



Universidad Nacional Autónoma de México

Maestría y Doctorado en Arquitectura
Campo de conocimiento: Tecnología

“PANELES LIGEROS Y PESADOS . EN LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA”

TESIS

Que para optar por el grado de:
MAESTRO EN ARQUITECTURA
Campo de conocimiento: Tecnología

Presenta:

VICTOR HUGO ACOSTA SERRATOS

DIRECTOR DE TESIS

Mtro. En Arq. Jorge Rangel Dávalos
Facultad de Arquitectura, U.N.A.M.

COMITÉ TUTOR

Mtro. En Arq. Ernesto Ocampo Ruíz
Facultad de Arquitectura, U.N.A.M.
Dr. En Ing. Alejandro Solano Vega
Facultad de Arquitectura, U.N.A.M.
Mtro. En Arq. Francisco Reyna Gómez
Facultad de Arquitectura, U.N.A.M.
Mtro. En Arq. Leonardo Zeevaert Alcántara
Facultad de Arquitectura, U.N.A.M.

MÉXICO, D.F.
OCTUBRE DE 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



Universidad Nacional Autónoma de México

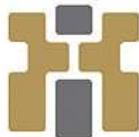
Maestría y Doctorado en Arquitectura
Campo de conocimiento: Tecnología

“PANELES LIGEROS Y PESADOS . EN LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA”

TESIS

Que para optar por el grado de:
MAESTRO EN ARQUITECTURA
Campo de conocimiento: Tecnología

Presenta:
VICTOR HUGO ACOSTA SERRATOS



MÉXICO, D.F.
OCTUBRE DE 2015

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, que me han dejado ser siempre YO.

A mi hermana por su apoyo y su complicidad.

Al universo que me llevo a este camino.

A cada uno que han convivido y aportado su amistad y conocimiento.

CONTACTO

Victor Hugo Acosta Serratos

acoserrvh@gmail.com

hugo@contenedorarquitectura.mx

ABSTRACT

Currently the envelope , and therefore the materials proposed in it, are the center of attention in the workshops of major global architecture. In its developed projects involving technology and adopt techniques and to obtain various benefits, including low consumption of energy from renewable resources. As well as a large selection of building materials in addition to a value of beauty, functional to the building.

The most significant benefits provided by this analysis to the envelope are:

1. Low power consumption.
2. Custom Panels for each project.
3. Less time in the construction of the envelope.
4. Combining multiple panel systems.
5. Lower maintenance costs.
6. Lower environmental impact.
7. Reduction of CO₂.
8. Aesthetic quality , due to the supply of materials.

The industry concentrates thereof on light for the envelope to fit panels. This approach , made in the interests of greater flexibility of the product and, therefore , better market penetration , lets the facade cladding , for now, is the one that solves the problem of isolation, acoustic and thermal. Betting to phase out heavy panels because of its rigidity and weight.

The analysis and understanding of the principles of the envelope by the designer is the only way to determine a coherent end , lightweight, specialized , combining various manufactured materials and solving the partiality of some products on the market existing facades.

Clearly, the envelope system has the greater structural and functional complexity than any other ; therefore to project it involves multidisciplinary expertise and consistency to sum the qualities of its components to give satisfactory answers to heterogeneous instances.

Some of the factors that have contributed to the rise of technology research of materials used in the enclosure are:

1. The increasing industrialization of the construction sector.
2. The growing demand for reliability and controlled maintenance planning.
3. Layers slender panels, which allows dimensioning also reduce the resistant structure of the building.
4. Increasing the brightness of the interior space.
5. Evolution of costs, with a progressive increase in the relative value of labor against the value of the materials.
6. Quality within the new spatial delimitation habitat, allowing the user's physical and psychological comfort.
7. Quality in the new configuration of the modified immediate environment , to provide a new reading of the implanted architecture.
8. Quality in the definition of the new social context and therefore increased transformed.
9. Quality in minimizing the impact that takes place in altered natural ecosystems.

10. Quality balance between existing systems and newly created.

The importance of dealing with the planning of the envelope of a building and the selection of appropriate materials, impact on the following factors:

Architecturally :

Sunlight, natural lighting , natural ventilation , thermal insulation , sound insulation and ground adaptation and context.

Technologically :

Reducing energy consumption for both the user and the environment.

Using materials that reduce heat loss , noise.

Passive air conditioning.

Double skin facades that act as thermal buffer element.

Solar collectors.

Sustainably :

Selection of the most suitable materials according to the use of the building, guidance, asolamientos , urban context , available technology, skilled labor and investment work.

| INDICE | | |
|----------|---------------------------------------|--------|
| Capítulo | | Página |
| I | Introducción | 4 |
| 1 | Antecedentes | 6 |
| 1.1 | Primeras envolventes | 6 |
| 1.2 | Rumbo una nueva arquitectura | 7 |
| 1.3 | Comienzo de tecnologías constructivas | 13 |
| 2 | Envolvente arquitectónica | 16 |
| 2.1 | Concepto | 16 |
| 2.2 | Función de la envolvente | 21 |
| 2.3 | Cualidades | 22 |
| 3 | Panel | 25 |
| 3.1 | Tipología constructiva de los paneles | 25 |
| 3.2 | Complementos de los paneles | 26 |
| 3.3 | Forma de los paneles | 28 |
| 3.4 | Unión y anclaje | 29 |
| 3.4.1 | Unión seca y húmeda | 29 |
| 3.4.2 | Unión panel-estructura | 30 |
| 3.5 | Junta | 30 |
| 3.5.1 | Junta entre paneles | 30 |
| 3.5.2 | Juntas simples y doble sellado | 30 |
| 3.6 | Anclaje | 31 |
| 3.6.1 | Anclajes en paneles pétreos | 31 |
| 3.6.2 | Anclajes en paneles cerámicos | 32 |
| 3.6.3 | Anclajes en paneles compuestos | 32 |
| 4 | Envolvente ligera | 34 |
| 4.1 | Paneles ligeros | 35 |
| 4.2 | Montaje | 35 |
| 4.3 | Tipos de paneles ligeros | 35 |
| 4.3.1 | Paneles ligeros metálicos | 36 |
| 4.3.1.1 | Paneles metálicos unicapa | 37 |
| 4.3.1.2 | Paneles metálicos multicapa | 37 |
| 4.4 | Paneles ligeros de cristal | 38 |
| 4.5 | Paneles ligeros compuestos | 39 |
| 4.6 | Paneles ligeros plásticos | 40 |
| 4.7 | Paneles ligeros de madera | 41 |
| 5 | Envolvente pesada | 44 |
| 5.1 | Panel pesado con estructura auxiliar | 44 |
| 5.2 | Paneles prefabricados de concreto | 46 |
| 5.2.1 | Paneles de cerramiento | 47 |
| 5.2.2 | Paneles de GRC | 48 |
| 5.3 | Panel portante y no portante | 49 |
| 6 | Nuevas envolventes | 51 |
| 6.1 | Envolvente ventilada | 51 |
| 6.2 | Envolvente captora | 53 |
| 6.3 | Envolvente vegetal | 53 |
| 6.4 | Envolvente mediática | 56 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 6.5 | Envolvente inteligente | 57 |
| 6.6 | Envolvente dinámica | 58 |
| | | |
| 7 | Materiales en la envolvente | 61 |
| 7.1 | Pétreos | 62 |
| 7.1.2 | Acabados pétreos | 64 |
| 7.2 | Aglomerantes | 64 |
| 7.2.1 | Concreto | 65 |
| 7.2.2 | Concretos de alta resistencia | 65 |
| 7.2.3 | Acabados | 66 |
| 7.2.4 | Concreto translúcido | 67 |
| 7.2.5 | Cerámicas | 68 |
| 7.2.5.1 | Cerámicos refractarios | 69 |
| 7.2.6 | Tabiques | 69 |
| 7.2.7 | Azulejos | 70 |
| 7.3 | Metales | 71 |
| 7.3.1 | Metales ligeros | 71 |
| 7.3.1.1 | Aluminio | 71 |
| 7.3.1.2 | Acero | 72 |
| 7.3.1.3 | Titanio | 72 |
| 7.3.2 | Metales pesados | 73 |
| 7.3.2.1 | Plomo | 73 |
| 7.3.2.2 | Zinc | 73 |
| 7.3.2.3 | Cobre | 74 |
| 7.3.2.4 | Estaño | 74 |
| 7.4 | Materiales orgánicos | 74 |
| 7.4.1 | Madera | 74 |
| 7.4.2 | Bambú | 75 |
| 7.5 | Compuestos | 76 |
| 7.5.1 | Plásticos | 78 |
| 7.5.2 | Principales variedades de polímeros y plásticos | 79 |
| 7.5.3 | Vidrio | 81 |
| 7.5.3.1 | Tipos de vidrios | 81 |
| 7.6 | Materiales Superconductores | 84 |
| 7.6.1 | Superconductores comerciales | 85 |
| 7.7 | Materiales nanoestructurados | 85 |
| | | |
| 8 | Costo y función de la envolvente | 88 |
| 8.1 | Costo | 88 |
| 8.2 | Función, desempeño, proyecto e integración de la envolvente con la construcción | 89 |
| | | |
| 9 | Orientación y envolvente | 94 |
| | | |
| II | Conclusiones | 98 |
| | | |
| III | Referencias | 101 |
| | | |
| IV | Glosario | 107 |
| | | |

I. Introducción.

Este documento está enfocado a una parte específica del cuerpo arquitectónico, la envolvente, es decir, el elemento físico que establece el primer límite entre lo exterior y lo interior, constituidos por espacios habitables o utilizables.

Esta investigación está **fundamentada** a través de la divulgación de los desarrollos tecnológicos vigentes en el uso de paneles ligeros y pesados aplicados en el diseño de la envolvente arquitectónica, con el propósito de que se disponga de un conocimiento sobre el tema y se tenga información en el momento de comenzar las fases constructivas del proyecto arquitectónico con el propósito de obtener opciones, si es requerido en su especificación, para la selección de paneles para la envolvente.

En México, hasta el momento de impresión de este documento, no hay alguno, que reúna esta información y facilite la toma de decisiones para la especificación de paneles ligeros y pesados en el proyecto arquitectónico.

La envolvente se refiere a la capa que suele contener al volumen de una edificación. Comienza a desarrollarse desde el momento en que se da inicio a las delimitaciones interiores de la edificación, y es la resultante exterior de dichos límites. No es simplemente una caja de muros conteniendo espacios habitables, es la parte estética de la obra, lo admirable a simple vista, lo que cada individuo critica o admira. Es esa piel que separa el exterior del interior de los edificios con el fin de que el hombre pueda habitarlo.¹

La envolvente se deriva de una suma de longitudes, anchuras y alturas de los elementos constructivos, nace propiamente del vacío, del espacio interior, en el cual los hombres viven y se mueven. Los elementos envolventes del espacio comparten una característica constante: están siempre en el medio y nunca al final de algo. Sin embargo, la función primordial de la envolvente es protegernos del las inclemencias del ambiente.

El **contenido** del documento ofrece una referencia para todo aquel que ha de tomar decisiones a la hora de de plantearse el tema de la envolvente arquitectónica, ya que cada proyecto y cada arquitecto son únicos y requieren soluciones diferentes para problemas diferentes, los temas que se mostrarán deben de ser considerados como sugerencias más que como soluciones definitivas. Deberá combinarse con una evaluación adecuada de los fabricantes de los materiales y productos referidos.

La investigación se divide en tres temas fundamentales. La primera parte es acerca de paneles ligeros (envolvente ligera) la segunda sobre la paneles pesados (envolvente pesada). En ambos capítulos se hace un análisis del uso de estos paneles en la industria de la construcción y de la decisión que los arquitectos tienen al especificarlos en los proyectos arquitectónicos por las propiedades, y cualidades que darán a la edificación. La tercera parte abarca los materiales de mayor uso en la fabricación de paneles para la construcción de la envolvente arquitectónica, dividiéndose en grupos, debido a sus cualidades y propiedades.

¹ Porter, Tom, *An Illustrated Guide To Architectural Terms -Archispeak-*, Spon Press, Londres, 2005

Se desarrolla de manera sintetizada el costo de la envolvente en México, punto importante que definirá sin dudas la selección del sistema envoltorio de la edificación.

El documento está **dirigido a** arquitectos, constructores, ingenieros que tengan experiencia en el tema y sean capaces de reconocer rápidamente las consideraciones aplicables de diseño a través del significado de esta investigación analizando los puntos clave. Otros lectores podrán aprovechar el estudio de los temas para conseguir un criterio en el diseño de envolventes.

El **objetivo general** de esta investigación es:

- Dar a conocer los beneficios que otorga realizar una envolvente arquitectónica con el conocimiento sobre las tecnologías en el sistema de paneles arquitectónicos.
- Avances en el área de la construcción vigentes.

Los **objetivos particulares** son:

- Analizar los tipos de envolventes arquitectónicas: ligeras y pesadas.
- Definir criterios para la selección de los materiales adecuados para la envolvente arquitectónica, según su función.
- Comparar tecnologías constructivas de materiales de punta enfocadas al ahorro de energía.

La **hipótesis** planteada es:

“Si la envolvente aprovecha factores de tipo constructivo, funcional, formal y ecológico tendrá un mayor potencial en el perfeccionamiento de una arquitectura orientada hacia las necesidades de los usuarios actuales y del futuro, que una envolvente realizada con sistemas convencionales que no los tome en cuenta”.

“Si se utilizan los materiales apropiados para la construcción de la envolvente se abatirán los costos de la edificación debido a las propiedades y cualidades técnicas de los materiales seleccionados”.

1. Antecedentes.

Desde una visión antropológica todas las herramientas humanas no son sino extensiones de las propias capacidades corporales del hombre, y la arquitectura correspondería, tras el vestido, a una segunda piel capaz de crear la mayor protección climática y un ámbito de privacidad. La generación de nuevas formas y de técnicas constructivas no es casualidad, responde a un largo proceso de maduración de ideas.

1.1. Primeras envolventes.

La implementación que hacen algunos pueblos de esta necesidad es tan literal, empleando la propia piel de los animales a su alcance en la creación de su hábitat, como hacen los tuaregs en el Sahara (véase figura 1), los indios americanos o los beduinos del desierto, estos últimos tejen sus tiendas con piel de cabra o de camello. También las fibras vegetales en forma de tallos, hojas o ramas, han servido al hombre en sus estados primarios para hacer chozas, que todavía hoy tienen vigencia en países como Irak, donde se hacen importantes construcciones con haces de juncos, o en Estados Unidos, que conservan en Nebraska una tradición de casas con pacas de paja.

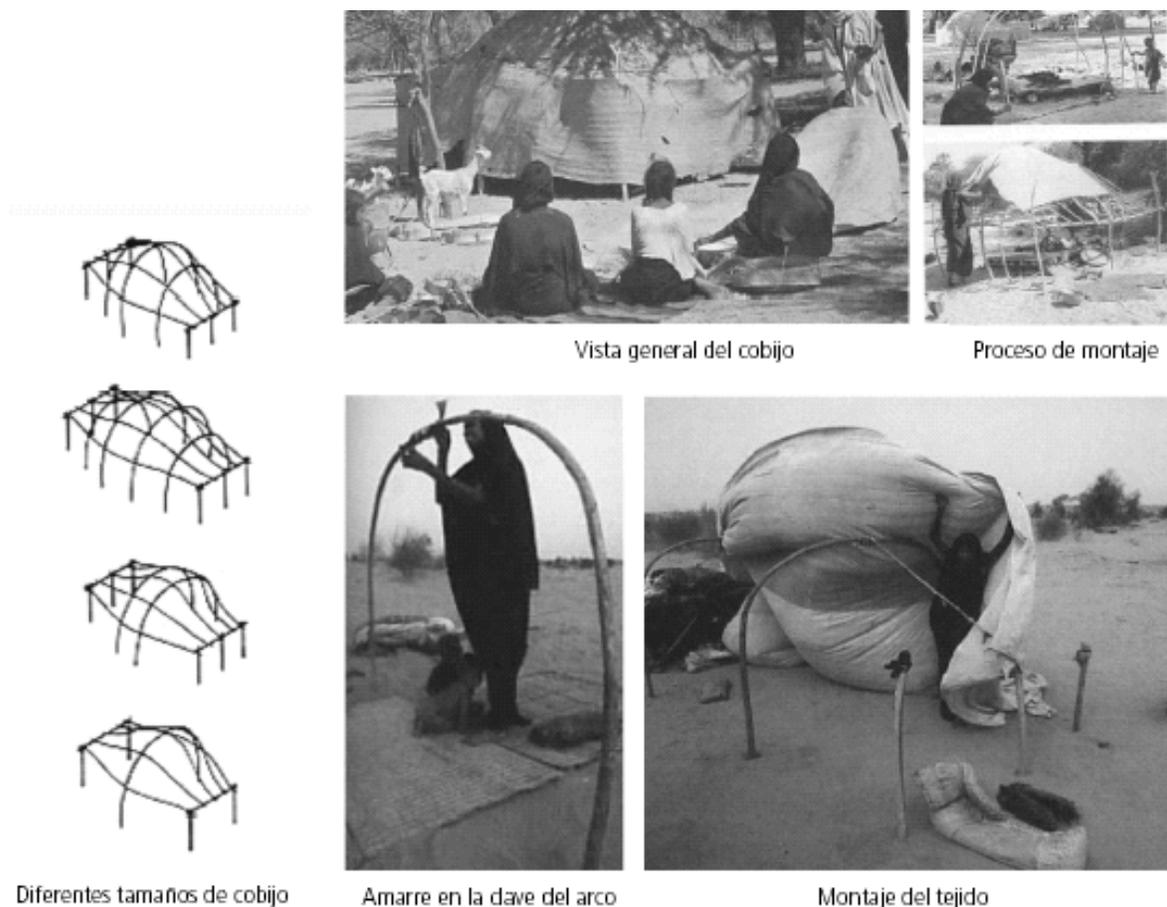


Fig. 1

Vivienda Tuareg

Recuperado de: <http://www2.scielo.org.ve>

Todas estas técnicas de construcción tienen, no obstante, poco papel en el desarrollo de la arquitectura mundial actual por su fragilidad, más no por su concepción funcional y constructiva. Por mucho tiempo se crea una arquitectura de muros de carga compuesta por materiales pesados que forman el sistema estructural y a su vez de cerramiento.

Tiene que surgir un movimiento constructivo como el gótico para que se pueda intuir la analogía biomorfica que separa las funciones protectoras de la piel de las sustentantes de la osamenta. En su afán de ligereza y luminosidad, este estilo ideado en la Edad Media crea un sistema estructural de nervaduras que conducen las cargas de las cubiertas hacia las columnas, arbotantes y contrafuertes, liberando los muros de la necesidad de soportar las bóvedas, con lo cual pueden ser menos gruesos y contar con una mayor área de vanos (véase figura 2).

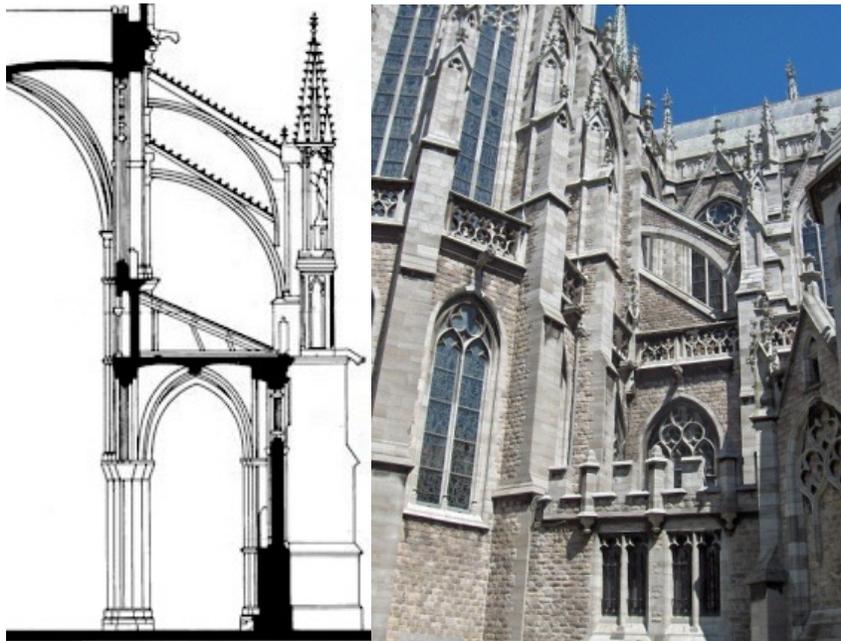


Fig. 2

Corte y fachada de Iglesia Pedro de Ostend, Bélgica.
Recuperado de: <http://artaula.wordpress.com>

1.2. Rumbo una nueva arquitectura.

La arquitectura moderna, comenzó su camino de la mano del metal y el vidrio. Estos materiales han ejercido desde su incorporación a la arquitectura un interés y fascinación especial sobre el hombre, desarrollando técnicas constructivas que han permitido a arquitectos e ingenieros realizar las más audaces e inimaginables construcciones.

Concretamente, el primer material en destacar fue el vidrio por su especial relación con la luz, desde la máxima reflexión del espejo hasta la total transparencia. El hierro viene a revolucionar la historia de la construcción al permitir abarcar mayores claros con estructuras que se afinan hasta lo inverosímil. Los muros desaparecen como tales, para convertirse en cuerpos formados por columnas, vigas y soportes que propician la idea de crear caparzones ligeros.

Se reconocen como ejemplos de la construcción ligera del siglo XIX al *Crystal Palace* de Joseph Paxton (véase figura 3), gigantesco invernadero creado para la Exposición Universal de Londres de 1851, que tiene precedentes en otros invernaderos, como el jardín de Nymphenburg, en Múnich, proyectando por Friedrich Ludwig von Sckell en 1807, y aun antes el invernadero de madera en la Orangerie del Belvedere en Viena, de 1747, que se cerraba en invierno mediante una fachada modular y desmontable.

Es el XIX un siglo lleno de creaciones e inventos que encontraron su escaparate en los palacios de las Exposiciones Universales y en grandes construcciones civiles como estaciones de tren, puentes y naves industriales. Son años en los que se crea una importante construcción industrializada y en las que aparecen los antecedentes de los paneles ligeros.

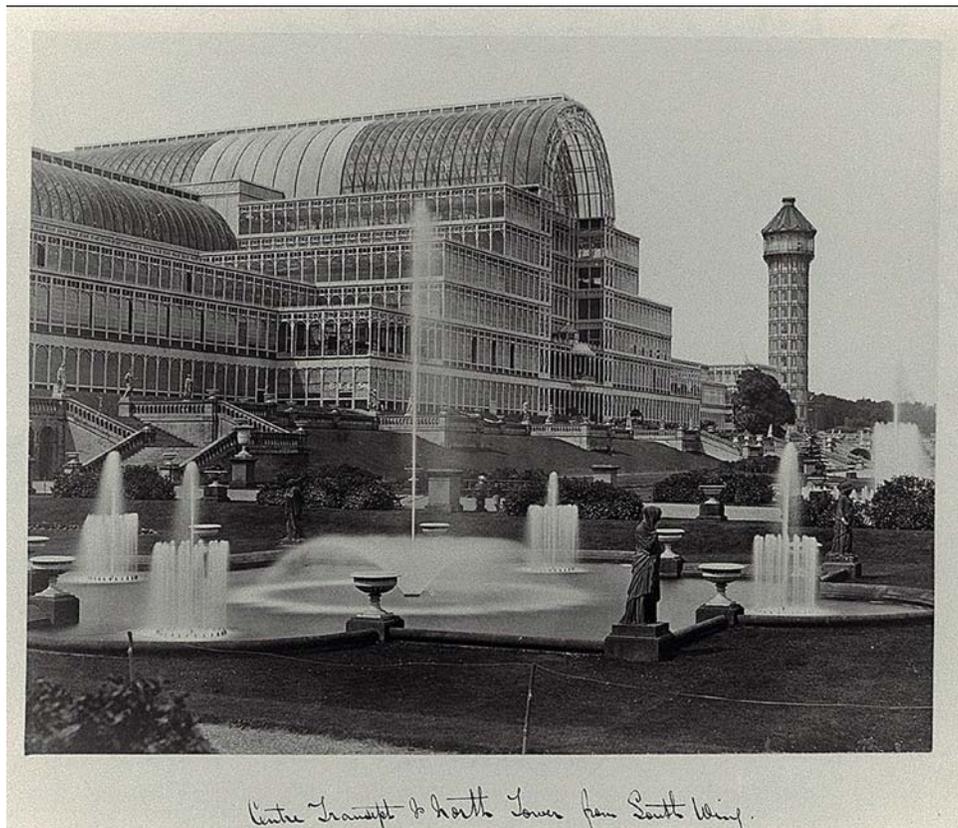


Fig. 3

Cristal Palace de Joseph Paxton, 1851

Recuperado de: <http://arquibooks.blogspot.mx/2008/11/arte-y-arquitectura-moderna-1851-1933.html>

A principios del siglo XIX con el nacimiento tecnológico del cemento Portland se desarrollan los cerramientos de concreto. Pero es durante la segunda mitad del siglo XX donde la fabricación del bloque se consolida como un sistema constructivo, alternativo a los tradicionales de arcilla o piedra.

Los nuevos materiales, la expansión de la energía eléctrica y el desarrollo de nuevas y potentes maquinarias acompañan a la eclosión de la segunda revolución industrial. Los métodos de división del trabajo, la creación de piezas en serie y la mecanización dan lugar a un nuevo concepto de la industria.

Los arquitectos Adolf Loos, Otto Wagner, Joseph Maria Olbrich y Josef Hoffmann se encuentran en un momento de tensión debido a si deben continuar con las ideas pragmáticas o los novedosos ideales de estética arquitectónica del siglo XIX.

Según Wagner, *el revestimiento exterior podría utilizar placas de menor espesor y de un material más noble. La fijación de estas placas se podría realizar con anclajes de bronce. Reduciendo el volumen de piedra usado en el sistema tradicional y el número de elementos constructivos sería menor.*²

Con estas premisas Otto Wagner concibió varios proyectos en los que desarrollaba un sistema de fachadas compuesta por piezas de piedra de poco espesor que se fijaban mediante pernos a un muro de ladrillo.

Así, el primer edificio conocido que utiliza un panel de hierro en sus fachadas es el almacén naval de *Sheerness*, construido en 1858 por el ingeniero G.T. Greene (véase figura 4). Tiene unos sencillos cerramientos en los que alternan cuatro niveles de bandas de vidrio con sus respectivos antepechos de planchas cerradas, siendo este material un tema recurrente de arquitectura industrial y agrícola que no se populariza hasta mucho más tarde, aproximadamente a partir de 1940. El edificio todavía se encuentra en servicio, quedando aún algunos elementos de fachada originales. Además de estos usos industriales, el hierro también se empleó para hacer casas prefabricadas enteramente de metal, como las que a partir de 1848 realizó en sus fábricas de Derby la *Britannia Iron Works*.



Fig. 4
Almacén naval en *Sheerness*, por Ing. G.T. Greene, 1858
Recuperado de: Tectónica Número 1

² Mallgrave, Harry, *Otto Wagner: Reflections on the Raiment of Modernity*, Powell's Bookstores, Chicago, 2006

En Estados Unidos el hierro sirvió para la producción rápida de edificaciones en un momento de expansión económica. En principio no se buscaba la creación de una nueva tipología de muro sino la imitación de la prestigiosa apariencia de las construcciones en piedra, aunque algunos ejemplos como la fábrica de *James Bogardus* en Nueva York, de 1848, el *Reliance Building* de Burnham y Root (véase figura 5), rascacielos de quince pisos construido en Chicago en 1895, los almacenes *Roosevelt Stores* en Broadway, Nueva York, los almacenes *Jelmoli* en Zúrich o los almacenes *Hermann Tietz* en Berlín, los cuales alcanzan la máxima transparencia al retirar los pilares de fachada hacia el interior, dejando completamente libres superficies acristaladas de 26 metros de largo por 17 de altura.



Fig. 5

Reliance Building de Burnham y Root, 1895

Recuperado de: <http://www.american-architecture.info>

Mientras unos innovan con el cristal, Wagner sigue con su principio de usar placas de piedra. En 1902 Wagner proyecta más no construye el *Kauser Franz Josef Stadtmuseum*, donde propone por primera vez placas de mármol y granito ancladas con remaches metálicos que empleara posteriormente en los proyectos de la iglesia de San Leopoldo Steinhof construida entre 1905 y 1909 utilizando piezas de mármol de dos centímetros de espesor, sujetas con tornillería de cobre en un solo punto y atadas por tiras horizontales de la misma piedra pero con doble grosor, fijadas en dos puntos (véase figura 6).

El concepto de envolvente ligera, ya estaba concebido al finalizar el siglo XIX, pero se asociaba exclusivamente con el vidrio, el cual queda patente en construcciones como las naves de la *Margarete Steiff GmbH* en Giengen-Brenz, de 1904, con sus paredes totalmente acristaladas anticipan, los paramentos vítreos de la fábrica *Fagus* de Walter Gropius, de 1910.

Pasarán varias décadas para que se clarifique la idea de la construcción moderna en la que se dispone un esqueleto estructural cerrado y fragmentado, con piezas superficiales que actúan como membranas y que pueden ser transparentes u opacas. En realidad estas membranas podrían ser tan delgadas, porque no afectaban a la estabilidad de la construcción, sólo presentan carencias en las funciones de aislamiento térmico y acústico, problema que resolverían los nuevos productos químicos creados a lo largo del siglo XX.

Con la realización de la *Postparkasse* en 1912 Wagner roza un tema de la analítica moderna: la distinción entre estructura y ornamento, que ya había sido prevista por Gottfried Semper.

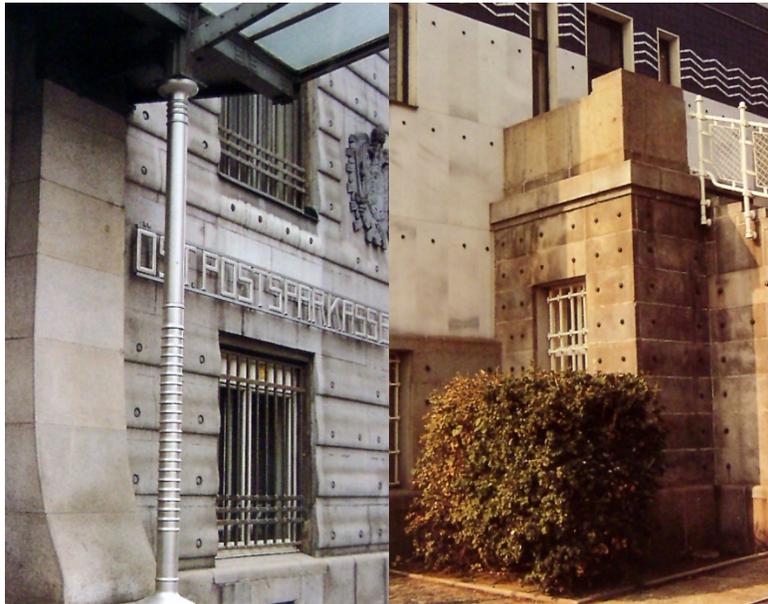


Fig. 6

Postparkasse y Control de Presa Kaiserbad Otto Wagner, uso de placas y pernos en fachada.
Recuperado de: <http://blog.quintinlake.com>

En realidad se están anunciando las nuevas tecnologías de paneles que se desarrollarán a lo largo del siglo, como las fachadas ligeras, el muro cortina y los sistemas de placas colgadas (paneles pesados).

Pero la evolución de la arquitectura siguió imparable por este camino que exigían condiciones de economía y tiempo de la nueva producción capitalista, y la construcción se fue convirtiendo en un proceso sintético capaz de acumular todo tipo de piezas concebidas de forma independiente.

Otro principio por el que se debió regir esta nueva manera de construir fue, además de la ligereza, la tipificación sistemática de los elementos que permitió la industrialización y fabricación en serie (prefabricados). Le Corbusier lo intuye cuando en 1922 habla de su casa *Citrohan* en Weissenhof (véase figura 7), y que aun poniendo sus miradas en la funcionalidad de estos elementos, fue realizada en 1927 mediante técnicas convencionales. En el mismo lugar Walter Gropius proyecta su casa con muros exteriores de fibra cemento de seis centímetros de ancho rellenos de corcho prensado y enlazados por perfiles metálicos.



Fig. 7

Casa Citrohan en Weissenhof, Le Corbusier, 1922

Recuperado de: http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Maison_Citr%C3%B6han

En 1939 Le Corbusier presenta otro proyecto de casas en el que habla de montaje en seco, es decir, a base de elementos constructivos prefabricados que se acoplan sin necesidad de morteros. Estas técnicas no se desarrollan por completo hasta que el constructor-arquitecto Jean Prouvé experimenta con distintos materiales y sistemas de fabricación. En 1938 Prouvé, construye la *Maison du Peuple* en Clichy con paneles concebidos como elementos monobloque de chapa plegada y soldada, unidos mediante juntas elásticas que se adaptan a las dilataciones, sin repercutir en la estructura del edificio (véase figuras 8 y 9).

En ese mismo año plantea unas naves desmontables ligeras para el Ministerio del Aire francés, experiencia de la que extrae los conocimientos necesarios para fabricar, en colaboración con Pierre Jeanneret, unos alojamientos de urgencia durante la guerra en los que emplea paneles de madera que después comercializa con la denominación de "Paneles Rousseau" y que aplica en sus casas prefabricadas "*Metropol y Tropique*", de las que se llegan a realizar algunas.

Años más tarde, en 1956, Prouvé idea una casa para un programa de alojamiento social con el fin de solucionar el grave problema de vivienda existente en el momento. Nace de este modo la conocida *Maison de l'Abbé Pierre*, que se levantó en los muelles del puente de Alejandro III junto al Sena.

Esta casa usaba paneles con marco de madera endurecida, alma aislante de espuma plástica y paramentos de contrachapado baquelizado, similares a los empleados en las casas Dollander, Prouvé, Bosquet, Saint Dié, Sorcy y Beauvallon, que por las mismas

fechas fueron construidas con paneles de capas semiportantes de madera-metal, en los que la cara interior es de madera de okume y la exterior de chapa de aluminio estriada, alojándose entre ellas un relleno de 6 centímetros de poliéster expandido.³

Los problemas que detecta Jean Prouvé son similares a los producidos en la fabricación de automóviles, aviones y trenes, y se centran en temas como las juntas, los puentes térmicos, el plegado de la chapa o el ensamblaje de las piezas.

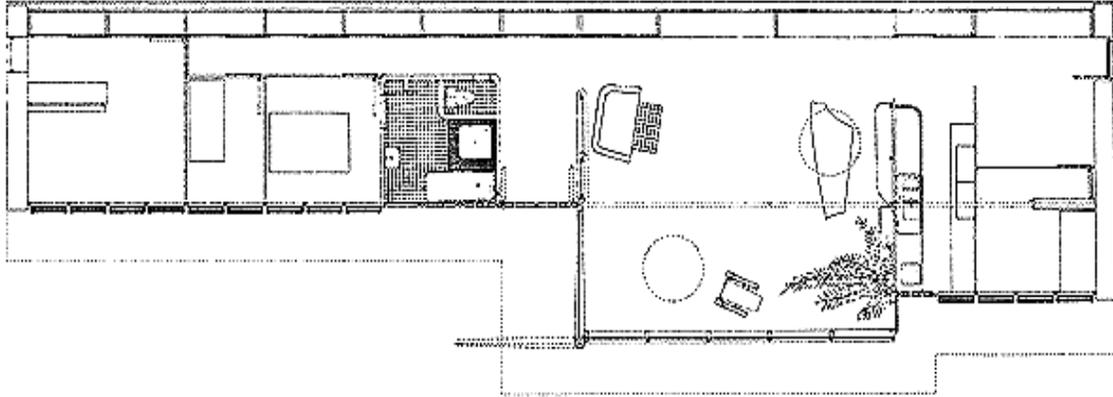


Fig. 8
Planta arquitectónica Casa Jean Prouvé, Jean Prouvé, 1954.
Recuperado de: <http://proyectos4etsa.wordpress.com>



Fig. 9
Jean Prouvé y Vista del pórtico de acceso.
Recuperado de: <http://proyectos4etsa.wordpress.com>

1.3. Comienzo de tecnologías constructivas.

Los hallazgos descubiertos son aplicados por arquitectos interesados en una arquitectura tecnológica como Richard Rogers, que proyectó en 1969 una casa para el concurso *DuPont*, formada por un caparazón de paneles autoportantes de espuma de PVC, similares en muros y cubierta. Las ventanas, procedentes de los autobuses Auster, se integraban en los paneles mediante perfiles extruídos de neopreno (véase figura 10).

³ Peters, Nils, *Jean Prouvé, 1901-1984: The Dynamics of Creation*, Taschen America, 2006

En Estados Unidos también hay un recorrido paralelo al de las investigaciones europeas, en las que se destaca un inventor nato como Richard Buckminster Fuller, que en su prototipo de casa experimental *Dymaxion*, de 1929, emplea paneles huecos de doble vidrio, transparentes y opacos (véase figura 11).

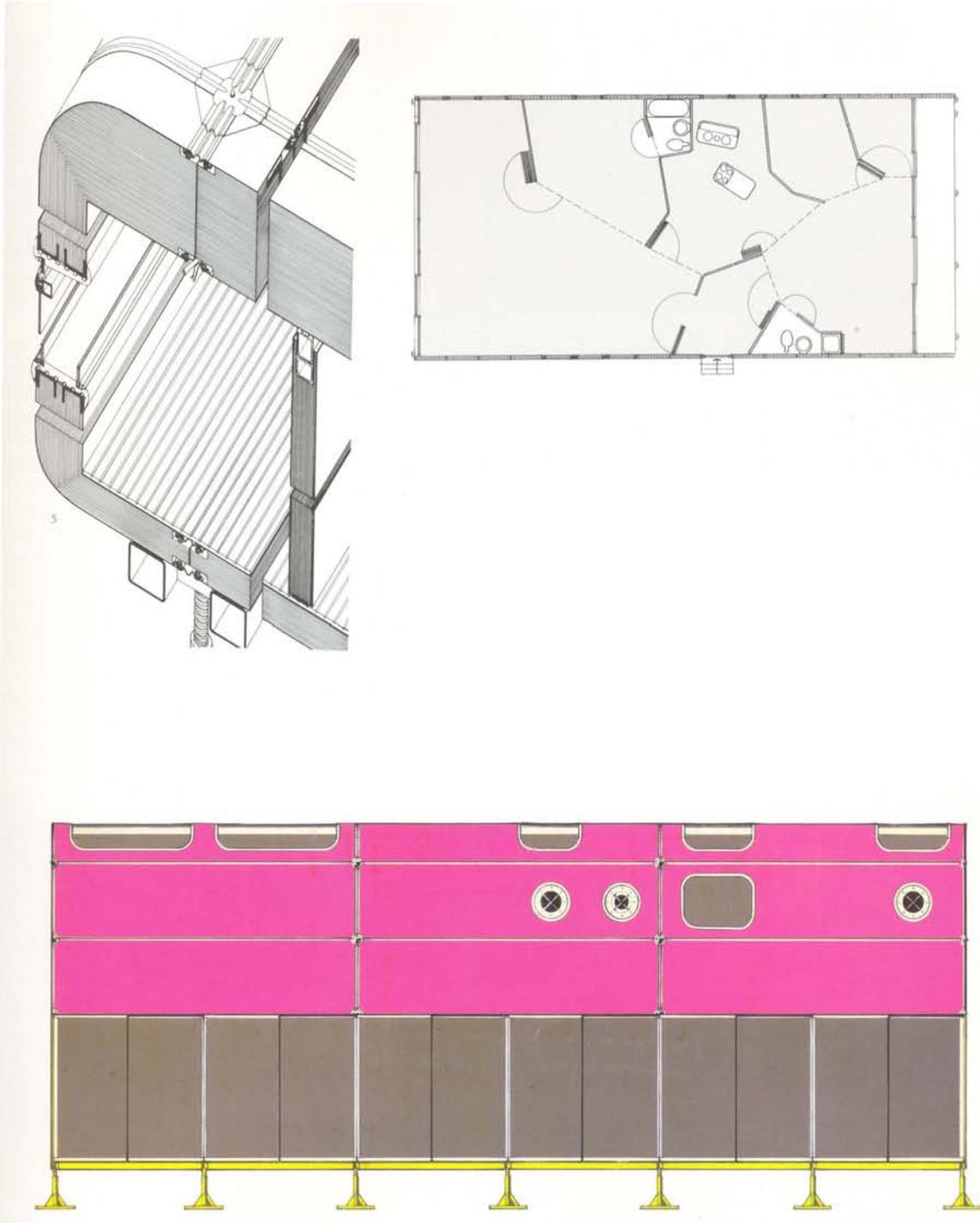


Fig. 10
Concurso DuPoint, Richard Rogers, 1969
Recuperado de: <http://proyectos4etsa.wordpress.com>

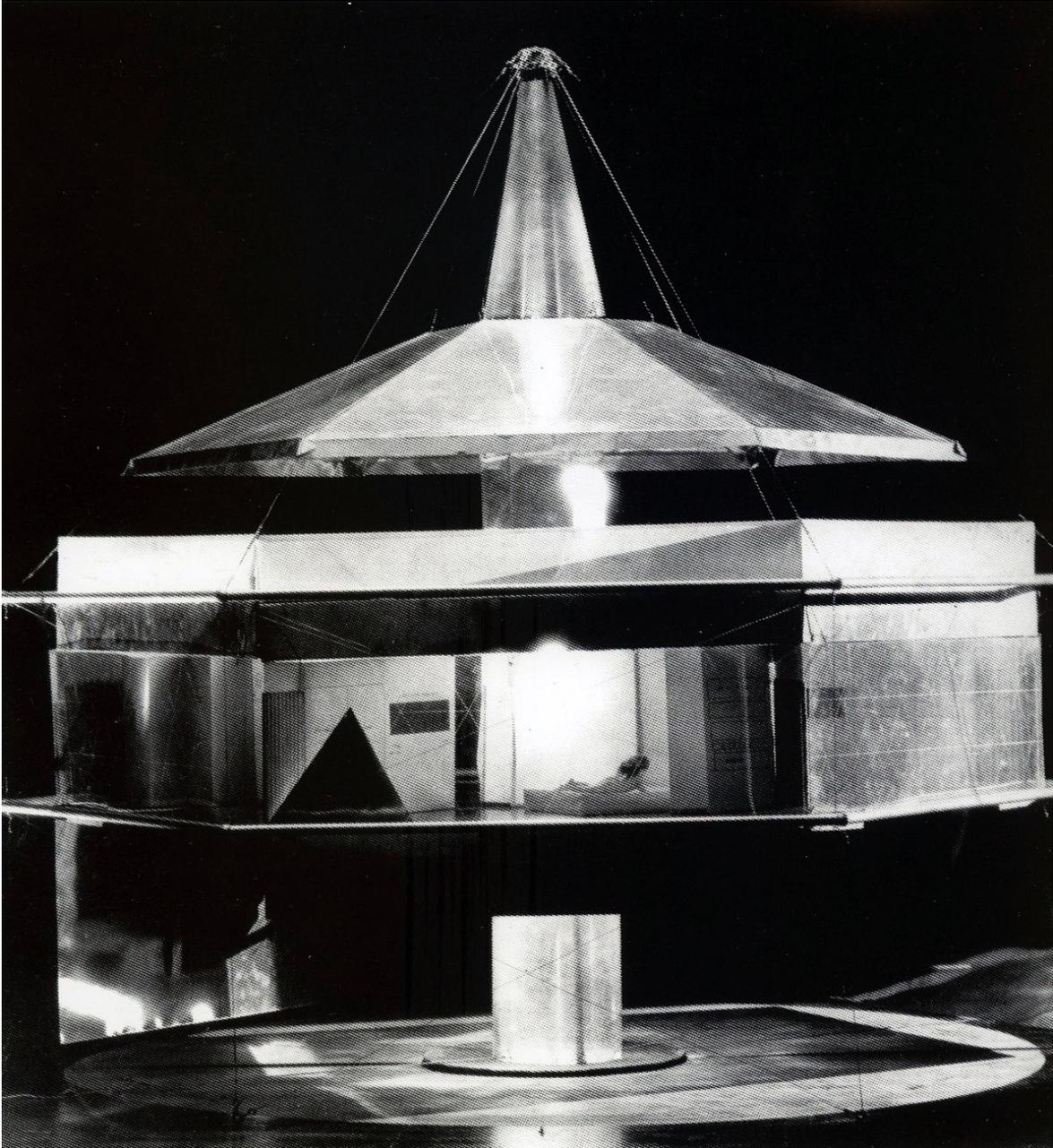


Fig. 11

Casa experimental *Dymaxion*, Richard Buckminster Fuller, 1929

Recuperado de: <http://www.efimeras.com/wordpress/?tag=facil-montaje>

En 1931, Kocher y Frei levantan en Long Island la *Aluminaire House*. Sus paredes, no estructurales, están formadas por perfiles de acero y madera a los que se adosan dos tableros aislantes, estando cubierto al exterior con papel embreado y chapa de aluminio ondulado (véase figura 12).

Cuatro años después, construyen otra casa en Long Island, pero esta vez con tablas machimbradas de madera de secuoya que se revisten interiormente de una membrana aislante de papel de aluminio y exteriormente con un lienzo de lona pintada. Otros experimentos se desarrollan en los años cuarenta, como las casas de la *United States*

Armco Steel Corporation, construidas con paneles nervados de acero galvanizado y prelacado, reforzados interiormente con perfiles del mismo material, y con el interior revestido con espuma de vidrio.

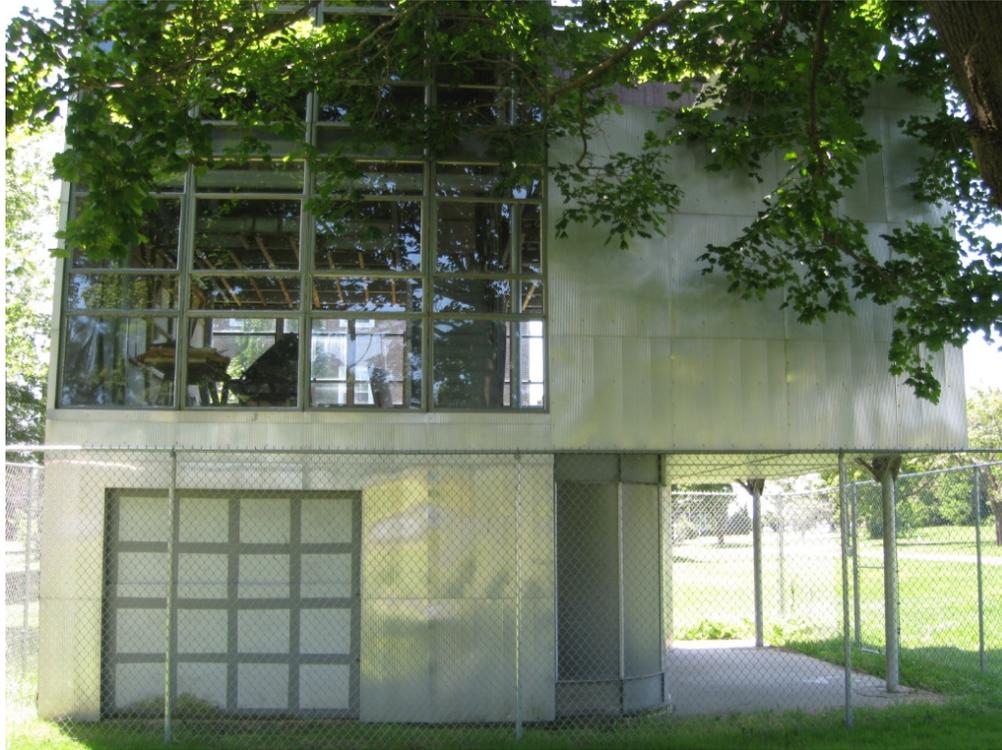


Fig. 12

Aluminaire House, Kocher y Frei, 1931

Recuperado de: <http://archleague.org/2010/12/the-aluminaire-house>

La casa de los diseñadores Charles y Ray Eames, construida en Santa Mónica dentro del programa de casas experimentales patrocinado por la revista *Arts and Architecture*. Se emplearon elementos de serie usuales en la construcción industrial, escogiendo para la envolvente paneles de contrachapado lacados, asbesto-cemento y vidrio (véase figura 13).



Fig. 13

Casa Eames, Charles y Ray Eames 1949

Recuperado de: <http://95.168.225.253/silvi/index5.htm>

Tras estos inicios y experiencias aisladas surgen las patentes y los paneles de capas. Se siguen produciendo construcciones que marcan avances, y es preciso mencionar ejemplos como el *Sainsbury Arts Center*, construido por Norman Foster para la Universidad de East Anglia en 1974 (véase figura 14), que se cierra mediante paneles modulares de aluminio estriado con junta drenante, indistintamente situados en muros y cubierta, envolviendo al edificio como “objeto técnico”.



Fig. 14
Sainsbury Arts Center de Norman Foster, 1974.
Recuperada de: <http://www.geograph.org.uk>

En 1972, se construye el Centro de Adiestramiento de Olivetti en Haslemere, Reino Unido, proyectado por James Stirling (véase figura 15) como un conjunto de pabellones construidos de piezas prefabricadas de resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio.

Aunque éste es uno de los ejemplos más conocidos de edificios con una envolvente plástica, hay ejemplos anteriores, como lo es la bóveda realizada por Benghazi en 1968, o la fachada con voladizo del aeropuerto de Dubai del arquitecto francés Paul Andreu.



Fig. 15
Centro de Adiestramiento de Olivetti, Arq. James Stirling, 1972
Recuperada de: <http://www.arqred.mx/blog/2009/09/05/james-stirling-arquitectura-posguerra/olivetti>

2. Envoltente arquitectónica.

El término genérico envoltente se acepta generalmente en arquitectura para definir el diafragma (y todos sus componentes funcionales que se interponen entre el campo abierto –exterior– y lo encerrado –interior–). Por lo tanto, por envoltente no se entiende solo una película, una membrana o genéricamente una simple superficie sino un sistema congruente de elementos técnicos y de unidades tecnológicas funcionales capaces de operar y/o sufrir una acción.⁴

2.1. Concepto.

A la envoltente del edificio le corresponde un significado particular. En primera instancia porque sencillamente ofrece protección contra la intemperie, delimita la propiedad y crea una esfera privada. Pero su función estética y cultural son de igual importancia. La envoltente del edificio, y muy en especial las fachadas, son la tarjeta de visita de una edificación y de su proyectista. En el contexto urbano, la envoltente define el aspecto de una ciudad (véase figura 16).



Fig. 16

Hotel Yas Marina, en Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos, Asymptote Architecture, 2007-2009

Recuperada de: <http://www.asymptote.net>

La piel del edificio es límite y es transición, es máscara y es transparencia. Tiene un espesor y ocupa tres dimensiones en el espacio. Es cortina, filtro, amortiguador, es construcción para mantener los valores de las variables esenciales, como temperatura, asoleamiento, ruido o privacidad en los niveles de bienestar.

⁴ Cowan, Henry J. & Smith, Peter R., *Dictionary Of Architectural And Building Technology*, Spoon Press, Oxon 2005

Cuando se piensa en la envolvente se piensa en algo autónomo, liberado de la estructura circunscribiendo un interior confortable. Por tanto la cara externa puede ser expresiva de lo interno manifestándose en continuidad con elementos de aislamiento interior.

Richard Rush, en su libro *The Building Systems Integration Handbook*⁵, define a una edificación en término de sólo cuatro sistemas:

- Estructura.
- Envolvente
- Mecánico
- Interior.

En estas categorías, la envolvente tiene que responder tanto a fuerzas naturales como a valores humanos. Las fuerzas naturales son lluvia, nieve, viento y sol. Los de valor humano incluyen seguridad, protección y optimización.

La envolvente nos provee protección en la edificación al balancear fuerzas tanto internas como externas del ambiente. La envolvente, a diferencia de los demás subsistemas constructivos, representa la síntesis completa entre calidad, desempeño e imagen del sistema edificio.

A menudo la literatura técnica y propios arquitectos utilizan referencias biológicas como metáforas de un sistema complejo y articulado como el de las envolventes arquitectónicas ya que comparten funciones y comportamientos.

La conveniencia al utilizar términos como pieles, cáscaras, pieles dobles, es reconocible de inmediato si observamos que cada organismo, al igual que cada construcción, tiene una consistencia física y responde de forma pasiva o activa al entorno con el cual se relaciona.

Al respecto, cabe perfectamente la definición de Leibniz de *“cuerpo no solamente como entidad definida por dimensiones sino por una masa sujeta a fuerzas y capaz de realizar o sufrir una acción”*; con esta definición se anticipa de pleno a las tendencias actuales de la arquitectura contemporánea.

La envolvente ya no es entonces un paramento que responde, con su masa, al requisito primario de contener y proteger un espacio interior, sino un sistema complejo, objeto de exploración y desarrollo que se ha enriquecido y afinado a punto de concentrar funciones pasivas y activas capaces de ser determinantes para el confort, el impacto ambiental y el consumo energético de una construcción. Esto implica, técnicamente, agregar funciones a la envolvente incrementando su complejidad.

Para que sean posibles la reactividad y la actividad del cuerpo físico, organizado como una máquina o como una estructura organizada, debemos considerar el desempeño general propio del sistema de la envolvente y el desempeño específico de sus componentes en términos de coordinación, complementariedad y compatibilidad.

⁵ Rush, Richard D., *The Building Systems Integration Handbook*, American Institute of Architects, 1991

Se conocen dos tipos básicos de envolvente en las edificaciones: aquellas en que la envolvente es retirada dentro de los confines de la estructura y aquellas en que la envolvente, como piel, es estirada o cubierta alrededor de la estructura.

Las envolventes arquitectónicas se configuran, hoy en día, como sistemas siempre más complicados ya que son numerosos los materiales empleados, los sistemas constructivos, las funciones atribuidas al sistema y a sus componentes. La complejidad de acciones a las que una envolvente está sujeta y los requisitos a los que debe responder no permiten una denominación particular.

El espectro posible de sustantivos como: envolventes, fachadas, cubiertas, cerramientos, revestimientos, *rainscreens*, pieles, ó adjetivos como: estratificados, activos, pasivos, híbridos, en seco, ligeros, pesados, pantallas, ventilados, estructurales, verticales y horizontales, inclinados, interactivos, hace evidentes solo algunos de sus atributos ya que cada término incluye y excluye. La cuestión todavía no es sólo terminológica, más bien es de significado ya que, por su misma articulación y complejidad, va mucho más allá de las simples funciones de incluir, de retener, de filtrar, de contener y de descartar.

El modelo al que se hace referencia para clasificar las envolventes arquitectónicas es en primera instancia eminentemente funcional; y finalmente el desempeño y beneficios que otorga la envolvente a la edificación. Con la especialización de las funciones y el siempre frecuente recurso a soluciones compuestas o estratificadas (capas), se considera más apropiada la referencia a clasificaciones menos convencionales que identifican calidades propias de los materiales tecnológicamente innovadores para agrupar las tendencias; entre las más mencionadas están:

- Envolventes con materiales de desempeño superior.
- Envolventes con materiales re-connotadas.
- Envolventes con materiales re-combinadas.
- Envolventes con materiales inteligentes.
- Envolventes con materiales transformables.
- Envolventes con materiales de interfaz.

No se debe pensar que la complejidad de la envolvente implica soluciones satisfactorias para los proyectistas. En un contexto, como el actual, donde la apariencia adquiere siempre mayor importancia, son los clientes o inversionistas los que exigen se comunique su propia sensibilidad, su toma de conciencia y su filosofía.

Por esta razón la mayor inversión por implementar soluciones de fachadas y cubiertas ambientalmente amigables debe hacerse visible, como un manifiesto, una declaración pública donde la envolvente adquiere connotaciones comunicativas y emblemáticas.

Cabe señalar que uno de los sistemas de la envolvente que no se contempla como tal son las losas de niveles inferiores del nivel de calle y la cimentación (que generalmente son considerados parte del sistema estructural) por lo tanto, la envolvente incluye todo lo que separa al interior del exterior de la edificación. Finalmente se reconoce que la envolvente juega un mayor rol en determinar las cualidades estéticas de la edificación, en su forma, color, textura y función.

Por último se deben considerar las políticas energéticas ambientales, las problemáticas de desarrollo tecnológico e innovación, la aceptación del mercado, las metodologías de desarrollo de nuevos productos y servicios, de modelos de control de calidad y eficiencia, implicando una radical revisión de los procesos proyectuales productivos y constructivos.

2.2. Función de la envolvente.

Se parte de que la principal función de la envolvente es la de delimitar dos entornos: interno y externo, donde el primero es determinado por las condiciones climáticas naturales y las artificiales controladas a modo de permitir que el ámbito interior responda a requisitos fundamentales de confort y seguridad y a su vez, tener la capacidad de almacenar la energía.

El muro ha sido la envolvente que nos protege contra la intemperie, los cambios de temperatura y además tiene una función estructural. Con los nuevos materiales estas tres funciones están disgregadas y se pueden distinguir tres tipos de envolventes:

1. Envolvente de soporte: es la que ofrece un sistema estructural para soportar a las otras (véase figura 17).

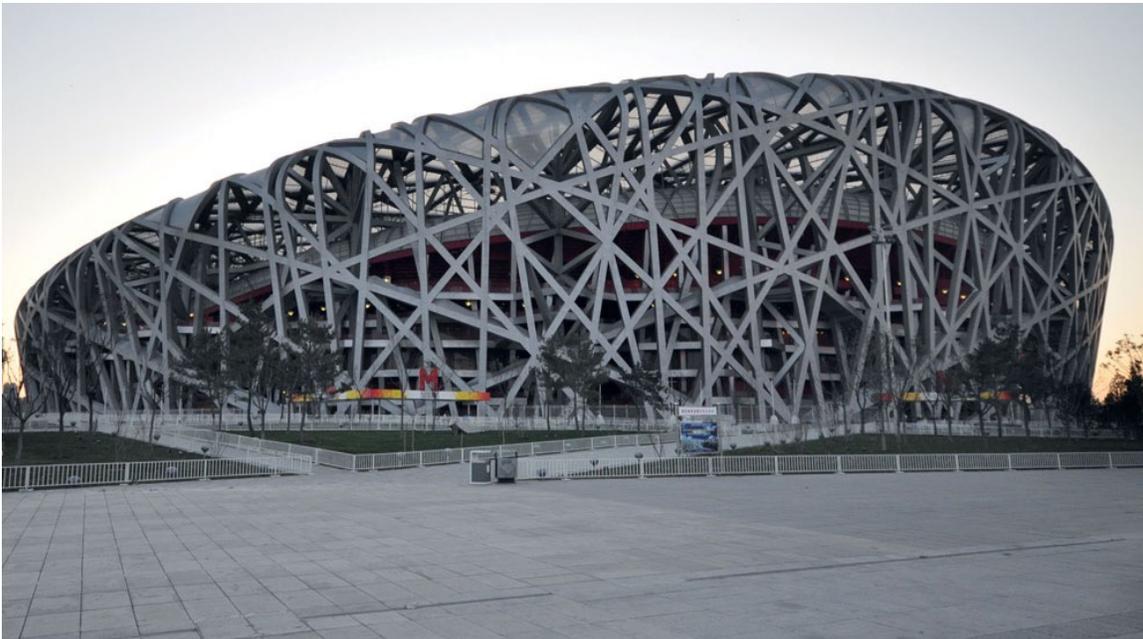


Fig. 17

Envolvente soporte.

El nido de pájaro. Estadio Nacional. Beijing, China, 2007. Herzog & de Meuron

Recuperada de: <http://www.fbbva.es/TLFU/tifu/micros/esp/atlas/asiapacifico/galeria.jsp#5>

2. Envolvente estanca: es la que consigue la protección frente al agua y el viento. Esto se consigue con el uso de materiales impermeables o por el espesor del muro de materiales permeables, (véase figura 18).
3. Envolvente térmica: La envolvente de protección térmica no debe ser planteada de una manera tan elemental, es decir, como una piel de aislamiento que evite

las pérdidas energéticas en la parte opaca del edificio. Su diseño debe tener en cuenta la necesidad y eficacia de las protecciones de asoleamiento. Aún más, será deseable que pueda hacer compatibles la captación a través de sus huecos y macizos con la eficacia de su papel de protección contra las pérdidas térmicas (véase figura 19).



Fig. 18
 Envoltente estanca.
 Recuperada de: <http://www.quintametalica.com/fachadas.php>

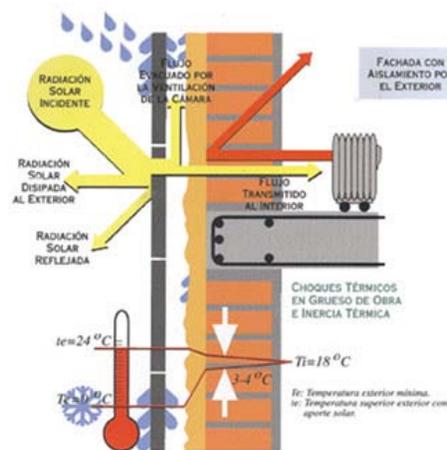


Fig. 19
 Envoltente térmica
 Recuperada de: <http://cuadernodepfc.wordpress.com/2012/07/23/envoltente>

2.3. Cualidades.

De las siguientes cualidades es responsable la envolvente arquitectónica:

1. Protección ante agentes externos. La envolvente deberá considerar en su totalidad las siguientes acciones exteriores:

- Acciones mecánicas. El peso propio de los cerramientos, el viento, la nieve, las personas, dilataciones y contracciones higrotérmicas.
 - Acciones físicas. El agua de lluvia, el vapor de agua, la radiación solar, luminosa e infrarroja; el ruido, las vistas a través del cerramiento.
 - Acciones químicas. La contaminación atmosférica, la corrosión, los organismos, el fuego.
2. Aislamiento. La envolvente debe actuar como filtro de los agentes naturales para facilitar la obtención de un adecuado nivel de confort en los locales que encierra (véase figura 20). Ello implica las siguientes condiciones:
- Resistencia térmica, relacionada con la calefacción y la refrigeración (proporcionar abrigo y aislamiento y moderar los cambios bruscos de temperatura mediante el uso de paneles aislantes y cámaras de aire ventiladas).
 - Aislamiento al ruido.
 - Ventilación natural, a través de las ventanas adecuadas, para obtener la necesaria higiene.
 - Iluminación natural, control de asoleamiento para evitar calor y deslumbramiento.

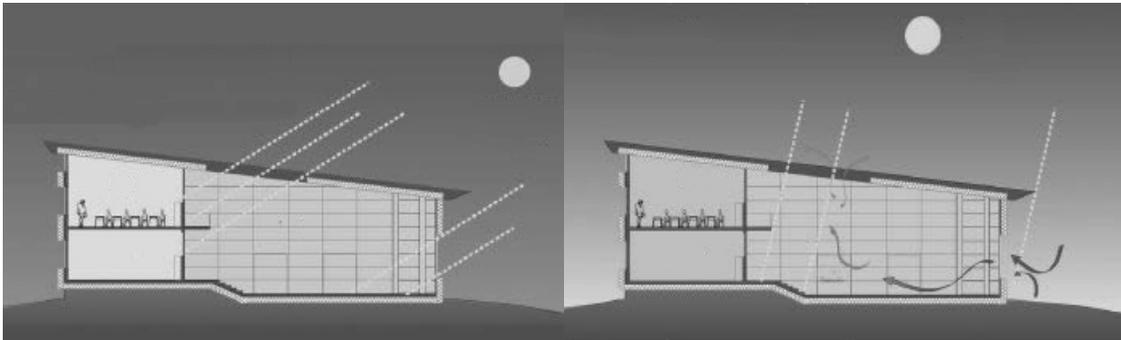


Fig.20
Esquema de envolvente usando elementos pasivos.
Recuperada de: <http://edificacionsostenible.wordpress.com>

3. Visibilidad. Será necesario que la envolvente permita la entrada de luz natural, tener vistas agradables interior-externo, además de tener claramente ubicados los accesos peatonales y vehiculares:
- Control de vistas: desde el interior y el exterior.
 - Control de paso de personas: usuarios, a los que hay que facilitar el paso.
 - Intrusos, a los que hay que impedir el paso.
4. Almacenamiento. Uso de materiales que tengan las propiedades de inercia térmica, capacidad del cerramiento para almacenar y devolver la energía calorífica (véase figura 21).

Estas condiciones no pueden estar satisfechas por un solo material o por un elemento simple, sino que exigen generalmente la aportación de soluciones específicas de mayor o menor complejidad.

En resumen se considerarán los siguientes aspectos para un beneficio de la envolvente arquitectónica:

1. Enfoque eco-energético proactivo, es decir implementación de sistemas ecológicos que aporten beneficios energéticos al inmueble.
2. Ahorro energético.
3. Confort climático.
4. Integración entre envolventes verticales, horizontales e inclinadas.



Fig. 21
Envolvente a base de celdas fotovoltaicas de Ónix en la Solar House de la Universidad Cardenal Herrera.
Recuperada de: <http://edificacionsostenible.wordpress.com>

Respecto a estos puntos el enfoque predominante de la tecnología aplicada a la arquitectura es el de una visión pasiva, que busca mediar entre condiciones externas notables o previsibles los requerimientos de los usuarios interviniendo sobre parámetros medibles como temperatura, emisión acústica, entre otros.

La envolvente deberá modificar los rangos paramétricos (acústico, térmico, de permeabilidad visual por mencionar algunos) presentes en los campos que delimita, de tal manera que los valores registrados en el interior del espacio arquitectónico se mantengan dentro de valores definidos de confort o, en su defecto, reduciendo la necesidad de aportaciones mecánicas, por ejemplo, de máquinas térmicas en presencia de condiciones climáticas extremas.

Por lo tanto, la envolvente arquitectónica representa uno de los más complejos sistemas que componen la construcción. Su complejidad hace que un acercamiento disciplinario pueda ser reductivo ya que específicos requerimientos tecnológicos, estéticos y de comunicación abarcan conocimientos interdisciplinarios.

3. Panel.

Placa prefabricada generalmente de forma cuadrangular o rectangular que está delimitada mediante molduras o un bastidor elaborado de diversos materiales que se usa en la construcción para dividir o separar espacios. También usados en exteriores para la creación de la envolvente arquitectónica. Es el elemento superficial vinculado con la junta, más importante en la elección del sistema a proponer, ya que el panel nos determinará, a expensas de otros aspectos, el acabado y forma final de la envolvente.

3.1. Tipología constructiva de los paneles.

Los sistemas constructivos de paneles se pueden clasificar en función del tipo de paneles que lo constituyen. Se pueden establecer diferentes categorías según su función resistente, su función portante, su peso, su composición, su forma, su posición con respecto a los elementos estructurales lineales y su material constitutivo.

1. Función resistente. Los paneles pueden ser capaces de transmitir acciones verticales, horizontales (incluidas en el plano transversales al mismo), o no estar diseñados para transmitir acciones diferentes a su peso propio y a la acción del viento sobre su superficie.
2. Función portante. Los paneles pueden ser portantes, autoportantes o no portantes. Los paneles portantes soportan su propio peso, el peso de los paneles situados en niveles superiores y parte de las cargas gravitatorias de los forjados. Mientras que los paneles autoportantes, soportan el peso de los paneles superiores, pero no cargas gravitatorias. Los paneles no portantes, transmiten su peso a la estructura.
3. Peso. Los paneles se pueden clasificar en pesados y ligeros. Las fachadas pesadas son principalmente las compuestas por paneles de concreto, mientras que las fachadas ligeras pueden estar constituidas por paneles de chapa de acero, concreto ligero, GRC, plásticos reforzados con fibras, laminados de madera, y vidrio.
4. Composición. Los paneles se pueden clasificar en dos tipos: unicapa, constituidos por una capa de un solo material y multicapa, formados por varias capas de diferentes materiales. Los paneles unicapa son fundamentalmente elementos de forro exterior que tienen que completarse con trasdosados *in-situ* e inclusión de materiales aislantes. Los paneles multicapa llevan incorporado el material de aislamiento y el acabado interior y exterior, por lo que sólo es necesario la fijación y ejecución de las juntas *in-situ*.
5. Forma. Los paneles se clasifican como cerrados o abiertos. Los primeros son paneles de dimensiones suelo-techo. Los paneles abiertos pueden adoptar tamaños y formas muy variadas, que pueden ir desde los sencillos paneles de revestimiento hasta elementos de macro celosía.
6. Ubicación. Por su posición respecto a los elementos estructurales, los paneles pueden ser colocados verticalmente (fijados a elementos estructurales lineales verticales), colocados horizontales (fijados a elementos estructurales horizontales como losas o vigas de borde) o insertados.
7. Material constitutivo. Los paneles pueden ser de concreto, de chapa metálica, de materiales poliméricos reforzados con fibras, de GRC, laminados de madera o de vidrio.

3.2. Complementos de los paneles.

Los paneles necesariamente serán colocados con elementos complementarios que ayuden a tener un perfecto comportamiento. Estos son estructura auxiliar, anclaje y junta.

1. Estructura auxiliar. Es el entramado metálico, aluminio o madera, que trasmite los esfuerzos del sistema constructivo empleado a la estructura portante.
2. Anclaje de paneles. Es el elemento metálico puntual, de nula expresividad formal, que permite la unión entre los paneles y la estructura auxiliar o trasdosado. De él va a depender la planiedad de la fachada (véase figura 22). Las funciones de estos anclajes son principalmente:

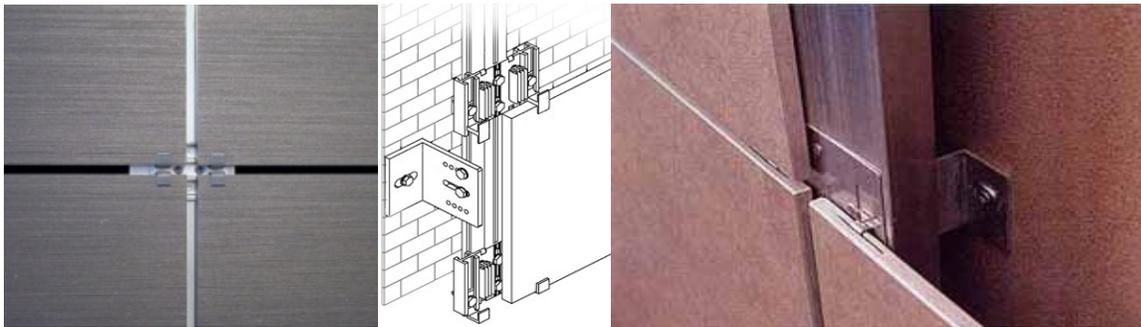


Fig. 22

Tipos de anclajes en paneles ligeros.

Recuperado de: <http://www.halfen.es>

- a. Fijar los paneles a la estructura, evitando su caída, vuelco o, simplemente, su movimiento respecto a su posición de diseño, dentro de un margen determinado.
- b. Permitir la colocación, replanteo y fijación de los paneles en obra.
- c. Soportar el peso propio, en el caso de paneles no portantes.
- d. Transmitir los esfuerzos producidos por las acciones horizontales
- e. Absorber las deformaciones producidas por las variaciones higrotérmicas.
- f. Absorber las deformaciones producidas por los movimientos de la estructura, debido a asentamientos diferenciales, deformaciones diferidas o variaciones del nivel de carga.

Para cumplir estas funciones, los anclajes han de tener una cierta rigidez para evitar desplazamientos importantes del panel y una cierta ductilidad, para poder absorber las deformaciones.

Existen otro tipo de anclajes denominados avanzados, son anclajes no convencionales que tienen un diseño especial para colaborar, junto con los paneles en el aumento de la rigidez y el amortiguamiento general del edificio. Se trata de mecanismos de disipación pasiva de energía (absorber o consumir una porción importante de la energía), que proporcionan un amortiguamiento adicional a la estructura, con lo que se mejora la respuesta dinámica de los edificios (véase figura 23).

El principio de funcionamiento de los anclajes avanzados se basa en hacer que los paneles, que tienen una cierta rigidez y están unidos a la estructura, sean capaces de colaborar con ésta, rigidizando los recuadros que forma una estructura reticular.

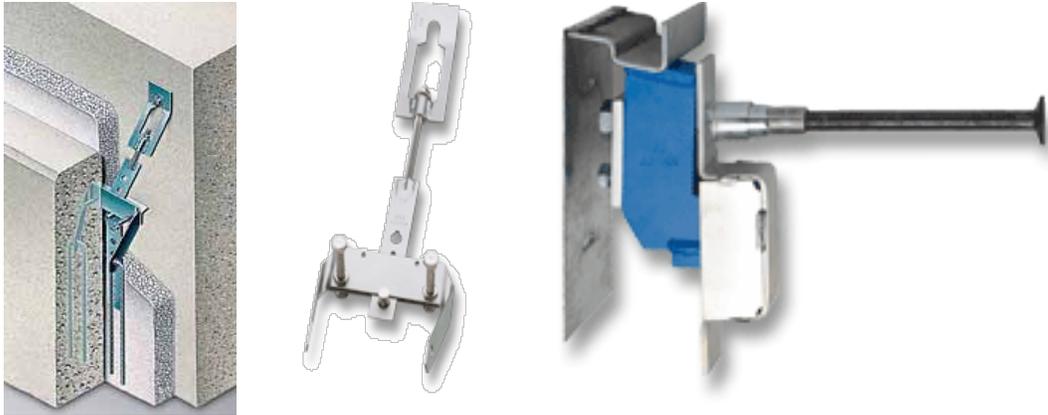


Fig. 23
Anclajes avanzados.
Recuperada de: <http://www.halfen.es>

Aunque existen diferentes sistemas de anclajes avanzados, los anclajes se componen generalmente de tres partes:

- a. La pieza de fijación al panel, situada en el propio panel y colocada en el momento de fabricación del mismo.
 - b. El cuerpo del anclaje o conector, que configura la unión mecánica entre el panel y la estructura.
 - c. La pieza de fijación a la estructura, que se coloca sobre un elemento estructural, ya sea colada en el caso de estructura de concreto o soldada o atornillada en el caso de estructura de acero.
3. Junta permeable. Es el sistema constructivo de las fachadas ventiladas, es de junta abierta. No exige diseñar la junta como tal, únicamente tendremos que garantizar la ventilación en el trasdós de los paneles, ejecutar con precisión los encuentros con huecos, cornisas y terreno, además disponer un adecuado sistema de anclaje y fijación. Su ventaja es que permite la utilización de una gran variedad de paneles en cuanto a tamaño y material (véase figura 24).

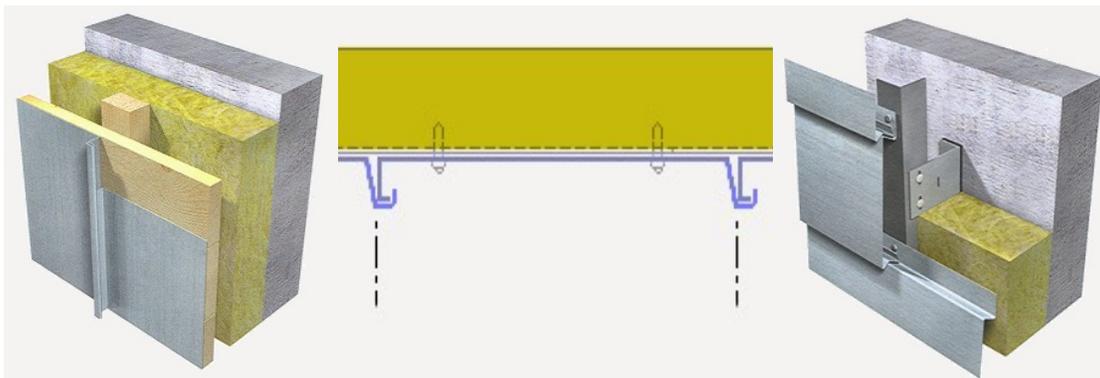


Fig. 24
Junta permeable alzada o botada.
Recuperada de: <http://laminasacanaladas.com>

4. La junta impermeable. Es el tipo de junta obligada para paneles multicapa aislantes. Presenta a su vez dos soluciones diferentes: junta impermeable abierta y cerrada. La junta impermeable abierta, solo tiene una junta de sellado por el interior (véase figura 25). La junta impermeable cerrada tiene doble sellado y cámara (véase figura 26).

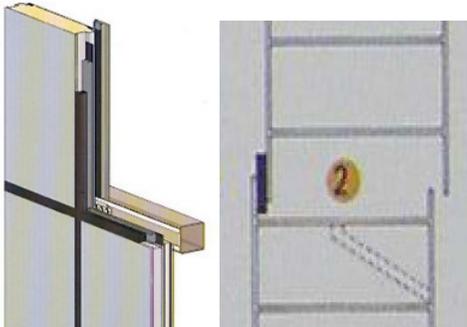


Fig. 25
Junta impermeable abierta.
Retomada de: <http://arkidetails.blogspot.mx>

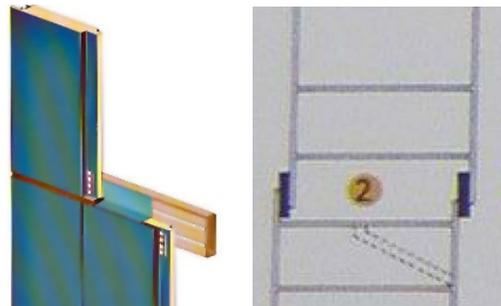


Fig. 26
Junta impermeable cerrada.
Retomada de: <http://arkidetails.blogspot.mx>

Teniendo en consideración las ventajas y desventajas de los sistemas mencionados en este capítulo para la creación de la envolvente ligera, es necesario aludir algunos aspectos:

- I. La capacidad de montaje y reparación de los elementos de las fachadas de forma autónoma e independiente.
- II. Los gradientes térmicos que puedan afectar a los paneles multicapa, además del efecto de distorsión que produce la orientación, el color y dimensión.
- III. La cautela adecuada de los puntos delicados: huecos, esquinas, curvas y otros que el proyecto arquitectónico requiera.
- IV. La resolución en el trasdós de las carencias detectadas en el panel ligero seleccionado: acústicas, térmicas, permeables entre otras.
- V. La adecuación del material del panel, sin olvidar el ritmo de las juntas y las exigencias que sobre el mismo imponen al material elegido para el panel.

3.3. Forma de los paneles.

La forma de un panel está dentro de las consideraciones económicas más importantes. Un factor significativo puede ser si el panel es abierto o cerrado.

Los paneles abiertos son generalmente más delicados y pueden necesitar ser rigidizados temporalmente por soportes para su manipulación. Los paneles abiertos pueden utilizarse correctamente cuando su debilidad básica se contrarresta con un diseño de proporciones adecuadas. La junta entre paneles abiertos será más difícil que un panel cerrado, debido a que el panel puede tener deformaciones al momento de colocarse.

Un punto a considerar es la planiedad del panel sí es lo que requiere la propuesta arquitectónica. Con la fijación se deberá corregir la falta de planiedad que pudiera existir en el soporte, o también pequeños errores a la hora de ejecutar el taladro, para que ninguna de estas dos posibilidades haga perder la planiedad del panel en la fachada.

En paños de gran longitud conviene dejar una cámara de suficiente dimensión para poder tener una mayor movilidad con el plano de la placa y así corregir defectos de planiedad que lógicamente se acentúan al utilizar piezas de gran tamaño.

Por otro lado, estamos apreciando a un avance tecnológico de los paneles, en el que cada uno tendrá una forma personalizada, debido a la complejidad de los proyectos arquitectónicos. Los desarrolladores de paneles buscarán nuevos materiales y sistemas complementarios para poder ejecutar los requerimientos de los diseños de la envolvente.

3.4. Unión y anclaje de paneles.

Cada fabricante utiliza sus propios tipos de uniones y anclajes debido a la gran variedad en el mercado. Al cambiar los numerosos tamaños y formas de paneles da lugar a una gran cantidad de diferentes detalles de uniones. Diversidad de uniones, casi siempre diseñadas para cada proyecto. Esta consideración conducirá a alternativas en los detalles de unión de los paneles.

3.4.1 Unión seca y húmeda.

Entre uniones y paneles, o soportes y paneles, se pueden dar dos tipos; con fijaciones, uniones secas, o sellado de la junta es decir uniones húmedas. En la primera será la fijación la que permitirá la perfecta colocación del panel, mientras que en la segunda se podrá disponer de algún material de soporte para el panel antes de llenar la junta, o bien disponer sistemas metálicos en el bastidor del panel que permitan una unión precisa antes del sellado de la junta. La relación de los paneles con la estructura que los sustenta ha de ser cuidadosa y habrá que permitir movimientos diferenciales. Las uniones entre paneles son necesarias por razones de resistencia estructural, en especial a las cargas de viento, y tienen una influencia importante respecto a la velocidad de construcción, (véase figura 27).

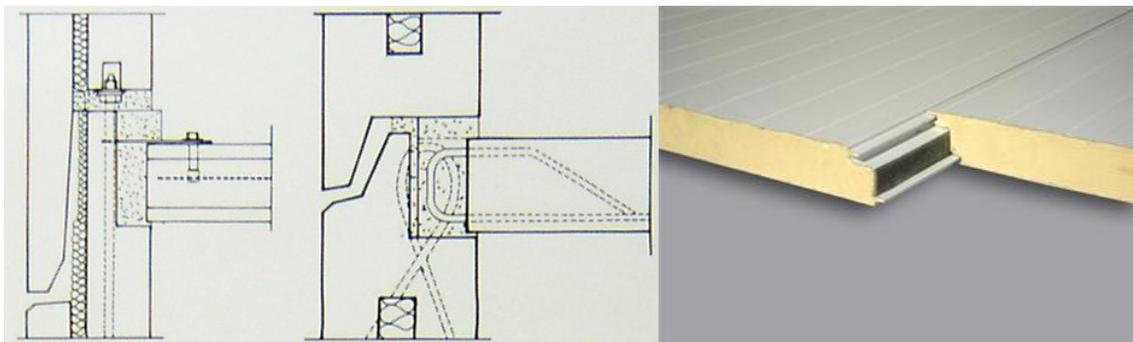


Fig. 27
Unión húmeda y unión seca entre paneles.
Recuperada de: <http://www.arqhys.com>

Las uniones secas en paneles no portantes no necesitan ni concreto, ni mortero para su ejecución. Están todas ellas basadas en el empleo de perfiles o conectores metálicos, soldados o atornillados. Se debe de evitar la soldadura en puntos de difícil acceso. Si es necesaria la soldadura, las piezas metálicas sujetas o embutidas en el concreto deberían tener un espesor mínimo, y las que tienen gran longitud hacerse por fases.

Por supuesto todos estos elementos o conectores metálicos deben ser galvanizados o preferiblemente de acero inoxidable.

Las uniones húmedas son las realizadas con mortero, donde se utiliza previamente una cuña o elemento de apoyo y nivelación que facilita la unión y el sellado posterior del conjunto.

3.4.2. Unión panel-estructura.

La unión del panel prefabricado y la estructura se realiza entre la placa metálica embutida en el trasdós de la pieza prefabricada y el elemento metálico en la estructura. Este elemento puede ser una placa prevista en la estructura, o bien colocada a posterior mediante un anclaje de tipo químico o mecánico.

Las uniones entre los paneles multicapas en fachadas no portantes que cuelgan solamente en dos puntos, su capa exterior tendrá en lo esencial las mismas alteraciones de su forma que la interior, actuando por ello como una placa homogénea. Por ello, respecto a las alteraciones de la forma debido a los cambios de temperatura son más sensibles los paneles no portantes colgados. La unión de las distintas capas ha de situarse en lo posible en el centro de gravedad, para no impedir la dilatación en todos los sentidos. Se utilizaran anclajes triangulares, de corona o de acero plano.

3.5. Junta

Se llama junta al espacio que queda entre dos superficies inmediatas en una construcción, y que aplica de igual manera en los paneles ya sean ligeros o pesados).

3.5.1. Junta entre paneles.

Los paneles aseguran su estanqueidad al agua y al viento con sellados de las juntas de desarrollo vertical y horizontal.

La anchura de las juntas varía constantemente por efecto de los cambios de temperatura, siendo necesario que el cierre de dichas juntas se acomode a tales variaciones sin romperse, aplastarse, ni desprenderse el material que las forma.

En fachadas de paneles podemos encontrar juntas verticales y juntas horizontales en toda la superficie, siendo las juntas verticales las más delicadas a tratar. La junta vertical se forma por la unión de dos paneles lateralmente a lo largo de toda su longitud.

La junta horizontal se forma por la unión de dos paneles superiormente o inferiormente. Las juntas horizontales tienen siempre una función ayudada por la propia disposición que se da a los paneles en la zona de la junta. Se hacen de manera que quede impedida la penetración de agua en ellas únicamente gracias a su forma y colocación.

3.5.2. Juntas simples y doble sellado.

Las juntas de un sellado tienen una simple línea para conseguir la protección de la intemperie. En estos casos se produce un sellado cerca de la superficie exterior.

Su funcionamiento depende de la calidad de los materiales y su ejecución, se deben de inspeccionar regularmente para asegurar su estanqueidad (véase figura 28).

La junta de doble sellado es una junta abierta con evacuación posterior, ventilada, de igualación de presiones. Tienen dos líneas de protección contra la intemperie.

La junta habitual contiene una barrera contra la lluvia cerca de la cara exterior y un sellado contra el viento, cerca normalmente de la cara interior del panel. Entre las dos juntas existe una cámara de igualación o descompresión, que debe ventilarse y drenarse hacia el exterior. El agua que penetra la barrera contra la lluvia debería drenarse hacia afuera mediante un tipo apropiado de tapajuntas.

Para evitar el movimiento vertical de aire producido en la cámara de descompresión por el viento o aire exterior es aconsejable utilizar detalles de tapajuntas con amortiguadores a lo largo de las juntas verticales en intervalos espaciados. La junta de doble sellado o doble junta es la técnica que hoy se considera de uso normal. Es la junta más segura para edificios sometidos a ambientes climáticos severos.

Uno de los fallos más comunes en estas juntas son las holguras en el sellado contra el viento y una ventilación inadecuada de la cámara de descompresión. El sellado siempre se debe realizar por la cara exterior de los paneles. En ningún caso se debe confiar la estanqueidad de las fachadas mediante el sellado de los paneles por su cara interior.

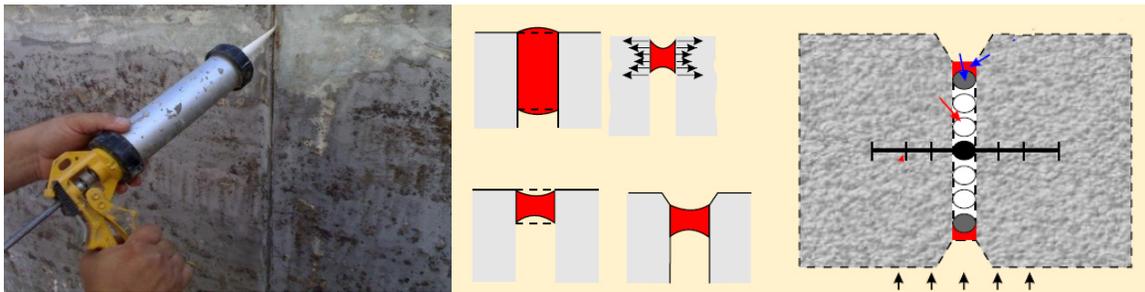


Fig. 28
Junta simple, tipo de juntas y junta doble.
Recuperada de: <http://www.arqhys.com>

3.6. Anclajes.

Son los sistemas de fijación que permite sujetar un elemento (normalmente a tracción) a otro para evitar que se mueva.

3.6.1. Anclajes en paneles pétreos.

Las fijaciones para paneles de piedra se pueden clasificar en tres tipos:

1. Empotrado. Se realiza una perforación en la estructura o cerramiento del que va a colgar la placa, una vez que el hueco se ha llenado con mortero se coloca la fijación. Este tipo de fijación no puede entrar en carga inmediatamente y para corregir la planiedad tendrá que empotrarse más o menos la fijación, o bien aumentar o desplazar la perforación. Este es el sistema más usado de fijación y por tanto, podría adaptarse con mayor flexibilidad a dimensiones variables en las placas.

2. Atornillado. Puede entrar en carga inmediatamente y por el diseño de la pieza se conseguirán distintos grados de libertad entre el punto en donde se ha colocado la fijación al cerramiento y el taladro que se le ha hecho a la placa. Según su diseño se pueden agrupar en tres tipologías:
 - a. Ángulos: para cargas ligeras y cámaras pequeñas.
 - b. Garras: para cargas pesadas y cámaras pequeñas.
 - c. Ménsulas: para cargas pesadas y cámaras grandes.

3. Subestructura: incorpora una subestructura que se fija a la estructura del edificio, la cual permite un perfecto replanteo a la hora de colocar la placa y consigue además no tocar el cerramiento, realizando la transmisión de cargas siempre a la estructura.

En todos ellos habría que distinguir entre anclajes destinados a soportar el peso de la placa (de apoyo) y aquellos otros que se limitan a retenerla, evitando el vuelco (de retención), pudiendo cumplir ambas condiciones conjuntamente.

3.6.2. Anclajes en paneles cerámicos.

Para este tipo de fijaciones se necesita realizar una perforación en la placa denominada "destalonado de fondo" que permite incorporar un tornillo en la parte trasera del panel a colocar (véase figura 29).

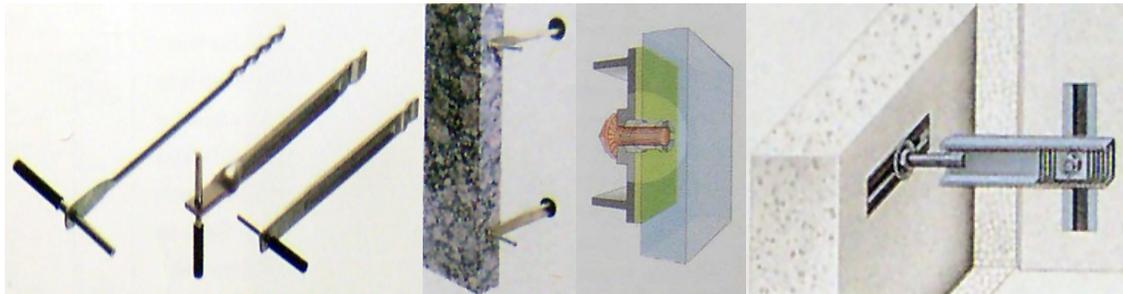


Fig. 29
Tipos de anclaje, anclaje empotrado, anclaje atornillado y anclaje para piedra.
Recuperada de: <http://www.arqhys.com>

3.6.3. Anclajes en paneles compuestos.

- Anclaje visto remachado: El panel se fijará a la subestructura por una retícula de fijaciones vistas. Dichas fijaciones serán remaches de cabeza lacada en el mismo color de la placa, los cuales sujetan a la misma contra los perfiles colocados a través de ménsulas con la pared y así quedarán perfectamente alineados y plomados.
- Anclaje oculto sistema de uñas: Las placas se quedarán aseguradas mediante fijación mecánica invisible por la cara posterior de la placa, con soportes de aluminio, que a su vez irán con dos tornillos especiales. Las placas quedarán colgadas de los perfiles horizontales, los cuales están anclados a unos perfiles verticales perfectamente plomados y anclados a la pared por medio de angulares.

- Anclaje oculto con adhesivo pegado: A través de una subestructura de aluminio compuesta por una perfilaría de montantes verticales perfectamente alineados y plomados, se pegarán las placas, siguiendo los pasos de limpieza de superficies para tratarlas posteriormente con un desengrasado y una imprimación específica. Seguidamente se aplicará una cinta adhesiva de doble cara y un cordón continuo de poliuretano.

4. Envolvente ligera.

Las envolventes ligeras funcionan como una piel colgada del edificio. Son livianas, y no contribuyen a la estabilidad de la estructura. Debido a su poca masa, acústicamente no son tan buenas, por lo que no son aplicables para edificios que requieran ambientes silenciosos (véase figura 30).

Tampoco suelen funcionar bien como aislantes térmicos, exigiendo generalmente un gasto extra en paneles de aislamiento térmico y en sistemas de refrigeración. Sin embargo, su reducido peso, su gran capacidad para permitir la entrada de luz, y su rapidez de montaje las hacen idóneas para rascacielos y una gran variedad de espacios públicos.

En función del cerramiento (continuo o interrumpido), se pueden clasificar en muros cortina o fachada panel.



Fig.30

Fachada ligera, Centro de tecnificación de actividades físico-deportivas en Guijo de Granadilla (Cáceres), España. Arq. José María Sánchez García, 2008

Recuperada de: <http://www.jmsg.es>

La composición de la envolvente ligera se basa en los principios de especialización y división de funciones, ordenando una serie de elementos encargados de resolver los aspectos estéticos, funcionales, mantenimiento, entre otros. Parámetros concretos como la estructura auxiliar, anclajes, paneles y juntas, serán el resultado de estos requisitos y planteamientos.

El panel, es el elemento soportado por una estructura auxiliar pudiendo ser un entramado metálico o un anclaje sobre un trasdosado, el que define el aspecto formal de ligereza y orden de la envolvente.

La misma enumeración de elementos y su articulación en la envolvente descubre el problema de la unión y de junta. Existiendo la unión entre estructura (de la edificación) y estructura auxiliar, unión capaz de transmitir los esfuerzos de peso propio, esfuerzos dinámicos de viento y esfuerzos térmicos. La unión entre paneles y estructura auxiliar y finalmente la junta entre paneles.

4.1. Paneles ligeros.

A partir de los diversos productos industriales, arquitectos, ingenieros y constructores, en conjunto con el industrial, puede generar un sinnúmero de combinaciones posibles para la generación de la envolvente arquitectónica. Para comprender mejor los avances alcanzados hasta el día de hoy en esta tecnología de construcción, se ofrece una simple clasificación (véase tabla 1) que ayudará al interesado en el tema a especificar y tomar decisiones correctas al momento de intercambiar información, ideas y soluciones con los asesores y constructores para la ejecución de la futura obra arquitectónica.

| Tabla 1 | | | | | |
|--|-------------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|
| Tipos de tramas usadas en la envolvente ligeras. | | | | | |
| Según | Clasificación de tramas | | | | |
| Tipo arquitectónico | Trama reticular | Trama horizontal | Silicona estructural | Vidrio abotonado | Vidrio enmarcado |
| Tipo de montaje | Modular | | Convencional | Semi modular | |
| Tipo constructivo | Muro cortina | | | Fachada panel | |

(Fuente: *Jeans Square Foot Costs*)

4.2. Montaje.

Atendiendo a su proceso de construcción, fabricación y montaje las fachadas ligeras se agrupan en dos grandes procedimientos o sistemas aunque implícitamente también se admite un tercero, constituido por un sistema híbrido entre los dos anteriores:

1. Sistema modular: este procedimiento de ejecución consiste en fabricar en el taller unos módulos totalmente acabados, es decir, que incorporan los paneles ciegos de cerramiento, las ventanas y su correspondiente acristalamiento. Generalmente, la altura de estos módulos coincide con la distancia entre bastidores de soporte por lo que cada módulo posee su propio anclaje y es constructivamente independiente del resto de módulos.
2. Sistema convencional: este procedimiento de ejecución consiste en fabricar en taller los perfiles montantes y travesaños, con sus elementos de fijación y parte de los accesorios. En obra se realiza principalmente el ensamblaje de los perfiles para formar posteriormente la retícula donde se incorpora el acristalamiento, las ventanas y/o los paneles.
3. Sistema semi modular: es un sistema híbrido entre los dos anteriores.

4.3. Tipos de paneles ligeros.

Actualmente existe una gran diversidad de materiales y acabados manufacturados utilizados en la composición de los paneles, capaces de resistir las exigencias de funcionamiento de la envolvente. Dentro de estos paneles ligeros podemos encontrar tres grupos, respecto a su problemática técnica e implantación:

- Metálicos.
- Cristales.
- Compuestos, estos últimos más novedosos.

4.3.1. Paneles ligeros metálicos.

Los paneles metálicos son evidentemente, los de aplicación más generalizada, utilizándose básicamente en su composición el aluminio, acero galvanizado o soluciones mixtas, siendo menos utilizado el acero inoxidable, titanio, cobre, estaño y zinc. Aunque en algunos casos se utilizan con acabados anodizados de aluminio. La mayoría de las aplicaciones se revisten de una pintura de acabado específico (epoxi, PVF2, PVDF), que necesariamente tiene que ser resistente a los movimientos de la chapa, sin posibilidad de fracturarse o desprenderse, por lo que la dimensión será factor determinante (véase figuras 31 y 32).



Fig. 31
Panel ligero de Alucobond.
Auburn Power Centre Shopping
Melbourne, Australia
The Buchan Group, 2006 .
Recuperada de: <http://www.alucobond.com>



Fig. 32
Panel ligero perforado
Centro Cultural
Ortuella, España
AQ4 Arquitectura, 2003.
Recuperada de: <http://www.aq4arquitectura.com>

Las ventajas de las superficies de paneles metálicos consisten en su procesamiento, relativamente bueno, en el reducido mantenimiento y en el cuidado que requieren, así como en las posibilidades individuales de diseño que ofrecen. Las superficies son generalmente muy robustas, longevas y de bajo costo productivo.⁶

Los factores principales que deben ser considerados para la elección de las tecnologías de procesamiento y para su dimensionamiento son los cambios de medidas longitudinales ocasionados por alteraciones térmicas y succiones del viento, que pueden ser transmitidas mediante medidas constructivas como articulaciones deslizantes y juntas de holgura suficiente, sin ocasionar compresiones ni daños materiales.

Las mayores fuerzas de succión y por tanto las mayores demandas estructurales, se presentan en esquinas y bordes de superficies atacadas por el viento. Generalmente se cubre el refuerzo estructural. Las exigencias de la piel exterior se reducen entonces a la protección mecánica contra inclemencias del tiempo, corrosión y diferentes influencias de uso. Dentro de los paneles metálicos encontramos dos divisiones: por un lado están los paneles unicapa y los multicapa.

⁶ http://www.alucobond.com/download_alucobond1.html?&L=4, Enero, 2012

4.3.1.1. Paneles metálicos unicapa.

Formados por una sola chapa metálica (aluminio generalmente), muy ligeros y con problemas de condensaciones y pérdida de planiedad por dilataciones térmicas, con la característica aparición de ondulaciones en su superficie (véase figura 33).

Resolviendo el primer aspecto con fachadas ventiladas, y el segundo con soluciones que van desde dar mayor espesor a la chapa y realizar paneles de dimensiones menores lo que aumentará el número de juntas por metro cuadrado o incorporar pliegues en los bordes de los paneles. La solución límite del panel es la planiedad conseguida por un grecado que aumenta la inercia y controla las deformaciones.

Como ventajas destaca su ligereza, total ausencia de absorción de agua y libre de emisión de gases en caso de incendio. Como desventaja presenta problemas de condensaciones y de pérdida de planiedad por dilataciones.

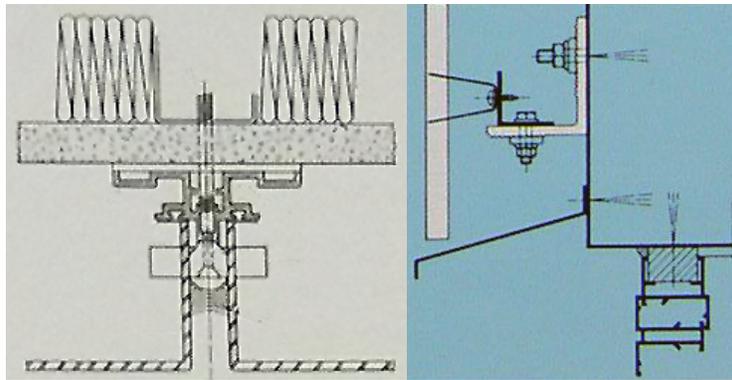


Fig. 33

Panel unicapa con doblez en cantos y fijación de panel unicapa metálico.
Recuperado de: <http://www.alucobond.com>

4.3.1.2. Paneles metálicos multicapa.

Son los formados por dos chapas metálicas unidas por diversos materiales. En función del material de unión tendremos dos variantes: los paneles multicapa inertes térmicamente y los aislantes. En los primeros se deja la función aislante al trasdosado, buscando el aumento de la sección del panel un mejor comportamiento resistente, sin aumentar peso ni esfuerzo de dilatación. Si se especifican de espesor delgado debe colocarse sobre fachada ventilada. Existen distintos tipos según el núcleo interior: de polietileno o celdilla de aluminio (véase figura 34).

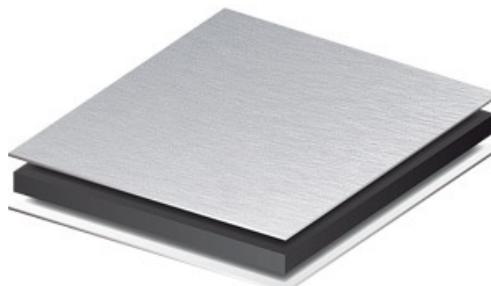


Fig. 34

Panel Multicapa Inerte Alucubond.
Recuperado de: <http://www.alucobond.com>

Por el contrario en los aislantes es el propio panel el que resuelve de un modo completo el cerramiento, no siendo, por tanto, de fachada ventilada. El material de unión dota al panel de aislamiento térmico y acústico, lo rigidiza y evita condensaciones. Su interior puede ser de lana mineral, poliuretano o poliisocianurato (véase figura 35). Es importante mantener aisladas las dos chapas del borde para evitar puentes térmicos y que el diseño de la junta dependerá más del aislamiento acústico que del propio panel. Además de tener en cuenta en paneles demasiado grandes el comportamiento térmico diferencial entre la chapa exterior y la interior ya que puede dar lugar a problemas de curvatura del panel.



Fig. 35
Panel Multicapa Aislante Luxsonor.
Recuperado de: <http://www2.hunterdouglascontract.com>

4.4. Paneles ligero de cristal.

Existe una gran variedad de marcas que proveen paneles de cristal para fachada, estos pueden ser usados como muro cortina o muro panel, básicamente están divididos en:

1. Panel de vidrio para control solar.
2. Panel de vidrio de seguridad.
3. Panel de vidrio acústico.
4. Panel de vidrio térmico.
5. Paneles con persianas integradas.

Y podrían ser opacos, entintados o totalmente translúcidos. Más adelante se explican los diversos acabados y propiedades de los paneles de cristal (véase figura 36).



Fig. 36
IIT MacKormick, Tribune Campus Center, OMA, 2003, Paneles Panelite.
Recuperado de: <http://www.e-panelite.com>

4.5. Paneles ligeros compuestos.

Son los formados por materiales de nueva generación con tecnología específica en su fabricación. Se destacan tres grupos: los elaborados a partir de madera, de fibras de celulosa reforzada y los plásticos.

1. Paneles de madera: Desde la estructura hasta la piel, desde la conclusión de la obra hasta el mueble: el súper-material madera es hoy, a pesar de su antiquísima tradición, más actual que nunca. Tanto la madera como el vidrio, ofrecen un potencial técnico tan grande. Las construcciones de madera son especialmente apropiadas para la prefabricación y, por ello, económicas. Además esta su durabilidad y, como único material renovable, resulta interesante desde el punto de vista ecológico.

Por su composición y construcción, la actual arquitectura de madera difiere sustancialmente de la realizada hace pocos años. La búsqueda de materiales económicos y el intento por aprovechar materiales reciclados, ha contribuido a una gran ampliación del abanico de paneles disponibles.

También se han reinterpretado algunos métodos tradicionales de construcción basados en la ejecución global del edificio con madera. Junto a los elementos macizos de madera encolada se han desarrollado otros modelos más ecológicos donde las uniones de las diversas piezas se efectúan mediante pernos o espigas de madera.

Debido al uso de software para fresadoras es posible realizar cortes y uniones incosteables hace años. Esto ha conducido a una sustitución de los elementos lineales por otros superficiales. Especialmente los paneles masivos permiten una gran libertad tectónica y, en consecuencia, también compositiva. Pero la moderna arquitectura de madera ha dejado de ser plana y se ha llevado a límites inimaginables, allí es donde consigue crear nexos con el lugar, y hace gala de su fuerza (véase figuras 37 y 38).

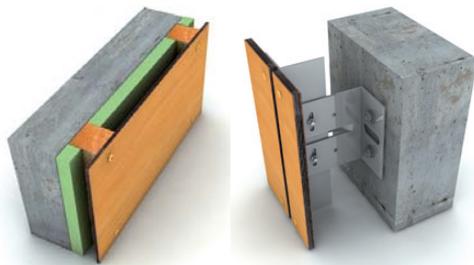


Fig. 37
Panel de madera. Sistema Prodema.
Recuperado de: <http://www.prodema.com>



Fig. 38
Clínica Pombaldial, Portugal
Arquitecto Felipe Sousa,
Recuperado de: <http://www.prodema.com>

1. Paneles de fibra de celulosa reforzada: Son paneles de alta densidad, coloreados en masa y homogéneos. De dimensiones pequeñas (2.13x4.27metros), no tienen problemas de protección de cantos y dispone de un sistema de anclaje específico.

Tienen resistencia al fuego aceptable, a la lluvia ácida y humedad. La degradación del color está garantizada por 10 años. Su superficie es de fácil limpieza ya que no cuenta con poros (véase figura 39). Su módulo de elasticidad, así como su elevada resistencia a la tracción y flexión dan garantía de su resistencia a los impactos.⁷



Fig. 39
Panel Trespa. Fijación y aplicación.
Recuperado de: <http://www.trespa.com/es>

4.6. Paneles ligeros plásticos.

La mezcla más conocida es de poliéster y fibra de vidrio, dando como resultado paneles muy ligeros, sin problemas de oxidación y con capacidad de adaptarse a cualquier forma. En su contra, es un material que se degrada con la luz solar, no es tan resistente a impactos y presenta evidentes problemas ante el fuego (véase figura 40).



Fig. 40
Panel de nido de abeja – polistep
Recuperado de: <http://www.nidodeabeja.com/76/panel-de-nido-de-abeja-polistep#prettyPhoto>

⁷ http://www.trespa.info/meteor/ventilated_facades_general_details/default.aspx, Febrero 2012

4.7. Paneles ligeros de madera.

La madera actual tiene un mayor grado de especialización, y mayores procesos industrializados, además depende de otros materiales para obtener mejores características.

Tradicionalmente los sistemas de revestimiento forman planos por superposición de piezas elementales de madera, traslapados, entablados, machimbrados. Pero lo que realmente ha transformado los sistemas de revestimiento ha sido la aparición de los paneles, permitiendo recubrir una mayor superficie con menor cantidad de elementos y proteger de una forma eficaz las juntas de la humedad.

La denominación genérica de los tableros abarca un amplio número de productos fabricados con madera cuyas propiedades y aplicaciones son distintas y variadas. Los tableros se dividen en grupos diferentes en cuanto a su constitución física:

1. Tableros de madera maciza: son los que están constituidos en su mayor parte de madera maciza, a base de tablillas o listones unidos con cola. Se dividen en:
 - a. Tableros alistonados: con listones de igual o diferente longitud encolados entre sí, siendo el grosor y la anchura de los listones iguales dentro del mismo tablero (véase figura 41).
 - b. Tableros de alma alistonada: son tableros alistonados con un revestimiento exterior de chapas a contrafibra formando las caras.
 - c. Tableros ensamblados: formados por tablas machihembrados ensambladas e incluso encoladas.



Fig. 41

Tablero alistonado.

Recuperada de: http://www.abc-wood.com/product_info

2. Tableros derivados de la madera: son productos constituidos a base de chapa de madera o elementos dimensionales reducidos a madera o lignocelulosa empleando adhesivos para su unión. Estos se dividen a su vez en grupos dependiendo, sobre todo, del tamaño y la forma física de los elementos de madera. Se mencionan los de mayor importancia y utilización:

a. Tableros de chapas:

- Tablero contrachapeado (*plywood*): formado por un número impar de chapas encoladas dispuestas de manera que la dirección de la fibra de una chapa sea perpendicular a la de la siguiente. Posteriormente se aplica calor y presión para terminar el tablero. Las especies más empleadas son el pino Oregón, el pino de California, el pino del Sur y el okume. El tablero de contrachapeado es estable dimensionalmente y resistente al albeo y no tiene una dirección natural de ruptura. Los contrachapados pueden usarse para exteriores, interiores y uno intermedio que no permite exposiciones prolongadas. Los contrachapeados se dividen en :
 - o Contrachapeado de alta densidad.
 - o Tablero laminado (véase fig.42).



Fig. 42

Tablero contrachapeado laminado.

Recuperada de: <http://www.decorablog.com/tableros-de-madera/>

3. Tableros de partículas o aglomerado: fabricados mediante la aplicación de presión y calor sobre partículas de madera u otros materiales lignocelulósicos. Dentro de este grupo se incluyen los formados por virutas:
- a. Tableros de partículas: según su acabado puede ser desnudo y recubierto. Los desnudos se clasifican en función de su tratamiento (color de correspondencia) verde resistente a la humedad, rojo son ignífugos, azul con tratamiento biológico.
 - b. Tablero de virutas (*waferboard*): su resistencia a la flexión es la misma en cualquier sentido el tablero.
 - c. Tablero OSB (*oriented strand board*): su Resistencia proviene de la orientación de sus virutas, paralelas a la longitud del tablero en las capas exteriores, mientras que las interiores son perpendiculares. Se usa para forjados, cerramientos de muros y revestimientos (véase fig.43).

4. Tableros de fibras: se construyen a partir de fibras de madera con aglutinantes naturales o sintéticos, aplicando presión y formando un material estable y homogéneo:



Fig. 43

Tablero OSB

Recuperada de: <http://www.decorablog.com/tableros-de-madera/>

- a. Tableros de fibras de densidad media MDF: sus fibras se encolan con un adhesivo de resina sintética. Tienen una estructura uniforme y una textura lisa. Existen tratamientos hidrófugos e ignífugos que mejoran su comportamiento ante el agua o el fuego.
- b. Tableros de fibra duros (*hardboard*): fabricados a partir de fibras húmedas a gran presión y a elevada temperatura, que se unen empleando las resinas naturales contenidas en las mismas. Se pueden recubrir con papeles decorativos impregnados con resinas melamínicas, chapas de madera, laminados plásticos y más
- c. Tableros de madera-cemento: a base de partículas de madera unidas mediante cemento hidráulico por presión.
- d. Tableros de madera-yeso.
- e. Tableros de aglomerados de viruta de madera y cemento.
- f. Tableros de aglomerado de celulosa: usados como revestimiento industrial.
- g. Tableros mixtos: obtenidos por la combinación de tableros derivados de la madera con una capa central a base de un material generalmente distinto a la madera.

5. Envoltente pesada.

Esta categoría abarca todas las fachadas convencionales, ya sean de ladrillo, chapas de piedras, piedra, madera y las prefabricadas de concreto (véase figura 44).

Todas pueden ser construidas con elementos prefabricados. Es decir módulos que vienen hechos de taller, ensamblándose unos a otros en obra, dependiendo del nivel de prefabricación. Los materiales más utilizados en prefabricación son el concreto, maderas, y polímeros. Los sistemas de unión entre los distintos módulos ya vienen incorporados en las propias piezas, de modo que suelen ser construcciones de junta seca.

Las ventajas de este método residen en un mayor control de calidad, al fabricarse las piezas en taller, y en un proceso de montaje muy rápido que no demanda mucha mano de obra.



Fig. 44
Tipos de fachada pesada (tabique y concreto).
Recuperadas de: <http://www.arquired.com.mx>

En la actualidad y debido a los sofisticados sistemas de corte de la piedra mediante láser, los grosores que se han logrado en las placas de piedra se pueden medir en milímetros, yendo pareja la evolución de los sistemas de anclaje para estas piezas. Por otro lado, el material que expresa claramente pesantez como el concreto, utiliza en su composición elementos que le otorgan ligereza.

5.1. Panel pesado con estructura auxiliar.

A este tipo de paneles no se les puede considerar como un tipo de cerramiento propiamente ya que recurre a una fachada convencional a la que se le añade un panel externo de unas características determinadas, generalmente placas de piedra, concreto o cerámicos, que a través de fijaciones puntuales o de una subestructura continua trasmite el peso a otra hoja o a la estructura del edificio.

La fijación de la placa marca la composición de la fachada. Permitiendo que la junta pueda establecer distintos ritmos en cada hilada, como es la colocación en vertical de las piezas o la coincidencia en la junta, ya que no es necesario su traslape, (véase figura 45).

Otra posibilidad es la inclusión del acabado dentro de paneles o marcos, este sistema permite una colocación más rápida y por supuesto menores puntos de apoyo.



Fig. 45
De izquierda a derecha. Mies van der Rohe, Pabellón de Barcelona, 1929, Alvaro Siza, Centro Galego de Arte Contemporáneo, 1994. Recuperado de: <http://www.arquired.com.mx>

Los materiales con los que puede realizar este panel son infinitos, aunque si es necesario que cumplan unos requisitos mínimos:

1. Homogeneidad de la pieza.
2. Continuidad de la pieza.
3. Porosidad.
4. Permeabilidad.
5. Comprobación de existencia de microfisuras.
6. Dureza.

Esta última determinará no sólo las posibilidades de uso si no los tratamientos y acabados que puede recibir. El material elegido tiene que cumplir fundamentalmente las siguientes propiedades mecánicas:

1. Resistencia a tracción
2. Resistencia a compresión
3. Resistencia a flexión
4. Resistencia al fuego

Es importante también asegurar la durabilidad de sus características iniciales después de haber sufrido una exposición prolongada a la acción de los agentes ambientales. En cuanto a la piedra, una vez realizado el corte de la pieza habrá que valorar la posibilidad de que fisure durante el transporte o en la colocación.

El desarrollo de la hoja externa pesada con una estructura auxiliar se produce en dos direcciones, por un lado la investigación de la estructura auxiliar y la facilidad para su colocación y mantenimiento y por otro, en la perforación de la pieza y aumento de su área de resistencia. Destacando en el tema de las fijaciones los siguientes requisitos:

1. *Inalterabilidad frente al agua. La oxidación de la pieza de fijación provocaría un aumento de volumen que haría estallar la zona de fijación o bien provocaría la disminución de sección de la propia fijación con el posible desprendimiento de la placa.*

2. Resistencia al peso de las piezas sustentadas, que determinará las dimensiones de la fijación.
3. Resistencia al desprendimiento y giro de la placa.
4. Resistencia mecánica a los efectos del viento.
5. Adaptabilidad al soporte estructural sobre el que se sustenta, para poder corregir errores como es la falta de planiedad.
6. Facilidad de cambio por ruptura.⁸

Con estos sistemas de fijación y de corte se han logrado espesores de placas mínimos, y por lo tanto, piezas muy ligeras que, cuando las dimensiones son extremas, se sirven con un soporte interno, por ejemplo estructuras de aluminio o introduciendo un armado interior de la pieza.

5.2. Paneles prefabricados de concreto.

Un elemento más para la creación de fachadas pesadas son los paneles prefabricados de concreto. Sus ventajas de uso son conocidas y se cifran sobre todo en el ahorro de materiales y tiempo, en una organización más eficaz y controlada del proceso constructivo y por tanto, en una mejor calidad del producto final.

El elemento determinante de las dimensiones de estas piezas es el peso. El espesor no tendrá importancia siempre que sea mínimo dentro de su resistencia mecánica. También es esencial tener en cuenta la necesidad de una coordinación modular y dimensional exacta ya en el proyecto, porque una vez determinada la pieza, el proceso constructivo no admite fallas. Con este sistema se reduce el número de juntas pero, en cambio, necesita una elaboración más cuidada que con piezas de pequeñas dimensiones. La junta no sólo necesita de la estanqueidad, sino que además tiene que solucionar el apoyo de la hoja, para ello un buen diseño de la pieza es la solución más eficaz para asegurar el perfecto funcionamiento del sistema frente a posibles fallos de terceros (véase figura 46).



Fig. 46
Unión entre paneles con fijación y con junta.
Recuperado de: <http://www.arqhys.com>

En cuanto a las uniones entre paneles y soportes se pueden dar dos tipos, con fijaciones o con sello en la junta. En la primera será la fijación la que permitirá la perfecta colocación del panel, mientras que la segunda se podrá disponer madrinas de yeso sobre los que se apoyará el panel antes de sellar la junta que la separa del

⁸ Quintáns Eiras, Carlos, *Cerramientos Pesados*, Tectónica, No. 2, mayo de 2008, pág. 23

soporte, o bien disponer sistemas metálicos en el entramado del panel que permita una unión precisa antes del sellado de la junta. La relación de los paneles con la estructura que los sustenta ha de ser cuidadosa y habrá de permitir movimientos diferenciales.

Los concretos ligeros han permitido, en el caso de los curados en autoclave, la realización de paneles de un único elemento que se comporta térmicamente bien y que resiste a la humedad.

Los actuales concretos ligeros permiten una mayor manejabilidad de las piezas gracias a su poco peso lo que facilita su puesta en obra, reduciendo el espesor del muro necesario para un buen aislamiento, al mismo tiempo que pueden comportarse como muro resistente a la par que protector.

Actualmente el panel de concreto mezclado con fibra de vidrio GRC ha reducido los espesores y pesos, permitiendo el aumento de dimensiones, facilitando el montaje mediante herrajes de unión a los entramados de la estructura que pueden ser más ligeros. Además de ofrecer una infinita variedad de acabados, que abarcan desde adaptar texturas y apariencias de otros materiales hasta presentar una amplia gama de coloraciones.

Otro sistema usado en la actualidad es el *Tilt Up*, sistema industrializado de construcción, ideal para ejecutar proyectos en el sector industrial, comercial o institucional. *Tilt Up* es la técnica de construcción con muros de concreto, los cuales son vaciados en forma horizontal en la obra, utilizando el piso de la obra y elementos perimetrales como cimbra. Luego, por medio de una grúa, son izados y colocados en su posición final, (véase figura 47).



Fig. 47

Sistema Tilt Up

Recuperado de: <http://www.dinpro.co/es/servicios/sistemas-constructivos/tilt-up>

5.2.1. Paneles de cerramiento.

Son paneles prefabricados de concreto, armados por ambas caras, realizados mediante modelado en bancadas horizontales, producidos según medidas estandarizadas, fácilmente modificables para adaptarse a cualquier necesidad, su tamaño viene limitado básicamente por las dificultades y limitaciones del transporte.

Los paneles pueden ser lisos o nervados, aumentando estos últimos su inercia al incorporar dos nervios de refuerzo, consiguiendo iguales longitudes con menor espesor, pero con una desventaja solo pueden colocarse verticalmente.

La sección puede ser homogénea, pudiendo sustituirse el árido por Arlita o prescindir de los finos Siporex, con los que se mejora sus cualidades de aislamiento térmico, o bien multicapa que incorpora un material aislante entre las dos capas de concreto armado.

Las dos capas externas pueden unirse mediante un marco continuo de borde, con el problema de aparición de puentes térmicos, o bien juntarse mediante conectores metálicos o de fibra de vidrio, que dejan completamente separadas ambas hojas. La capa interna de aislamiento puede sustituirse con concreto con Arlita en lugar de árido, con lo que evita la discontinuidad estructural, manteniendo un buen grado de aislamiento (véase figura 48).



Fig. 48
Panel de cerramiento liso y curvado, y panel nervado.
Recuperado de: <http://cerramientos.placasalveolares.com>

La terminación externa del panel dependerá generalmente de la que adquiera la cara inferior del mismo durante el modelado, y puede ser lisa o con textura. La cara superior nos dará la terminación interior, que habitualmente es lisa. Cuando se utiliza Arlita en la composición del panel y debido a su ligereza, ésta sube a la capa superior resultando un aspecto rugoso que hace necesario realizar un trasdosado. El color dependerá de los componentes utilizados en su elaboración: cemento, áridos y de colorantes.

5.2.2. Paneles de GRC.

El GRC (*Glassfibre Reinforced Cement*), es un micro concreto en el que el armado metálico ha sido sustituido por una masa caótica de pequeñas hebras de fibra de vidrio entre 12 a 36 milímetros de longitud, que se encarga de absorber los esfuerzos a tracción, dotando al material de una elevada resistencia a la flexión, por lo que se puede realizar con espesores mínimos. Se compone de cemento Portland blanco, áridos finos, aditivos y fibra de vidrio de óxido de circonio (véase figura 49).

Las dimensiones máximas vienen limitadas por las propias del transporte, aunque gracias a su espesor, entre 10 y 15 milímetros, los paneles de GRC, son ligeras, pesando solo de 20 a 30 kg/m. Los tipos de secciones pueden ser:

1. *Homogénea: de lámina sencilla, rigidizada por nervios del mismo material tanto en bordes como transversales.*

2. *Multicapa: que incorpora una capa de material aislante de espesor variable entre dos láminas de GRC de 1 centímetro de espesor cada una.*
3. *Stud frame: que añade en la parte posterior de la lámina de GRC, un bastidor metálico de refuerzo, pudiendo incorporar un trasdosado de placa de yeso y un sello aislante entre las capas externas.*⁹

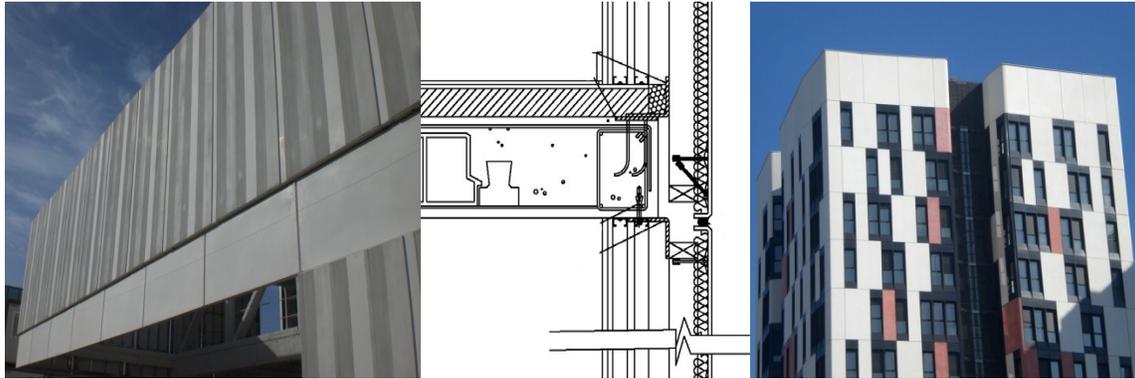


Fig. 49

Incorporación del panel GRC en fachadas. De izquierda a derecha panel GRC Stud-Frame, detalle de fijación de panel GRC y Panel GRC Sándwich.

Recuperado de : <http://www.preinco.com>

Las juntas para estos paneles se realizan en el marco perimetral de refuerzo con diseños similares a las de los paneles prefabricados de concreto. Gracias a su bajo peso, los paneles se pueden fijar indistintamente con anclajes para placas de piedra o de prefabricados de concreto.

Una de las cualidades del GRC, es una gran maleabilidad, pudiendo reproducir todo tipo de formas y texturas, utilizando los moldes adecuados. Para poder dejar el árido visto habrá que extender sobre el molde una primera capa de mortero de 10 milímetros de espesor, con las características granulométricas del árido deseado.

Sobre esta capa se proyecta posteriormente el GRC, utilizándose los procedimientos del lavado al ácido o el chorro de arena para dejar el árido expuesto tras el desmoldeado. El primero reproduce la textura de la piedra caliza y el segundo la de las areniscas y el granito abujardado. El color dependerá, especialmente de los áridos y los colorantes.

5.3. Panel portante y no portante.

Dentro de su función intrínsecamente del edificio, los paneles pueden ser diseñados como portantes o no portantes y ambos pueden ser de cara simple o doble.

1. **Paneles portantes.** Estos paneles soportan y transmiten las cargas verticales de los pisos y la estructura. También pueden contribuir a la estabilidad horizontal del edificio. Por ello se requiere un análisis adecuado para comprobar que la flexión y compresión combinadas son admisibles para el elemento (véase figura 50).

⁹ <http://www.preinco.com/grc-caracteristicas.htm>, Marzo 2012



Fig. 50
 Paneles portantes colocación.
 Recuperada de: <http://www.arqhys.com>

2. Paneles no portantes. Solamente soportan las cargas del viento, su estabilidad es en el sentido horizontal. Puede recibir algún tipo de cargas como por ejemplo cancelería o carpinterías. Estos elementos pueden suprimirse sin afectar la estabilidad del conjunto ni la estructura. Estos paneles solo cumplen la función de cerramiento (véase figura 51).



Fig. 51
 Paneles portantes colocación y transporte. Paneles no portantes aplicados en fachadas.
 Recuperada de: <http://www.arqhys.com>

6. Nuevas envolventes.

Está claro que la célula fundamental de la arquitectura es la utilización del espacio, delimitado por la figura arquitectónica o envolvente.

*La envolvente comienza a desarrollarse desde el momento en que se da inicio a las delimitaciones interiores de un edificio, es la resultante exterior de dichos límites. No es simplemente una caja de muros conteniendo espacios habituales, es la parte estética de la obra, lo admirable a simple vista, lo que cada individuo critica.*¹⁰

Actualmente las envolventes han dado paso a contener redes de camuflaje, tiras de plástico, hierba que surge de cestas de alambre llenas de tierra, bolas de plástico soldadas a láminas transparentes, revestimientos de metal estirado, acero cortina y vidrio impreso con patrones de colores, se da la impresión de que cualquier material, por raro que sea, es apto para la construcción de fachadas. Tanto los objetos arquitectónicos como sus pieles exteriores hacen gala de una variedad nunca antes alcanzada.

Junto a bloques sencillos surgen composiciones extravagantes, junto a las pieles delgadas y lisas construcciones de varias capas, creaciones esbeltas junto a masivas, multicolores junto a monocromáticas. Con tanta complejidad y multiplicidad la arquitectura es un espejo de nuestra sociedad pluralista y de la precipitación de estos tiempos.

Por una parte el uso de los edificios es cada vez menos conciso, por otra el desglose de envolvente y estructura convierte a la fachada en una mera piel.

6.1. Envolvente ventilada.

Actualmente se está extendiendo el uso de fachadas acristaladas como revestimiento de otra fachada, con la finalidad de constituir una fachada de cámara ventilada, de renovar el aspecto de un edificio sin renunciar a la visión de su aspecto original o bien de incorporar el efecto trombe (es un muro o pared orientada al sol, preferentemente al norte en el hemisferio sur y al sur en el hemisferio norte, construida con materiales que puedan acumular calor bajo el efecto de masa térmica, combinado con un espacio de aire, una lámina de vidrio y ventilaciones formando un colector solar térmico), como mejora bioclimática del edificio.

El novedoso sistema de fachadas ventiladas ligeras está formado por dos muros cortina o bien un muro cortina en el exterior y otro tipo de cerramiento en el interior. La fachada ventilada proporciona al mismo tiempo una mayor protección a la intemperie y una mejora del confort térmico interior, gracias a la cámara de aire que queda entre los dos muros.

Cuando se ventila el aire de dicha cámara se reduce la cantidad de energía térmica que llega al interior del edificio. El sistema es muy versátil puesto que permite efectuar diferentes tipos de ventilación, y utilizar diversos tipos de materiales en la fachada interior, manteniendo siempre la parte exterior con un aspecto independiente.

¹⁰ Varini, Claudio, *Envolventes Arquitectónicas: Nueva Frontera para la Sostenibilidad Energético-Ambiental*, Universidad Politécnica de Madrid, 2009

La ventilación de este tipo de fachadas se efectúa por convección natural o forzada. La convección natural se produce por efecto chimenea a causa del calentamiento del aire de la cámara, evacuando así, parte de la energía absorbida por los vidrios de la hoja exterior.

La ventilación forzada hace referencia a que se actúa voluntariamente sobre la velocidad de convección del aire dentro de la cámara, controlando al mismo tiempo el flujo de aire que entra y que sale de la cámara (véase figura 52).

A menudo se instala dentro de la cámara de aire ventilada una persiana u otro elemento de protección solar, que permita variar sensiblemente el factor solar, la transmisión luminosa, la temperatura superficial y el coeficiente de transmisión térmica a voluntad, sin tener que variar el vidrio exterior (véase figura 53).

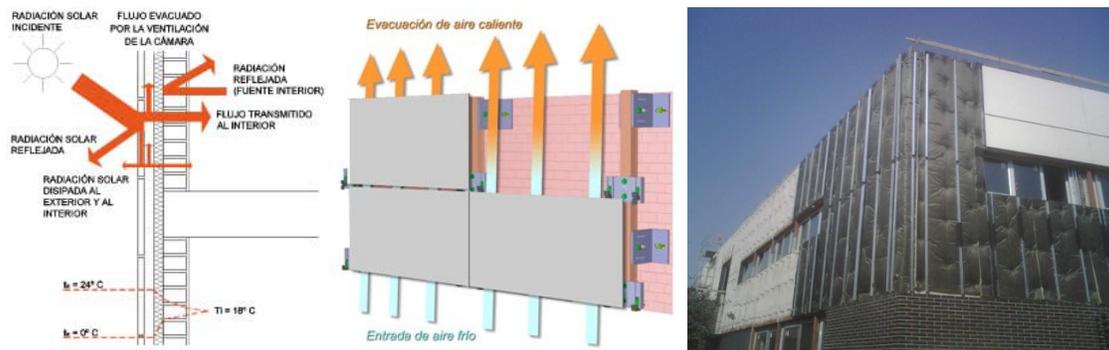


Fig. 52
Esquemas del funcionamiento de la fachada ventilada y obra en proceso de colocación del sistema.
Recuperada de: <http://ecoarchsblog.blogspot.mx>



Fig. 53
Sistema de fachada ventilada cerámica y con vidrios entintados.
Recuperada de: <http://ecoarchsblog.blogspot.mx>

La parte interior de la fachada ventilada debe estar constituida por materiales térmicamente aislantes y materiales acústicamente absorbentes. En el caso de fachadas ventiladas doblemente vidriadas es conveniente también colocar cortinas de protección en el interior de la cámara para reducir el máximo posible la cantidad de energía solar incidente en la segunda fachada.

Es habitual utilizar en este tipo de fachadas vidrios del tipo semi reflectantes, entintados o serigrafiados para la piel exterior, pudiendo jugar con distintos tonos, para así aportar una óptima transmisión luminosa y un buen reflejo de imagen.

Para la piel interior se prefiere un doble acristalamiento, proporcionando al interior del edificio un buen aislamiento acústico y térmico.

6.2. Envoltente captora.

El concepto de desarrollo económico y social sostenible está generando una nueva cultura tecnológica medioambiental cuyos objetivos se están localizando en torno al abuso actual y futura extinción de los recursos energéticos fósiles. Las energías renovables, además de ser ambientalmente limpias e inagotables, concuerdan más fácilmente con cada ecosistema y facilitan la consecución de un desarrollo tecnológico sostenible en el tiempo.

La energía solar fotovoltaica es una de estas tecnologías energéticas alternativas, inmediatamente aplicables hoy en día, por su disponibilidad, tanto en el ámbito doméstico como industrial o comercial.

La energía solar incidente en la superficie de los edificios y se puede aprovechar de dos formas distintas:

1. De forma pasiva: según la orientación del edificio, y según los materiales utilizados en su envoltente: se puede aprovechar dicha energía para climatizar el edificio y al mismo tiempo proporcionar luz natural al interior.
2. De forma activa: la energía solar se aprovecha para el uso de calefacción (energía solar térmica) o bien se aprovecha para generar electricidad (energía solar fotovoltaica).

Actualmente el método más utilizado para producir energía eléctrica a partir de la energía solar radiante es el que proviene de los paneles fotovoltaicos. El interés que tienen hoy muchos arquitectos por el uso de la energía solar en los edificios ha desarrollado nuevas soluciones y avanzadas tecnologías. El uso de los paneles fotovoltaicos en la configuración de la piel del edificio se está extendiendo y su coste se va ajustando progresivamente, especialmente si ya se plantea al inicio de la fase de proyecto (véase figura 54).

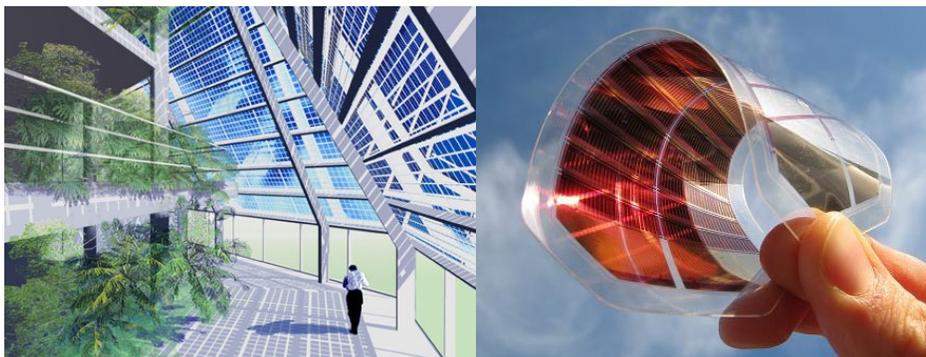


Fig. 54

Celdas solares vegetales captoras integradas a los cristales para la obtención de energía solar.
Recuperada de: <http://sustentator.com>

Los sistemas fotovoltaicos actualmente disponibles ya son perfectamente integrables en el diseño arquitectónico de una fachada ligera o una cubierta.

Por otro lado la tecnología de capa delgada CIS (cobre, indio y selenio) abre un abanico de posibilidades más amplio que la producción convencional de células solares de silicio. Los módulos estándar de células de capa delgada tienen una superficie homogénea de color gris oscuro, disponiéndose de un amplio espectro de modulaciones de superficie.

Los nuevos módulos fotovoltaicos se pueden adaptar en sus texturas y estructuras al contexto arquitectónico. La apariencia de los módulos depende de la superficie y de la estructura del vidrio de protección.

Para alcanzar una alta efectividad del módulo será necesaria una buena transmisión de luz, dependiendo ésta del coeficiente de refracción del vidrio de protección y las propiedades de la lámina de unión. En el proceso convencional, las células se acoplan ópticamente, produciendo la superficie oscura de los módulos, incluso con el empleo de hojas protectoras de color (véase figura 55).

Esto se puede evitar, por ejemplo, separando ópticamente los vidrios mediante una capa de aire. En este caso, el color del módulo no es determinado únicamente por las células, sino que resulta de la combinación de colores de la célula con el vidrio de protección. Los primeros resultados de desarrollo son módulos solares con un aspecto especialmente intenso de colores. Si el vidrio de protección presenta además una textura, como un vidrio ornamental, se pueden reducir molestas reflexiones.



Fig. 55
Celdas solares.
Recuperado de: <http://www.esrenovable.com>

Los acristalamientos aislantes con una capa intermedia de células solares tienen las mismas propiedades de aislamiento térmico que un acristalamiento aislante convencional. No obstante, debido a la absorción de gran parte de la radiación solar por las células, el factor solar es menor.

Eso hace que estos acristalamientos resulten especialmente apropiados para la protección solar. *La transmisión luminosa se puede configurar individualmente. Un módulo estándar con una disposición de células de 100 x 100 milímetros y una distancia estándar de entre 2–3 milímetros presentan una transmisión luminosa de un 10%. Eso permite una iluminación suficiente de zonas sin exigencias especiales de iluminación natural, como cajas de escalera o vestíbulos.*¹¹

¹¹ <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.mx>, Abril 2012

6.3. Envolverte vegetal.

En la discusión acerca de la importancia de la superficie, las fachadas ajardinadas experimentan un nuevo auge. Los avances técnicos han permitido en los mejores ejemplos abordar el tema desde nuevos presupuestos materiales y conceptuales.

Nuevos impermeabilizantes, nuevos sistemas de cultivo, de riego, no sólo han permitido la proliferación de fachadas vegetales, sino su reelaboración dentro de la investigación conceptual que, en los campos de la arquitectura y el diseño, se lleva realizando en los últimos años tanto en el tema de la naturaleza como de la fachada.

Por una parte, lo natural y lo artificial han dejado de ser considerados como opuestos. La naturaleza ya no es sólo el fondo donde se desarrolla la actividad humana, sino que forma parte de ella y de su diseño. La naturaleza se utiliza como un material abstracto y especialmente adecuado en la búsqueda de una arquitectura de complejidad que responda a necesidades cambiantes y en gran medida indeterminadas.

Por otra lado, la fachada ha pasado a ser el lugar donde arquitecto, usuario y sitio interactúan, y en ella se produce gran parte de la experimentación especulativa técnica y conceptual. La fachada se ha convertido en objeto de diseño autónomo y específico, independiente del edificio y la ciudad.

Más allá de apuestas sostenibilidades, o de sus indudables propiedades térmicas o decorativas, el uso de las fachadas vegetales responde a la búsqueda de un nuevo lenguaje natural posibilitado y transformado por las técnicas más actuales. Los cultivos hidropónicos han permitido el crecimiento de las plantas prácticamente sin tierra, ya que en realidad ésta no es más que el soporte mecánico para su crecimiento (véase figura 56). Agua y nutrientes, junto con luz son necesarios para realizar la fotosíntesis, sus únicas verdaderas necesidades se suministran mediante sistemas de riego específicos.



Fig. 56
Uso de elementos vegetales en la envolvente para regular el confort acústico y térmico.
Recuperada de: <http://www.trhamzahyeang.com>

De esta forma, el peso de la fachada disminuye y aumenta la eficiencia de los recursos utilizados. El material se transforma gracias a las últimas investigaciones científicas y a los últimos desarrollos tecnológicos. La naturaleza se utiliza ahora de forma abstracta por sus características conceptuales.

Cada día aparecen ejemplos en que estos sistemas se usan de manera creativa para producir nuevas formas de arquitectura y ciudad, y que van más allá de ser un mero tratamiento superficial. Es entonces cuando habría que hablar, propiamente, de jardines verticales: el uso de la naturaleza como prolongación creativa del terreno habitado por el hombre, lugar del diseño y la experimentación.

6.4. Envolverte mediática.

Las costumbres visuales han cambiado en esta época de información, de vida rápida marcada por una oleada de imágenes muchas veces multicolores y vibrantes.

La incorporación de las tecnologías de la imagen, así como de las *TIC* (Tecnologías de la Información y de la Comunicación), posibilitarán la proliferación de membranas cambiantes e interactivas, con edificios que reaccionarán físicamente para adaptarse a las distintas necesidades o circunstancias variando la forma física, la configuración espacial y funcional, la apariencia estética global, o los niveles de luz, tanto natural como artificial.

*La fachada mediática es la que trasciende a la imagen neutra que otorgan los materiales o técnicas tradicionales en la arquitectura, y que está en constante mutación, cambia su imagen para cumplir con diversas necesidades; como son la comunicación e información, necesidades económicas, de ocio y diversión.*¹² Las fachadas mediática dependen siempre de la tecnología, la cual también está en constante cambio y evolución (véase figura 57).



Fig. 57

Envolverte mediáticas.

Recuperadas de: <http://mgarahona.wordpress.com>

Al innovar el sentido formal de la superficie, la vuelve capaz de albergar un sinnúmero de intervenciones materiales o inmateriales, mismas que la transforman en un enorme campo experimental, una interfaz hecha de abundantes expresiones que le hacen delatar su enorme capacidad de composición y significado.

Las fachadas mediáticas actuales se integran no sólo al edificio mismo, sino que al contexto urbano, lo que significa desafíos y responsabilidades. La tradicional responsabilidad que le competía al arquitecto es ahora un desafío multidisciplinar, donde se resuelven competencias técnicas y de diseño, se necesitan especialistas en fachada, expertos en proyección y computación, especialistas en diseño mediático y de visualización.

¹² Beneitez-Heinrich, Lola, *Entre envoltorio a la moda y piel reactiva: Tendencias compositivas en la fachadas actuales*, Detail No 7, 2003

A más complejidad, precisión, industrialización y tecnología, más juego, más expresión lúdica, más seducción. Serigrafías, láminas cortadas a láser, tubos de vidrio, mallas de colores, pantallas perforadas o revestimientos cerámicos, junto con la alta tecnología de la imagen, con pantallas de led gestionadas por procesadores informáticos, son algunos de los recursos de este nuevo ornamento.

Envoltorios dotados de expresividad variable, que buscan la interacción. Pero la incorporación de elementos activos y de tecnologías de la información no solamente pretende el impacto visual. El envoltorio será capaz de obtener infinidad de datos del interior y del exterior del edificio, en función de los cuales actuará, en su etapa de uso.

La investigación arquitectónica avanza hacia la ideación de espacios expandidos que evolucionan en el tiempo y se transforman siguiendo las exigencias cambiantes de los usuarios. Los edificios se convierten en entidades sensibles con las cuales el cuerpo interactúa y los paradigmas de la arquitectura moderna se sustituyen por otros nuevos basados en la lógica de la comunicación.

Lo cierto es que cada vez son más numerosos los ejemplos de arquitectura mediática (*mediatecture*) y resulta difícil su clasificación dada la multiplicidad de factores que influyen en la realización de los distintos proyectos. El desarrollo de sistemas dinámicos no intrusivos y energéticamente autosuficientes constituye una breve muestra de este tipo de intervenciones que exploran las posibilidades expresivas del nuevo medio.

La mayoría de los proyectos mencionados se basan en la utilización de un display preferentemente visual, pero resulta tentadora la idea de que la piel del edificio pudiese cambiar físicamente y no sólo visualmente.

6.5. Envoltente inteligente.

Incorpora dispositivos de control variable cuya capacidad de adaptación permite a la envoltente del edificio actuar como un moderador del clima. Mediante el uso de la fachada, se puede ofrecer un edificio con la posibilidad de aceptar o rechazar la energía del ambiente exterior, y como resultado reducir la cantidad de energía artificial.

Sin embargo, los edificios que utilizan estos dispositivos pueden convertirse en sistemas ambientales complejos, que requieren un control automático para el equilibrio ambiental y la eficiencia energética. La investigación sobre este tipo de edificios ha demostrado que existe una relación entre el nivel percibido de incomodidad del usuario y la falta de control individual que tienen sobre su entorno.

Algunas características del desempeño de estas fachadas son:

1. Tener una estructura autoportante y estable.
2. Transferir cargas.
3. Control de la radiación solar.
4. Evitar pérdidas de calor.
5. Integración con otros sistemas del edificio.
6. Soporte de mantenimiento y reparación.

A través de pieles activas, inteligentes, el edificio se adaptará y reaccionará ante el medio externo; hoy ya es posible calentar o refrigerar el edificio creando una envolvente isoterma. Otra de las aplicaciones de las *TIC* (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) en la envolvente puede darse en el control logístico y la trazabilidad de los componentes de la fachada optimizando de este modo las fases de ejecución y deconstrucción, así como facilitar el cálculo de la huella ecológica del edificio.

Las tendencias más evidentes son, sin duda, la irrupción del elemento lumínico, junto a la proliferación de cerramientos extensamente acristalados. Esto último está contribuyendo al establecimiento de nuevas líneas de investigación en el sector del vidrio, y a su alrededor emerge toda una industria que deberá cubrir la creciente demanda de las nuevas posibilidades que se abren para este material, como los dobles acristalamientos en cuyo interior circulan fluidos, o vidrios capaces de cambiar sus propiedades de transmisión lumínica (pasar de transparentes a oscuros o translúcidos) frente a diferentes estímulos, como la aplicación de una corriente eléctrica o el cambio en las condiciones exteriores de luz o temperatura. La exploración de la fachada como envolvente climática incluye también la investigación sobre sistemas de generación energética (véase figura 58).

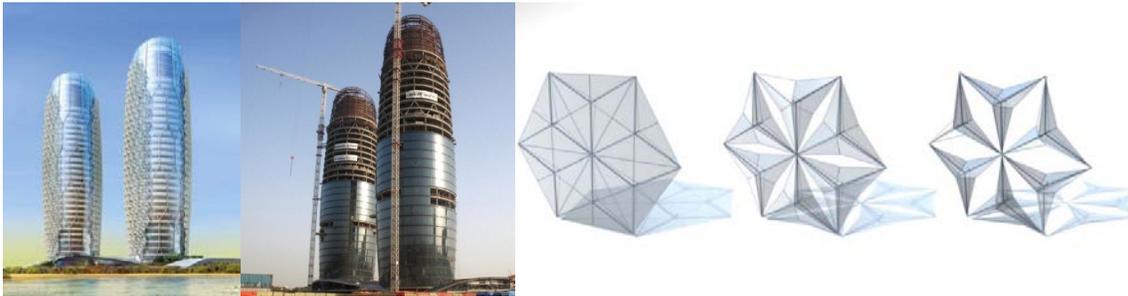


Fig. 58
Envolvente inteligente y detalle de celosía en forma de capullo la cual permitirá la reducción de la radiación solar hasta un 50%. Abu Dhabi Investment Council, Emiratos Árabes Unidos, Aedas Arquitectos, 2010.
Recuperado de: <http://www.aedas.com>

Sin entrar en una discusión sobre la inteligencia artificial y la definición de inteligencia, es seguro decir que la palabra inteligencia proviene de nuestra propia percepción y de la capacidad humana de comprender, razonar y aprender. Por lo tanto, podemos ver que la mayoría de las fachadas inteligentes de hoy no son inteligentes en absoluto, sino de adaptación, simplemente.

6.6. Envolvente dinámica.

Es el sistema que responde a las cambiantes del clima optimizando el uso de energía solar pasiva y activa regulando dinámicamente el clima interior. Incrementando la entrada de luz solar y mejorando los aspectos térmicos, de ventilación, protección UV entre otros con sistemas integrados a componentes proporcionando ahorro de energía.

Mientras el sector energético debate sobre las ventajas e inconvenientes de cada una de las fuentes de energías alternativas al petróleo, los científicos y arquitectos también hacen sus propuestas que van dirigidas a conseguir que los edificios no sólo sean sostenibles, es decir, que no requieran de ningún aporte de energía exterior, sino que además generen más energía de la que necesitan, este es uno de los principales objetivos de la arquitectura dinámica.

Las construcciones dinámicas cambian sus formas constantemente, ya que están formadas por plantas que giran independientemente en torno a un eje y a diferentes velocidades (véase figura 59). Las ventajas de este tipo de arquitectura comienzan ya con el proceso de construcción.

Por ejemplo, la torre dinámica en Dubai, es modular y prácticamente el 90% de sus componentes son elementos prefabricados que se manufacturan en una nave industrial y posteriormente se trasladan y se ensamblan sobre un eje central de concreto. *Este proceso, según los constructores, implica que sean necesarios únicamente 90 trabajadores en lugar de los 2.000 que requiere un edificio de características similares. Además, se reduce el tiempo de construcción de 30 a 18 meses.*¹³

Por otra parte al ser más ligeros y con capacidad de movimiento resultan 1,3 veces más resistentes a los terremotos que los edificios convencionales.

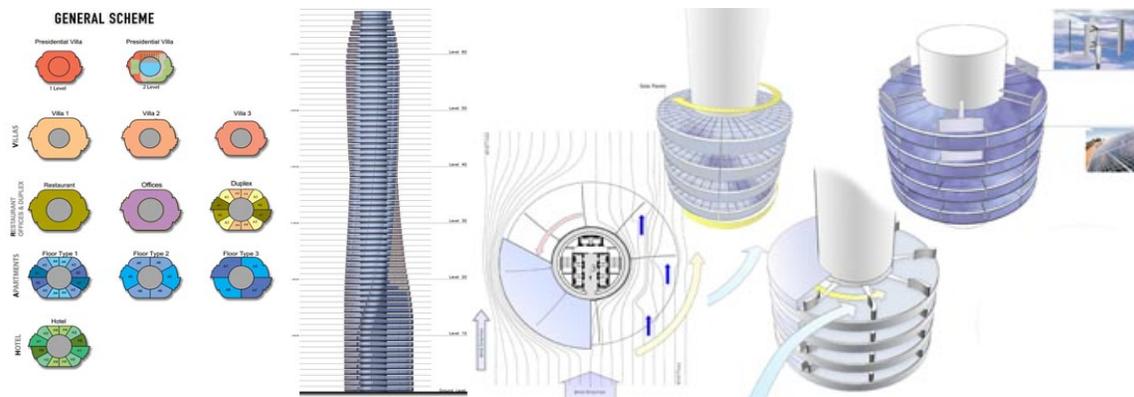


Fig. 59
Torre dinámica de Dubai, Emiratos árabes Unidos, Arquitecto David Fischer, 2010.
Recuperada de: <http://www.ison21.es>

Según el concepto de David Fisher, creador de la primera torre dinámica, los edificios no tendrían que ser diferentes de otros productos, y por lo tanto desde ahora en adelante se tendrían que realizar en centros de producción. Por ello, la arquitectura dinámica respalda la producción en fábrica de cualquier proyecto y de edificios compuestos por elementos pre ensamblados y listos para ser instalados en el lugar.

Las unidades se terminan completamente en fábrica, equipadas con todas las conexiones para las instalaciones hidráulicas y eléctricas, rematadas desde el suelo hasta el techo, con baños, cocinas, iluminación y diferentes elementos de decoración. Luego son trasladadas y en el lugar donde deben ser instaladas se ensamblan unas a otras mecánicamente, permitiendo realizar un edificio entero en tiempos muy breves.

Todos los sistemas de ingeniería del eje central tienen ductos especiales para conectar a las partes giratorias de los pisos, lo que permitirá usar el agua, la electricidad, la calefacción y el aire acondicionado sin problemas.

¹³ <http://www.ison21.es/2009/02/17/arquitectura-dinamica-la-torre-giratoria-de-dubai>, Abril 2012

La vida de hoy en día es dinámica y el espacio en el que vivimos también tendría que serlo, adaptable a nuestras exigencias que cambian continuamente, a nuestro concepto de estilo y a nuestro humor.

En un futuro próximo los edificios seguirán el ritmo de la naturaleza, cambiarán la orientación y la forma desde la primavera hasta el verano, desde el alba hasta la noche, se adaptarán al tiempo.

Considerando que cada piso podrá girar individualmente, la forma del conjunto cambiará continuamente. Las plantas de los edificios podrán tener cualquier disposición y dada la rotación de cada piso en momentos diferentes y con varias velocidades, resultarán formas completamente distintas.

7. Materiales en la envolvente.

Somos testigos del avance tecnológico en varios campos, ingeniería, medicina, biología, y hemos alcanzado un desarrollo importante que no lo olvidaremos debido al dominio que se tiene sobre los materiales y la capacidad de industrializarlos. Es un reto enorme ya que conlleva una dualidad, bienestar en muchos aspectos tecnológicos, pero una desigualdad social en los países que están en vías de desarrollo.

Con respecto a la arquitectura tendrá que aportar beneficios y bondades. Ofreciendo beneficios no solo estéticos, sino energéticos, y sobre todo ambientales. Los arquitectos y especificadores tendrán que tener una mayor responsabilidad en la selección de los materiales propuestos en sus proyectos para que cumplan con mayores requerimientos.

Cada vez en mayor medida el material se está convirtiendo en concepto. No se trata ya de realizar construcciones empleando adecuadamente el material sino de cuidar su apariencia, cualidades, color y textura. Materiales tradicionales como la piedra, el ladrillo o la madera son redescubiertos y puestos en escena de un modo nuevo.

Esta era de nuevos materiales ha beneficiado al desarrollo de la humanidad, pero en lo que incumbe a los arquitectos, son las propiedades y cualidades que ofrecerán para la creatividad de nuevas concepciones de los espacios y de la envolvente arquitectónica. Toda novedad técnica se acoge con curiosidad y es puesta en práctica inmediatamente.

Los materiales de construcción engloban a aquellos materiales que entran a formar parte de los distintos tipos de obras arquitectónicas o de ingeniería, cualquiera que sea su naturaleza, composición o forma. Los materiales de construcción abarcan un gran número de orígenes muy diversos, pudiéndose clasificar para su estudio en base a diferentes criterios, siendo los más habituales su función en la obra, su intervención y su origen. Según su función en la obra, los materiales de construcción se clasifican en:

1. Resistentes: son los que soportan el peso de la obra y los ataques meteorológicos o los provocados por el uso (piedras, ladrillos, concreto, entre otros.).
2. Aglomerantes: son los que sirven de enlace entre los resistentes para unirlos en formaciones adecuadas a su función (cemento, yeso, cal, por nombrar unos).
3. Materiales auxiliares: son aquellos que tienen una función de remate y acabado (maderas, vidrios, pinturas, entre otros).

Por su intervención en la obra, los materiales se clasifican en: de cimentación, de estructura, de cobertura y de cerramiento.

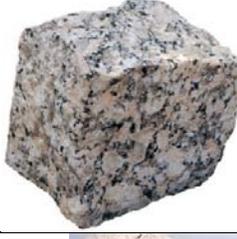
1. Los de cimentación son fundamentalmente los concretos, en particular, el concreto armado. Las estructuras pueden ser igualmente de concreto armado, metálicos, de madera o mixtas.
2. Las coberturas pueden ser de prefabricadas, metálicas, de materiales cerámicos o pétreos.

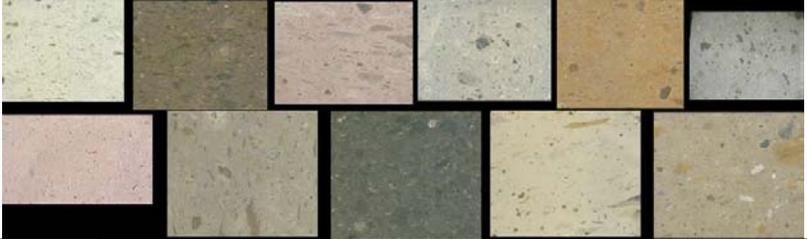
En función de su origen los materiales de construcción se dividen en:

1. Pétreos.
2. Aglomerantes.
3. Metálicos.
4. Orgánicos.
5. Compuestos.
6. Superconductores.
7. Nanoestructurados.

7.1. Pétreos.

Los materiales pétreos con mayor uso en la construcción de envolventes se enlistan a continuación, estos materiales pueden ser diseñados en placas grandes o a la medida dependiendo de la especificación del despiece en fachadas (véase tabla 2).

| Tabla 2 | | | |
|---|--|---|--|
| Materiales petreos usados en envolventes. | | | |
| Granito |  |  | |
| Mármoles |  |  | |
| Travertinos |  | | |
| Alabastro |  |  | |

| | |
|------------|--|
| Canteras |  |
| Areniscas |  |
| Calizas |  |
| Lumaquelas |  |
| Cuarцитas |  |
| Pizarras |  |

Recuperadas de: <http://mx.kalipedia.com/ecologia/tema/fotos-granito>
<http://www.arqhys.com/arquitectura/marmol.html>
<http://www.arqhys.com/casas/travertinos.html>
<http://mineralespana.es/arminerales/AlabastroAnyoverTo.JPG>
http://www.bibliocad.com/biblioteca/renders-para-cantera_19536
<https://es.wikipedia.org/wiki/Arenisca>
<http://www.jisanta.com/Geologia/index%20minerales.htm>
<http://barresfotonatura.com/geologia/rocas/sedimentarias/foto/lumaquela-4>
<http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108&r=ReP-23874>
<http://www.arqhys.com/casas/travertinos.html>

7.1.2. Acabados pétreos.

Se mencionan los más utilizados, estos acabados se podrán aplicar en casi todos los materiales dependerá de las cualidades del material seleccionado (véase tabla 3):

| Tabla 3 | | | |
|------------------|----------|---------|-------------|
| Acabados Pétreos | | | |
| Abujardado | Aserrado | Cortado | Escafilado |
| Esmerilado | Flameado | Lajado | Martenilado |
| Partido | Pulido | Raspado | |

Fuente Tectónica No. 19

Dentro de esta selección de acabados podremos encontrar la piedra natural en capas muy delgada (chapas), ofreciendo nuevas perspectivas para la percepción estética y semántica del material, así como la función de su superficie (véase figura 60).

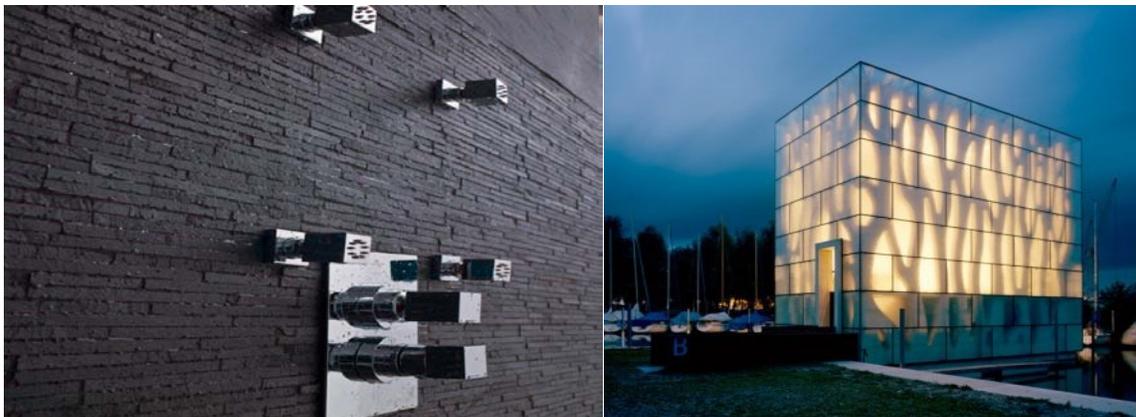


Fig. 60

Chapa de piedra en interiores y exteriores.

Recuperada de: <http://www.archiexpo.es/prod/l-antic-colonial/chapas-de-piedra-49730-173733.html>

La combinación de vidrio y piedra laminados en un elemento compuesto reúne las ventajas de ambos materiales, mejorando la relación de resistencia y grosor del material resultante.

La piedra cortada en capas extremadamente delgadas, por ejemplo mármol o granito, se une a una hoja portante de vidrio con una tecnología semejante a la del vidrio compuesto, pegándose las superficies con resina colada, láminas sintéticas o colas de dos componentes. Las placas se pueden insertar en una carpintería o ser montadas en la fachada mediante fijaciones puntuales. Los sistemas de acristalamiento estructural (*structural sealant glazing*) y los sistemas de taladro por destalonamiento permiten un montaje invisible en la fachada.

7.2. Aglomerantes.

Los aglomerantes son materiales capaces de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por métodos exclusivamente físicos; en los conglomerantes es mediante procesos químicos.

Los conglomerantes más utilizados son el yeso, la cal, y el cemento. Se clasifican, según su composición, en:

| | | | |
|----------------------------|---------|-----|---------|
| 1. Primarios: | Yeso | Cal | Cemento |
| 2. Secundarios: | Mortero | | Cemento |
| 3. Alquitrán. | | | |
| 4. Materiales bituminosos: | Betún | | Asfalto |

7.2.1. Concreto.

Mencionaremos solamente al concreto como el material aglomerado de mayor uso en la concepción de envolventes arquitectónicas.

El concreto es un material compuesto empleado en construcción formado esencialmente por un aglomerante al que se añade: partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos. El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación.

Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena)¹⁴. La sola mezcla de cemento con arena y agua (sin la participación de un agregado) se denomina mortero. Existen concretos que se producen con otros conglomerantes que no son cemento, como el concreto asfáltico que utiliza betún para realizar la mezcla.

El panorama se completa con un catálogo variado y extenso de soluciones para resolver el talón de Aquiles del material: la unión. Por un lado se reduce el número de juntas obligadas y por el otro se ofrecen patentes que estandarizan los enlaces de los muros y armados por medio de cajas de acero inoxidable para juntas de dilatación (con o sin desplazamiento horizontal), conectores con rotura de puente térmico, armadura de punzonamiento en ábaco y demás.

7.2.2. Concretos de alta resistencia.

*No solo se han hecho accesibles las técnicas de ejecución y puesta en carga del concreto, sino que el propio material pone hoy a disposición del mercado altas resistencias (desde 400 kg/cm²) que permiten reducir significativamente las secciones resistentes, mejorar la durabilidad y acometer objetivos estructurales singulares. De hecho, se incorporan con naturalidad como una pieza intercambiable, perfectamente combinable con estructuras mixtas.*¹⁵

¹⁴ P. Kumar Mehta & Paulo J.M. Montero (1986). Pretince-Hall International. ed (en Inglés). Concrete Structure, Properties, and Materials (Segunda edición).

¹⁵ http://www.cemexmexico.com/concretos/files/fichasTecnicas/FT_AltaResistencia_BAJA.pdf, Junio 2012

7.2.3. Acabados.

La superficie del concreto posee una gran capacidad para adquirir las más diversas soluciones en masa del concreto y la inclusión de matrices de goma posibilita una extensa variedad de colores, texturas y relieves. La exposición de áridos se consigue por proyección de arena o aplicación de retardadores de fraguado, que permiten el lavado a presión de la lechada exterior del cemento (véase figura 61).

En el concreto *in situ* estos acabados resultan complicados de alcanzar de manera uniforme y predecible por la dependencia del proceso de ejecución y la mano de obra. Por ellos, las soluciones más evolucionadas se dan en los paneles prefabricados.

No toda búsqueda de perfección superficial está orientada por objetivos estéticos. La lisura implica ausencia de poros, y por tanto compacidad, que otorga protección al propio concreto (y al acero que lo arma en su interior) de su principal enemigo, la carbonatación (15mm/10 años) y posterior corrosión del acero.



Fig. 61

Tipos de acabados en concreto.

Capilla en Villacerón, España, S.M.A.O. Architects, 2001

Recuperada de: <http://www.archdaily.com/20945/chapel-in-villeaceron-smao/>

En el acabado del concreto fresco se ve el concreto natural, con la presencia de las marcas de las cimbras y los relieves, texturas, formas y defectos que adopta el concreto.

1. Expuesto liso
2. Con llana o alisado
3. Estampado

Una vez que el concreto ya se encuentra firme, existen otras alternativas para darle un acabado final.

1. Acabados por medios manuales: martelinado, picoteado, cincelado, descascarado y el fracturado, entre otros.
2. Estrías fracturadas.
3. Sopleteado.
4. Suave.
5. El medio.
6. Intenso, de este podemos nombrar los siguientes acabados:

- a. Desescamado neumático.
- b. Acabado esmerilado, pulido y brillado.
- c. Acabados con el agregado expuesto.
- d. Cepillado y lavado.
- e. Acabado grabado con ácido.
- f. Sopleteado con chorro de agua-arena.
- g. Acabados combinados.

7.2.4. Concreto translúcido.

Con las piezas de concreto prefabricado LiTraCon, el arquitecto húngaro Aron Losonczy logró desarrollar las propiedades ópticas y táctiles del concreto visto. LiTraCon es una combinación de un 5 % de fibras de vidrio y 95 % de concreto fino.¹⁶ Miles de fibras de vidrio con un diámetro entre 2 micrómetros y 2 milímetros se disponen juntas en un lecho de concreto, conduciendo la luz de un lado del bloque de concreto al otro casi sin pérdidas.

La transparencia de los bloques alcanza entre el 60 y el 70 %. De esta manera, se transmiten tanto colores como formas, dibujándose en la cara interior como siluetas en una pantalla de papel. Las propiedades estructurales del concreto y también la flexibilidad de las fibras de vidrio se mantienen intactas.

Las piezas prefabricadas se rejuntan o pegan con los métodos convencionales o se insertan en sistemas de marcos convencionales (véase figura 62).



Fig. 62

Concreto translúcido.

Recuperada de: <http://blogs.lainformacion.com/futuretech/2011/01/07/cemento-translucido/>

En México se ha desarrollado una patente de concreto traslúcida, llamada ILUM. Es un concreto polimérico a base de una mezcla mineral de óxidos metálicos, polímeros, agregados finos y agregados gruesos, con propiedades mecánicas mejoradas del concreto, con niveles de paso de luz hasta de un 80%.

¹⁶ <http://www.litracon.hu/product.php?id=7>, Junio 2012

Resistencia a la compresión mayor a $f'c= 600\text{kg/cm}^2$. Resistencia a la flexión de 2.55 KN, y deflexión máxima de 1.55 mm. Permeabilidad del 0.05%. Es resistente a la corrosión; además posee propiedades fungicidas, lo cual lo hace útil en aplicaciones clínicas y de laboratorios (véase figura 63).



Fig. 63

Concreto translucido ILUM.

Recuperada de: <http://simbiosisgroup.net/concreto-translucido-made-in-mexico>

7.2.5. Cerámicas.

La cerámica (palabra derivada del griego *κεραμικός* *keramikos*, "sustancia quemada") es el arte de fabricar recipientes, vajijas y otros objetos de arcilla, u otro material cerámico y por acción del calor transformarlos en recipientes de terracota, loza o porcelana (véase figura 64). También es el nombre de estos objetos. No sólo se aplica a las industrias de silicatos, sino también a artículos y recubrimientos aglutinados por medio del calor, con suficiente temperatura como para dar lugar al sinterizado. Este campo se está ampliando nuevamente incluyendo en él a cementos y esmaltes sobre metal.¹⁷



Fig. 64

Losetas cerámicas.

Recuperada de: <http://ferreteriaryr.com/productos/ceramica.html>

¹⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/Cer%C3%A1mica>

Las uniones atómicas de las cerámicas son mucho más fuertes que la de los metales. Por eso, una pieza cerámica es muy eficaz, tanto en dureza como en resistencia a las altas temperaturas y choques térmicos. Además, los componentes cerámicos resisten a los agentes corrosivos y no se oxidan.

Bajo presión todas las fuerzas de atracción se concentran al final de la línea de la fisura, hasta que se rompen más uniones moleculares, con lo cual la grieta se amplía a una velocidad vertiginosa y la pieza se quiebra. No hay deformación sino fractura.

En la industria de la construcción para el uso de recubrimientos se usan los siguientes:

1. Cerámicos vidriados: Se aplica en esmaltadoras sobre una de las caras y en algunas de las piezas de esquina en el canto. Se realiza por cortina, pulverizando con aire o pulverizado mecánico.
2. Gres: material cerámico obtenido por mezcla de arcillas muy vitrificables, las cuales le proporciona compacidad, impermeabilidad, dureza y resistencia a la abrasión. Se utiliza principalmente en pavimentos interiores, en revestimientos de paredes y en revestimientos de piscinas. También se utiliza en fregaderos y duchas.
3. Porcelanas: fabricados con productos de alta calidad, grano muy fino y bien seleccionado. Se utiliza para fabricar piezas de pequeño espesor de pared. Según la impermeabilidad se clasifican en:
 - a. Loza sanitaria.
 - b. Gres sanitario.
 - c. Porcelana vitrificada.

7.2.5.1. Cerámicos refractarios.

Son materiales que han de soportar altas temperaturas y cambios bruscos de la misma. Poseen una baja conductividad térmica y en construcción se utiliza sobre todo en chimeneas.

7.2.6. Tabiques.

Los tabiques son piezas paralelepípedos útiles para la fabricación de muros, columnas, arcos, y más elementos constructivos, definimos aparejo como las diferentes formas de colocar un tabique en las diferentes maneras. Para colocar el tabique, este ha de haber sido mojado para eliminar el polvo que pueda tener, ya que así conseguimos una mejor adherencia entre tabique y mortero. Hay varios usos de los tabiques (véase figura 65).

Divisiones interiores:

1. Tabiques: entre espacios del mismo uso.
2. Tabicones: entre espacios de distinto uso.

Divisiones exteriores:

1. Cítaras: muros de cerramiento.
2. Capuchinas: muros de cerramiento exterior.

Estructurales:

1. Muros de carga: tienen función de soportar carga.
2. Columnas: se construyen aparejando ladrillos.
3. Arcos: tabiques unidos por su tabla de tal forma que sus testas generan un arco.
4. Bóvedas: son arcos de gran profundidad formada por tabiques horizontales curvados.



Fig. 65
Tabiques

Recuperada de: <http://www.keops.es/descripcion.aspx?ser=58&cat=2>

7.2.7. Azulejos.

La azulejería se utiliza para revestimientos. Son productos de base porosa a los que se les aplica una capa de vidriado en una de sus caras, con el fin de darles impermeabilidad, dureza y decoración. Se aplica en zonas húmedas y con necesidad de higiene y decoración (véase figura 66).



Fig. 66
Azulejos.

Recuperada de: <http://ferreteriaryr.com/productos/ceramica.html>

7.3. Metales.

Actualmente existe una variedad de paneles metálicos usados para el recubrimiento de la envolvente arquitectónica. Dependiendo de la composición química del metal se catalogan en ligeros y pesados.

7.3.1. Metales ligeros.

*Los metales ligeros tienen gran afinidad por el oxígeno y muchos de ellos descomponen el agua a temperatura normal por reaccionar con el oxígeno.*¹⁸ A continuación especificaremos los más usados en la industria de la construcción.

7.3.1.1. Aluminio.

Posee una capacidad de refracción térmica muy elevada y es resistente a la intemperie. Estas son posibles, a causa de su elevada elasticidad, uniones sencillas uniones y conexiones prensadas.

Para conseguir conjuntamente todas estas características es preciso recurrir a procesos industriales de tratamiento superficial del aluminio como son el anodizado y el lacado.

1. Anodizado: Es la oxidación controlada, acelerada y uniforme de la capa más superficial del perfil, por medio de un proceso electroquímico.
2. Lacado: El tratamiento de lacado consiste en proteger la superficie de los perfiles de aluminio con una capa de pintura aplicada, bien en polvo o bien líquida (véase figura 67).

La producción del aluminio exige una gran cantidad de energía. Es un material económico y ecológicamente exigente. Por ello es recomendable emplearlo con moderación. Su superficie natural, duradera y resistente, permite largos periodos de uso.



Fig. 67

Fachada de panel de aluminio.

Recuperada de: <http://www.aluminiosjuanjo.com/2011/06/14/pintar-el-aluminio/>

¹⁸ <http://www.utp.edu.co/~publio17/metales.htm>, Abril 2012

7.3.1.2. Acero.

El acero es un material económico, muy duradero y sostenible y ecológicamente respetuoso. Acero es la denominación que comúnmente se le da, en ingeniería metalúrgica, a una aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,03% y el 1,76% en peso de su composición, dependiendo del grado. No se debe confundir el acero con el hierro, que es un metal relativamente duro y tenaz.

La diferencia principal entre el hierro y el acero se halla en el porcentaje del carbono: el acero es hierro con un porcentaje de carbono de entre el 0,03% y el 1,76%, a partir de este porcentaje se consideran otras aleaciones con hierro (véase figura 68).

El acero, en aleación con aditivos como el cromo y el manganeso, se presenta como acero especial inoxidable. A pesar de que el acero especial es considerado generalmente como inoxidable, a causa de una capa pasiva, regenerativa e insoluble, no pueden descartarse completamente los problemas de corrosión.

Estos surgen sobre todo en condiciones medioambientales críticas, como en el caso de aires salinos y lluvias ricas en cloruros. El agua de condensación también puede corroer los aceros especiales. Dosificaciones mayores de elementos aleatorios mejoran la resistencia a la corrosión, pero pueden alterar sus características.

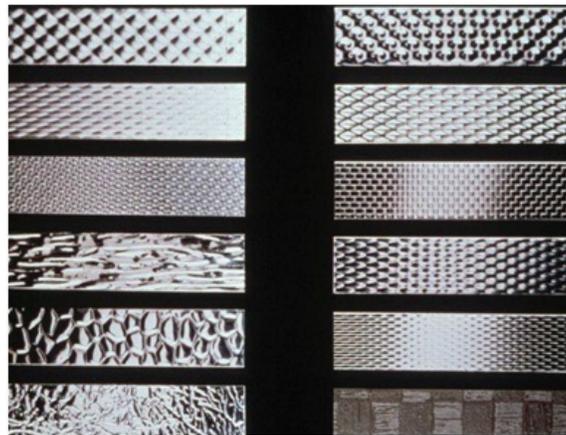


Fig. 68

Acero Inoxidable.

Recuperada de: <http://www.acerotek.com.mx/productos.php?p=52>

Los aceros especiales son caros y se presentan generalmente en forma de delgadas láminas, de aparejos técnicos de unión o de pequeños perfiles. En comparación al acero, no requieren de protecciones adicionales contra la corrosión y son por ello muy duraderos.

7.3.1.3. Titanio.

El titanio puro y sus aleaciones son las dos categorías de materiales base del titanio, un metal maleable y de color blanco plata. Con aleaciones de titanio se logran resistencias mayores. Las aleaciones de titanio con paladio y molibdeno de níquel ofrecen una elevada resistencia a la corrosión. Esta resistencia, su elevada dureza y su reducido peso, así como unas capacidades excelentes mecánicas y térmicas, son causas importantes de su múltiple uso, por ejemplo en la construcción aeronáutica y espacial.

7.3.2. Metales pesados.

Un metal pesado es un miembro de un grupo de elementos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Se incluyen principalmente metales de transición, algunos semimetales, lantánidos, y actínidos. Muchas definiciones diferentes han propuesto basarse en la densidad, otras en el número atómico o peso atómico, y algunas en sus propiedades químicas o de toxicidad.¹⁹

7.3.2.1. Plomo.

El plomo, de un gris azulado, es un metal pesado blando y dúctil, ligeramente tóxico, plateado brillante en los cortes frescos. Al aire genera inmediatamente una delgada capa protectora de óxido. El plomo tiene características térmicas y eléctricas muy bajas. Es fácilmente reciclable, por lo que la cantidad explotada ha ido disminuyendo en los últimos años. Las aleaciones actuales de plomo empleadas en la construcción son inofensivas para la salud, químicamente estables y no representan una cantidad elevada en el mercado.

7.3.2.2. Zinc.

El zinc es empleado generalmente en aleaciones de bajo contenido. Gracias a su capacidad de crear una capa de protección natural no requiere de mayores medidas anticorrosivas. Es empleado sobre todo como protector superficial para otros metales. Sus cualidades mecánicas y tecnológicas pueden ser aumentadas dramáticamente en aleaciones con titanio. Hoy en día cuenta como uno de los metales de protección anticorrosiva más económicos y es, gracias a sus cualidades y a su inocuidad, un material muy difundido (véase figura 69).



Fig. 69

Panel de zinc

Richard Kirk Architects, 2010

Recuperada de: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Zinc_fragment_sublimed_and_1cm3_cube.jpg

¹⁹ http://es.wikipedia.org/wiki/Metal_pesado

7.3.3.3 Cobre.

El cobre es, químicamente, un metal pesado relativamente blando, muy tenaz y flexible. Es, después de la plata, el mejor conductor del calor y de la electricidad. Genera una capa de óxido natural que cambia su colorido y composición con el transcurso del tiempo y es la causa de la enorme durabilidad de este material. Con el tiempo forma una patina verde. La lluvia, la nieve y el viento, así como los componentes del aire, ocasionan un desgaste de la capa protectora que, sin embargo, se va regenerando constantemente. A pesar de su precio, generalmente elevado, su uso se amortiza gracias a la longevidad.

7.3.3.4. Estaño.

El estaño es un metal pesado de color blanco plateado, reluciente y relativamente blando, del que se conocen tres modificaciones: a bajas temperaturas, el estaño "α" tiende a pulverizarse. Por encima de los 13,25 °C, el estaño "α" se transforma en el común estaño "β", blanco y blando, que puede laminarse en folios delgadísimos. Por encima de los 162 °C, se vuelve quebradizo, la cualidad del estaño "γ" que puede llegar a ser pulverizado.

A temperatura ambiental, es resistente al aire y al agua se recubre de una delgada capa protectora de óxido. Las superficies de metal logradas son muy resistentes, se adaptan a la geometría del edificio y son de fácil instalación por el tamaño reducido de las placas.

7.4. Materiales orgánicos.

Los materiales orgánicos son todos aquellos elementos de cualquier ser vivo en el planeta, aunque también pueden sintetizarse artificialmente en laboratorios ó fabricas. Los materiales orgánicos deben cumplir lo siguientes :

1. Aislamiento acústico y térmico.
2. Transpiración natural de los muros.
3. Rapidez en la ejecución de obra.
4. Resistencia.
5. Biodegradable.

7.4.1. Madera.

La madera ha sido desde siempre un material adecuado para su utilización como piso y revestimiento. Por otra parte podemos encontrar maderas adecuadas, en relación a su abrasión y resistencia al choque térmico, para casi todas las aplicaciones, por lo que cualquier revestimiento, sea interior o exterior, puede ser construido con madera. Hay que tener en cuenta, que la madera proceda actualmente de una plantación sostenible, avalada y que certifique su procedencia.

Otras características de los revestimientos de madera han sido adaptarse a las condiciones de confort. Las técnicas actuales de mecanización, dirigidas con programas informáticos adecuados, permiten grabar y hacer múltiples perforaciones en tableros con absoluta precisión, adaptándose a formas y diámetros específicos, consiguiendo de esta manera la absorción acústica deseada (véase figura 70).



Fig. 70

Envolvente de madera reciclada. Casa Ex. García Germán Arquitectos. Segovia, España.
Recuperada de: <http://www.archdaily.mx/69588/casa-ex-garcia-german-arquitectos/?lang=MX>

7.4.2. Bambú.

El bambú está considerado uno de los productos leñosos con más potencial de futuro gracias a su rápido crecimiento. Procede de una gramínea que crece en Asia y en América (principalmente en Centroamérica, Venezuela, Colombia y Ecuador). Permite obtener cosechas en un periodo de tiempo entre 5 y 6 años, mientras que otras especies maderables requieren hasta cuatro veces más. Además al ser una hierba no necesita replantación, ya que brota naturalmente cada año.

El rápido crecimiento de la planta es su gran baza frente a la madera, pues el rendimiento de un bosque de bambú puede ser 20 veces mayor que el de uno de árboles; esto no significa que la madera no sea igualmente una opción ecológica, ya que las explotaciones de madera controladas conllevan un aumento de las masas forestales, manteniéndolas sanas y en desarrollo.

La plantación del bambú se presenta como una alternativa sostenible y ecológica, especialmente, frente a la madera tropical. En cuanto a sus aplicaciones, arquitectónicas se puede usar como estructura, membrana de cerramiento y mobiliario, dejando a los arquitectos una infinidad de posibilidades por su flexibilidad y resistencia (véase figura 71).



Fig. 71
Envolvente de bambú, Cicada, Arquitecto Marco Casagrande, Singapur, 2009
Recuperada de: <http://casagrandeworks.blogspot.mx>

7.5. Compuestos.

Los materiales compuestos están integrados por una matriz orgánica, polímero termoendurecible o termoplástico y una estructura de refuerzo que puede presentarse en forma de partículas, fibras cortas, largas o continuas.

Los refuerzos que más corrientemente se utilizan son las fibras, generalmente de vidrio, de carbono o de aramida. Según las características de la matriz y de los refuerzos, se distinguen generalmente dos grandes familias: los *composites* de gran difusión, poco onerosos, que ocupan una cuota importante del mercado, y los *composites* de altas prestaciones.

Estos últimos, generalmente reforzados con fibras continuas de carbono o de aramida, están reservados a sectores de alto valor añadido: aeronáutica, medicina, deportes y recreo.

Aunque su coste es más elevado que el de los materiales tradicionales, aportan a sus usuarios importantes ventajas gracias a sus propiedades, en particular la ligereza y la resistencia. Este sector, integrado por pequeñas empresas dinámicas, se va adaptando a través de la innovación y la asociación (véase figura 72).

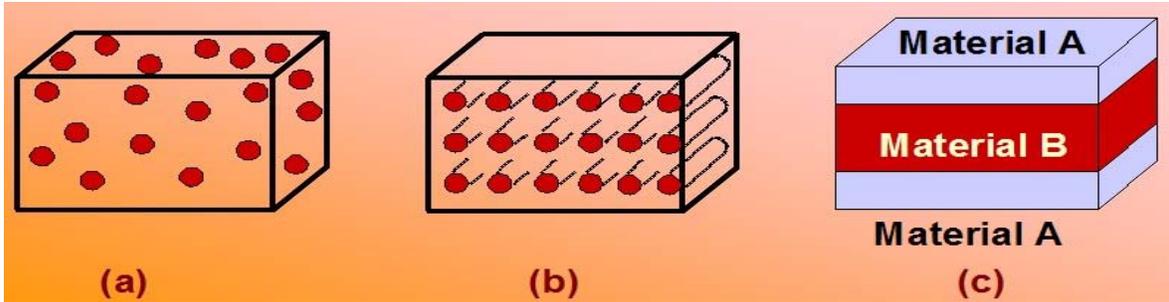


Fig. 72
 Comparación de los tres tipos de materiales compuestos. a) Con partículas. b) Con fibras. c) Laminares.
 Recuperada de: http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_9.html

Los materiales compuestos ofrecen, efectivamente, la posibilidad de realizar un producto específicamente adaptado a las prestaciones solicitadas y optimizar la pareja precio-prestación. Pero, con relación a las soluciones alternativas, el beneficio aportado debe evaluarse desde el diseño, al mismo tiempo que las pruebas que cabe realizar.

Por contra, los materiales tradicionales (madera, acero, aluminio) aparecen como una solución de más tranquilidad, puesto que sus prestaciones técnicas son bien conocidas y están bien catalogadas, con lo cual es previsible su comportamiento durante el uso. También se benefician de mejoras regulares (ligereza, tratamientos especiales para los metales, véase tabla 4).

| Tabla 4 | | | | | | | | | |
|---|-------------|-----------|-----------|--------------|-------------------------|-------------------|----------|--------------|----------|
| Propiedades de los materiales compuestos por sector | | | | | | | | | |
| | Aeronáutica | Automóvil | Ferrovial | Construcción | Construcción Industrial | Industria Náutica | Medicina | Electricidad | Deportes |
| Vida útil | | | | | | | | | |
| Rigidez | | | | X | | X | X | X | X |
| Resistencia mecánica | | | | X | X | X | X | | X |
| Resistencia a la fatiga | X | | | | | X | | | |
| Resistencia a la corrosión | X | X | | X | | X | X | X | |
| Impermeabilidad | | | | X | X | | | | |
| Seguridad | | | | | | | | | |
| Resistencia a los choques | | X | | | | X | X | | X |
| Resistencia al fuego | X | | X | X | X | | | X | |
| Aislamiento térmico | | | | X | X | | | X | |
| Aislamiento eléctrico | | | | | | | | X | |
| Amortiguamiento | | | | | X | | | | X |
| Diseño | | | | | | | | | |
| Integración de funciones | X | X | | | | | | X | |
| Formas complejas | X | X | X | X | | | | | X |
| Transparencia ondas electromagnéticas | | | | | | | | X | |
| Disminución del peso de las estructuras | X | X | | | | | X | | X |

Fuente Ministerio de economía de financia y de la industria de Francia.

En la construcción, los materiales tradicionales ejercen una competencia muy fuerte, tanto si se trata de concretos como de vigas metálicas como de cerámicas.

La flexibilidad de las formas, la resistencia a las variaciones climáticas, el aislamiento térmico y acústico, la resistencia al fuego son, no obstante, ventajas muy apreciables. Los usos pueden ser variados: paneles de decoración, rehabilitación de edificios y obras de fábrica, formas complejas de gran tamaño (cuartos de baño monobloque), vigas y piezas estructurales, elementos de tejado. Por otra parte, la resistencia a las vibraciones de los materiales compuestos con fibras de carbono y su alto potencia de absorción energética justifican su empleo en zonas sísmicas.

7.5.1. Plásticos.

Se entiende por material plástico un compuesto que tiene como elemento principal a un polímero sintético, al que se puede añadir todo tipo de modificadores de propiedades (estabilizadores, espumantes, plastificantes, lubricantes, por mencionar algunos).

Cuando se reflexiona sobre los plásticos usados en arquitectura es importante tomar conciencia de hasta qué punto nos rodean y dónde se están utilizando. Algunas propiedades de los plásticos son su acabado, el cual puede ser liso con textura o inodoro. En relación con el sonido, cualquier material plástico o revestido con plástico, no posee un sonido vibrante, sino sordo.

Es importante como arquitectos saber qué tipo de material plástico especificaremos, porque ante los aumentos de temperaturas, las macromoléculas termoplásticas presentan estados de deformación previos a la carbonización, a diferencia de los termoestables, que no presentan deformaciones viscosas previas a la carbonización y, por tanto tienen más dureza superficial y son más estables.

1. Termoplásticos: polímeros sintéticos con moléculas lineales, por unión de monómeros simples en un proceso de polimerización denominado de adicción (véase figura 73).
2. Termoestables: polímeros sintéticos con moléculas espaciales, por unión de monómeros complejos en un proceso de polimerización denominado de condensación (véase figura 74).

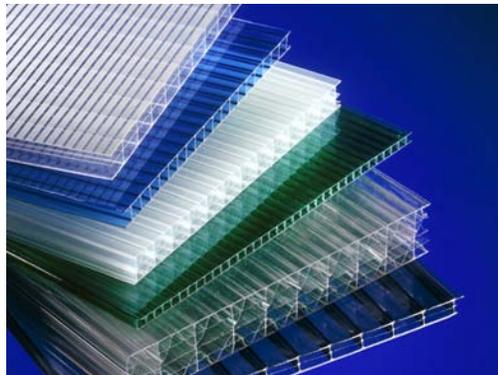


Fig. 73

Tableros termoplásticos

Recuperada de: <http://www.archiproducts.com/es/productos/19504/polimero-termoplastico>

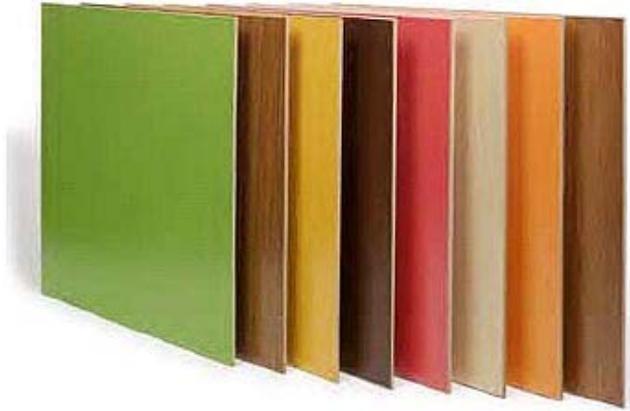


Fig. 74

Tableros termoestables

Recuperada de: <http://www.archiproducts.com/es/productos/19504/polimero-termoplastico>

Existe también un tercer grupo denominado polímeros termoendurecidos, este se encontraría en un estadio intermedio entre los dos antes mencionados (véase figura 75). La constitución del plástico nos podrá servir porque cada vez que se mencione que un polímero tiene un peso molecular elevado, el plástico tendrá mayor resistencia mecánica. Segundo porque si se ofrece un copolímero, poseerá mejores propiedades mecánicas que un homopolímero.

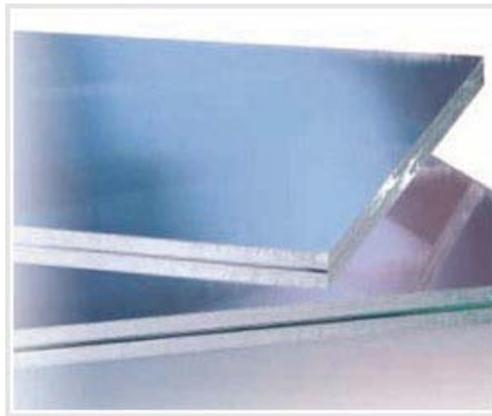


Fig. 75

Tablero termoendurecido.

Recuperada de:

http://www.cristaltermopanel.cl/home/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=84

La configuración nos sirve para saber si existe una adaptación de la estructura interna del plástico y el tipo de forma del producto. De todas las posibilidades de estructuración, la que influye de una manera más notable es la diferencia entre homopolímero y copolímero, porque interviene en las características mecánicas del plástico de un modo más directo.

7.5.2. Principales variedades de polímeros y plásticos.

Con el fin de poder elegir correctamente el tipo de plástico que se debe colocar en la unidad constructiva correspondiente, se describen a continuación cada uno de los tipos plásticos existentes más usados en la arquitectura (véase tabla 5).

1. Polímeros termoplásticos:

- a. Celulósicos.
- b. Vinílicos.
- c. Etilénicos.
- d. Estirénicos.
- e. Acetales.
- f. Acrílicos.
- g. Carbonatos.
- h. Fluorados.

2. Polímeros termoestables:

- a. Fenoplastos.
- b. Aminoplastos.
- c. Resinas sintéticas.
- d. Epóxidos.

| Tabla 5 | |
|---|--|
| Aplicación de plásticos en la envolvente | |
| Celulósicos (termoplástico) | |
| Tipos | Aplicaciones |
| Acetato de celulosa. Nitrato de celulosa. Acetato butirato de celulosa. Etilcelulosa. Acetato propionato de celulosa. Carboximetilcelulosa. Propionato de celulosa. | Rejillas de ventilación. Burletes en ventanas. |
| Vinílicos (termoplástico) | |
| Policloruro de vinilo. Acetato de polivinilo. Polivinil butiral. Policloruro acetato de vinilo. Polialcohol vinílico. | Perfiles para ventanas. Persianas. Revestimientos laminados de paredes, puertas y pisos. Juntas de dilatación. Láminas impermeabilizantes y lámina de barrera de vapor. Aislante acústico. Tragaluces. |
| Etilénicos (termoplástico) | |
| Polietileno. Polipropileno. | Impermeabilizante como barrera contra el vapor. |
| Acetales (termoplástico) | |
| Poliacetal. | Prácticamente no tiene aplicaciones en construcción. |
| Estirénicos (termoplástico) | |
| Poliestireno. Copolímeros. Acrilonitrilo-estireno. Poliestireno-butadieno. Acrilonitrilo-butadieno-estireno. | Espuma aislante. Revestimientos exteriores. Mamparas, celosías y antepechos. Rejillas de ventilación. |
| Acrílicos (termoplástico) | |
| Polimetacrilato de metilo. Ácido poliacrílico. Poliacrilo-nitrilo. Polibutadieno acrilonitrilo. Policloro acrilato de metilo. | Acristalamientos de ventanas. Tragaluces. |

| | |
|---|---|
| Carbonatos (termoplástico) | |
| Policarbonato. | Acristalamientos de ventanas. Tragaluces. |
| Fluorados (termoplástico) | |
| Polifluoruro de vinilo. Politetrafluoretileno. Polimonocloro-trifluoretileno. Etileno-tetrafluoretileno. | Revestimientos de superficies. |
| Fenoplastos (termoestable) | |
| Fenol-formaldehído. | Espuma aislante. |
| Aminoplastos (termoestable) | |
| Urea-formaldehído. Melamina-formaldehído. | Prácticamente no tiene aplicaciones en construcción. |
| Resinas sintéticas (termoestable) | |
| Poliamida. Poliéterterftalato. Poliuretano. Espumas de poliuretano. Poliéster con fibra vidrio. Pavimentos de resinas. | Espuma aislante. Selladores de juntas de dilatación. |
| Epóxidos (termoestable) | |
| Epoxi-araldita. | Uniones. Barnices. Revestimientos. Juntas elásticas. |

Fuente Tectónica No. 19

7.5.3. Vidrio.

Sustancia dura, frágil, por lo general transparente, insoluble a casi todos los cuerpos conocidos, y que se funde a altas temperaturas en hornos o crisoles. El vidrio se obtiene por fusión a unos 1.500 °C de arena de sílice (SiO₂), carbonato de sodio (Na₂CO₃) y caliza (CaCO₃). El sustantivo "cristal" es utilizado muy frecuentemente como sinónimo de vidrio, aunque es incorrecto debido a que el vidrio es un sólido amorfo y no un cristal propiamente dicho. Es un material inorgánico y tiene varios tipos de vidrio..²⁰

7.5.3.1. Tipos de vidrios.

Los principales procesos de transformación del vidrio actualmente disponibles en el mercado son: corte, pulido, manufacturas, serigrafiado, templado, curvado, deposición metálica, laminado y doble acristalamiento. A continuación se describen someramente las distintas tipologías de vidrios existentes en el mercado:

1. Vidrio templado: El templado térmico es el tratamiento más convencional y consiste en calentar el vidrio hasta una temperatura próxima a la de su reblandecimiento para, a continuación, enfriarlo bruscamente, haciendo incidir sobre su superficie aire más frío y a una presión controlada. De este modo la superficie del vidrio se contrae rápidamente y queda sometida permanentemente a tensiones de compresión, mientras que el interior del vidrio queda sometido permanentemente a tensiones de tracción. Los vidrios templados presentan un notable aumento de la resistencia mecánica, una mayor resistencia al choque térmico y, por tanto, en general una mayor seguridad al uso. Se pueden realizar posteriormente manipulaciones de manufactura y serigrafiado (véase figura 76).

²⁰ Camacho Cardona, Mario, *Diccionario de arquitectura y urbanismo*, Trillas, México, 2007

2. Vidrio termoendurecido: Los vidrios termoendurecidos consiguen un incremento, evidente, de la resistencia mecánica, pero no se consideran un producto de seguridad ya que en caso de rotura, los trozos resultantes son de una dimensión apreciable y pueden ocasionar daños a las personas próximas. En el proceso de su transformación el enfriamiento es mucho más lento, por lo que las tensiones superficiales inducidas son inferiores y, por tanto, tienen una resistencia mecánica más baja que los templados.
3. Vidrio laminado: Se obtiene al unir varias hojas simples mediante láminas interpuestas de butiral de polivinilo (PVB), que es un material plástico con muy buenas cualidades de adherencia, elasticidad, transparencia y resistencia. La característica más sobresaliente del vidrio laminado es la resistencia a la penetración, por lo que resulta especialmente indicado para usos con especiales exigencias de seguridad y protección de personas y bienes. Ofrece también buenas cualidades ópticas, mejora la atenuación acústica y protege contra la radiación ultravioleta (véase figura 77).
4. Vidrio entintado (o *coloreado en masa*): Es un vidrio al cual, durante el proceso de fabricación, se le han añadido óxidos metálicos que le dan un color característico más oscuro con el consiguiente aumento de su capacidad de absorción de la energía lumínica incidente. El vidrio coloreado se utiliza fundamentalmente como hoja de protección solar. Debido a su gran absorción de energía solar es necesario su templado para evitar la rotura por choque térmico (véase figura 78).
5. Vidrio templado-laminado: Otra posibilidad es primero templar el vidrio para poder proceder a su manufacturación y luego laminarlo. Lo que se pretende conseguir con esta combinación es reunir todas las cualidades que aportan ambos sistemas de tratamiento (mejor resistencia mecánica, mayor seguridad, realización de manufacturas). Este tipo de tratamiento combinado ofrece más resistencia mecánica y, por lo tanto, resulta más seguro.
6. Vidrio recubierto con capas metálicas: El recubrimiento se obtiene depositando, sobre una de las superficies del vidrio, una o varias capas metálicas mediante bombardeo iónico en alto vacío. Este tratamiento se realiza a baja temperatura, por lo que no afecta a la planimetría inicial del vidrio (véase figura 79). Estos tipos de vidrios brindan la posibilidad de tener un gran control sobre la transmisión de luz y de energía, y al mismo tiempo conseguir nuevos aspectos estéticos. Una clase especial de vidrios con capa la constituyen los vidrios de baja emisividad en los que la capa metálica es prácticamente transparente a la radiación solar visible, reflejando en cambio la radiación del espectro infrarrojo. Esta característica permite una reducción importante de la ganancia energética solar, a la vez que mantiene un alto coeficiente de transmisión luminosa.
7. Vidrio serigrafiado: Se depositan, en una de sus caras, esmaltes vitrificables por el sistema de impresión serigráfica. Posteriormente, las hojas serigrafiadas se someten al proceso de templado. En dicha operación el esmalte queda vitificado formando masa con el vidrio y adquiriendo las mismas propiedades que el vidrio templado normal, excepto su resistencia al choque mecánico, el cual queda

- condicionado por la cantidad de superficie esmaltada, el espesor de los esmaltes, las dilataciones futuras, por mencionar algunos (véase figura 80).
8. Vidrio con cámara: Conjunto formado por dos o más hojas, separadas entre sí por una cámara de aire o algún otro gas deshidratado. La separación entre las hojas la proporciona un perfil de aluminio hueco en cuyo interior se introduce el producto deshidratante. El conjunto permanece totalmente estanco gracias a un sellado que actúa de barrera contra la humedad. El segundo sellante asegura la adherencia entre las dos hojas y la integridad del conjunto. El conjunto presenta un bajo coeficiente de transmisión, lo cual disminuye mucho las pérdidas de calor con respecto los vidrios monolíticos. Por otra parte, la superficie interior del acristalamiento doble permanece siempre a una temperatura próxima a la de la habitación, aumentando así la sensación de confort para las personas que permanezcan junto a la ventana y disminuyendo también el riesgo de condensaciones superficiales en régimen de invierno (véase figura 81).
 9. Vidrio con doble acristalamiento TPS: Es un doble acristalamiento de nueva tecnología que mejora las prestaciones del doble acristalamiento convencional, reemplazando el perfil de aluminio separador por un perfil de material termoplástico (TPS), el único que permite actualmente realizar el relleno de la cámara deshidratada con gases de alto peso molecular en combinación con sellados mediante silicona estructural. *La formulación del TPS está basada en la combinación de poliisobutileno, desecantes e inhibidores de ultravioleta. Como gran ventaja añadida se puede destacar que elimina el puente térmico al sustituir el separador metálico. El plástico TPS permite una mayor retención de los gases pesados y el sistema se caracteriza por una distribución más uniforme de la temperatura en toda la superficie de la ventana. Asimismo, mejora el aislamiento acústico y el material es completamente reciclable.*²¹

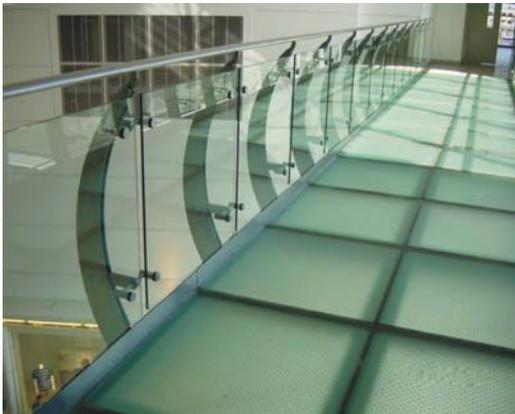


Fig. 76
Vidrio templado
Recuperadas de: <http://tecnoglassgruponochebn.blogspot.mx/>

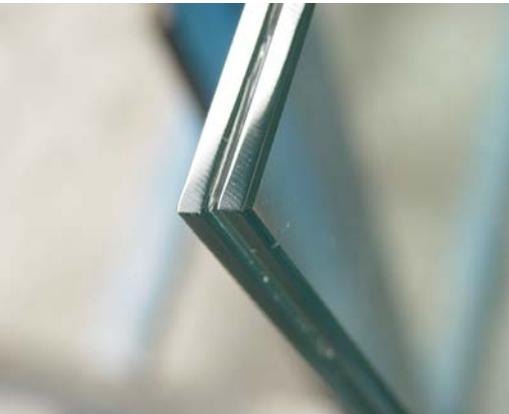


Fig. 77
Vidrio laminado.

²¹ <http://www.vitromart.com/folletos.html>, Abril, 2012



Fig. 78
Vidrio entintado

Recuperadas de: <http://domokyo.com/vidrios-con-doble-cristal-una-solucion-eficiente/>

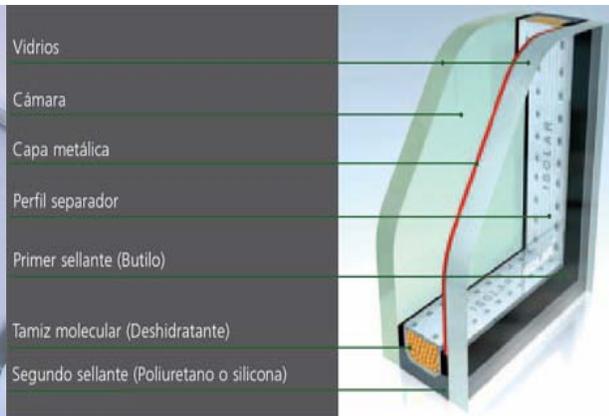


Fig.79
Vidrio con capa metálica.



Fig. 80
Vidrio serigrafiado

Recuperada de: <http://tecnoglassgruponochebn.blogspot.mx/>



Fig. 81
Vidrio con cámara de aire.

7.6. Materiales Superconductores.

Un material se considera superconductor si no presenta resistencia eléctrica al paso de la corriente y además presenta el efecto Meissner, es decir expulsa el campo magnético en el interior del mismo.

Existen tres parámetros por los cuales un material actúa como superconductor o como un conductor normal. Estos parámetros son la temperatura crítica o de transición (t_c), la corriente crítica o densidad de la corriente (J_c) y el campo magnético crítico (H_c).

Los materiales superconductores se dividen en dos formas, los de Tipo I y los de Tipo II. Los de Tipo I no ofrecen resistencia al paso de la corriente hasta el valor crítico, comportándose como un conductor común a partir del mismo, los de Tipo II tienen una zona mixta donde presentan zonas de superconducción y zonas de conducción.

7.6.1. Superconductores comerciales.

Las propiedades que se requieren en superconductores comerciales son:

1. *La mayor temperatura crítica posible. Esto se debe a que, cuanto mayor sea, más elevada podrá ser la temperatura de operación del dispositivo fabricado, reduciéndose de esta manera los costos por refrigeración requeridos para alcanzar el estado superconductor en operación.*
2. *El mayor campo magnético crítico posible. Como se pretende utilizar el superconductor para generar campos magnéticos intensos, mientras mayor sea el campo magnético que se quiere generar, mayor tendría que ser el campo crítico del material superconductor.*
3. *La mayor densidad de corriente crítica posible. A mayor densidad de corriente crítica que la muestra pueda soportar antes de pasar al estado normal, más pequeño podrá hacerse el dispositivo, reduciéndose, de esta manera, la cantidad requerida de material superconductor y también la cantidad de material que debe refrigerarse.*
4. *La mayor estabilidad posible. Es muy común que los superconductores sean inestables bajo cambios repentinos de corriente, de campos magnéticos, o de temperatura, o bien ante choques mecánicos e incluso por degradación del material al transcurrir el tiempo (como ocurre en muchos de los nuevos materiales superconductores cerámicos). Así que, si ocurre algún cambio súbito cuando el superconductor está en operación, éste podría perder su estado superconductor. Por eso es conveniente disponer de la mayor estabilidad posible.*
5. *Facilidad de fabricación. Un material superconductor será completamente inútil para aplicaciones en gran escala si no puede fabricarse fácilmente en grandes cantidades.*
6. *Costo mínimo. Como siempre, el costo es el factor más importante para considerar cualquier material utilizado en ingeniería y deberá mantenerse tan bajo como sea posible.²²*

Actualmente el descubrimiento de las cerámicas superconductoras de alta temperatura, capaces de transmitir la energía eléctrica sin resistencia, ha producido ya los primeros sensores superconductores, aunque todavía se encuentran en una fase de desarrollo muy básica.

7.7. Materiales nanoestructurados.

Los materiales nanoestructurados se diferencian de los materiales comunes en que su estructura molecular tiene granos más pequeños, entre cien y mil veces menores que los de dichos materiales.

Además de esto, dentro de un mismo volumen, poseen una cantidad de átomos inferior, equivalente al 0,001%. Por consiguiente, se produce un ahorro considerable de materia en los materiales nanoestructurados y como resultado el peso es mucho menor.

²² <http://www.monografias.com/trabajos82/materiales-superconductores/materiales-superconductores3.shtml#supercondb>

Estas cualidades permiten dotar a los materiales de nuevas e insospechadas características. El proceso que permite la obtención de los materiales nanoestructurados es la síntesis física de vapor, un proceso que expone al material común a temperaturas superiores a su punto de fundición, lo que ocasiona una evaporación superficial de átomos que son capturados como cristales por un colector enfriado a bajas temperaturas, esto ocurre en una atmósfera constituida por un gas especial. Los cristales restantes se retiran del colector y se prensan para moldear objetos.

Al controlar el ritmo de evaporación, elegir el tipo correcto de gas y controlar su presión atmosférica, se logra cambiar la resistencia a la fractura, la plasticidad, la elasticidad, el color, la transparencia, la resistencia a la corrosión, las reacciones químicas, el comportamiento eléctrico y magnético, la resistencia acústica y térmica de estos materiales.

Todo tipo de material sólido puede ser nanoestructurado (metales, cerámicos, semiconductores y polímeros). Estos son los materiales que emplea la arquitectura actual, por lo que se abren grandes posibilidades (véase fig. 82).

*La empresa Nanophase Technologies Corporation fabrica y comercializa una línea de producción que abarca actualmente materiales abrasivos, catalizadores, cosméticos, magnéticos, pigmentos y recubrimientos, componentes electrónicos y cerámicas estructurales.*²³

Este último conjunto de productos permite la fabricación de partes estructurales mediante el proceso de moldeo en malla que, en un futuro inmediato, será utilizado principalmente por la industria automotriz y aeroespacial en la construcción de estructuras, motores y laminados.

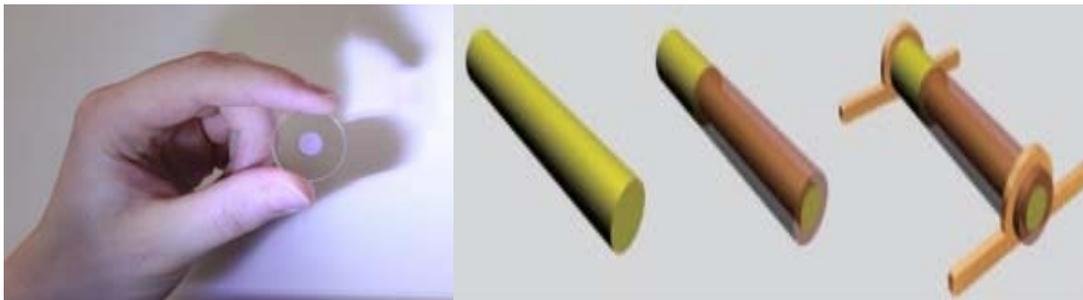


Fig. 82

Vidrio nanoestructurado y nanocables de alta calidad.

Recuperada de: <http://www.nanotecnologica.com/una-nueva-forma-de-construir-nanoestructuras/>

Entre los resultados obtenidos se encuentran: metales cinco veces más resistentes que los naturales; cerámicas que nunca se fracturan, apenas se deforman; materiales que cambian de color de acuerdo a la luz que se les aplique y pueden volverse totalmente transparentes; semiconductores trescientas veces más eficaces; cerámicas que resisten altas temperaturas y atmósferas corrosivas.

²³ <http://www.nanophase.com/markets/details.aspx?MarketId=14>, Junio 2012

Estos nuevos materiales permitirían realizar edificios con estructuras más esbeltas que soportaran cargas cinco veces y una altura cinco veces superior. Podríamos imaginar edificios con paredes y pisos que cambiaran de color de acuerdo a la luz solar, esto nos permitiría tener muros divisorios transparentes durante el día y opacos por la noche.

8. Costo y función de la envolvente.

La envolvente representa un sistema crítico en el desarrollo total de la edificación, enfatizándolo en sistemas de protección térmica, iluminación y características acústicas. Estas son determinantes primordiales en la calidad estética del exterior de la edificación. Claramente, el balance entre costo de la envolvente y niveles de funcionamiento serán de gran importancia para alcanzar el mejor costo beneficio de la edificación.

8.1. Costo.

La envolvente representa un porcentaje importante en el costo de la edificación. Para las constructoras, el costo de la envolvente puede exceder un 20% del total de la construcción.

En México existen varias empresas dedicadas al estudio de costos de construcción, conjuntando estos porcentajes en los casos estudiados se manifiesta de la siguiente manera (véase tabla 6 y 7):

| Tabla 6 | | | |
|--|-------|-------------|----------------|
| Costos e índices de construcción por m2. | | | |
| Tipo de Edificación | | | 20% aproximado |
| Vivienda Unifamiliar | Baja | \$5,872.00 | \$1,174.40 |
| | Media | \$7534.00 | \$1,506.80 |
| | Alta | \$8,980.00 | \$1,796.00 |
| Vivienda Multifamiliar | Baja | \$4,954.00 | \$990.80 |
| | Media | \$7,249.00 | \$1,449.80 |
| | Alta | \$11,048.00 | \$2,209.60 |
| Oficinas | Baja | \$6,192.00 | \$1,238.40 |
| | Media | \$7,890.00 | \$1,578.00 |
| | Alta | \$9,345.00 | \$1,869.00 |
| Hotel | Baja | \$6,639.00 | \$1,327.80 |
| | Media | \$9,668.00 | \$1,933.60 |
| | Alta | \$15,970.00 | \$3,194.00 |
| Escuela | Baja | \$3,885.00 | \$777.00 |
| | Media | \$6,064.00 | \$1,212.80 |
| | Alta | \$9,655.00 | \$1,931.00 |
| Nave Industrial | Baja | \$3,589.00 | \$717.80 |
| | Media | \$5,123.00 | \$1,024.60 |
| | Alta | \$10,133.00 | \$2,026.60 |

(Fuente: Activecost, Costos de construcción. Edificación, Mayo de 2014 y Varela Ingeniería de Costos)

| Tabla 7 | | | | |
|--|------|------------------|----------|-------|
| Costos de envolvente representado en porcentajes del total de la edificación | | | | |
| Tipo de edificación | Losa | Muros exteriores | Cubierta | Total |
| Vivienda Unifamiliar | 1.4% | 13.2% | 1.9% | 16.5% |
| Hospital 4 a 8 niveles | 0.6% | 9.5% | 0.6% | 10.7% |
| Industria 1 nivel | 6.4% | 9.5% | 6.7% | 21.6% |
| Oficinas 12 a 20 niveles | 0.3% | 19.9% | 0.4% | 20.6% |
| Escuelas nivel básico 2 a 3 niveles | 2.3% | 14.5% | 2.5% | 19.3% |

(Fuente: *Jeans Square Foot Costs*)

8.2. Función, desempeño, proyecto e integración de la envolvente con la construcción.

Los sistemas y elementos que alberga la envolvente son ensamblados con discreción, en algunas instancias, y diseñados por especialistas e instalados por subcontratistas especializados. Algunos ensambles tienen una gran variedad de métodos de diseño y ejecución. Cada sistema, deberá ser funcional, de alto desempeño, diseño y deberán integrarse constructivamente con los demás componentes.

El desempeño funcional para el aislamiento térmico, acústico, de humedad, y durabilidad son compartidos por cuatro subsistemas:

- Muros.
- Ventanas.
- Cubierta.
- Cimentación.

Así deben ser proyectados para contribuir a un apropiado funcionamiento global en beneficio para los requerimientos de funcionamiento de la edificación. El desempeño acústico es responsabilidad de las propiedades del muro y en menor medida de las ventanas, mientras la transmisión y control de luz incumbe a las ventanas y cubierta, una parte del consumo energético será por el aire acondicionado.

Si el diseño de aire acondicionado emplea perímetros de calefacción y enfriamiento este deberá ser integrado en los requerimientos de funcionamiento de la envolvente. La calidad del aire depende de los equipos de aire acondicionado principalmente y en el suministro y filtración del aire.

El muro exterior tiene algunos requerimientos de funcionamiento en lo que compete a materiales y permeabilidad (véase tabla 8 y 9).

| Tabla 8 | | | | | | |
|--|------------------------------------|-------|-----------|----------|-------------|--|
| Relación de función y desempeño: requerimientos básicos de desempeño | | | | | | |
| | Sistemas | Muros | Cristales | Cubierta | Cimentación | Comentarios |
| Requerimiento básicos de funcionamiento | Térmico | x | x | x | | Asoleamiento en muros y cristales determinaran el desempeño térmico en medias y altas edificaciones, la cubierta tendrá más influencia en edificaciones bajas. |
| | Protección a la intemperie | x | x | x | x | Todos los sistemas son importantes, particularmente la interfase entre cristales y muros, la cubierta tendrá esta relación con domos. |
| | Acústico | x | (x) | | | Proteger en contra del los ruidos exteriores, los muros tendrán mayor influencia que los cristales. |
| | Transmisión de luz | | | x | (x) | Será determinado por la ubicación y cantidad de cristales los domos serán importantes si son considerados. |
| | Integración del aire acondicionado | x | x | | (x) | La insolación en muros y ventanas determinarán las cargas de aire acondicionado |
| | Ventilación natural | | | x | | Ventanas abatibles es la manera tradicional de proveer ventilación natural, pero en conjunto con los sistemas de aire acondicionado serán esenciales para el desempeño eficiente de energía. |
| | Durabilidad | x | x | x | x | Todos los sistemas contribuyen a la durabilidad total de la edificación. |
| | Sustentabilidad | x | x | x | | (x) |

(Fuente: *Jeans Square Foot Costs*)

X Determinante mayor
(X) Determinante menor

| Tabla 9 | | | | | | |
|---|--------------------------|-------|-----------|----------|-------------|---|
| Relación de función y desempeño: Seguridad, estética, práctica e innovación | | | | | | |
| | Sistemas | Muros | Cristales | Cubierta | Cimentación | Comentarios |
| Requerimientos de seguridad | Sistemas contra incendio | X | X | X | | Muro, cristal y los materiales de cubierta están regulados por códigos. El aire acondicionado y sistemas contra incendio son sistemas claves para la eliminación de fuego y reducción de humo. |
| | Inundaciones | X | (X) | | X | Niveles inferiores y la construcción de muros del primer piso son importantes, en la localización del la edificación. |
| | Huracanes | X | X | X | | La envolvente es particularmente vulnerable a vientos veloces porque son golpeadas las superficies del exterior de la edificación. |
| | Sismos | X | X | (X) | X | La estructura es la principal defensa contra temblores. Estructuras pesadas, prefabricados y cristales necesitan componentes diseñados especialmente para sujetarse a la estructura y soportar deformaciones en zonas sísmicas. |
| | Ataques | X | X | X | X | La estructura es la principal defensa contra ataques: muros y cristales necesitaran cumplir códigos de seguridad, la cubierta puede ser un punto débil debido a la succión que se ejerce. |

| | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|---|---|---|---|--|
| Estética | Estética | | | | | Problemas estéticos relacionados con la construcción exterior (fachada) e interior. |
| | Color | X | X | X | | Relación de materiales: naturales, metálicos y disponibilidad de tener una gama diversa de opciones. |
| | Textura | X | X | X | | Lisos, rugoso y texturas creadas con la cimbra para el concreto. |
| | Módulo | X | X | X | | Relacionado con los traslapes, tamaños y forma de los paneles. |
| Consideraciones en la práctica | Costo | | | | | Absorbe la opción de todos los materiales y sistemas |
| | Materiales | X | X | X | X | Costo y disponibilidad de los materiales. |
| | Instalación | X | X | X | X | Costo y tiempo de la instalación. |
| | Ciclo de vida | X | X | X | X | Evaluación de costo y desempeño relacionado a las necesidades y recursos del propietario. |
| | Códigos y estándares | X | X | X | X | Absorbe el uso de casi todos los materiales y sistemas. |
| Innovación | Innovación | | | | | Incluir las necesidades para innovar y las tendencias de innovación, por medio de la investigación y las demandas del mercado. |
| | Funcionamiento | X | X | X | X | Realce del desempeño es una meta constante relacionada a menudo con la comercialización. |
| | Costo | X | X | X | X | Derivado fuertemente por la competencia inducida por el proceso de la demanda. |

| | | | | | | |
|--|----------|---|---|---|--|---|
| | Estética | X | X | X | | El resultado de la selección de los materiales tanto en muros como cubiertas será el factor más importante. |
|--|----------|---|---|---|--|---|

(Fuente: *Jeans Square Foot Costs*)

X Determinante mayor

(X) Determinante menor

La relación entre función y desempeño demostrado es también acompañada por una conectividad física. Algunos componentes de la envolvente son conectados o apoyados en la estructura. Desde que la envolvente recibe algunas cargas, como es viento o sísmicas, sus partes deben ser capaces de distribuir cargas a la estructura y además resistirlas en sus propios subsistemas estructurales.

Estas relaciones significan que la envolvente no puede ser proyectada aisladamente. Es función del proyectista asegurarse de que la calidad de funcionamiento y desempeño entre envolvente y el resto de la edificación está integrada en concepto y ejecución desde el comienzo del proceso del proyecto.

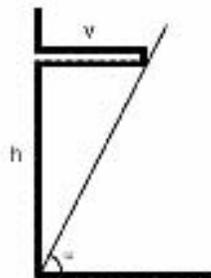
9. Orientación y envolvente.

Uno de los aspectos más importantes a la hora de diseñar un edificio es la orientación de éste a fin de conseguir unos mínimos costes energéticos y una gran estética.

La orientación de un edificio determina su exposición al sol, tanto en la cantidad de calor como en la cantidad y calidad de luz que recibe. En muchos casos se considera orientar hacia el norte magnético y se olvida el norte solar. *Aparentemente el norte magnético puede ser diferente que el solar (hasta 20 grados) esto podrá ser la diferencia entre un buen diseño pasivo o no.*²⁴

Por este motivo se citan a continuación las cuatro orientaciones posibles para México con sus principales características:

1. Orientación Norte: Ésta es la orientación en la cual el edificio no recibe luz directa del sol. En cambio, la calidad de la luz que recibe es muy constante. Esta orientación es recomendable para edificios en los cuales la actividad principal requiera un gran uso de la vista, como por ejemplo bibliotecas, ya que se obtiene un gran confort debido a que se evita el deslumbramiento que puede causar la luz solar directa. El hecho que una fachada orientada a norte reciba muy poca radiación solar, obliga a que sus vidrios tengan que disponer de un buen aislamiento térmico (bajo coeficiente UHV) para mitigar las pérdidas térmicas en invierno.
2. Orientación Sur: Ésta es la orientación en la cual el edificio aprovecha mejor las ganancias térmicas del sol de invierno, época en que la altura del sol es más baja. Contrariamente, desde el punto de vista óptico, un sol bajo puede provocar deslumbramientos por incidencia directa de los rayos del sol. Por tanto, será necesario disponer en esta orientación de elementos de protección solar que permitan regular la incidencia directa de la luz sobre la fachada en el caso de tener vanos. En cambio, durante los meses de verano, cuando el sol está alto, es fácil proteger las aberturas con un voladizo. Según esta figura, se evitará la acción directa del sol en un momento determinado cuando la relación entre la protección solar y la fachada ligera sea la siguiente:



²⁴ Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía, *Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios*, Comité Español de Iluminación, Madrid 2005

$$v/h \geq \cot g(\alpha)$$

Donde:

h: es la altura entre el suelo y el voladizo [m]

v: es la longitud del voladizo [m]

α : es el ángulo de altura del sol respecto la horizontal en nuestra latitud.

3. Orientación Este y Oeste: La envolvente que tiene fachadas acristaladas orientadas al este y al oeste recibe radiación solar directa, por la mañana en el caso del este, y por la tarde en el caso del oeste, ambos casos con una altura del sol baja. Por tanto, conviene que las fachadas dispongan para ambas orientaciones elementos de protección solar apropiados, con el fin de proteger a los usuarios de los efectos del deslumbramiento, y al edificio de un sobrecalentamiento en verano.

Este hecho se acentúa más en la orientación oeste, ya que cuando estas fachadas acristaladas reciben la luz solar por la tarde, la temperatura exterior alcanza valores más altos que por la mañana (como sería el caso de la orientación este). Por tanto, es importante utilizar estos elementos de protección solar durante las horas de tarde donde se recibe la máxima radiación solar para esta orientación.

Será conveniente evitar ubicar el edificio hacia orientaciones en las cuales se hace difícil controlar de la radiación solar directa, como son la este y oeste, y la sur en invierno. En tal caso, se tienen que equipar las fachadas (excepto las orientadas a norte que no reciben radiación solar directa) con un sistema de protección solar (véase fig. 83).

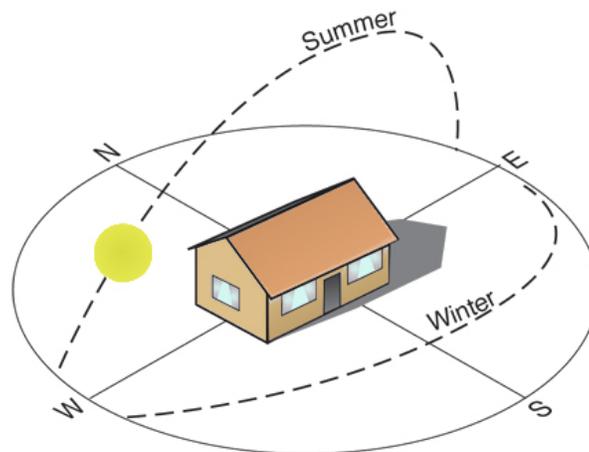


Fig. 83

Orientación y asoleamiento como parte de la propuesta del desarrollo de la envolvente.

Recuperada de: <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.mx>

Algunas de las estrategias de conservación de energía en relación con la orientación de la edificación son:

1. Maximizar la exposición de las fachadas norte y sur para la captura de luz solar y reducir el consumo de energía eléctrica.

2. Aprovechar la exposición de radiación solar de la fachada sur para reducir el uso de calefacción.
3. Proponer sistemas de sombreado para reducir el uso de aire acondicionado causadas por la radiación solar en las fachadas con orientación sur.
4. Orientar fachadas hacia los vientos dominantes para mejorar el enfriamiento por ventilación natural.
5. Orientar fachadas en dirección paralela de las pendientes de las losas en caso de contar con ellas, para tener ventajas de corrientes de aire y mejorar la ventilación natural.
6. Orientar los espacios más poblados hacia el norte y sur para maximizar los beneficios de la luz de día y la ventilación natural.
7. Determinar la ocupación, uso de la edificación y cuantos usuarios serán afectados por la orientación del edificio, por día y en las diferentes estaciones del año.

La orientación de la envolvente está influida por factores ambientales y constructivos, entre ellos podemos mencionar:

Sensorial:

- a. Térmico: exposición solar, dirección del viento, temperatura.
- b. Visual: calidad de iluminación solar en los diferentes espacios y a diferentes horas del día.
- c. Acústico: reducción de ruidos desagradables.
- d. Ambiental: disminución de polvo, humo y olores.

Psicológico:

- a. Vistas.
- b. Privacidad.
- c. Movilidad en las calles.

Patrones de desarrollo local:

- a. Vialidades.
- b. Organización espacial, uso de suelo, diseño urbano.
- c. Zonificación.
- d. Accesibilidad.

Otras considerables:

- a. Estética.
- b. Cualidades del sitio.
- c. Vegetación en el sitio.

El proyectista deberá considerar y priorizar todos los factores y condiciones del sitio que afectarán a la edificación. Por ejemplo, la edificación deberá protegerse cuando tenga múltiples orientaciones. Para optimizar de la luz solar del norte-sur, la edificación puede ser orientada a través de eje este-oeste. Pero se deberá considerar las condiciones del terreno donde se plantea construir ya que posiblemente no sea posible implementar esta propuesta.

Algunas técnicas para considerar que sucede en la envolvente y la orientación, es la superposición de diagramas para investigar factores ambientales múltiples y constructivos que afectarán en la orientación del proyecto. Otro caso es usar programas específicos para la obtención de datos relacionados con ganancia térmica y resistencia ante los vientos.

Otras opciones actuales son:

1. La habilidad de investigar estrategias alternas a los diseños usando técnicas de modelado.
2. Uso de documentación electrónica tridimensional.
3. Uso de programas con la capacidad de investigar impactos visuales y espaciales tridimensionales de las propuestas de gran escala urbana.

II. Conclusiones.

Actualmente la envolvente, y por tanto los materiales propuestos en ella, son el centro de atención en los talleres de arquitectura más importantes a nivel mundial, en sus proyectos desarrollados ya que involucran y adoptan técnicas y tecnología para la obtención de varios beneficios, entre ellos, el bajo consumo de energía obtenida de recursos renovables. Así como una importantísima selección de materiales de construcción que además de dar un valor de belleza, son funcionales para la edificaciónn.

Los beneficios más trascendentales que otorga este análisis para la envolvente son:

1. Menor consumo de energía.
2. Paneles personalizados para cada proyecto.
3. Menor tiempo en la construcción de la envolvente.
4. Combinación de varios sistemas de paneles.
5. Menor costo de mantenimiento.
6. Menor impacto ambiental.
7. Disminución de CO2.
8. Calidad estética, debido a la oferta de materiales.

La industria concentra sus manufacturas en paneles ligeros de la envolvente a la medida. Este planteamiento, realizado en aras de una flexibilidad mayor del producto y, por tanto, de una mejor penetración en el mercado, permite que sea el trasdosado de fachada, por el momento, es el que resuelve el problema de aislamiento, tanto acústico como térmico. Apostando a ir eliminando a los paneles pesados debido a su rigidez y peso.

El análisis y comprensión de los principios de la envolvente por parte del proyectista es el único camino para determinar un sistema de cierre coherente, ligero, especializado, aunando diversos materiales manufacturados y resolviendo la parcialidad de algunos productos de fachadas existentes en el mercado.

La industria avanza hacia envolventes personalizadas, siendo el planteamiento de nuevos paneles la clave del correcto funcionamiento de la envolvente arquitectónica.

La propuesta de la envolvente puede ser muy fácil si se tienen en cuenta solamente aspectos formales o económicos (en términos de puro costo); es más difícil si entran en juego factores como la economía en el ciclo de vida y los aportes al confort térmico y acústico de la construcción.

Resulta evidente que el sistema envolvente presenta la mayor complejidad estructural y funcional que cualquier otro; por esta razón proyectarla implica conocimientos multidisciplinarios y una congruencia que permite sumar las cualidades de sus componentes para dar respuestas satisfactorias a instancias heterogéneas.

Por otro lado, el hombre debe a los materiales su propia existencia, ya que con ellos pudo acondicionar sus necesidades esenciales, y parte de su compartimiento debido a que ha concebido interpretaciones sociales a través de su consumo.

Esta evolución de los materiales también repercutió en el aspecto del inmueble y en la manera de ir conceptualizando su forma (envolvente). Bien sean de plástico, vidrio o madera, transformables o minimalistas, de gran colorido o monocromáticas: las envolventes (fachadas) son actualmente un tema tan fascinante como en pocas ocasiones. Por doquier se aprecia el gusto por la experimentación sondeando límites, poniendo los hábitos visuales en tela de juicio, probando nuevos materiales y conceptos.

Algunos de los factores que han contribuido al auge de la investigación tecnológica de los materiales usados en la envolvente son:

1. La creciente industrialización del sector de la construcción.
2. La creciente exigencia de fiabilidad, planificación y mantenimiento controlado.
3. Paneles de capas esbeltas, que permite reducir también el dimensionado de la estructura resistente del edificio.
4. Aumento de la luminosidad del espacio interior, alcanzando valores del 90%.
5. Evolución favorable de los costes, con un progresivo incremento del valor relativo de la mano de obra frente al valor de los materiales.
6. Calidad en el interior de la nueva delimitación espacial hábitat, que permita la confortabilidad física y psíquica del usuario.
7. Calidad en la nueva configuración del entorno próximo modificado, que facilite una nueva lectura de la arquitectura implantada.
8. Calidad en la definición del nuevo contexto social, aumentado y por consiguiente transformado.
9. Calidad en la minimización del impacto que se efectúa en los ecosistemas naturales alterados.
10. Calidad en el equilibrio entre los sistemas de nueva creación y los existentes.

Con todas estas posibilidades, el tema “envolvente de edificio” es tan interesante debido a las posibilidades geométricas que los nuevos materiales nos ofrecen. Los límites se exploran, las costumbres visuales tradicionales se cuestionan, los materiales y conceptos nuevos se prueban.

La importancia que conlleva la planeación de la envolvente de una edificación y la selección de materiales apropiados, repercute en los siguientes factores:

1. Arquitectónicamente:
 - a. Asoleamiento, iluminación natural, ventilación natural, aislamiento térmico, aislamiento acústico y adaptación al terreno y al contexto.
2. Tecnológicamente:
 - a. Reducción de consumo de energía, tanto para el usuario como en el entorno.
 - b. Uso de materiales que reduzcan la pérdida de calor, ruido.
 - c. Climatizaciónn pasiva.
 - d. Doble pieles en fachadas que funcionan como elemento amortiguador térmico.

- e. Colectores solares.
3. Sustentablemente:
- a. Selección de los materiales más convenientes de acuerdo al uso de la edificación, orientaciones, asoleamientos, contexto urbano, tecnologíaa disponible, mano de obra capacitada e inversión.

La información documentada en México, acerca de la envolvente arquitectónica es nula, por lo cual esta investigación es un aporte de conocimiento actualizado. En México la investigación de temas tecnológicos en el área de la arquitectura aún es básica. En los talleres de diseño mexicano no se tienen áreas de investigación dentro de sus oficinas, por lo que la mayoría sigue construyendo con sistemas constructivos de hace 50 años. Por lo que es importante tener un documento con contenidos vigente de materiales y sistemas de envolventes.

III. REFERENCIAS.

Libros:

ADDINGTON, Michelle. *Smart materials and Technologies. For the architecture and design professions.* Architectural Press, México, 2009.

CURWEEL, Steve. *Hazardous building materials. A guide to the selection of environmental responsible alternatives.* Spon Press, E.U.A., 2010.

CAMACHO Cardona, Mario, *Diccionario de arquitectura y urbanismo.* Trillas, México, 2007.

COWAN, Henry J. / SMITH, Peter R., *Dictionary of architectural and building technology.* Spoon Press, Gran Bretaña, 2009.

DEPLAZES, Andrea. *Constructing Architecture, Materials processes structures. A handbook.* Birkhauser, 2008.

HAUSLADEN, Gerhard / De Saldanha, Michael / LIEDL, Petra, *Climate Skin, Building-skin concepts that can do more with less energy,* Birkhauser, Miunich, 2011.

KALTENBACH, Frank. *Translucent materials: glass, plastic, metals.* Edition Detail, Munich, 2009.

KEUNING, David. *Skins for Buildings, The architect's materials sample book.* Bis Publishers, 2009.

KUNH, Thomas S. *La estructura de las revoluciones científicas.* Fondo de Cultura Económica, México 2010.

OLGAYAY, Victor. *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.* Gustavo Gili, Madrid, 1988.

OLMEDO, Canchola, Horacio. *Propuesta metodológica para el desarrollo de tesis académicas de arquitectura a través de un seminario de titulación.* Universidad Marista, México, 2009.

PORTER, Tom. *Archispeak, An illustrated guide to architectural trends.* Spon Press, Gran Bretaña, 2012.

SAMPIERI, Roberto Hernández. *Metodología de la investigación.* Editorial McGraw Hill, México, 2010.

SANTOS, María Josefa. *Innovación tecnológica y procesos culturales.* Ediciones científicas universitarias, México, 1997.

SCHITTICH, Christian. *Interiores: espacio, luz, material.* Edition Detail, Munich, 2010.

SCHITTICH, Christian. *Pieles nuevas, Conceptos, capas y materiales.* Edition Detail, Munich, 2010.

WESTON, Richard. *Materiales, forma y arquitectura*. Blume, Londres, 2009.

ZIJLSTRA, Els. *Materials skills. Evolution of materials*. Materia, Rotterdam, 2011.

Un vitrubio ecológico, Principios y práctica del proyecto arquitectónico sustentable, Gustavo Gili, Barcelona, 2012.

Publicaciones:

DETAIL. *Buildings with plastics*. Edition Detail, Serie 2002-12.

DETAIL. *Facades*. Edition Detail, Serie 2001-7.

DETAIL. *Facades + Materials*. Edition Detail, Serie 2005-11.

TECTONICA. *Envolvertes I*. ATC Ediciones, No.1, 2006

TECTONICA. *Envolvertes II*. ATC Ediciones, No.2, 2006

Tesis:

CUEVAS Rodríguez, Josefina

Metodología pedagógica interdisciplinaria del diseño arquitectónico en el taller de proyectos. Un modelo de curso para el primer año de licenciatura.

México, 1996

GARCÍA Leyte, Ángela

Tecnología digital en arquitectura, Implementación del cómputo en el eje curricular del Taller de Arquitectura de la UNAM.

México, 2006

TINOCO Molina Juan

Tecnología, la otra cara de la arquitectura. Tallertec, una alternativa didáctica.

México, 1998

Internet:

Arcelor Mittal

<http://www.constructalia.com/espanol>

Agosto 2014

Arquba

Portal de Arquitectura y Construcción.

<http://www.arquba.com>

Noviembre 2014

Alimentador Futuro
<http://futurefeeder.com>
Octubre 2014

Architecture.com
All about architecture run by the RIBA
<http://www.architecture.com>
Junio 2014

Arup
Consulting engineers, designers, planners and Project managers
<http://www.arup.com>
Octubre 2014

ASCE Researc Library
<http://www.ascelibrary.org/>
Diciembre 2014

Buildings.com
For facilities decision-makers
<http://www.buildings.com>
Octubre 2014

Cabot
Creating what matters
<http://w1.cabot-corp.com>
Agosto 2014

Cambridge Journals
<http://journals.cambridge.org>
Octubre 2014

Cemex
<http://www.cemexmexico.com>
Septiembre 2014

Construmática
<http://www.construmatica.com>
Noviembre 2014

Crea
<http://www.creainternational.com/>
Diciembre 2012

Chalmers
<http://www.chalmers.se/en/>
Octubre 2012

Dynamic Architecture
<http://www.dynamicarchitecture.net>
Agosto 2014

Educar

El portal educativo del Estado Argentino.

<http://www.educ.ar>

Septiembre 2012

Elements Labs

<http://www.elementlabs.com/>

Julio 2012

Future Materials

<http://www.materia.nl>

Octubre 2012

Hunter Douglas México

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

Noviembre 2012

Imar S.A.

<http://www.imarsa.com/index.php>

Octubre 2014

Indoor Landscaping gmbh

<http://www.indoorlandscaping.de>

Octubre 2012

Institute of Construction and Architecture - SAS

<http://www.ustarch.sav.sk>

Octubre 2012

Instituto Mexicano del Cemento y Concreto, A.C.

<http://www.imcyc.com>

Noviembre 2012

Journal of Architecture and Planning research

<http://www.lockescience.com/>

Octubre 2014

LitraCon

<http://www.litracon.hu/>

Octubre 2012

Materia

<http://www.materia.nl/>

Octubre 2014

Material Vision

<http://material-vision.messefrankfurt.com>

Octubre 2014

Materials Science
Creating what matters
<http://w1.cabot-corp.com>
Octubre 2012

Materials Science and Nanotechnology
<http://www.nature.com>
Octubre 2012

Monografías.com
<http://www.monografias.com>
Octubre 2012

Musterrkiste
Word based panels
<http://www.musterrkiste.de>
Octubre 2014

Nanophase Technologies
Nanomaterials and nanotechnology leader
<http://www.nanophase.com/>
Octubre 2012

NIMS Materials Database
<http://mits.nims.go.jp>
Noviembre 2012

Nordisk Arkitekturforskning
<http://www.arkitekturforskning.net/engelsk>
Octubre 2014

Okalux
<http://www.okalux.de/en/company.html>
Septiembre 2012

Panelite.
<http://www.e-panelite.com>
Noviembre 2012

Plataforma Arquitectura
<http://www.plataformaarquitectura.cl>
Agosto 2014

Plastics Technology Online
The premier source of technical and business information for plast
<http://www.ptonline.com>
Octubre 2012

SAGE Publications
<http://www.sagepub.com>
Noviembre 2012

Sensitive Space System
<http://www.sensitivespacesystem.com/>
Octubre 2014

Stimulerringsfonds voor Architectuur
<http://www.archfonds.nl/>
Diciembre 2012

The American Institute of Architects
<http://wiki.aia.org>
Septiembre 2014

Trespa
<http://www.trespa.com/mx>
Octubre 2012

IV. Glosario.

A

Absorbedor: componente de un captador solar cuya función es absorber la energía radiante y transferirla en forma de calor a un fluido.

Absortividad (a): propiedad relativa a la radiación y que representa la fracción de radiación incidente sobre una superficie que es absorbida por ésta. Su valor está comprendido entre el rango $0 < a < 1$. Un cuerpo negro absorbe toda la radiación incidente sobre él, es un absorbente perfecto ($a = 1$).

Aislamiento térmico: capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción. Se evalúa por la resistencia térmica que tienen. La medida de la resistencia térmica (o capacidad de aislar térmicamente) se expresa en el Sistema Internacional, en m^2K/W (metro cuadrado x Kelvin por vatio). La magnitud inversa a la resistencia térmica es la conductividad térmica. Todos los materiales oponen resistencia, en mayor o menor medida, al paso del calor a través de ellos. Algunos oponen una resistencia muy baja (por ejemplo, los metales) por lo que se dice que son buenos conductores, mientras que otros ofrecen una alta resistencia (son los llamados aislantes térmicos). Los materiales de construcción (yesos, ladrillos, morteros) presentan una resistencia media.

Arlita: La arlita o ripiolita o arcilla expandida es un árido cerámico de gran ligereza. Se emplea en construcción como relleno para formar pendientes en cubiertas planas, recrecidos para soleras, y como aislante térmico. La arlita también se emplea como filtro en depuración de aguas, y en jardinería.

B

Balloon frame: Se denomina Balloon frame (cuya traducción desde el inglés podría ser almacén de globo) a un tipo de construcción de madera característico de Estados Unidos, consistente en la sustitución de las tradicionales vigas y pilares de madera por una estructura de listones más finos y numerosos, que son más manejables y pueden clavarse entre sí. Esta tipología constructiva produce edificios (normalmente viviendas de una o dos plantas) más ligeros y fáciles de construir.

Bienestar Térmico: condiciones interiores de temperatura, humedad y velocidad del aire establecido reglamentariamente, que se considera que producen una sensación de bienestar adecuada y suficiente a sus ocupantes.

Biomorfo: Término aplicado a formas del arte abstracto derivadas de modelos más orgánicos que geométricos.

Bulón: Tornillo de acero u otro material, de tamaño grande, empleado en estructuras metálicas, obras de maquinaria pesada, obras ferroviarias. El bulón viene acompañado, por lo general, por arandelas de presión y ajuste manipuladas con llaves adecuadas al tamaño.

C

Cerramiento: Aquello que cierra y termina el edificio por la parte superior. El cerramiento es una membrana necesaria para modificar y controlar el clima en las edificaciones. El fin es lograr un ambiente que se adapte a las necesidades del hombre. El cerramiento cumple una función principal en la edificación, posibilita el tener un control de los niveles ambientales acústicos y térmicos.

Compuestos: los materiales compuestos constan de una mezcla de resina termoendurecible como el poliéster o el epoxi y de un refuerzo a base de fibra de vidrio, de fibra de carbono, tela u otras materias. De ahí que tengan características particulares de resistencia mecánica.

Conducción: es la manera de transferir calor desde una masa de temperatura más elevada a otra de temperatura inferior por contacto directo. El coeficiente de conducción de un material mide la capacidad del mismo para conducir el calor a través de la masa del mismo. Los materiales aislantes tienen un coeficiente de conducción pequeño por lo que su capacidad para conducir el calor es reducida, de ahí su utilidad como aislantes.

Confort: El confort (galicismo de confort) es aquello que produce bienestar y comodidades. Cualquier sensación agradable o desagradable que sienta el ser humano le impide concentrarse en lo que tiene que hacer. La mejor sensación global durante la actividad es la de no sentir nada, indiferencia frente al ambiente. Esa situación es el confort. Al fin y al cabo, para realizar una actividad el ser humano debe ignorar el ambiente, debe tener confort.

Confort térmico: es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”.

Contrachapado: Es un tablero que se obtiene encolando chapas de madera de forma que las fibras de las chapas consecutivas forman un ángulo determinado, generalmente recto, con objeto de equilibrar el tablero. A veces en lugar de chapas se utilizan capas de chapas.

El número de chapas o capas suele ser impar con el fin de equilibrar el tablero por la simetría de la sección. El concepto tradicional del tablero contrachapado, de chapas de madera o estándar se ha enriquecido al incorporar en el alma otros materiales. Éstos se diferencian de los paneles sándwich en que las caras son de chapa.

Contracciones higrotérmicas: Son las grietas que afectan sobre todo a elementos de cerramientos de fachada o cubierta, pero que también pueden afectar a las estructuras cuando no se prevén las juntas de dilatación. Las dilataciones y contracciones de origen higrotérmico se deben a los oscilaciones de temperatura y humedad ambiental.

Cubiertas: cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación sea inferior a 60° respecto a la horizontal.

E

Envolvente: se refiere a la “envoltura” que suele contener al volumen del espacio de una edificación. La envolvente de la edificación abarca la membrana del material que existe en la interfase entre interior y exterior para proveer protección de la intemperie. Históricamente, hay dos tipos básicos de envolvente en las edificaciones: aquellas en que la envolvente es retirada dentro de los confines de la estructura, tal como los templos Griegos y en las estructuras *Hightech*, y aquellas en que la envolvente, como piel, es estirada o cubierta alrededor de la estructura, como las catedrales Góticas o el muro cortina.

Envolvente del edificio: Revestimiento, techado, paredes exteriores, vidriados, puertas, ventanas, y otros componentes que envuelven al edificio.

Envolvente térmica: envolvente que se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables de ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y las particiones interiores que separan los recintos habitables, que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

Espacio habitable: espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.

Estanqueidad: Es la posibilidad de crear una superficie por donde no acceda el agua al interior del material en casos de lluvia.

F

Fachada: cerramiento exterior en contacto con el ambiente cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal.

Fachada ligera: Retícula de elementos constructivos verticales y horizontales, conectados conjuntamente, y anclados en la estructura del edificio, lista para ser complementada finalmente con paneles ligeros de cerramiento, hasta formar una superficie continua y ligera que delimita completamente el espacio interior respecto del exterior del edificio.

Fachada Pesada: Son fachadas tradicionales, ya sean de ladrillo, de piedra, de madera u otras, además de las ventiladas y las prefabricadas.

G

GRC: (*Glass Fiber Reinforced Cement*) es el término empleado para designar productos fabricados utilizando mortero y fibra de vidrio álcali-resistente.

H

Heladicidad: En resistencia de materiales la heladicidad de un material poroso se define como la capacidad del mismo para resistir ciclos sucesivos de congelamiento-descongelamiento al estar totalmente impregnado con agua.

Higrotérmico: La ausencia de malestar térmico.

I

Ignífugo: Que protege contra el fuego.

Isoterma: describe el equilibrio de la adsorción de un material en una superficie (de modo más general sobre una superficie límite) a temperatura constante. Representa la cantidad de material unido a la superficie (el sorbato) como una función del material presente en la fase gas o en la disolución. Las isotermas de adsorción se usan con frecuencia como modelos experimentales,¹ que no hacen afirmaciones sobre los mecanismos subyacentes y las variables medidas. Se obtienen a partir de datos de medida por medio de análisis de regresión.

J

Junta: El lugar de encuentro de los distintos componentes constructivos para ser fijados o unidos. En una junta puede producirse más de una unión.

Junta elástica: Junta especial fabricada con materiales elásticos de gran resistencia, que se utiliza en autopistas, túneles, cubiertas, entre otros., para ejercer una unión solidaria entre dos superficies permitiendo movimientos de expansión y contracción.

M

Masa térmica: capacidad de un material para retener calor.

Material: parte de un producto sin considerar su modo de entrega, forma y dimensiones, sin ningún revestimiento o recubrimiento.

Materiales alveolares:

Membrana: Material delgado y de tipo flexible, por lo general solicitado a esfuerzos de tracción, fabricado con materiales bituminosos, pueden llevar una cobertura de láminas de aluminio, pueden ser impermeables y resistentes a la intemperie.

Montaje en seco: Es un conjunto de técnicas constructivas de vanguardia, que permiten ejecutar cualquier tipo de construcción en forma mucho más rápida, económica, segura y confortable, obteniendo calidades y costos finales, comparables a la mejor construcción tradicional.

Muro cortina: Es un sistema de fachada que no carga con ningún peso muerto de la construcción que no sea el propio, y otro que transfiere los pesos horizontales que inciden sobre él. Estos pesos son transferidos a la estructura principal del edificio gracias a conexiones en pisos o columnas del edificio. Un muro cortina está diseñado para resistir la filtraciones de aire y agua, las fuerzas de vientos que actúen sobre el edificio, fuerzas sísmicas (generalmente, solo aquellas impuestas por la inercia del muro cortina), y sus propias fuerzas de peso muerto.

Muro Trombe: Un muro Trombe o muro Trombe-Michel es un muro o pared orientada al sol, preferentemente al norte en el hemisferio sur y al sur en el hemisferio norte, construida con materiales que puedan acumular calor bajo el efecto de masa térmica (tales como piedra, concreto, adobe o agua), combinado con un espacio de aire, una lámina de vidrio y ventilaciones formando un colector solar térmico.

P

Panel autoportante: Panel que es capaz de soportar todo el peso del apilamiento sin sufrir ningún deterioro.

Panel ventilado: es un sistema constructivo de cerramiento exterior constituido por una hoja interior, una capa aislante, y una hoja exterior no estanca. Este tipo de fachada por lo general permite acabados duraderos y de gran calidad, y ofrece buenas prestaciones térmicas, aunque tiene un precio elevado.

PET: el PET (politereftalato de etileno) es un plástico del grupo de los poliésteres. Se le produce a partir de petróleo o de gas natural. El PET es ligero, irrompible y reciclable al 100%.

Piel: como “esqueleto” y “fachada”, el término piel dibuja de un vocabulario arquitectónico la forma análoga del cuerpo humano. Generalmente, piel se refiere a la capa exterior de la envolvente de la edificación que cubre cubiertas, muros y cimentación. Funcionando como una membrana separada, la piel exterior es la interfase entre interior y exterior. Sin embargo, otra membrana es creada adquiriendo una “piel interior”

Escrito en *Companion to Contemporary Architectural Thought* (1993) Michel Wigginton ha comparado insuficiencias en el desarrollo de la envolvente del inmueble con la interfase biológica del cuerpo humano y su ambiente, un ejemplo: el ojo y la epidermis. Comenta el ojo se limpia por si solo, lubricándose y capaz de contraer y dilatar en respuesta a cambios de niveles de luz mientras cubido por un obturador que puede cerrar cuando no esta en uso. Describe la epidermis como regenerativa, aislante y flexible con porosidad que permite enfriar y aislar manteniendo las partes internas en una temperatura constante. Por el contrario, la piel de una edificación moderna es cruda e ineficiente pero, concluye, el comienzo de nuevas tecnologías forja el camino para sistemas inteligentes que permitirán a la piel de la edificación responder a las condiciones externas similar al cuerpo humano.

Más recientemente la piel arquitectónica enseña ciclos alternados de materialización y evanescencia. El más reciente retorno de la expresión de positivismo en la piel reaparece en los revestimientos que cambian de color e imágenes de Herzog & de Meuron, pero solo para ser desmaterializados nuevamente en una fachada de plasma.

Planiedad: Calidad de plano, liso, sin imperfecciones u ondulaciones en su superficie.

Plástico: Plástico: se entiende por un material compuesto que tiene como elemento principal a un polímero sintético, al que se puede añadir todo tipo de modificadores de propiedades y cargas cuyo fin es abaratar el producto.

Policarbonatos: los policarbonatos, creados a mediados de los años cincuenta, se distinguen por una notable dureza superficial así como excelentes propiedades de aislamiento y de resistencia a los agentes atmosféricos. Además, cabe señalar, de modo más especial, su transparencia y sus calidades estéticas.

Poliéster: las resinas de poliéster constituyen una categoría de resinas sintéticas obtenidas a partir de una gran variedad de materias primas. Su robustez, su flexibilidad y su rigidez, que pueden ser modificadas por el añadido de refuerzos (fibras de vidrio o carbono) las convierten en materiales utilizados en particular en la construcción, la navegación (el 90% de cascos de barcos de recreo son construidos con resinas poliéster reforzadas), los transportes.

Poliestireno: fue en los años 1930 que se generalizó esta resina termoplástica. Al estar fabricado a partir del etileno y del benceno, el poliestireno puede ser trabajado por inyección, extrusión y soplado. De ahí su enorme éxito. Se le utiliza principalmente en el sector del embalaje, pero también en la construcción, la industria de los juguetes y electrodomésticos.

Polietileno: el polietileno, desarrollado industrialmente en Inglaterra hace cerca de medio siglo, es una de las materias plásticas más conocidas y más extendidas en el mundo. Varios procedimientos que varían esencialmente en función de la presión aplicada permiten fabricar polietilenos cuyas características son diferentes.

Polímeros: los polímeros son compuestos orgánicos que se derivan de la unión de dos o varias moléculas simples llamadas monómeros, por medio de reacciones de poliadición o de policondensación. Se distinguen los compuestos dímeros, trímeros, tetrámeros, etc., según si estén compuestos por dos, tres, cuatro moléculas o más. Se habla de "altos polímeros" cuando estos compuestos están formados por algunos centenares de unidades monómeras o más.

Polimetilmetacrilato: es el más importante de los polímeros derivados del ácido acrílico. Es durante la Segunda Guerra mundial que este plástico fue producido a escala industrial. Es rígido, transparente, y cuenta con una excepcional capacidad de transmisión de la luz, superior a la de los vidrios inorgánicos. De ahí sus principales aplicaciones que son: construcción, muebles, señalización, automóvil, electrodomésticos, aparatos de laboratorio.

Polipropileno: entre las materias plásticas más utilizadas, el polipropileno es la más reciente. Se parece mucho al polietileno de alta densidad. Sin embargo, si su densidad es menor, su rigidez y su dureza son mayores. Es en efecto el más rígido de los polímeros poliolefínicos, sobre todo que esta característica se observa por encima de los 100° C. Cabe señalar así mismo su resistencia a la abrasión y al calor y sus excelentes características dieléctricas y de aislamiento, al igual que su resistencia muy elevada a los doblados repetidos. Los principales sectores de aplicación son: electrodomésticos, juguetes, artículos sanitarios, elementos para la industria del automóvil, artículos deportivos, embalajes alimentarios.

Puente térmico: El puente térmico es una junta entre materiales de diferentes características que produce una discontinuidad en la capa aislante que puede producir pérdidas de calor.

Pultrusión: es un proceso productivo de conformado de materiales plásticos termorrígidos para obtener perfiles de plástico reforzado, de forma continua, sometiendo las materias primas a un arrastre y parado por operaciones de impregnado, conformado, curado y corte. Este proceso se caracteriza por un buen acabado superficial.

Punzonamiento: El punzonamiento es un esfuerzo producido por tracciones en una pieza debidas a los esfuerzos tangenciales originados por una carga localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de concreto, alrededor de su soporte.

PVC: el policloruro de vinilo o PVC es una de las materias plásticas más generalizadas. Ha dado origen a una verdadera industria unos años antes de estallar la Segunda Guerra mundial. Sus aplicaciones, numerosas, abarcan productos manufacturados rígidos, elásticos y esponjosos.

R

Radiación: Mecanismo de transmisión de calor en el que el intercambio se produce mediante la absorción y emisión de energía por ondas electromagnéticas, por lo que no existe la necesidad de que exista un medio material para el transporte de la energía. El sol aporta energía exclusivamente por radiación.

Radiación solar: energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

Rainscreen: Es la superficie exterior de un muro que se encuentra fuera de la superficie resistente a la humedad, es la primera interrupción entre las condiciones entre el muro exterior y las condiciones del muro interior en una edificación.

Resina fenólica: Resina sintética termoestable, resistente al calor y al agua, formada por condensación del fenol y el formaldehído, de gran resistencia al envejecimiento; empleada en la fabricación de productos moldurados, adhesivos y revestimientos superficiales.

Revestimiento: cuando los captadores constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

S

Sinterización: Sinterización es el tratamiento térmico de un polvo o compactado metálico o cerámico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para incrementar la fuerza y la resistencia de la pieza creando enlaces fuertes entre las partículas.

En la fabricación de cerámicas, este tratamiento térmico transforma de un producto en polvo en otro compacto y coherente. La sinterización se utiliza de modo generalizado para producir formas cerámicas de alúmina, berilio, ferrita y titanatos.

En la sinterización las partículas coalescen por difusión al estado sólido a muy altas temperaturas, pero por debajo del punto de fusión del compuesto que se desea sintetizar. En el proceso, se produce difusión atómica entre las superficies de contacto de las partículas, lo que provoca que resulten químicamente unidas.

T

Termoendurecible: los termoendurecibles son fabricados a partir de productos de base en estado de polimerización parcial. Es en el molde, cuando la materia está ya en forma que termina esta polimerización bajo la acción de catalizadores, de aceleradores y de calor. Es sólo cuando la polimerización está relativamente avanzada que interviene el desmoldeo. La conformación definitiva es irreversible.

Termoplásticos: es a partir de polvos, granulados o productos semiacabados como placas o películas que son fabricados los termoplásticos. Al estar generada por calefacción o fricción, una aportación de calorías conduce la materia a pasar del estado sólido al estado plástico. Gracias a un molde o una boquilla, se puede entonces conformarla y luego fijar el objeto deseado por un sistema de enfriamiento. Al ser el proceso reversible, la forma o el estado de la pieza obtenida pueden ser modificados posteriormente.

Trasdós: El trasdós es un término arquitectónico que designa el plano superior externo convexo de un arco o bóveda. A veces se denomina extradós. También designa el lomo de una dovela, que suele estar oculta por estar dentro de la construcción.

Placas delgadas fijadas a muros rígidos y gruesos para mejorar los atributos (aislamiento térmico y acústico).

La fijación de la placa se puede hacer directamente (con pasta adhesiva), de forma semidirecta (previa colocación de un entramado) o ser autoportantes (entramado de montantes y canales). Estas placas pueden incorporar en la cara oculta un material de aislamiento térmico o acústico o ser suministradas con una placa sándwich.

La cámara de aire delimitada se puede rellenar con un material aislante térmico o acústico o facilitar el paso de alguna instalación.

V

Vidrio de baja emisividad (Low E): es un cristal Float (flotado) revestido cuyo aspecto es prácticamente el mismo que el de un *Float* incoloro. Una de sus caras tiene aplicado un revestimiento de baja emisividad que permite que buena parte de la radiación solar de onda corta atraviese el vidrio y refleje la mayor parte de la radiación de calor onda larga, que producen, entre otras fuentes, los sistemas de calefacción, conservándolo en el interior. El revestimiento de baja emisividad se aplica sobre el *Float* en caliente durante su fabricación. Dado que es obtenido mediante un proceso pirolítico, puede ser templado, endurecido, curvado y laminado.