

Edificios de 'pan de bois' y su rehabilitación (y 2)

Rehabilitar una construcción de madera supone una buena comprensión del material y demuestra su confianza en él: en su capacidad portante, resistencia al fuego, etc. Supone también respetar su estética y funcionalidad, y un aprecio por sus valores humanos, culturales y arquitectónicos, herencia de otras generaciones. Se termina aquí el artículo iniciado en el número anterior.

Conocimiento del material madera

La intervención sobre el material debe basarse en unos conocimientos mínimos sobre los que se fundamenta todo.

Su tejido vegetal constituido básicamente por fibras celulósicas y de lignina le proporciona determinadas propiedades particulares.

Este tejido tiene una organización compleja que puede variar notablemente de una especie a otra y que caracteriza su 'mapa leñoso'. Es a través de éste, y en ausencia de la flor o de la hoja, como únicamente se puede identificar con seguridad una especie determinada. Se dice que la madera es un material de ortotropía cilíndrica o simplemente anisótropo, permeable a la circulación de líquidos en la dirección longitudinal (transporte

de la savia) y mucho menos permeable en sentido transversal (cerca de 40 veces menos)

De su constitución celular se deriva su reacción ante la humedad. En ausencia de aportes exteriores de agua líquida (lluvia, condensación, etc.) la humedad de la madera tiende a estabilizarse en un valor que depende directamente de la temperatura y la humedad del aire ambiente.

Las variaciones de humedad producen las retracciones de la madera que son el origen de ciertas patologías que justifican la regla de oro de la madera en la construcción: "la madera debe colocarse con la humedad más próxima a la de estabilización o equilibrio". Las contracciones de la madera producen tres consecuencias importantes: varían la sección de las piezas, la de-

forman geoméricamente y producen fendas.

El principio 'la madera tira hacia el corazón' provoca que las fendas aparezcan en su cara opuesta, lo que condiciona su orientación de las piezas en suelos, techos, frisos, correas y vigas (figura 1).

La madera, aislante

El hecho de que, por su constitución celular, en la madera casi la mitad de su volumen lo ocupe el aire, le confiere buenas propiedades aislantes.

Así, su comportamiento al fuego es particularmente noble y previsible. Noble, porque contrariamente al metal no se dilata ni transmite el calor en su propia masa. Es previsible porque su carbonización sigue una regla geométrica simple, lo que permite un cálculo del tiempo de resistencia sencillo y fiable.

Es un carburante fácilmente

Orientaciones recomendadas de riostras, forros, frisos, pares y viguetas.

autoextinguible en las grandes secciones que son habituales en estos edificios.

Material estructural

La madera es mecánicamente resistente. A pesar de ser un material no homogéneo los métodos de clasificación permiten establecer clases resistentes tras analizar sus singularidades (nudos, dirección de la fibra,...)

Debido a su flexibilidad, las piezas se deben dimensionar no solamente en términos de seguridad sino también de rigidez (flecha admisible) siendo este criterio el que acaba dominando el cálculo en este material. También la fluencia (deformación diferida en el tiempo) ha de tenerse en cuenta en el cálculo.

Material durable

Pero las mayores dudas pueden presentarse en su durabilidad. ¿Es eterna la madera? Podría serlo, en efecto, si su entorno se lo permitiera. Todos conocemos innumerables ejemplos en la construcción, muebles y objetos de uso doméstico que han permanecido cientos y miles de años.

Prácticamente inalterable químicamente, la madera no conoce apenas la evolución espontánea pero es sensible, en cambio, a ataques de agentes biológicos (hongos e insectos xilófagos).

Las especies presentan diferentes grados de resistencia a estos ataques dependiendo de la constitución de su albura y duramen. Esta resistencia se denomina durabilidad natural y está generalmente en relación con el peso: las maderas más pesadas suelen ser más durables (aunque no se trata de una regla absoluta).

La infestación de **insectos xilófagos de ciclo larvario** obedece en principio al azar, aunque existe un factor de riesgo asociado a la proximidad de ataques anteriores, por lo que el riesgo de ataque debe considerarse, a efectos prácticos, como permanente. El riesgo de su ataque con una corta vida adulta -la justa

para el apareamiento-, aumenta proporcionalmente de generación en generación. Por eso la madera debe protegerse frente a ellos con productos-barrera que impiden la puesta de huevos, o en profundidad en toda la masa (con productos fungicidas de sales de cobre, cromo, boro,...) a través de impregnación con sistemas de vacío-presión en autoclave.

El descubrimiento del ataque suele realizarse visualmente buscando los orificios de salida de los insectos en toda la estructura

La **putridión** producida por hongos se desarrolla necesariamente por la presencia de humedad de la madera en proporciones superiores al 21-22%. Tales humedades no pueden producirse en obra (al menos en nuestra latitud) más que por un aporte exterior de humedad (lluvia, fugas, condensaciones, remotes por capilaridad, falta de estanqueidad en las juntas, etc.) y sin posibilidad de evacuación. La solución al problema será, por tanto, restablecer las condiciones higiénicas: supresión de fugas y ventilación adecuada de las piezas. La seriedad de ataque se determinará descarnando la zona afectada con un taladro o formón o mediante sondas. El mayor problema en la evaluación puede ser la accesibilidad a puntos, que a veces son los más críticos.

El agua de infiltración y capilaridad vía cimentación es común en la rehabilitación y en lo que afecta a la madera habrá que procurarse la separación de durmientes y pilares de madera mediante films plásticos o materiales bituminosos además de un adecuado sellado de juntas. El problema de los materiales plásticos es que crean una barrera de vapor cuya estanqueidad impide el escape del vapor de agua. El riesgo de pudrición es generalmente más importante en zonas permanentemente húmedas como durmientes y apoyos de pilares.

Los métodos de secado y drenaje serán los medios habituales para solucionar este problema. Una particularidad de 'pan de bois' es su sensibilidad a la recogida y canalización exterior de agua, siendo recomendable que discurran por el interior del edificio.

Hay que considerar, en cualquier caso, que los hongos permanecen enquistados cuando desaparecen las condiciones favorables y pueden reaparecer.

Cuando sea imposible eliminar la fuente de agua, se pueden introducir en taladros, múltiples cartuchos de boro que se disuelven sólo en caso de humidificación.

El caso de las **termitas** es especial. En primer lugar hay que considerar la zona donde nos encontremos para comprobar los antecedentes históricos y el grado de peligro posible.

Las termitas pueden detectarse por la presencia de conductos exteriores a través de materiales no perforables por ellas y por la presencia de depresiones superficiales en las piezas de madera. La ascensión de su ataque es lento (pueden tardar 20 años en pasar de una planta a otra) por lo que puede detectarse con relativa facilidad. Una vez detectado se eliminará el termitero en las proximidades del edificio, si es posible, se tratará químicamente el terreno y la madera y se mejorará el drenaje.

La viga-maestra de la cubierta (parhilera) descarga mediante un arco sobre el entramado de muros exteriores, en una tipología netamente francesa de 'colombage', reconocida y descrita como tal en la Enciclopedia Diderot y Dalambert

Diagnóstico de las estructuras

En un edificio de entramado, la madera forma estructuralmente un todo de cara a la estabilidad de la obra, por eso las fachadas, que presentan una gran variedad de composiciones, deben estudiarse en profundidad hasta revelar su configuración, tipos de ensambles, rellenos, etc. En el curso de esta investigación aparecerán los deterioros que afectan a la estabilidad y pueden ser reparados: descalces, desplazamiento y rotura de piezas, modificaciones en la estructura original, daños de incendios, etc. Los defectos de índole geométrico se manifiestan exteriormente por abombamiento de fachadas y hundimiento de cubiertas pero se deben buscar las causas visualmente, con taladros, picando, o con métodos termográficos (rayos infrarojos)¹. Desgraciadamente este análisis es tan necesario como difícil en la mayoría de los casos.

El incumplimiento de la rigidez del conjunto respecto a las reglamentaciones vigentes puede ser un problema importante. La severidad de las deformaciones en las cubiertas y forjados y la actitud conservacionista propician la solución a tomar: calzar simplemente las piezas vencidas, doblar las piezas o sustituirlas, reforzar las uniones con piezas metálicas bulonadas o con resinas epoxídicas, etc². No hay una respuesta única.

Todas las partes atacadas deben ser sustituidas por madera sana o refuerzos, debiéndose evaluar las secciones restantes en su capacidad resistente (especialmente en el caso de pilares portantes). Las piezas poco solicitadas, como los durmientes o carreras pueden ser sustituidas y empalmadas sin cálculos especiales (a media madera, con grapas, presillas o lañas). Si se trata de elementos con rotura perpendicular a la fibra pueden

consolidarse con tornapuntas o riostras.

Los elementos sustituidos deben tener la misma humedad que la madera original.

En el terreno de los métodos químicos para reparaciones locales, el principal medio consiste en armaduras de refuerzo embebidos en resinas epoxi. Este método sólo está limitado por razones estéticas cuando ha de quedar vista la resina.

Para la sustitución de una pieza se descarga la estructura, elevándola 1 o 2 mm con ayuda de un gato hidráulico y se corta la pieza al nivel de la espiga para poderla extraer, eliminando también los elementos de relleno que se encuentran en contacto con ella.

Fachadas

Durante siglos el adobe ha sido el relleno más utilizado por su buena capacidad aislante. La patología se produce cuando la madera se humedece, aumentando de volumen y empujando los morteros que la circundan: cuando la madera pierde agua por secado, recupera su tamaño manifestando una junta que llega a agrietar el revestimiento.

El mejor medio de acabado del adobe es el revoco de cal, que es resistente a la intemperie. Consta de cal apagada, arena fina y eventualmente un pigmento. Los revocos se realizan sobre una capa de consolidación con mortero bastardo de cemento y cal en dos capas (los morteros de cal dejan transpirar mejor a los materiales que cubre y los revocos de cal pura son desaconsejados).

Si el adobe está muy alterado en su superficie se necesita consolidar con mortero bastardo: es preciso rascar, fijar una rejilla metálica galvanizada o de fibra de vidrio y aplicar tres capas dosificadas de manera progresiva. La rejilla debe quedar embebida entre dos capas de mortero, armando el revoco y dejando libre de movimientos al elemento leñoso.

Cuando el relleno es mampuesto se necesita rejuntar las piedras o ladrillos antes para asegurar la estanqueidad del muro. Si este relleno está a haces del entramado significa que la madera estaba revocada originalmente por lo que debe restablecerse como protección de la fachada³.

Este último aspecto es muy controvertido porque afecta tanto a los aspectos estéticos como de protección de la madera: cuando la fachada está muy expuesta, el enlucido protege el entramado. La elección se basará en el respeto al proyecto original del edificio.

Forjados y suelos

Las alteraciones biológicas (hongos e insectos xilófagos) pueden alterar la seguridad de forjados y suelos, especialmente en las cabezas de las piezas. Si el techo presenta fuertes flechas o manifiesta localmente flexibilidades anormales es señal de estas patologías o defectos de cálculo de origen o diferidos en el tiempo (fluencia). Si el problema es la escasez de sección de las vigas se ha de recurrir al refuerzo: reemplazo de las piezas alteradas, doblado de éstas, refuerzo del apoyo ó consolidación con resinas u otros medios.

Tabiques

Todos los elementos de madera participan de la estabilidad del conjunto y no pueden eliminarse sin un análisis previo. Las formas de tabiquería actuales (paneles de yeso) sólo pueden adaptarse con la introducción de falsos techos ya que la modulación actual no es compatible con la antigua. Se debe evitar el contacto con los elementos portantes

Proyecto térmico

La mejora térmica del edificio puede exigir la intervención en todas las envolventes del edificio: paredes, cubiertas y solera. El proyecto térmico se inicia analizando estas superficies en relación a su coeficiente 'K' antes del aislamiento y después de este, con diferentes espesores de aislante (por ejemplo con 4, 6 y 8 cm).

En cuanto a la colocación del aislamiento conviene evitar posibles errores de concepción que conducirían a condensaciones dentro de la masa del muro, o penetraciones de humedad. Sobre los materiales aislantes conviene asegurarse de los siguientes extremos: resistencia térmica, compresibilidad, estabilidad dimensional, comportamiento al agua, propiedades mecánicas útiles en cohesión y flexión, y comportamiento frente al vapor de agua. Situar una barrera para-vapor al interior del paramento (evitando colocarla en cualquier otro lugar). La barrera de vapor es especialmente importante en cubiertas y soleras porque los aislantes suelen ser muy permeables al vapor de agua⁴. Una parte importante de la transmisión térmica del paño le corresponde a la carpintería (juntas, estanqueidad, etc.).

Cubiertas y forjados

En un edificio existente, el aislamiento de forjados, buhardilla o pendientes perdidas es el más sencillo y rentable que existe. Existen dos posibilidades: colocarlo en el forjado (en el falso techo o sobre el forjado) y en la cubierta (entre los pares o sobre la cubierta) hasta lograr un espesor entre 10 y 30 cm, según el material utilizado.

Se colocará una barrera de vapor dependiendo de la ventilación de esta cámara (recomendable para 1/400 de la superficie total).

Si el falso techo no es fácilmente desmontable o el espacio entre las viguetas es insuficiente se aislará por encima, empleando paneles rígidos poco compresibles y poco permeables al vapor (poliestireno expandido, poliuretano...). El aislamiento, en una o dos capas entrecruzadas se protege inmediatamente con un tablero de partículas de 10 mm colocado con total independencia del aislante (ni encolado entre sí en sus juntas ni al aislante). Hay que evitar las barreras de vapor salvo que el tablero sea más estanco que el aislante, y asegurar una cierta ventilación de la cámara. Para los pasos de chimeneas se requiere un aislante incombustible (lana mineral por ejemplo).

Lo más normal es insertar el aislante entre las viguetas del forjado. Se emplea lana mineral en rollo o planchas cortadas a una dimensión ligeramente superior a la requerida (1 a 2 cm). El aislante debe llevar una barrera de vapor en una de sus caras con una permeancia inferior a 0,0015 g/m²h·mmHg. El espesor deberá ser inferior al canto de la vigueta para dejar una cámara de aire. En la cabeza también debe disponer de otro espacio de ventilación. Si en la cubierta existe otra barrera de vapor la cámara necesariamente ha de ventilar para evitar el efecto estanco.

Cuando la buhardilla es accesible se procurará lograr una superficie continua estanca que envuelva completamente el volumen calefactado, a la vez que se deja una cámara de ventilación entre ésta y el tejado. El aislante (de 6 a 10 cm) se colocará entre los pares dejando una cámara ventilada y se cierra con una barrera de vapor y paneles de yeso. Si esto es imposible se colocará el aislante (paneles rígidos o compuestos-sandwich) sobre los pares o correas.

Existen varias posibilidades para el tratamiento de los remotes por capilaridad (de arriba a abajo y de izquierda a derecha):

Electro-osmoporosis: inversión del campo eléctrico

Drenaje del suelo impermeabilización del muro

Drenaje atmosférico: introducción de tubos de terracota que crean un flujo de aire

Barrera estanca: plomo, lámina bituminosa armada, plástico, etc.

Impermeabilización: inyección de productos que que obstruyen los capilares por reacción química

Ejemplo de solución de fachada de 'pan de bois':

Sobre el forjado antiguo se ha recrecido una nueva solera. El tabique sandwich deja una cámara de aire que ventila hacia el exterior

Soleras y sótanos

El aislamiento desde el exterior de muros enterrados se hará tras descarnar un poco el terreno hasta una altura de unos 30 cm colocando un aislante rígido fijado mecánicamente, una protección, una lámina impermeable y un relleno de arena o drenaje. Antes habrá que solucionar, si es el caso, el problema de humedad de estos muros.

Cuando se opte por aislar el forjado y los muros desde el sótano, será preferible utilizar aislante proyectado ya que el enrastrelado es difícil de realizar en muros de piedra. Se emplearán fibras de roca, escoria y vidrio con ligantes tradicionales.

La solución ideal es aislar el forjado desde abajo, entre viguetas, con rejilla metálica o tablero de yeso de sujeción.

Arriba:

aislamiento monocapa entre pares de cubierta.

Dependiendo del grosor de aislamiento necesario se aprovecha el canto de los pares o se incrementa añadiendo un rastrel supletorio (derecha). En ambos casos se deja una cámara de aire ventilada superior.

En medio:

aislamiento con dos capas cruzadas, con o sin rastrel de sujeción.

La barrera de vapor doble (izquierda) funciona porque la segunda está perforada y evita el efecto estanco. También se deja una cámara de aire ventilada superior.

Abajo:

a la izquierda variante de las dos soluciones anteriores pero con rastreles metálicos y a la derecha con doble cámara de aire (una ventilada y otra no)

Muros

La solución más corriente consiste en el doblado de pared más aislante intermedio en el interior o en paneles sandwich prefabricados⁵. También se puede cambiar el relleno de la pared por un material compuesto más aislante (ya que existen morteros aligerados, mejores aislantes que el adobe). Es mejor buscar soluciones ligeras y evitar las inyecciones de espuma, a menudo mal ejecutadas salvo que exista plena garantía⁶:

- Cuando existan cámaras de aire, evitar la comunicación entre ésta y el ambiente interior.
- Solucionar las juntas entre el entramado y el relleno mediante el empleo de sellantes⁷.
- Evitar los riesgos de humidificación con soluciones arquitectónicas y ventilar la madera al exterior siempre que sea posible.
- Mejorar las juntas y la estanqueidad de la carpintería exterior y plantear una mejora del aislamiento con un doble acristalamiento.
- Definir si el entramado quedará visto o revocado.

Cada vez cobran más importancia los productos naturales que pueden emplearse como aislantes: los propios rellenos, el adobe, o un mortero de cal y agramiza, la celulosa en fibras extraída de la paja de cáñamo. Este mortero es tan aislante como una madera maciza del mismo espesor. En caso contrario los aislantes sintéticos o los hormigones aligerados son más sencillos de conseguir.

Otros materiales alternativos, especialmente en forjados, son la lana de madera, las fibras o el serrín, la estopa de lino, la lana de celulosa hecha a partir de papel reciclado, los granulados de cáñamo o la paja.

La barrera de vapor puede ser de cartón celulósico bañado de cera microcristalina.

Existen bastantes fabricantes europeos de este tipo de productos.

Ventanas de madera

Las ventanas están formadas por perfiles ensamblados a media madera reforzados en la esquina con escuadras metálicas atornilladas. Se utiliza tradicionalmente el roble sin albura, por razones de disponibilidad y durabilidad aunque también se encuentran el castaño y las coníferas (abeto o pino). Sus espesores son menores que los actuales: 30-35 mm en las hojas y 50 mm en los cercos.

En los edificios antiguos la apertura de las ventanas suele ser hacia dentro (a la francesa). Contrariamente a la tendencia actual, la relación alto-ancho es elevada, superior a 1,5, debido también a la mayor altura de techos. El cierre se resuelve con una cremona y dos cerraderos atornillados al marco o encastrados en él (españoleta). También pueden encontrarse herrajes más rústicos, como una barra pivotante a media altura que se engancha a cerraderos en forma de "L", las bisagras múltiples (sistema muy antiguo que no permite el desmontaje de las hojas) o los goznes atornillados que sí permite la remoción de las hojas.

Balance energético de la ventana

La carpintería exterior es uno de los puntos más débiles de los edificios antiguos por sus pérdidas térmicas a través del vidrio y las juntas. Pero la restauración de la estanqueidad no puede ser excesiva, ya que conviene asegurar un mínimo de renovación de aire para evitar la aparición de humedades de condensación.

El vidrio, aunque es una vía importante de pérdida de calor, también lo es de captación de radiación solar difusa durante cierto tiempo. Este calor representa una pequeña parte en el balance energético final pero es apreciable y "gratuito" en climas muy fríos, siempre que se pueda aprovechar con un sistema de calefacción flexible.

Hasta el siglo XVIII, en que aumentan a dos-tres piezas por hoja, se empleaban vidrios de pequeña dimensión sujetos con junquillos. Las juntas se calafateaban con masilla de aceite de lino sobre una base muy resistente de 4-5 mm. El aislamiento térmico y acústico de este tipo de ventanas era muy débil (este último no suele superar los 20 dB).

Las formas de intervención en la carpintería exterior son las siguientes:

Doble acristalamiento

No todas las ventanas y puertas pueden recibir la sobrecarga del vidrio (12 a 15 kg/m²).

La resistencia térmica del vidrio simple (0,17 m²k/W) se dobla prácticamente al añadir el segundo cristal de 4 mm dejando una cámara de aire mayor de 17 mm (el vidrio aislante estándar 4/6/4 no aporta más que un suplemento de 0,11 m²k/W).

Normalmente el doble vidrio se coloca en el interior, aunque es más recomendable hacerlo al exterior, donde contribuye a la protección de la ventana original frente a la intemperie. Las prestaciones térmicas y acústicas permanecen inalteradas, aunque evidentemente los materiales empleados deben ser resistentes al exterior (perfiles de aluminio anodizado, juntas de estanqueidad y accesorios de fijación) lo que puede afean la fachada.

Los riesgos de condensación en el invierno son prácticamente inexistentes salvo que el vidrio se coloque al interior: en este caso se produce por defectos de contacto del sobrevidriado con la hoja favoreciendo la comunicación del aire de la estancia con el de la cámara creada. La solución es practicar orificios de comunicación con el aire exterior. Sin embargo esta solución podría volverse en contra durante la época estival, produciéndose condensación.

El doblado de paredes y la colocación de paneles sandwich se apoya en rastreles de madera o perfiles metálicos que se fijan al entramado vertical de madera. Estos permiten la aparición de una cámara de aire de unos 3 cm. Esta cámara puede alojar la instalación eléctrica.

Siempre es conveniente dejar una cámara de aire ventilada en los forjados a los que se ha añadido un aislante sintético.

Vidrios aislantes

Si el escuadrado de las hojas es bueno (sin roces ni mermas) y los herrajes son suficientemente resistentes (superan, como orientación, el ensayo de carga en el borde, de 50kg) se puede colocar un cristal doble montado sobre un perfil especial. El asiento en el galce y el sellado son los puntos críticos a cuidar.

Las ganancias están entre 0,28 y 0,4 m²°K/W desde 0,17 en origen, en casos normales.

Este perfil reduce ligeramente la claridad interior (banda periférica de 20 mm) pero se adapta a cualquier grosor de vidrio aislante (hasta los que tienen cámara de 12 mm).

Tanto en este caso como en el de doble acristalamiento pueden producirse pérdidas de permeabilidad al aire. Si ésta es de la clase A2 puede debilitar el aislamiento acústico (entre 28 y 33 dB dependiendo de la composición del doble vidrio y cámara interior) .

Doble ventana

En este sistema se conserva la ventana original y se añade una nueva si el grueso del muro lo permite. Esta solución, a diferencia de las anteriores, mejora el rendimiento térmico, el acústico (unos 40 dB) y la permeabilidad al aire en una sola operación. La colocación exterior es la más frecuente y la de mejor funcionamiento y el riesgo de condensaciones se soluciona con orificios de comunicación de la cámara con el exterior. En su rendimiento térmico se acumulan las resistencias térmicas de la cámara de aire (alrededor de 16 m²K/W), la de la ventana antigua (se prorratea en alguna tabla de las existentes) y la de la ventana nueva.

Unidad completa

El sistema de unidad completa o 'bloque' está largamente extendido en otros países y lo está siendo poco a poco en España, por lo que constituye una solución interesante siempre que la ligazón con el edificio antiguo se resuelva adecuadamente. Esta suele realizarse aprovechando el cerco antiguo como precerco de la nueva ventana. Para ello conviene calibrar adecuadamente las medidas entre ambos elementos.

La mejora del rendimiento de las ventanas debe acometerse en tres aspectos fundamentales.

Permeabilidad al aire

En la época de su fabricación, las ventanas tendrían una humedad del 16-20% por lo que, debido a la retracción, las juntas, en un principio de 2 mm habrán pasado en la actualidad a 4-7 mm. Con la calefacción moderna la pérdida de humedad aumentará todavía más y con ella la retracción de la madera. Los cálculos efectuados en Francia evalúan esa pérdida con vientos de 2 m/s, en 14 a 36 m³/h por metro lineal de batiente. La pérdida de humedad de la madera puede también conducir a deformaciones de las hojas en su plano si los herrajes de cierre tiene una compensación insuficiente. Este juego de funcionamiento anormal compromete la permeabilidad al aire. En la mayoría de los casos el nivel medio de permeabilidad de las ventanas de estas casas se sitúa en torno a los 4 m³/h.m² para una presión diferencial de 1 Pa (mientras que para una ventana A3 está en 0,3 m³/hm², diez veces mayor).

Cuando la madera de la ventana está en perfecto estado de conservación o presenta un alto interés estético y si la operación es rentable se intentarán recuperar sus prestaciones antes que reemplazarla.

La mejora de las prestaciones térmicas pasan por la reducción de la permeabilidad al aire que se consigue fundamentalmente introduciendo juntas en los batientes y el cerco en los siguientes lugares:

Posicionamiento del sobrevidriado clásico (a la izquierda) y recomendado (a la derecha)

Mejora térmica de una ventana añadiendo una segunda ventana con simple o doble cristal

- En la peana bajo el vierteaguas en la zona de contacto entre la hoja y la parte trasera del cerco.
- En el travesaño (travesero alto) en el mismo lugar anterior pero fijado sobre la hoja. Esta posición en barrera exterior constituye un freno a la puesta en presión exterior por lo que se desaconseja en zonas de vientos fuertes.
- En los montantes puede colocarse indiferentemente sobre las hojas o sobre el cerco
- En el batiente/durmiente cuando es encaje en 'boca de lobo' se coloca en el tapajuntas que funciona por rozamiento.

Existen dos tipos de juntas (de lengüeta articulada y de tubo). La capacidad de compensación debe ser de 3 a 4 mm. Concretamente la capacidad de compensación corresponde al diámetro interior del tubo para las juntas tubulares y a la carrera de la lengüeta (donde se produce la sollicitación) en el segundo caso. La solución de un perfil portador de junta es muy recomendable. La fijación se hace por clavado o encolado o por inserción en ranura. El encolado es recomendable con materiales sintéticos e implica una buena resistencia al agua. La fijación por ranura supone que el talón tiene una capacidad de compensación (alrededor de 1mm) compatible con la precisión de la realización de una ranura necesariamente realizada in situ: los materiales empleados son los metálicos (acero inoxidable o latón) que trabajan a flexión y de síntesis (elastómeros, policloroprenos, siliconas, etc.).

Las juntas blandas en forma de bandas autoadhesivas son asequibles pero deben cambiarse periódicamente.

Las juntas de banda de caucho vulcanizado (la mayoría a base de siliconas) son eficaces para mejorar la estanqueidad al aire pero pueden modificar la estanqueidad al agua según sea el perfil y su resultado puede ser nefasto si se obturan los canales de desagüe.

Estanqueidad al agua

Se manifiesta por la aparición de aureolas de humedad en el muro a la altura del antepecho cuando fallan los ensambles del marco y en las hojas en el descascarillamiento de la pintura, la pérdida de enrase con el marco, especialmente en la peana, el efecto nariz (o abombamiento de la hoja) que impide que cierre de la falleba y la oxidación de la escuadra de la esquina.

La causa principal de la ruptura de la estanqueidad se debe buscar en las insuficiencias de mantenimiento de los encuentros entre el vidrio y el cerco. La falta de estanqueidad del acristalado en su encaje con la hoja, que aumenta y disminuye con las estaciones climatológicas.

La pérdida de apoyo del cristal por las capas sucesivas de pintura se soluciona restaurando la geometría original del galce. Esto incluye la existencia de orificios de drenaje de las cámaras de descompresión con un diámetro mínimo de 8 mm (dos orificios por hoja o tres por ventana completa).

Se eliminará el relleno original, se limpiará el fondo del galce, empleándose un mástic de aceite de lino original o productos más efectivos como las masillas oleoplásticas y los elastómeros. Por último se revisarán las juntas entre la carpintería y la obra. Los rellenos deben tener un ancho y una profundidad mínimas de 5 mm y pueden ser de masilla elastomérica o plástica. Debe constituir una barrera continua de estanqueidad al agua y al aire. La operación de control o de restauración de la estanqueidad debe realizarse antes de los acabados exteriores.

Pudriciones

La degradación de la madera por falta de mantenimiento o humidificación prolongada conducen a pudriciones sobre todo en maderas con albura. Se puede diagnosticar fácilmente haciendo catas con un cuchillo fino o un formón.

Colocación de un vidrio aislante por medio de un perfil de reducción

Juntas metálicas, elastoméricas y de nylon y perfiles de estanqueidad

Puertas

La estructura de las hojas de puertas antiguas suele estar formada por un armazón donde encajan o solapan cerramientos de menor dimensión (cuarterones o lamas más o menos trabajados) que cuajan todo el conjunto. Todos las secciones disponen de escuadrías generosas. Los herrajes de rotación de la hoja en el cerco se forman, según la época con pivotes, pernios, goznes o charnelas de gran sección. Los elementos de bloqueo pueden ser: picaporte más cerradura, cerrojo simple o pestillo o pasador.

Los cantos de la hoja son escuadrados y no están labrados ni ranurados.

Las especies utilizadas son las mismas que en las ventanas (roble desprovisto de albura, castaño y coníferas)

La patología de las puertas se centra en la retracción de la madera por la falta de un secado adecuado en el momento de la instalación. La madera estaba simplemente seca al aire, es decir, alrededor del 18% de humedad en el mejor de los casos, que ha bajado a 8-10%. La retracción ha provocado un aumento de la junta y en ocasiones, además, un abombamiento de la hoja. Cuando el paramento es de lamas yuxtapuestas se produce una permeabilidad residual mayor que cuando se trata de cuarterones encastrados.

En general se admite una entrada de aire parásita para puertas de entrada de 6 m³/hm² bajo una presión de 1 Pa, valor que puede aumentar en las hojas de lamas.

El riesgo de pudrición es bajo cuando la puerta encaja en un diseño arquitectónico abrigado o se ubica en fachada no expuesta y además se ha empleado madera con una buena durabilidad natural.

La mejora de las prestaciones térmicas puede realizarse, si el estado de la puerta es bueno, mediante la introducción de un dispositivo mecánico o un junta de estanqueidad entre hoja y cerco limitando la permeabilidad al aire.

El presente artículo se ha basado principalmente en el libro 'Le bâti pan de bois'

Electricité de France. 1993

Sus autores son un grupo de ingenieros entre los que destacan algunos miembros del CTBA.

Notas

¹*Su principio se basa en que la radiación calorífica a través de un muro depende de la conductividad térmica de los materiales que lo componen. Así, la diferencia de conductividad térmica entre la madera y el relleno permite visualizar la estructura de 'colombage'*

²*Estas resinas permiten asegurar uniones mecánicamente resistentes entre materiales muy diferentes: madera, acero, fibra de vidrio... Se vierten in situ, polimerizan en frío y aceptan juntas muy gruesas. Pueden combinarse con cargas y áridos para componer morteros que se pueden encofrar en las formas más diversas. El acabado en cuanto color y textura es compatible con la madera. Su tecnología la conocen hasta el momento pocas empresas especializadas.*

³*En España los muros son estructuras mixtas en pies derechos, zapatas y carreras con rellenos de ladrillo y cascote recibido con mortero de cal. La madera va enrollada con lias o tomizas para facilitar la adherencia*

⁴*En superficies exteriores en buen estado se puede colocar un revestimiento de teja, pizarra o tejuela sobre rastreles de madera cuyos huecos se rellenarán de aislamiento. El aislante deberá ser no hidrófilo y sin barrera de vapor. Se fija mecánicamente al muro. Conviene establecer una cámara de aire intermedia mínima de 20 mm. Es preciso asegurar una buena evacuación del agua en el caso de su posible penetración.*

⁵*Depende de la naturaleza del aislante: de 30 a 80 mm en materiales fibrosos y de 50 a 80 en los plásticos alveolares.*

⁶*Entre estos rellenos figuran el hormigón celular, de poliestireno y de arcilla expandida. Los rellenos tradicionales presentan una ligereza suficiente para absorber los movimientos del entramado. También participan en alguna medida en el reparto de cargas y contraviento del edificio además de asegurar la estanqueidad al agua de la pared. Cualquier material nuevo de relleno ha de considerar estos factores.*

⁷*La madera está sujeta a variaciones dimensionales dependiendo de sus condiciones higrotérmicas, las cuales pueden provocar fisuras entre madera y relleno. Estas pueden limitarse con una serie de precauciones: revocos con una retracción adecuada, colocación de mallas de refuerzo, comprobación de la estabilización previa de la madera o colocación de una junta preformada (tapajuntas clavado o pegado al entramado, rastrel pegado con silicona a la madera, etc.*

⁸*Entre los materiales empleados para este fin destacan: la silicona, que asegura rápidamente la estanqueidad pero se descola bastante rápidamente, su aspecto es poco estético y no permanece con la pintura. El poliéster, que es estanco pero no se puede aplicar sobre la madera. El poliuretano agarra bien sobre la madera pero no resiste al alcohol, ni a los aceites volátiles ni a los productos bituminosos.*