

9. Sistema *STRUCTURA*[®]

9.1 Razón de ser del <i>Sistema STRUCTURA</i> [®]	390
9.2 Descripción del <i>Sistema STRUCTURA</i> [®]	392
9.2.1 Características constructivas	394
9.2.2 Características estructurales	394
9.2.3 Características higrotérmicas	397
9.3 <i>Sistema STRUCTURA</i> [®] para fachadas ventiladas de ladrillo cara vista	398

9. Sistema STRUCTURA®

La aprobación del Código Técnico de la Edificación ha supuesto un hito importante en la manera de concebir, proyectar y resolver una buena parte de las unidades constructivas de los edificios. En este sentido, los cerramientos de ladrillo cara vista constituyen una de las unidades más afectadas por la nueva normativa.

El Código Técnico ha cubierto el vacío legal en el que estaban sumidos los cerramientos de fábrica desde que dejaron de ser muros de carga. En el marco normativo actual esta unidad constructiva se ve afectada por cinco Documentos Básicos: *Seguridad Estructural, Ahorro de Energía, Salubridad, Seguridad en caso de Incendio y Protección frente al Ruido*. Este cambio sustancial en el panorama normativo, contra lo que pudiera parecer, no supone ninguna restricción al uso del ladrillo cara vista como material de acabado de los cerramientos sino que, por el contrario, abre un amplio campo de posibilidades para el uso de este material. Porque, si bien es cierto que las exigencias en cuanto a prestaciones se han elevado considerablemente, sobre todo las relacionadas con la seguridad estructural y la eficiencia energética, no es menos cierto que la misma normativa que impone más requisitos aporta también las vías adecuadas para conseguirlos.

Simultáneamente a la gestación del Código Técnico, los fabricantes de ladrillo agrupados en la *Sección Cara Vista* de Hispalyt, en estrecha colaboración con el Departamento Técnico de GeoHidro, S.A., han llevado a cabo rigurosos estudios para optimizar el empleo del ladrillo cara vista en los

cerramientos de fachada, explorando las posibilidades y recursos que ofrece la nueva normativa. El resultado de estos estudios junto con la experiencia acumulada durante décadas por la empresa GeoHidro, S.A. en la investigación y comercialización de sistemas para fábricas, se han decantado en el *Sistema Structura®*, que constituye una propuesta de extraordinaria simplicidad constructiva para afrontar el reto que supone la nueva normativa con soluciones competitivas y de elevadas prestaciones, para los cerramientos de fachada de ladrillo tradicional.

El *Sistema Structura®* se fundamenta en el aprovechamiento del potencial que tienen los muros de fábrica de ladrillo para ser utilizados como elementos estructurales. La innovación más destacada del sistema es la recuperación del carácter tradicional de las fábricas de material cerámico como elementos portantes de sí mismos. El *Sistema Structura®* utiliza el propio muro de fábrica como elemento estructural fundamental y los elementos *G.H.A.S.®* como recursos adicionales para resolver requisitos de estabilidad, estanquidad y ahorro de energía. El resultado final es una propuesta que concilia la tradición milenaria de las piezas de ladrillo con la innovación y modernidad de una solución que goza de altas prestaciones técnicas y funcionales.

El tipo constructivo que desarrolla el *Sistema Structura®* es el *cerramiento autoportante*, que tiene como principal elemento de sustentación al propio muro de ladrillo y permite el paso de una cámara continua con aislamiento. Las prestaciones estructurales y funcionales que requiere el cerramiento se

consiguen con los elementos *G.H.A.S.®* dimensionados en cada caso para los requisitos de estabilidad, resistencia, estanquidad y control energético exigidos por la normativa.

La posibilidad de disponer aislamiento continuo supone una importante mejora en la eficiencia energética del cerramiento respecto de los sistemas convencionales. El *Sistema Structura®* permite, además, dotar de ventilación a la cámara interpuesta entre la hoja exterior del cerramiento y el edificio, lo que incrementa notablemente las prestaciones higrométricas, incorporando a la fachada de ladrillo cara vista todas las prestaciones de las *fachadas ventiladas*.

El campo de aplicación del *Sistema Structura®* es muy amplio. Con los procedimientos del análisis disponibles en la normativa y los recursos auxiliares disponibles en el mercado, ofrece soluciones viables para una amplia gama de edificios que abarca, desde los destinados a uso residencial o de oficina, con paños de fachada de proporciones geométricas relativamente modestas, hasta los edificios de uso industrial o superficies comerciales, con grandes lienzos de fachada, pasando por obras de carácter singular como revestimiento de túneles o trabajos de rehabilitación.

9.1 Razón de ser del Sistema **STRUCTURA**®

La normativa actual no deja duda acerca de la viabilidad, a priori, de cualquier solución constructiva para los cerramientos de fachada.

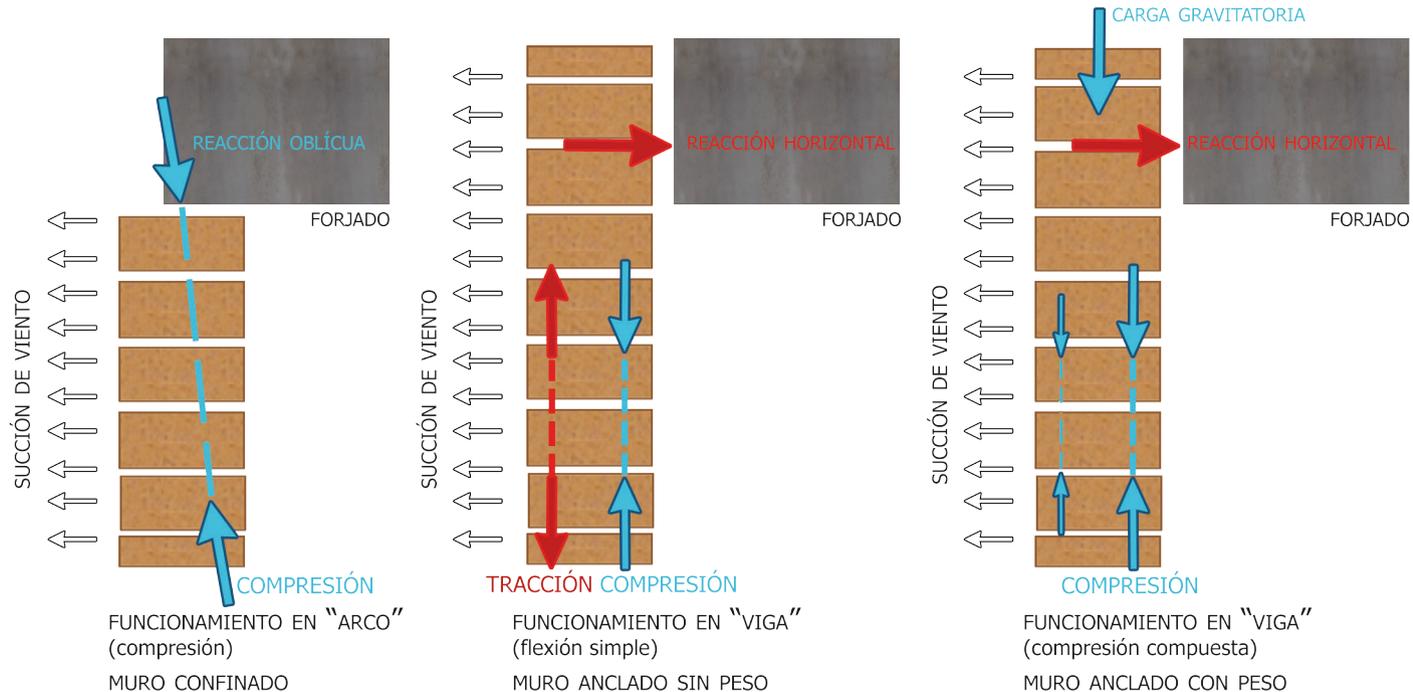
Desde el punto de vista del comportamiento mecánico, los diferentes sistemas que se vienen utilizando para resolver los cerramientos se pueden agrupar en dos tipos fundamentales. El primer tipo corresponde a los cerramientos que se sustentan sobre sí mismos, en el que se pueden incluir todos los concebidos como muros de carga. El otro tipo corresponde a los cerramientos que se sustentan en

los forjados planta a planta, bien por confinamiento cuando se componen de materiales que toleran aceptablemente la compresión, o bien por suspensión como es el caso de los muros cortina, idóneos para materiales que toleran las tracciones.

No cabe duda de que, si el cerramiento está constituido por láminas o piezas de muy pequeño espesor, no existe alternativa posible y su sustentación se debe realizar a intervalos muy pequeños. A veces incluso la modesta distancia entre forjados o soportes resulta excesiva y requieren una subestructura auxiliar para disponer las conexiones necesarias a la estructura del edificio.

Este no es el caso de los muros de fábrica de ladrillo tradicional. No tiene sentido recurrir a dispositivos adicionales para sustentar elementos que han servido tradicionalmente de soporte. Incluso los muros de 1/2 pie de espesor se han utilizado desde tiempo inmemorial para soportar, no sólo su propio peso, sino una significativa carga gravitatoria procedente de los forjados. Y nunca han dado muestras de un comportamiento deficitario cuando su misión estructural era la transmisión de carga gravitatoria. Por el contrario, desde antiguo se sabe que el mejor recurso para resolver situaciones comprometidas en los muros, procedentes de empujes o acciones horizontales, era la aportación de carga gravitatoria *extra*.

MODELOS DE ANÁLISIS DE LOS CERRAMIENTOS SEGÚN LAS CONDICIONES DE SUSTENTACIÓN



Por otra parte, si se exploran y analizan los modelos disponibles en la normativa actual para verificar el comportamiento mecánico de los cerramientos de fábrica, se puede extraer una importante conclusión de carácter general que ya ha sido destacada en el capítulo de “*Requisito de seguridad estructural*”. Esta importante conclusión es que, sea cual sea el procedimiento constructivo que se utilice y sea cual sea el modelo de análisis que le corresponda, la carga gravitatoria es fundamental para el comportamiento mecánico, y siempre tiene carácter favorable ante las acciones horizontales. En los cerramientos confinados la carga gravitatoria es imprescindible para generar *empujes* y en los cerramientos anclados es beneficiosa para contrarrestar *tracciones*.

Este tipo de reflexiones y una mirada hacia la forma de concebir los elementos de fábrica que tenían nuestros mayores son argumentos suficientes para replantear la forma de resolver los cerramientos de ladrillo de los edificios modernos. Si el cerramiento de fábrica se concibe como una piel es un contrasentido encastrarla en la estructura del edificio porque tarde o temprano acabará formando parte de ella. Por otra parte, si la piel está constituida por un material pétreo con suficiente porte, es un dislate intentar suspenderlo como si de una cortina se tratase, por muy sofisticado o ingenioso que sea el artilugio que se utilice para ello. Y, por último, si el material utilizado como cerramiento tiene capacidad para transportar carga ajena, no hay razón para rehuir su propio peso intentando disiparlo en cada planta del edificio con difíciles detalles de encuentro o engorrosos aparatos de apoyo.

De los sucesivos ejemplos analizados en capítulos anteriores se puede extraer como conclusión general que los procedimientos constructivos que tienen como objetivo transmitir el peso del cerramiento a los forjados planta a planta, o que interrumpen de alguna manera la transmisión del propio peso hacia las plantas bajas, aunque pueden ser viables, si se examinan con rigor resultan cuando menos innecesarios siempre que no lo exija el diseño de la fachada, en muchos casos contraproducentes y siempre costosos, bien por la complejidad constructiva que supone el detalle de encuentro del cerramiento con los forjados, o bien por la necesidad de aparatos de apoyo adicionales. Interrumpir en cada planta la continuidad vertical del cerramiento no tiene ninguna justificación desde el punto de vista del comportamiento mecánico, ni tiene tampoco ninguna contraprestación explícita en la normativa.

Las soluciones más sencillas desde el punto de vista constructivo y las más seguras desde el punto de vista del análisis estructural, son aquellas en las que el peso propio del cerramiento se transmite sin interrupción de continuidad a la planta de arranque.

Es importante destacar aquí que el recurso más rentable de todos los incorporados en el DB SE-F para verificar las prestaciones estructurales de los cerramientos es la posibilidad de incorporar el peso en el análisis. Este recurso no supone un coste adicional ni una mayor complejidad constructiva de la solución.

La incorporación del peso del cerramiento como carga gravitatoria es rentable, desde el punto de vista del análisis, porque se consigue incrementar

1 Con la formulación del CTE, hasta un máximo en torno a ocho o diez plantas, el paño de fachada que resulta en mejores condiciones estructurales siempre es el paño de la planta baja.

gratuitamente la resistencia a flexión de la fábrica, lo que permite aumentar el rango geométrico de soluciones viables con espesor de ½ pie; y desde el punto de vista del coste de la solución, por el ahorro en dispositivos auxiliares de apoyo y una enorme simplificación del proceso constructivo.

Procurar que los cerramientos tengan peso, el mayor posible dentro de los límites determinados por su capacidad resistente a compresión, significa recuperar para estos elementos constructivos el máximo potencial que tienen como elementos estructurales portantes de sí mismos. Si la tracción debida a las acciones horizontales se contrarresta con la compresión debida al peso, se reduce en la misma medida y gratuitamente el riesgo de fisuración.

Además, con la fábrica comprimida y la posibilidad de intercambiar flexión horizontal por flexión vertical, se puede eliminar o, al menos, reducir la necesidad de armadura adicional en paños largos. En la búsqueda de optimizar el coste de cualquier solución constructiva no hay que perder de vista que las compresiones en las fábricas se resuelven sin coste adicional; mientras que las tracciones precisan suplemento con armaduras de acero, además de llevar implícito el inevitable riesgo de fisuración¹.

Todo lo anterior viene a confirmar lo que ha sido tradicionalmente la regla de oro del comportamiento mecánico de las fábricas: “cuanto más peso, mejor”.

Estas razones y numerosos análisis realizados para fachadas de ladrillo en diferentes condiciones de sustentación y geometría, constituyen el fundamento del *Sistema Structura*[®] que utiliza como tipo constructivo el *cerramiento autoportante*, cuyas características específicas se han detallado en capítulos precedentes y se matizarán en apartados posteriores.

El *Sistema Structura*[®] para construir fachadas de ladrillo cara vista constituye una muestra de las numerosas posibilidades que ofrece la nueva normativa en la optimización del uso de los materiales cerámicos, con objeto de conseguir soluciones avanzadas en lo que se refiere a sus prestaciones mecánicas y funcionales, utilizando piezas cuya larga tradición supone la mejor garantía de idoneidad para su empleo en la construcción de elementos de cerramiento, y sin necesidad de incrementar sensiblemente el coste del producto final.

El análisis riguroso y sistemático, tanto del comportamiento de los materiales como de los procedimientos que ofrece la técnica actual, para afrontar el reto que supone la nueva normativa, debe producir como resultado la posibilidad de utilizar los sistemas tradicionales con la confianza que proporciona el conocimiento de lo que se utiliza, y aumentar el campo de aplicación de las unidades constructivas con sistemas innovadores y, no por ello, más costosos.

9.2 Descripción del Sistema STRUCTURA[®]

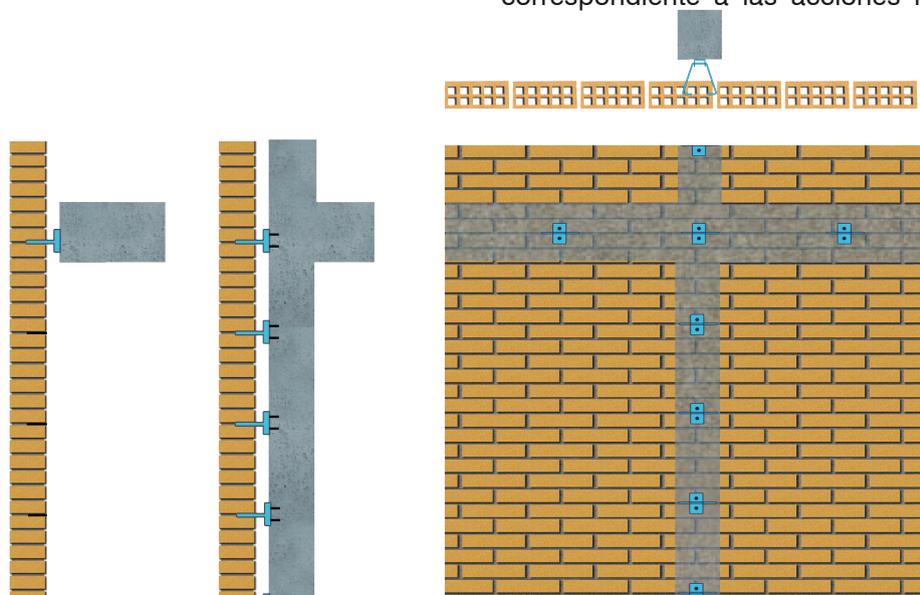
El *Sistema Structura*[®] desarrolla el tipo de *cerramiento autoportante* de ladrillo cara vista, en el que el principal elemento de sustentación lo constituye el propio muro de ladrillo.

El sistema se caracteriza fundamentalmente porque la hoja exterior del cerramiento se construye paralela a la estructura del edificio y la transmisión del peso se realiza a través de la propia fábrica, aprovechando su capacidad resistente a compresión y contribuyendo a la resistencia frente a las acciones horizontales. Las prestaciones que requiere el sistema se resuelven con el procedimiento constructivo *G.H.A.S.*[®] (*GeoHidrol Advanced System*) que aporta los dispositivos auxiliares necesarios para garantizar los requisitos de estabilidad, estanquidad y control energético.

El sistema permite, en los casos en los que se considere oportuno, el paso de una cámara con aislamiento continuo en toda la altura del cerramiento.

Con esta solución se consiguen tres objetivos fundamentales: aprovechar el peso de toda la hoja exterior en el análisis frente a acciones horizontales; mejorar el comportamiento higro-térmico del cerramiento; y eliminar el conflicto constructivo que supone su confinamiento entre los elementos estructurales del edificio.

El único elemento auxiliar imprescindible del sistema, relacionado con el requisito de seguridad estructural lo constituye el dispositivo de anclaje o retención frente a la tendencia al vuelco². Los anclajes cumplen dos misiones fundamentales: garantizan la estabilidad de la hoja exterior, suministrando la totalidad de la reacción correspondiente a las acciones hori-



zontales; y limitan la esbeltez del paño frente al fenómeno del pandeo que constituye, en este caso, una de las principales restricciones del comportamiento mecánico de la fachada en edificios de altura.

Los dispositivos de anclaje deben conectar la hoja exterior a los elementos estructurales previstos para resistir y transmitir las acciones horizontales hasta la cimentación. Se pueden fijar, por consiguiente, a soportes, frentes de forjado o a un muro perimetral exterior.

Para poder analizar rigurosamente este tipo constructivo es muy importante que no exista incertidumbre acerca del valor de la carga gravitatoria asignada al cerramiento. Ello se consigue evitando el efecto de trasvase de carga de los forjados al cerramiento a través de los dispositivos de anclaje, que constituyen el único punto de contacto entre ambos elementos³.

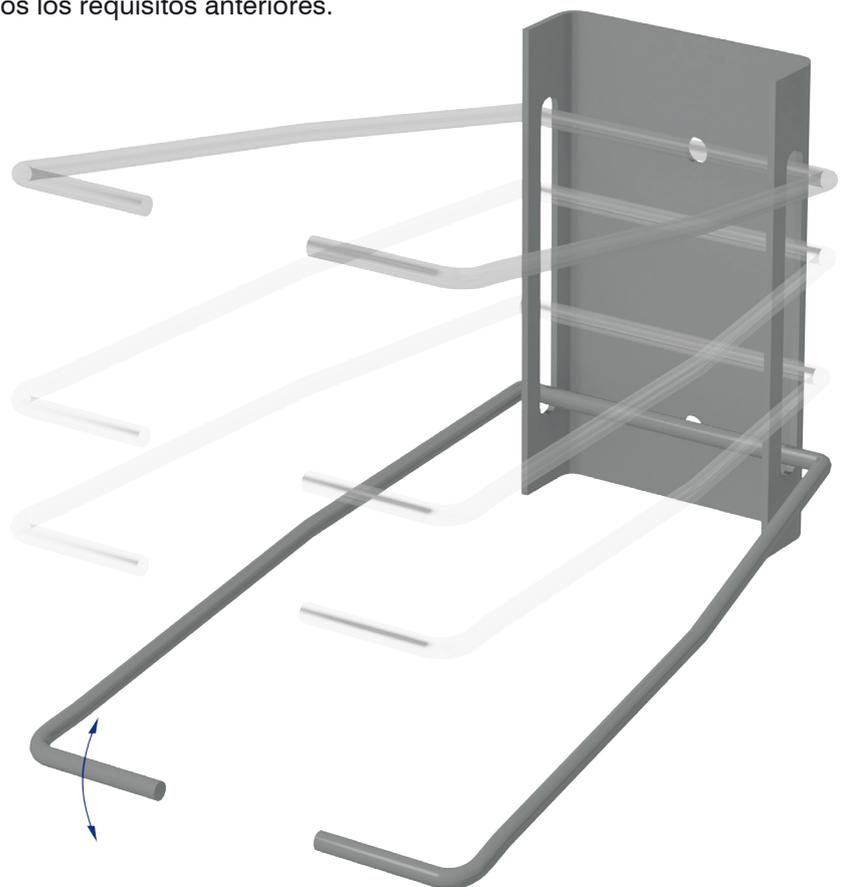
El trasvase de carga se evita impidiendo la posibilidad de desarrollar reacción vertical en la sustentación. Por esta razón es fundamental, para conseguir que los esfuerzos del cerramiento estén controlados, que los anclajes suministren una reacción de forma selectiva, impidiendo determinados movimientos y permitiendo otros.

El mejor diseño de anclaje es el que permite libertad total de los movimientos contenidos en el plano del cerramiento (vertical y horizontal), evitando únicamente el movimiento de vuelco. De esta forma, no sólo se evita el trasvase de carga mencionado, sino el riesgo de acumulación de tensiones por coacción a movimientos horizonta-

les, como pueden ser los debidos a la expansión por humedad.

Desde el punto de vista de la durabilidad, los dispositivos de anclaje son elementos sometidos en cierta medida al ambiente exterior, y de imposible mantenimiento. Por ello, deben tener la protección adecuada a la clase de exposición correspondiente al cerramiento en el que se ubican.

Los anclajes GEOANC CDM® específicamente diseñados para soluciones de cerramiento autoportante cumplen todos los requisitos anteriores.



2 Los dispositivos de anclaje se utilizan también como recursos auxiliares en soluciones convencionales para restituir la condición de "entrega" cuando es localmente deficitaria. Sólo en el caso de *cerramientos autoportantes* son imprescindibles.

3 Si la fachada está apoyada en el arranque en un elemento rígido, el trasvase de carga gravitatoria, en caso de producirse, siempre es del forjado al muro, y no al revés, como predicen algunas reglas al uso.

9.2.1 Características constructivas

La principal característica constructiva del *Sistema Structura*[®] es la eliminación del conflicto que supone el encuentro de la hoja exterior del cerramiento con los elementos estructurales del edificio.

La hoja exterior del cerramiento se construye sin interrumpir su continuidad en toda la altura que permita el cálculo y en toda la longitud limitada por la necesidad de juntas verticales de movimiento. El espesor del cerramiento no se estrangula al paso por forjados o soportes.

Su posición respecto de la estructura del edificio es paralela a la tabica exterior de los forjados, por lo que no se precisan plaquetas de revestimiento del frente de los mismos, ni cortes o piezas especiales para ajustar el replanteo a la altura de cada planta. Además se puede conseguir un perfecto plomo y planeidad, con independencia de las tolerancias geométricas de la estructura.

La sustentación en el arranque se realiza sobre un elemento estructural que, a efectos del análisis, se debe considerar con rigidez infinita. Esta situación puede corresponder al arranque del cerramiento sobre la cabeza de un muro de sótano, una solera de hormigón, una viga de borde de forjado o una zapata corrida de cimentación. Si hubiere soportales o grandes huecos en planta baja, puede arrancar sobre una viga cargadero, con suficientes puntos de anclaje a la estructura del edificio⁴.

La condición de entrega en los forjados o soportes se sustituye por dispositivos de anclaje, que se colocan previamente, por lo que es posible supervisar su

correcta puesta en obra con anterioridad a la ejecución del muro. Este proceso constructivo de conexión evita que los forjados y soportes se acusen al exterior.

Si la hoja exterior se separa convenientemente de la estructura del edificio se puede conseguir una cámara de aire continua que, a su vez, puede estar ventilada o no, según se precise para cumplir el resto de condiciones relativas a la eficiencia higrótérmica del cerramiento.

9.2.2 Características estructurales

La continuidad constructiva de la hoja exterior del cerramiento, que caracteriza el *Sistema Structura*[®], se traduce en la continuidad de la acción gravitatoria debida a su propio peso, lo que posibilita que la fábrica trabaje en buena medida a compresión, que constituye el comportamiento estructural más eficaz de los materiales pétreos. En la misma medida, el contrarresto de las acciones horizontales se consigue reduciendo el coste en armaduras adicionales y el riesgo de fisuración.

El modelo estructural de referencia para el análisis de la hoja exterior es el *modelo placa* sustentada en los cuatro bordes, con cargas perpendiculares a su plano, que es el modelo más rentable de los sancionados por el DB SE-F, tal como ha quedado de manifiesto en los ejemplos analizados. Los dispositivos de anclaje a soportes y forjados suministran la reacción necesaria en las sustentaciones frente a las acciones horizontales.

La reacción selectiva que suministran los anclajes permite el control de todos los movimientos y esfuerzos del cerra-

miento, lo que supone poder realizar un análisis y dimensionado estricto, optimizando al máximo el coste de la solución.

Con objeto de dar una idea de las proporciones de paños a los que se puede llegar en cerramientos autoportantes de 1/2 pie de ladrillo, aplicando el método de las líneas de rotura sancionado por el DB SE-F y expuesto en el capítulo de *Requisitos*, se presentan a continuación las soluciones tabuladas para los valores habituales de resistencia de fábricas de ladrillo cerámico perforado, con junta de mortero ordinario y con una cuantía media de armadura de tendel⁵. Las soluciones tabuladas permiten deducir, a simple vista, la influencia que tienen los parámetros geométricos y la presencia de carga gravitatoria en la viabilidad y economía de la solución constructiva.

Para reducir el número de las variables de la tabla, se han considerado los valores pésimos, tanto para la obtención de solicitaciones (máxima presión de viento deducida de la aplicación del DB SE-AE), como para determinar la capacidad resistente (mínima resistencia a compresión y flexión de la fábrica deducidas de las tablas 4.4 y 4.6 del DB SE-F), de forma que se puedan aplicar, a favor de la seguridad, en cualquier caso sin restringir su generalidad.

Debido a que la condición de sustentación del borde superior es fundamental en los resultados del análisis, en la tabla se destacan los valores que corresponden a la última planta (sin continuidad en cabeza). También conviene indicar que, aunque en las tablas aparece la notación de "*altura máxima de planta de arranque*", los valores de



la tabla sirven para comprobar cualquier planta tipo intermedia, cuya cota medida desde la coronación sea la indicada en la cabecera⁶.

La principal conclusión, fundamental para el proyectista en la fase de diseño, que se puede extraer de la tabla adjunta, es que las verdaderas variables que condicionan el dimensionado frente a las acciones horizontales son de tipo geométrico. En términos cuantitativos, y refiriéndonos a un paño tipo con ladrillo perforado de formato castellano, la última planta con altura típica de vivienda (en torno a 2,70 m) necesita una cuantía media de armadura a partir de luces medias (5,00 m); mientras que la penúltima sólo necesitaría una cuantía mínima; y el resto se podría resolver sin armadura, con luces de paños de 6,00 m. Si se utiliza formato catalán los rangos viables de luces y alturas son mayores.

Para luces modestas (en torno a 4,50 m) el paño de la penúltima planta y todos los inferiores pueden adquirir alturas significativamente elevadas, lo que permite utilizar esta solución constructiva en situaciones singulares, como puede ser el revestimiento de túneles o las obras de rehabilitación, sin forjados aparentes en el plano de fachada.

Otra conclusión fundamental, que puede resultar interesante para la dirección facultativa en la fase de ejecución, es que la resistencia a compresión de la fábrica, incluso con la correspondiente penalización que supone el pandeo, sólo determina el dimensionado de la fachada en edificios de un número elevado de plantas, y sólo si se trata de paños con luces considerables (entre 5,00 y 6,00 m). Esta circunstancia per-

mite omitir engorrosos ensayos en obra para verificar la resistencia de los materiales (piezas y mortero) en casos de edificios con altura moderada.

La resistencia a flexión vertical es prácticamente un invariante para los muros de fábrica de ladrillo (sólo oscila entre 0,10 N/mm² y 0,15 N/mm²). Además, el valor es tan bajo que, cuando se considera el peso en el análisis, sólo tiene un carácter testimonial, por lo que también se pueden omitir los ensayos necesarios para la constatación de este parámetro. La tabla se ha confeccionado con el valor más bajo del rango permitido.

La resistencia a flexión horizontal tiene una horquilla más amplia de valores (oscila entre 0,40 N/mm² para morteros ordinarios y 0,15 N/mm² para morteros de junta delgada). Pero esta circunstancia sólo tiene trascendencia en fábricas no armadas, puesto que cuando existe armadura de tendel no se contabiliza la resistencia a flexión horizontal de la propia fábrica.

Por último, es interesante destacar el enorme rango de valores viables para resistir acciones horizontales utilizando como único recurso la capacidad resistente de la propia fábrica. En la mayoría de los casos en los que se dispone del peso correspondiente a dos o tres plantas, y la altura del paño no supera los 3,00 m, no se precisa armadura adicional para resistir los valores de acción horizontal que establece la normativa en las situaciones más agresivas.

Hay que destacar también que en la solución constructiva de fachada autoportante anclada a la estructura la condición de “*entrega*” no se refiere a

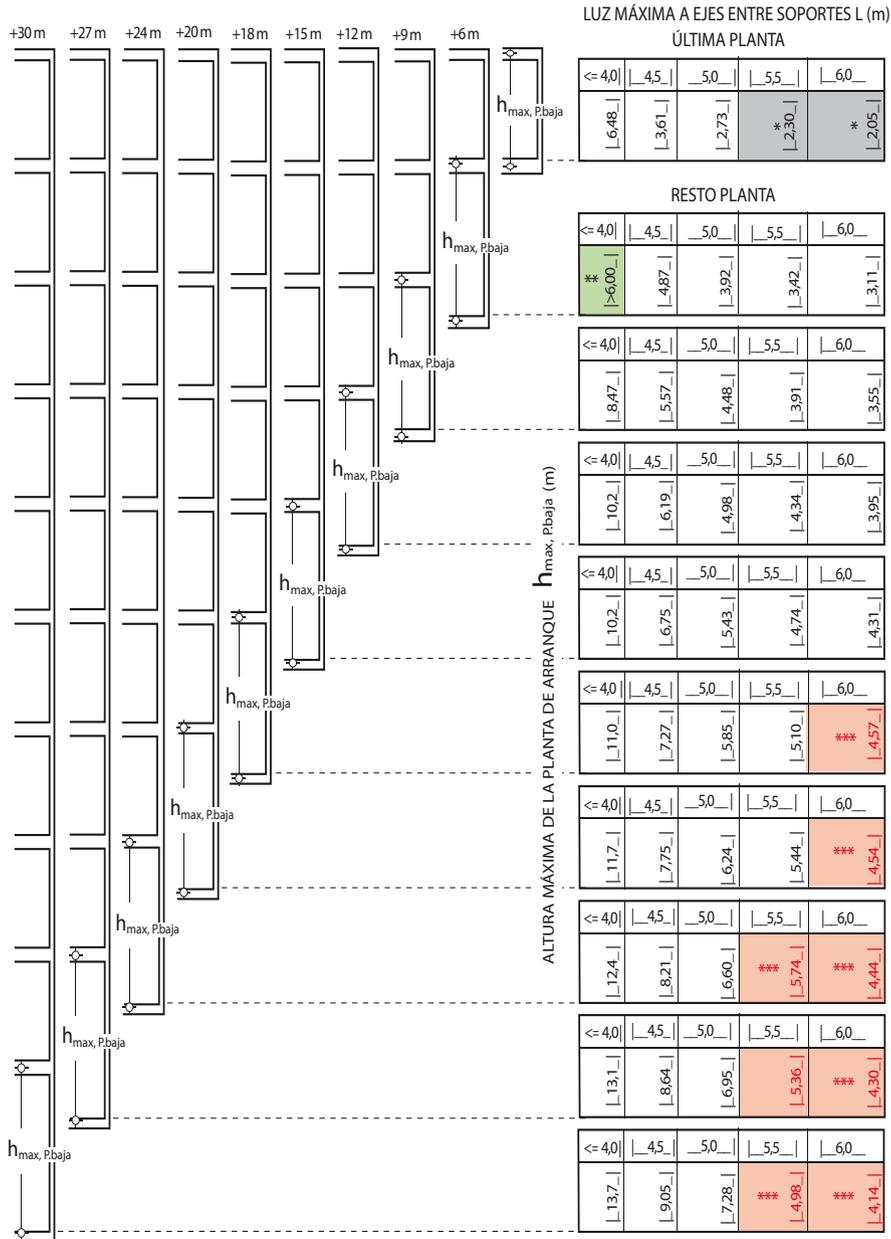
4 En el caso de arranque sobre elementos flectados (viga de forjado, zapata corrida o viga cargadero) la condición de rigidez infinita supone limitar la flecha activa del elemento al valor de 1/1000 de la luz.

5 Fuente: “*Proyecto cooperativo de análisis de la problemática y las soluciones más adecuadas para la construcción de muros no portantes de fábrica de ladrillo cerámico*”. PROFIT liderado por Hispalyt. Año 2006: “*Cerramientos Autoportantes*”. Estudio realizado por M.C. del Río Vega y E. Sánchez Amillategui.

6 La indicación de “*altura máxima de planta de arranque*” es oportuna porque, generalmente, la planta baja tiene una altura mayor que el resto de las plantas tipo y, siempre, es la que tiene mayor sollicitación a esfuerzo normal con pandeo, por lo que debe ser objeto de un análisis específico. Lógicamente, los resultados valen para cualquier nivel aunque, en rigor, no sea el nivel de arranque.

la fábrica en los forjados, sino a los anclajes en la fábrica. Por consiguiente, para cumplir esta condición basta con utilizar una garra con suficiente ancho, pero no existe conflicto con las tolerancias en el replanteo de las tabicas de los forjados. Tampoco se requiere ninguna condición de rigidez o limitación de flecha en los forjados, excepto en el elemento de arranque, pudiéndose garantizar en todo momento el valor de las sollicitaciones y los movimientos de la fachada.

- * ALTURA INFERIOR A 2,50 m (vale para espacios aprovechados bajo cubierta)
- ** LA ALTURA NO INTERVIENE (vale para cualquier altura dentro del rango establecido)
- *** LA ALTURA ESTÁ POR PANDEO(se puede incrementar utilizando piezas o morteros más resistentes)



FORMATO CASTELLANO

SERIE: LADRILLO PERFORADO CON JUNTA NORMAL DENSIDAD 15 kN/m³

ZONAS EÓLICAS: A, B y C

ESBELTEZ DEL EDIFICIO: <= 5

Presión cinámica $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$

Coefficiente Eólico $c_p = 0,8$

Presión del viento $c_e = q_t \cdot c_e \cdot c_p = C \cdot 52 [<N/m^2] \cdot 2,0 \cdot 0,8 = 0,832 [<N/m^2]$

*NOTA: coeficiente de exposición $c_e = 2,0$

(Según DE SE-AE 3.2.2, para edificios urbanos de hasta 8 plantas)

coef. seg. material $\gamma_{by} = 2,2$ (categorías: piezas I; ejecución B)

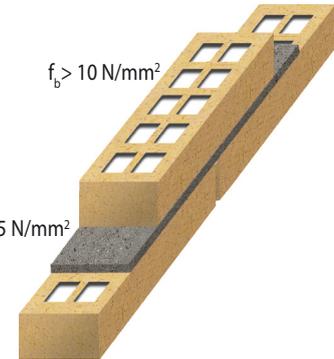
coef. seg. acciones $\gamma_q = 1,5$

$f_k = 4 \text{ N/mm}^2$

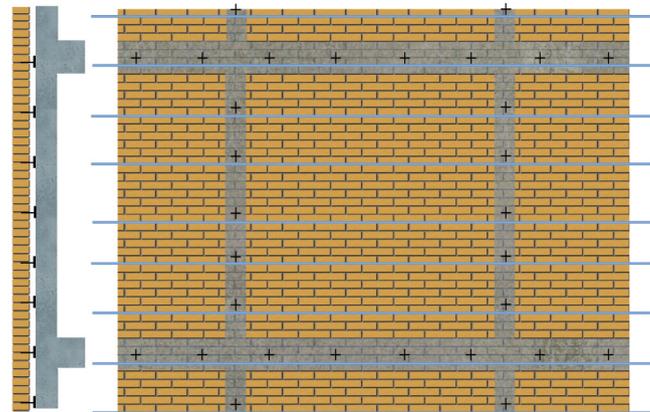
$f_{k1} = 0,10 \text{ N/mm}^2$

$f_b > 10 \text{ N/mm}^2$

$f_m > 5 \text{ N/mm}^2$



PAÑO INTERIOR



FÁBRICA ARMADA CON CUANTÍA MEDIA

$\phi 4 \text{ mm}$; ancho 80 mm cada 48 cm (8 hiladas)



Debido al beneficio que supone la carga gravitatoria se puede admitir que, a igualdad del resto de condiciones (acción horizontal, luces, altura, espesor, etc.), una vez verificado el requisito de resistencia frente a la acción de viento en la última planta, el requisito se cumple en todas las demás, siempre que las condiciones de sustentación de los paños sean similares.

No obstante, la planta de arranque debe ser objeto de una comprobación adicional a compresión con pandeo, que se puede obviar en edificios de menos de cuatro plantas. En la tabla se destacan mediante sombreado las situaciones en las que el dimensionado está condicionado por la compresión incluyendo pandeo. Para valores bajos de resistencia, esta circunstancia se produce a partir de unas ocho plantas. Utilizando piezas que existen en el mercado con resistencias mucho mayores, y en situaciones de esbeltez habitual, el límite por compresión y pandeo de una fachada autoportante puede estar en torno a las doce plantas.

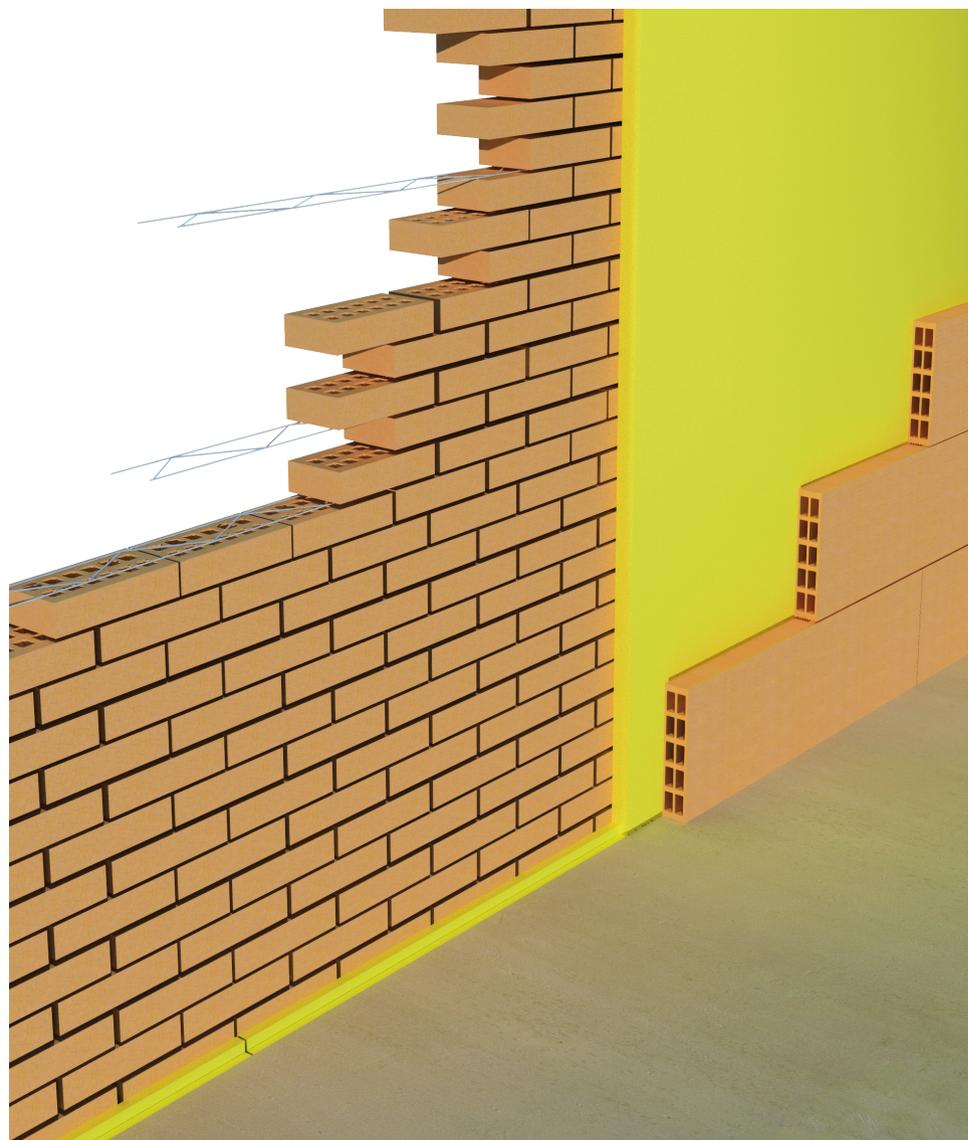
9.2.3 Características higrotérmicas

La continuidad del cerramiento en toda su altura no sólo supone una acumulación de carga beneficiosa desde el punto de vista mecánico, sino que habilita la posibilidad de conseguir la misma continuidad en otros elementos que constituyen la fachada, como por ejemplo el aislamiento, mejorando la eficiencia energética de la solución y evitando complicados detalles de encuentro con la estructura.

La principal característica del *Sistema Structura*[®] relacionada con el comportamiento higrotérmico del cerramiento

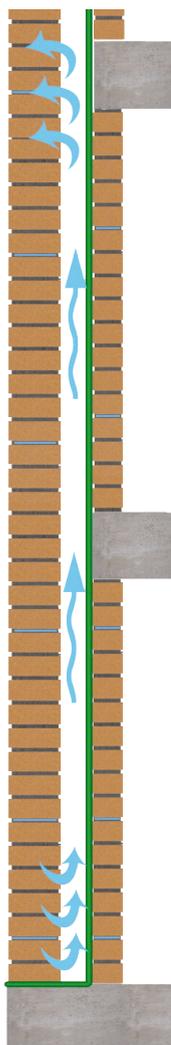
es la eliminación del puente térmico en los frentes de forjados y soportes, debido a que se puede dar continuidad al aislamiento. Si los requisitos de impermeabilidad lo aconsejan, además se puede dotar de ventilación a la cámara,

consiguiendo una fachada que participa de las principales ventajas de las *fachadas ventiladas* y de otras adicionales por tener como material de acabado el ladrillo cara vista (durabilidad, bajo mantenimiento, calidad estética, etc.).



9.3 Sistema **STRUCTURA**[®] para fachadas ventiladas de ladrillo cara vista

Lo que caracteriza esencialmente a una fachada ventilada es la existencia de una cámara de aire con ventilación y drenaje, interpuesta entre la hoja exterior del cerramiento y el edificio terminado, para mejorar su comportamiento



higrotérmico. Tanto la hoja interior del cerramiento como la exterior pueden ser de cualquier formato, material o acabado. Con el *Sistema Structura*[®] se pueden construir fachadas ventiladas cuyo material de acabado es el ladrillo cara vista.

La principal función de la cámara es la protección del edificio contra la humedad y contra la radiación solar directa. Ello se consigue posibilitando su ventilación por efecto *Venturi*. Para ello es suficiente que tenga un ancho determinado (no menor de 4 cm sin incluir el aislamiento), y dejar llagas de ventilación (sin rellenar) en la primera y última hiladas. En verano, el calor acumulado en la hoja exterior se disipa por convección a través de la cámara, disminuyendo la necesidad de aislamiento; y en invierno, la posición del aislamiento adosado por el exterior de la hoja caliente, evita el riesgo de humedad por condensación. La ventilación de la cámara impide que la humedad llegue al material aislante y la consiguiente degradación del mismo.

Todas las características anteriores son comunes a cualquier fachada ventilada con cualquier material de acabado; pero, además, si la hoja exterior es de ladrillo cara vista, existen ventajas adicionales que repercuten sustancialmente en el coste de la solución.

La ventaja fundamental es que la hoja exterior puede ser *autoportante*, que es el tipo constructivo que caracteriza al *Sistema Structura*[®], y se puede dimensionar aprovechando al máximo las posibilidades de las fábricas de ladrillo reconocidas en la normativa como material estructural. Esto supone reducir al mínimo el coste en dispositivos auxi-

liares, eliminando los perfiles y aparatos de apoyo, que en otras soluciones se utilizan para transmitir la carga planta a planta. Como consecuencia tampoco se precisa personal especializado diferente del que se usa para una fachada convencional.

La hoja exterior se recibe con mortero, por lo que es en cierta medida estanca al agua de lluvia, lo que la convierte en una solución adecuada para regiones con fuertes lluvias torrenciales (por ejemplo en las que se produce el fenómeno atmosférico de la “gota fría”).

Desde el punto de vista de la eficiencia energética, se puede contabilizar en la transmitancia del cerramiento, tanto la contribución de la hoja exterior (1/2 pie de ladrillo perforado no es desdeñable), como el 50% de la contribución de la cámara, por ser considerada *ligeramente ventilada* en el *Documento Básico de Ahorro de Energía* (DB HE, Apéndice E “Cálculo de los parámetros característicos de la demanda”, artículo E.1 “Transmitancia térmica”). Esto se traduce, lógicamente, en un valor menor de la transmitancia térmica del cerramiento a igualdad de espesor del aislante.

La fachada ventilada de ladrillo cara vista cumple para el grado de impermeabilidad cinco, el máximo exigido en el *Documento Básico de Salubridad* (DB HS 1), sin necesidad de revestimientos adicionales de ninguna de las caras en contacto con la cámara.

Desde el punto de vista estético, el aspecto y el acabado son idénticos a los de las fachadas convencionales, pudiéndose utilizar cualquier pieza cerámica tradicional.