ENVOLVENTES: LA PIEL DE LOS EDIFICIOS

JUAN IGNACIO BAIAXAS

Así como la piel en los seres vivos, las superficies envolventes de los edificios regulan las relaciones con el medio. Dentro de ellas, hoy son de especial importancia aquellas relaciones que corresponden a intercambios energéticos (luz, calor, sonido, presión del aire). Tanto la luz como el sonido tienen además una carga cualitativa importante como transmisores de imágenes y mensajes.

Hoy existe una conciencia mundial del calentamiento global y de la contaminación del aire, agua y tierra. Y también una seria preocupación por los costos cada vez más altos de la energía y del agua, y en forma más específica por el altísimo consumo de estos elementos en la construcción, uso y mantenimiento de los edificios.

Por los motivos expuestos, las envolventes de los edificios se han ido perfeccionando para lograr defenderse —aislarse— de condiciones ambientales adversas; también para poder captar energía ambiental o disipar energía en el ambiente.

En los grandes edificios de oficinas, tales envolventes suelen ser hoy productos industriales llamados “muros cortina”. Estos productos cumplen con los estándares de precisión y de eficiencia de las fabricaciones en serie contemporáneas; básicamente consisten en una estructura de apoyo que se ancla a la superestructura del edificio y un sistema de paneles con distintos grados de transparencia u opacidad, que se fija sobre la estructura antedicha por medio de uniones estandarizadas (FIG.01).

La relación de la edificación con la fabricación en serie es antiquísima. Los ladrillos fueron de los primeros productos seriados pero hoy, por sofisticados que sean, su uso no

garantiza estándares industriales modernos en el producto final, ya que para producirlos es necesaria una gran cantidad de trabajo de poca precisión y bajo rendimiento en el sitio de la obra. Solo a mediados del siglo XIX, en edificios como el Cristal Palace de Joseph Paxton (1850-51) aparecieron soluciones propiamente industriales aplicadas a la arquitectura, con elementos constructivos de grandes dimensiones y montaje en seco que mejoraban la precisión y la eficiencia, disminuyendo la mano de obra “in situ” además de lograr cualidades desconocidas de transparencia y liviandad (FIG.02, 03A, 03B). De todos modos, este desarrollo tuvo lugar un siglo después desde que entrara en funcionamiento lo que se considera la primera industria “moderna”: los telares de las manufacturas Reales de Seda de Vaucanson, en 1745. Casi otro siglo después del Cristal Palace, aparecieron en las envolventes industrializadas de los edificios y sus consideraciones de eficiencia energética. Un pionero en el diseño y producción de envolventes industriales prefabricadas modernas con desempeño energético fue Jean Prouvé,

Juan Ignacio Baixas / Arquitecto, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1968. En 1969 realizó estudios de posgrado con Jean Prouvé en Conservatoire National D'Art et Metiers de París. Fue profesor titular en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso entre 1973 y 1990; es socio fundador del estudio de arquitectura Baixas Del Río. Desde 1970 es profesor titular en la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile, de la cual es actualmente director.

FIG.01 Esquema constructivo de un muro cortina tipo: 1. Perfil de aluminio. 2. Componente vidriado DVH (doble vidriado hermético). E. 1: 20. Fuente: elaboración propia.

FIG.02, FIG.03A Y FIG.03B Joseph Paxton. Cristal Palace, Londres, 1851. Fuente: MCKEAN, John. *Crystal Palace: Joseph Paxton and Charles Fox*. Phaidon Press Ltd., Londres, 1994.

FIG.04 Jean Prouvé, 1950. Panel prefabricado en aluminio y espuma de poliuretano para muro cortina. 1. Ventana operable. 2. Panel aluminio y espuma de poliuretano. E. 1: 50. Fuente: elaboración propia.

FIG.05A Y FIG.05B

Jean Prouvé, 1960. Detalle horizontal de sistema de muro cortina (FIG.05a). 1. Refuerzo de aluminio. 2. Ventana operable. 3. Panel de aluminio. 4. Juntas de neopreno. 5. Pasador de nylon. E. 1: 20. Fuente: dibujo de elaboración propia / fotografía de ALLÈGRE, Laurence (ed.). *Jean Prouvé et Paris*. Editions Picard, Paris, 2001

FIG.06 Jean Prouvé, 1960. Muro cortina con quiebrasoles ALLÈGRE, Laurence (ed.). *Jean Prouvé et Paris*. Editions Picard, Paris, 2001

< FIG.05B

quien ya en sus primeros diseños de muros cortina (1950) consideró la existencia de puentes térmicos y las ventajas que plantean las ventilaciones reguladas y elementos de sombra (FIG.04 A 06). Sus diseños se adelantaron a su época y proponían soluciones que siguen siendo admiradas por su ingenio y fineza, aunque el uso de ventanas con vidrio simple y perfiles de aluminio monolíticos que los caracteriza hoy no cumpliría con los estándares habituales del norte de Europa y de Estados Unidos.

Fue precisamente en los países del norte de Europa, de climas fríos y alto consumos energético, donde se generaron los primeros sistemas de envolventes, especialmente adecuados a esas condiciones. Consideremos que la latitud de Berlín es similar a la de Punta Arenas y, si bien el clima chileno se enfría por obra de la corriente de Humboldt, el aporte solar de Punta Arenas y Berlín es prácticamente el mismo. Todo esto da cuenta de la distancia entre esas soluciones y las necesarias en contextos como el de las regiones centrales o del Norte de nuestro país: nuestra capital tiene una latitud similar al norte de África, equivalente a Túnez o Marruecos (33° aproximadamente). En Santiago, la aplicación indiscriminada de modelos estudiados para regiones frías del norte de Europa y EE.UU. ha llegado a tal equívoco que algunos edificios dependen de enfriamiento forzado durante prácticamente todo el año, con el consecuente gasto energético.

Las envolventes para climas fríos se han desarrollado acentuando la aislación, la hermeticidad y la captación directa de radiación solar. En climas templados y con altos niveles de radiación solar el acento debería, en cambio, estar puesto en la generación de sombra y ventilación. La radiación solar directa en los

recintos debería evitarse en épocas calurosas, al tiempo que debería aprovecharse usando mecanismos de acumulación de energía o de devolución de energía a la red.

Observemos que en Chile existen 15 zonas climáticas diferenciadas, debido a la enorme extensión del territorio en el sentido norte-sur y también a las diferencias de altitud y distancia del mar en el sentido oriente-poniente (FIG.07). Este hecho nos exige diseñar soluciones que se adapten a cada una de las zonas climáticas; la zona central de Chile, además de ser la más poblada, tiene veranos calurosos y altos índices de radiación solar a lo largo del año. Si bien sus fríos inviernos exigen cuidar los sistemas de aislación y captación de energía solar, los veranos y la radiación solar alta nos obligan a considerar como fundamentales la provisión de sombra y la ventilación. Lo mismo corre para el norte del país.

Esta provisión de sombra y ventilación en Santiago –incluso en edificios de oficinas en altura– debería ser suficiente para mantener temperaturas de confort en épocas calurosas, sin recurrir a equipos mecanizados de alto consumo. Sombra y ventilación que, salvo excepciones, por ahora no son bien resueltas en edificios y especialmente en las torres de oficinas. Cabe también mencionar que los equipos mecanizados de enfriamiento, por eficientes que sean, generan como resultado final un aporte energético al medio ambiente (segundo principio de la termodinámica) el cual produce inevitablemente un alza en la temperatura del aire exterior y por ende del aire de las ciudades donde proliferan estos edificios. Se genera así un círculo vicioso en que, a medida que sube la temperatura del ambiente exterior, se necesita más energía para bajar la temperatura de los espacios interiores y, por lo tanto, se

disipa más energía al ambiente exterior, y así sucesivamente.

Por otra parte, para la temporada invernal deberíamos considerar sistemas eficientes de aislación, hermeticidad y captación de sol directa e indirecta. En Santiago esto debería ser suficiente en gran parte de los casos para bajar apreciablemente los consumos energéticos en climatización. Hoy dichos consumos rondan los 120 Kwhr/m² al año, mientras la experiencia internacional indica que debería ser posible llegar, mediante el uso de sistemas pasivos, a alrededor de 10 Kwhr/m² al año. Existen otras particularidades importantes a considerar para conseguir buenos índices de confort con bajos consumos energéticos, especialmente en climas mediterráneos y secos como el de Santiago:

Las grandes fluctuaciones térmicas entre el día y la noche hacen recomendable el uso de masas acumuladoras de gran inercia térmica, que regularicen las diferencias en la temperatura interior y las acerquen a las temperaturas de confort (como el volante en un motor de explosión regulariza el giro evitando tirones). La sequedad del aire en las épocas calurosas permite el uso eficiente del movimiento del aire para bajar la sensación térmica y de la

< FIG.07

FIG.07 Zonas climáticas de Chile. Fuente: elaboración propia a partir de la clasificación de Koppen.

FIG.08 Elemento de muro cortina con efecto Trombe de climatización. Fuente: elaboración propia

FIG.09A Y FIG.09B Doble o triple piel de ETFE formando membranas inflables. Fuente: Enric Ruiz-Geli / www.ruiz-geli.com

FIG.10A Y FIG.10B Fachada con control de clima por vegetación: Edificio Alameda Lira, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. Fuente: fotografía del autor.

o quiebra soles se logra un control automático del asoleamiento de los planos verticales, pero es algo más complejo en las caras oriente y poniente en que los ángulos verticales de la luz solar varían a lo largo del día, exigiendo elementos móviles.

Sombreamiento de las caras superior (techo), norte, oriente y poniente. En muros ciegos y en techos el efecto de la sombra puede reemplazarse por la acción de paneles ventilados, en los cuales la capa externa queda separada de la capa interior que lleva la aislación por medio de una cámara abierta que permite la circulación de aire; tal cámara permite tener la capa interior en sombra y ventilada (FIG.08). Aislación y hermeticidad controlada de todas las caras, incluyendo techo y suelo.

Ventilación, que cruce desde una cara fría a una caliente en verano y viceversa en invierno. Acumulación de calor del día a la noche por medio de superficies de captación (por radiación o conducción) y masas de inercia térmica (o cambio de estado).

La evolución de los muros-cortina debería apuntar a sistemas complejos de piezas combinables que permitan diferenciar las distintas orientaciones de las caras y generar las condiciones de luz, sombra, aislación y ventilación que cada circunstancia amerite (FIG.09A, 09B).

La inclusión de soportes elementales para la vegetación (jardineras y mallas), de modo que actúe como filtro solar y humidificador del aire, debería considerarse en los sistemas antedichos. Por décadas se han construido en Santiago edificios habitacionales de alto estándar que incluyen balcones con jardineras, lo cual da cuenta de la factibilidad de tales soluciones (FIG.10A, 10B).

Podemos concluir que los sistemas de envolventes industrializados para edificios deberían ofrecer hoy una cantidad adecuada de alternativas que permitan acondicionar la piel de los edificios a las distintas zonas climáticas y a las distintas orientaciones de acuerdo a criterios contemporáneos de confort y de huella de carbono. +

evaporación para bajar la temperatura real. Otro elemento especialmente adecuado para regular el calor del verano por medio de la sombra y del enfriamiento por evaporación es la vegetación. Las hojas, junto con producir sombra, evaporan agua, bajando la temperatura y humidificando el aire. En invierno esto sería contraproducente, lo cual se resuelve en forma automática usando especies vegetales de hoja caduca.

Otra condición necesaria para las envolventes de un edificio energéticamente eficiente es la de diferenciar las caras de acuerdo con la orientación. En las latitudes del valle

central de Chile las diferencias deberían ser las siguientes:

La cara norte debería privilegiar la sombra en verano y la captación de sol en invierno.

La cara sur debería privilegiar la aislación en invierno y la entrada de aire en verano.

Las caras oriente y poniente deberían considerar sistemas verticales móviles de control solar. En resumen, los sistemas de envolventes, prefabricados o no, deberían considerar los siguientes efectos pasivos:

Captación directa del sol, con regulación invierno-verano. Esto es especialmente fácil en las caras norte, donde por medio de aleros

FIG.09A >

< FIG.10A

FIG.09B >

< FIG.10B