrio no son el mismo material, debido a que el cristal tiene una forma geométrica uniforme en su composición molecular. En la imagen 5(a) en los cristales (no necesariamente de sílice) los átomos siguen un patrón estricto de orientación que se repite infinitas veces, siempre de la misma manera. En un vidrio, los enlaces Silicio - Oxígeno - Silicio no tienen una orientación determinada, (ver imagen 5(b)); la distancia de separación entre los átomos de Si y O₂ no es homogénea, las unidades tetraédricas no se repiten con regularidad y el compuesto está desordenado. A esta última se le conoce como sílice amorfa, mientras que a la ordenada se le conoce como sílice cristalina¹⁴.

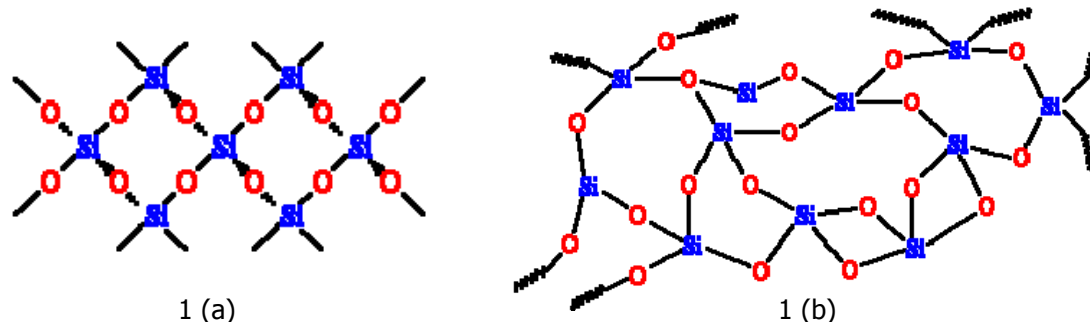


Imagen 5. Representación gráfica de las diferencias estructurales entre un cristal (a) y un vidrio (b)
<http://pslc.ws/spanish/glass.htm>

¹³ VÁSQUEZ, Zaldívar Claudio: El vidrio. Arquitectura y técnica, Ediciones ARQ Escuela de Arquitectura Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, pp. 54.

¹⁴ TESSY, López Ana Martínez, El Mundo mágico del vidrio,
<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/137/html/mundoma.html>

1.3. Propiedades del vidrio.

Tener conocimiento de las propiedades de los diferentes vidrios, nos permite proponer las posibles aplicaciones en la envolvente de proyectos arquitectónicos. Estas propiedades deben de analizarse, puesto que la actual arquitectura demanda materiales de alta tecnología, donde sus propiedades y cualidades garanticen además de durabilidad, fácil colocación, un control térmico a través de la envolvente de los inmuebles.

La lámina de vidrio crudo, designado con este término debido a que no ha recibido ningún proceso de transformación durante o después de su proceso de fabricación, el cual posee una forma laminar plana, tiene un color natural incoloro, no obstante, dado los altos contenidos de fierro que existen en los yacimientos de arena sílica, el color que el vidrio pudiese adquire es un color verdoso.

Propiedades Mecánicas

La lámina de vidrio crudo tiene las siguientes características:

| Propiedad | Valor |
|--|---|
| Densidad a 18 °C | 2.5 Kg/dm ³ |
| Peso | 2.5 Kg/m ² por cada mm de espesor |
| Dureza | 6 – 7 en la escala de Mohs |
| Módulo de Elasticidad | 7.16 x 10 ⁴ MPa (7.3 x 10 ⁵ kgf/cm ²) |
| Coefficiente de Poisson | 0.22 |
| Calor Específico | 790 J/Kg °C=0.19 Kcal/Kg °C |
| Coefficiente de dilatación térmica | 9 X 10 ⁻⁶ °C |
| Conductividad Térmica | λ=1.05 W/m °C |
| Índice de Refracción media en la gama de longitudes de onda visibles | 1.52 |

Tabla No. 1. Propiedades del Vidrio Crudo Incoloro. El vidrio. Arquitectura y técnica.

Para darle diferentes colores al vidrio se agregan durante el proceso de fabricación diferentes óxidos metálicos. Por ejemplo el vidrio azul surge del óxido de cobalto. El café, del óxido de níquel. Para algunas tonalidades del vidrio amarillo se emplea el óxido de hierro.

Propiedades Térmicas

La energía proveniente de la radiación solar que incide sobre un vidrio, se comporta de la siguiente manera: una parte puede ser transmitida hacia el interior, otra reflejada hacia el exterior y la restante absorbida por la masa del vidrio. De la energía absorbida, parte es re-irradiada hacia el exterior y parte hacia al interior (Imagen no. 6). Aunque este comportamiento natural del vidrio puede variar, según el tipo de vidrio.

Debido a este comportamiento se derivan tres tipos de factores: Reflectancia, Absortancia, Transmisión.

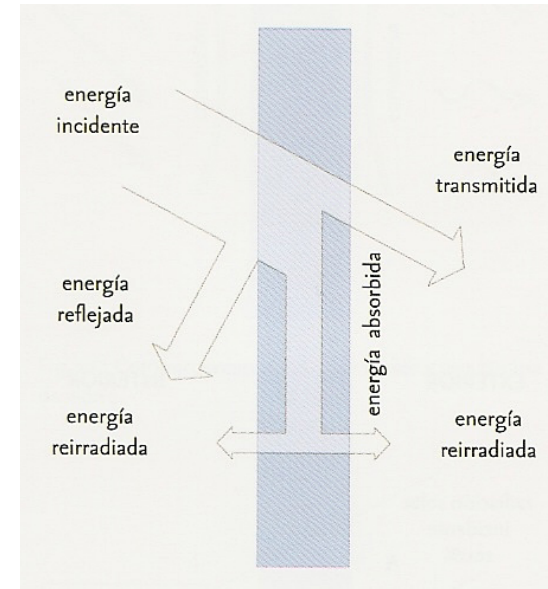


Imagen No.6. Comportamiento del vidrio frente a la energía incidente. El vidrio. Arquitectura y técnica.

Gracias a su estado vítreo, el vidrio posee la propiedad de transparencia, que es la capacidad para transmitir luz, calor radiante y otro tipo de radiaciones específicas dentro del espectro electromagnético. Este espectro (Imagen no. 7) comprende emisiones visible e invisibles para el ser humano.

La radiación visible abarca un tramo corto del espectro sin embargo para la arquitectura es fundamental puesto que se manifiesta a través de la luz. Las radiaciones invisibles se prolongan hacia uno y otro extremo del espectro visible¹⁵, manifestando de diversas maneras, como se observa en la imagen.

¹⁵ VÁSQUEZ, Zaldívar Claudio: El vidrio. Arquitectura y técnica, Ediciones ARQ Escuela de Arquitectura Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, pp. 57.

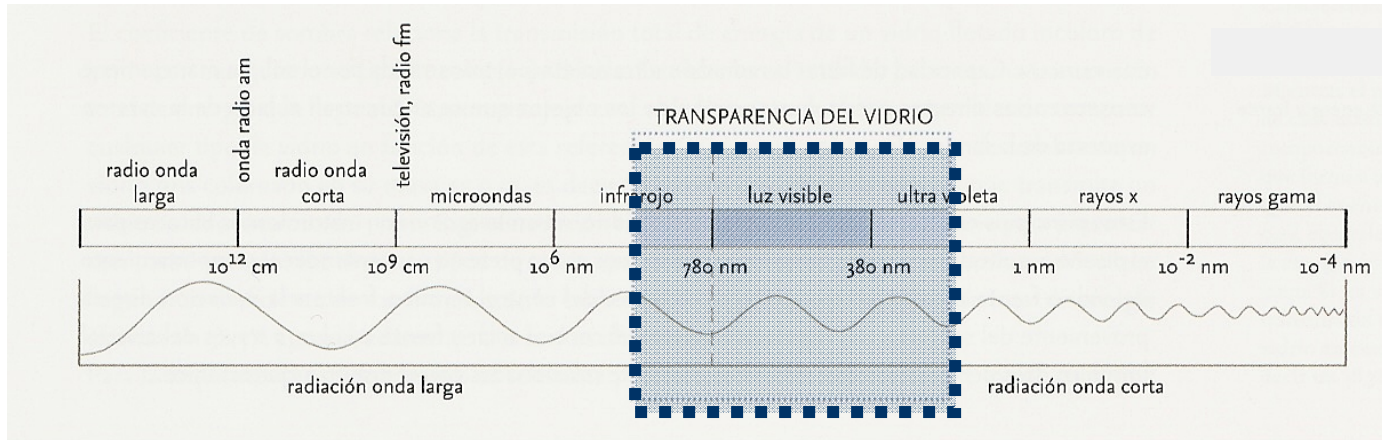
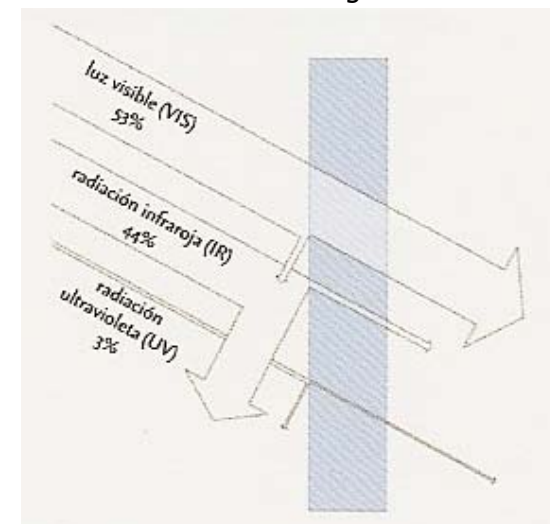


Imagen No.7. Espectro de radiación electromagnética. El vidrio. Arquitectura y técnica.

Para entender el comportamiento del vidrio usado en la arquitectura es importante que quede claro que las ondas cortas son emitidas por el sol, las cuales irradian luz, calor de onda corta y radiación ultravioleta. Por otro lado las ondas largas son emitidas por los cuerpos que irradian calor produciendo un efecto térmico (efecto invernadero), modificando de esta manera el confort del espacio interior (radiación infrarroja). Actualmente este fenómeno es muy importante para la arquitectura, ya que para diseñar fachadas transparentes o translúcidas se debe considerar tanto el aspecto visual que el vidrio pueda manifestar, así como comprender la luz incidente en la fachada, que implica calor y los cuerpos que la reciben la transmiten en una longitud de onda que genera un incremento de temperatura en el espacio interior.

En resumen, existen tres tipos de radiación frente a los cuales el vidrio es transparente, la radiación ultravioleta (uv), la radiación visible (vis) y la radiación infrarroja (ir). Ver Imagen no. 8.

Imagen No.8. Comportamiento general de la energía frente a una lámina de vidrio. El vidrio. Arquitectura y técnica.



La tecnología del vidrio en la arquitectura ha desarrollado procesos capaces de controlar el comportamiento del vidrio otorgándole propiedades para el control de estos diversos tipos de radiación¹⁶.

Comportamiento térmico del vidrio.

El vidrio se manifiesta como un material complejo debido a su transparencia, requiere de estrategias claras en la selección, uso y aplicación en fachadas acristaladas.

El calor se transmite desde un medio de mayor temperatura hacia otro de menor temperatura a una velocidad que depende del medio o del material a través del cual se produzca el traspaso¹⁷. Este intercambio de calor se manifiesta de tres maneras:

- *Convección:* Es el producto del movimiento ascendente de aire, es decir cuando una molécula de aire incrementa su temperatura, pierde densidad, y posteriormente se desplaza hacia una zona más fría. Este tipo de transmisión ocurre en ambas caras de la lámina del vidrio.
- *Conducción:* Esto se produce cuando el calor pasa a través de un sólido, donde las moléculas se mueven de una mayor temperatura a una menor temperatura. Este efecto se produce por medio de la masa del vidrio.
- *Radiación:* Este tipo de transmisión de calor es producido por el sol, el cual incide sobre la lámina de vidrio, este puede ser nuevamente reflejado, absorbido o transmitido.

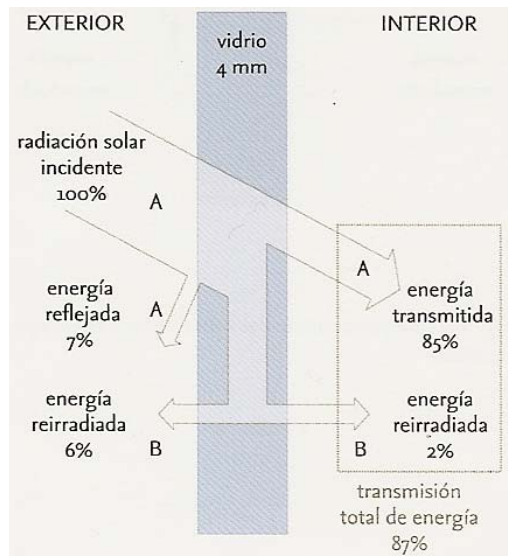
El vidrio es un buen transmisor, por lo cual obliga a controlar su comportamiento frente al calor de onda larga. Para cuantificar su desempeño frente a este fenómeno se encuentra diversos factores:

- El **Factor K** o transmisión térmica, indica la cantidad de calor que se transmite, de forma perpendicular a través de un vidrio. Por su condición de sólido transmite el calor por conducción. Su valor se expresa en $W/m^2 K$. Es la cantidad de energía, medida en Watios (W) o Kilocalorías (KCal), que atraviesa un metro cuadrado de vidrio y por cada grado Kelvin (K) o Centígrado (°C).
Este factor de K de un vidrio depende de la diferencia de la temperatura del aire en ambas caras del vidrio.

¹⁶ VÁSQUEZ, Zaldívar Claudio: El vidrio. Arquitectura y técnica, Ediciones ARQ Escuela de Arquitectura Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, pp. 58.

¹⁷ VÁSQUEZ, Zaldívar Claudio: El vidrio. Arquitectura y técnica, Ediciones ARQ Escuela de Arquitectura Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, pp. 59.

- El **Valor U**, es el coeficiente total de transferencia de calor, es calor que se gana o se pierde por conducción a través del vidrio debido a la diferencia de temperatura entre un espacio y otro. Mientras más bajo sea el valor U de un vidrio, mejor será el aislamiento.¹⁸ expresado en $W/(m^2 K)$.
- El **coeficiente de sombra** de un vidrio, por su característica transparente transmite el calor por radiación. Se mide con el Coeficiente de Sombra que es la relación de la transmisión total de la energía de un vidrio flotado incoloro de 3 mm. (base) con cualquier otro tipo de solución vidriada. Este elemento estándar permite una transmisión total de energía que llega al 87 % (ver imagen no. 9), porcentaje al cual se le ha asignado valor 1, donde se puede comparar cualquier tipo de vidrio en función de esta referencia.



Hoy en día es posible encontrar vidrios que alcanzan un coeficiente de sombra de 0.44, lo que significa que equivale que su transmisión total de energía alcanza un 38.3% aproximadamente, esto representa un valor altamente eficiente.

$$44\% \text{ de } 87\% \text{ (v.f.i. 3mm)} = 38.3\%$$

- El **Factor Solar** de un vidrio es la relación entre la energía total entrada a un espacio a través del vidrio y la energía solar incidente.

Esta energía total es la suma de la energía entrada por transmisión directa y de la energía cedida por los vidrios al ambiente interior como consecuencia de su calentamiento por absorción energética.

Imagen No.9. Comportamiento una lámina de vidrio de 4mm. El vidrio. Arquitectura y técnica.

- **Resistencia Térmica. Valor R.** Parámetro fundamental para caracterizar las propiedades térmicas del vidrio (o una capa de un elemento constructivo); indica la dificultad que presenta el vidrio en dejarse atravesar por el calor. Valores altos de resistencia térmica denotan niveles de aislamiento elevados.

¹⁸ © 2007 · Eusko Jaurlaritza - Gobierno Vasco

Para un material homogéneo se define como el cociente entre el espesor del vidrio y la conductividad térmica del material.

- **Coefficiente de Ganancia de Calor Solar (SHGC)** es la fracción de calor solar que entra por la ventana y se convierte en calor. Incluye tanto la radiación solar transmitida directamente como la absorbida. A menor SHGC, menos calor solar transmite la ventana por el vidrio del exterior al interior, y mayor es su capacidad de proyectar sombra. En general, las ventanas orientadas al sur de las casas diseñadas para calefacción solar pasiva (con un alero que les dé sombra en verano) deben tener un SHGC alto, que permita la ganancia del calor solar tan necesario en invierno. Las ventanas orientadas al este o al oeste que reciben gran parte del sol indeseable por la mañana y la tarde, y las ventanas de las casas situadas en climas cálidos, deben tener conjuntos de SHGC menores.

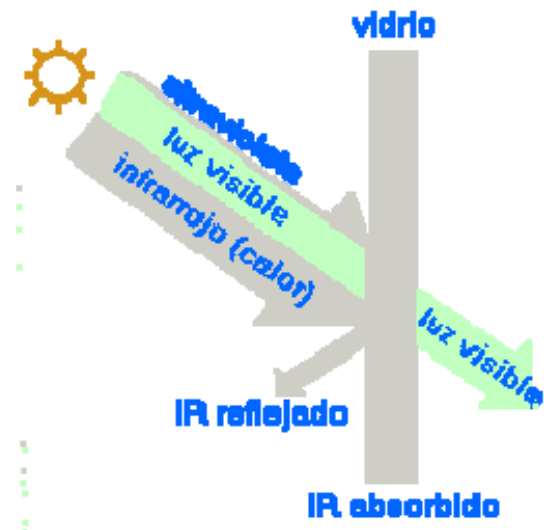
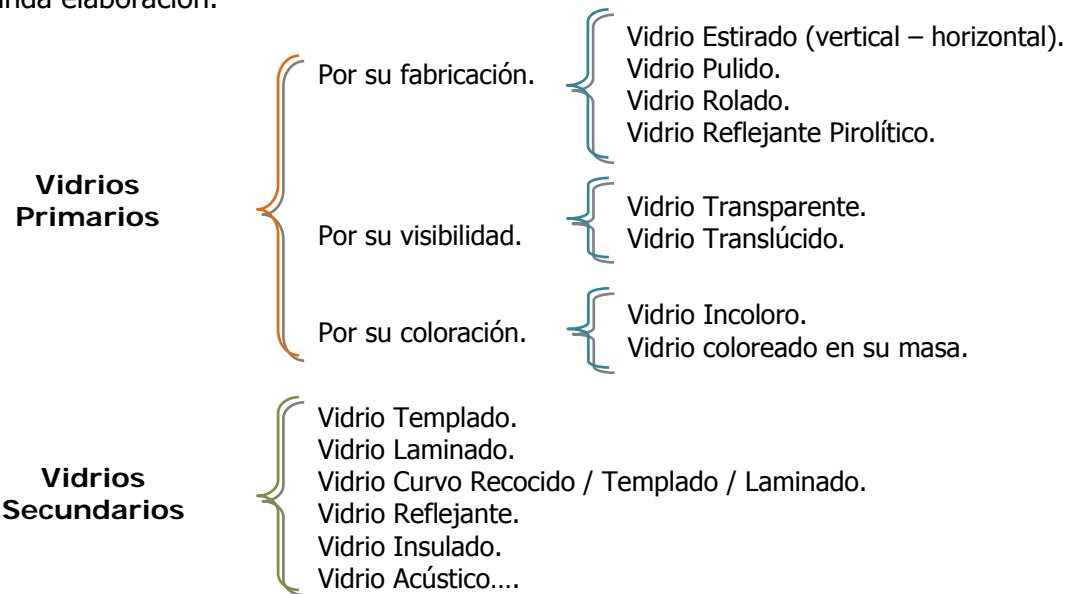


Imagen No. 10. Selectividad Espectral del Vidrio.
<http://www.cepis.org.pe/plataforma/arquitectura/clase61/dibujo216.gif>

- La **Selectividad Espectral** se refiere a la habilidad del vidrio para responder a distintas longitudes de onda del espectro, es decir, dejan pasar la luz visible mientras reflejan las indeseables ondas infrarrojas, calientes e invisibles. Ver imagen no. 10. Estos nuevos productos tienen una relativamente alta transmitancia a la luz visible (entre 50 y 70%). Utilizan tintes o capas absorbentes especiales y normalmente son de color neutral o tienen una apariencia entre azul y gris.

CAPITULO II. CALSIFICACIÓN DE VIDRIOS.

El vidrio desde hace siglos, ha sido utilizado para protegernos del sol, el viento y el agua permitiendo la entrada de luz para tener un espacio en óptimas condiciones térmicas. Ahora existen diferentes tipos de vidrio utilizados en arquitectura, obteniéndose de esta manera productos de alta tecnología a través de procesos que se clasifican en procesos aplicados durante la fabricación del vidrio (productos primarios¹⁹), que son los que se obtienen directamente del horno de fundición; o bien por procesos realizados después de la fabricación de las láminas obtenidas por flotado, conocidos como productos secundarios²⁰, que son el resultado de una segunda elaboración.



Por otro lado se propone una clasificación, la cual considera otro tipo vidrios como los módulos de vidrio aislante, así como otros procesos a los que se ha sometido el vidrio para cumplir otro tipo de demanda de diseño, como se observa en el tabla. no. 2

¹⁹ URL: Norma Técnica 0.40 de vidrios:

http://www.ing.udep.edu.pe/civil/material/vial/Bibliografia/Reglamento_nacional_de_edificaciones/E.040.pdf

²⁰ URL: Norma Técnica 0.40 de vidrios:

http://www.ing.udep.edu.pe/civil/material/vial/Bibliografia/Reglamento_nacional_de_edificaciones/E.040.pdf

| Tabla No.2. Procesos aplicados a vidrio utilizado en arquitectura. | | | | |
|---|---|---|---|--|
| Proceso de flotado | | Vidrio crudo incoloro | | |
| Procesos aplicados durante su fabricación | Proceso que modifican la cadena de flotado | Color en la masa | Vidrio de color Vidrio extralado | |
| | | Pirólisis | Vidrio pirolítico reflectivo Vidrio pirolítico de baja emisividad | |
| | | Armado | Vidrio armado | |
| | | Impreso o estampado | Vidrio grabado Vidrio decorativo Vidrio alambrado | |
| | Modelado | | Bloque de vidrio Perfil de vidrio Baldosa de vidrio | |
| | | | Procesos que modifican la cadena de estirado o modelado | |
| | | | | |
| | Procesos realizados después de la fabricación | Procesos de presión | Revestimiento al vacío | Vidrio magnetrónico reflectivo Vidrio magnetrónico de baja emisividad |
| | | Procesos por temperatura | Termo formado | Vidrio curvo |
| | | | Revestimientos por proceso térmico | Vidrio esmaltado Vidrio serigrafado |
| Tratamientos térmicos | | | | Vidrio templado Vidrio termoendurecido |
| Procesos Fríos | | | Tratamientos de la superficie | Vidrio esmerilado Vidrio grabado en ácido |
| | | Tratamientos del canto | | Perforación y corte Pulido |
| | | Proceso electromagnético | | Vidrio Fotovoltaico |
| Proceso electromagnético | | | Vidrio Inteligente | |
| | | | Vidrio Dicroico Vidrio Holográfico Espuma de Vidrio Fibra de Vidrio (Lana de vidrio) Vidrio Autolimpiable Vidrio con Leds. | |
| | | Unidades de vidrio realizadas después de la fabricación | Procesos de presión y temperatura | Vidrio Laminado |
| | | | Procesos de doble vidrio hermético | Doble vidrio hermético (aislante, térmico, acústico) |

A

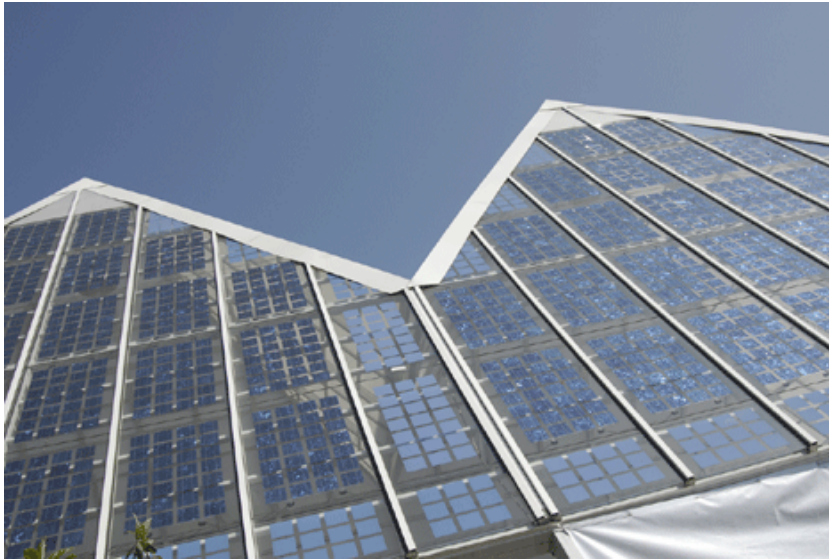
continuación se

describen los vidrios que fueron sometidos a procesos después de su fabricación, especificando de como están conformados, características técnicas y algunas aplicaciones. Estas descripciones se consideran importantes tenerlas en cuenta, aunque en nuestro país no se tenga desarrollado esta tecnología en la mayoría de los casos.

Vidrio Fotovoltaico.

Fue el físico francés E. Becquerel quien en 1839 descubrió la generación de energía (al que él llamó "Efecto FV") en una célula electrolítica compuesta de dos electrodos metálicos sumergidos en una solución conductora. La generación de energía aumentaba al exponer la solución a la luz. Laminando las células fotoeléctricas entre dos láminas de vidrio, que no sólo generan electricidad, sino que también puede servir como protección solar para los espacios detrás de estos, mientras que al mismo tiempo son notablemente decorativos. Ver imagen no. 11.

Aspectos Técnicos



El material crudo de las células solares es silicón residual, un producto desechado por la industria de la computadora. Este silicón se funde y se amolda en barras que están cortadas en hojas delgadas. Las células mono cristalinas son del tamaño de un azulejo y son de color negro o azul oscuro. Estos son sumamente eficaces, al convertir aproximadamente el 15 % de la energía solar disponible en electricidad. Las células multi cristalinas solares también son del tamaño del azulejo son en color azul claro u oscuro y tienen una eficacia de alrededor de 14%. Las células multicristalinas también se encuentran en otros colores, incluso plata, bronce y oro, pero estas células tienen aun más baja la proporción de eficacia. La película delgada de silicón de células solares consiste en paneles cubiertos de vidrio que va del tamaño del azulejo a la hoja de vidrio de una ventana. Estos están disponibles en el castaño o negro y tiene una eficacia de alrededor de 6 %.

Imagen No. 11. Vidrio Fotovoltaico instalado en centro comercial La Vaguada, Madrid, España.
http://www.construible.es/images/news/070607_lavaguada.gif

Vidrio Inteligente.

Como las gafas para el sol, el vidrio inteligente automáticamente oscurece cuando la intensidad del sol aumenta, esto no es nada nuevo. Puede emplearse también en edificios, el vidrio cuya transmisión aumenta o disminuye en respuesta a los factores externos.

Aspectos Técnicos

Este "vidrio inteligente" posee en su interior un film basado en una tecnología patentada de partículas en suspensión. Estas partículas microscópicas absorben la luz. En su estado normal están desordenadas, dificultando el paso de la luz y dando al vidrio una apariencia oscura. Al conectarlo a la corriente, se genera un campo eléctrico que alinea las partículas dejando espacios que facilitan el paso de la luz y dan una tonalidad más clara al vidrio, ver imagen no. 12. El vidrio de termo trópico cambia de claro a blanco lácteo a una cierta temperatura. El material básico que está laminado entre dos hojas de vidrio consiste en dos componentes diferentes con un índice refractivo diferente, como el agua y el plástico o dos plásticos diferentes, (una mezcla de polímero).

El vidrio de termo crómico también reacciona a los cambios de temperatura. Este producto es basado en óxidos de metal (como el óxido de vanadio) el cual sus propiedades de transmisión cambian cuando está expuesto al calor. Como los aumentos de temperatura el vidrio se pone más metálico y refleja luz del sol y calor.

El vidrio de electro crómico cambia de claro transparente a teñido blanco o más oscuro, contesta a una corriente eléctrica débil que puede activarse, por ejemplo, por sensores que reaccionan para encender la intensidad. La capa del electro crómica consiste en un cátodo, un ánodo y un electrolito. El ánodo responsable del cambio de color, es a menudo hecho de trióxido del tungsteno.

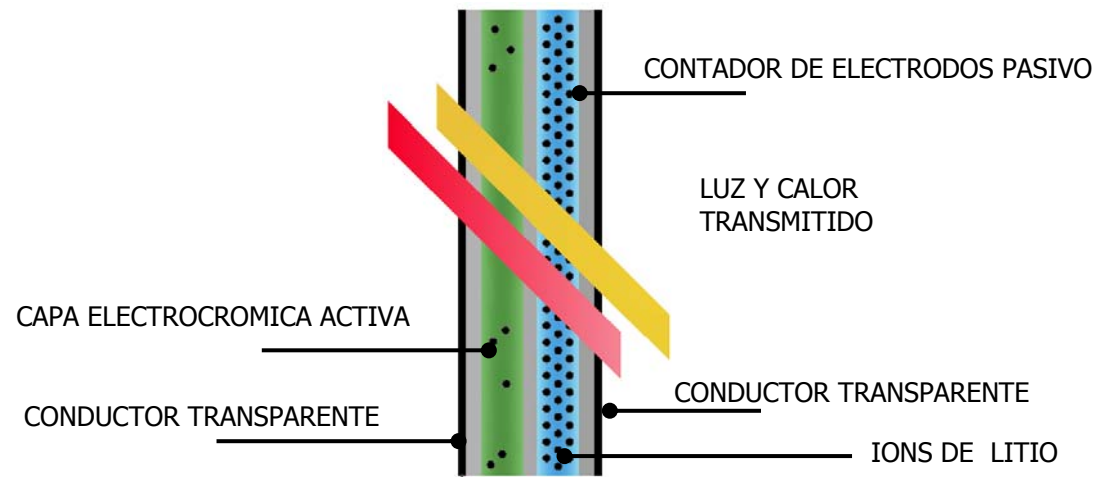


Imagen No.12. Corte de un vidrio inteligente.

El electrolito es normalmente hecho de hidrógeno o litio. Un óxido de metal que cambia en el color junto con el ánodo se usa a menudo para el cátodo. El cambio de color depende de la opción de óxidos de metal. Ver imagen 12 y 13.

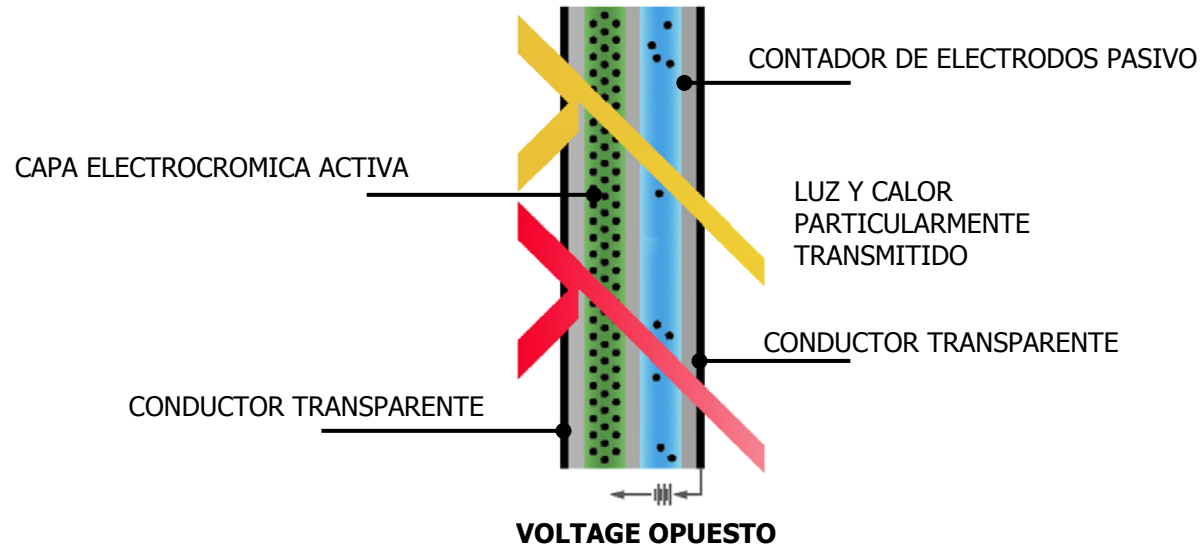


Imagen No.13. Corte de un vidrio inteligente.

El vidrio de fototrópico se pone más oscuro cuando aumentan las cargas solares; éste es un resultado de una conversión fotoquímica inversa activado por las variaciones en la radiación ultravioleta.

El vidrioado de cristal líquido consiste en dos capas de vidrio con moléculas de cristal líquidas laminado entre ellos. Cuando es expuesto a una corriente eléctrica, todas las moléculas se encuadran permitiendo que la luz atravesase el vidrio libremente. Cuando la corriente se ha apagado, la orientación molecular es al azar, mientras se produce una ligera difusión, y el vidrio cambia de claro a lácteo blanco. Ver imagen 13.

Aplicaciones

El vidrio inteligente se usa principalmente para control solar, pero es relativamente caro comparado con otro vidriado solar. El vidrio de cristal líquido es utilizado principalmente para las paredes interiores para una mayor privacidad.

Vidrio Dicroico.

Es un tipo de vidrio que cambia de color durante el transcurso del día y dependiendo de cómo uno lo visualice al pasar enfrente a él. A pesar de la opacidad que le pueda dar a una fachada, el vidrio crea una ilusión de profundidad que sirve para desmaterializar su solidez.

Aspectos Técnicos

El vidrio dicroico consiste en una hoja de vidrio que se le ha dado varias capas de óxidos de metal. Estas capas dividen la luz en sus colores espectrales. Dependiendo del ángulo de incidencia, y así durante el día y el punto de vista del observador, algunos rayos de luz se transmiten mientras otros se reflejan, resultando un rango de colores. Usando la atomización del cátodo, se pueden aplicar 10 a 40 capas a las hojas de vidrio que mide un metro cuadrado. El proceso se repite hasta lograr el efecto óptico deseado.

Aplicación

El vidrio dicroico puede usarse en los claros de la fachada. Los colores generados constantemente cambiantes pueden animar significativamente por otra parte un interior neutral.

Vidrio Holográfico.

Los hologramas pueden envolver, difractar y difundir la luz, habitándolos para ser proyectados más allá del interior que es posible con el vidrio convencional. Su ventaja comparada con otra luz que regula elementos, como prismas, es apenas causa de cualquier reducción en la intensidad de la radiación. El vidrio hológrafo también puede usarse decorativamente para imágenes que cambian cuando uno camina más adelante de estos. Además de la amplia gama de modelos normales disponibles, también es posible reproducirse hológrafos de logotipos de compañía o pinturas.

Aspectos técnicos

El vidrio hológrafo consiste en dos hojas de vidrio laminadas junto con una película transparente en medio que lleva la imagen hológrafa.

Un holograma es una rejilla bidimensional que produce una imagen tridimensional. Los hologramas influyen en el índice de refracción de luz tal que una porción de luz cae en estos pudiendo ser dirigidos en la dirección deseada.

Aplicaciones.

El vidrio hológrafo puede tratarse de la misma manera como otros productos de vidrios laminados. Puede usarse en los claros de la fachada, pero también en las fachadas de vidrio y las paredes de vidrio de división interior.

Espuma de Vidrio.

La espuma de vidrio (o celular) se ha usado como un material de aislamiento térmico en la industria de la construcción desde hace más que 50 años, pero hasta ahora ha llevado una existencia invisible, escondida detrás de la fachada o bajo la cubierta. Enfrentado una pantalla de vidrio, sin embargo, el material puede exponerse a tal excelente efecto.

Aspectos Técnicos

El vidrio de espuma es de color negro o gris y contiene innumerables células herméticas. Está compuesto por una mezcla de vidrio pulverizado y carbono que se calientan a una temperatura que excede los 1000 °C. Cuando el carbono se oxida, la espuma se produce. Las moléculas del carbono contienen una pequeña cantidad de contaminación de sulfuro. El sulfuro tiene un bajo umbral olfativo, dando un ligero olor sulfúreo al vidrio espuma (pero inocuo). El vidrio de espuma contiene un 66% de vidrio reciclado, obtenido, entre otras cosas, de los parabrisas de los automóviles viejos y del invernáculo de la industria de la construcción. Los tableros de vidrio espuma son completamente impenetrables al agua y vapor.²¹

Aplicación

El vidrio espuma se usa principalmente como un material de aislamiento térmico. Tiene una fuerza de compresión muy alta, haciéndolo conveniente para aplicaciones sujetas a cargas altas. Por esta razón, se usa a menudo como un descanso térmico en un

²¹ COMPAGNO, Andrea, et al., Translucent Materials, Edition Detail, 2004, pp.56.

elemento de la fachada estructural o como un material de aislamiento en las cubiertas planas. Aunque es completamente impermeable, el vidrio no puede usarse sin protección en las fachadas, como las células abiertas en su superficie no son ninguna prueba de esmerilado. El vidrio espuma es significativamente más costoso que otros tipos de tableros aislantes.

Fibra de Vidrio (Lana de Vidrio).

En la mayoría de los casos; los materiales de aislamiento como la fibra de vidrio no son visiblemente más largos una vez que se han colocado en el edificio.

Una pantalla de vidrio visible encima de las hojas enteras del material de aislamiento en la fachada del edificio, en este caso el soporte de fibra. Una espléndida idea, pero con algunos problemas, resulta que el material de aislamiento es propenso a ensuciarse.

Aspectos Técnicos

La fibra de vidrio es de color amarillo. Esta hecho al fundir (en ocasiones reciclando) los gránulos de vidrio, arena, caliza y ceniza de carbono sódico fundidos en vidrio que es entonces alimentado en un plato de acero agujerado rodado de finos agujeros. La fuerza centrífuga empuja hacia fuera el vidrio fundido a través de los agujeros, produciendo largas fibras de vidrio. Usando las resinas sintéticas como un agente obligatorio, las fibras son formadas entonces en esteras. El aluminio laminado es aplicado a uno lado de la estera proporcionando calidades resistentes al vapor de la fibra de vidrio.

Aplicación.

La fibra de vidrio se usa como un material de aislamiento para fachadas. Aunque sus medios de suavidad también pueden usarse para fachadas curvadas, la misma calidad normalmente lo previene de ser usado en situaciones dónde se requiera absorber presión. Para tales cosas propone una variante especial en que la tabla está dividida en tiras y se vuelve a través de 90 grados para que las fibras queden en ángulos rectos al aislamiento de la superficie, haciendo los resultados de la tabla rígidos y estables. Este material es conveniente para tejados planos. Otro uso intencional de la fibra de vidrio es en las fachadas, consiste en un material duro y suave. El lado suave proporciona protección óptima, mientras el lado duro presenta una superficie tensa terminada.²²

²² COMPAGNO, Andrea, et al., Translucent Materials, Edition Detail, 2004, pp.83.

Vidrio Auto - limpiable

Es un acristalamiento autolimpiable compuesto por un vidrio incoloro sobre el se deposita una capa transparente de un material mineral fotocatalítico e hidrófilo. La luz del día descompone la suciedad acumulada en la superficie de los acristalamientos que más tarde será arrastrada por el agua de lluvia.²³

El vidrio entra en funcionamiento mediante la acción conjunta de los rayos UV y del agua de lluvia, funcionando eficazmente contra la suciedad acumulada sobre la cara exterior del vidrio: marcas de lluvia, de polvo, de niebla y restos orgánicos de contaminación atmosférica.

Incluso aún cuando no llueve, el vidrio resulta interesante puesto que la fotocatalisis descompone la suciedad orgánica y la limpieza resulta más sencilla.

El resultado de la acción autolimpiable depende de la cantidad y de la naturaleza de la suciedad, de la exposición al sol y al agua de lluvia, así como del grado de inclinación de los acristalamientos.

La capa, integrada en la superficie del vidrio, presenta una gran durabilidad en el tiempo. La activación de la función autolimpiable requiere varias horas de exposición a la luz natural.

Vidrio con LEDS

La fabricación de láminas con leds embebidos para su uso en vidrios laminados. Estas láminas de leds ofrecen una variedad de posibilidades para su uso en arquitectura, arte y diseño.

Los leds tienen una duración estimada de entre 40.000 y 80.000 horas (entre 4 y 9 años de uso continuado). Con una anchura de 0.7 milímetros, son colocados en láminas transparentes de 125 micras. Estas láminas pueden ser usadas en la



Imagen No.14. Vidrio con LEDS.

<http://urbanity.blogsome.com/2006/01/22/vidrios-con-leds-embebidos/>

²³ URL: Vitro (Ecopure). http://www.vitro.com/cristal_glass/docs/espanol/manuales/ecopure.pdf

fabricación de vidrios laminados, los cuales normalmente utilizan una lámina de polivinilo transparente, o en casos especiales de colores para conseguir algún efecto más espectacular. Ver imagen No.14.

Vidrio templado

Es un vidrio de seguridad, se produce a partir de un vidrio flotado el cual es sometido a un tratamiento térmico, que consiste en calentarlo uniformemente hasta temperaturas mayores a los 650°C y enfriarlos rápidamente con chorros de aire sobre sus caras, en hornos diseñados para este proceso. Este proceso le otorga una resistencia mecánica a la flexión (tensión) equivalente de 4 a 5 veces más que el vidrio primario, resiste cambios bruscos de temperatura y tensiones térmicas 6 veces mayores que un vidrio sin templar. Si se rompiera el vidrio templado se fragmenta en innumerables pedazos granulares pequeños y de bordes romos, que no causan daños al usuario.

Vidrio laminado

Es un vidrio de seguridad, esta compuesto por dos o más capas de vidrio flotado primario u otras combinaciones, unidas íntimamente por interposición de láminas de Polivinil Butiral (PVB), las que poseen notables propiedades de adherencia, elasticidad, resistencia a la penetración y al desgarro. Posee propiedades de protección contra los rayos ultra violeta (UV). En caso de rotura, los trozos de vidrio quedarán adheridos al PVB, evitando la posibilidad de producir daños al usuario. Según requerimientos estéticos y funcionales pueden hacerse combinaciones de los cristales y diferentes espesores de PVB para obtener la performance acústica, térmica y transmisión de luz visible para cada situación en particular. Ver imagen No. 15 y 16.

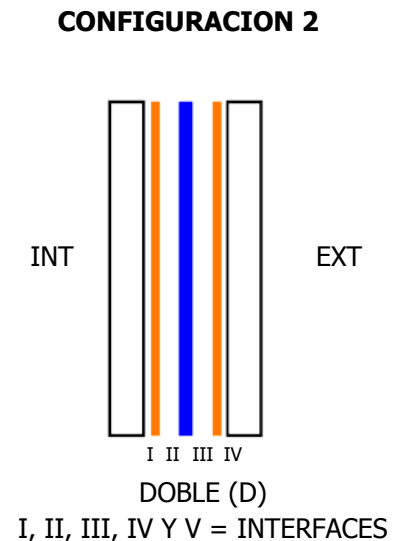
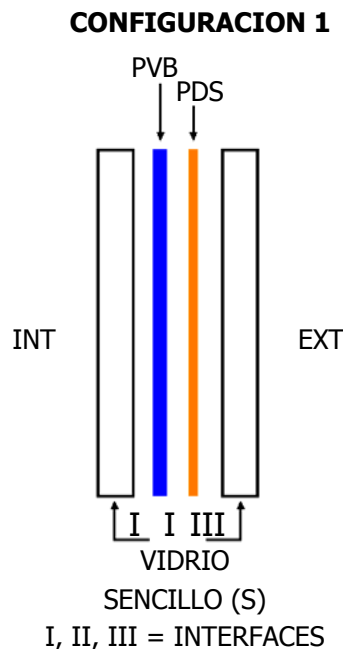


Imagen No. 15 y No.16. Vidrios Laminados desarrollados en el Centro de Investigación en Energía (CIE), Temixco. Morelos.

Vidrio reflejante (por su reacción química)

Es un proceso por el cual se aplica al vidrio una cubierta muy fina de metal u óxido metálico. Puede ser aplicable en dos formas:

- En frío. Después del proceso de fabricación del vidrio, mediante reacción química o al vacío; pero tiene la desventaja de la debilidad de la cara reflejante a la intemperie y no es recomendable para procesos posteriores como el templado o curvado, por cuanto se distorsiona su reflectividad, a excepción del proceso de laminado.

- En caliente. Conocido como método pirolítico. Tienen la cara reflejante dentro de la composición del vidrio, lo que le proporciona mayor resistencia a la intemperie y permite efectuar procesos posteriores como el templado, laminado y curvado.

Vidrio Doble.

También conocido como doble vidrio hermético, o módulo de vidrio aislante, el cual es un vidrio con propiedades de aislamiento térmico y acústico, constituido por dos hojas de vidrio flotado u otras combinaciones separadas entre sí por una cámara de aire deshidratado cuyo espesor estándar varía de 6 a 25 mm. La separación entre ambos vidrios está dada por un perfil metálico hueco de diseño especial o una cinta separadora aislante, en cuyo interior contienen sales deshidratantes que evitan la presencia de humedad al de la cámara de aire. Ver imagen No.17.

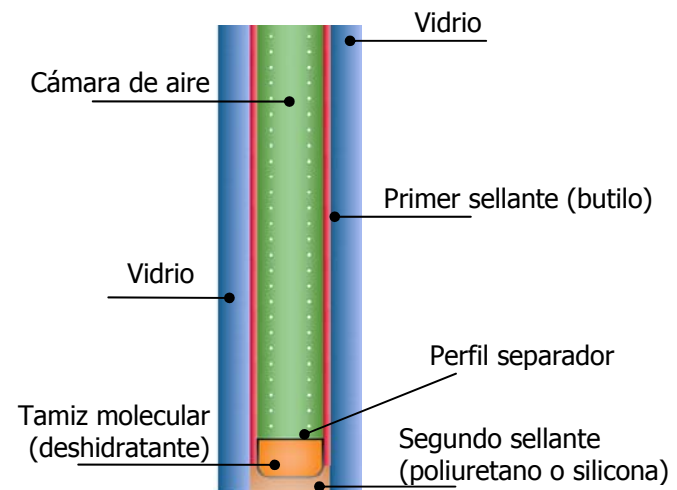


Imagen No. 17. Doble vidrio hermético

a) Vidrio térmico

Es aquel vidrio que permite controlar la ganancia o pérdida de calor del ambiente en donde se encuentre instalado, el calor fluye ya sea por conducción o convección superficial a través de su masa. El doble vidrio permite aumentar en un 10% el área de vidrio de un ambiente sin aumentar la pérdida o ganancia de calor con respecto a la aplicación de un vidrio simple. También

permite reducir en un 50% las pérdidas y/o ganancias de calor producido por los sistemas de aire acondicionado y/o lo admitido por radiación solar a través de las ventanas.²⁴

En los años 90 se produjo una verdadera revolución en el mercado mundial del DVH Doble Vidrio Hermético con la aparición del vidrio de baja emisividad, también denominado vidrio Low-E²⁵, su empleo permitió alcanzar el aislamiento térmico que se obtenía con un triple vidriado con dos cámaras de aire. Su principal aplicación se dio en unidades de DVH en la arquitectura residencial y posteriormente se empleó en obras de arquitectura corporativa e institucional. Entre otras obras, los vidrios de baja emisividad hoy son utilizados en obras de vivienda y en edificios significativos como la nueva terminal del aeropuerto de Ezeiza, la ampliación del Banco Central de la República Argentina, el Malba (Museo de Arte Latinoamericano), entre otros muchos ejemplos.

b) Vidrio Aislante.

El vidrio aislante consiste en dos o tres laminas de vidrio separadas por una o dos cavidades herméticamente selladas. Ambas hojas de vidrio están conectadas y sujetas por medio de un espaciador. El aislamiento térmico de este sistema es superior y está lejos de solo hojas de vidrio. Las cavidades también pueden usarse para varios aditivos funcionales o decorativos.

Aspectos Técnicos.

Las cavidades en el vidrio aislante están llenas con aire o, para un mejor aislamiento se emplean gases, como el argón o criptón. El aislamiento puede mejorarse por medio de una baja emisividad cubriendo el lado de la cavidad de la hoja de vidrio interna.

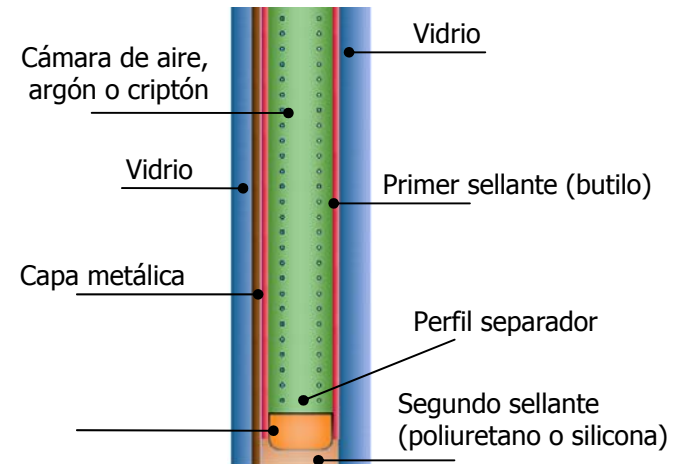


Imagen No. 18. Unidad de Vidrio Aislante.

²⁴ URL. Vitro S.A. de C.V. http://www.vitro.com/cristal_glass/espanol/DetProd_560_568_569_570_585_590.htm

²⁵ Low-E es el término abreviado en inglés de "low emissivity", en castellano baja emisividad que se emplea para denominar genéricamente a los vidrios de baja emisividad.

Una capa muy delgada, normalmente consiste en una lámina coloreada de plata que minimiza el intercambio de calor entre la hoja de vidrio interna caliente y la hoja de vidrio exterior más fría mientras aumenta la resistencia térmica (ver imagen no. 18). Todavía otro método para mejorar el aislamiento trae consigo la creación de un vacío en la cavidad, pero esta técnica necesita el refinamiento extenso como los tableros de vidrio que tienen una tendencia a fracturarse bajo la presión creada.

Los aditivos funcionales a la cavidad son típicamente para propósitos de absorción de calor. El vidrio aislante está disponible con cavidades que contienen persianas de aluminio ajustables, el vidrio o tubería plástica y una variedad de mallas metálicas. Tales aditivos no sólo son funcionales, a menudo son muy decorativos también.

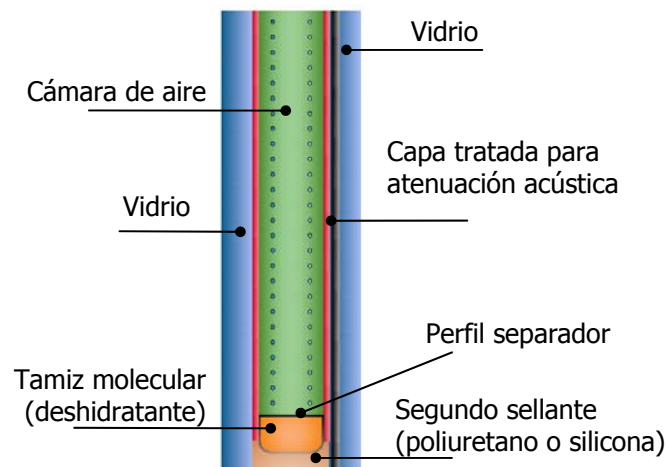


Imagen No. 19. Unidad de Vidrio Acústico.

c) Vidrio acústico

Es aquel vidrio que permite controlar la intensidad de la penetración del ruido a un espacio determinado. Por efecto de masa, un vidrio grueso presenta un índice de aislamiento acústico mayor que uno de poco espesor. En el caso del vidrio laminado su efecto amortiguador del ruido varía según el rango de frecuencias considerado y el espesor del PVB empleado en su fabricación, en la práctica brinda un nivel de atenuación del ruido para los rangos de frecuencia de la voz humana y del tránsito automotor. En el caso del vidrio doble la atenuación acústica depende esencialmente del espesor y de las características de los vidrios empleados en su fabricación, la cámara de aire contribuye a incrementar la capacidad de aislamiento solo cuando su espesor es del orden de 50 a 200 mm. Debe considerarse siempre que uno de los cristales del conjunto deberá ser un 30% mayor en masa que el segundo a fin de contener el paso adecuado de la frecuencia de ruido. Ver imagen no. 19.

POR SU COMPOSICIÓN

También existe otra clasificación con respecto a su composición química del vidrio, por motivos de interés a este trabajo de investigación no es relevante, sin embargo se sintetiza una tabla donde se observa el porcentaje de cada elemento que conforman los diferentes tipos de vidrio.

| | Sódico - Cálculo | | Plomo | | Borosilicato | | Sílice | |
|----------------|------------------|---|-----------|--|--------------|--|---------|-----------------------------|
| Sílice | 70 – 75 % | Vidrio transparente, económico y de fácil elaboración, colocado en las ventanas de los edificios. | 53 – 68 % | Vidrio algo transparente, con excelentes propiedades aislantes, gran capacidad de absorción de rayos UV, cuenta con óptimas propiedades ópticas. | 73 – 82 % | Tiene alta resistencia al choque térmico, existen de baja expansión, de baja pérdida eléctrica | 96 % | Conocido como Vidrio cuarzo |
| Sódico | 12 – 18 % | | 5 – 10 % | | 3 – 10 % | | - | |
| Potasio | 0 – 1 % | | 1 – 10 % | | 0.4 – 1 % | | - | |
| Calcio | 5 – 14 % | | 0 – 6 % | | 0 – 10 % | | - | |
| Óxido de Plomo | - | | 15 – 40 % | | - | | - | |
| Boro | - | | - | | 5 – 20 % | | - | |
| Aluminio | 0.5 – 3 % | | 0.2 % | | 2 – 3 % | | 3 – 4 % | |
| Magnesio | 0 – 4 % | | - | | - | | - | |

Tabla No. 3. Clasificación de tipos de vidrio por su composición química.

Aditivos para vidrio.

El vidrio esta hecho de varios ingredientes minerales, después de que estos se han fundido, se enfrían para formar un material sólido libre de cristalización. Es esta ausencia de la estructura cristalina la que da transparencia al vidrio.

Desde la antigüedad, el ingrediente básico de vidrio ha sido arena, o sílice. El cuarzo también fue probado, pero esto producía un producto con menos transparencia. La sílice se funde a 1700 °C, una temperatura que sólo puede lograrse con el consumo de demasiada energía. Este punto de fundición puede reducirse a través de la suma del carbonato sódico o magnesio. En Europa Occidental, la potasa que se obtiene quemando haya o madera de roble se usó originalmente para este propósito. La ceniza de madera fue lixiviada y se redujo por evaporación, dejando mientras una sal castaña que se agregó al cuarzo o arena. Se necesitaron cantidades enormes de madera para este método de producción del vidrio para generar pequeños rendimientos de potasa. En el siglo XVII, el químico alemán Johann Rudolf Glauber produjo una sal que hizo posible evitar el laborioso proceso de extracción de la potasa. Sin embargo, por su alto costo esto nunca se usó a gran escala para la producción de vidrio. El carbonato de sodio era originalmente hecho de la sosa natural, un derivado de la sal común, pero el gran inconveniente era la disponibilidad limitada de la sosa natural. El primer carbonato de sodio artificial se desarrolló por el cirujano francés Nicolás Le Blanc en 1790, pero no fue hasta 1885 que el químico belga, Ernest Solvay, logro una máxima producción de carbonato de sodio.

Además del carbonato de sodio, se le agregó el carbonato de calcio a la mezcla para hacer el vidrio suficientemente duro. La suma de fragmentos de vidrio (seleccionados) tiene un efecto positivo en el proceso de fundición, cuando estos ayudan a conducir el calor de los quemadores en la mezcla. Otros aditivos dan las propiedades del vidrio específico a su uso intencional. Éstos incluyen boro silicato, germanio, fósforo, arsénico y metales u óxidos de metal.²⁶

La arena típicamente contiene cantidades pequeñas de óxido férrico que imparte una descolocación muy ligera al vidrio. Esto puede neutralizarse a través de la suma de sustancias tales como la potasa, arsénico y carbono. Si un vidrio totalmente transparente se requiere, la arena puede filtrarse de antemano. Si, por otro lado, un tinte específico se desea, se agregan los compuestos metálicos a la mezcla. Una gama amplia de colores pueden obtenerse de esta manera. La Biblioteca de Will Alsop Peckham ha demostrado cómo pueden ser usados tales colores con un efecto fino. Un método alternativo para el vidrio coloreado está impreso en pantalla.

²⁶ COMPAGNO, Andrea, et al., Translucent Materials, Edition Detail, 2004, pp.14.

CAPITULO III. PROCESOS DE FABRICACIÓN.

La base de la tecnología del vidrio utilizado en la arquitectura es, conocer su resistencia al fluir como un líquido (viscosidad), puesto que las principales propiedades de hoy le son exigibles se logran a través de un proceso de ablandamiento por medio del calentamiento, es decir que al modificar su viscosidad, se le pueden incorporar propiedades que su estado vítreo no lo otorga de forma natural.

Estas aportaciones se desarrollan de diversas aplicaciones, ya sea en capas adheridas a su masa, cambios de su forma, o el incremento de su resistencia, mantenido su estado vítreo.

El vidrio flotado es elaborado a partir de una mezcla de materias primas que se dividen en cuatro grupos según la función que desempeñan en su formación²⁷:

| Materia Prima | | | Porcentaje |
|---------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------|
| 1 | Vitrificante | Sílice (arena) | 70 % |
| 2 | Fundente | Carbonato de Sodio (Sosa) | 18 % |
| 3 | Estabilizante | Carbonato de Calcio (Caliza) | 10 % |
| 4 | Componentes Secundarios ²⁸ | Alúmina, óxido de hierro, germanio. | 2% |

Tabla No. 3. Materias primas para la fabricación del vidrio.

Los elementos citados en el Tabla no. 1 son vertidos en un horno de fusión que lleva la mezcla a 1,600 °C, que posteriormente se reduce a 1, 050 °C (punto de trabajo), donde es vertida en un baño de estaño²⁹ dentro de la cámara de flotado,

²⁷ NAVIA, Parodi Ana María. Tecnología del vidrio. UNAM. Octubre 2002, pp. 70.

²⁸ Componentes Secundarios. Son otras sustancias que modificarán su aspecto y sus propiedades. Estos componentes serán molidos y mezclados, para fundirlos después a temperaturas de más de 1,500 °C en un crisol de tierra refractaria.

cuya atmosfera es controlada, para dar el espesor y el tamaño a la lámina de vidrio. Así como avanza el vidrio fundido, este va perdiendo temperatura hasta salir de la cámara de flotado a una temperatura de 600 °C, pasando a otra cámara de enfriamiento controlado con aire forzado, extendiéndose donde sale la lámina continua que es cortada automáticamente y almacenada para su distribución. Dicho procedimiento se puede observar en la imagen no.20.

Las dimensiones de la lámina varían según el país donde se desarrolle esta tecnología (ver tabla no. 5), así como el caso de México, donde existen empresas como Saint- Gobain, Vitro que cuentan con sus propios formatos (ver tabla no. 4).

| Empresa | Medida máxima utilizando un vidrio recocido | Medida máxima utilizando un vidrio templado | Medida mínima |
|----------------|--|--|----------------------|
| Vitro | 2.30 x 3.50 m. | 2.20 x 3.50 m. | 0.30 x 0.30 m. |
| Saint – Gobain | 2.60 x 3.60 m. | - | - |

Tabla No. 4. Medidas de láminas de vidrio.

| País | Medida máxima utilizando un vidrio |
|-------------|---|
| México | 1.80 x 2.60 m. |
| EU | 3.30 x 2.44 m. |
| Europa | 3.21 x 2.25 m. |

Tabla No. 5. Medidas de láminas de vidrio.

²⁹ La atmosfera en el interior esta constituida por 94 % de nitrógeno y 6% de hidrogeno para prevenir la oxidación del estaño y que el vidrio se manche. Manual del vidrio en la Construcción, pp.42.

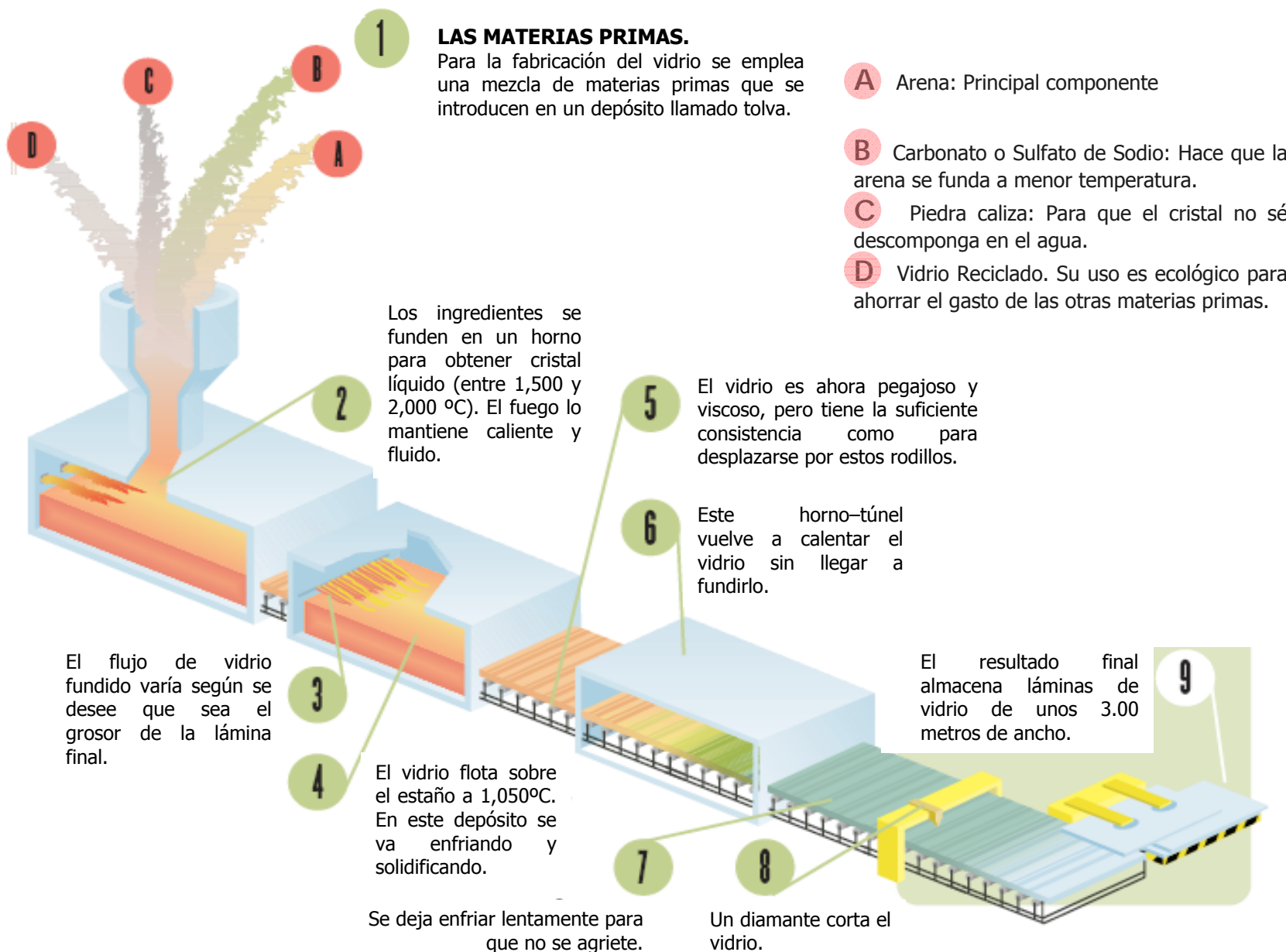


Imagen No.20. Proceso de Fabricación del vidrio. <http://aula2.elmundo.es/aula/laminas/lamina1075889982.pdf>

A continuación se mencionan los procesos más representativos a los que se han sometido el vidrio después de su fabricación y así cumplir las expectativas de diseño y control solar que demanda la envolvente de un edificio.

Esmerilado

El grabado y el esmerilado son los métodos más antiguos del vidrio, desde antes de la era Cristiana, en ambas técnicas una lámina de vidrio era trabajada por medio del rayado. Hoy en día, esto se hace usando una aguja de acero ladeada con una rejilla de diamante. Para esmerilar, la aguja es vibrada para grabar. Ambas destrezas todavía son practicadas, pero debido a su carácter de intensiva labor no satisfacen la producción industrial y sólo se usa raramente en la industria de la construcción. Otra técnica es usándola en la producción del vidrio con dibujos coloreados, las hojas de vidrio son pintadas y luego son introducidas en un horno para que estas se fundan con el vidrio. El vidrio con dibujos se ha usado desde el siglo XIII, principalmente en edificios de la iglesia.

La práctica de fijar las hojas de vidrio en un marco guiado dio como resultado, obtener un máximo tamaño para las grandes ventanas góticas diseñadas por los arquitectos medievales. El guiar el vidrio con dibujos coloreados se uso hasta principios del siglo XX cuando experimentó su última aportación a la arquitectura de Arte Nouveau, el Wiener Werkstatte y el movimiento de las Artes y Artesanías. Víctor Harta, Josef Hoffman y Charles Rennie Mackintosh son sólo unos de los muchos diseñadores que consideraron el vidrio con dibujos coloreados como un componente esencial de la arquitectura.³⁰

Grabado.

Otro uso de trabajar el vidrio es la técnica del grabado (diseño decorativo), se aplica en varias fases con la ayuda del ácido fluorhídrico. En la industria de la construcción, el vidrio grabado fue especialmente popular en el siglo XIX y en la primera mitad del siglo XX. Hoy la técnica tiene todo pero desapareció y el vidrio grabado se ha suplantado eficazmente por el vidrio lavado con arena a presión. El resultado es comparable, pero el proceso consume menos tiempo. En este método, una lámina de vidrio es selectivamente cubierto con aceite adhesivo después de que las áreas descubiertas son rociadas a presión con un fino material abrasivo. Originalmente la arena fue usada, pero hoy en día en cambio el óxido de aluminio es más fino y se usa a menudo. Como con el vidrio grabado, lavado con arena a presión resulta una superficie mate.

Templado

El vidrio templado se produce mediante un sistema horizontal, donde es posible templar vidrios y cristales de 3.2 a 19 mm.

³⁰ COMPAGNO, Andrea, et al., Translucent Materials, Edition Detail, 2004, pp.13.

El proceso consiste en calentar una pieza de vidrio en forma gradual hasta llegar a una temperatura de 620°C y posteriormente enfriarla súbitamente con aire, consiguiendo con este método, un producto cuyas superficies se encuentran a compresión y su centro a tensión. Con esta distribución de esfuerzos se obtiene un vidrio cuyas características ópticas son iguales a las del vidrio común, pero con una resistencia mecánica cuatro veces superior a éste. Los vidrios templados tienen una resistencia al esfuerzo térmico, superior a la de los vidrios comunes, logrando soportar un diferencial de temperatura hasta de 250°C. Ver imagen no. 21.

Las características adquiridas bajo el proceso de templado hacen posible que la resistencia de una lámina de vidrio, no solo no se debilite aún y cuando ésta haya sido perforada, sino que además adquiera propiedades que le permitan trabajar como pieza estructural.

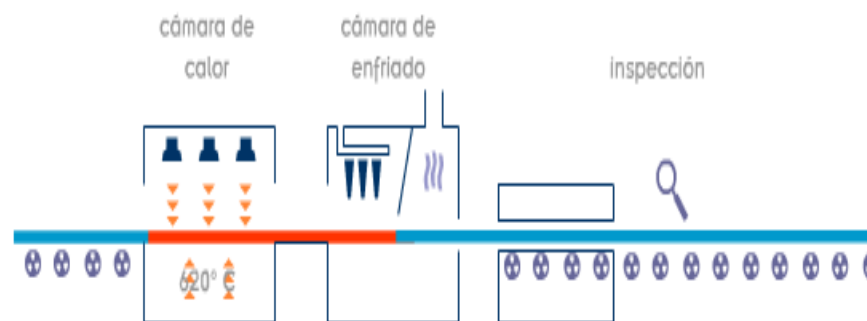


Imagen No. 21. Proceso de Templado del vidrio.
http://www.vitro.com/vidrio_plano_arquitectonico/espanol/SubFindex_1805.htm

Laminado

El vidrio laminado para la construcción se fabrica uniendo hojas de vidrio con polivinil entre cada una (PBV). Con el calor y la presión se eliminan las burbujas de manera que tenga la apariencia óptica de una sola hoja de vidrio. Si el vidrio laminado se llegase a romper, los pedazos de vidrio roto quedan unidos a la lámina intermedia, evitando así posibles accidentes. Ver imagen no. 15 y 16.

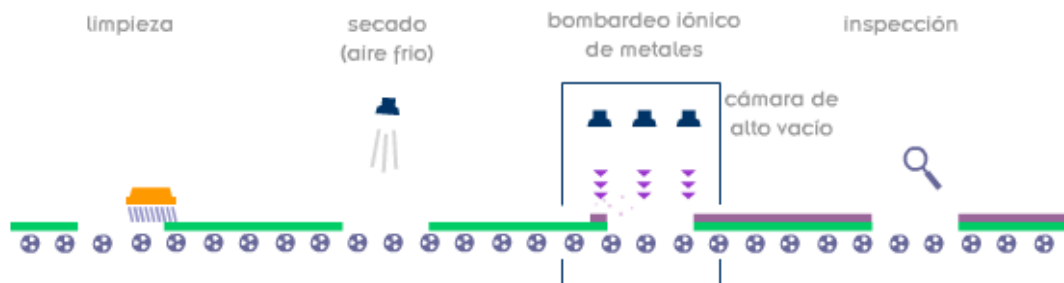


Imagen No. 22. Proceso Reflectivo del vidrio.
http://www.vitro.com/vidrio_plano_arquitectonico/espanol/SubFindex_1805.htm

Reflectivo.

El avance tecnológico ha permitido procesar el vidrio convencional para convertirlo en un producto de seguridad, en el caso de templado y laminado, y de control térmico. Ver imagen 22.

Espejo

Los espejos producidos por el vidrio plano son elaborados a base de vidrio flotado. Ver imagen No. 23.

El proceso de plateo asegura más profundidad y reflectividad. La durabilidad óptima se logra con mejores soluciones de cobre y pinturas sellantes que ofrecen la mayor protección contra la corrosión del medio ambiente. El vidrio plano produce espejos en los siguientes espesores y tamaños de lámina. Ver Tabla no.6.

| Espesor | Dimensiones (metros) |
|----------|--------------------------------|
| 2.00 mm. | 1.60 x 1.80 m. |
| 3.00 mm. | 1.80 x 2.60 m y 1.80 x 2.40 m. |
| 4.00 mm. | 1.80 x 2.60 m y 2.30 x 2.60 m. |
| 5.00 mm. | 1.80 x 2.60 m y 2.30 x 2.60 m |
| 6.00 mm. | 1.80 x 2.60 m y 2.30 x 2.60 m |

Tabla No. 6. Dimensiones que se obtienen.

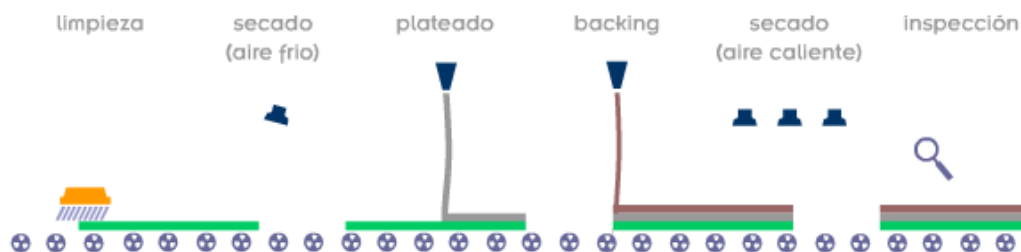


Imagen No. 23. Proceso de Espejo del vidrio.

http://www.vitro.com/vidrio_plano_arquitectonico/espanol/SubFindex_1805.htm

Pirólítico

Este tipo de vidrio con recubrimiento reflejante puede someterse a diferentes procesos sin alterarse. El vidrio se produce dentro de la misma línea de flotado, depositando vapores químicos sobre la superficie del vidrio a altas temperaturas. Los gases forman una capa reflejante de alta durabilidad de color plata. Ver imagen no. 24.

Este proceso incorpora al vidrio un recubrimiento que al ser reflejante rechaza hasta 54% del calor incidente, permitiendo la entrada de luz hasta un 40%, y al mismo tiempo se elimina el 80% de los rayos ultravioleta que inciden al vidrio.

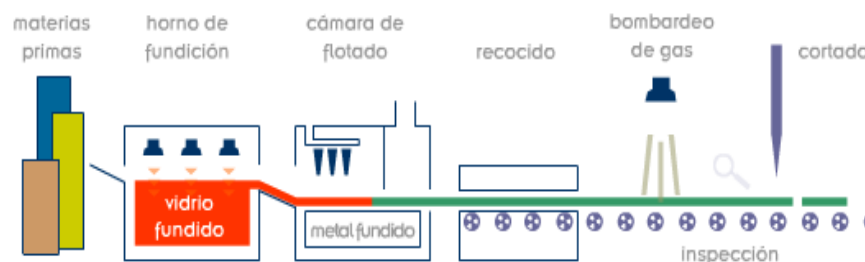
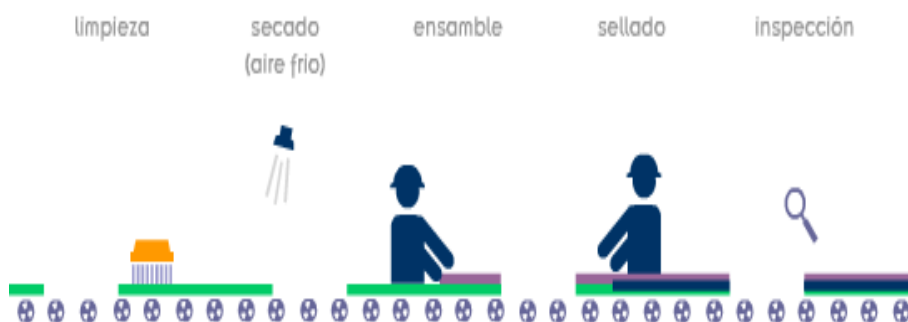


Imagen No. 24. Proceso Pirólítico del vidrio.

http://www.vitro.com/vidrio_plano_arquitectonico/espanol/SubFindex_1805.htm

Este vidrio es ideal para emplearse en fachadas y edificios donde se desee una máxima visión hacia el exterior, y buena iluminación en el interior, aunque se sigue incurriendo en la utilización de equipo de aire acondicionado y en el correspondiente gasto de operación.

Módulo de Vidrio (Doble)



Una vez cortadas las hojas de vidrio éstas se lavan y se secan de forma automática. Con el perfil separador necesario para un espesor de cámara de aire determinado, el cual forma un marco adecuado al tamaño de la pieza de los vidrios.

El perfil separador se rellena con un tamiz molecular deshidratante, para evitar que se produzcan condensaciones en el interior de la cámara.

Imagen No. 25. Proceso del módulo de vidrio.

http://www.vitro.com/vidrio_plano_arquitectonico/espanol/SubFindex_1805.htm

El montaje de las piezas se efectúa con la ayuda de un cordón de butilo, que al mismo tiempo tiene la función de primer sellante.

Finalmente se inyecta un segundo sellante entre el borde exterior del marco separador y los bordes de los dos vidrios, obteniendo así una barrera hermética que proporciona la total estanqueidad de la cámara.
Ver imagen no. 25.

El uso de estos módulos reduce en forma considerable el calor durante el verano y evita la pérdida del mismo durante el invierno, así como la molesta condensación que se forma en las ventanas durante esta temporada.

CAPITULO IV. MÓDULOS DE VIDRIO AISLANTE.

Los módulos de vidrio (doble) están conformados por dos láminas de vidrio unidas por un separador de aluminio que componen un espacio de aire hermético. Las esquinas del separador son dobladas para lograr un marco continuo que evita posibles filtraciones de humedad. Una alternativa para reducir la transmisión de calor por conducción es inyectar gas argón, o algún otro gas noble, en el espacio de aire, ya que éste conduce menos calor que el aire del ambiente. Ver imagen no. 26.

4.1. Cámara de aire

El aislamiento térmico es la principal característica de estos módulos. La amplitud del espacio de aire determina el grado de aislamiento térmico, llegando a su nivel óptimo cuando se utiliza una separación de 12.0 - 12.7 mm. Los vidrios de color, reflejantes o laminados pueden incorporarse al módulo para conseguir un mejor control de la radiación solar.

Este tipo de módulos nos trasmite luz y visibilidad, al mismo tiempo reduce el flujo de energía que atraviesa el vidrio, disminuyendo el coeficiente de transmisión energética K de 5.0 Kcal/h m² °C -con una lámina monolítica- hasta 2.4 Kcal/h m² °C.

Estos módulos también tienen propiedades de aislamiento acústico, si el problema es el ruido.

4.2. Cámara de aire con gas Argón

Al llenar con algún tipo de gas la cámara del módulo de vidrio aislante se obtiene mejores características de este con respecto al sistema estándar con cámara de aire, por ejemplo:

a) EL AISLAMIENTO TÉRMICO:

Mediante el llenado de la cámara con gases de menor conductividad térmica que el aire, es posible reducir el valor K, dependiendo del sistema, en más de 0.3 w/m²k.

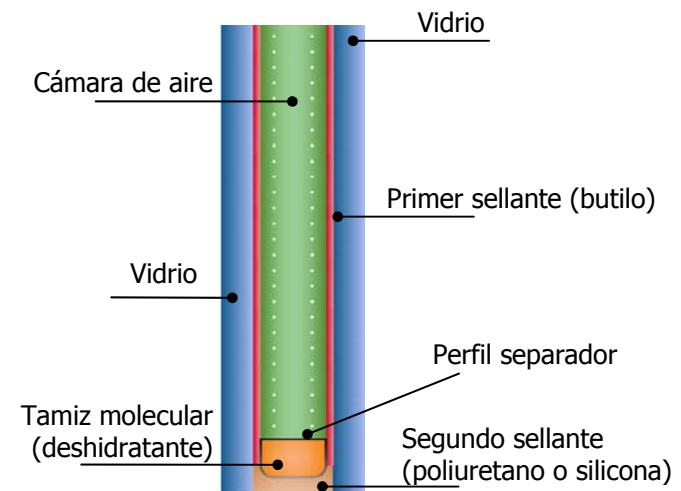


Imagen No. 26. Doble vidrio hermético

b) EL AISLAMIENTO ACÚSTICO:

Mediante la elección correcta de la cantidad y calidad de la mezcla gaseosa y con un sistema de montaje adecuado, la mejora del aislamiento acústico alcanzable es del orden de 3 dB.

c) LA FUNCIÓN PROTECTORA PARA CAPAS DE ÓXIDOS METÁLICOS:

Gracias a que el relleno, a diferencia del aire, se efectúa con gases químicamente puros, se cumple además una función protectora para los vidrios recubiertos con capas metálicas.

Con la finalidad de maximizar el rendimiento de estas tres funciones principales del relleno de gas, es necesario tener en cuenta ciertos criterios en la elección del gas y del conjunto del sellante.

El Vidrio Aislante que contiene gas argón (SF6) y mezclas de estos gases con el aire en la cámara aislante y/o otros gases³¹ a condición que su durabilidad sea demostrada y que respeten las prescripciones propias de la Norma.

Conceptos específicos para este tipo de módulos deberán valorarse para determinar la calidad del producto final:

- Concentración de Gas. Determinación de los valores límites.
- Fuga de Gas. Cálculo del % que se escapa en un tiempo determinado.

La cámara del módulo de vidrio aislante tiende a una vida útil de 25 años aproximadamente. Durante este periodo de tiempo se pretende que no aparezca formación de condensación en el interior de la cámara y que las propiedades aislantes, tanto térmicas como acústicas, permanezcan inalterables.³²

En el caso de la cámara de aire, por ser esta la más utilizada, se tiene conocimiento que una correcta aplicación de los materiales que la conforman, hacen que el módulo de vidrio doble no pierda sus propiedades.

En la tabla siguiente se detallan las características más importantes de los distintos gases que pudiesen involucrarse en las cámaras del módulo de vidrio aislante:

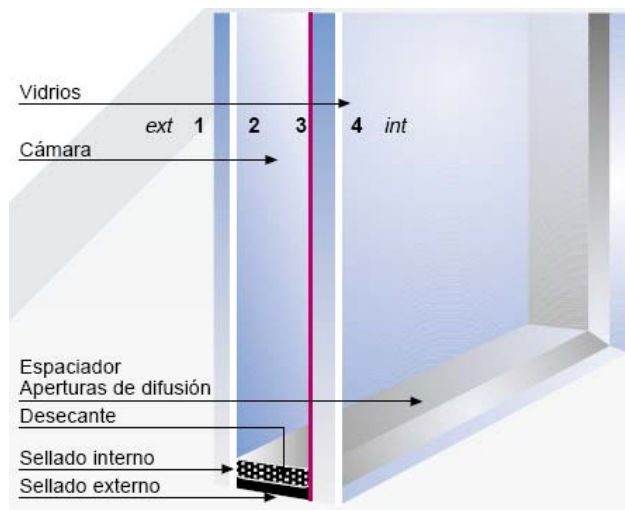
³¹ Los otros gases pueden necesitar ensayos suplementarios en lo que concierne a la durabilidad y a los valores máximos de la fuga de gas.

³² URL: Construmática. http://www.construmatica.com/construpedia/Vidrio_en_Fachadas_Ligeras

| Tipo de Gas | Peso Atómico / Molecular | Punto de Ebullición | Conductividad Relativa al aire | Naturaleza Inerte | Toxicidad |
|------------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|-----------|
| Aire | 28 / 32 | 196 / 183 | 1 | Si | No |
| Argón | 40 | 186 | 0.68 | Si | No |
| Hexafluoruro de Azufre (SF6) | 146 | 64 | 0.52 | Si | No |
| Helio (He) | 4 | 269 | 5.81 | Si | No |
| Criptón (Kr) | 84 | 152 | 0.36 | Si | No |
| Neón (Ne) | 20 | 246 | 1.91 | Si | No |
| Dióxido de Azufre (SO2) | 64 | 10 | 0.37 | No | Si |
| Dióxido de Carbono (CO2) | 44 | 79 | 0.64 | No | No |

Tabla No. 6. Diferentes tipos de gases posibles a aplicarse en las unidades de vidrio. Construmática.
http://www.construmatica.com/construpedia/Vidrio_en_Fachadas_Ligeras

4.3. Cámara de aire con una capa metálica (plata)



Es un módulo de vidrio aislante de baja emisividad, frena considerablemente la Transmisión Energética.

En estos vidrios se depositan varias capas metálicas sucesivamente con alto contenido en plata, dando como resultado un vidrio transparente e incoloro como el vidrio flotado original. Ver imagen 27.

El espesor de estas capas es de millonésimas de milímetro. Un vidrio al que se le aplica una sola capa de plata de este espesor no sería transparente. Para una correcta aplicación de las capas metálicas, los vidrios deben haberse

Imagen No. 27. Módulo de Vidrio Aislante de baja emisividad.
http://files.vidresif.com/documentacio_tecnica/fitxes_producte/vidre_aillant.pdf

lavado y secado de forma automática. Después pasan por varias cámaras de alto vacío, donde se aplican las diferentes capas según el método de pulverización catódica.

El campo magnético empleado para mejorar la calidad de las capas aplicadas recibe el nombre de "Proceso Magnetron". Al finalizar este proceso, las lunas con capas metálicas se apilan y se preparan para el transporte.

Deben estar embaladas y almacenadas puesto que con este elemento (plata) resulta un material sensible, que no pueda reaccionar con la humedad ambiental.

Así actúa.

A través de la envolvente de un edificio es donde se presenta la mayor pérdida de energía. Para reducir esta pérdida se hace imprescindible la instalación de vidrios de baja emisividad que reducen notablemente el coeficiente de Transmisión Térmica.

La pérdida de energía a través de un vidrio con capa metálica se reduce un 70% con relación a un vidrio convencional ya que la capa metálica evita casi totalmente ese intercambio de energía, permaneciendo el calor en el interior cuando en el exterior hace frío.

Utilizando capas de este tipo de vidrio se puede alcanzar un coeficiente de aislamiento equiparable a un muro de ladrillos de más de 30 cm. de espesor y, sin embargo, por su alta transparencia, no se distingue visualmente de los vidrios aislantes tradicionales.

Debe colocarse de forma que la capa metálica esté situada en el vidrio interior y orientado hacia la cámara de aire. Solamente de esta forma se consigue que las 2/3 partes de las radiaciones solares sean aprovechadas en el interior del espacio. La energía solar permanece en el interior después de transformarse en calor, actuando de esta forma como una calefacción gratuita. Ver imagen no. 27

Cuando hace frío, el vidrio simple o dobles sin capa metálica, la temperatura superficial en la cara interna del vidrio es mucho más baja que la temperatura del lugar, por lo que se trata de evitar acercarnos a las ventanas, donde se percibe el frío. Con este vidrio la temperatura superficial del vidrio aumenta cuando el Coeficiente Térmico K disminuye.

El módulo de vidrio aislante esta diseñada para zonas expuestas a los rayos solares. Se produce con capas metálicas, además de un alto contenido en plata, incorpora otros óxidos metálicos que aumentan su poder de reflexión. Debe montarse de forma que la superficie con capa metálica se encuentre en el interior de este módulo.

Esta capa evita también el intercambio de radiaciones térmicas entre los dos vidrios, reduciendo así la transmisión de calor a través del vidrio. Además, consigue reducir la entrada de energía solar al interior del edificio, disminuyendo considerablemente el llamado Factor Solar³³. Este tipo de capa metálica hace que solamente la mitad de la energía solar entre en el interior del edificio.

4.4. Cámara de alto vacío (magnetron)

Este vidrio tiene depositada en una de sus caras una capa metálica que le confiere propiedades de reflexión y control solar.

Las unidades de control solar son un regulador importante cuando se quiere evitar el exceso de energía solar en el interior y al mismo tiempo ahorrar en climatización. Ver imagen no. 28.

Así actúa

La función es reducir la cantidad de energía solar en el interior del edificio, evitando el sobre calentamiento del espacio, reduciendo considerablemente el empleo de aire acondicionado.

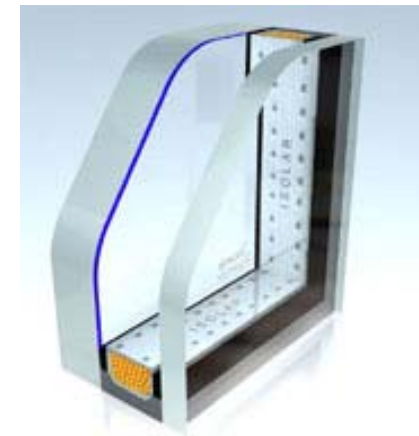


Imagen No. 28. Vidrio de control solar.
www.vitro.com

Se puede obtener un Factor Solar más bajo, ya sea por medio de una reflexión más elevada (vidrios reflectantes) y por una mayor absorción (vidrios absorbentes). Ver imagen no. 29.

³³ Factor Solar. Cantidad total de energía solar que atraviesa un vidrio, expresada en %.

Con un Factor Solar bajo se reduce la cantidad de energía solar no deseada en el interior de un espacio. Además, al mantener más uniforme la temperatura interior, este vidrio favorece el ahorro de energía.

Con la elaboración de éste tipo de unidades aporta una gama de variantes estéticas y técnicas, pudiéndolo combinar con vidrios de baja emisividad, acústicos o de seguridad.

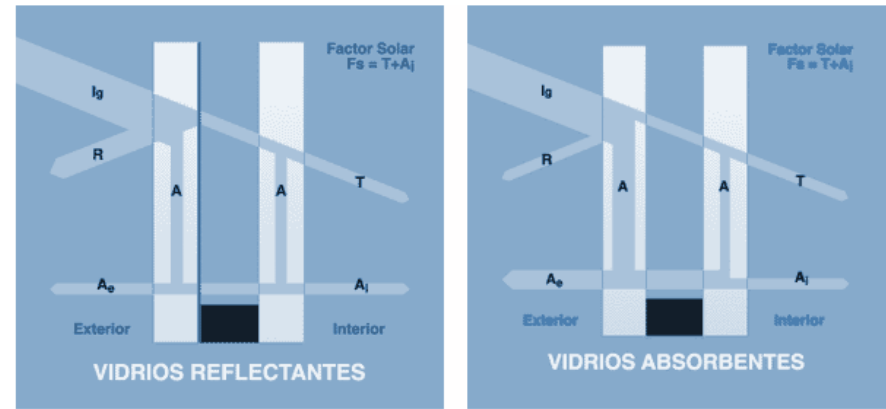
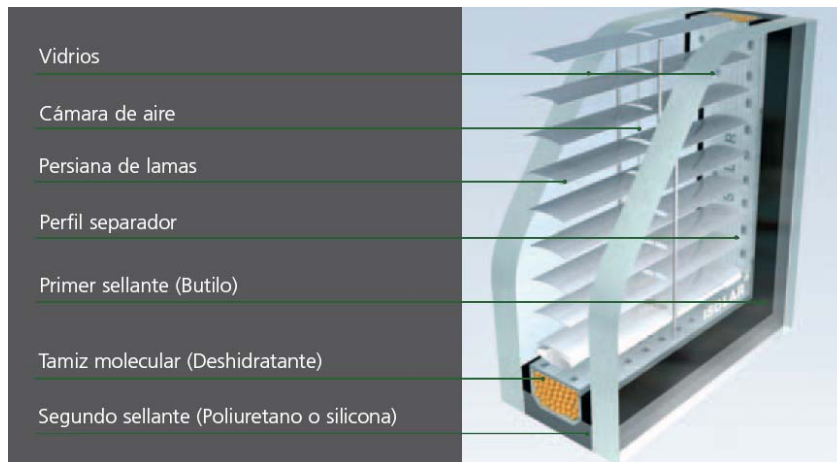


Imagen No. 29. Vidrios reflejantes y absorbentes. www.vitro.com

4.5. Cámara de aire con persianas de lama.



Es un doble acristalamiento altamente aislante que en el interior de su cámara hermética lleva perfectamente integrada una persiana de lamas con mecanismo eléctrico, que permite controlar en todo momento la luminosidad. Ver imagen no. 30.

Así actúa

Tiene la posibilidad de dirigir la posición de las lamas hasta conseguir el ángulo deseado para desviar los rayos solares. Al estar la persiana perfectamente integrada en la cámara hermética se evita así la posibilidad de envejecimiento.

Imagen No. 30. Módulo de vidrio con persianas en la cámara de aire. http://www.vitro.com/cristal_glass/docs/espanol/manuales/sunblind.pdf

4.6. Cámara de agua.

Otro tipo de tecnología consistente en un acristalamiento con una cámara de agua en circulación. En caso de que el cerramiento sea opaco al infrarrojo y al espectro visible, la capa de agua transporta toda la energía que proviene del sol. Ver imagen no. 31. Como resultado, se evita el excesivo gasto en aire acondicionado en verano y se mejora la sensación de confort en invierno.³⁴

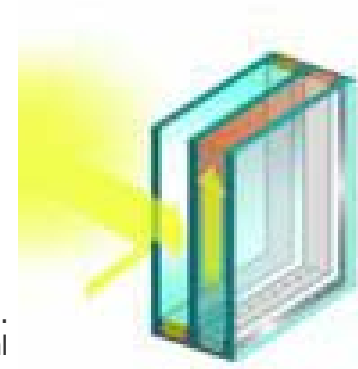


Imagen No. 31. Módulo de vidrio con cámara de agua en circulación.
<http://www.upm.es/canalUPM/notasprensa/Doc2007060401.html>

³⁴ URL: Universidad Politécnica de Barcelona. <http://www.upm.es/canalUPM/notasprensa/Doc2007060401.html>

Casi cualquier deformación del vidrio requiere que sea calentado primero en un horno hasta el punto de deformación es logrado a una temperatura aproximadamente de 630 °C, debido a su innato carácter quebradizo. A esta temperatura es plástico y puede amoldarse en absoluto en cualquier forma. Muchas deformaciones, limitan a la superficie del material (vidrio estampado) y aquéllos de una naturaleza tridimensional (vidrio perfilado), hoy se lleva a cabo inmediatamente después del vidrio básico el proceso industrial y antes de que el vidrio haya enfriado.

Características Mecánicas

Los módulos de vidrio incorporados en fachadas puede estar sometidos a esfuerzos mecánicos de diferentes tipos: axiales, torsiones, impactos y penetraciones.

La resistencia real de cada lámina de vidrio presenta una gran dispersión de resultados respecto la resistencia teórica debido a la importancia de los defectos microscópicos del material.³⁵

Los ensayos estadísticos proporcionan sin embargo los siguientes resultados de orientación:

- *Resistencia a compresión.* La rotura del vidrio a compresión es prácticamente imposible ya que su resistencia es muy elevada (10,000 daN/cm²³⁶).
- *Resistencia a tracción.* Los tratamientos térmicos a los que son sometidos los vidrio después de su proceso de fabricación son notables sobre esta propiedad: Por ejemplo el vidrio recocido tiene una resistencia a la tracción de 400 daN/cm², y ni que decir del vidrio templado con 1,000 daN/cm² de resistencia.
- *Resistencia a flexión.* En este caso se tiene una cara sometida a tensiones de tracción y la otra a tensiones de compresión. La resistencia a rotura será la de la resistencia menor, que es la de tracción: El vidrio recocido sin defectos visibles de igual forma tiene 400 daN/cm² de resistencia a flexión; el vidrio templado tiene una resistencia de 1,000 daN/cm².

³⁵ URL: Construmática. http://www.construmatica.com/construpedia/Vidrio_en_Fachadas_Ligeras

³⁶ 1 daN (decaNewton) equivale a 1 kg. de esfuerzo

- *Tensiones de trabajo admisibles según la posición de la lámina y el tipo de lámina.*

Las tensiones de trabajo admisibles en los diferentes tipos de vidrios, se expresan en daN/cm², como se observa en la tabla no. 7:

| Posición de la lámina de vidrio | Posición Vertical | Posición Inclínada | Posición Horizontal | Posición Horizontal |
|--|--|---|--|---|
| Tipo de Vidrio | Vidrio no sometido a tensiones permanentes | Vidrio sometido a tensiones permanentes | Vidrio sometido a tensiones permanentes (ambiente no húmedo) | Vidrio sometido a tensiones permanentes (ambiente húmedo) |
| Recocido | 200 | 150 | 100 | 60 |
| Templado | 500 | 375 | 250 | 250 |
| Semi – templado | 350 | 260 | 175 | 175 |
| Templado - Serigrafiado | 350 | 260 | 175 | - |
| Laminado | 200 | 150 | 100 | 100 |
| Colado recocido | 180 | 135 | 90 | 90 |
| Colado templado | 400 | 300 | 200 | 200 |
| Armado | 160 | 120 | 80 | - |

Tabla No. 7. Tensiones en diferentes tipos de vidrio. Construmática.
http://www.construmatica.com/construpedia/Vidrio_en_Fachadas_Ligeras

Otra manera de que el vidrio sufra algún tipo de deformación, a tal grado que llegue a fractura es por tensión térmica.

Cualquier tipo de vidrio instalado en una envolvente de un edificio esta sometido a la radiación solar y absorbe calor, eleva su temperatura y se dilata. Sin embargo la elevación de temperatura no es uniforme en toda su superficie, los bordes del vidrio están por lo general protegidos por los marcos de las ventanas, presentando una menor temperatura que en el centro. Como consecuencia se produce una dilatación diferencial entre el centro y sus bordes, por lo cual puede generar tensiones hasta producir su rotura por estrés térmico. Ver imagen no. 32.

Existen algunos factores que influyen en el estrés térmico como:

A. Material del marco.

- Tipo de marco. Si el marco es de un material de baja conductividad (calor), la temperatura de los bordes será menor y el estrés térmico será mayor.
- Color del marco. Los colores oscuros absorben más calor por lo que mantienen el borde más caliente y disminuyen el estrés térmico.
- Aislamiento del muro. Si el marco está térmicamente aislado del muro, los bordes del vidrio se calientan más rápidamente y el estrés térmico será menor.³⁷

B. Tipo de radiación solar que llega.

La intensidad de la radiación solar que incide sobre la superficie del vidrio, es de gran importancia en el desarrollo del estrés térmico, influenciado por: la ubicación geográfica del edificio, su orientación, la estación del año, la presencia de nubes y la contaminación atmosférica, entre otros factores.

C. Variación de la temperatura entre el día y la noche.

La variación de temperatura del centro del vidrio acompaña la variación de temperatura del ambiente, pero la temperatura de los bordes varía lentamente (por el efecto de retardo que crea el marco), generando tensiones térmicas excesivas.

D. Tipo de vidrio (absorción de calor).

Los vidrios de color absorben mucha más energía que los vidrios incoloros, por lo cual son muy susceptibles a sufrir estrés térmico, deben analizarse los diferentes tipos de vidrios térmicamente tratados. En el caso de los módulos de vidrio, se debe considerar la elevación de temperatura que se produjera en el interior de la cámara de aire, resultando un factor adicional de estrés térmico.

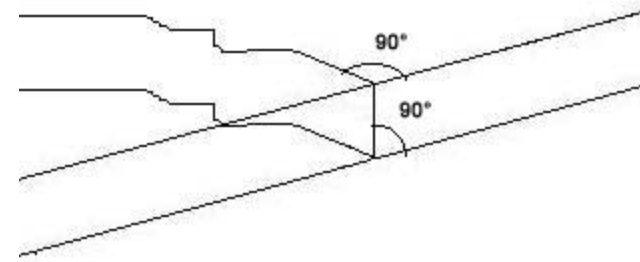


Imagen No. 32. Estrés térmico cerca del borde de la lámina del vidrio.
<http://www.arqcon.com.ar/pprof/ppestresstermico.htm>

³⁷ URL: Prevención de fracturas en vidrios por tensión térmica: <http://www.arqcon.com.ar/pprof/ppestresstermico.htm>

También debe tenerse en cuenta la tensión térmica en los vidrios laminados de control solar y los laminados de color. La colocación de láminas de control solar es un factor de incremento del estrés térmico.

El factor K del material de fijación y la sombra que recibe la lámina de vidrio determinan la temperatura de los cantos. La máxima tensión térmica se produce cuando una superficie igual o menor al 25 % de un paño está en sombra durante más de cuatro horas (sombra estática), o cuando el sector sombreado abarca más del 25 % del perímetro³⁸ (imagen no. 33).

E. Sombras externas.

Las sombras exteriores que se producen sobre la superficie del vidrio (producidas por árboles, columnas, edificios adjuntos, etc.) pueden generar tensiones térmicas al producir zonas de diferente temperatura.

F. Sombras internas.

Cortinas venecianas u otro tipo de sombras generadas en el interior del edificio, afectan la ventilación y libre circulación del aire en la cara interior del vidrio, además de poder irradiar la radiación hacia el vidrio e incrementar su temperatura aumentando la posibilidad de estrés térmico.

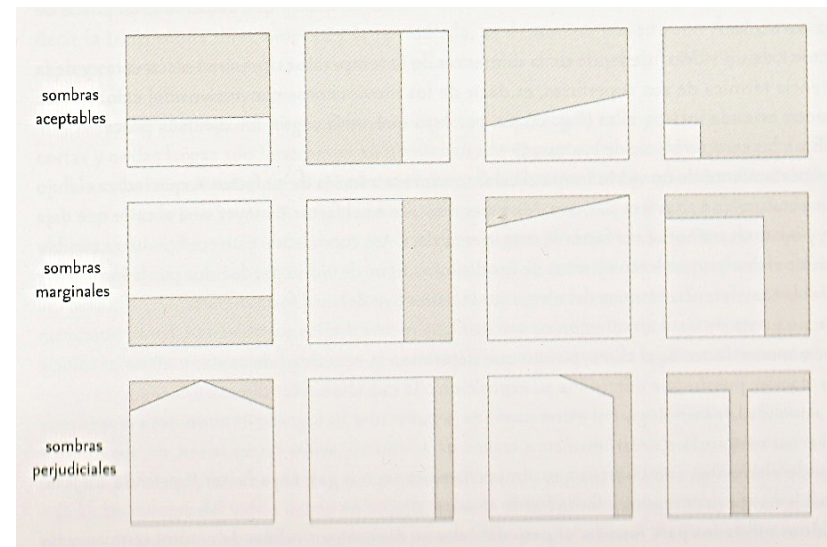


Imagen No. 33. Clasificación de la exposición a la sombra de una lámina de vidrio en función del fenómeno de estrés térmico.

Existen otros factores importantes como el tamaño y espesor del vidrio, porque entre más grandes sea su tamaño y espesor, es más difícil de manipular, cortar y colocar, provocando posibles imperfecciones en los bordes lo que se convierte en una causa potencial de fractura térmica.

³⁸ VÁSQUEZ, Zaldívar Claudio: El vidrio. Arquitectura y técnica, Ediciones ARQ Escuela de Arquitectura Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, pp. 60.

CAPITULO VI. SISTEMAS DE SELLADO, SUJECIÓN Y ANCLAJE DEL VIDRIO EN FACHADAS.

Los sistemas de anclaje y sujeción deben soportar el peso propio del vidrio y absorber los esfuerzos de flexión debido a las cargas de viento y los movimientos diferenciales, permitiendo la libre dilatación del vidrio y evitando en lo posible tensiones en él.

Dependiendo de la colocación que se le desee dar al vidrio y la estructura que esta lo soporte se consideran diversos factores primordiales que intervienen en el sistema de sujeción más conveniente a emplearse.

Se expondrás los diferentes sistemas de sujeción, debido a que representan uno de los elementos importantes de una fachada integral.

6.1 Mini arañas

Es un sencillo y efectivo el sistema de sujeción de placas de vidrio, tanto monolítico como laminado y doble acristalamiento, que permite realizar los más complejos y sofisticados diseños. Ver imagen no.34.

Puede constituir un tipo de fachada ventilada, en cuyo caso las juntas de separación entre los vidrios quedarían libres, o bien, un tipo de fachada cerrada. En este último caso, será necesario utilizar un sellante para cubrir las juntas de separación.

6.2 Sistema de soporte puntual o Sistema de arañas

El sistema puntual parte del principio de sujetar cada panel de vidrio de manera independiente. Los paneles de vidrio se sujetan por medio de conectores que permiten la flexión del vidrio.

La araña tiene varias funciones: mantiene las láminas de vidrio es en su lugar, soporta peso propio de las láminas, permite la unión del vidrio con otros vidrios o con la estructura, también genera fachadas curvas cilíndricas, esféricas o libres.

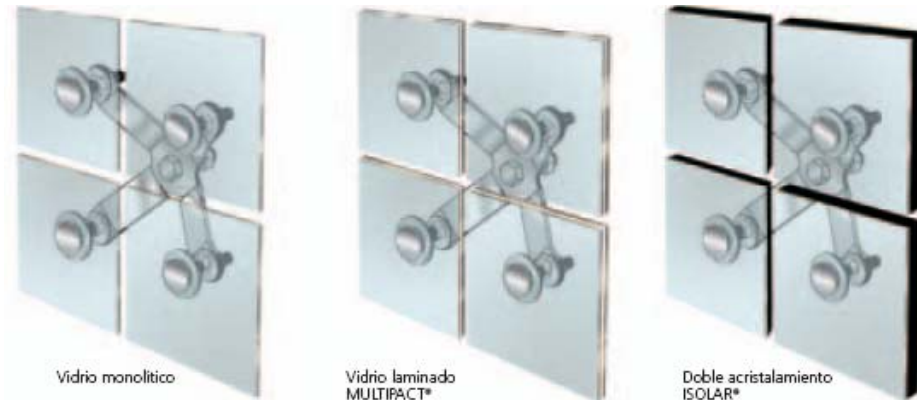


Imagen No. 34. Sistema de sujeción "arañas" aplicado a los diferentes tipos de vidrios.
http://www.vitro.com/cristal_glass/docs/espanol/manuales/Botonglass_2006.pdf

Permite un soporte flexible entre la estructura y el vidrio. La carga del viento se transmite por medio de las arañas a un soporte central que puede conectarse a la estructura de la obra, pared o techo, por medio de dos sistemas: a) Estructura; b) Una red de barras tensoras.

6.3 Anclajes articulados

El anclaje articulado, además de resolver el problema de los movimientos diferenciales entre la lámina de vidrio y la estructura portante y la flexión causada por la presión del viento, permite la realización de muros cortina o fachadas con vidrio curvado o también conseguir un efecto de curvatura mediante láminas planas para construir muros a fachadas curvas o en forma de cúpulas. Ver imagen no.35.

Para un mismo espesor de vidrio, con los anclajes articulados se podrán utilizar vidrios de mayores dimensiones.

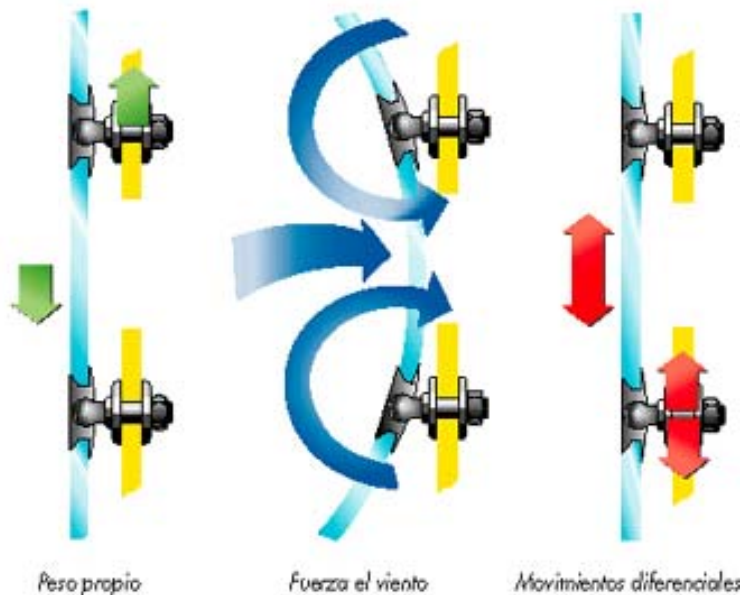


Imagen No. 35. Sistema de anclaje de articulación para fachadas de vidrio.
<http://img185.echo.cx/img185/5103/423a9vc.jpg>

6.4 Tornillos - rótulas

Los tornillos-rótula son piezas de acero inoxidable especialmente diseñadas para absorber las deformaciones por carga de viento que pudiera sufrir el vidrio ante condiciones meteorológicas adversas. Los tornillos-rótula se acoplan al vidrio con una precisión milimétrica. Los taladros realizados sobre el vidrio son avellanados para un mejor reparto de las tensiones.

Los tornillos-rótula se componen de una caja con tapa exterior, donde se introduce la cabeza de la rótula, dos arandelas de un material altamente aislante, una arandela tubular de aluminio que, al fijarse a la rótula y por la presión que ejerce, se deforma adaptándose a las rugosidades internas del taladro, arandelas y tuercas correspondientes. Ver imagen no.36.

Existen anclajes para vidrio convencional y vidrios con cámara, que permiten colocar módulos de vidrio de hasta 45 mm. de espesor.

6.5 Sistema de sujeción de placas

Se compone de unas piezas de metal especialmente diseñadas para aguantar el peso propio del vidrio y absorber las deformaciones del acristalamiento debidas al viento. Se puede utilizar para vidrios monolíticos, laminados, incluso para los módulos de vidrio.

Gracias al tipo de anclaje y a su adaptabilidad a cualquier tipo de estructura, con este tipo de sujeción se consigue crear una sensación de ligereza. Se puede concebir como fachada ventilada, manteniendo las juntas de separación entre los vidrios libres o como fachada cerrada, cubriendo las juntas de separación con un sellante.

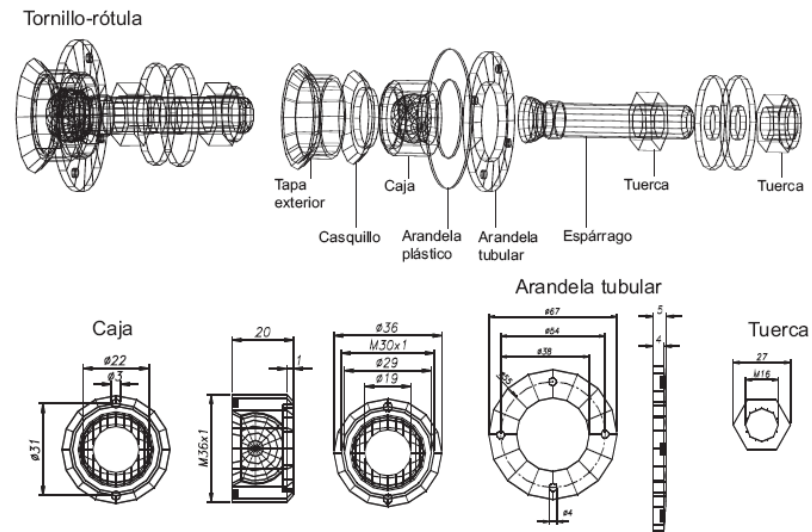
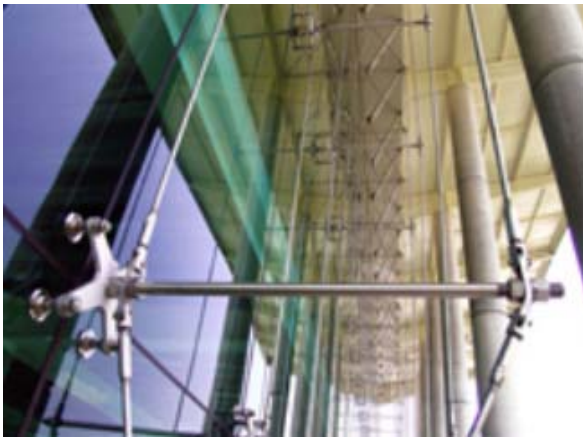


Imagen No. 36. Sistema de tornillo – rotula aplicado en fachadas de vidrio. http://www.vitro.com/cristal_glass/docs/espanol/manuales/Botonglass_2006.pdf

6.6 Sistema de sujeción libre con tensores



Es un sistema vanguardista de sujeción estructural para vidrio templado que no requiere perforaciones en el vidrio. Al no requerir barrenos ni saques en el vidrio, su instalación es práctica, rápida y con una considerable disminución de la posibilidad de errores en el vidrio.³⁹

El ajuste y alineación de los vidrios es más simple y eficaz, debido a que el vidrio no se encuentra ligado a una distancia de barreno. Construido en acero inoxidable. Ver imagen no.37.

El sistema puede trabajar con vidrio templado monolítico, templado o laminado con espesores desde 8mm., también módulos de vidrio más ancho que altos (proporción 2:1).

Imagen No. 37. Sistema con tensores en fachadas de vidrio. <http://kinetic.com.mx/productos.php>

³⁹ URL: Sistemas de anclaje: <http://kinetic.com.mx/indice.php?comando=ProductosS&Parent=Inicio&PreParent=Inicio>

Existen empresas dedicadas a la tecnología de los diferentes módulos de vidrios aislantes como Vitro, Saint Gobain, que de igual manera se enfocan a la investigación, elaboración de diversos tipos de vidrio, por motivos de esta investigación se presentan tablas comparativas de las propiedades ópticas y térmicas de los vidrios dobles o unidades de vidrio aislante, combinados con vidrios de baja emisividad, de control solar, laminados acústicos y de seguridad, vidrios templados, antifuego, entre otros.

| <i>Unidades Térmicas recomendadas</i> | <i>Gama de colores que se obtienen:</i> |
|---------------------------------------|---|
| Claro + Claro | Cristazul : Azul |
| Pyrasol + Claro | Filtrasol: Gris |
| Reflectasol + Claro | Tintex : Verde |
| Baja Emisividad + Claro | Tintex Plus: Verde Oscuro |
| Baja Emisividad + Color | Bitrosol: Bronce |

| Producto | Transmisión | | Reflexión | | | | CS | Valor U w/m ² °c | | CGCS | Ganancia Relativa W / M |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|----------|---------------|----------|------|-----------------------------|----------|------|-------------------------|
| | luz visible % | Calor Solar % | luz visible % | | Calor Solar % | | | Verano | Invierno | | |
| | | | Exterior | Interior | Exterior | Interior | | | | | |
| Transluz E + Claro | 53 | 35 | 10 | 16 | 8 | 15 | 0.52 | 2.08 | 1.89 | 0.45 | 345 |
| Low E + Claro | 71 | 50 | 18 | 17 | 15 | 13 | 0.69 | 2.14 | 1.96 | 0.59 | 453 |
| Claro + Transluz E | 52 | 35 | 13 | 13 | 11 | 14 | 0.75 | 2.16 | 1.89 | 0.64 | 488 |
| Tintex + Transluz E | 46 | 22 | 11 | 12 | 7 | 14 | 0.50 | 2.15 | 1.89 | 0.43 | 334 |
| Tintex Plus + Transluz E | 41 | 16 | 9 | 12 | 6 | 14 | 0.40 | 2.15 | 1.89 | 0.34 | 270 |
| Cristazul + Transluz E | 33 | 20 | 8 | 13 | 7 | 14 | 0.46 | 2.15 | 1.89 | 0.40 | 310 |
| Vitrosol + Transluz E | 32 | 22 | 8 | 12 | 8 | 14 | 0.51 | 2.15 | 1.89 | 0.44 | 336 |
| Filtrazol + Transluz E | 27 | 20 | 7 | 12 | 7 | 14 | 0.47 | 2.15 | 1.85 | 0.40 | 331 |
| Claro + Low E | 71 | 50 | 17 | 17 | 14 | 13 | 0.76 | 2.17 | 1.95 | 0.65 | 495 |
| Tintex + Low E | 62 | 31 | 14 | 16 | 8 | 12 | 0.51 | 2.20 | 1.95 | 0.44 | 340 |
| Tintex Plus + Low E | 54 | 23 | 11 | 15 | 6 | 12 | 0.41 | 2.21 | 1.96 | 0.35 | 276 |
| Cristazul + Low E | 44 | 28 | 9 | 16 | 8 | 2 | 0.47 | 2.20 | 1.95 | 0.41 | 316 |
| Vitrosol + Low E | 42 | 31 | 9 | 15 | 9 | 12 | 0.52 | 2.20 | 1.96 | 0.44 | 342 |
| Filtrazol + Low E | 37 | 28 | 8 | 815 | 8 | 12 | 0.48 | 2.20 | 1.96 | 0.41 | 317 |

Tabla no. 8. Diferentes combinaciones de los módulos de vidrio.




Estos módulos están conformados por un vidrio de 6mm.(ext.) + cámara de 12mm. + vidrio de 6mm (int.).

CS. Coeficiente de Sombreado. / Entre **menor** sea este valor, **mayor** es la eficiencia del vidrio.




Valor U. Coeficiente Total de Transferencia de Calor. / Entre **menor** sea este valor, **más** eficiente es el vidrio (menores serán las pérdidas térmicas).

CGCS. Coeficiente de Ganancia de Calor Solar. /Entre **menor** sea este valor, **más** eficiente es el vidrio para no dejar pasar el calor.




Rango para el **CS**

| | |
|---|--------------------|
|  | Alta. 0.60 – 0.69 |
|  | Media. 0.50 – 0.59 |
|  | Baja. 0.40 – 0.49 |

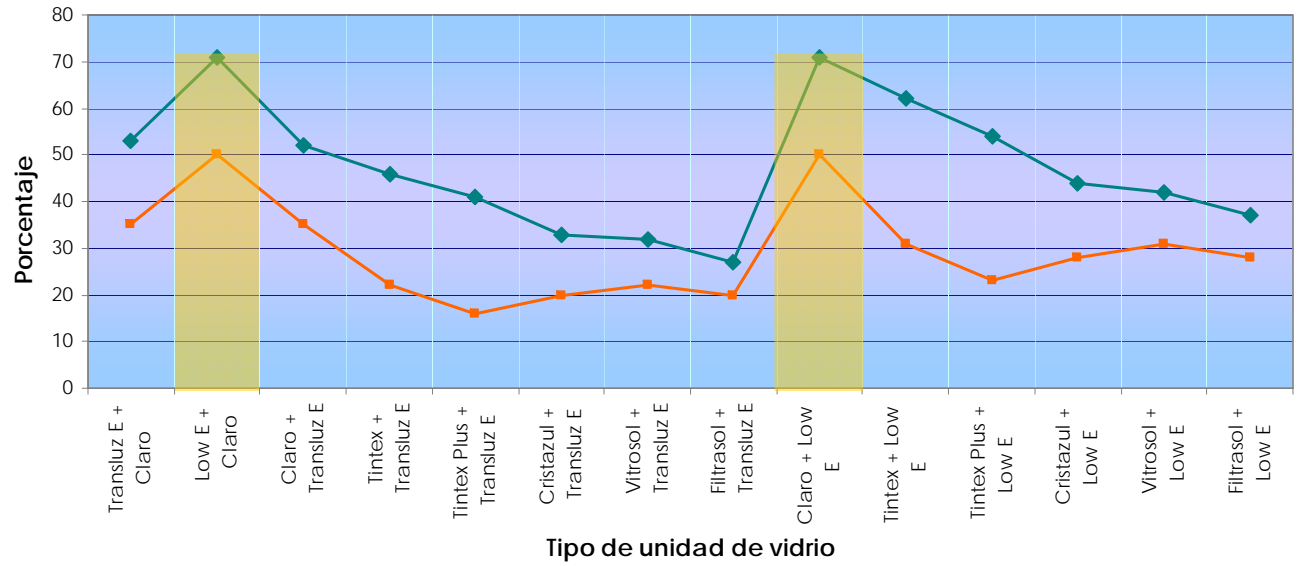
Rango para el **Valor U**

| | |
|---|----------------------------------|
|  | Alta. 2.20 – 2.29 / 1.96 – 1.99 |
|  | Media. 2.11 – 2.19 / 1.90 – 1.95 |
|  | Baja. 2.00 – 2.10 / 1.86 – 1.89 |

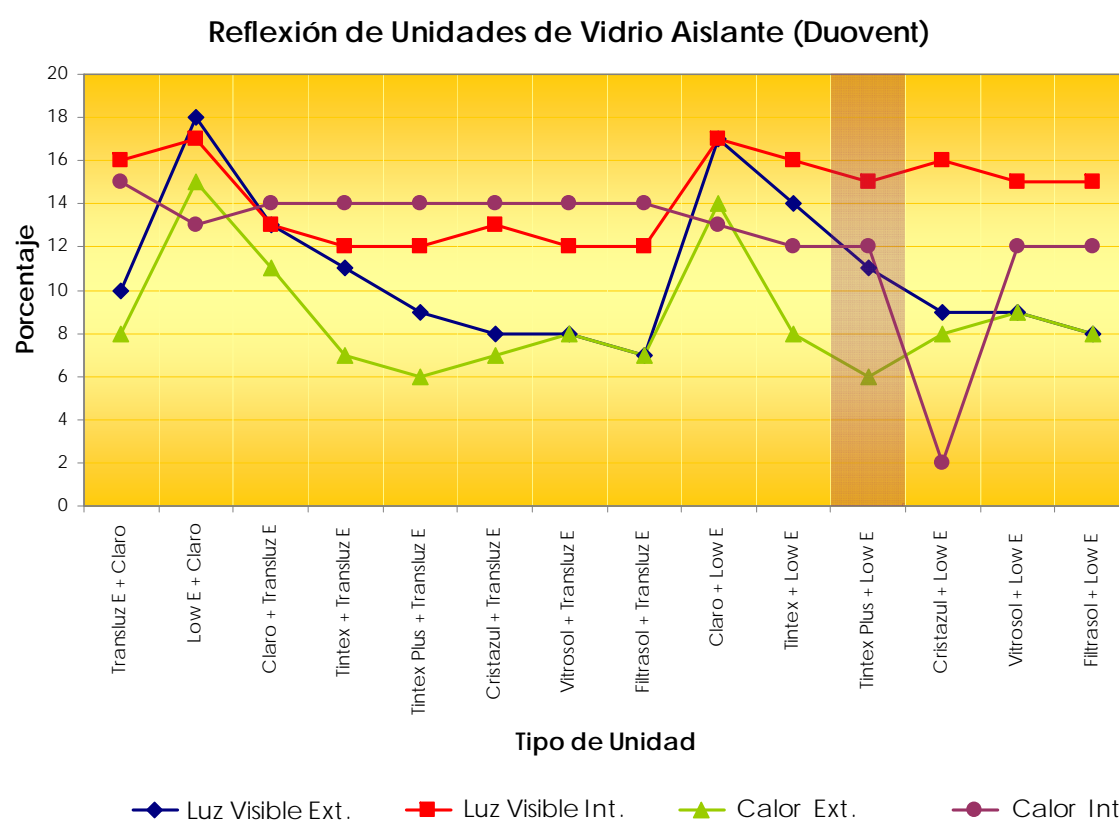
Rango para el **CGCS**

| | |
|---|--------------------|
|  | Alta. 0.50 – 0.59 |
|  | Media. 0.40 – 0.49 |
|  | Baja. 0.30 – 0.39 |

Transmisión de Unidades de Vidrio Aislante (Duovent)



Reflexión de Unidades de Vidrio Aislante (Duovent)



| Producto | Transmisión | | Reflexión | | | | CS | Valor U w/m ² °c | | SGCS | Ganancia Relativa W / M |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|----------|---------------|----------|------|-----------------------------|----------|------|-------------------------|
| | luz visible % | Calor Solar % | luz visible % | | Calor Solar % | | | Verano | Invierno | | |
| | | | Exterior | Interior | Exterior | Interior | | | | | |
| *Claro + Claro | 76 | 60 | 14 | 14 | 11 | 11 | 0.81 | 3.16 | 2.74 | 0.69 | 533 |
| *Tintex + Claro | 67 | 37 | 11 | 13 | 7 | 10 | 0.56 | 3.24 | 2.47 | 0.48 | 380 |
| *Tintex Plus + Claro | 59 | 28 | 9 | 12 | 6 | 10 | 0.46 | 3.28 | 2.74 | 0.40 | 317 |
| *Cristazul + Claro | 48 | 34 | 8 | 13 | 7 | 10 | 0.52 | 3.25 | 2.74 | 0.45 | 356 |
| *Vitrosol + Claro | 46 | 37 | 8 | 12 | 8 | 11 | 0.57 | 3.24 | 2.74 | 0.49 | 382 |
| *Filtrazol + Claro | 38 | 34 | 7 | 12 | 7 | 10 | 0.53 | 3.26 | 2.74 | 0.45 | 357 |

Tabla no. 9. Diferentes combinaciones de módulos de vidrio.




Estos módulos están conformados por un vidrio de 6mm.(ext.) + cámara de 12mm. + vidrio de 6mm (int.).

CS. Coeficiente de Sombreado. / Entre **menor** sea este valor, **mayor** es la eficiencia del vidrio.




Valor U. Coeficiente Total de Transferencia de Calor. / Entre **menor** sea este valor, **más** eficiente es el vidrio (menores serán las pérdidas térmicas).

CGCS. Coeficiente de Ganancia de Calor Solar. /Entre **menor** sea este valor, **más** eficiente es el vidrio para no dejar pasar el calor.




Rango para el **CS**

| | |
|---|--------------------|
|  | Alta. 0.60 – 0.69 |
|  | Media. 0.50 – 0.59 |
|  | Baja. 0.40 – 0.49 |

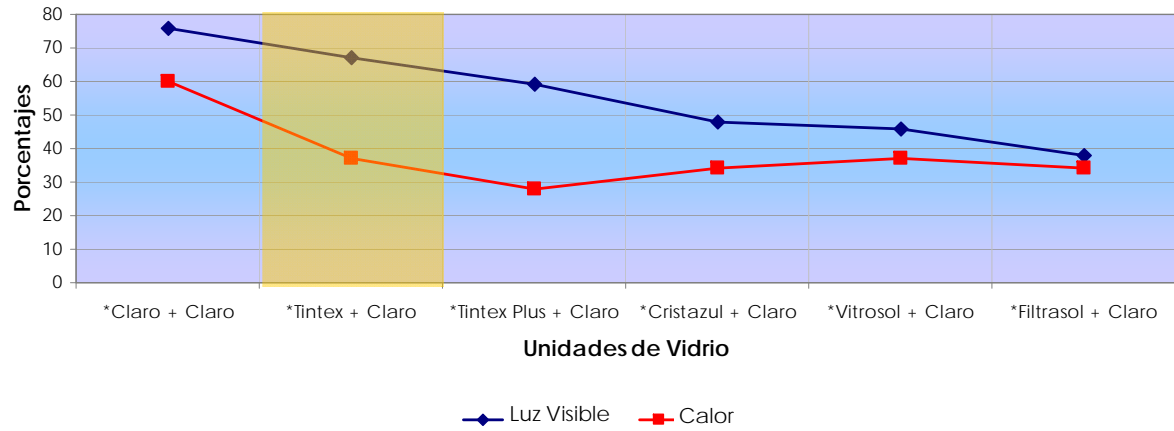
Rango para el **Valor U**

| | |
|---|----------------------------------|
|  | Alta. 2.20 – 2.29 / 1.96 – 1.99 |
|  | Media. 2.11 – 2.19 / 1.90 – 1.95 |
|  | Baja. 2.00 – 2.10 / 1.86 – 1.89 |

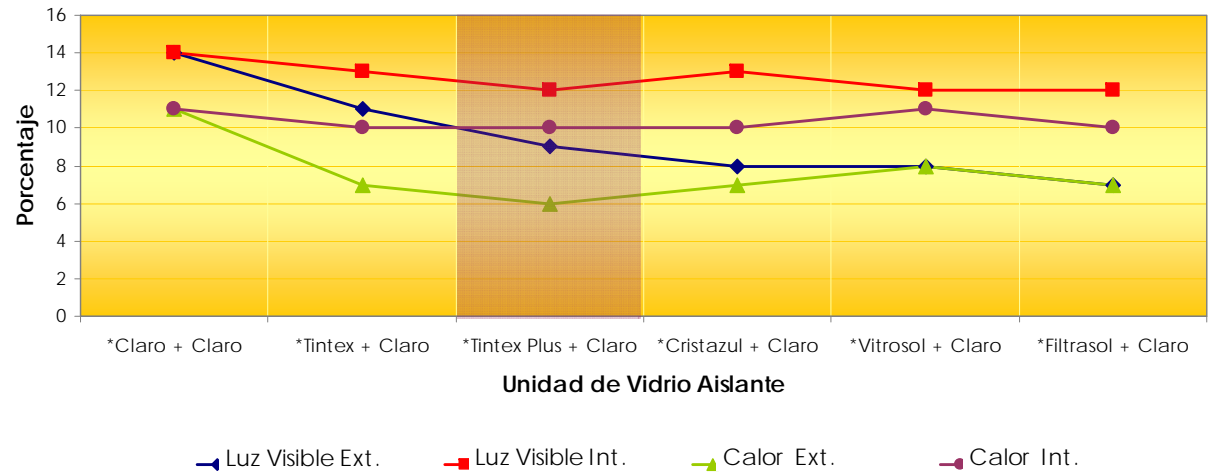
Rango para el **CGCS**

| | |
|---|--------------------|
|  | Alta. 0.50 – 0.59 |
|  | Media. 0.40 – 0.49 |
|  | Baja. 0.30 – 0.39 |

Transmisión de Unidades de Vidrio Aislante (Duovent)



Reflexión de Unidades de Vidrio Aislante (Duovent)



| Producto | Transmisión | | Reflexión | | | | CS | Valor U w/m2 °c | | SGCS | Ganancia Relativa W / M |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------|---------------|----------|------|-----------------|----------|------|-------------------------|
| | luz visible % | Calor Solar % | luz visible % | | Calor Solar % | | | Verano | Invierno | | |
| | | | Exterior | Interior | Exterior | Interior | | | | | |
| *Pyroplata + Claro | 30 | 34 | 38 | 48 | 25 | 28 | 0.50 | 3.18 | 2.74 | 0.69 | 342 |
| *Pyroplata Tintex + Claro | 25 | 19 | 14 | 49 | 16 | 28 | 0.35 | 3.26 | 2.74 | 0.48 | 244 |
| *Pyroplata Tintex Plus + Claro | 21 | 12 | 27 | 48 | 13 | 29 | 0.28 | 3.30 | 2.74 | 0.40 | 203 |
| *Pyroplata Cristazul + Claro | 18 | 17 | 18 | 48 | 12 | 29 | 0.34 | 3.28 | 2.74 | 0.45 | 238 |
| *Pyroplata Vitrosol + Claro | 18 | 22 | 32 | 48 | 13 | 29 | 0.39 | 3.27 | 2.74 | 0.49 | 270 |
| *Pyroplata Filtrasol + Claro | 15 | 20 | 27 | 48 | 12 | 28 | 0.37 | 3.28 | 2.74 | 0.45 | 261 |

Tabla no. 10. Diferentes combinaciones de unidades de vidrio.




Estos módulos están conformados por un vidrio de 6mm.(ext.) + cámara de 12mm. + vidrio de 6mm (int.).

CS. Coeficiente de Sombreado. / Entre **menor** sea este valor, **mayor** es la eficiencia del vidrio.




Valor U. Coeficiente Total de Transferencia de Calor. / Entre **menor** sea este valor, **más** eficiente es el vidrio (menores serán las pérdidas térmicas).

CGCS. Coeficiente de Ganancia de Calor Solar. /Entre **menor** sea este valor, **más** eficiente es el vidrio para no dejar pasar el calor.

Rango para el **CS**

| | |
|---|--------------------|
|  | Alta. 0.60 – 0.69 |
|  | Media. 0.50 – 0.59 |
|  | Baja. 0.40 – 0.49 |

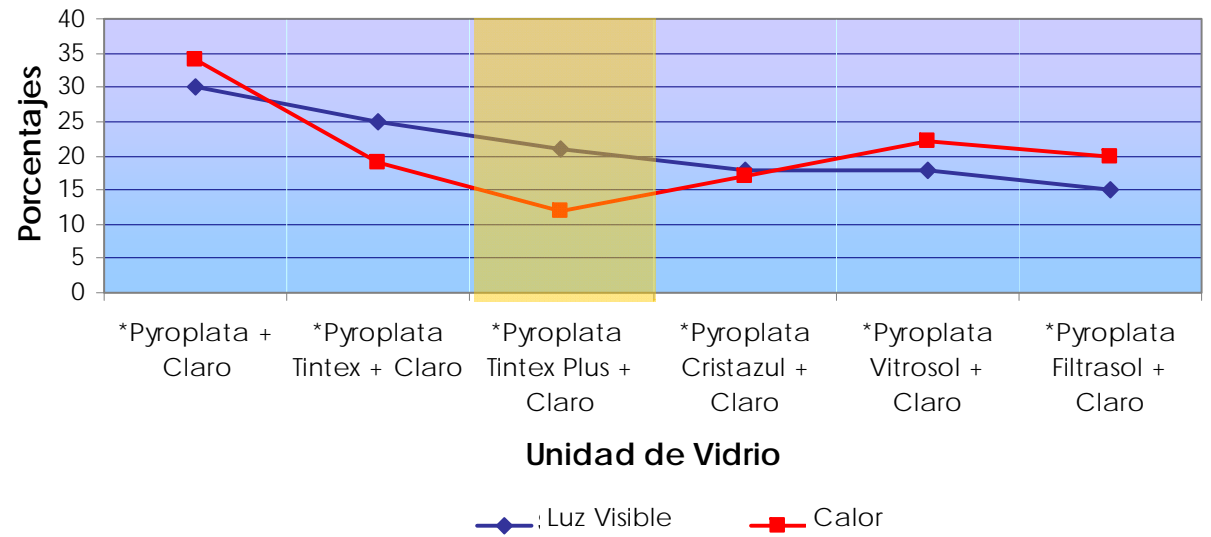
Rango para el **Valor U**

| | |
|---|----------------------------------|
|  | Alta. 2.20 – 2.29 / 1.96 – 1.99 |
|  | Media. 2.11 – 2.19 / 1.90 – 1.95 |
|  | Baja. 2.00 – 2.10 / 1.86 – 1.89 |

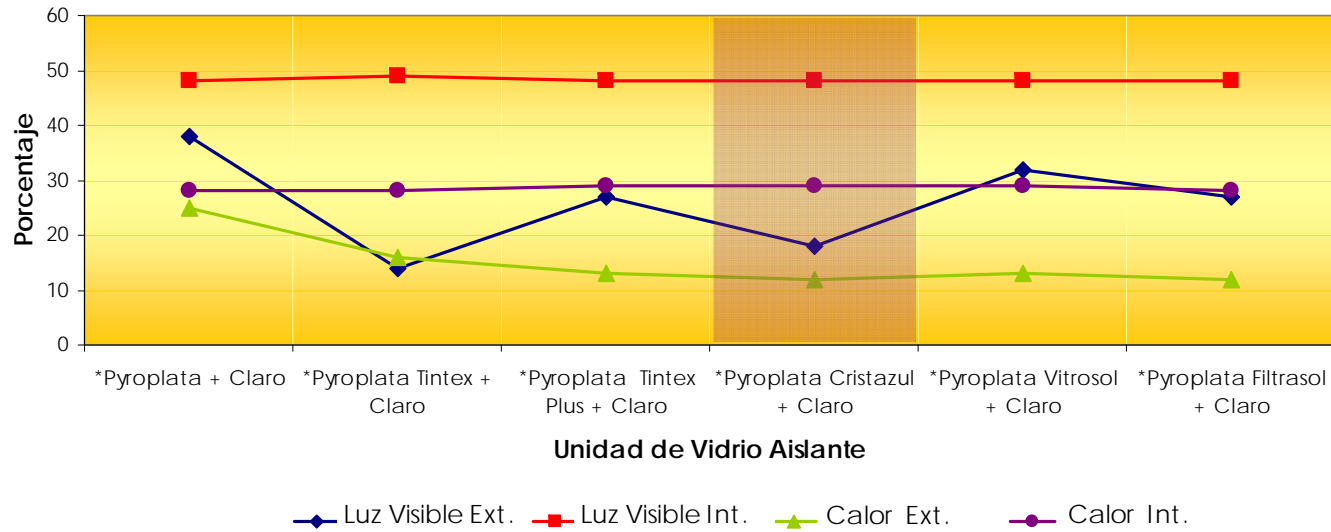
Rango para el **CGCS**

| | |
|---|--------------------|
|  | Alta. 0.50 – 0.59 |
|  | Media. 0.40 – 0.49 |
|  | Baja. 0.30 – 0.39 |

Transmision de Unidades de Vidrio Aislante (Duovent)



Reflexión de Unidades de Vidrio Aislante (Duovent)



| Empresa | Tipo de Vidrio | Clasificación | Tipo de Cámara | Especificación (mm.) | | | Vidrio | | No. de Cara | Transmisión | | Factor Solar g F.S.(%) | Valor U W/m ² K | K (Kcal/hm ² °C) | Atenuación Acústica (dB) |
|--------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|----|-----|----------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | | | | | | | ext | int | | Luz visible (%) | Calor (%) | | | | |
| VITRO | Vidrio Sencillo | Float Incoloro | sin | 4 | | | Sencillo | | | 90 | 83 | 85 | 5.8 | 4.9 | 28 |
| | Control Solar | Isolar Glas | aire | 4 / | 12 | / 4 | Sencillo | | | 82 | 69 | 75 | 2.8 | 2.4 | 30 |
| | | Isolar Solarlux | aire | 6 / | 12 | / 4 | (capa metálica) reflejante | Sencillo | 2 | 17 | 19 | 29 | 2.9 | 2.4 | 34 |
| | Temperaturas bajas | Neutralux | aire | 4 / | 12 | / 4 | Sencillo | Baja Emisividad | 3 | 80 | 53 | 62 | 1.6 | 1.4 | 30 |
| | | Isolar Solarlux + Neutralux | aire | 6 / | 12 | / 4 | (capa metálica) reflejante | Baja Emisividad | 2 | 16 | 13 | 20 | 1.7 | 1.4 | 34 |
| | | | | | | | | | 3 | 54 | 25 | 29 | 1.6 | 1.3 | 34 |
| | Temperaturas cálidas | Neutralux - S | aire | 4 / | 12 | / 4 | baja emisividad | Sencillo | 2 | 74 | 48 | 53 | 1.6 | 1.4 | 30 |
| SAINT GOBAIN | Control Solar y Baja Emisividad | KN 169 | argón | 6 / | 15 | / 6 | control solar | Baja Emisividad | 2 | 61 | 38 | 44 | 1.2 | - | - |
| | | | aire | 6 / | 12 | / 6 | | | | - | - | - | 1.7 | - | - |
| | | KN 155 | argón | 6 / | 15 | / 6 | control solar | Baja Emisividad | 2 | 49 | 32 | 38 | 1.3 | - | - |
| | | | aire | 6 / | 12 | / 6 | | | | - | - | - | 1.8 | - | - |
| | | SKN 172 | argón | 6 / | 15 | / 6 | control solar | Baja Emisividad | 2 | 66 | 36 | 41 | 1.1 | - | - |
| | | | aire | 6 / | 12 | / 6 | | | | - | - | - | 1.6 | - | - |
| | | SKN 172 | argón | 6 / | 15 | / 6 | control solar | Baja Emisividad | 2 | 60 | 29 | 32 | 1.1 | - | - |
| | | | aire | 6 / | 12 | / 6 | | | | - | - | - | 1.6 | - | - |

Tabla no. 11. Tabla Comparativa de módulos de vidrio de dos empresas.

También es importante considerar aspectos sensoriales de los diferentes tipos de vidrio utilizados en la arquitectura como se muestra en la tabla no. 12.

Tabla Sensorial

| Clase de Vidrio | |
|---------------------------------|---|
| Color | |
| Ninguno | ● |
| Variable | |
| Blanco | |
| Negro | |
| Gris | |
| Verde | |
| Amarillo | |
| Brillo | |
| Brillante | ● |
| Satinado | |
| Mate | |
| Translucidez (%) | |
| 0 | |
| 20 | |
| 40 | |
| 60 | |
| 80 | |
| 100 | |
| Textura | |
| Aspera | |
| Medía | |
| Ligera | |
| Dureza | |
| Duro | |
| Suave | |
| Despresible | |
| Temperatura | |
| Caluroso | |
| Medio | |
| Fresco | |
| Olor | |
| Fuerte | |
| Moderado | |
| Ninguno | |
| Opacidad acústica | |
| Buena | |
| Moderada | |
| Pobre | |
| Vidrio Flotado | ● |
| Vidrio Coloreado | |
| Vidrio Armado | |
| Vidrio Laminado | |
| Vidrio Aislante | ● |
| Vidrio Fotovotáico | ● |
| Vidrio Inteligente | ● |
| Vidrio Dicroico | ● |
| Vidrio Holográfico | ● |
| Espuma de Vidrio | |
| Fibra de Vidrio | |
| Vidrio Esmaltado y serigrafiado | ● |
| Luna de Espejo | ● |
| Vidrio Reforzado | ● |

Fuente: Skins for Buildings. The Archite's Materials Sample Book

Tabla No. 12 Tabla Sensorial de diferentes tipos de vidrios utilizados en la Arquitectura.

8.1. Concepto de Sistema Pasivo Solar.

Se tienen diversas definiciones con respecto a lo que es un sistema pasivo, pero en este caso se hace énfasis a la definición, donde los Sistemas Pasivos de Climatización Ambiental (SPCA) se caracterizan por su mínima dependencia de energía convencional, como combustibles fósiles y electricidad, contribuyendo de manera contundente al ahorro y uso eficiente de los recursos no renovables⁴⁰.

Los sistemas pasivos se caracterizan por formar parte de la estructura misma de la edificación, adaptados a las características del medio, los cuales pueden captar, bloquear, transferir, almacenar o descargar energía en forma natural y casi siempre autorregulable, según el proceso de climatización implicado.

Los Sistemas Pasivos Solares (SPS) son sistemas que interaccionan con el ambiente a través de sus componentes, al incorporarlos estructuralmente en la edificación, estos pudiesen pasar de inadvertidos. Por este motivo, se podría decir que un SPS o SPCA es sólo resultado de un diseño arquitectónico adecuado al clima; sin embargo, pudiendo incluir dispositivos especiales para la captación, distribución, almacenamiento y/o descarga de la energía solar.

En caso de ser un sistema de climatización que funcione mediante la energía solar y energía convencional, que sea dependiente de ambos, se le considera como sistema activo.

Conforme a los requerimientos de climatización (estrategias obtenidas de los diagramas psicrométricos, los sistemas pasivos de climatización se clasifican en:

- Control térmico
 - Calentamiento
 - Enfriamiento
- Control de humedad
 - Humidificación
 - Deshumidificación

⁴⁰ MORILLÓN Gálvez, David. Introducción a los Sistemas Pasivos de Enfriamiento, Universidad Nacional Autónoma de México, 2002, pp. 20

- Control solar
Protección
Captación

CONTROL TÉRMICO. Se deben tener presentes las necesidades de calentamiento e enfriamiento mediante los sistemas pasivos.

CALENTAMIENTO

El calentamiento en un sistema pasivo implica el aprovechamiento de una fuente de energía que pueda proveer el calor necesario. Esta fuente puede ser cualquiera que se tenga presente en la localidad de la construcción, por ejemplo geotérmica o solar.

Dado que el caso común de fuente de calentamiento es el sol, en este trabajo no se trata este aspecto, sino por el contrario se enfoca al siguiente requerimiento de climatización que es el enfriamiento.

ENFRIAMIENTO

El enfriamiento involucra la descarga de energía por acoplamiento selectivo del sistema, con las partes más frías del medio ambiente, buscando que ese flujo de energía se da por mecanismos naturales. Los posibles enfriadores o sumideros de calor del ambiente son: el cielo, la atmósfera y el suelo. En el enfriamiento al cielo, la radiación del sistema pasa a través de la atmósfera y se disipa al espacio exterior.

El enfriamiento radiactivo al cielo funciona bien en condiciones ambientales que presentan cielos claros, y tiene el potencial de enfriar el sistema por debajo de la temperatura del aire ambiente. El límite primario para este tipo de enfriamiento lo fija la ganancia de calor convectiva y radiactiva proveniente de la atmósfera.

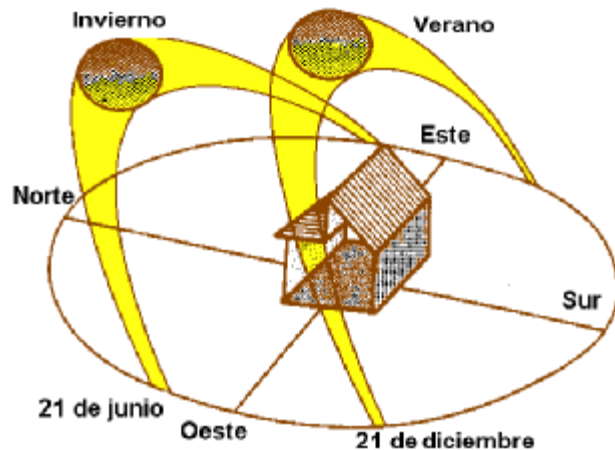
La energía del sistema puede también ser descargada a la atmósfera cuando las condiciones del ambiente son favorables para tal intercambio. El calor puede ser disipado por una elevación de la energía de calor sensible del aire circunvecino (por ejemplo el aire frío de la noche) o por elevación de la energía de calor latente (por ejemplo el enfriamiento evaporativo). En cada caso, la transferencia de energía al aire puede ser mejorada por el movimiento del aire. El manejo de la energía para este movimiento puede provenir del viento, utilizando turbinas eólicas o mecánicas convectivas especiales. En climas secos, se tiene enfriamiento por radiación al cielo, para reducir la temperatura del sistema, así como buen enfriamiento por calor sensible y por evaporación al aire ambiente. Los climas húmedos dificultan ambos mecanismos y solo tienen disponible, el enfriamiento cuando el aire es más frío.

Cuando las temperaturas del suelo son considerablemente más bajas que la temperatura del aire del ambiente, este medio puede ser utilizado para remover una fracción de la carga de enfriamiento normal. Sin embargo, en general en México no se da este fenómeno y no se puede aprovechar en la mayor parte del territorio nacional éste sumidero de calor.

Análogo a los procesos de calentamiento, a continuación se da una clasificación de los procesos de enfriamiento directo, indirecto o aislado:

- **Enfriamiento directo:** Ocurre cuando las superficies y el contenido del espacio están expuestos directamente al (los) medio(s) de enfriamiento del ambiente (sumideros).
- **Enfriamiento indirecto:** Ocurre cuando el espacio es enfriado por transferencia de calor hacia una superficie, que a su vez, esté siendo enfriada directamente por exposición al (los) sumidero(s) de energía del ambiente, o que ha sido enfriada en otro momento, pero su capacidad de almacenamiento térmico, le permite seguir enfriando el espacio.
- **Enfriamiento aislado:** Ocurre cuando el espacio es enfriado por un fluido que controla la transferencia de calor entre la superficie enfriada por él (los) sumidero (s) de calor, o el almacén térmico, que ha sido enfriado en otro momento por intercambio con la superficie enfriada por el ambiente.

Una muestra representativa de las combinaciones de los sumideros de energía térmica del medio ambiente y mecánico para transferir energía del espacio ocupado. Estas combinaciones de ningún modo agotan la lista de posibilidades. Se debe prestar interés en los sistemas cuyos elementos puedan servir tanto al calentamiento como al enfriamiento. Generalmente, un almacén de calor sirve para fines de calentamiento o enfriamiento.

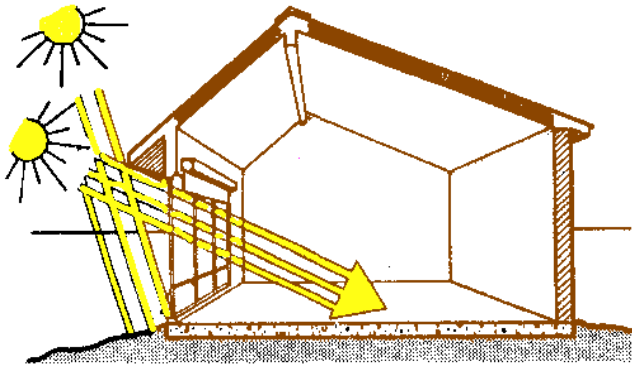


Uno de los aspectos importantes para el diseño lo constituye la trayectoria del sol que recorre un arco en el cielo que nace al E y se pone al O, pero solo el 21 de septiembre y el 21 de marzo. Así, en invierno sale al NE y se pone al NO y en verano sale al SE y se pone al SO y por otra parte, en verano al mediodía el sol está más alto que en invierno, como se observa en la imagen no. 38.

Así, en invierno en la ventana orientada al NE el sol que está bajo por la mañana barre el local produciendo el calentamiento y desinfección y durante el verano, el sol está alto dejando entrar el mínimo calor necesario, como se observa en la imagen no.39.

Imagen No. 38. Recorrido del sol según la estación del año.
<http://www.phy6.org/stargaze/Sfigs/MSunpath2.gif>

Así, en invierno en la ventana orientada al NE el sol que está bajo por la mañana barre el local produciendo el calentamiento y desinfección y durante el verano, el sol está alto dejando entrar el mínimo calor necesario, como se observa en la figura 2.



Los aleros permiten el ingreso de los rayos de sol en invierno y atenúan su entrada en verano.

Un ejemplo elemental de aplicación lo constituye la utilización de marquesinas o voladizos proyectados de modo de barrer el local con el calor solar aprovechando que *en invierno el sol está bajo* y reducir su influencia en verano cuando el sol está alto, como puede verse en la figura 3.

Imagen No. 39. Efecto del sol en verano e invierno sobre una ventana.
<http://www.elmercadodelavivienda.com/files/2008/08/climatizacion->

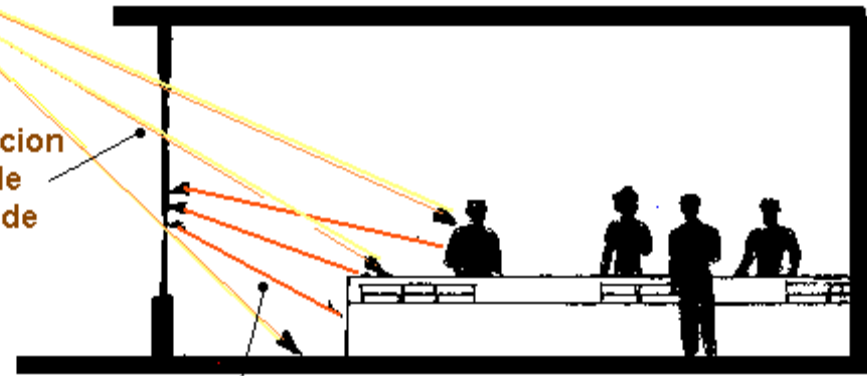
Efecto invernadero

Los vidrios de las ventanas actúan como una trampa de calor dado que dejan pasar la luz solar, pero la radiación calórica no visible que emiten a su vez los objetos, no pasan. A esto se denomina *efecto invernadero*, tal cual se detalla en el esquema de la imagen no.40.



El vidrio o cualquier material transparente produce el efecto invernadero actuando como una trampa del calor radiante

El vidrio deja pasar la radiación solar visible de baja longitud de onda y alta frecuencia



El vidrio no deja pasar la radiación calorífica del interior del local de longitud de onda grande y baja frecuencia

Imagen No.40. Detalle del efecto invernadero.
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia40/IMAGES/bruno2.gif>

El efecto invernadero es beneficioso en invierno, pero no así en verano, donde el concepto es proteger las ventanas de la acción del sol y aprovechar al máximo la ventilación natural durante la noche.



Imagen No. 41. Muro Trombe.
<http://php.aperitivoillustrato.it/n12/trombe.jpg>

Una aplicación interesante de almacenamiento de calor aprovechando el efecto invernadero en los edificios, la constituye el proyecto de superficies acumuladoras como el *Muro Trombe* que se muestra en la imagen no. 41, donde la energía solar en forma de luz atraviesa en invierno un vidrio orientado al norte y calienta un muro.

El muro al calentarse a su vez, emite energía calórica radiante no visible pero el vidrio no deja escapar esa energía porque es impermeable a esas radiaciones.

Por otra parte, el aire se calienta entre el espacio entre el vidrio y el muro, circulando por convección natural dado que al estar más caliente se hace más liviano, circulando desde la parte inferior hacia la superior del local. A su vez el calor almacenado en el muro se transmite a la parte interior por conducción calentando la pared y emitiendo ese calor almacenado al interior del local.

En verano por el contrario, por medio de un voladizo ubicado sobre el vidrio, se trata que el sol que está alto incida en menor proporción. Es muy apropiado a este efecto la utilización de un árbol de hojas caducas que deja pasar el calor solar en invierno y no en verano.

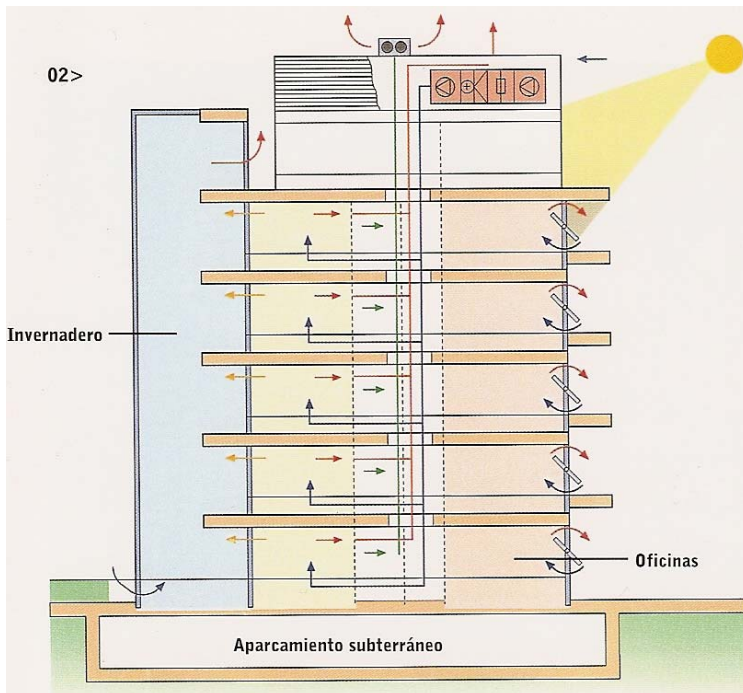
Además, se complementa el efecto de convección natural accionando una persiana a la salida de modo que en verano el aire caliente fluya directamente hacia el exterior, provocando una adecuada ventilación natural.

La acumulación lograda alcanza a un día y si se quiere aumentar la capacidad puede utilizarse sistemas de captación independientes como un lecho de piedra o recipientes con agua.

Por otra parte, el aislamiento térmico de los edificios es un elemento fundamental en un proyecto solar, porque permite mantener el calor almacenado reduciendo las necesidades de calor de los edificios y en verano debe complementarse con un sistema de ventilación natural para eliminar el calor excesivo.

6.2. Aplicación de los Sistemas Pasivos Solares en Edificios.

Existen diversos ejemplos de edificios donde se generó una serie de estrategias para la climatización natural, ya sea para enfriar o calentar un espacio, a través de fachadas de vidrio:



La Sede central de J. Walter Thompson, ubicado en Frankfurt, Alemania.

El edificio tiene orientadas sus fachadas al norte y sur. Por lo que dispusieron en ubicar un invernadero en el lado norte (izquierda), detrás de una fachada de vidrio aislante, el cual actúa como amortiguador térmico y acústico. Ver imagen no. 42 La fachada sur es también acristalada, pero con ventanas que pueden abrirse para ventilar las oficinas.⁴¹

La Sede central de Barclaycard, Northampton, Reino Unido.

En este proyecto se generó una estrategia energética de tipo mixto, es decir, el edificio está conformado por bloques de oficinas de doble inclinación, con planta abierta de 15 m. de anchura, que permite la luz y la ventilación natural a través de un atrio lineal acristalado de 9 m. de ancho. En el norte se ha creado un lago artificial que sirve de estanque compensador. Ver imagen no. 43.

Imagen No. 42. Corte del edificio. Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción Bioclimática

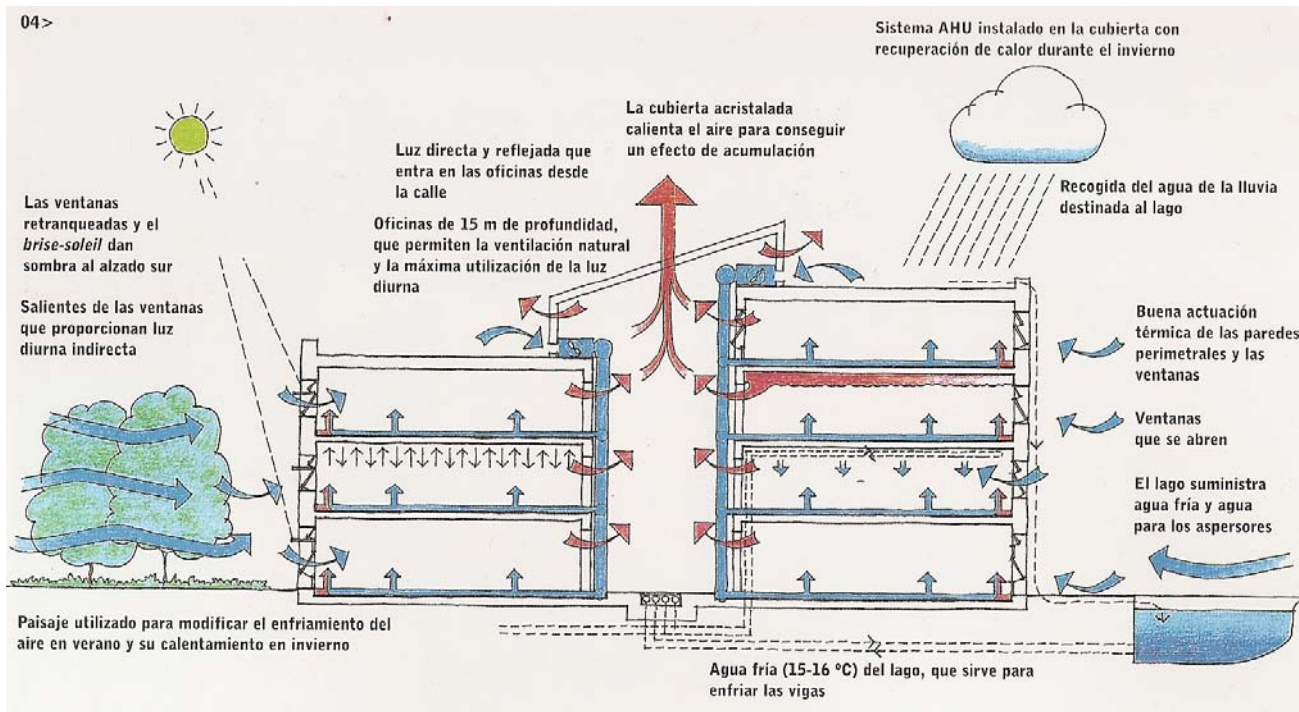
La fachada principal, orientada hacia al norte - donde esta el lago artificial, es su mayoría es acristalada; la fachada sur es de mampostería y concreto, con ventanas y techos altos que permiten la ventilación natural a través de la masa térmica del edificio.⁴²

⁴¹ LLOYD Jones, David, Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción Bioclimática, Ed. Blume, Barcelona España, 2002, pp.74.

⁴² LLOYD Jones, David, Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción Bioclimática, Ed. Blume, Barcelona España, 2002, pp.96.

Parque de la Ciencia, Gelsenkirchen, Alemania.

Este edificio se muestra la estrategia de ventilación. La galería actúa como amortiguador térmico, y la fachada acristalada se puede ajustar para conseguir un óptimo rendimiento energético en diferentes tipos de días. Ver imagen no.



En los días de verano, los toldos se despliegan y las persianas se bajan para reducir el incremento del calor sobre la gran fachada acristalada e inclinada. Los paneles inferiores se abren como si fuesen ventanas tipo toldo para permitir el paso al exterior (lago).⁴³ Ver imagen no. 44 y 45.

Imagen No.43. Esquema del edificio. Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción Bioclimática

⁴³ Lloyd Jones, David, Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción Bioclimática, Ed. Blume, Barcelona España, 2002, pp.99

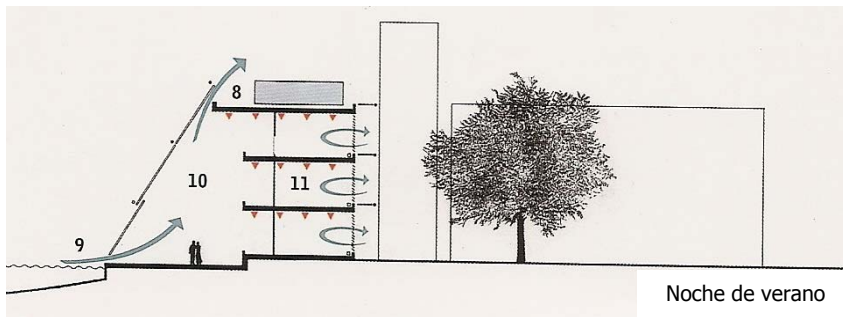
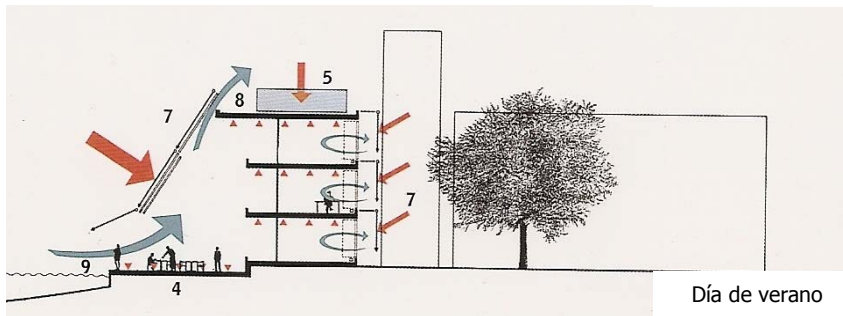
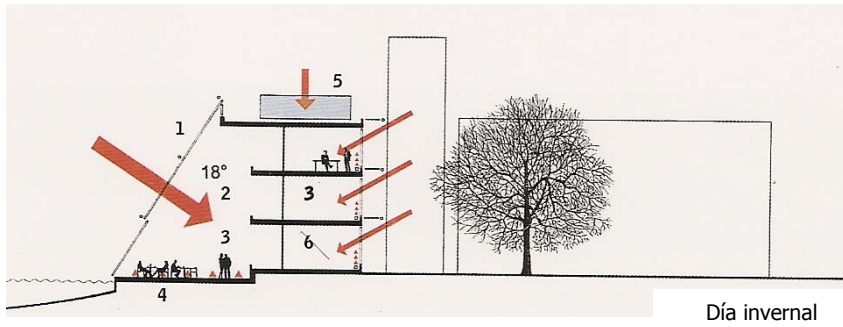


Imagen No.44. Esquemas del comportamiento térmico del edificio. Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción Bioclimática

Clave:

1. Vidrio aislante.
2. Zona de amortiguación.
3. Aumento de calor solar.
4. Calefacción de suelo radiante.
5. Instalación de energía solar.
6. Radiador.
7. Protección externa del sol.
8. Aire utilizado.
9. Entrada de aire.
10. Galería.
11. Oficinas.

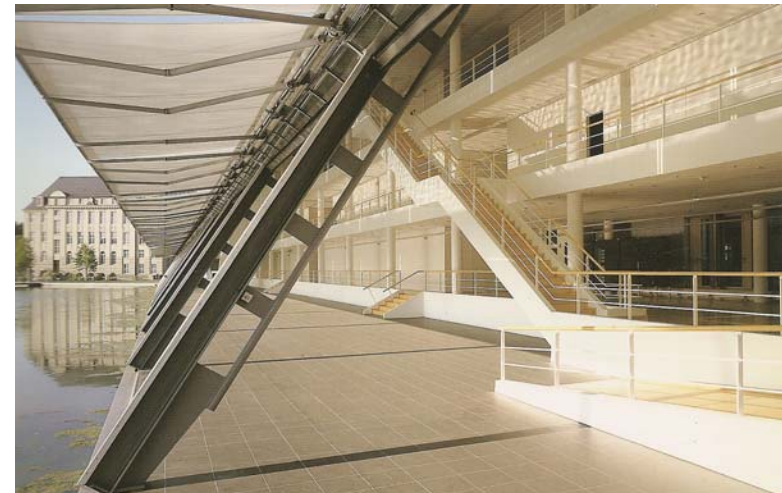


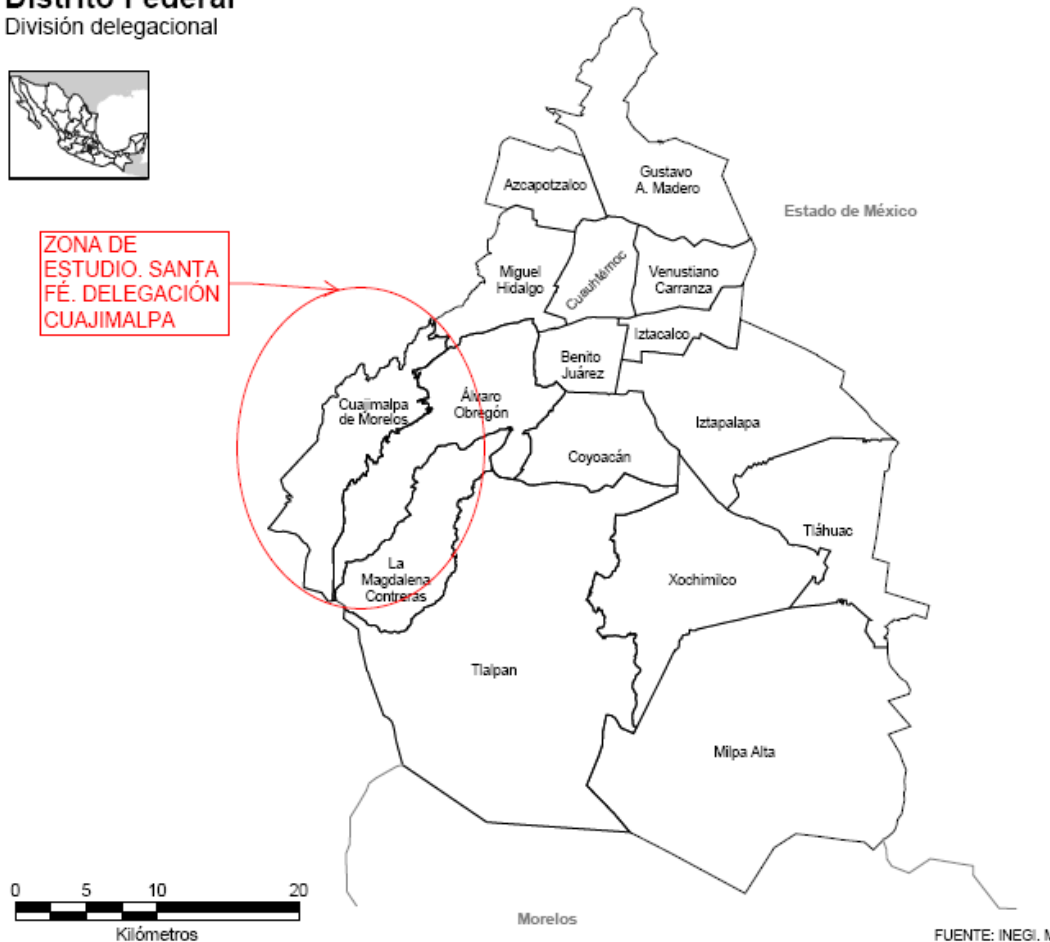
Imagen No. 45. Orientación oeste, fachada inclinada de vidrio que da al lago (galería). Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción Bioclimática.

9.1 Zona de Estudio.

Distrito Federal
División delegacional



ZONA DE ESTUDIO. SANTA FÉ. DELEGACIÓN CUAJIMALPA



La zona de estudio se encuentra ubicada al poniente del Distrito Federal, en una urbe policéntrica, conocida como la zona de Santa Fé, forma parte de las delegaciones Cuajimalpa y Álvaro Obregón. Ver imagen no.46.

La zona en comento es uno de los centros de desarrollo urbano y arquitectónico más importantes actualmente.

Santa Fe esta dividido en cuatro zonas y diferentes colonias. En esta se encuentran inmuebles corporativos, de tipo comercial, escolar y vivienda, es decir, es una zona de suelo mixto.

En esta zona se enfatiza la ubicación de los edificios corporativos de gran altura, donde en su mayoría se percibe la utilización de la tecnología del vidrio en sus fachadas translúcidas. Ver tablas no. 11 y 12.

También es importante mencionar el contraste que se observa en esta zona, donde la opulencia de torres residenciales y corporativas contrastan con las colonias populares y los antiguos pueblos localizados en sus inmediaciones, como San Mateo y Santa Rosa.

Imagen No.46. INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005.
www.cuentame.inegi.org.mx

9.2 Análisis del Clima de la Zona de Estudio “Santa Fe”, México. D.F.

Coordenadas:

Latitud: 19° 23' 0"

Longitud: 99° 14' 0"

Altitud: 2464.0 msnm

Clima:

C (w2)⁴⁴

Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, subhúmedo, precipitación anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano del 5 al 10.2% anual.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



Imagen No.47. INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005.
www.cuentame.inegi.org.mx

⁴⁴ INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Climas, Delegación Cuajimalpa de Morelos.

Metodología de Evaluación y Delimitación de las condiciones de confort Higrotérmico.

- i. Cálculo la posición del Centro de la Zona de Confort (T_n), mediante la expresión (Szokolay, 1984):

$$T_n = 17.6 + 0.31(T_{ma}), \text{ en } ^\circ\text{C}$$

Donde T_{ma} es la temperatura mensual del ambiente.

| Mes | T _{ma} (°C) | T _n (°C) |
|------------|----------------------|---------------------|
| Enero | 13.3 | 21.7 |
| Febrero | 14.7 | 22.2 |
| Marzo | 17.0 | 22.9 |
| Abril | 18.4 | 23.3 |
| Mayo | 19.0 | 23.5 |
| Junio | 17.8 | 23.1 |
| Julio | 16.7 | 22.8 |
| Agosto | 16.8 | 22.8 |
| Septiembre | 16.7 | 22.8 |
| Octubre | 16.1 | 22.6 |
| Noviembre | 15.1 | 22.3 |
| Diciembre | 14.2 | 22.0 |

Tabla No. 13. Temperatura de Confort de la zona de estudio.

- ii. Cálculo de la amplitud de la zona de confort. Para ello se comienza por determinar la oscilación media de la temperatura del aire; bastará hallar la diferencia entre los dos primeros datos climatológicos señalados: máxima y mínima promedio mensual.

La amplitud de la zona de confort se determina entonces mediante la tabla no. 14.

Dicha amplitud, centrada en torno a T_n , determina los límites de la zona de confort

Amplitud de la Zona de Confort VS Oscilación Media de la Temperatura del Aire

| Oscilación media de la temperatura del aire (°C) | Amplitud de la zona de confort ΔT (°C) |
|--|--|
| Menos de 13 | 2.5 |
| 13 -15 | 3.0 |
| 16 – 18 | 3.5 |
| 19 – 23 | 4.0 |
| 24 – 27 | 4.5 |
| 28 – 32 | 5.0 |
| 33 – 37 | 5.5 |
| 38 – 44 | 6.0 |
| 45 – 51 | 6.5 |
| Más de 51 | 7.0 |

Tabla no. 14. Amplitud de la Zona de Confort VS Oscilación Media de la Temperatura del Aire
Morillón, Gálvez David, Atlas del Bioclima de México, Instituto de Ingeniería, UNAM, 2004.

iii. Definición de las condiciones de sensación térmica.

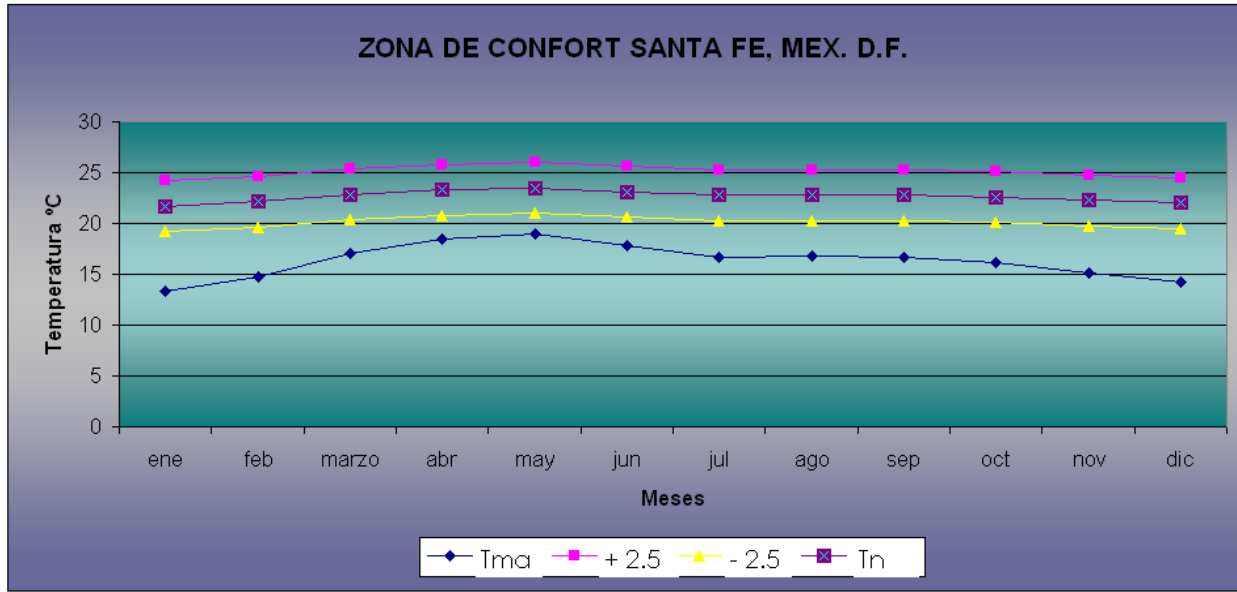
| Mes | Temperatura Máxima | Temperatura Mínima | Diferencia | ΔT |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------|
| Enero | 24.3 | -4.7 | 29.0 | 5.0 |
| Febrero | 25.3 | 4.3 | 21.0 | 4.0 |
| Marzo | 28.7 | 6.6 | 22.1 | 4.0 |
| Abril | 30.2 | 7.4 | 22.8 | 4.0 |
| Mayo | 31.4 | 9.3 | 22.1 | 4.0 |
| Junio | 28.7 | 9.3 | 19.4 | 4.0 |
| Julio | 24.6 | 9.1 | 15.5 | 3.0 |
| Agosto | 24.1 | 9.9 | 14.2 | 3.0 |
| Septiembre | 24.6 | 9.2 | 15.4 | 3.0 |
| Octubre | 23.7 | 7.7 | 16.0 | 3.5 |
| Noviembre | 24.1 | 6.0 | 18.1 | 3.5 |
| Diciembre | 23.3 | 3.9 | 19.4 | 4.0 |

Tabla no. 15. Condición de Sensación Térmica (ΔT)

Cálculo del PMV con base en los datos obtenidos de temperatura y humedad relativa horaria de Santa Fe, Distrito Federal.

| Mes | Tn (°C) | +2.5 | -2.5 |
|------------|----------------|-------------|-------------|
| Enero | 21.7 | 24.2 | 19.2 |
| Febrero | 22.2 | 24.7 | 19.7 |
| Marzo | 22.9 | 25.4 | 20.4 |
| Abril | 23.3 | 25.8 | 20.8 |
| Mayo | 23.5 | 26.0 | 21.0 |
| Junio | 23.1 | 25.6 | 20.6 |
| Julio | 22.8 | 25.3 | 20.3 |
| Agosto | 23.8 | 25.3 | 20.3 |
| Septiembre | 23.8 | 25.3 | 20.3 |
| Octubre | 22.6 | 25.1 | 20.1 |
| Noviembre | 22.3 | 24.8 | 19.8 |
| Diciembre | 22.0 | 24.5 | 19.5 |

Tabla no. 16. PMV. Santa Fe, México, D.F.



Gráfica no. 1. Zona de Confort. Santa Fe, México, D.F.

9.3 Casos de Estudio.





Imagen No.48. Programa Parcial de Desarrollo Urbano. Santa Fe.

Una vez que se determinada la zona de estudio, se realizó la selección de una subzona que se encuentra ubicada en la parte más alta, que como se observa en la imagen no. 48 esta prácticamente situada en la delegación de Cuajimalpa de Morelos.

Con referencia del Gobierno Distrito Federal. La Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, promulgan el Programa Parcial de Desarrollo. Santa Fe, publicada en la gaceta oficial del Distrito Federal el 12 de septiembre del 2003.

Donde el uso de suelo que se dictamina en esta zona es HSO. Habitacional, servicios y oficinas.

-  Zona de Estudio.
-  Edificios Analizados.

Se llevó a cabo una serie de visitas de campo para conocer la zona, donde se ubicaron los edificios (ver imagen no.49 y 50), de los cuales se determinaron propiedades de los módulos de vidrio empleados en las fachadas de los edificios.



Imagen No.49. Vista panorámica de la zona de estudio delimitada.



Imagen No.50. Vista de conjunto de la zona de estudio delimitada.

9.4 Criterios de selección de casos de estudios

Se consideraron algunos parámetros para la selección de los edificios ubicados en la zona de estudio:

- Edificios con fachadas transparentes o translúcidas.
- Edificios de gran altura.
- Edificios que tengan integrados en sus fachadas los módulos de vidrio.

- Edificios Corporativos
- Edificios de Uso habitacional.

En esta etapa se vislumbra el comportamiento de la selección del tipo de vidrio empleado para cada caso, pues a pesar de que ambos edificios pudiesen tener la misma altura, estar ubicados en la misma orientación, su uso es diferente, por lo cual su requerimiento de confort interior es otro.

Sin embargo es importante analizar bajo una perspectiva normativa los edificios que se encuentran en esta zona que en su mayoría tienen fachadas de vidrio casi al 100% de su superficie, pues resulta impactante que se acierte a este tipo de edificaciones sin siquiera considerar las normas actuales, como la NOM-008-ENE-2001, referente a la eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales; haciendo caso omiso de la eficiencia energética que se pudiese obtener al aplicar esta norma, así como la carente información de nuevos materiales que se utilizan en beneficio de un ahorro energético, como es en este caso los módulos de vidrio.

También es importante considerar algunos criterios basados en analogías de casos de estudio en otros países, donde retoman conceptos primordiales de las propiedades benéficas de los módulos de vidrio, y consultar normas extranjeras como la Efficient Windows Collaborative. EWC (Consejo para las ventanas eficientes) con el apoyo del programa para ventanas y vidrios para la eficiencia energética del departamento de Energía e industria de los Estados Unidos de Norteamérica para vislumbrar un mejor panorama con respecto a lo que se está realizando actualmente en México.

En el caso de España maneja su Código Técnico de la Edificación, donde el objetivo es proyectar, construir en base al documento HE Ahorro de Energía, acentuando que el mayor logro del ahorro energético es a través del control de la transmitancia térmica de las fachadas.

A continuación se presentan las fichas descriptivas de cada uno de los edificios analizados:

EDIFICIO: Torre Qurvic. Corporativo Banorte



01

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|---|
| Ubicación: | Prolongación Paseo de Reforma # 1210. Colonia Cruz Manca, en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa en la Ciudad de México. |
| Altura: | - |
| No. de niveles: | 14 niveles para oficinas, un Mezzanine para oficinas privadas o comercios de atención al público, un Lobby principal (nivel de acceso sobre la prolg. Reforma), un nivel de acceso al Lobby principal (sobre la Avenida Santa Fe), 7.5 niveles para estacionamiento subterráneo y helipuerto en azotea. |
| Altura de piso a techo: | - |
| Área total: | 50,498 m ² . |
| Uso: | Oficinas |
| Periodo de construcción: | Comenzó en el 2000 y finalizó en el 2005. |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio* . |
| Condición: | En uso |
| Edificio inteligente: | Si |
| Otra característica | El diseño del edificio integra terrazas arboladas semi-abiertas a doble altura. |
| Arquitecto: | R+DT Arditti. |

EDIFICIO: Aicón. Corporativo Movistar.



02

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|--|
| Ubicación: | Prolongación Paseo de Reforma # 1200. Colonia Cruz Manca, en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa en la Ciudad de México. |
| Altura: | - |
| No. de niveles: | 18 niveles para oficinas, un mezzanine para oficinas o comercios de atención al público, lobby principal, 10 niveles para estacionamiento subterráneo y helipuerto en la azotea. |
| Altura de piso a techo: | - |
| Área total: | 62, 833 m ² . |
| Uso: | Oficinas |
| Periodo de construcción: | 2000 - 2005. |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio* . |
| Condición: | En uso |
| Edificio inteligente: | Si |
| Otra característica | Utilización de vidrios con película (low-e), en la zona de mayor sobrecalentamiento se ubican terrazas que generan sombras. |
| Arquitecto: | R+DT Arditti. |

EDIFICIO: Corporativo Santa Fe 505.



03

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|--|
| Ubicación: | Av. Santa Fe # 505, Colonia Cruz Manca. en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa en la Ciudad de México. |
| Altura: | 125.00 metros |
| No. de niveles: | 25 niveles, Planta Baja, 10 niveles de sotano. |
| Altura de piso a techo: | - |
| Área total: | - |
| Uso: | Oficinas |
| Periodo de construcción: | 2001 - 2003 |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio* . |
| Condición: | En uso |
| Edificio inteligente: | - |
| Otra característica | - |
| Arquitecto: | Salomón Helfon |

EDIFICIO: World Plaza.



CARACTERÍSTICAS GENERALES

| | |
|---|---|
| Ubicación: | Av. Santa Fe # 481 , Colonia Cruz Manca, en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa en la Ciudad de México. |
| Altura: | 117.00 - 119.70 metros. |
| No. de niveles: | 24 niveles |
| Altura de piso a techo: | - |
| Área total: | 50,231.00 m ² |
| Uso: | Oficinas |
| Periodo de construcción: | 2001 - 2004 |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio *. |
| Condición: | En uso |
| Edificio inteligente: | Si |
| Otra característica | - |
| Arquitecto: | Edmonds Internacional Arquitectos |

04

EDIFICIO: Zentrum



05

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|--|
| Ubicación: | Av. Santa Fe # 495, Colonia Cruz Manca, en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa en la Ciudad de México. |
| Altura: | 100.00 metros |
| No. de niveles: | 10 niveles de sótano + P.B. + Mezanine + 24 niveles tipo + Cuarto de azotea. |
| Altura de piso a techo: | - |
| Área total: | 53,178.00 m ² |
| Uso: | Oficinas |
| Periodo de construcción: | 1999 - 2002 |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio *. |
| Condición: | En uso |
| Edificio inteligente: | Si |
| Otra característica | Protección - Parteluces |
| Arquitecto: | - |

EDIFICIO: Corporativo Opción Santa Fe III (Océ).



06

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|---|
| Ubicación: | Av. Santa Fe # , Colonia Cruz Manca, en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa en la Ciudad de México. |
| Altura: | 73.50 metros. |
| No. de niveles: | 14 incluyendo Mezaninne y Pent-House |
| Altura de piso a techo: | - |
| Área total: | 11,269.11 |
| Uso: | Oficinas |
| Periodo de construcción: | 1997 - 2000 |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio *. |
| Condición: | En uso |
| Edificio inteligente: | - |
| Otra característica | - |
| Arquitecto: | Grupo G Acción / Acción AMB |

EDIFICIO: Intelcom.



07

CARACTERÍSTICAS GENERALES

| | |
|---|--|
| Ubicación: | Av. Santa Fe # 485, Colonia Cruz Manca, en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa en la Ciudad de México. |
| Altura: | 60.00 metros aproximadamente |
| No. de niveles: | 6 niveles de estacionamiento + P.B. + 8 niveles tipo |
| Altura de piso a techo: | - |
| Área total: | 30,000 m ² aproximadamente. |
| Uso: | Oficinas |
| Periodo de construcción: | 2000 - 2004 |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio *. |
| Condición: | En uso |
| Edificio inteligente: | - |
| Otra característica | Muro suroeste de protección, parasoles en la fachada sureste. |
| Arquitecto: | Grupo G Acción / Acción AMB |

EDIFICIO: Punta Poniente.



http://es.wikipedia.org/wiki/Edificio_Punta_Poniente

08

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|--|
| Ubicación: | Avenida Santa Fe #596, en el distrito de Santa Fe, en Delegación Cuajimalpa, en la Ciudad de México. |
| Altura: | 125 metros / (119m a 136m) |
| No. de niveles: | 30 pisos, más 5 niveles subterráneos de estacionamiento / 34 niveles. |
| Altura de piso a techo: | 3.67 m. |
| Área total: | 39,000 m ² . |
| Uso: | Exclusivamente residencial: 114 departamentos. |
| Periodo de construcción: | 2006 - 2007 |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio* . |
| Condición: | En uso. |
| Edificio inteligente: | Si |
| Otra característica | Edificio ecológico por la reducción del consumo eléctrico y de aguas, que incluye equipo sanitario de bajo consumo, colectores pluviales, una planta de tratamiento de aguas residuales y un uso eficiente de agua no potable. |
| Arquitecto: | R+DT Arditti. |

CITY SANTA FE. (Etapa 1)



EDIFICIO: Torre Ámsterdam.



http://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Amsterdam



CARACTERÍSTICAS GENERALES

| | |
|---|---|
| Ubicación: | Avenida Santa Fe #482, Colonia Cruz Manca, en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa en la Ciudad de México. |
| Altura: | 144 metros. |
| No. de niveles: | 37pisos y 5 niveles subterráneos de estacionamiento. |
| Altura de piso a techo: | 3.83 m. |
| Área total: | 28,500 m ² . |
| Uso: | Exclusivamente residencial. (95 departamentos) |
| Periodo de construcción: | 2005 – 2009 (finales) |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio* . |
| Condición: | En construcción |
| Edificio inteligente: | Si |
| Otra característica | - |
| Arquitecto: | Francisco Serrano, Susana García y Juan Pablo Serrano. |

EDIFICIO: Torre Barcelona.



http://es.wikipedia.org/wiki/City_Santa_Fe_Torre_Barcelona

10

CARACTERÍSTICAS GENERALES

| | |
|---|---|
| Ubicación: | Avenida Santa Fe #482, Colonia Cruz Manca, en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa en la Ciudad de México. |
| Altura: | 111 metros. |
| No. de niveles: | 5 niveles subterráneos de estacionamiento y 30 pisos. |
| Altura de piso a techo: | 3.54 m. |
| Área total: | 41,000 m ² . |
| Uso: | Exclusivamente residencial (100 departamentos). |
| Periodo de construcción: | 2005 – 2009 (finales) |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio* . |
| Condición: | En construcción |
| Edificio inteligente: | Si |
| Otra característica | - |
| Arquitecto: | Fernando Cárdenas Gómez |

EDIFICIO: Torre Milán.



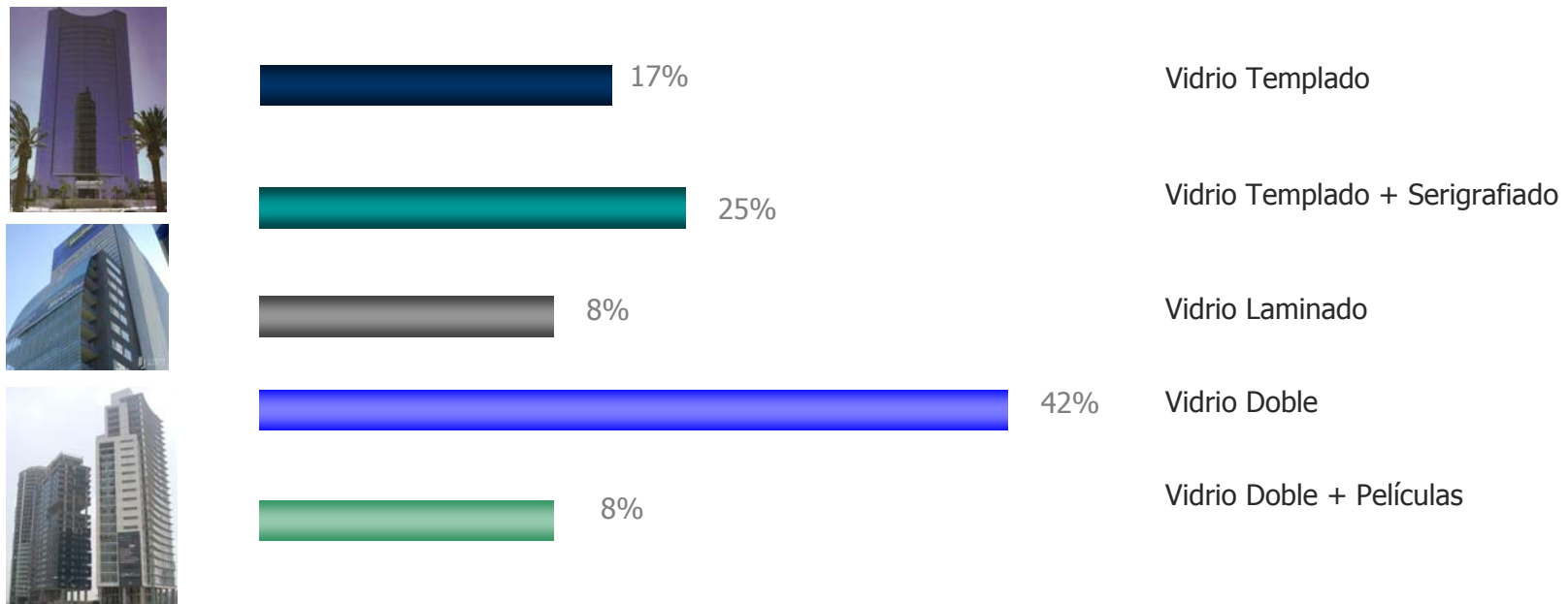
http://es.wikipedia.org/wiki/City_Santa_Fe_Torre_Mil%C3%A1n



| CARACTERÍSTICAS GENERALES | |
|---|---|
| Ubicación: | Avenida Santa Fe #482, Colonia Cruz Manca, en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa en la Ciudad de México. |
| Altura: | 130 metros, con la antena rondara en los 185 (55 metros de antena). |
| No. de niveles: | 7 niveles subterráneos de estacionamiento y 28 pisos. |
| Altura de piso a techo: | |
| Área total: | 26,500 m ² . |
| Uso: | Exclusivamente residencial (98 departamentos). |
| Periodo de construcción: | 2005 – 2009 (finales) |
| Materiales utilizados en la construcción: | Aluminio, concreto reforzado y vidrio* . |
| Condición: | En construcción |
| Edificio inteligente: | Si |
| Otra característica | - |
| Arquitecto: | Jerde Partnership. |

Después de realizar una serie de visitas de campo a los edificios designados como casos de estudio, de obtener datos generales antes descritos en las tablas anteriores, posteriormente se realiza las tablas no.17 y 18 donde se muestran los diferentes módulos de vidrios empleados en las fachadas de los edificios, para mejorar la eficiencia energética del edificio inteligente como son considerados; debido a que es uno de los requisitos establecidos para obtener una certificación. Así como la descripción de los posibles sistemas de climatización natural y activos aplicados en sus envolventes.

Además de que cumpla los lineamientos de las normas mexicanas, como la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENE-2001, que se refiere a la Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, antes mencionada y que se hará una aplicación de la metodología que se basa en esta norma.



| EDIFICIO | | ORIENTACIÓN | DIMENSIONES | | PERIODO DE REALIZACIÓN | NO. DE FACHADAS DE VIDRIO | TIPO DE FACHADA | TIPO DE VIDRIO | ESPESOR | ELEMENTOS DE PROTECCIÓN | INSTALADORA | SISTEMAS | |
|----------|-------------------------------|-------------|-----------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|--|--|---|-------------------------|------------------------|--|--------------------|
| FOTO | NOMBRE | | ALTURA (M) | ÁREA TOTAL (M ²) | | | | | | | | PASIVOS | ACTIVOS |
| 01 | Qurvic. (Corporativo Banorte) | Norte - Sur | - | 50,498.00 | 2000 - 2005 | 4 | Fachada Doble | Vidrio Duovent claro de baja emisividad y aislante al ruido + una película de control solar | 06 mm + 12 mm + 06 mm. | Fachada doble | Vidrios Marte | Terrazas arboladas semi-abiertas a doble altura | Aire Acondicionado |
| | | | | | | | 1 | Fachada Curva | Vidrio templado | | | | |
| 02 | Aicon (Movistar) | Norte - Sur | - | 62, 833 | - | 4 | Fachada Doble | Vidrio Duovent claro de baja emisividad | 06 mm + 12 mm + 06 mm. | Doble fachada | Vidrios Marte | Terrazas arboladas semi-abiertas a doble altura | Aire acondicionado |
| 03 | Corporativo Santa Fe 505 | Norte - Sur | 125.00 | - | 2001 - 2003 | 4 | Fachada Integrada | Vidrio templado y de reflexión de luz y calor | 6 mm. | ninguno | Vidrios Marte | . | Aire acondicionado |
| 04 | World Plaza. | Norte - Sur | 117.00 - 119.70 | 50231.00 | 2001 - 2004 | 2 (ovalada) | Fachada Integrada | Vidrio de seguridad y de reflexión de luz y calor, y de color. | - | - | Vidrios Marte | . | . |
| 05 | Zentrum | Norte - Sur | 100.00 | 53,178.00 | 1999 - 2002 | 4 - 8 (por el tipo de forma) | Fachada Curva - Vidrio laminado Reflecta DP-22 | Vidrio laminado Reflecta DP-22 = vidrio reflecta de 6 mm. (exterior) + lámina de PVC + vidrio claro de 4mm. (interior) | Parteluces en las fachas noreste / suroeste | Vidrios Marte | Protección -Parteluces | 2 Equipos centrales de agua helada. UMAS. Cámara plena por plafón para aire acondicionado. | |
| | | | | | | | Fachada Recta - Vidrio Duovent | Vidrio Duovent = vidrio SP-22 reflecta de 6 mm. (exterior) + cámara de aire 12 mm. + vidrio claro de 4 mm. (interior) | | | | | |

Tabla No. 17. Edificios ubicados en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa, México D.F.







| EDIFICIO | | ORIENTACIÓN | DIMENSIONES | | PERIODO DE REALIZACIÓN | NO. DE FACHADAS DE VIDRIO | TIPO DE FACHADA | TIPO DE VIDRIO | ESPESOR | ELEMENTOS DE PROTECCIÓN | INSTALADORA | SISTEMAS | |
|--|---------------------------------------|-------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|------------------|--|---|--|--|--------------------|--------------------|
| FOTO | NOMBRE | | ALTURA (M) | ÁREA TOTAL (M2) | | | | | | | | PASIVOS | ACTIVOS |
| 06  | Corporativo Opción Santa Fé III (Océ) | Norte - Sur | 73.50 | 11,269.11 | 1997 | 4 | Fachada Integral | Vidrio laminado reflectivo | 2 vidrios de 3mm | Ninguno | Grupo G Acción / Acción AMB | - | Aire acondicionado |
| 07  | Intelcom | Norte - Sur | Aproximadamente 60.00 | Aproximadamente 30,000 | 2000 - 2004 | 4 | Fachada Integral | Vidrio Duo vent | 2 vidrios de 6 mm con una cámara de aire de 2 cm. | Muro protector en fachada Parasoles en fachada | Únicos vidrios domo y aluminio S.A. de C.V | Muro trombe | Aire acondicionado |
| 08  | Punta Poniente | Norte - Sur | 125.00 | 39,000 m². | 2006 - 2007 | 4 | Fachada Integral | Vidrio Duovent claro de baja emisividad | 06 mm + 12 mm + 06 mm. | - | - | Terrazas | Aire acondicionado |
| 09  | Torre Ámsterdam | Norte - Sur | 144.00 | 28,500 m². | 2005 - 2009 | 4 | Fachada Integral | Vidrio Claro Templado y Vidrio Claro Templado Serigrafiado en pasta blanca | Vidrio 6 mm. | Ninguno | Grupo Integra Diseño y Construcción S.A. de C.V. | Terraza intermedia | Extracción de aire |
| 10  | Torre Barcelona | Norte - Sur | 111.00 | 41,000 m². | 2005 - 2009 | 4 | Fachada Integral | Vidrio Claro Templado | Vidrio 6 mm. | Ninguno | Tecnovidrio | Terraza intermedia | Extracción de aire |
| 11  | Torre Milán | Norte - Sur | 130.00 | 26,500 m² | 2005 - 2009 | 4 | Fachada Integral | Vidrio Claro Templado y Vidrio Claro Templado serigrafiado | Vidrio 6 mm. | Ninguno | Tecnovidrio | Terraza intermedia | Extracción de aire |

Tabla No. 18. Edificios ubicados en Santa Fe, Delegación Cuajimalpa, México D.F.

Existen diversas metodologías para analizar el comportamiento térmico de los edificios, con lo que respecta a este trabajo de investigación interesa conocer en que porcentaje de ahorro energético se obtiene al utilizar en sus fachadas la tecnología del vidrio que se encuentra en la ciudad de México.

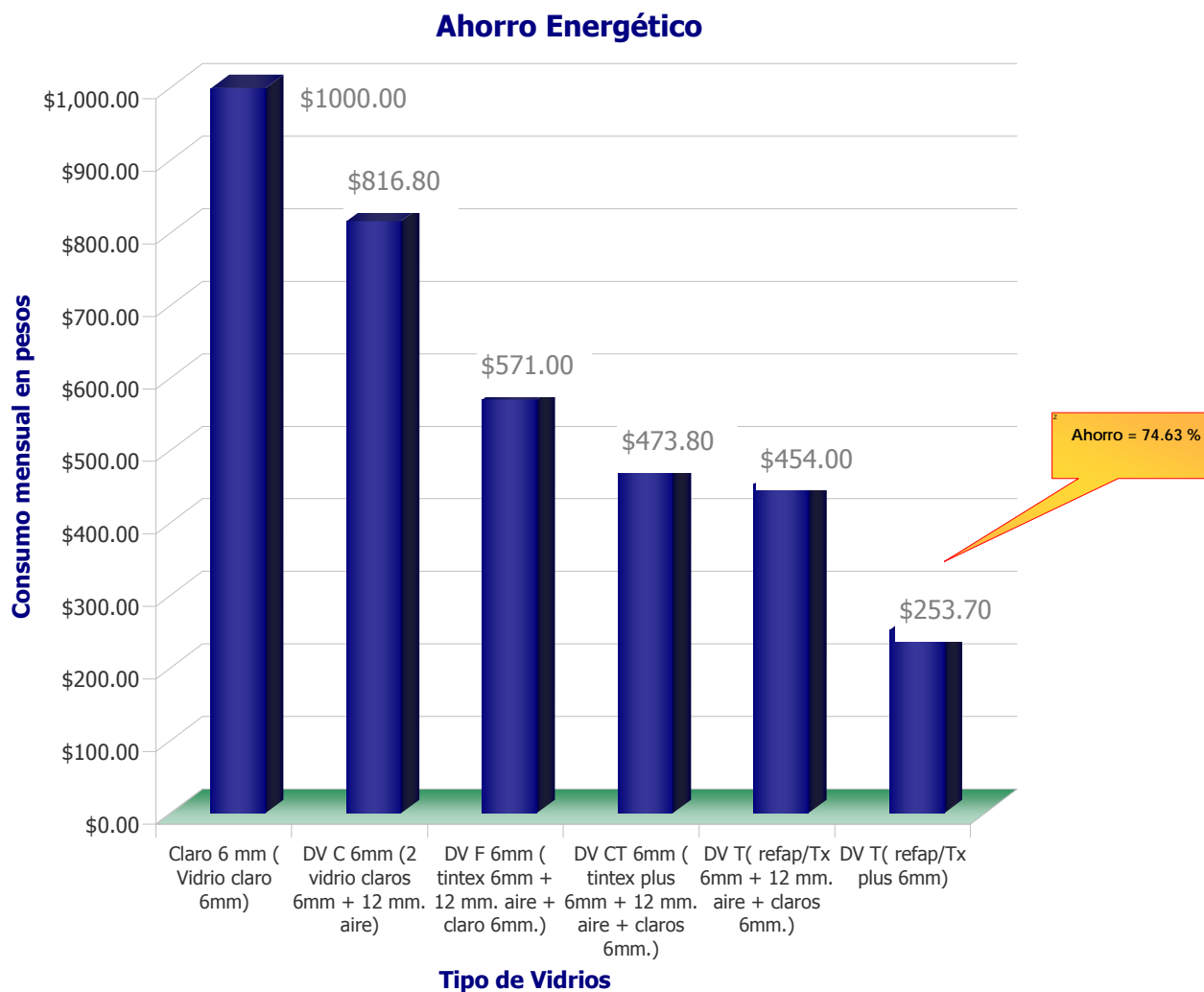


Imagen No. 51. Módulos de Vidrio Aislante. Ahorro energético. www.vitromart.com

Actualmente los módulos de vidrio doble aportan un mejor control solar térmico y un ahorro en energía. Por lo tanto con este tipo de tecnología es posible ahorrar hasta un 70% de energía.

La gráfica de la imagen no. 51, muestra el consumo de energía eléctrica al utilizar un vidrio claro, en comparación de los distintos módulos, demostrando con esto el beneficio económico de utilizarlos. Se tomo como base el consumo mensual de \$1,000.00 que tiene un vidrio monolítico.

Estos datos están basados en la energía requerida para la operación del equipo de aire acondicionado necesario para obtener una temperatura de confort. Sólo se considera la energía ganada a través del vidrio, por lo que no se toma en cuenta otras características del espacio (muro, plafón, mobiliario otros elementos que contribuyen a la ganancia del calor).

La elaboración de normas enfocadas a una eficiencia energética en edificios representa una aportación al mejoramiento del diseño térmico de los edificios, logrando así un confort para sus ocupantes con el mínimo de consumo de energía.

En México el mayor consumo de energía en las edificaciones es por concepto de acondicionamiento de aire, durante las épocas de mayor calor, principalmente en las zonas norte y costeras del país⁴⁵. La ganancia por radiación solar es la fuente más importante a controlar, lo cual se logra con un diseño adecuado de la envolvente.

La Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENE-2001, referente a la Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales, publicada el 25 de abril de 2001, optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose un beneficio en cuanto al ahorro energético por la disminución de la capacidad de los equipos de acondicionamiento de aire, mejorando así el confort a los usuarios.

En esta norma se consideran diversos conceptos en la aplicación a edificios nuevos y existentes que están conformados por superficies opacas y transparentes, donde se especifica que:

Tanto el edificio de referencia como el edificio proyectado, en cada uno de sus componentes que conforman la envolvente para cada orientación deben ser iguales. Las paredes del edificio se consideran con 60 % de parte opaca (muro) y 40 % de parte no opaca (transparente) y el techo con 95 % de parte opaca y 5 % de parte no opaca.

Para su aplicación de estos parámetros la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) desarrolló una metodología para el cálculo de la ganancia de calor, a través de un software.

Donde se obtienen datos como: la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio, que es la suma de la ganancia de calor por conducción (a través de las partes opacas de la envolvente en Watts), más la ganancia de calor por radiación solar (a través de las partes transparentes de la envolvente en Watts).

La ganancia de calor por radiación solar a través de las porciones transparentes que conforman la envolvente del edificio, cada porción tendrá un coeficiente de sombreado, un factor de ganancia de calor solar y un factor de corrección por sombreado exterior. Una porción típica de una parte transparentes es una pared de vidrio, o con bloques transparentes.

⁴⁵ CFE. Coeficiente Federal de Energía

El coeficiente de sombreado (CS) del vidrio de cada porción transparente, según *especificación del fabricante*, con valor adimensional entre cero y uno. El Factor de corrección por Sombreado Exterior (SE) para cada porción transparente, se determina de acuerdo a las tablas 2, 3, 4 y 5 según corresponda, ubicadas en el Apéndice A. Se debe al uso de volados, ventanas remetidas y parasoles, así como para diferentes orientaciones y latitudes, el Coeficiente global de transferencia de calor (K) $W/m^2 K$, y el Factor de ganancia solar promedio (FG) W/m^2 , determinada según la Tabla 1 del Apéndice A de la norma en comento.

Uno de los edificios que pertenecen a la zona de estudio, se sometió a la metodología de la CONAE, conocido como el Corporativo Opción Santa Fe III.

Datos:

Área Total: 11,269.11 m²

Altura Total: 73.50 ml.

Sistema de Fachada Integrada

4 Fachadas

Vidrio utilizado: vidrio laminado reflectivo (2 laminas de vidrio de 3mm. cada una.

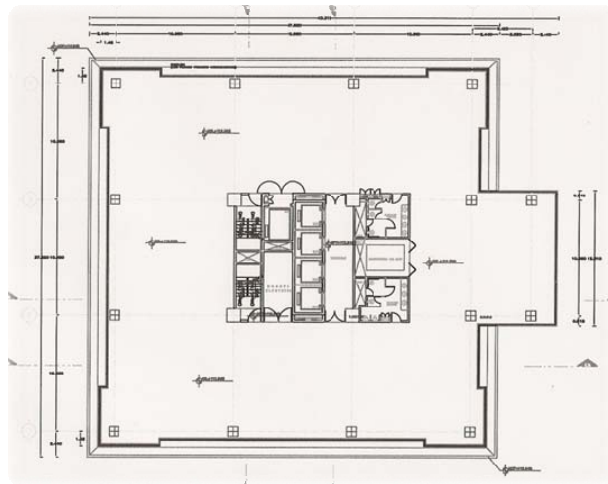


Imagen No. 52. Planta Arquitectónica Tipo.
Hines Interests S.A de C.V

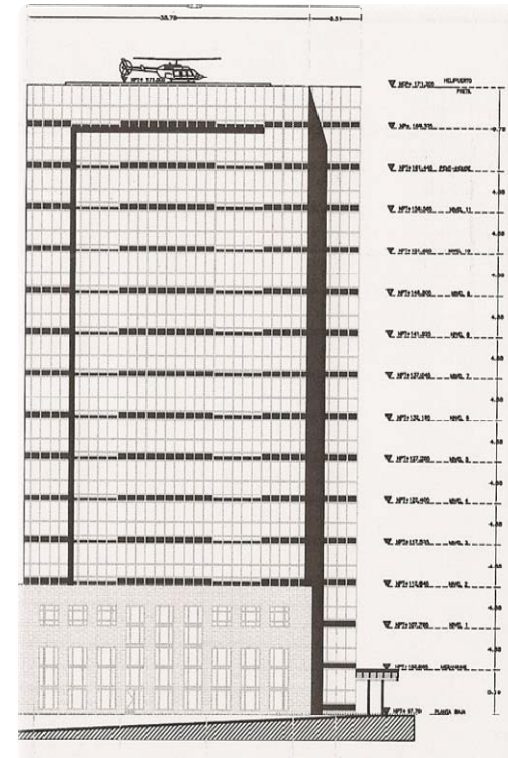


Imagen No.53. Corte Longitudinal.
Hines Interests S.A de C.V



Sistemas Pasivos



Sistemas Activos

La Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENE-2001.

Fachadas:

60 % Porción Opaca.
40 % Porción Translúcida.

Techo:

95 % Porción Opaca.
5 % Porción Translúcida.



Imagen No. 54. Fachada Sur. Acceso Estacionamiento.



Imagen No. 55. Fachada Poniente. Acceso Principal.

Corporativo Opción Santa Fe III.

Fachadas:

11.30 % Porción Opaca.
88.70 % Porción Translúcida.

Techo:

100 % Porción Opaca.
0 % Porción Translúcida.

Se observan los porcentajes de las diferentes porciones (opacas y transparentes) que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENE-2001, se comparan con las que se obtuvieron de los datos proporcionados por el corporativo, donde se visualiza de primera instancia que no cumpliría la norma en ese sentido. Sin embargo al manejar otro tipo de materiales como en este caso son los módulos de vidrio antes analizados se introducen en la metodología propuesta por dicha norma.

Posteriormente se obtiene la tabla no.19 la cual muestra el cumplimiento de la norma al utilizar diferentes módulos de vidrio.

| Análisis | Descripción | | | | | | Resumen de Cálculo | | | | | | Cumplimiento |
|----------|-----------------|------------|-------|----------------------|------------|--------|-------------------------|-------------|------------------------|------------|--------------------|------------|--------------|
| | Vidrio ventana | | | Vidrio pantalla | | | Ganancia por conducción | | Ganancia por radiación | | Ganancia Total (W) | | |
| | Referencia | Proyectado | | Referencia | Proyectado | | Referencia | Proyectado | Referencia | Proyectado | | | |
| No.1 | vidrio laminado | Esperor | 12 mm | vidrio con gas argón | Esperor | 23 mm. | -164,695.27 | -74,532.53 | 575,194.50 | 606,693.54 | 410,499.23 | 532,161.01 | No cumple |
| | | Valor K | 5.8 | | Valor K | 1.40 | | | | | | | |
| | | CS | 0.60 | | CS | 0.48 | | | | | | | |
| No.2 | Tidrio Tintex | Esperor | 6 mm. | Vidrio Duovent | Esperor | 25 mm. | -164,695.27 | -109,077.87 | 575,194.50 | 663,854.16 | 410,499.23 | 554,776.29 | No cumple |
| | | Valor K | 6.19 | | Valor K | 2.08 | | | | | | | |
| | | CS | 0.71 | | CS | 0.52 | | | | | | | |
| No.3 | | | | Vidrio Duovent | Esperor | 23 mm. | -124,695.27 | -41,511.15 | 675,194.50 | 563,487.90 | 550,499.23 | 521,976.75 | Cumple |
| | | | | | Valor K | 1.40 | | | | | | | |
| | | | | | CS | 0.48 | | | | | | | |

| | |
|--|--------------|
| | Saint-Gobain |
| | Vitro |

Tabla No. 19. Cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENE-2001, con referencia a los diferentes tipos de módulos de vidrio.

CONCLUSIONES.

En la actualidad atribuimos que unos de los mayores devoradores de energía son los edificios corporativos, debido a que su envolvente esta diseñada de manera hermética, sin considerar ningún tipo de ventilación, ni iluminación natural, por tal motivo se emplean equipos de aire acondicionado de gran capacidad, para satisfacer esta necesidad de confort al interior. Descartando por completo la incorporación de sistemas solares pasivos e incluso elementos de protección como parasoles, volados, aleros, entre otros dispositivos. El verdadero problema no son los edificios con fachadas translúcidas, recubiertas de vidrio en su totalidad, sino más bien, es la falta de conocimiento en aplicar a la envolvente del edificio criterios bioclimáticos como: ubicación geográfica, orientación, clima, vientos dominantes, la trayectoria del sol, incluso la vegetación, entre otros factores.

Los procesos químicos aplicados al vidrio utilizado en la arquitectura han ido evolucionando de manera extraordinaria, puesto que su aporte tecnológico se ve reflejado en los procesos realizados después de su fabricación de este material para satisfacer las necesidades de control solar y de iluminación en fachadas translúcidas y transparentes; a través de los módulos de vidrio aislante (vidrios laminados, dos o más laminas de vidrio con algún tipo de gas aislante e incluso agua), donde se empieza a vislumbrar la gran demanda de estas modalidades en nuestro país. Quedando sobrepasados los procesos aplicados durante su fabricación, como es vidrio de color, el extra claro, el pirolítico, el decorado, armado, grabado, entre otros.

También es importante mencionar que aunque no exista aún gran demanda de otras presentaciones de vidrios, por motivos de su alto costo que representa instalar este tipo de vidrios altamente tecnológicos como: el vidrio fotovoltaico, el dicroico, el holográfico, el auto-limpiable, incluso el vidrio con leds, este último empieza a tener un impulso a través de varias empresas aquí en México para ser instalado en obras arquitectónicas de gran renombre.

Esta investigación destaca la importancia de los diferentes módulos de vidrio aislantes aplicados en las fachadas de los edificios de la zona de estudio al poniente de la ciudad de México, conocida como Santa Fe. Dichos edificios analizados en su mayoría carecen de elementos de protección en sus fachadas, los cuales aportan una reducción en la ganancia en la transmisión de calor a través de ellas, proporcionando una regulación en la cantidad de radiación solar incidente hacia el interior.

La orientación de sus principales fachadas de estos edificios en su mayoría es de norte - sur, siendo lo más lógico diseñar cada una de sus fachadas para obtener un óptimo confort interior, pero no es así, puesto que casi todos estos corporativos tienen diseños de sus envolventes similares, sin considerar el comportamiento de la radiación solar en cada una de sus fachadas.

Por tales circunstancias al no proyectar de manera estratégica en base a los sistemas pasivos solares, se recurre a la aplicación de este tipo de tecnología como son los módulos de vidrio aislante, para tratar de disipar en lo posible el gasto energético reflejado en un consumo eléctrico a través de los sistemas activos (como el aire acondicionado). Dando como respuesta definitiva en cuestión al diseño de la envolvente del edificio; sin embargo por otro lado si se obtiene un ahorro en el ámbito económico, pues al ir incrementando las cualidades de estos módulos de vidrio, a través de las capas en las caras de las láminas de vidrio o por medio de las cámaras de aire o algún otro gas aislante, se puede llegar a obtener más del 70 % de ahorro en el consumo de energía.

Esta investigación también enfatizó la importancia de conocer los conceptos más importantes a considerar como: el Coeficiente de sombreado (CS), el Coeficiente de transferencia de calor (valor U) y el Coeficiente de Ganancia de Calor Solar (CGCS) para proponer el módulo de vidrio aislante más idóneo para una determinada envolvente de un edificio. Generando así, un análisis paramétrico de una gama de módulos con diferentes propiedades; a su vez se obtuvieron una serie de tablas comparativas de estos distintos módulos de las diferentes empresas dedicadas a esta tecnología en nuestro país, donde se observó que evidentemente la notoria diferencia se encuentra en la cámara de los módulos de vidrio, ya sea que este llena por aire o algún tipo de gas como el argón, claro sin desmerecer las propiedades ópticas y térmicas de ambas láminas (exterior e interior). Otro factor de gran relevancia es el espesor de las láminas de los módulos, pues se ve reflejado en el costo debido a su disposición en el mercado.

En base a esta comparación se obtiene que los módulos más recomendables para la zona de Santa Fe, son los que están conformados por vidrios de baja emisividad de 6 mm. (cara tres, del vidrio interior), en el vidrio exterior el vidrio de 6 mm. puede ser extra claro, claro, tintex o tintex plus según sea el diseño que se desee dar a la fachada del edificio, por último es importante que se considere la cámara de aire de 12mm. de espesor. Se podrían proponer la gama de los módulos pirolíticos, sin embargo la fachada tendría un aspecto reflectivo.

Por otro lado se obtuvo que en dicha zona de estudio la demanda de los módulos de vidrio aislante utilizadas en las fachadas es alto, donde el 42 % de las fachadas de los edificios analizados se utilizó el vidrio doble, el 8 % lo conforman los vidrios dobles de baja emisividad con algún tipo de película adicional, los vidrios laminados representan el 8 %, así

como el 17% esta definido por el vidrio templado, y si le agregan algún acabado como el serigrafiado incrementa a un 25%.

Además existen edificios que aún a pesar de aplicar este tipo de tecnologías en la envolvente, han considerado otras características en el diseño de sus fachadas, tanto tecnológicas y bioclimáticas en cuestión del tipo de anclaje y sujeción de las fachadas. Como son los corporativos Banorte conocido como la Torre Qurvic y el corporativo Movistar o Torre Aicón ambos diseñados por el despacho de arquitectos ARDITTI + RDT ARQUITECTOS, dichos inmuebles son considerados como excelentes ejemplos de diseño integral, puesto que manejan de manera estratégica cada una de las orientaciones de sus fachadas, ya sea a través de elementos de amortiguación térmica, como la doble fachada, generando así terrazas arboladas semi abiertas a doble altura, lo que reduce el sobrecalentamiento en las fachadas, puesto que son las que reciben directamente la radiación solar; en donde además utilizan en la mayor parte de las fachadas el vidrio doble de baja emisividad, proponiendo porciones macizas en la fachada sur poniente, donde se genera una elevación de temperatura en verano.

Ante este argumento en reducir el impacto ambiental dentro de la industria de la construcción se han manifestado diferentes organizaciones en el mundo, destacando el USGBC US Green Building Council con el sistema LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) y en Europa existe el BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). El sistema LEED se ha implementado en nuestro país aunque no sea aplicable al cien por ciento, debido a que las necesidades son diferentes, los parámetros de importancia en cada uno de sus apartados no son equitativos, en referencia a los materiales en las fachadas puede tener el mismo puntaje que los muebles sanitarios ahorradores de agua, sin menos preciar a este segundo concepto.

A nivel nacional, sólo el Distrito Federal se ha impulsado la Norma Oficial Mexicana NOM- 008-ENER-2001 con referencia a la eficiencia energética en edificios no residenciales a través de la Comisión Nacional de Energía (CONAE), la cual no ha sido difundida dentro de la industria de la construcción, puesto que se observo que no se consideran los porcentajes de las porciones macizas (60 %) y transparentes (40 %) propuestas en dicha norma, para ser aplicados en edificios corporativos.

Debido a este panorama, se decidió someter a uno de los edificios pertenecientes a la zona de estudio llamado Corporativo Opción Santa Fe III a la metodología (software) manejada en la norma antes mencionada, se manejan conceptos como: la ganancia de calor, transferencia de calor, ganancia por conducción, ganancia por radiación hasta posteriormente obtener un resumen del cálculo y vislumbrar si en realidad esta norma aprueba al edificio.

En este cálculo se observó la importancia de estar actualizado en los datos técnicos de los diferentes materiales que se encuentran incorporados en nuestro edificio, conocer incluso materiales con propiedades que ayuden al aislamiento térmico del inmueble y así obtener un ahorro energético en cuestión de la envolvente. En el apartado de la ganancia por radiación aplica el análisis antes mencionado con referencia a las propiedades ópticas y térmicas de los diferentes módulos de vidrio, donde requieren valores como el coeficiente total de transferencia de calor, el coeficiente de sombreado, y el tipo de diseño de las ventanas de las fachadas del edificio.

Con todos estos antecedentes, considero que sería gran importancia manejar una eco etiqueta para conocer los edificios que consumen de manera eficiente la energía eléctrica, destacando el aislamiento térmico de su envolvente translúcida o transparente, a través de los materiales que lo conforman, como el tipo de vidrio instalado, así como los elementos de protección solar fuesen de manera obligatoria. Rectificando que realmente se instalen equipos de aire acondicionado eficientes, luminarias ahorradoras de energía, y no sólo aspectos de diseño de interiores.

➤ **A Absorción energética**

Es el porcentaje de energía absorbida por el vidrio que provoca un incremento de temperatura en su masa. Este coeficiente permite determinar el riesgo de rotura por choque térmico.

➤ **B Balance energético (K de balance).**

Es el resultado de la suma de todos los aportes y pérdidas energéticas que se producen a través de una superficie acristalada.

➤ **C Capa reflectante.**

Capa depositada sobre el vidrio que presenta una reflexión importante de las radiaciones visibles y/o de las radiaciones infrarrojas.

Capa pirolítica.

Capa obtenida por durante el proceso de fabricación float, por proyección de componentes metálicos, a altas temperaturas, sobre la superficie del vidrio

Características Espectrofotométrica.

Son el conjunto de los valores de transmisión, reflexión y absorción, energéticos y luminosos, de las radiaciones solares a través de un acristalamiento.

Choque térmico

Una diferencia de temperatura importante entre dos zonas próximas en un vidrio, puede originar roturas que comúnmente se denominan "roturas por choque térmico"

Coeficiente K medio diurno-nocturno (Kjn)

El coeficiente K medio de los acristalamientos equipados con visillos, cortinas y persianas, considerando que el 20% de estos acristalamientos se encuentran cubiertos durante el día y el 75%, durante la noche.

Coeficiente K simple

Se corresponden con el coeficiente K de un cerramiento (conjunto vidrio + carpintería), sin visillos, ni cortinas, ni persianas exteriores.

► D Daylighting

Efecto de reorientación de la luz por reflexión sobre las superficies reflectantes y orientables. Este sistema integrado en el vidrio permite una mejor difusión de la luz, evitando el deslumbramiento, hacia el interior de los locales.

► E Emisividad

La emisividad es una propiedad de superficie que mide la cantidad de calor que ceden las caras de una placa por radiación a un entorno más frío.

La emisividad normal de un vidrio monolítico es de 0,89 y la de los vidrios denominados "bajo emisivos" (en inglés, low-e) llega a ser inferior a 0,10. La baja emisividad de un vidrio permite reducir los intercambios térmicos y de esta forma, mejorar el valor U (antiguo coeficiente K) del material.

► F Factor Solar g (antigua simbología Fs)

Relación entre la energía solar incidente y la energía total que entra en un local (fracción de energía transmitida + la parte absorbida e irradiada al interior por el vidrio).

► L Low-E

Denominación anglosajona que reciben los vidrios con capa de "baja emisividad". Ver "emisividad".

➤ **M Módulo de Vidrio Aislante.**

Es la unión de dos o más láminas de vidrios, en el espacio intermedio se encuentra una cámara llena de aire, gas, incluso agua

➤ **P PVB (butiral de polivinilo)**

Película plástica que asegura una perfecta adherencia y resistencia en el ensamblaje mecánico de dos vidrios durante el proceso de laminación.

Pirolítico

Proceso de depósito de capa sobre una línea float. Consultar "capa pirolítica".

Plateado

Transformación mediante la cual se deposita una capa metálica reflectante sobre el vidrio, obteniéndose un espejo.

➤ **R Re - Reflexión energética**

Porcentaje de energía, procedente de las radiaciones solares infrarrojas, reflejada por el vidrio.

RI - Reflexión luminosa

Porcentaje de energía luminosa reflejada por el vidrio con respecto al flujo luminoso incidente.

➤ **SE - Selectividad Espectral**

S

La Selectividad Espectral se refiere a la habilidad del vidrio para responder a diferentes longitudes de onda de la energía solar.

➤ **Te - Transmisión Energética**

T

Porcentaje de energía, procedente de las radiaciones solares infrarrojas, transmitida por el vidrio..

TI - Transmisión Luminosa

Porcentaje de energía luminosa transmitida por el vidrio, con respecto al flujo luminoso incidente.

TU - Transmisión Ultravioleta

La Transmisión ultravioleta indica el porcentaje de la radiación ultravioleta (una porción pequeña de la energía del sol).

Transmisión UV

Porcentaje de flujo luminoso ultravioleta que procedente de las radiaciones solares es transmitido por el vidrio, con respecto al flujo luminoso incidente.

APENDICE No. 1

Lunes 18 de diciembre de 2000

NUEVAS TECNOLOGIAS
El control solar en los edificios

Vidrios de vanguardia que evitan el calor por radiación solar. El sistema de doble piel de vidrio que se usa en Europa. Un soft analiza el asoleamiento de las obras.

Por Miguel Jurado.

Con los cristales de última generación, los proyectistas de los edificios vidriados ya no tienen que preocuparse por los efectos del sol. Los **nuevos vidrios** con recubrimientos de baja emisividad, los cristales de alto rendimiento, las capas reflectivas, las serigrafías cerámicas y los paneles de doble vidriado hermético con gas en su interior son las últimas herramientas que **controlan el calor solar** que ingresa a un edificio.

La principal desventaja de las fachadas de vidrio es que producen grandes pérdidas de calor en invierno y sofocantes **ganancias térmicas** durante el verano. Ambos defectos producen un **alto consumo de energía** para acondicionar los ambientes, pero mantener frío un edificio es la tarea **más costosa**.



Para detener la radiación solar sin perder **la transparencia y la luminosidad** que generan las fachadas de vidrio, varios diseñadores están probando **combinar** los nuevos cristales de una manera diferente. Esto se conoce con el nombre de **doble piel de vidrio**. Esta técnica consiste en anteponer paños de vidrio que funcionan como **parasoles** por delante de la verdadera fachada del edificio. El sistema ya fue **probado con éxito** en varios edificios europeos y promete revolucionar el concepto de los tradicionales curtainwall.

DOBLE PIEL DE VIDRIO. El aeropuerto de Barcelona, diseñado por Ricardo Bofill, tiene una doble fachada de vidrio con cámara de aire.

UN DISEÑO BIOAMBIENTAL. El arquitecto belga Philippe Samyn construyó el edificio Brussimmo, en Bruselas, siguiendo la técnica de la doble piel. El frente tiene dos pieles de vidrio separadas por una **cámara de 80 centímetros**. La piel exterior está compuesta por dos vidrios con cámara de aire y controla las pérdidas de calor en invierno. El vidrio de la piel interior controla la entrada de luz natural con persianas.

El espacio intermedio entre las dos pieles actúa como un **conducto de ventilación vertical** que conduce el aire desde las oficinas hasta la sala de máquinas ubicada en el techo. En invierno, la ganancia de calor generada por la gente y la iluminación y los rayos solares se **recupera** y resulta suficiente como para que el edificio no necesite calderas de calefacción.

En verano, la protección solar de la piel exterior disminuye la radiación dentro del edificio y la cámara entre las dos pieles sirve de **chimenea que evacúa el calor** por aberturas en la parte superior.

Las mediciones realizadas en los últimos años demostraron que el edificio Brussimmo tiene **menor consumo de energía** que otros edificios de oficinas de similar superficie.

La misma técnica que usó el belga Samyn en Bruselas pronto se estrenará en Buenos Aires de la mano del arquitecto Rafael Viñoly, cuando termine el edificio para la Fundación Fortabat en el dique 4 de Puerto Madero.

En la doble piel de vidrio, como en cualquier otro frente vidriado, la elección del material exterior requiere un **estudio muy equilibrado**. Hay que usar vidrios que filtren la parte del espectro solar que produce calor, pero a la vez deben permitir que los rayos del sol que brindan luz entren en el edificio.

UN TEMA VIDRIOSO. Cuando se trata de controlar el calor solar, la elección de los vidrios deja de ser un tema estético para convertirse en una **decisión técnica**. Mark Sayer, especialista en vidrios de la firma Libbey-Owens-Ford de los Estados Unidos, asegura que el desempeño de un vidriado depende mucho de su **coeficiente de sombra**. "El coeficiente de la sombra de un vidrio describe la **cantidad de energía** que permite pasar al ambiente", explica.

Se considera que los vidrios incoloros tienen un coeficiente de sombra igual a 1. Por lo tanto, son ideales para climas fríos en los que se necesita **mucha ganancia solar**. Pero cuando hay que reducir el calor que ingresa a un edificio por el efecto del sol, es necesario usar vidriados que tengan control solar.

Los vidrios más comunes que absorben el calor están **coloreados** en su masa. Los tonos más conocidos son el **gris** y el **bronce**, que tienen un coeficiente de sombra de 0,65 y 0,73 en comparación con el vidrio incoloro. Esto significa que dejan pasar

menos radiación solar. Pero también existen nuevos vidrios coloreados, como el Blue-Green, que tiene un coeficiente de sombra similar al color bronce pero con una ventaja: permite pasar un 50 por ciento más de luz solar visible al interior del edificio. Esta es la parte del espectro solar que no produce calor y **mejora la iluminación natural** de los ambientes.

La última palabra en vidrios coloreados son el Green TM y SuperGreyTM, que tienen un coeficiente de sombra **muy bajo:** 0,59 y 0,39, respectivamente. Pero además, permiten una transmisión muy alta de luz visible, cercana al 66 por ciento. "Los sistemas de control solar **más eficientes** también provocan una transmisión baja de luz visible", asegura Sayers, para explicar que la elección del vidriado debe mantener un **delicado equilibrio.**

Los investigadores de sistemas de control solar desarrollaron el vidrio Low-E de baja emisividad, que refleja la energía infrarroja del sol sin afectar la luz visible. Estos vidrios **reducen el paso de la energía calórica** y se pueden combinar con vidrios coloreados para aumentar su eficacia. Por ejemplo: un vidriado EverGreen puede mejorar su coeficiente de sombra de 0,45 a 0,39 con el agregado de un vidrio Low-E.

Las últimas investigaciones descubrieron un **hallazgo sorprendente:** los vidrios inteligentes que cambian de color según la intensidad de la luz, como los anteojos de sol. Mientras estos inventos llegan al mercado, la receta más económica para eludir el sol es colocar estratégicamente parasoles, hacer aleros generosos al norte y evitar los grandes ventanales al oeste.

Informe: Silvia Guachione.

jurado@arq.clarin.com.ar

<http://www.clarin.com/suplementos/arquitectura/2000/12/18/a-00211.htm>

a) Referencia de Tesis de Maestría

BARRIOS Rodríguez, María del Pilar. Comportamiento Energético de la Envolvente Traslúcida en México. Septiembre 2005.

NAVIA Parodi, Ana María. Tecnología del vidrio. UNAM. Octubre 2002.

ORTEGA Ayala Gabriel. "Tecnología del vidrio"- Una Guía para el diseñador industrial, México 2005.

VARGAS, Palma Gloria Angélica. Sistemas en Fachadas. Hacia la Bioclimática Vertical en la Ciudad de México. UNAM, 2008.

b) Referencia de Libros

N., The architecture of Glass. Shaping Light

Compagno, Andrea, et al,
Translucent Materials
Primera Edición 2004.
Edition Detail.
520 p.

BORCH, Ine ter, et al,
Skins for Buildings. The Architect's Mterials Sample Book.
BIS PUBLISHERS.
509 p.

SERRA, Florensa Rafael, Coch, Roura Helena
Arquitectura y Energía Natural
Edicions UPC Universitat Politècnica de Catalunya
Barcelona España.

Alfaomega Grupo Editor, México, febrero 2005.

c) Referencia de Revistas

OCAMPO Ruiz, Ernesto. "Materiales de Construcción para el siglo XXI, Nanotecnología aplicada a la Arquitectura", Revista Bitácora No.5, año 2003.

d) Referencia de Internet

ASTM Internacional en México. <http://www.termoconsult.com/aislamiento.htm>

http://www.warmteisolered_es.com

Vidrios Marte. <http://www.vidriosmarte.com>

Grupo Vitro S.A. de C.V. <http://www.vitro.com>

Saint-Gobain Glass. <http://www.saint-gobain-glass.com/es/index.asp>

Cristel. <http://www.cristel.com.mx>

<http://www.chilil.com.mx>

Tecnovidrio. Soluciones en vidrio. <http://www.tecnovidrio.com.mx>

Vidrios Curvados Hechos con Precisión. <http://www.e-bentglass.com>

Metrolight. <http://www.metrolight-es.com/leds15.htm>

<http://www.consumer.es/web/es/tecnologia/hardware/2006/01/09/148391.php>

MIRANDA, Ibañez Renato. Vidrios que se limpian solos Revista Bit. Nº 35 Marzo 2004
http://www.revistabit.cl/body_articulo.asp?ID_Articulo=1049

EGUÍA Susana, et. al. Impacto Solar en Fachadas. Metodología para La Determinación de Características Termo-Lumínicas en Envoltentes Vidriadas. Argentina. Diciembre 2006.
<http://www.arquitecturatropical.org/EDITORIAL/documents/IMPACTOSOLARENFACHADAS.pdf>.

Manual de Diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el Trópico.
<http://fau.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/Manualintro.html>

Criterios periodismo independiente. "Crean en la UNAM vidrios controladores de radiación solar"
<http://www.criterios.com/modules.php?name=Noticias&file=article&sid=9316>

Norma Técnica E.040 Vidrio.
http://www.ing.udep.edu.pe/civil/material/vial/Bibliografia/Reglamento_nacional_de_edificaciones/E.040.pdf

La Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENE-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.
http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_518_nom008ener2001

Efficient Windows Collaborative. EWC (Consejo para las ventanas eficientes) con el apoyo del programa para ventanas y vidrios para la eficiencia energética del departamento de Energía e industria de los Estados Unidos de Norteamérica.
<http://www.efficientwindows.org/>

Sistemas de Calentamiento Solar en Edificios <http://www.acondicionamiento.com.ar/docs/Energia%20solar%20termica.pdf>

Glas Punt <http://www.glas.nl/alles-over-glas/geschiedenis/5-handmatige-productie-van-vensterglas-tot-de-twintigste-eeuw/>