



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

Las tesinas de Belgrano

Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera de Arquitectura

El aspecto sustentable de la piel en edificios
inteligentes

Nº 59

María Florencia Galvagni

Tutor: Ricardo Kina

Departamento de Investigación
Julio 2002

Agradecimientos

En primer lugar y muy especialmente quiero agradecer al Arq. Ricardo Kina, mi profesor tutor, por toda su dedicación y consejo para conmigo, quien a lo largo de esta investigación a significado mucho más que un consejero académico.

A mi familia papá, mamá, Federico, Nicolás, Tomás, Guadalupe y Jazmín agradecerles es poco. Ellos soportaron mis ausencias, mis demoras y mis desordenes. Les debo todo el amor que me dan, el no haberme dejado bajar los brazos nunca y apoyarme siempre.

A Mariano por ser parte de mi vida, por aconsejarme y estar siempre a mi lado.

A la Sra. Haydee por su dedicación y ayuda que permitieron que esto fuera posible.

Al Dr. Ricardo Vanella, coordinador académico la dependencia en la cual trabajo, la Facultad de Estudios a Distancia y Educación Virtual de la Universidad de Belgrano, a quien agradezco mucho su apoyo y consejos que me hicieron crecer no solo en el aspecto laboral sino también a nivel personal. Al igual que agradezco también a mis compañeros de trabajo por su colaboración.

A las autoridades de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, por su sugerencia, comentarios y colaboración que oportunamente hicieron en pro de mi futuro profesional.

Y a mis amigos, por su amistad, sostén y dedicación, en ayudarme y acompañarme siempre.

Gracias.

Buenos Aires, abril de 2002

Índice

Introducción	7
Capítulo 1: Antecedentes	8
Capítulo 2: Edificios inteligentes	9
2.1 Aspecto funcional	9
2.2 Componentes de un sistema inteligente	12
Capítulo 3: La piel de un edificio inteligente	14
3.1 Curtain wall	14
3.2 Tipos de curtain wall	18
3.3 Tipologías Constructivas	21
3.4 Materiales	21
3.5 Condiciones de diseño que debe cumplir el Curtain Wall	22
3.6 Soluciones especiales	22
3.7 Componentes que hacen a un curtain wall inteligente	23
Capítulo 4: Ejemplos	24
Capítulo 5: Conclusión	36
Bibliografía	39

Introducción

En la actualidad nos encontramos en un mundo globalizado, con concentraciones humanas cada vez mayores, que pareciera ignorar el desgaste y la contaminación de los recursos naturales del planeta.

Algunos de los ámbitos de la realidad en los que se refleja la globalización son el económico, el tecnológico y el de la innovación, estos ámbitos están íntimamente relacionados con la arquitectura, y esta no escapa de los alcances de la globalización. Es por estos que hoy podemos ver edificios con la misma apariencia y sistemas constructivos aquí o en el resto del mundo.

Las concentraciones humanas traer aparejado el uso masivo de edificios en altura, que, a menos que se produzcan cambios radicales en las presentes prácticas empresariales, transporte urbano o que se invierta la tendencia migratoria del campo a la ciudad, los edificios en altura seguirán siendo la respuesta por los futuros veinticinco años. Esta afirmación se basa en estimaciones que apuntan que en este año, el 2002, el 47 % de la población mundial residirá en áreas urbanas y veinticuatro ciudades del mundo tendrán más de diez millones de habitantes.

Esta situación a llevado a diseñar en su mayoría de forma despersonalizada, que consiste en edificios de gran altura de planta libre, piel de vidrio y sistemas de inteligencia computarizados, creando climas interiores artificiales. Este tipo de obras aunque pueden ofrecer soluciones volumétricas muy interesantes rompe en gran medida con el contexto y a su vez no se explora la posibilidad de integrarse con el medio ambiente a través de soluciones bioclimáticas, permitiendo el acondicionamiento natural de los espacios.

Los grandes edificios exigen una mayor atención respecto a su diseño ecológico, pues son los lugares donde los problemas de consumo de recursos, relaciones económicas y modo de vida contaminantes del medio ambiente suponen una amenaza mayor y más insistente para los recursos naturales y los ecosistemas globales.

La posibilidad de conseguir un programa global para un futuro sostenible se decidirá probablemente a partir de los edificios de gran altura, por esto, los encargados de diseñarlos y construirlos deberán dedicar mayor atención, ya que pronostican para el año 2006 que 500 millones de personas vivirán en el 1 % de la superficie de la tierra y la única respuesta edilicia para dicho pronóstico son los edificios en altura.

Esta mayor atención al diseñar tiene como respuesta tratar de integrar los avances de la tecnología y las soluciones bioclimáticas para generar una arquitectura sustentable, que no este aislada de los problemas que afectan al mundo, ni de los avances de la tecnología.

En la actualidad a estos edificios se los conoce como Inteligentes, aunque muchas veces se habla de este término para señalar o nombrar ejemplos erróneos de dicha tendencia, este bien aplicado se caracteriza por una conciencia ecológica reflejada desde la gestación del proyecto, dando como resultado una arquitectura basada en los principios de la sustentabilidad.

Un de los aspectos más importantes de los edificios inteligentes es la concepción de sus fachadas, que dejan de ser simples cerramientos, para transformarse en pieles con funciones ambientales múltiples.

Mi estudio se abocara entonces a el aspecto sustentable de la piel en los edificios inteligentes.

Dicho estudio se organiza en cinco capítulos:

- **Capítulo 1** incursiono en los orígenes que dieron como resultado a los edificios inteligentes.
- **Capítulo 2** describo el funcionamiento de un sistema inteligente en un edificio de gran altura.
- **Capítulo 3** investigo las soluciones constructivas para desarrollar pieles en este tipo de edificios.
- **Capítulo 4** analizo ejemplos de pieles de edificios inteligentes.
- **Capítulo 5** reflexión y conclusión de dicha tesina.

Capítulo 1: Antecedentes

Para entender el porqué de los edificios inteligentes y sus pieles en la arquitectura de nuestros días, es necesario revisar las causas que motivaron y posibilitaron este desenlace, razón por la cual es conveniente incursionar en su entorno histórico.

Es por ello que nos remontamos a la revolución industrial, donde hubo un cambio radical a nivel social y tecnológico.

Tales cambios son:

- La concentración urbana
- La aparición de nuevos materiales
- Las nuevas técnicas constructivas
- Un incremento progresivo de los implementos de confort
- Escasez de las superficies habitables en las ciudades

Esto produjo una nueva arquitectura, la **Arquitectura Moderna** influenciada por la máquina, la industria, la estandarización y la planificación.



Proponía un mismo lenguaje arquitectónico para todo el mundo, difundándose rápidamente bajo el nombre de Estilo Internacional que definía ciertas pautas como ventana corrida, planta libre y paramentos despojados de toda ornamentación.

Los edificios en altura fueron los abanderados de esta arquitectura, volúmenes aislados de la ciudad, el hombre no necesitaba salir de los grandes edificios, allí estaban las oficinas, las viviendas, los comercios y los lugares de recreo.

Utilizando sistemas activos para lograr confort en los ambientes, que consisten en mecanismos alimentados por electricidad u otro combustible para acondicionar los ambientes. Entre

los sistemas activos encontramos sistemas centrales de acondicionamiento por aire, agua o vapor. Ventilaciones forzadas, etc.

El consumo energético era muy elevado debido a estos sistemas y a la iluminación artificial.

El muro-cortina de vidrio sin ventanas producía un hermético aislamiento, que creaba microclimas interiores.

La hermeticidad trajo el problema del edificio enfermo. Este es aquel que produce patología o enfermedad a sus ocupantes.

Como consecuencia de esto aparece el Síndrome del Edificio Enfermo (SEE), que la Organización Mundial de la Salud ha definido como un conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en estos espacios cerrados, por la mala ventilación, la descompensación de temperatura, las cargas iónicas y electromagnéticas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen químico y los bioaerosoles.

Frente a esta problemática surge otra alternativa la **Arquitectura Ecológica**, esta se basa en la arquitectura vernácula y en los avances tecnológicos que no afectan al medio ambiente.

Propone pautas de diseño que permiten la integración y protección del paisaje, y ambientes sanos y confortables.

Esto abarca desde el aprovechamiento de la energía solar y eólica, hasta la elección de materiales autóctonos.

La forma edilicia, la orientación, los colores y las proporciones de los espacios exteriores e interiores y el dimensionamiento de aberturas son fundamentales para un buen acondicionamiento natural.

Una correcta interpretación de los métodos y técnicas bioambientales tendrá un menor consumo energético, ya que utilizan sistemas pasivos para lograr ambientes confortables.

Los sistemas pasivos son aquellos donde el flujo de energía calórica se efectúa por medios naturales (radiación – conducción térmica y convección natural).

Se distinguen de los activos por carecer de bombas mecánicas o ventiladores que necesitan de la electricidad para su funcionamiento.

Entre los sistemas pasivos encontramos la utilización de patios internos como reguladores de la temperatura en viviendas de zonas cálidas, muros gruesos en zonas de bajas temperaturas, en zonas azotadas por fuertes vientos recurrir a semi enterrar las viviendas, aprovechar la radiación solar para mejorar la tempe-





ratura del interior, correctas orientaciones, aprovechar las corrientes internas de aire, etc.

La evolución de la arquitectura esta directamente relacionada con los avances de la tecnología y la investigación de nuevos materiales.

Esta evolución gesta en los comienzos de 1960 la **Arquitectura High Tech** bajo la idea de que el edificio debía expresarse por medio de los elementos técnicos y constructivos.

Actualmente se lo conoce **Eco Tech** debido a la influencia en la actualidad de los parámetros sustentables, y abarca preocupaciones más amplias relacionadas con temas como el entorno, la conciencia social, el uso de energía, el urbanismo y la conciencia ecológica. Se paso de la reverencia tecnológica, al uso selectivo de la misma con fines concretos.

Resulta de crucial importancia la integración creativa de varias disciplinas como por ejemplo estructura, servicios mecánicos, materiales, sistemas computarizados y ecología, para crear una arquitectura que ofrezca una variedad mucho más amplia, capaz de adaptarse a las necesidades cambiantes de la sociedad contemporánea.

Las preocupaciones tecnológicas, sociales y arquitectónicas que inspiran la arquitectura Eco Tech de la actualidad son:

- Expresión estructural
- La cuestión energética
- Respuesta urbana
- Simbolismo cívico

Es en este contexto surgen los edificios inteligentes.



Capítulo 2: Edificios inteligentes

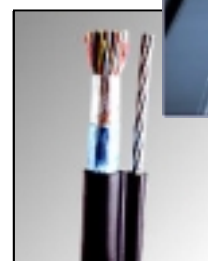
Históricamente el hombre ha construido edificios, creando entornos controlados, para poder vivir y trabajar. Pero a lo largo de las ultimas décadas han cambiado las prioridades en el diseño y la organización del edificio. Se busca ambientes mas productivos minimizando costos, bajo este concepto surgen los edificios inteligentes.

“El edificios inteligentes es aquel en donde los sistemas, los servicios, la estructura y la administración se interrelacionan de forma progresiva para proporcionar un ambiente confortable y eficiente; correcta relación con el medio ambiente y ciclos de vida prolongados debido a su flexibilidad .”

El edificio inteligente tiene la característica principal de contar con punto de manejo central que se denomina Unidad de Control (U.C.)comparable con el cerebro humano que consiste en una gran computadora o la suma de varias.

El U.C. gestiona, controla, monitorea y administra toda la información y operaciones que se realizan en el edificio a través de un software diseñado en base a las necesidades del usuario, buscando el confort y el ahorro energético.

Todos los componentes de un edificio inteligente se encuentran interconectados a través de una red de cableado llamado cableado estructural. El material usado para este tipo de cableado es fibra óptica o cable del tipo telefónico.



2.1. Aspecto Funcional

Desde el aspecto funcional, el edificio inteligente debe contar con cuatro elementos, estos son:

- Estructura
- Sistemas
- Servicios
- Administración

Estructura:

Los componentes que la conforman son los componentes estructurales losas, vigas, columnas, etc.; los muros, los acabados exteriores e interiores y el equipamiento.

Los aspectos estructurales importantes que debe cumplir un edificio inteligente son:

- Tener en cuenta la situación y orientación para minimizar gastos de energía.



- Manera en la que se aprovecha la luz solar, tomando en cuenta su impacto sobre la visibilidad y la calidad de la luz necesaria para trabajar.



- Espacio suficiente para proveer pisos técnicos y cielorrasos suspendidos, para albergar el cableado estructural.



- Prever la sobre carga por equipos eléctricos, grupos electrógenos, antenas, etc.



- Disponer de lugar para fuentes de poder auxiliar, de respaldo y de no interrupción, que alimentaran a los equipos en situaciones de corte energético.



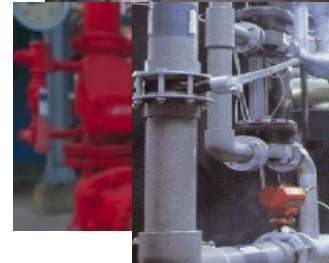
- Tener en cuenta la composición de los acabados para que favorezcan la acústica y tener en cuenta los aspectos ergonómicos, a la hora de diseñar los ambientes y elegir el equipamiento.



Sistemas:

Los sistemas de un edificio son aquellos componentes que permiten lograr ambientes confortables. Los sistemas son:

- Sistemas de aire acondicionado calefacción / refrigeración y ventilación.
- Instalación de gas.
- Suministro de energía eléctrica.
- Suministro de agua fría y caliente.
- Desagües cloacales.
- Desagües pluviales.
- Elevadores.
- Telecomunicaciones.
- Circuito cerrado de TV.
- Control de acceso.
- Administración de información.
- Instalaciones contra incendio y detección.
- Instalación de sensores de flujo luminoso.
- Sistemas de energía alternativos (Ej. energía solar)



El aspecto a tener en cuenta en los sistemas de un edificio inteligente es que deben ser flexible a futuras modificaciones.

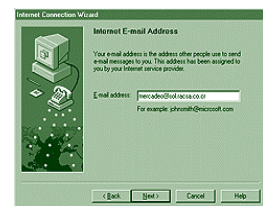
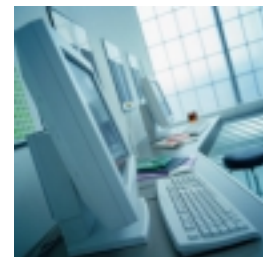
Servicios:

Los servicios del edificio son los que satisfacen las necesidades directas de los usuarios.

Entre los servicios encontramos:

- Comunicaciones.
- Automatización de oficinas.
- Fax, fotocopiadoras y scanner.
- Intranet.
- Servicio de internet.
- Correo electrónico.
- Limpieza y mantenimiento.

Tanto los servicios como los sistemas de un edificio inteligente deben estar interconectados a la red de cableado estructural para poder ser administrados, controlados, mantenidos y optimizados por la unidad central.



Administración:

Provee las herramientas para controlar y administrar todo el edificio. Dar mantenimiento y tomar decisiones en caso de emergencia.

Son parte de la administración los componentes del sistema inteligente, el cableado estructural y el software.

**2.2. Componentes de un sistema inteligente¹**

Los componentes de un sistema inteligente son:

- Unidad Central Inteligente
- Interfaz PBX
- Unidad de Control Especifico
- Unidad Remota
- Unidad de Control de Acceso
- Detectores y sensores
- Software

Unidad Central Inteligente (UCI):

Cuenta con una interfaz hombre-máquina que le permite al operador mantener un control constante de lo que sucede en el edificio. La unidad central se encarga de registrar condiciones de operación, condiciones de alarma y valores medidos. Se encarga de toda la administración del edificio, incluyendo seguridad.

Interfaz PBX (IPBX):

Realiza la interconexión entre centrales telefónicas y una Unidad Central Inteligente.

Unidades de Control Especifico (UCE):

Son responsables ya sea de una función o de un área. Registran información proveniente de puntos de control de su área.

Entre los tipos de UCE están:

- UCE para equipo de electricidad, aire-acondicionado y sanidad.
- UCE-F para equipo de prevención y extinción de fuego.
- UCE-S para equipo de seguridad.
- UCE para equipos de suministro y control de energía, y equipos de energía alternativa.

Unidades Remotas (UR):

Realiza el control digital directo del equipo, trabajando en conjunto con varios tipos de sensores y controladores de terminales. La UR-S es la unidad especial para el equipo de seguridad.

Unidades de Control de Acceso (UCA):

Son dispositivos colocados en los accesos que controlan el ingreso del personal y visitantes.

Entre los tipos de unidades de control de acceso se encuentran:

- Por tarjeta de identificación.
- Por detector de huellas dactilares.
- Por lectura de patrón de la retina.

¹ Datos extraídos de la Tesis de grado en Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacional.
 Autora: Ingrid Kirschuning

Detectores y sensores:

Dispositivo que determinar los valores de una dimensión física, tal como temperatura, sonido o intensidad de luz.

Encontramos:

- Detectores de humo.
- Detectores de temperatura.
- Sensores de presencia.
- Sensores de flujo luminoso.
- Sensores de calidad de aire.

Software:

Es capaz de tomar decisiones en lugar del operador. Se diseña en función a las necesidades del edificio.

Entre las funciones que realiza están:

- Tomar decisiones en caso de emergencia, como por ejemplo presurizar escaleras de evacuación a través de la inyección de aire o cortar el suministro de gas en caso de incendio.
- Detectar y auto diagnosticar fallas.
- Monitorear y controlar las actividades y el funcionamiento de las instalaciones.

El software se estructura en niveles:

- Nivel Físico: agrupa a todos los dispositivos de detección y equipos de automatización de oficinas conectados al cableado estructural.

Estos dispositivos pueden ser : sensores de temperatura, flujo luminoso, humedad, presión, de gases, de sismos y de presencia; Detectores de llama y sismos; Alarmas, controles de acceso, iluminación, válvulas, etc.

- Sistema de Monitoreo: Este se encarga de verificar periódicamente todos los dispositivos del nivel físico recogiendo información sobre su desempeño. Esta información es guardada en una base de datos y se puede utilizar para chequear su buen funcionamiento y posteriormente, para generar reportes.
- Nivel Evaluativo: analiza la información proveniente del monitoreo, controla supervisa y decide sobre el funcionamiento del edificio en caso necesario. En este nivel se encuentra la Unidad Central Inteligente.

Como veremos en el diagrama (grafico 1) de funcionamiento, el nivel físico esta compuesto por los dispositivos de detección y equipos de automatización, conectados a Unidades de Control Especifico (UCE), los cuales se encuentran distribuidos en todo el edificio. Estos UCE guardan información sobre el desempeño y el funcionamiento de los dispositivos, puede controla dispositivos del mismo tipo, o los que se encuentran en una área determinada. Estos UCE pueden programarse, a su vez, para controlar los dispositivos conectados a ellos (por ejemplo: encendido y apagado, regulación). De esta manera existe un control de tipo distribuido. Los UCE conforman el nivel de monitoreo.

Sin embargo, la información siempre es controlada centralmente en Nivel Evaluativo, aunque posea un control distribuido, el cual recoge la información del nivel de monitoreo y la almacena en la base de datos de la Unidad Central Inteligente, que conforma el nivel evaluativo.

La Unidad Central Inteligente procesa esa información contenida en la base de datos y de ser necesario, analiza el caso y toma decisiones para resolver el problema suscitado. Tanto el problema como la solución son presentados al operador. Incluso, las acciones donde es importante una operación inmediata, son ordenadas directamente por el UCE, el cual se encarga de controlar.

Estas acciones van desde cerrar puertas, apagar el sistema de aire acondicionado, iniciar la extracción de humo, encender luces de emergencia, llamar a los bomberos.

Hasta detectar a través de sensores de sismos las vibraciones, automáticamente el sistema inteligente aumentar la rigidez del sistema de amortiguadores (que se utilizan en la actualidad en zonas sísmicas) de forma exponencial, si no se corre el riesgo de empeorar la situación, ya que estos en momentos no críticos se configuran para que sean relativamente «blandos», de manera que los movimientos sean suaves y no perjudiquen la edificación.

El usuario es el responsable de mantener actualizada la base de datos, coma así también debe indicar a la hora de la realización y la configuración del software, el tipo de información que le interesa saber sobre los dispositivos, los intervalo de monitoreo y los parámetros de configuración de la base de datos.

Un edificio con estas características podría controlarse y operarse automáticamente, pero por cuestiones de seguridad humana el sistema funciona como APOYO a la hora de tomar decisiones, siempre la ultima decisión la tiene el operador.



Capítulo 3: la piel del edificio inteligente

La piel del edificio cumple la función de aislar los espacios interiores de las condiciones climáticas y ambientales exteriores.

Se trata de un aislamiento térmico, acústico, visual y de seguridad.

Debido a esto, la correcta o errónea ejecución se traduce en el ahorro o mal gasto energético, que como vimos en el capítulo tercero de este trabajo, es una de las características fundamentales del Edificio Inteligente.

Se puede establecer una analogía entre las pieles de los edificios inteligentes y la piel de los seres humanos.

Las pieles en los seres humanos está formada por dos capas diferentes, una interna dermis y otra externa epidermis, que forma una barrera protectora contra la acción de agentes físicos y químicos; Las pieles inteligentes se conforman por dos o más pieles, donde al igual que en la humana, se diferencia una interna y otra externa, cumpliendo idéntica función protectora.

Además la piel humana contiene órganos especiales que suelen agruparse para detectar las distintas sensaciones, como lo es la temperatura; En las pieles inteligentes, estos órganos, son llamados

sensores que detectan variaciones climatológicas.

Los Edificio Inteligente utilizan en gran medida fachadas de curtain wall porque:

- Se logran tener superficies parcial o totalmente vidriadas, obteniendo mayor luz solar, que permite un ahorrar energético considerable en los edificios de oficinas.
- Permiten en los edificios de gran altura, en donde es imposible abrir ventanas por los fuertes vientos, tener ventilación natural gracias al curtain wall de doble piel de vidrio, la cara exterior protege del viento y la cara interior se separa de la exterior un metro y posee aberturas que permite la ventilación natural.
- Permite tener un lenguaje arquitectónico acorde con la tecnología que se utiliza en el interior.

3.1. Curtain Wall²

El Curtain Wall se basa en un cerramiento continuo, liviano y de poco espesor que posee una estructura auxiliar desde el cual se suspende.

La resolución de este tipo de fachada se basa en los principios de especificación y división de funciones, ordenando una serie de elementos encargados de resolver los aspectos estéticos, funcionales y de mantenimiento.

Los elementos que componen el sistema de curtain wall son:

- Material de cierre
- Estructura
- Anclajes
- Juntas

El **material de cierre** son elementos de rellenos que definen la estética del edificio. Los materiales de cierre se pueden clasificar en:

- Paneles
- Aventanamientos
- Vidrios

Paneles: pueden agruparse en dos conjuntos claramente diferenciados, paneles de revestimientos y paneles compuestos.

Los paneles de revestimiento son laminas metálicas que están dotados de elementos antisonoros que consisten materiales de bases bituminosas colocadas en la parte interior del mismo. Este tipo de paneles tienen un espesor aproximado de 1,8 mm y pesan 3,5 Kg. por metro cuadrado. Son resistentes al agua y se mantiene resistentes a menos 30 y 200 grados centígrados.

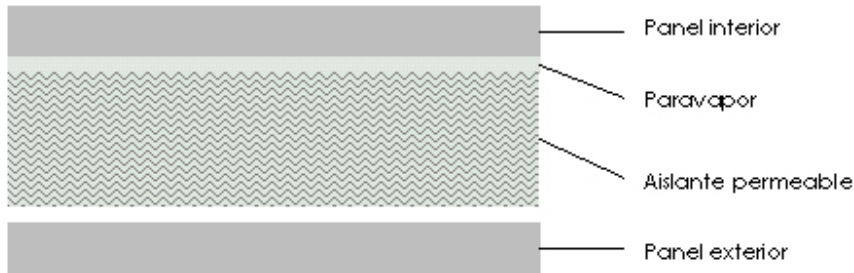
En el paneles compuestos son laminas metálicas, principalmente de aluminio, que conforman un sándwich por ejemplo productos como el Alpollic o Alucobond.

Los paneles compuestos pueden subdividirse en tres tipos según su constitución interna: respirables, ventilados y estancos.

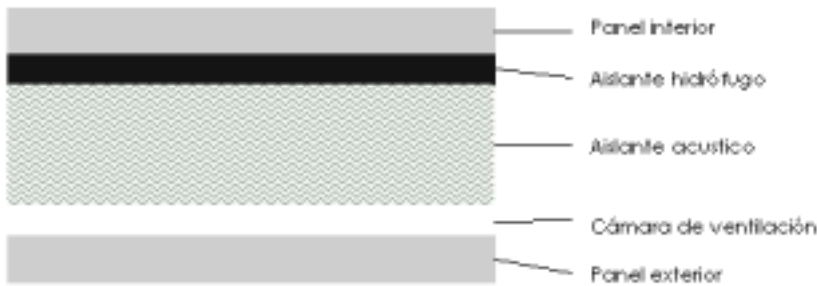
Los paneles respirables (Fig. 1) no tienen cámara de aire ventilada, en lugar de esta se coloca una barrera de vapor mejorando su aislación.

Los paneles ventilados (Fig. 2) tienen una cámara de aire que comunica con la atmósfera por su parte inferior y superior. La misión de esta ventilación es refrigerar el panel, que continuamente esta expuesto a la acción solar, y por otra parte, evitar que se formen condensaciones a partir de la humedad que pudiera penetrar en el panel.

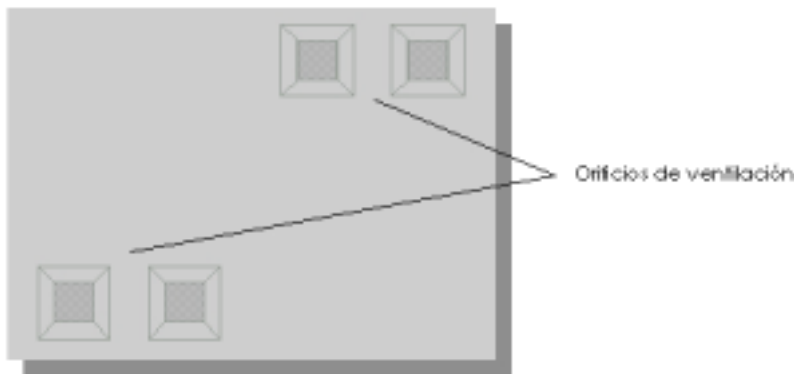
Los paneles estancos (Fig. 3) solo poseen en su interior un aislante permeable. Sus paredes tanto interior como exterior son metálicas y para evitar que se unan en los laterales formando un puente térmico se coloca una junta aislante.



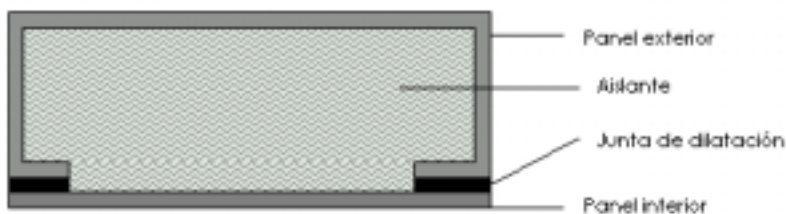
Corte



Corte



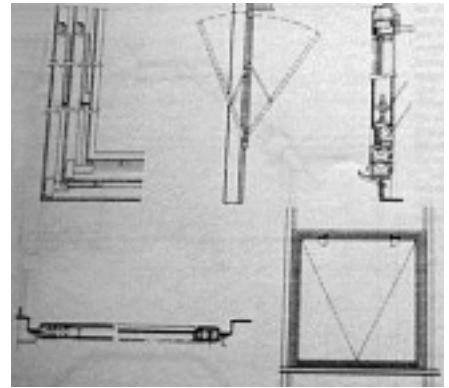
Vista



Corte

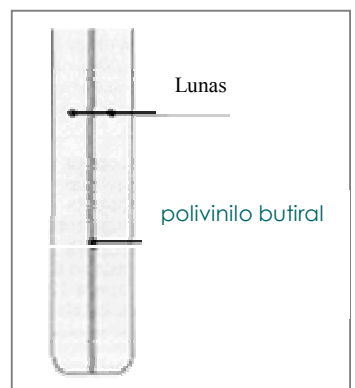
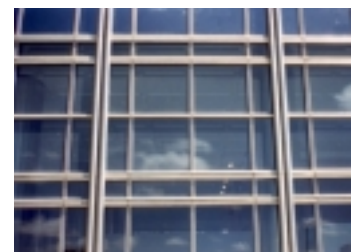
Aventanamientos: son ventanas que se diseñan especialmente, el tipo más utilizado es la ventana de banderola que se integra muy bien con el entramado.

Al diseñarse especialmente se puede conseguir que no se diferencie visualmente la zonas de abrir, de las fijas.



Vidrios: en la materialización del Curtain Wall se utilizan:

- Vidrio templado: se caracteriza por una superficie de alta resistencia mecánica. Este tipo de vidrio es usado como vidrio de seguridad, con riesgos prácticamente nulos de producir accidentes ya que si se rompe lo hace en pequeños trozos. Como falencia tienen que no pueden ser pulidos, perforados o cortados después de ser templados.
- Vidrio tintado: es un vidrio con alto índice de óxido metálico que aumenta el coeficiente de absorción y reduce la transmisión de energía solar. Esto se traduce en un aumento considerable de la temperatura de los vidrios por eso se obliga a templarlos para prevenir la rotura por choque térmico.
- Vidrio reflejante: poseen una cara tratada por distintos metales por pirólisis o por pulverización catódica al alto vacío, para obtener mejores comportamientos en el control solar, con niveles de transmisión luminosa muy elevados y baja reflexión.
- Vidrio extraclaro: contienen menor cantidad de óxido metálico que el resto de los vidrios, caras perfectamente claras y espesor uniforme mejorando sustancialmente su coeficiente de transmisión luminosa y un tratamiento antirreflejo superficial.
- Vidrios esmaltados: contienen una capa de esmalte cerámico resistente a los fenómenos atmosféricos.
- Vidrios laminados: son básicamente el conjunto resultante de la unión de varias lunas de vidrios, tratadas superficialmente o no, con la posibilidad de interposición de algún material en la capa de pegado. El material de unión, generalmente es un plástico de polivinilo butiral o bien una capa de resina.



La **estructura** esta constituida por montantes y travesaños, estos forman una retícula a la cual se incorporan los elemento de cierre.

Esta estructura transmite las cargas de su propio peso, la de los paneles y la carga de viento que inciden sobre la piel, a la estructura del edificio.

Los montantes son los elementos verticales capaces de soportar la presión dinámica del viento correspondiente a su modulo de acción. Este modulo de acción esta definido por dos montantes y uno o varios travesaños. Los montantes se fijan a la estructura del edificio a través de los anclajes.

Los travesaños son los elementos horizontales fijados a los montantes que soportan el peso del elemento de cierre que gravita sobre él y lo transmiten a los montantes.



Los **anclajes** permiten la fijación y unión de cada montante a la estructura del edificio. Para absorber las desigualdades de la obra y conseguir una fachada bien aplomada debe estar diseñado para regulaciones de mas o menos 3 cm como mínimo en los tres ejes: vertical, horizontal y perpendicular a la fachada.

Hay diferentes soluciones que consiguen estos objetivos entre los cuales se destacan el sistema HALFEN y el anclaje común.

La unión Halfen se coloca en el momento del hormigonado se compone de dos partes el cuerpo de la unión (Fig. 4) que queda nivelado con el forjado recibe la fijación, la otra parte es un anclaje (Fig. 5) que tiene la misión de repartir los esfuerzos a la masa del hormigón garantizando el comportamiento solidario con esta.

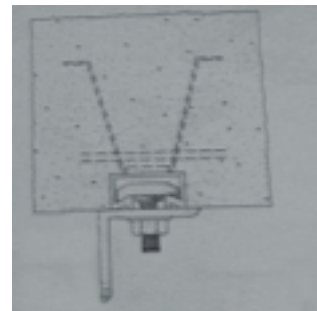


Fig. 4

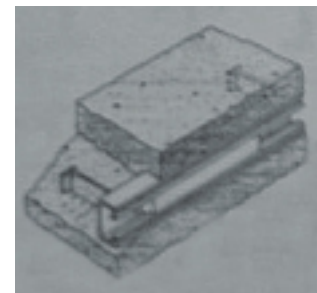


Fig. 5

Las **juntas** resuelven las uniones entre los distintos elementos del curtain Wall garantizando la continuidad exigida por el cerramiento.

Los tipos de juntas que encontramos en un curtain wall son:

- **Junta de dilatación vertical:** es una unión deslizante vertical que se forma entre dos montantes. Consiste en un manguito que enlaza los montantes telescopicamente. Para conseguir una buena estanquidad este elemento deberá fijarse al montante inferior e ir suelto en el superior. De esta forma los movimientos de vida y la dilatación se producen en la unión superior, mientras que en la junta inferior fija puede cerrarse con siliconas u otro tipo de sellante, impidiendo así la entrada del agua.

- Junta de dilatación horizontal: esta puede citarse en el montante o travesaño, depende únicamente de la configuración del perfil. La junta en el montante consiste en practicar una abertura de 4 mm de ancho por todo su largo.
- Junta entre paneles: esta resuelve la unión entre los distintos paños. Hay dos tipos de junta: Impermeable, presenta dos soluciones: La *junta impermeable cerrada* tiene doble sellado y cámara. La presión exterior es mayor que la presión de la cámara, el agua entra por presión diferencial. Así también sucede con la junta interior, la cámara no evacua porque la presión exterior es mayor que la de la cámara. Su efectividad dependerá de la perfección del sellador, a pesar de las constantes contracciones que sufrirá el edificio.
La *junta impermeable abierta* tiene una sola junta de sellado en el interior. La presión de la cámara se iguala con la exterior, permitiendo la evacuación del agua por los canales de drenaje ubicados en el interior de la cámara. La junta interior de sellado permanece seca.
Permeable este sistema se desarrollo a partir del análisis científico de las presiones dinámicas y gravitatorias. Permite la respiración de la fachadas, en aras de una mayor vida útil mediante la solución de fachadas trasventiladas. Los paneles de fachadas ha de estar suficientemente ventiladas para garantizar que la presión en dicha cámara y la presión atmosférica en el exterior sean la misma, de este modo se evitan las infiltraciones de agua por succión. El agua podría penetrar directamente si la junta es demasiado ancha y el panel tiene poco espesor, pero aun en este caso la gravedad en la cámara de descompresión eliminaría el agua por la parte inferior del acabado de la fachada. De todas formas, para evitar este problema puede hacerse la junta tan estrecha como la dilatación de los paños adyacente lo permitan.
- Junta burlete se utiliza para dar estanquidad entre los elementos practicables y fijos o entre el acristalamiento y los marcos. Estas juntas no tienen ninguna adherencia propia y trabajan únicamente a compresión. Se emplean materiales de dos familias los elastómeros y los plastómeros. En los dos tipos de juntas se constituyen de forma continua.
- Junta felpudo están formadas a modo de cepillo y suelen tener intercaladas una u mas laminas flexibles para aumentar la estanquidad y evitar deformaciones. Los materiales empleados en su fabricación son polipropileno o nylon. Se utilizan en aventanamientos y puertas vaivén.

3.2. Tipos de Curtain Wall

De acuerdo a los sistemas constructivos del curtain wall se dividen en:

- a) Sistemas de retícula
- b) Sistemas de módulos prefabricados
- c) Sistema de silicona estructural
- d) Sistema de vidrio estructural

a) Sistema de retícula: en este sistema los montantes y travesaño se unen por medio del anclaje formando una retícula que posteriormente recibirá los elementos de relleno.

La colocación de este sistema puede realizarse de dos maneras: avance horizontal que consiste en ir completando planta entera y avance vertical que consiste en completar cada montante en toda su altura.

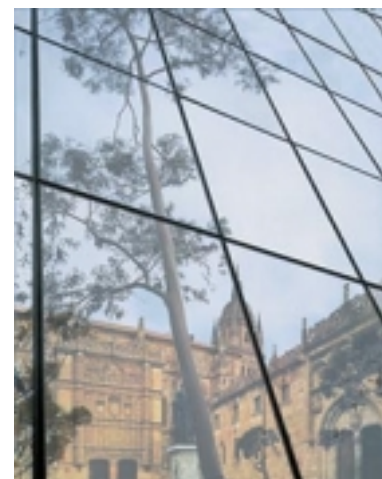
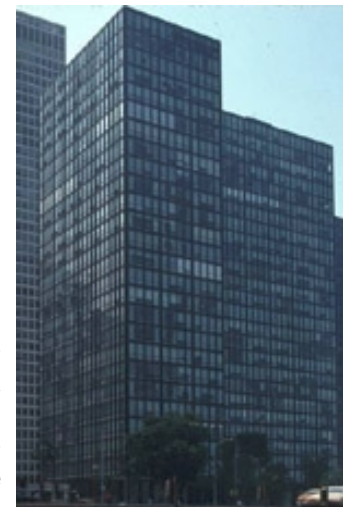
b) Sistema de módulos prefabricados: este sistema se realiza mediante módulos de grandes dimensiones (3m x 6m) acabados en taller, que incluye ventanas, paneles y vidrios.

Estos módulos se fijan a los forjados por medio de anclajes, de rápido montaje en obra debido a su mayor industrialización .

Cada modulo tiene su propio anclaje y queda independizado del resto
En este caso es necesario que el avance sea de tipo vertical, para poder corregir las irregularidades del montaje.

Así mismo al estanquidad se ve mejorada ya que el ajuste de los componentes se ve realizado en fabricas.

c) Sistema de silicona estructural: este sistema también es conocido como VEC (Verre Extérieur Collé).



Consiste en eliminar de la parte exterior de la fachada todos los elementos de la estructura auxiliar y todos los elementos que permiten la unión de los paneles y la estructura auxiliar.

Este sistema se conforma de paramentos exteriores que dan la visión de una fachada totalmente continua.

El vidrio queda unido a la estructura auxiliar mediante un material de alta adherencia.

Al carecer de fijaciones por el exterior no presenta el inconveniente de otros sistemas que tienen marcos exteriores semicultos o pernos que le transfieren tensiones a los acristalamientos por efectos de variaciones climatológicas y de dilataciones de los elementos componentes que pueden producir la rotura del vidrio.

El sistema consiste en una retícula (montantes y travesaños) a la cual se fija por medios mecánicos un marco sobre el cual se han dispuesto previamente los elementos de cierre, mediante una silicona especial. Este sistema también acepta elementos practicables.

Como seguridad el acristalamiento va apoyado por su parte inferior a una pieza de aluminio con el mismo diseño a una junta de estanquidad, con lo cual no se observa ninguna discontinuidad y se evita que el material sellante trabaje a esfuerzos de cortes por la acción del peso del elemento de cierre.

Las juntas que van dispuestas al exterior y que han de estar sujetas a agresiones de tipo convencional (suciedad, lluvia ácida y esfuerzos mecánicos) son de EPDM (Etileno – Propileno – Dieno – Monómero).

Como variante del vidrio estructural o V.E.C. a cuatro lados existe otro tipo conocido con el nombre de Butt Joint en el cual las partes superiores e inferiores del elemento de cierre van introducidos a unos calces como en un muro cortina tradicional y los laterales del elemento de cierre van colocados con el sistema de vidrio estructural. Este sistema también se llama V.E.C. de dos lados.

En este sistema, a diferencia del anterior, la colocación y el sellado del elemento de cierre pueden efectuarse en obra ya que dichos elementos se fijan a la estructura del muro cortina tanto el lado superior e inferior por el método mecánico.

El adhesivo sellante de silicona se caracteriza por:

- Buena adhesión a una amplia gama de sustrato de construcción
- Elevada tensión de rotura
- Excelente vida útil (60 años)
- Soporta importantes deformaciones sin problemas
- Resistencia a los cambios atmosféricos



D) Sistema de Vidrio estructural: este sistema no se conforma como los anteriores, en donde existía una estructura auxiliar que se vincula al forjado del edificio. Aquí montantes y travesaños se cambian por grampones y rotulas.

Los grampones son elementos rígidos de acero inoxidable fundidos o chapa oxocortada que abraza a las rotulas. La función del grampón es de anclar el sistema a la estructura portante.

Las rotulas son elemento de acero inoxidable que se acoplan al vidrio previamente fresado en las esquinas, con orificios semi cónicos. Estos se



realizan de forma semi cónica para atenuar las contracción inducidas por el peso del vidrio y la carga del viento.

La cabeza de la rotula se acopla al vidrio por medio de una caja cilíndrica con tapa exterior. Tanto del lado exterior como interior del vidrio se colocan arandelas de material aislante. Una tercera arandela tubular de aluminio puro se fija a la rotula y por la presión a la que está sometida se deforma adaptándose a la rugosidad interna del orificio en el vidrio y amortiguando las tensiones.

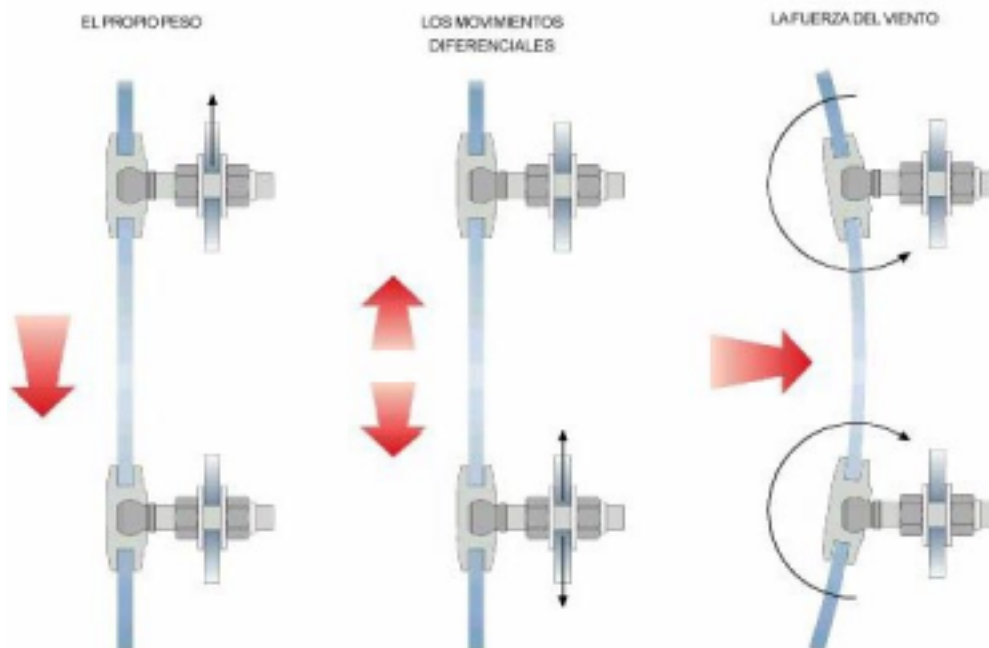
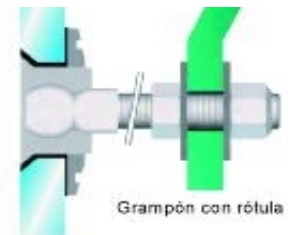
La rotula se fija al grampón por medio de una tuerca, también se colocan arandelas de un lado y del otro al grampón para amortiguar las tensiones.

La unión de la caja cilíndrica a la tapa se hace por soldadura de láser garantizando estanqueidad.

En este sistema puede ser que no exista la rotula y el anclaje se realiza por medio de un perno, obteniendo anclajes rígidos. Esta variante se utiliza en paños de pequeñas dimensiones que no se encuentran expuestos a la presión del viento.

La rotula permite:

- Amortiguar las deformaciones del vidrio debido a la presión del viento, las dilataciones, etc.
- Facilitar la colocación, ya que en grandes superficies es muy difícil hacer coincidir en obra los anclajes con el vidrio.
- Construir fachadas y techos curvos.
- Corregir mejor los defectos constructivos.
- La construcción de cubiertas esféricas.



El muro cortina de vidrio estructural se puede realizar como fachada ventilada, en cuyo caso sólo es necesario dejar la junta libre (12 mm) para que pase el aire o bien hacer una fachada cerrada.

Los tipos de junta utilizados en este sistema son :

- Junta de acristalamiento: disponemos de un perfil de silicona extruida que permite ser colocada en la parte interior o exterior de la ranura y que al expandirse tapa la junta de 12 mm entre cristales y permite entonces poner un cordón de silicona, para sellarla.
- Juntas de dilatación: que permiten sellar los cristales por el perímetro exterior de la fachada por medio de un perfil tipo acordeón de silicona para fijar al vidrio y a la pared.

3.3. Tipologías Constructivas

El curtain wall puede ser ensamblado :

- a) "In Situ"
- b) En fabrica

"In Situ":

Esto significa que el ensamble de curtain wall se hace en obra, primero se coloca la estructura y luego se acopla el marco con el panel elegido, ya sea de vidrio, acero, cobre, titanio u otro material.

La colocación de los elementos de cierre al marco puede hacer en obra o en fabrica. En la actualidad se utiliza el ensamblaje en fabrica para evitar errores en las juntas.



1º colocación de estructura



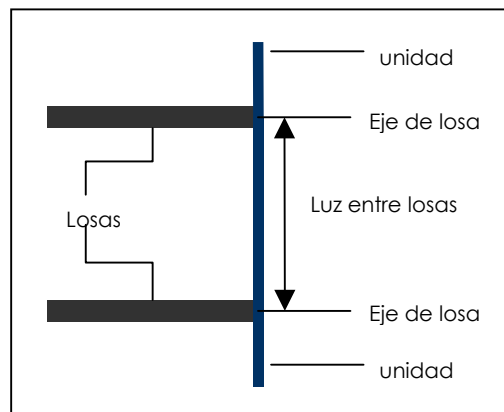
2º colocación de los elementos de cierre

En fabrica:

Esto significa que el curtain wall es elaborado en fabrica y llevado a obra en unidades estandarizadas.

Estas unidades contienen la estructura y los paneles, en obra se ensambla a la estructura del edificio.

La unidad tiene el alto de la luz entre losas, esta medida siempre es tomada desde eje de losa.



3.4. Materiales

Los materiales utilizados en el curtain wall son:

- Acero
- Acero inoxidable
- Aluminio anodizado (natural o pintado)
- P.V.C.
- Madera
- Titanio
- Cobre

- Vidrio
- Piezas premoldeadas de hormigón



3.5. Condiciones de diseño que debe cumplir el Curtain Wall

- Presión del viento
- Sísmica
- Hermeticidad
- Impermeabilidad
- Insonorización
- Resistencia al fuego
- Aislación térmica / condensación
- Aislación acústica
- Dilatación

3.6. Soluciones especiales

Las cada vez mayores las exigencias de la construcción con curtain wall a obligado a desarrollar diferentes respuestas técnicas para lograr mayor confort y eficiencia de dicho sistema.

Entre las que se han concretado, construcciones multicapas o conceptos globales de fachada en una amplia gama de soluciones:

- Variar la composición del vidrio
- Capas funcionales
- Tratamiento superficiales
- Agregar elementos entre capas
- Incluir sistema activos o pasivos de control solar y calor
- O combinar varios de estos recursos

Los últimos avances en este campo son las capas funcionales que se logran a partir de los vidrios laminados permitiendo una diversidad compositiva y visual a la vez que novedosa, tanto en el campo de transmisión de luz con el aislamiento térmico o en aprovechamiento de energía natural.

Estas capas pueden ser películas reflexivas o selectoras de la luz según el ángulo de incidencia, que se logran a partir de una capa metálica de escamas microscópicas directamente sobre la superficie del vidrio por deposición. Regulado su espesor, separación y ángulo de inclinación se establece el nivel de control solar. O bien capas cuyas propiedades físicas pueden ser variadas activamente como son el caso de las capas:

- Termocrómicas: sufren cambios físicos reversibles que permiten controlar la transmisión de luz y que se desencadena al variar la temperatura.
- Electrocrómicas: su capacidad de transmisión de luz varían con los cambios en su estructura en su química que se produce al someterlos al paso de una corriente eléctrica. Son sistemas activos de control.
- Fotocrómicas: reaccionan oscureciéndose o aclarándose debido a los cambios químicos que sufren según la cantidad de radiación ultravioleta que incide sobre ellos. Son básicamente mecanismos pasivos de control.

Además de capas pueden utilizarse módulos fotovoltaicos que permiten el aprovechamiento de la energía solar transformándola en energía eléctrica, siendo al mismo tiempo un sistema pasivo de control solar. El proceso mas corriente de producción es la inclusión de las células solares agrupadas en módulos, en una capa de resina colocada entre las lunas de un vidrio laminar. Según el tipo de célula el resultado puede ser transparente, translúcido u opaco.

Otro tipo de soluciones especiales en curtain wall son la doble piel, este sistemas se conforma con la suma de dos pieles una exterior sencilla, que forma un vacío por delante de la piel interior mas compleja.

Las mejoras son muchas:

- La presión del viento disminuye permitiendo abrir ventanas incluso en pisos altos, posibilitando la ventilación natural y disminuyendo los costes de aire acondicionado.

- La pérdida de calor por convección baja sustancialmente.

El sistema de doble piel permite colocar en la cámara sistemas de control solar que puedan utilizarse mediante un intercambiador en el sistema de calefacción. También pueden contener elementos regulables de sombreado, o bien inyectar aire a presión que asciende al calentarse, eliminando el calor acumulado en la cámara y se extrae por aberturas en la parte superior de ésta. También la cámara puede ser con ventilación forzada, el aire caliente se extrae de los ambientes y se inyecta a la cámara donde se calienta aun más, debido a reirradiación del vidrio antes de ser introducido al sistema de aire acondicionado. Esto permite mantener temperaturas más altas en las épocas frías sin necesidad de utilizar el sistema de calefacción.

3.7 Componentes que hacen a un curtain wall inteligente

El curtain wall (grafico 1) de un edificio inteligente cuenta con:

- Control de radiación solar
- Control de acondicionamiento de aire y ventilación
- Control de limpieza

El control de radiación solar, controla los dispositivos de oscurecimiento, como estos cuentan con elementos de accionamiento mecánicos comandados por una central inteligente que elevara o bajara los dispositivos de oscurecimiento de acuerdo con el análisis de los sensores de luminosidad.

Así cuando el umbral de luminosidad sea superado el sensor alertara al control inteligente y este accionara los motores para elevar los dispositivos de oscurecimiento, si así lo creyera conveniente el operador. Cuando el umbral de luminosidad se encuentre por debajo de un umbral luminoso, la operación antes descripta se hará pero ahora alertara para que se bajen los dispositivos.

El sistema de acondicionamiento de aire y ventilación, están controlados por el control inteligente este recibe información por medio de sensores de temperatura y calidad de aire.

En el caso de que el sensor de temperatura indique un aumento por encima del índice de confort este enviará la señal al control inteligente.

Este indicara al operador, el operador analizará con la ayuda de los recursos informaticos si activa la ventilación natural, por medio de la abertura automática de exhultorios o si se necesita del accionamiento del sistema de aire acondicionado.

Con el descenso de la temperatura ocurre lo mismo, en este caso el operador deberá analizar si enciende los equipos de aire acondicionado o si utilizará sistemas pasivos de calefacción como puede ser un sistema de doble piel con cámara de aire a presión.

En caso que la advertencia se da por el sensor de calidad de aire, el operador decidirá dependiendo de la época del año, hay dos alternativas:

- 1) Si época de verano con solo accionar la apertura automática de exhultorios resuelve el problema.
- 2) Si es invierno la decisión será en función de las temperaturas exteriores.

El sistema de limpieza de curtain wall es un hecho que muchos no contemplan a la hora de diseñar una fachada de este tipo.

Tales fachadas están expuestas a los fenómenos climáticos (lluvia, viento, sol) y estos deslucen la apariencia del cerramiento.

Es por eso que periódicamente necesitan de mantenimiento. Tradicionalmente este mantenimiento se hace por medio de operarios en forma manual. Pero países de avanzada han innovado en este campo debido a que el mantenimiento tradicional es muy riesgoso y anti-económico.

La innovación viene de la mano de la robótica. Se desarrollaron robot que contienen un equipo compacto de limpieza que se maneja desde un comando a distancia computarizado y enlazado al control inteligente del edificio.

Este sistema compacto de limpieza consiste en un equipo de cepillos circulares y un secador por aire.

El robot se desplaza tanto en el sentido horizontal como en el vertical. En el sentido horizontal lo hace por medio de un riel colocado en la azotea del edificio. En el sentido vertical el robot cuelga del soporte que se desplaza en sentido horizontal. A medida que desciende va limpiando el curtain wall. A cada extremo el robot tiene una ruedas que se deslizan por guía colocadas en la estructura y separadas por el ancho de un modulo de limpieza. El sistema puede ser programado o bien accionarse manualmente.

Capítulo 4: Ejemplos



Edificio Commerzbank en Frankfurt de Norman Foster, 1991 a 1997.
Torre de 50 pisos de 195 metros.

La propuesta principal para proyectar el edificio Commerzbank era que debía ajustarse al máximo de los criterios de ahorro energético y calidad ambiental.

Esto no solo se basaba en resolver los problemas de la fachada, sino que dicha cuestión se conjugaba con la cuidadosa distribución de los espacios y la estructura del edificio.

El edificio se arma en una planta triangular dividida en tres sectores, dos de oficinas y un sector de jardín. El centro es ocupado por el atrio que queda vacío.

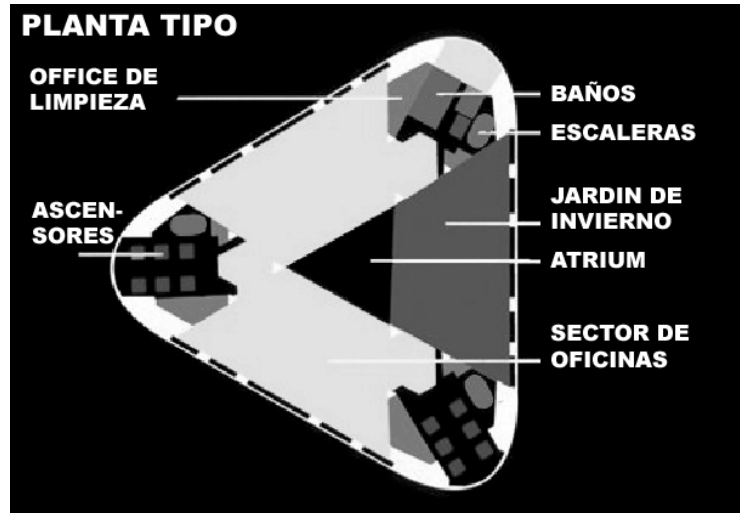
Cada jardín ocupa tres niveles y se distribuye en espiral en toda la altura del edificio, en torno al atrio central, con el cual están comunicados, de forma que todas las oficinas interiores tengan ventilación y luz natural.

Para evitar el efecto chimenea, el atrio central se a compartimentado mediante forjados de vidrio situado cada doce niveles, dividiendo así a la torre en tres partes que funcionan como pequeños "pueblos" apilados, cada uno de ellos con tres jardines de diferentes orientaciones y vegetación.

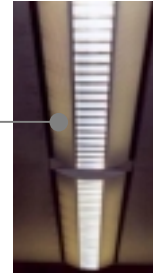
Los jardines orientados al sur poseen árboles y plantas autóctonas del mediterráneo (por ejemplo olivos) y los orientados al este y al oeste contienen vegetación de origen asiático y de América del norte.

Los espacios verdes están cerrados al exterior por medio de paños de vidrio, pero que disponen de apertura permitiendo el paso del aire a voluntad.

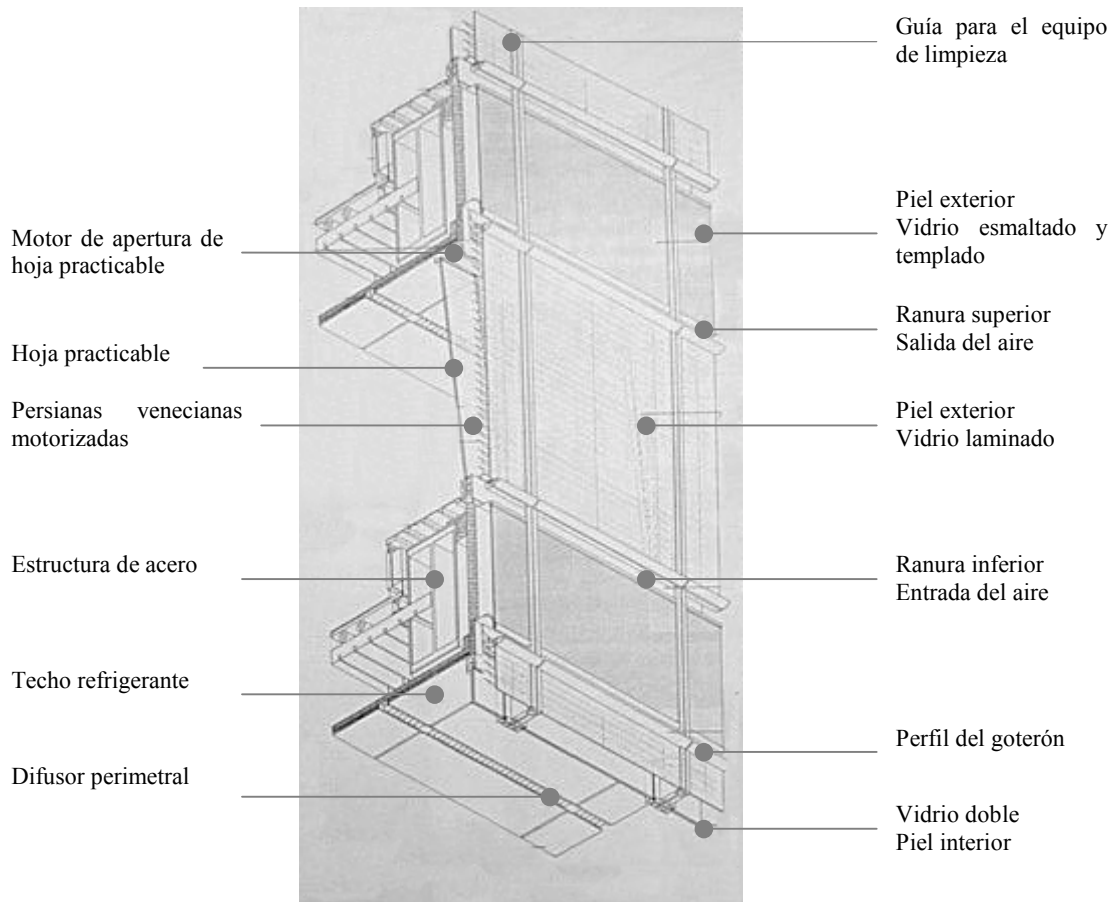
Posee sistemas de climatización pasivos e incluye un sistema de refrigeración por techo.



El sistema de refrigeración por techo tiene las salidas a los costados de los artefactos de iluminación.

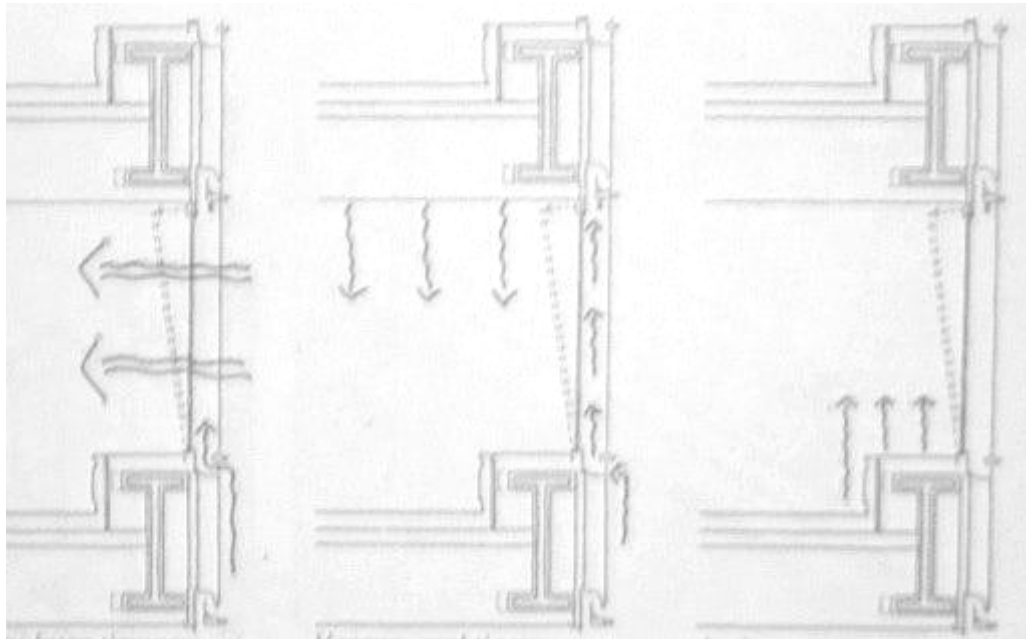


El sistema de revestimiento de la fachada es una triple piel de curtain wall que consiste en una cavidad ventilada dispuesta entre un doble acristalamiento, de paños de vidrio aislante y una piel simple exterior, que protege al edificio de la intemperie actuando como un amortiguador climático.



La doble piel interior posee ventanas de doble acristalamiento que pueden ser abiertas individualmente mediante un sistema mecánico o de forma manual. La tercera piel exterior permite el paso del aire a través de ranuras horizontales. Por paño hay dos ranuras, una ubicada en el extremo superior y la otra en el extremo inferior, la ranura superior elimina el aire del interior y la ranura inferior permite la entrada del aire exterior.

De acuerdo con los criterios de eficiencia energética el sistema de acondicionamiento combina las ventajas de la ventilación natural y mecánica, para conseguir en todo momento un clima confortable y a la vez controlable por el usuario.



Verano: Buen tiempo

Verano: Mal tiempo

Invierno

Como se dijo los abertamientos de las oficinas pueden ser abiertos por el usuario pero son controlados por el sistema inteligente del edificio.

El sistema no solo controla estos abertamientos, sino que también las ventanas de los jardines. La apertura o el cierre (en el caso de las ventanas del jardín) o la autorización (en el caso de las ventanas de las oficinas) de acuerdo a la información recibida desde las diez estaciones meteorológicas distribuidas en el edificio, estas envían información sobre la velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad.

La ventilación natural se puede realizar gran parte del año, y cuando esta se realiza se apaga automáticamente el aire acondicionado.

Una luz mantiene informado a los usuarios de las condiciones climáticas, esta se ubica en el panel de control de cada oficina. Cuando la luz es roja, la ventilación mecánica esta en marcha y las ventanas están bloqueadas, cuando la luz es verde el sistema esta en modo natural y las ventanas están libres.

Cuando la temperatura exterior es mayor a 25° C o menor a 3° C se utiliza la ventilación mecánica.

Para reducir la radiación solares directa que inciden sobre la fachada se colocan persianas de lamas, ubicadas entre la segunda y la tercera piel, minimizando con ellas la carga de refrigeración y consumo energético. Se estima que este sistema de lamas podrá reducir el gasto de energías en un 10%, estimando un ahorro anual de 350.000 marcos. Estas persianas también pueden ser accionadas mecánicas o manualmente.

Las operaciones de accionamiento ya sean de ventanas, iluminación y sombreado pueden hacerse desde el panel de control u ordenados desde la central inteligente.



Ventana de las oficinas periféricas

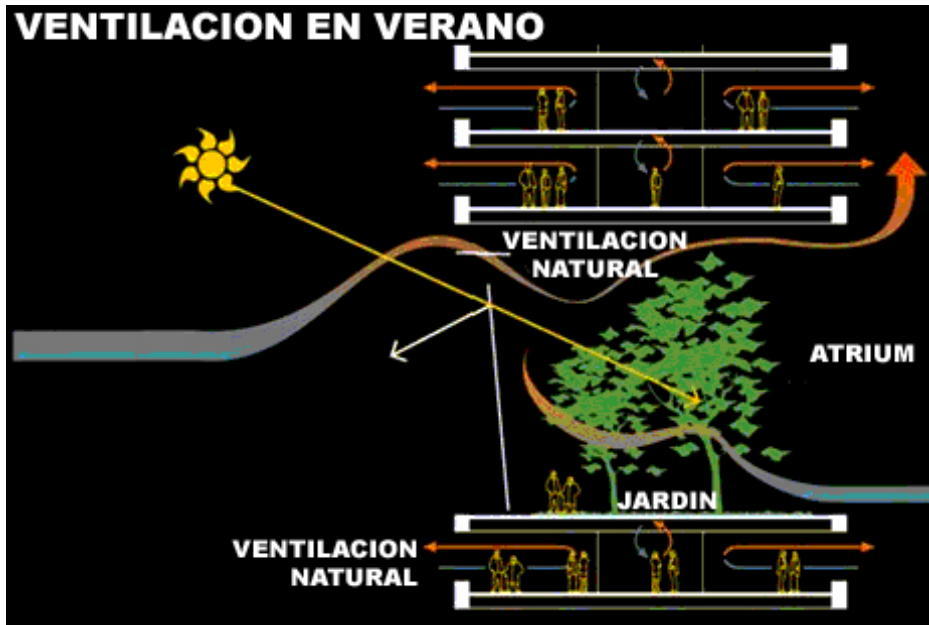


Ventana de uno de los jardines

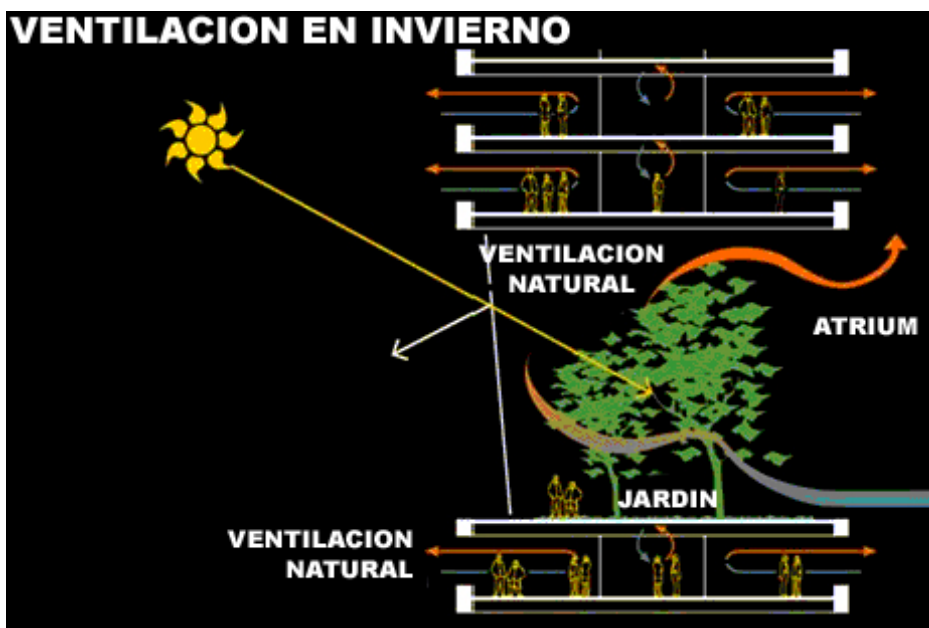


Panel de control





En verano las ventanas de los jardines, si el tiempo es bueno, se abren, el aire ingresa y refresca el ambiente. A la vez que el aire caliente del atrio, ingresa a los jardines y se reduce su temperatura.



En invierno las ventanas de los jardines se mantienen cerradas la mayor parte del tiempo los rayos de sol mantienen una temperatura agradable en el interior que permite acondicionar el aire frío proveniente del atrio

El sistema inteligente con el que cuenta el edificio contiene 30.000 dispositivos de regulación, desde sensores de luz hasta válvulas para el sistema de calefacción, que se conectan entre sí y con la central inteligente mediante una red de cableado estructural de fibra óptica.

El sistema inteligente puede actuar automáticamente en casos extremos, en donde el viento, el frío son muy fuerte o llueve cerrando las ventanas. De la misma manera que durante la noche abre las ventanas para permitir la ventilación total del edificio, es mas, ante la ausencia de personas en los ambientes, los detectores de movimiento, se activan y apagan las luces. Otros detectores, como los de luz y calor, regulan las persianas y los sistemas de calefacción y refrigeración manteniendo el confort de los ambientes consiguien-

do un ahorro de energía considerable. En invierno se utiliza un sistema periférico de calefacción con control termostático, este se complementa con el calor del sol, que se toma desde la cámara entre las pieles, así se reduce el gasto por calefacción.

A la hora de proponer los sistemas pasivos como parte del sistema integral de acondicionamiento e iluminación se estimó un consumo promedio de 13.000.000 de kv/h., pero el consumo real es en promedio de 10.000.000 kv/h. Esto demuestra que el consumo es menor que otros edificios, con únicamente sistemas tradicionales donde el consumo anual promedia los 17.000.000 kv/h.

Biblioteca Pompeu Fabra en Mataró de Miguel Brullet, 1997.

El elemento que la caracteriza y la diferencia es la utilización de paneles fotovoltaicos integrados a la fachada y la cubierta.



La energía fotovoltaica no es realmente una nueva tecnología, aunque conocida desde hace unos cuantos años, algunos obstáculos impiden su penetración total en el mercado, tales como su costo o la producción de paneles de gran escala.

La ciudad de Mataró ha aprovechado la construcción de esta biblioteca para experimentar este tipo de fuentes renovables y crear un edificio prototipo para mostrar estas tecnologías crecientes. Ya que esta ciudad se adhirió a la carta de las ciudades europeas hacia las sostenibilidad, carta de Aalborg, en 1996.

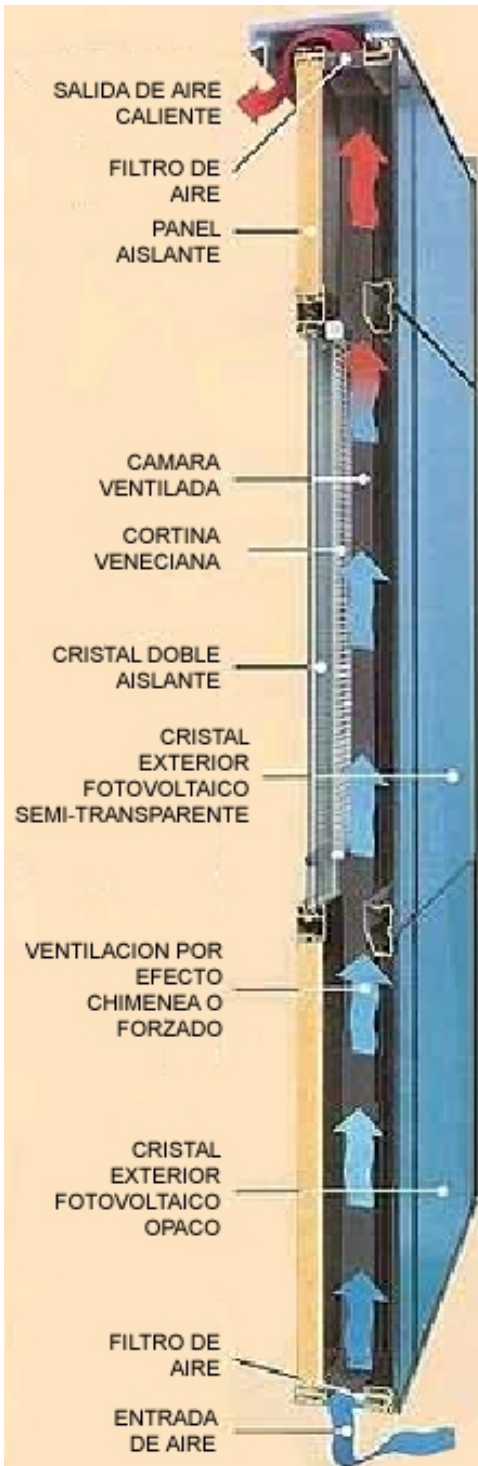
De esta manera se incorporó a la campaña europea por otras ciudades comprometidas por el desarrollo sostenible una de las primeras acciones al adquirir estos compromisos elaboraron un Plan de Acción Ambiental donde esta ciudad se compromete a difundir el uso de energías limpias y renovables, contemplando acciones en pro del ahorro energético:

- Alumbrado Público utilizando lámparas de bajo consumo.
- Diagnostico energético de los edificios públicos.
- Incorporación de sistema de bajo consumo energético en los edificios municipales.

La ciudad de Mataró ha querido demostrar, con este edificio prototipo, el uso de la energía solar no solo es factible sino que es rentable.

El edificio tiene en cuenta la incorporación de un sistema para generar electricidad y energía térmica para calefacción, buscando un óptimo equilibrio entre los factores de energía, confort, iluminación interior, estética y economía.





Se emplaza en una planta rectangular, la fachada de mayor superficie se orienta al sur, esta contiene las células fotovoltaicas.

La fachada se basa en un muro-cortina de cámara ventilada con células fotovoltaicas de silicio policristalino azul en su interior. A su vez, en la cubierta, los módulos fotovoltaicos revisten el faldón de los lucernarios orientados al norte.

El cerramiento esta compuesto por paños de vidrio opaco y semitransparente. Estas fachadas obtienen la semitransparencia por la disposición de la células policristalinas cuadradas, las cuales dejan un espacio de 1,4 cm entre las líneas horizontales y verticales. Estas bandas trasparente se extienden a lo largo de toda la fachada.

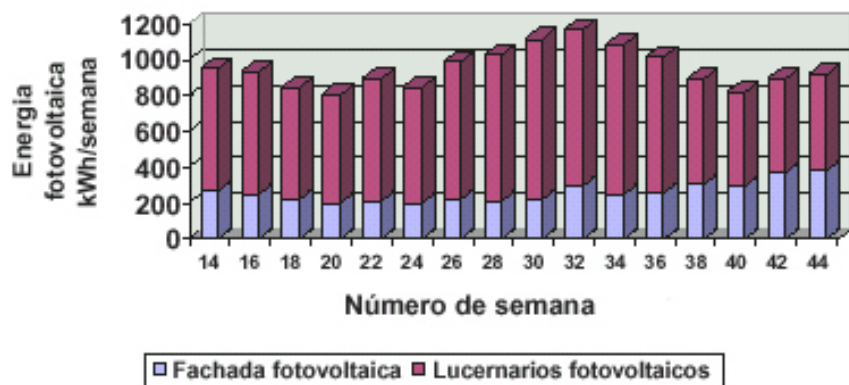
La propia piel de la fachada actúa como amortiguador térmico, resguardando el interior del edificio. Estos módulos están separados 15 cm del cerramiento formando una cámara destinada a refrigerar las células FV y a producir, al mismo tiempo, aire caliente.

Mediante convección natural se hace circular el aire calentado pudiéndose utilizar distintamente según necesidades: durante el verano el aire se evacua hacia el exterior aumentando el aislamiento del edificio y en invierno el aire calentado es impulsado mediante ventiladores hacia el sistema de calefacción convencional. La existencia de este sistema permite un ahorro del 30 % de energía.

La universidad de Barcelona en colaboración con el ZSW de Stuttgart a desarrollado un sistema de control informatizado (monitoring) que nos permite acceder a datos precisos. El análisis de datos, correspondiente a 7 meses, nos indica que el sistema FV de la biblioteca trabaja con un coeficiente de eficiencia del 62 %, del valor satisfactorio teniendo en cuenta el estado tecnológico de las FV en nuestros días.



Energía eléctrica enviada a la red semanalmente



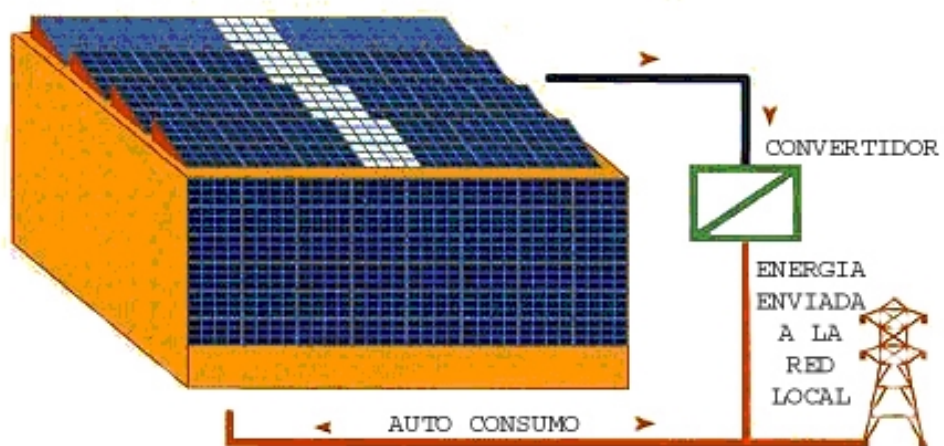
En el gráfico podemos contrastar la producción de energía de la fachada y de los lucernarios, diferenciándose por el ángulo de exposición de los módulos. En invierno con el sol bajo, la fachada obtiene un rendimiento similar a la de los lucernarios, pero en verano, con el sol alto, la eficiencia de los paneles de la cubierta casi triplica el rendimiento de sus homólogos de la fachada.

El edificio cubre una parte importante de sus necesidades energéticas a lo largo del año. Un contador mide la energía producida y otro la consumida por el edificio. En el cuadro siguiente se puede ver la producción total anual (fachada y lucernario) según datos de la propia compañía eléctrica ENHER.

periodo	1996 (7 meses)	1997	1998	1999
producción (MWh)	29.6	40.6	47.2	42.5

No solo contribuye con las necesidades energéticas de la biblioteca, sino que envía una parte de la producción a la red eléctrica local.

A todo esto hay que añadirle la contribución del sistema térmico para el ahorro de calefacción estimado en un 30%. El sistema eléctrico de la biblioteca evita cada año la contaminación de 55 toneladas de CO₂, 500kg de CO₂ y 200 kg de nitratos.



UBICACION	TIPOS DE CELULAS	POTENCIA/HORA PRODUCIDA
Fachada	Policristalinas	20.088 w
Techo	Monocristalinas	23.400 w
Techo	Policristalinas	6.900 w
Techo	Amorfas	2.400 w

Los paneles fueron armados en fabrica y ensamblados a la fachada por unidades.

Las células fotovoltaica no son un mero revestimiento, sino que son un elemento constructivo integrado. Así, la tecnología y la arquitectura se pueden ver como conceptos convergentes.





Edificio Menara Mesiniega en Selangor, Malasia de Ken Yeang, 1992
Torre de 10 pisos.

Este edificio se estructura de forma tripartita:

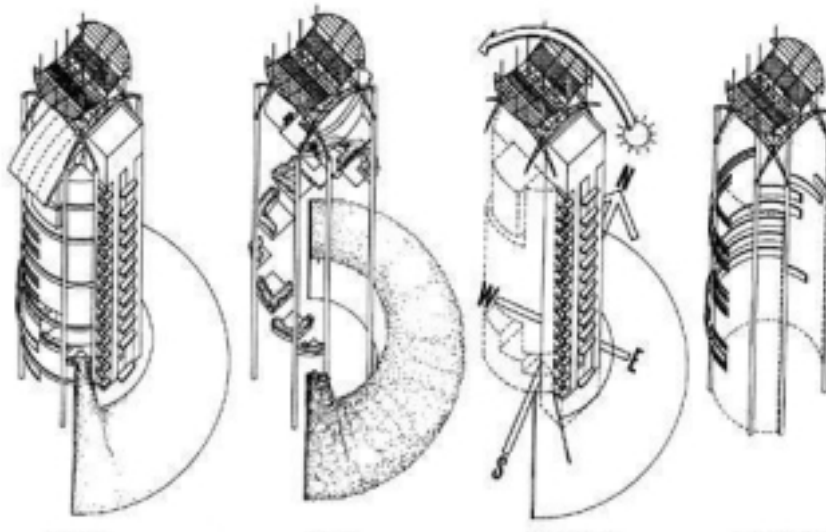
La base ancha, de tres alturas, contiene el acceso y abraza en forma helicoidal al edificio. Se la denomina base verde pues esta constituida por una losa inclinada cubierta por vegetación, que permite la integración del edificio al terreno.

El cuerpo se desarrolla dentro de una estructura cilíndrica de diez pisos, la particularidad del cuerpo es que esta ajardinada comenzando en la base verde y pasa de forma espiralada entorno al edificio.

La coronación esta dada por una terraza cubierta por parasol que contiene una estructura de acero con paneles de aluminio. Y provee en un futuro la colocación de celdas fotovoltaicas sobre dicha estructura.



Su diseño se fundamenta en conceptos bioclimaticos tales como el estudio del entorno, el clima, la vegetación y la manera de construir del lugar. Estos conceptos permiten reducir los costos de energía, minimizar el impacto del excesivo sol y el uso de energía pasiva.



Reducir los costos de energía

Este edificio no solo recae en las soluciones mecánicas tradicionales del sistema de aire acondicionado, calefacción y luz artificial; Si no que también plantea nuevas alternativas tales como:

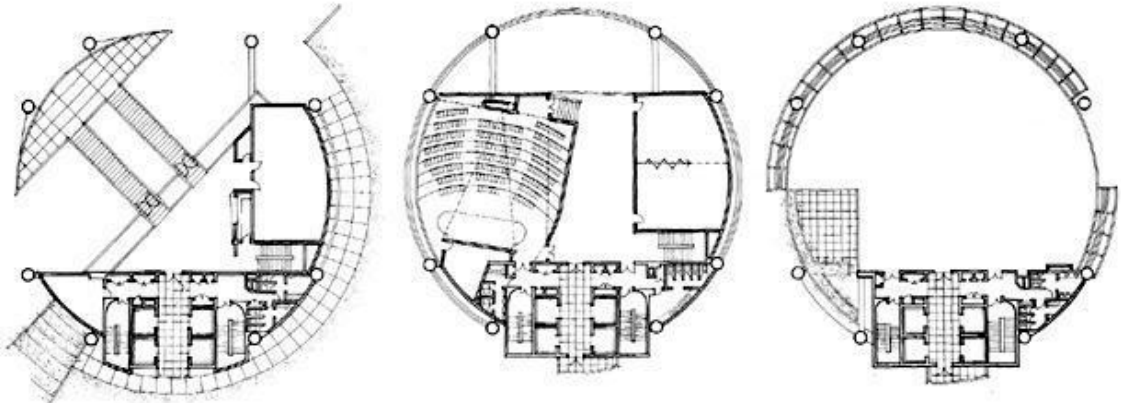
- Apertura automática de ventanas que son accionadas de acuerdo a la lectura de los sensores de temperatura y medidores de intensidad de viento.
- Máximo aprovechamiento de la luz solar, al utilizar curtain wall de vidrio en las fachadas norte sur y oeste. Y ventanas en la fachada este donde se agrupan los servicios. Las oficinas del centro también son vidriadas para poder utilizar en ellas la luz natural.



- Estudiar la incidencia del viento, esto también determina los rasgos del diseño, debido a que es usado para la ventilación interior.

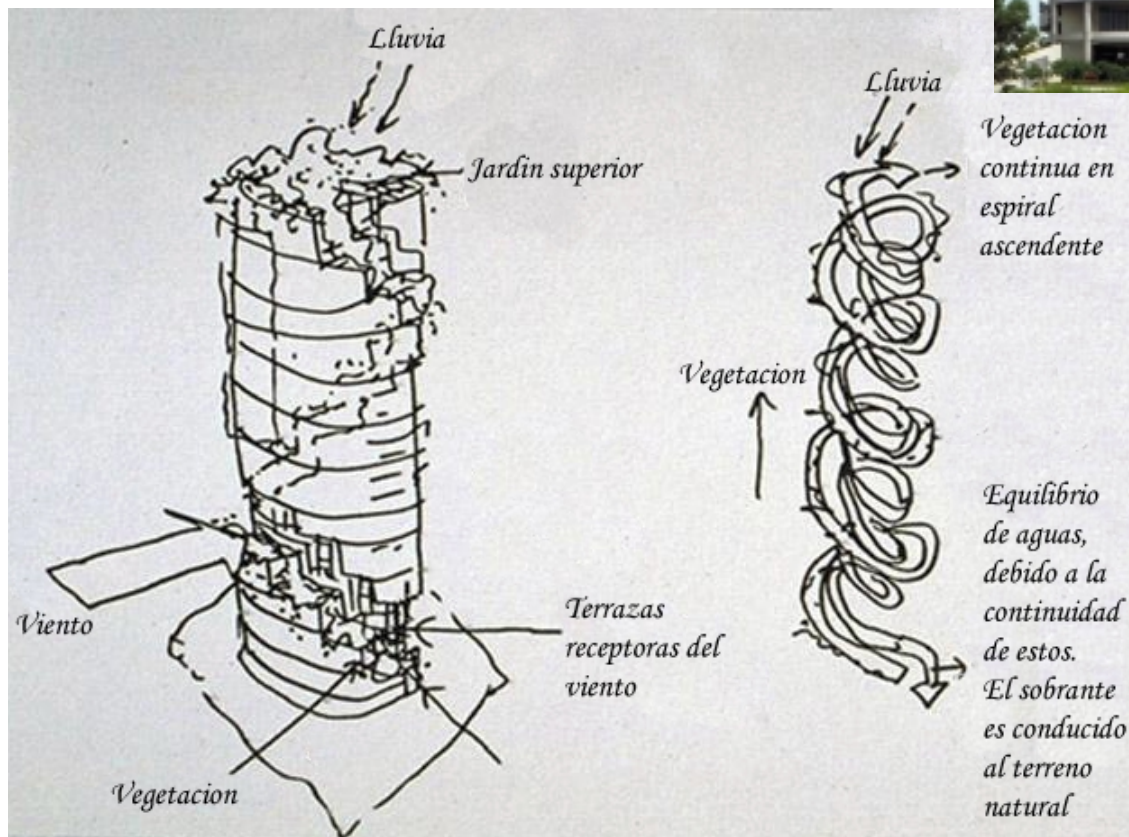
Minimizar los costos del impacto del sol:

Cuando hablamos de que el planteo del edificio responde a la orientación con respecto a la luz del sol, es que dispone el área de servicios del lado este para amortiguar los rayos del sol de la mañana y dispone las oficinas con orientación oeste sur y norte, evitando consumos excesivos de energía para refrigerarlas.



Además al no disponer los servicios en el centro de la planta, si no en uno de sus lados permite la iluminación y ventilación natural de estos ya sean baños, escaleras y hall de ascensores.

La vegetación, en los jardines que abrazan al edificio, permiten atenuar los efectos del clima tropical actuando como regulador natural de temperatura, humedad y como renovador del aire en el edificio.



La piel del edificio también se diseñó en función del impacto del sol ya que se usó un curtain wall combinado de vidrio en el norte y en el sur, y protección solar en la fachada oeste.

El diseño de esta protección tiene dos variantes:

- Placas de aluminio que detienen a la mayoría de los rayos solares
- Lamas de aluminio que dejan pasar parte de los rayos.



Uso de energía pasiva:

Al utilizar:

- Jardines como regulador de temperatura, humedad, protectores solares y filtradores del aire.
- Superficies vidriadas, que permiten captar mayor luz natural.
- Posibilidades de abrir ventanas para la ventilación natural.
- Proyectar en la terraza del edificio una estructura que permite instalar celdas fotovoltaicas para generar electricidad para consumo del edificio.
- Protectores solares en las fachadas oeste y este para reducir la radiación y evitar el consumo excesivo de aire acondicionado.

El edificio cuenta con un sistema inteligente que permite integrar los distintos sistemas y así reducir el costo energético.

Torre RWE en Esse de Overdiech Kahlen, 1994 a 1996. Torre de 30 pisos de 120 metros.

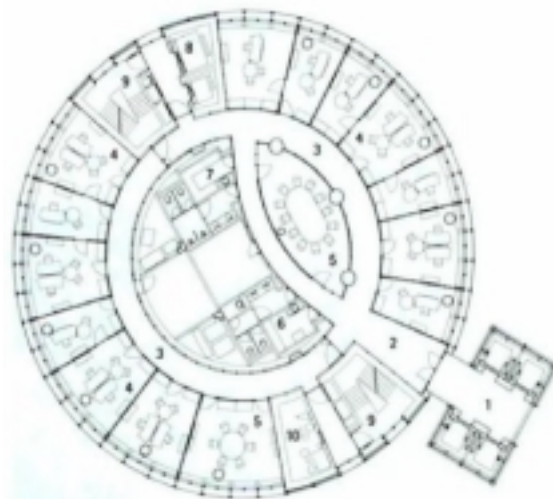
Los objetivos básicos de partida para el diseño era reducir los costos energéticos y crear un ambiente laboral grato y saludable, que tuviera la posibilidad de ser climatizado ventilado e iluminado naturalmente de forma individual por los usuarios.

Se conforma por un volumen cilíndrico de treinta pisos, 120 de altura, que para aprovechar al máximo toda la superficie se sacó el núcleo de ascensores al exterior, organizándolos en una esbelta columna rectangular conectada al volumen principal.

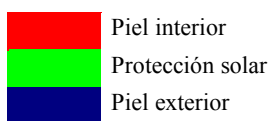
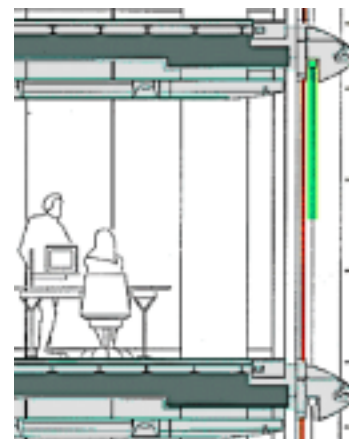
El paquete de servicios y otros ascensores se encuentran en los extremos de uno de los ejes diametrales.

Esto permite aprovechar el centro de la torre para oficinas, salas de reuniones y baños. La iluminación del centro del edificio se consigue a través de los claristorios abiertos en la tabaquería de los despachos del perímetro.

El elemento fundamental del proyecto es la compleja piel que conforma la fachada.



El sistema de ventilación natural que utiliza es conceptualmente muy similar al de otras torres ecológicas. Y consiste básicamente en una primera piel interior en donde se sitúan los paños practicables y una segunda piel exterior que protege la otra interior de las inclemencias del tiempo y permite la entrada del aire y salida a través de ranuras horizontales. El sistema de protección solar se sitúa entre ambas capas. Esta piel le permite respirar al edificio.



El proyecto también se basó en amplios estudios sobre la optimización de la ventilación natural controlada. En el caso de las torres cilíndricas la velocidad del aire son superiores a la presión del viento con lo que se consigue fácilmente la circulación vertical del aire y a la vez la ventilación diagonal en todo los pisos.

La doble piel contiene en su interior una cámara de 50 cm de ancho, esta cámara se particiona tanto en vertical como en horizontal.

En vertical a través de lamas de vidrio fijas, colocadas en la línea impuesta por la modulación exterior de la fachada.

Estas lamas son de dos tipos unas perforadas en la parte inferior y las otras en la parte superior. Estos dos tipos se intercalan en todo el perímetro, de esta manera se garantiza la ventilación en diagonal y evita que el aire viciado entre en el interior.

Las lamas permiten controlar la ventilación evitando corrientes de aire fuerte a través de la cámara en todo su perímetro.

En horizontal se divide por bandas llamadas «bocas de pescado», por su sección en corte, que se colocan a la altura de las losas. Estas bandas permiten el ingreso y salida del aire exterior a la cámara a través de las ranuras que poseen.

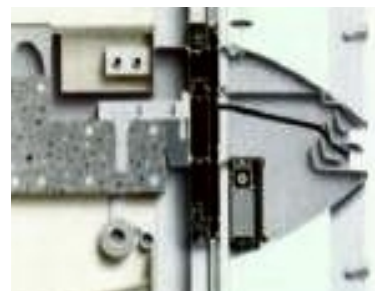
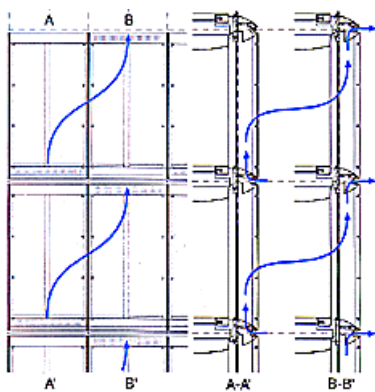
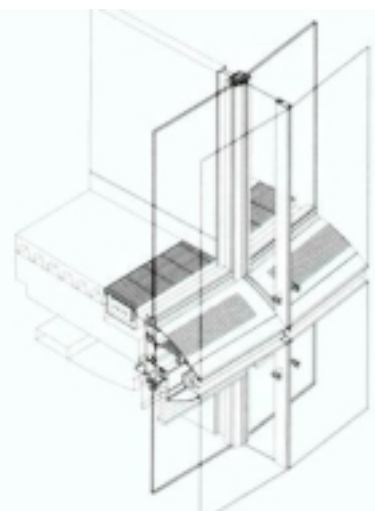
Estas «bocas de pescado» impiden que el aire que previamente a pasado por un piso, no pase al otro, así se evita la saturación del aire. El aire que toma del exterior es ajustado a una velocidad conveniente para evitar ráfagas o ruidos molestos.

Se hace más lenta en caso de que la velocidad del viento sea muy fuerte, mientras que le da más fuerza si no hay mucho viento. Por supuesto que la lluvia no accede a la cámara gracias a la información recibida por los sensores dentro de la abertura.

El tamaño de la «boca de pescado» varía su tamaño de acuerdo con la altitud, en los pisos a partir del 16 las bocas son más chicas debido a que los vientos son más fuertes y con menos sección a la entrada de aire se logra la misma ventilación que en los pisos inferiores donde los vientos no tienen tanta fuerza así se consigue una ventilación uniforme en todos los pisos.

La piel exterior es continua y las bandas quedan por detrás de los paños de dicha piel, solo se evidencia las ranuras de las bandas.

La piel interior se componen por paños practicables, que van desde el piso a el techo y pueden abrirse hasta 15 cm para poder permitir la ventilación natural de los ambientes del edificio.



La fachada exterior se materializa en paños de vidrio de 1,97 m por 3,46 m extra claros templados cada paño se fija por medio de 8 pernos que se fijan a los mullions.

La ventilación y el acondicionamiento del aire es un sistema combinado de acondicionamiento natural con artificial.

El sistema inteligente controla el ajuste de persianas y de ventiladores así como también el acondicionamiento basándose sobre los datos del clima del lugar y las condiciones obtenidas a través de los sensores incorporados en el interior del edificio. Por ejemplo, cuando la velocidad del viento supera los parámetros fijados, como aceptables (10 m/seg) en los niveles mas altos una alarma sonora advierte a los usuarios para que cierren las ventanas; cuando las ventanas están abierta, esta información se trasmite a la computadora central del sistema la cual apaga el sistema mecánico de acondicionamiento.

Cada usuario puede controlar el sistema artificial de acondicionamiento, como el natural desde un panel de control en cada oficina.

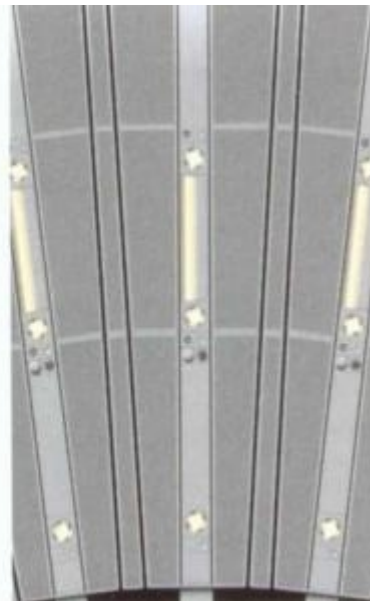
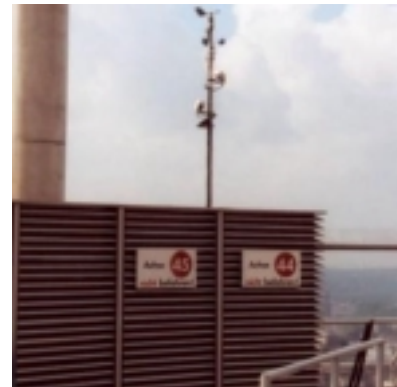
Los datos divulgados por los dueños del edificio son con el consumo de energía para el aire acondicionado son del 30 al 35 menor al de un sistema tradicional.

Con respecto al costo de la compleja piel encontramos que en una fachada tradicional de curtain wall el costo oxila entre el 20 al 24 % del valor total del edificio.

En caso de esta fachada el costo fue del 30 % del total de la construcción incluyéndose las persianas eléctricas. Este tipo de soluciones tienen un costo inicial mayor pero luego se reducen los costo a lo largo de la vida útil del edificio.



Interior de la cámara, la rejilla permite el ingreso del aire exterior en la cámara.



El sistema de refrigeración mecánica tiene las rejillas de salidas en el techo, y a igual que el panel de control, forma parte del revestimiento interior.



El panel de control forma parte del revestimiento interior

Capítulo 5: Conclusión

Por todo lo expuesto y en virtud de la realidad que impera en el mundo, donde el hecho de habitar un edificio inteligente, en su mayoría de gran altura, es uno de los condicionantes ambientales más importantes que deberán afrontar los habitantes de las ciudades, se hace indispensable la integración de aspectos ecológicos, tecnología y diseño.

Pues el edificar en el futuro no podrá ser viable si no existe dicha integración, que hacen a un edificio sustentable, capaz de adaptarse a las necesidades cambiantes de la sociedad.

Esto debe ser aplicado a cada una de las partes del edificio y tenido en cuenta desde los comienzos del proyecto.

Es por ello que al analizar las pieles de los edificios inteligentes lo hago desde el aspecto sustentable.

Una piel sustentable debería tener en cuenta los siguientes factores:

- Entorno
- Diseño
- Tecnología
- Costos
- Eficiencia energética

Entorno:

Tiene como estudio al entorno mediato y a la parcela a construir.

Del entorno mediato debe tenerse un conocimiento exhaustivo, desde en comienzo del proyecto, estudiar las características topográficas, vegetación y clima ya que esto será determinante a la hora de elegir y diseñar la piel, logrando así que esta sea eficiente. Cada lugar en función de sus características tendrá una respuesta diferente.

De la parcela en donde se construirá, se tendrá en cuenta la orientación y la incidencia del sol de los que se desprende datos de periodos de sobre-exposición solar, periodos de óptimo aprovechamiento solar, patrones de soleamiento en las distintas épocas del año. A cada fachada le corresponderá un estudio y por consiguiente un diseño de acuerdo a su orientación.

Pues en nuestros días existe una tendencia a usar modelos pre establecidos por el uso de tendencias arquitectónicas que lejos están de dar una respuesta eficiente con respecto al entorno y en virtud del medio ambiente.

Diseño:

Como vimos en la variable del entorno la arquitectura moderna no tenía en cuenta el medio ambiente, el diseño era cerrado en si mismo dando solo soluciones de programas y funciones. Cuando tenía que dar respuestas problemas del entorno, clima y orientación se recurría a la tecnología como única respuesta.

Hoy el diseño debe ser interactivo con el medio, la piel paso a ser el lugar de intercambio entre exterior e interior.

Esta no puede ser entendida como un simple cerramiento liviano, sino que debe ser entendida como un complejo sistema, que deje de tener solo la función de cierre, para asumir otras funciones.

El papel de las pieles a pasado a ser un elemento activo del edificio y un componente con funciones múltiples, debido a que es parte de los sistemas de acondicionamiento y ventilación de aire, control solar y de ahorro energético.

Por esto mas que nunca la fachada debe ser llamada piel pues su función es comparable con la de los seres humanos.

Pues entonces el diseño debe entenderse como la variable integradora entre los conceptos ecológicos y los avances tecnológicos. A la hora de diseñar tendremos que tener muy presente todas las variables.

Pero a la variable del diseño le competen de forma directa:

- **La iluminación:** debe el diseño lograr mayor captación de luz natural, cuando mayor sea la superficie vidriada menor será el costo de energía para iluminar, que ciertamente satisfacen los requerimientos de los edificios, en especial los de oficinas, pero siempre y cuando se corrija el sobre calentamiento que se produce en las épocas de alta temperatura. Esto se consigue con la incorporación en el diseño de dispositivos inteligentes de control que actuaran en caso de cambios climáticos, guiados por sensores de temperatura . Estos dispositivos por ejemplo son parasoles convencionales o diseñados por el proyectista para un caso en particular.
- **La ventilación:** debe el diseño permitir la ventilación natural, esto se logra con el diseño de pieles múltiples, que permiten el paso del aire al interior a través de una piel exterior que amortigua los efectos

del viento y deja pasar de forma moderada aire al interior de la cámara, que se materializa entre esta y la piel interior. La piel interior contiene aventanamientos regulables que introducen el aire. Además esto permite no solo utilizar el aire natural para ventilar sino que también es usado para refrigerar y calefaccionar, ya que se pueden integrar sistemas pasivos con sistemas mecánicos de acondicionamiento de aire, logrado por el sistema inteligente mediante dispositivo de control como son los sensores de temperatura y humedad, que en función de las condiciones climáticas y la época del año, se alterna el uso de los sistemas, reduciendo considerablemente el ahorro energético y logrando ambientes mas sanos debido a la eliminación de la hermeticidad.

- **Organismos vivos** : como la vegetación, que ya no se introducen por cuestiones estéticas únicamente, sino que son un aspecto importante y comprometido con el diseño sustentable. Porque tal como ocurrió al principio fueron los vegetales los que crearon la biosfera, que permitieron el desarrollo de los de más reinos naturales. El incorporar determinadas especies de plantas para producir oxígeno en intercambio con el anhídrido carbónico, pueden revertir en 24 horas el 90% de los ácidos volátiles en el aire, como así también los biovertidos generados por las personas. Además los vegetales actúan como reguladores de temperatura y humedad.

La ventilación natural y los organismos vivos logran ambientes mas sanos, por consiguiente se protege la salud de los usuarios.

Tecnología:

Para poder analizar esta variable se hace necesario rememorar la historia de las ultimas décadas.

En primer lugar la arquitectura se encontraba dividida por dos corrientes muy diferentes que parecía poco probable una integración entre ambas.

Por un lado la arquitectura ecológica era la abanderada de los sistemas pasivos:

- Radiación, conducción térmica y convección natural.
- Patios internos como reguladores.
- Muros de gran espesor.
- Edificaciones semi-enterradas.
- Aprovechar la radiación solar como forma de energía.
- Correcta orientación.
- Atrios para favorecer las circulación internas del aire, etc.

Y por el otro la arquitectura moderna, con mayor aceptación, daba respuesta a través de sistemas activos utilizando los últimos avances de la tecnología.

Los sistemas activos adoptados son:

- Aire acondicionado
- Ventilación forzada
- Iluminación artificial
- Hermeticidad de los edificios

La crisis energética, el síndrome del edificio enfermo y una mayor conciencia ecológica trajo como consecuencia una revisión de los paradigmas de la arquitectura, como resultado se produjo una revalorización de lo natural que ocasionó la integración de los sistemas pasivos y activos, conformando una arquitectura ecológicamente mas sustentable.

Dentro de este marco surgen nuevas soluciones y reinterpretaciones de otras ya existentes como son:

- Piel múltiple.
- Ventilación y acondicionamiento del aire a través de la combinación de sistemas naturales y sistemas mecánicos.
- Sensores para detectar variaciones climatológicas y de iluminación.
- Sistema inteligente de control integral.
- Sistemas manuales de control.
- Control de radiación solar.
- Dispositivos de generación eléctrica a partir de la luz solar.
- Regulación del ambiente interior a través de la vegetación.
- Correcta disposición de los ambientes en función de la orientación.
- Ventilación natural controlada a través de dispositivos especialmente diseñados.
- Utilización de materiales con optima relación entre su producción y longevidad.

Costos:

A la hora de analizar la variable costos, es necesario resaltar que esta variable se divide en dos:

- Costos iniciales de construcción
- Costos de mantenimiento y funcionamiento

Su complejidad hace que estas pieles sean muy caras en relación a los costos iniciales, pero con respecto al costo por mantenimientos y funcionamiento, en comparación con las fachadas tradicionales, sumado al resto de los sistemas inteligentes del edificio, como ser los de iluminación, acondicionamiento de aire, etc. reducen aproximadamente hasta un 30% el consumo energético del edificio.

No solo se debe analizar el costo de la piel, sino que además se debe analizar el costo oculto por decisión de diseño como atrios o quíntuples alturas, etc., que en edificios tradicionales, se aprovechan como metros cuadrados construidos, pero que en el caso de edificios inteligentes, mejoran el confort ambiental teniendo un costo que es difícil de cuantificar.

Para hacer un análisis real del costo de estas nuevas soluciones haría falta una ecuación entre costo y beneficio que exceden los fines de este estudio y que dejo para una futura investigación.

Eficiencia energética:

Como nuestro estudio apunta al análisis sustentable debemos tener en cuenta también la gestión de la energía que consiste no solo en el balance energético que se produce en el intercambio de flujos entre el medio ambiente y el edificio ya sea iluminación, ventilación, desechos, etc. Si no también la energía consumida en la materialización del edificio.

Sabemos que a la hora de procesar la materia prima no todos los materiales necesitan la misma cantidad de energía para ser transformados. Por ejemplo la madera es la que menos consume, mientras que el aluminio es la materia prima que mas energía necesita para ser procesados.

Paradójicamente el aluminio es el material mas utilizado en este tipo de pieles.

Entonces para poder hablar de sustentabilidad arquitectónica tendríamos que tener en cuenta todos estos factores para poder organizar una estrategia global de diseño y no soluciones o análisis parciales.

Debo admitir que el estudio no puede ser totalmente concluyente pues no he podido analizar en profundidad las variables de costos y eficiencia energética ya que por su complejidad exceden este trabajo, solo puedo fijar pautas de cómo abordar una futura investigación.

Como conclusión personal después de dicha investigación, considero que estas pieles son justificables siempre que sean diseñadas con conocimientos fundados y no por una simple moda.

Como arquitectos tenemos la grata tarea de edificar el habitat de los seres humanos, pero también la responsabilidad de que nuestras obras no perjudiquen, ni degraden el medio ambiente y la salud de las personas.

Por eso considero que todo nuevo avance de la tecnología aplicado en el campo de la arquitectura con criterio ecológico es muy positivo para colaborar desde nuestro lugar a construir un mundo mejor para las generaciones presentes y futuras.

Bibliografía

Libros

- ASENSIO, Paco. **Ecological Architecture “Tendencias bioclimáticas y arquitecturas de paisaje en el año 2000”**. ED Aurora Cuito. 1999
- Enciclopedia ATRIUM Herrería. **T 5. ED Axil Books SA. Barcelona, España. 1993**
- Enciclopedia ATRIUM Plomería. **T 5. ED Axil Books SA. Barcelona, España. 1993**
- GONZALO, Guillermo E.** Manual de Arquitectura Bioclimática. **Cáp. 4**
- KÖNEMANN, Jan Gymbel.** Historia de la Arquitectura, de la antigüedad a nuestros días. **ED Peter Delius ediciones. 1996**
- SLESSON, Catherine. **Eco Tech Arquitectura high tech y sostenibilidad**. ED Gustavo Gilli. Barcelona, España. 1997
- TOMAS, Héctor. **El Lenguaje de la Arquitectura Moderna**. ED Mc Print ediciones. 1998
- YEANG, Ken. **Proyectar con la Naturaleza**. ED Gustavo Gilli. Barcelona, España. 1999

Revistas

- Ambiente**. N° 83. ED Fundación CEPA. Junio – Julio - Agosto 2000, pág. 26 “Patrones eco-arquitectónico”
- Arquitecto**. N° 12. Mayo 1992, pág. 26 “Commerzbank, a 300 metros del suelo”
- Arquitectura Viva**. N° 57. Noviembre – Diciembre 1997, pág. 28 “Un gigante verde”
- Architectural Record**. N° 73. Marzo 1993, pág. 26 “Tropical Modern”
- Tectónica**. N° 1 Fachadas Ligeras – Envolventes (I) y N° 10 Fachadas ligeras – Vidrio (I) ED ATC Ediciones. 1995, tercera edición
- The Architectural Review**. N° 1152. Febrero 1993, pág. 26 “Tropic Tower”

Diarios

- Clarín, **Suplemento de Arquitectura**. Publicaciones 4/6/2001, pág. 4 y 16/7/2001, pág. 6
- La Nación, **Suplemento de Arquitectura, Diseño y Urbanismo**. Publicaciones 14/3/2001, pág. 3 y 25/7/2001, pág. 5

Páginas WEB

- www.acesem.com/castellano/Paginas/Principal.html
- www.alumafel.es/caed0004.html
- www.anahuac.mx/arquitectura/publicaciones/arqanahuac/07/diseño.html
- www.arq.com.mx/Noticias/Completo/1826.html
- www.arquisolar.com.ar
- www.arquitectura.com/ntecnologia/alar/alar.asp
- www.asksystems.es
- www.bulldnet.es/cristaleria/construccion/index
- www.buscadordecoracion.com/comunidad/notas/edificiosdeoficinas.htm
- www.canalconstruir.com/cast/noticias/fnoti.asp?id=856
- www.cejuela.com/aluminio
- www.colciencias.gov.co/mercocyt/mercocyt/proyectosCB/pvi4.htm
- www.contruir.com/Econsult/construr/Nro55/documento/impacto.htm
- www.cyberambiental.com/suplementos/informes/edificacion_sostenible.htm
- www.ellipsis.com/yeang/text.html
- www.entrerayas.com
- www.habitat.arq.upm.es/bpes/ceh2/bpe13.html
- www.habitat.aq.upm.es/boletin/n14/aequinox_1.html
- www.habitat.arq.upm.es/boletin/n14/amlux.html
- www.habitat.arq.upm.es/es/p3/a017.html
- www.mailweb.udlap.mx/ingrid/ingrid/Tesis_EI/EI
- www.medspain.com/n6_sept99/sedificio
- www.morteybuilders.com/bulding/curtain.html
- www.mte.gob.pe/vivienda/Publicacion/E090.htm
- www.nsg.co.jp/spm/sm8190/sm86_contents/sm86_e_facade_txt.htm
- www.sustainable.doe.gov/español/Spantopicintros/Spgbintro-5.html

www.technal.es/fachadaMC.htm
www.technal.es/fachadas.htm
www.technal.es/mecano.htm
www.usuarios.arnet.com.ar/memariano/ProdSum.html
www.weld.ore.cmu.edu/cdpd
www.1holistica2000.com.ar/ecologia1.htm