

# Índice General

Presentación del Presidente de AITIM	Pág. 7
Prólogo	9
Introducción	11
Agradecimientos	13
<b>I PUERTAS DE MADERA</b>	<b>15</b>
<b>La puerta como elemento arquitectónico</b>	<b>17</b>
<b>Evolución histórica de las puertas</b>	<b>23</b>
La puerta antigua	24
Las puertas en la Edad Media y en el Renacimiento	29
Puertas apeinazadas en el Renacimiento	34
La nueva puerta plafonada	38
Nuevos estilos a comienzos del siglo XX	47
Las puertas en España en el siglo XX	50
La nueva puerta plafonada	54
<b>Diseños y tipologías de puertas</b>	<b>65</b>
Puertas planas	66
Puertas plafonadas	72
Puertas entabladas	81
Puertas castellanas	85
Maderas y chapas	86
Cercos	88
Puertas especiales	93
Puertas resistentes al fuego	93
Puertas de seguridad	112
Puertas aislantes a radiaciones	116
Puertas aislantes acústicas	116
<b>Instalación en obra</b>	<b>119</b>
Colocación tradicional	120
Colocación actual	121
<b>Herrajes para puertas</b>	<b>129</b>
Herrajes de colgar	130
Pernios	137
Herrajes de seguridad	142
Cerrojos	142
Manivelas, manillas o pomos	151
<b>Normalización y certificación</b>	<b>157</b>
Normas sobre terminología	157
Normas relativas al fuego	159
Normativa sobre dimensiones	162
Certificación de puertas planas	163
Certificación de puertas carpinteras	165
<b>II VENTANAS DE MADERA</b>	<b>167</b>
La ventana como elemento arquitectónico	169

Evolución histórica de las ventanas	175
La ventana en la Edad Antigua	175
La ventana en la Edad Media	178
Ventanas del Renacimiento	183
La ventana en los siglos XVII y XVIII	192
La ventana en los siglos XIX y XX	203
<b>Tipologías de ventanas</b>	<b>215</b>
Simbologías	216
Ventanas a la francesa	219
Ventana a la inglesa	220
Ventana mirador	221
Ventana pivotante	223
Ventanas abatibles	227
Ventanas correderas y de guillotina	231
Ventanas oscilobatientes y oscilocorrederas	235
Normalización terminológica	235
<b>Diseño de la ventana de madera</b>	<b>239</b>
Perfiles	240
Factores de diseño	242
Perfiles de madera maciza	251
Perfiles de madera laminada	258
Perfiles de madera-aluminio	261
Accesorios de estanquidad	263
<b>Herrajes para ventanas</b>	<b>267</b>
Evolución histórica	268
Herrajes de cierre	275
Herrajes de cuelgue	279
Herrajes de ventanas pivotantes	283
Herrajes para hojas basculantes	284
Herrajes de ventanas correderas y de corredera coplanar	286
Herrajes de guillotina	287
Herrajes de ventanas abatibles y oscilobatientes	291
Otros herrajes	293
<b>Juntas</b>	<b>295</b>
<b>El vidrio en la carpintería</b>	<b>303</b>
Desarrollo histórico	303
Historia del vidrio	304
Fabricación del vidrio	306
Tipos de vidrio	306
Instalación del vidrio	351
Sello del acristalamiento	316
<b>Ventanas especiales</b>	<b>325</b>
Ventanas acústicas	325
Ventanas acústicas mejoradas	329
<b>Normalización y certificación de ventanas</b>	<b>337</b>
Normas de aislamiento térmico	340
Normas de aislamiento acústico	341
Certificación de ventanas	347
<b>Colocación en obra de ventanas</b>	<b>349</b>
Colocación húmeda	350

Colocación en seco	351
Sellado de juntas en obra	355
<b>Persianas y postigos</b>	<b>361</b>
Postigos o fraileros	363
Persianas	364
<b>III TECNOLOGÍA DE PUERTAS Y VENTANAS</b>	
<b>Evolución tecnológica de la carpintería</b>	<b>373</b>
Tecnología de la carpintería	379
Invariantes tecnológicos de la carpintería hasta el siglo XX	382
Fabricación industrial de puertas	389
Fabricación industrial de ventanas	393
<b>Protección y acabado de la carpintería al exterior</b>	<b>397</b>
Protección de la madera	403
Acabado de la madera	414
<b>IV ESCALERAS DE MADERA</b>	<b>419</b>
La escalera como elemento arquitectónico	421
<b>La escalera en la historia</b>	<b>425</b>
La escalera en la Edad Antigua	425
La escalera de caracol en la Edad Media	427
Escaleras de barandilla superpuesta	430
Escaleras de ojo central	433
Escaleras suspendidas	435
Escaleras curvilíneas	437
Escaleras a la inglesa	442
La revolución del siglo XX	446
<b>Diseño de escaleras</b>	<b>451</b>
Zancas a la francesa	451
Zancas a la inglesa	459
Zancas pardañas o cremalleras	463
Zancas de madera laminada	467
Peldaños	469
Descansillos, rellanos o mesetas	487
Revestimiento y protección del hueco	490
Barandillas	492
Pasamanos	510
Pilaretes y cubillos	514
Pilarotes o pilaretes de arranque	515
<b>Tipologías de escaleras</b>	<b>519</b>
Tipologías estructurales	519
Tipologías constructivas	521
Tipologías por trazado	522
<b>Trazado de escaleras</b>	<b>533</b>
El trazado	533
Trazado de zancas y cremalleras	536
Trazado de los peldaños	541
Trazado de barrotes y balaustres	543

Trazado de escaleras por ordenador	544
Realización de planos	545
<b>Compensación de peldaños</b>	<b>549</b>
Método del desarrollo	550
Método de los cuellos iguales	552
Método del rastrillo	553
Trapecio de compensación	555
Curvado de los peldaños	557
Método del semicírculo	558
<b>Dimensionado de escaleras</b>	<b>559</b>
Desarrollo de la escalera	559
Ancho del paso	563
Dimensionado de distintos tipos de escaleras	565
<b>Despiece</b>	<b>567</b>
<b>Armado</b>	<b>571</b>
Escaleras de madera maciza	571
Escaleras de madera laminada	573
<b>Instalación en obra</b>	<b>575</b>
Levantamiento de la caja e instalación	575
La instalación clásica	578
Colocación de una escalera a la francesa	580
Colocación de una escalera en voladizo	580
Colocación de escaleras de entramado ligero	581
<b>Materiales</b>	<b>583</b>
La madera	583
Materiales conexos	586
<b>Normas</b>	<b>587</b>
<b>Acabados</b>	<b>589</b>
V ANEXOS	593
<b>Normalización de puertas y ventanas</b>	<b>595</b>
Antecedentes	595
Normas europeas comunes a puertas y ventanas	598
Normas europeas de ventanas	603
Normas europeas de puertas	604
Otras normas nacionales de puertas	607
Otras normas nacionales de ventanas	608
Normas tecnológicas de la edificación	610
Equivalencias entre las propiedades básicas	612
<b>Glosario</b>	<b>615</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>631</b>
<b>Índice General</b>	<b>637</b>
<b>Especies y chapas de madera en puertas y ventanas</b>	<b>641</b>
<b>Directorio comercial</b>	<b>649</b>

# Diseño de la ventana de madera



## Requisitos

Las ventanas se caracterizan genéricamente por sus funciones de cerramiento, iluminación, evasión visual y ventilación. Por ello deben ser estancas al aire y al agua tanto en su conjunto como en las uniones a fábrica y, ante la eventual penetración o condensación de agua, deben disponer de sistemas de recogida y evacuación.

Estructuralmente deben ser indeformables frente al viento y al peso propio.

Sus componentes deben ser resistentes a la agresión ambiental y ser compatibles entre sí y con sus empotramientos. Su diseño debe facilitar su limpieza, mantenimiento y una reparación sin riesgos.

Además cumplirán los requisitos de aislamiento térmico y acústico que fijen las normas o códigos de construcción pertinentes.

El diseño de todas sus partes debe asegurar el cumplimiento de todas las funciones anteriores.

## Hojas

Las hojas o batientes están formadas por un bastidor de madera con formas variadas.

Aunque en la historia de la arquitectura se han diseñado hojas con formas irregulares (véase el Modernismo o el Art Déco) lo más habitual es acudir a formas geométricas convencionales, con un determinado perfil, normalmente en un mismo plano (existen vidrios y bastidores curvos), que sujeta un cristal también plano. Las hojas vienen caracterizadas por el perfil o relieve de su bastidor, del que se hablará a continuación y su durabilidad debe ser en principio indefinida.

## Cerco

El cerco es el bastidor donde se fijan o cuelgan las hojas (dependiendo de si

éstas son fijas o móviles). Está caracterizado por su perfil, en el que encaja la hoja, de forma enrasada, solapada o sobresaliente. Suele ser de la misma especie de madera que la hoja, con el que va a juego. En la construcción tradicional el cerco se colocaba directamente en obra por lo que se dejaban unos salientes laterales en los testeros, llamados cogotes, que se empotraban en el muro y una serie de enlaces metálicos. En la actualidad se ejecuta con patillas o anclajes mecánicos (tornillos sobre tacos). Su durabilidad debe ser en principio indefinida.

### Precerco

El precerco es otro bastidor de madera de menor calidad y sección que actúa como elemento de transición entre cerco y obra. Se fija a la obra gruesa cuando ésta está avanzada y en él se atornilla, clava o pega el cerco. Su instalación evita que se deterioren los cercos definitivos. Al duplicar la función del cerco, la sección de éste puede disminuir. Su durabilidad debe ser acorde con la del conjunto de la obra en la que esté colocada y en todo caso no inferior a 50 años. Debido a su carácter oculto y su función, su sección tiene una forma geométrica simple, normalmente rectangular.

### Acristalamiento

Es la superficie translúcida o transparente que se sujeta a los bastidores que conforman la ventana, tanto los fijos como los móviles.

## Perfiles

### de las hojas y cercos

Es la característica definidora y diferenciadora de los bastidores. La escuadría y su perfil deben ser suficientes para resistir la presión del viento y las tensiones de accionamiento (apertura y cierre) de sus hojas.

Lo ideal, salvo motivaciones especiales de proyecto, es que las hojas y cercos proporcionen la máxima iluminación con la mínima sección de madera.

Con la madera se consiguen superficies acristaladas medias en torno al 70% del hueco, aunque esto depende de su configuración vertical u horizontal, es decir, su colocación *de tabla* o *de canto*, esto es, con su mayor dimensión en el plano de la ventana o transversal a ella. El primer caso presenta más madera vista, menos esclarecimiento y el chásis

### Ventana con perfil de tabla o de cara





**Perfiles colocados de canto para lograr una mayor delgadez del bastidor**

es más rígido frente al descuadre. En el segundo presenta menos madera, la rigidez es mayor frente a la torsión. Históricamente los perfiles siempre se han colocado de tabla o de cara debido fundamentalmente a que los ensamblajes se realizan mejor de cara que de canto. Con el paso del tiempo se fueron adoptando secciones sensiblemente cuadradas para obtener juntas más complejas frente a problemas de estanquidad. La tendencia actual a colocarlos de canto proporciona perfiles 'en cajón' con menos masa de bastidor en alzado si bien el alambor aumenta. Los adhesivos y medios de fijación han facilitado su desarrollo.

En cualquier caso la ventana de madera 'opaca' ligeramente más que la metálica y más o menos lo mismo que el resto de los materiales.

Este 'exceso' de material se compensa por su aportación térmica ya que la ventana de madera funciona muy bien como aislante.

### **El relieve de los perfiles**

El perfil debe tener un determinado relieve que encaje cerco y hojas, y determinados rebajes que juegan un papel importante en la estanquidad de las ventanas, tanto por su forma como por su modo de contacto, lo que depende de la precisión del mecanizado.

De toda la carpintería de madera, las ventanas han sido siempre las más

vulnerables a las condiciones atmosféricas por su nivel de exposición y por su pequeño grosor.

Los primeros perfiles desde el siglo XV eran de aristas vivas. A partir del siglo XVIII, se fueron adoptando formas redondeadas para que el agua corriera más fácilmente, filosofía que se ha mantenido hasta hace poco. Actualmente se ha llegado a un término medio. Perfiles de planos inclinados pero con pequeñas curvas en las aristas.

Desde el siglo XVII se utiliza el vierteaguas y en el XVIII se introducen perfiles mecanizados que se oponen a la infiltración del agua: solapes, líneas quebradas, canales y goterones que recogen la inevitable presencia del agua en los elementos horizontales y rompen la capilaridad.

Desde la década de 1960, coincidiendo con la exigencia en muchos países de unas condiciones mínimas de estanquidad, se empezaron a introducir accesorios especiales.

En efecto, los elevados estándares de confort y las altas temperaturas de calefacción de la construcción moderna intensificaron los problemas de condensación y los consiguientes movimientos de la madera, los cuales se agravaban por la falta de ventilación y el aire acondicionado. Como consecuencia, en las carpinterías tradicionales de madera se empezaban a producir holguras y fendas que producían pérdidas y favorecían la penetración del aire.

Los diseños tradicionales, que se mostraban eficaces en el pasado, gracias a su permanente mantenimiento, dejaron de serlo. La construcción moderna agudizó sus viejos problemas y destapó otros nuevos de tal manera que se hizo muy difícil diseñar ventanas estancas sin introducir juntas flexibles, lo que se evidenció sobre todo en las ventanas a la francesa por su sistema de apertura. Esto no quiere decir que los medios tradicionales de estanquidad no mantuvieran su eficacia y debieran abandonarse

(holguras que absorban movimientos de la madera, solapes, galces y cámaras de descompresión que asienten los perfiles y frenen el paso del aire, pendientes de los perfiles, canales y orificios de desagüe,

etc.) pero la equiparación con otros materiales forzó la introducción de elementos auxiliares.

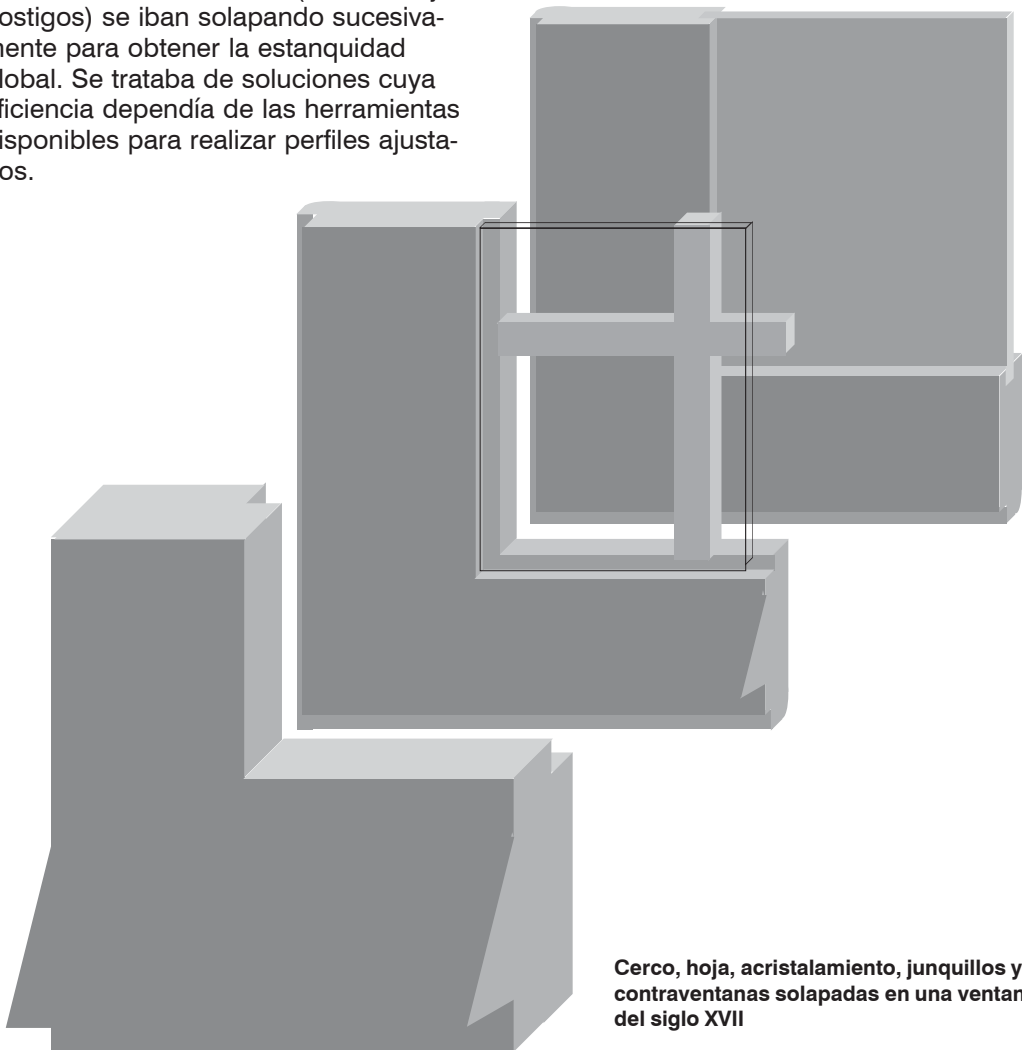
A continuación se analiza su función.

## Factores de diseño

### Solapes entre hojas

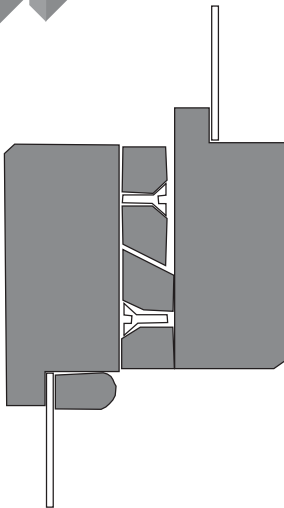
Hasta el siglo XVII el encuentro entre hojas y cerco se resolvía mediante galces o renvales, con un rebaje del perfil en escuadra. Los bastidores (cercos, hojas, postigos) se iban solapando sucesivamente para obtener la estanquidad global. Se trataba de soluciones cuya eficiencia dependía de las herramientas disponibles para realizar perfiles ajustados.

A partir del siglo XVIII aparecen juntas más complejas como la de cuello de cisne o la de boca de lobo entre hojas. Ésta última fue muy popular. Se trata de un perfil cóncavo en un montante, y convexo en el otro, que facilita el ajuste de las hojas. El solape en el cerco se realiza a través de un perfil en forma de espolón que se introduce en un rebaje



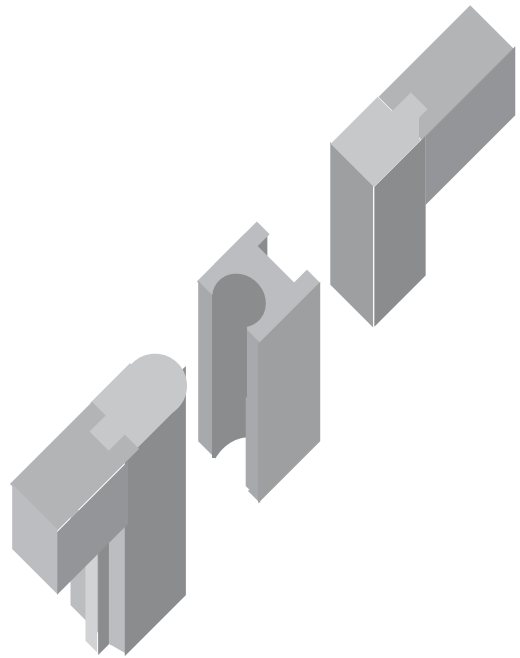
Cerco, hoja, acristalamiento, junquillos y contraventanas solapadas en una ventana del siglo XVII



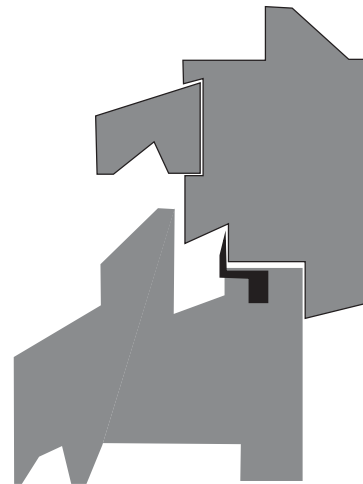


### Solapes en una ventana de guillotina

con su correspondiente contraforma. El solape en cuello de cisne, consiste en un simple galce diagonal que se puede hacer doble al añadir dos cubrejuntas. Entre el cerco y la hoja es frecuente la junta en boca de lobo. La mayor precisión de las herramientas

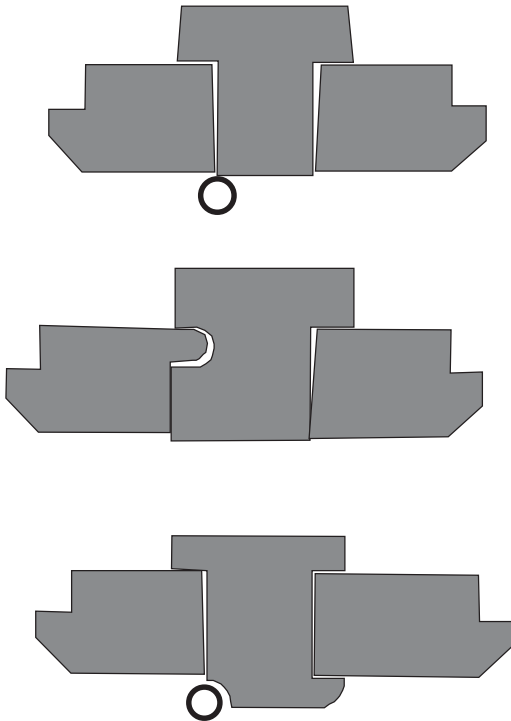


Junta de cuello de cisne (a la izquierda) y en boca de lobo (a la derecha)



### Perfiles con aristas vivas y cámara de descompresión en un perfil de los años 60

de corte favoreció la introducción de perfiles cada vez más complejos destinados a romper las filtraciones por medio de múltiples planos de contacto y discontinuidades. Se trata de una solución que ha funcionado bien en el pasado, pero que ahora, por los problemas de



#### Diversos tipos de alambor para mejorar la maniobrabilidad

climatización mencionados, presenta mayor sensibilidad a la retracción. Actualmente se ha vuelto, por tanto, a solapes sencillos: plano de contacto único y continuo con solape interior (respecto a las cámaras de descompresión) insensible a las variaciones dimensionales de las piezas, gracias a la exactitud de los mecanizados y a las juntas de estanquidad.

La precisión de mecanizado de los perfiles admitida actualmente está en torno a 0,2 mm, necesario tanto para la estanquidad como para el ensamble y encolado.

#### Ajustes y holguras

Como es lógico, las hojas practicables presentan mayores problemas que las fijas. Para ser estancas necesitan un ajuste exacto lo cual está en contradicción con que puedan maniobrarse fácilmente, en especial durante el invierno.

Para ello se recomienda una holgura de al menos 3 mm entre hoja y cerco que absorbe los movimientos diferenciales de los bastidores.

La forma de las holguras deben adecuarse a la maniobra de las hojas, dejando un alambor o pequeña inclinación de las caras que permite una maniobra que no sería posible si éstas fueran perfectamente perpendiculares.

#### Pendientes de los perfiles

Todas las superficies horizontales expuestas a la lluvia o a la condensación deben tener una cierta pendiente, al menos de 9° pero se recomiendan 15° para expulsar el agua de escorrentía. Por el mismo motivo se suelen sobreponer piezas vierteaguas, con la misma pendiente.

#### Galces

La investigación de soluciones de estanquidad adecuadas condujo inicialmente a la ventana solapada, que presentaba muchas ventajas: era razonablemente estanca, necesitaba poco mantenimiento y sus hojas abrían bien durante todo el año.

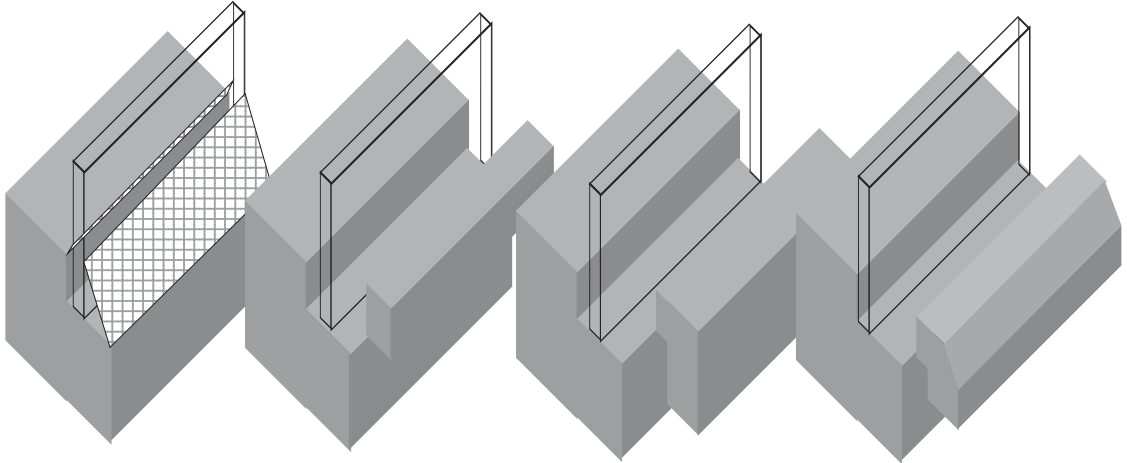
El solape se conseguía con un rebaje del perfil denominado galce, de unos 12 a 15 mm de profundidad.

El galce supone un sistema aditivo de solapes. Existe un galce en el cerco para recibir la hoja, en la hoja para recibir el vidrio y el postigo y en la pared (mocheta) para recibir el cerco.

Pero los galces por antonomasia son los de las hojas y pueden ser abiertos y cerrados. Los cerrados o de ranura dejan un canal donde se introduce el vidrio, y necesitan incorporar un material de sellado. Los abiertos son un diedro y están formados por una cara fija, una plataforma y un junquillo clavado o atornillado verticalmente, o de presión (clavado o atornillado horizontalmente). Debe dejarse una holgura de cara y los galces deben tener también una cierta pendiente de evacuación, generalmente de 9°.

Es bueno que los galces tengan drenaje y evacuación hacia el exterior. Para el diseño del perfil es fundamental el correcto dimensionado de los galces dependiendo si son drenados, abiertos o cerrados<sup>1</sup>. El auto-drenaje mínimo se

obtiene con perforaciones de 8 mm de diámetro los cuales enlazan el fondo del galce con una cámara de igualación de presiones situada en general debajo de la hoja..



### Diversas formas de colocación del galce

#### <sup>1</sup>Galces no-drenados

La altura mínima de los galces se obtiene respetando determinados factores: tolerancias del cerco y el acristalado, juego mínimo periférico (3 mm mínimo) y contacto con el perfil (4 mm como mínimo)

El ancho mínimo de los galces debe tener en cuenta el espesor del vidrio con el fin de conservar al menos 3 mm para el juego lateral necesario para la masilla. Los perfiles son obligatoriamente abiertos hacia el exterior.

#### Galces abiertos

Las dimensiones mínimas de los galces abiertos se establecen en las normas. La altura mínima del galce se calcula sobre un semi-perímetro de la hoja. Debe ser igual o inferior a 2,50 m y la altura mínima es de 12 mm.

El ancho mínimo se calcula en función de la longitud mínima del relleno (9 mm).

El ancho mínimo es de 16 mm y el máximo, de 25 mm. Un ancho de 11 mm se admite para las cristalerías pequeñas. (UNE 85-222-85)

Este galce se reserva para la colocación de un vidriado con grueso inferior a 4 mm (4 mm si es armado) y a cristales en el que el semi-perímetro no sobrepase 2,50 m (ó 3 m si el lado mayor no excede de 2 m).

#### Galces cerrados

Los galces cerrados comportan un contra-perfil (o

juego) y un junquillo o un tapajuntas. Los perfiles con dos junquillos son aceptables si uno de ellos queda fijo y estanco desde taller. La altura mínima del galce cerrado es de 12 mm. Ésta se determina en función de un perímetro inferior o igual a 2,50 m o 3 cuando la mayor dimensión no excede de 2 m.

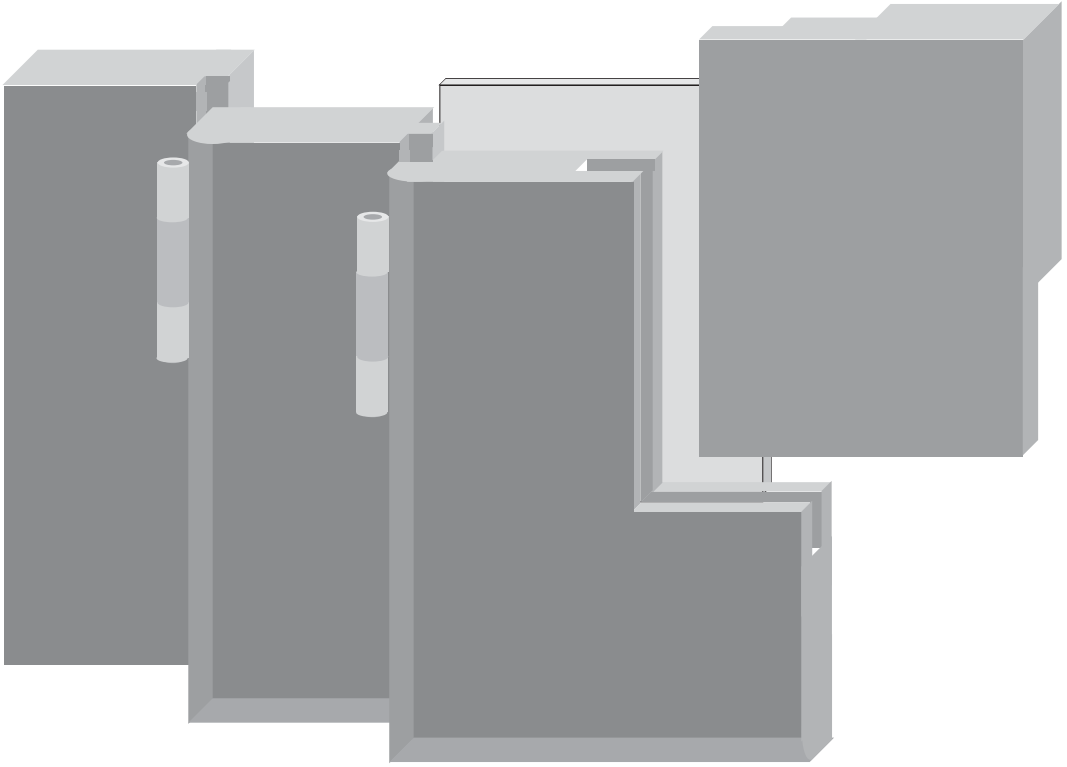
Para un semi-perímetro comprendido entre 2,50 m y 5 m la altura es de 16 mm. El ancho mínimo del galce se determina en función del espesor del vidrio, de la masilla, de la contra-masilla y del asiento del junquillo.

En el caso de un sistema de recubrimiento completo más junquillo, el ancho mínimo a reservar para la masilla es de 6 mm (3 mm x 2). Para un sistema de recubrimiento parcial más junquillo, el ancho mínimo es de 7 mm (3 mm + 4 mm).

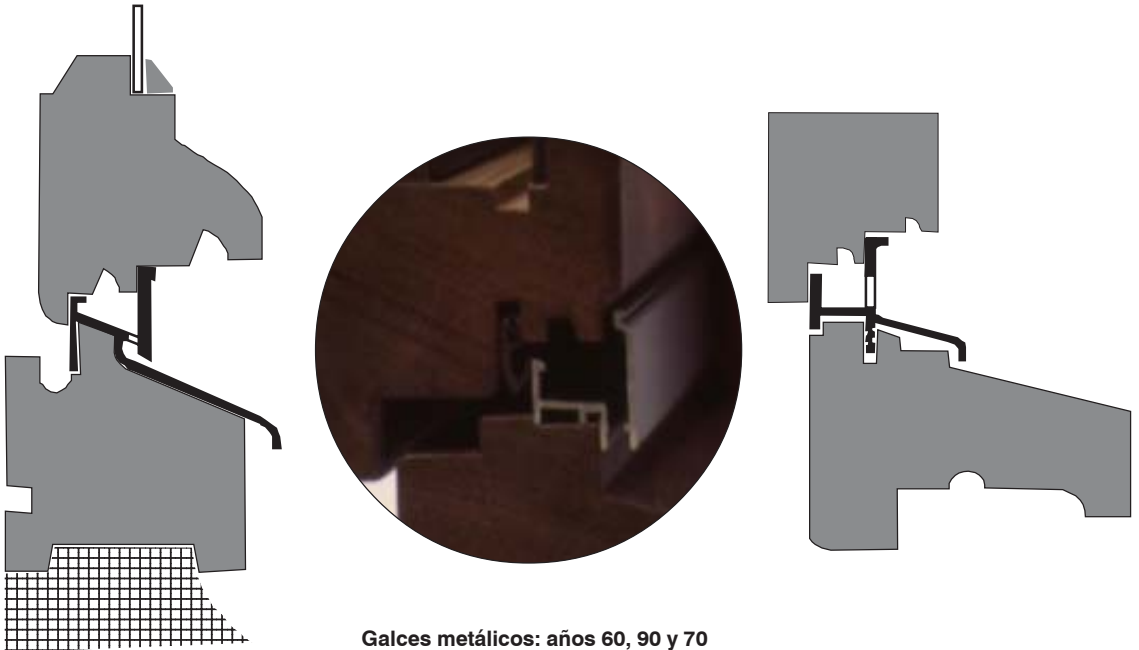
Para un galce en U, el ancho mínimo reservado para la masilla es de 8 mm (4 mm x 2). Se utilizan estos galces cuando: la colocación de vidrios sencillos no sobrepasa los 15 mm, los acristalados cuyo semi-perímetro no sobrepasa los 5 m (2,50 para los acristalados sobre perfil de madera y masilla de aceite de lino) y en acristalamientos con estanqueidad de E1 a E3.

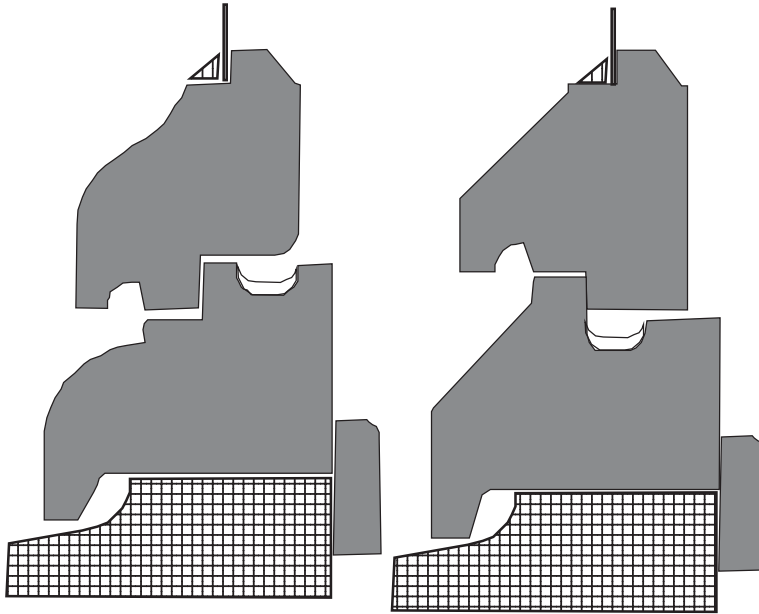
#### Galces auto-drenantes

Existen galces drenados o auto-drenantes que se obtienen perforando los fondos con el fin de equilibrar su presión parcial de vapor de agua con la del aire exterior. Esto permite igualmente limitar las eventuales posibilidades de infiltración.



Sucesión de galces y solapes en una ventana renacentista francesa del siglo XVI





Perfiles curvos de los años 50 y más rectos de los 60

### Aristas vivas

Las aristas vivas aparecieron en determinados puntos para romper la capilaridad. La importancia de la capilaridad está en función de las holguras y de la cantidad de agua que penetra. Para impedir su subida hay que romper la continuidad de la película líquida por medio de aristas vivas colocadas lo más próximo que sea posible al paramento exterior. Hasta que se llegó a esta conclusión, lo habitual era que las formas fueran redondeadas para que el agua de escorrentía resbalara más fácilmente.

### Junquillos, baquetones o parteluces

Junto a su papel de sujeción, estos elementos se diseñaban para frenar la escorrentía de agua de lluvia. Su eliminación actual para dejar superficies más diáfanas y fáciles de limpiar, tiene como contrapartida que concentran mayor volumen de agua en peanas y peinazos. La unión a inglete o de punta de diamante entre junquillos verticales y horizontales, es más peligrosa que la recta debido a que las variaciones dimensionales de la

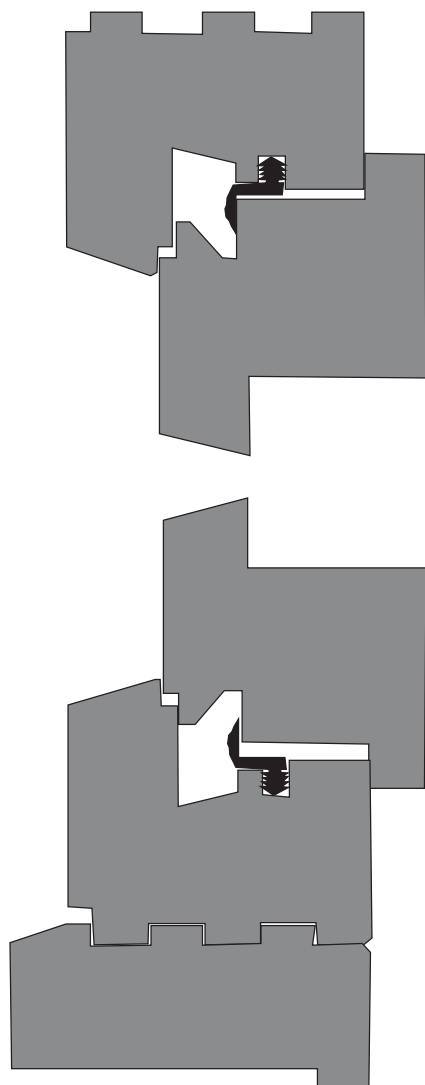


Perfiles curvos y parteluces en una ventana tradicional

madera se concentran ahí. El problema se soluciona con sellantes que impermeabilicen del agua y absorban los cambios dimensionales.

### Orificios de desagüe

Para evacuar el agua de lluvia y condensación, es recomendable que existan canales y orificios de desagüe que recojan y evacuen el agua antes que se desborden los acanales. Actualmente se recomiendan de 6 a 9 mm de diámetro como mínimo. A veces se sustituyen con



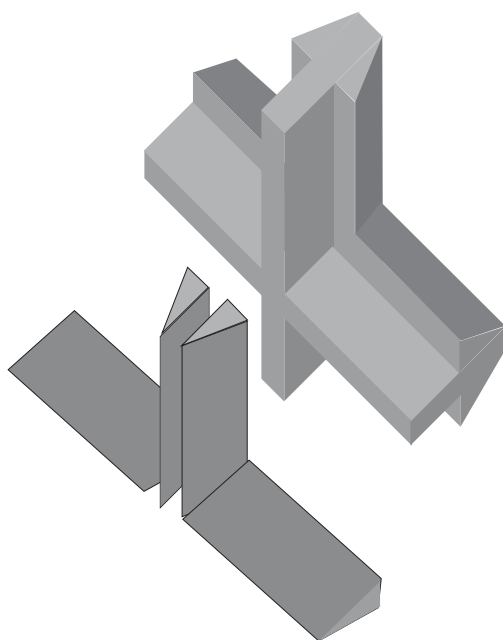
#### La vuelta a las aristas vivas en los años 70

ventaja mediante mortajas de 15 x 8 ó 10 x 8 mm.

Se ubican en los galces del cerco, cerca de la cara exterior del perfil y, si existen, cerca de los canales verticales de escorrentía.

También se ubican desde el canal interior que recoge el agua de condensación.

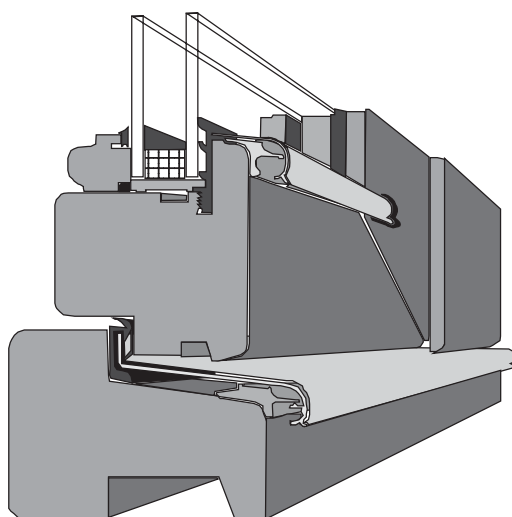
A modo de ejemplo, en una ventana tipo de 1.200 mm x 1.200 mm se recomiendan tres orificios de desagüe en forma de mortaja de 10 x 20 mm, distribuidos en el centro de la peana y a 50 mm del en-



cuentro de los perfiles verticales del cerco.

#### Vierteaguas

La hoja y todos los elementos móviles deben ir provistos de vierteaguas con goterón. Cuando una hoja practicable se sitúa bajo un mainel, a no ser que éste se proyecte hacia fuera suficientemente, se



Vierteaguas metálico



### Orificios de desagüe

debe proteger mediante vierteaguas. Los vierteaguas suelen fijarse mediante un ensamble machihembrado y deben cubrir todo el ancho de la hoja; un vierteaguas que se pare al llegar al montante no sirve para nada ya que es justamente a lo largo de los montantes donde se desliza el agua y sólo puede ser interrumpido por él.

Los vierteaguas de dos hojas consecutivas se solapan entre sí mediante un bisel.

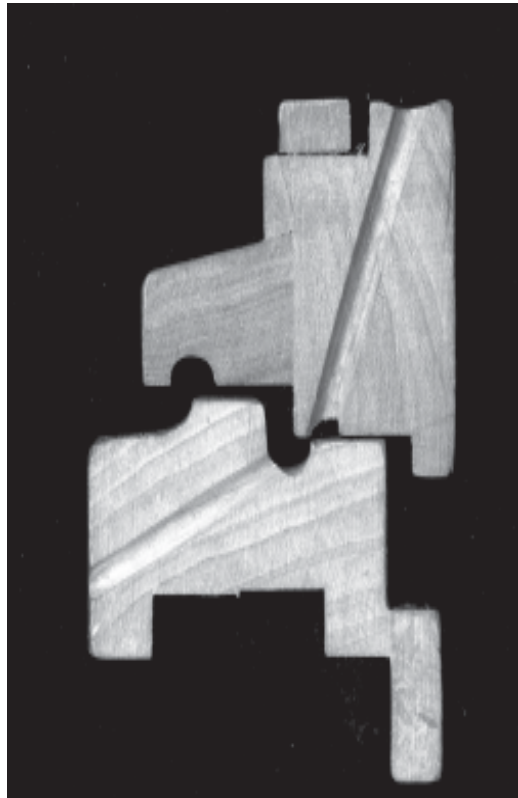
### Canales y goterones

Los canales se recomiendan con un ancho mínimo de 8 mm y deben ser absolutamente continuos para ser eficaces, ya que un ranurado más estrecho favorecería la saturación del film de agua, que formaría un puente bajo la presión del aire.

Los canales pueden ser rebajes en la madera o piezas metálicas superpuestas. Su forma puede ser redondeada, que es lo más habitual, o paralelepípedica.

### Cámara drenada

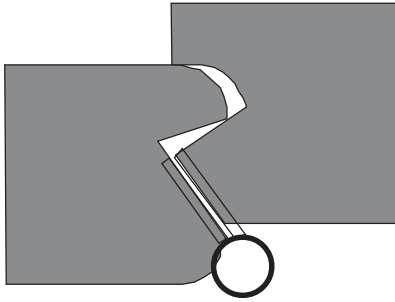
La carpintería tradicional inventó la cámara drenada o cámara de descompresión como barrera de estanquidad al agua. La estanquidad de la ventana se ve comprometida por infiltraciones producidas por el viento y la capilaridad. Pero si el agua se encuentra con una cámara en la que se rompe la continuidad capilar y prácticamente desaparece la presión del viento, caerá por las paredes recogándose y



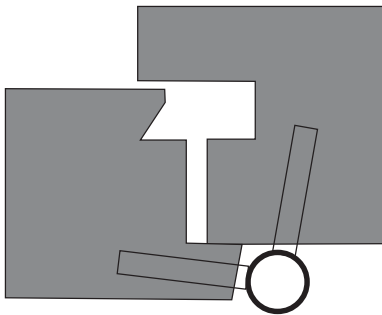
Cámara drenada, orificios de desagüe y vierteaguas en un perfil de los años 90

expulsándose al exterior por los orificios de desagüe. La cámara de descompresión, por tanto, alarga el recorrido del agua y disminuye su velocidad.

Para ser verdaderamente eficaz, la cámara debe estar colocada hacia al exterior del perfil, respecto a la barrera de estanquidad al aire (junta) ya que en el interior, la presión es la del interior de la habitación, que es menor que la del exterior. Si hay viento, entonces el agua llega a la cámara, y será conducida hacia el interior y no podrá ser evacuada. Como consecuencia práctica resulta que la junta no puede colocarse en el paramento exterior del batiente; debe estar situada entre 0,5 y 1 mm del recubrimiento exterior del cerco (con pintura terminada); en esta situación la cámara de estanquidad se encuentra a la misma



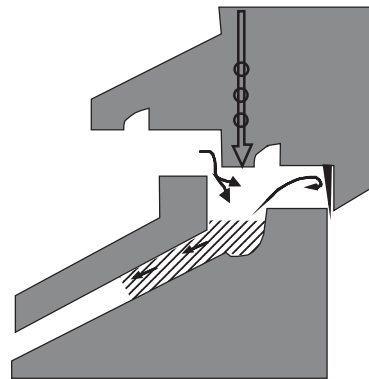
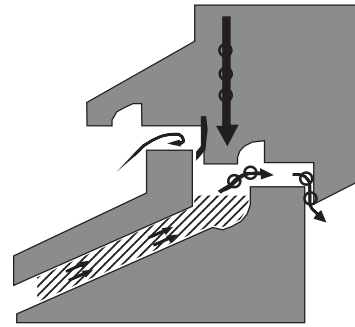
**Sección horizontal: ventana antigua sin cámara**



**Sección horizontal. Ventana actual con cámara**

presión exterior y puede evacuarse por gravedad.

Para carpinterías de estanquidades superiores a la clase E1 (ver capítulo de normativa) no hace falta evacuar la cámara drenada para suprimir el rechazo que se manifestaría en los orificios de desagüe. Por otro lado, la experiencia prueba que sólo las aristas vivas logran romper las películas de aire+agua, que es lo que ocurre, por ejemplo en los perfiles redondeados de boca de lobo. Los resultados mejoran con una cámara de 13 mm descompuesto en arista de 3 mm, seguida de ranura de 10 mm donde la cara exterior tiene una pendiente de 45º y la cara interior vertical. A esa cámara del batiente corresponde sobre el cerco, una cámara de descompresión de ancho un poco mayor (13 mm + juego entre hoja y cerco de 0,5 a 1 mm). Para que esta cámara quede formada, basta que los perfiles de hojas y cerco



**Funcionamiento de la cámara drenada (arriba incorrecto, abajo, correcto)**

tengan dos superficies de contacto creando así ese espacio interior. La cámara debe ser lo suficientemente grande para asegurar su función de descompresión y ralentización del aire. Si es insuficiente, el peligro es que se llene y desborde hacia el interior. Una buena evacuación evita este problema. Para ello se recomiendan orificios de 8 mm de diámetro.

Es importante que no existan puntos concretos donde la reducción de la velocidad no se produce porque hay que conseguir una estanquidad continua sobre la periferia del batiente.

Este ingenioso principio de la carpintería tradicional sigue estando vigente en las modernas después de años de exagerada confianza en los selladores químicos que se han utilizado como barrera al agua.



# Peldaños



Los peldaños o escalones son los elementos de apoyo o pisada de la escalera. Constan de una parte horizontal, llamada huella, y otra vertical, llamada contrahuella, o tabica, que debe tener siempre la misma altura. Para que una escalera exista debe haber huellas aunque no necesariamente contrahuellas. Si los peldaños son irregulares, su parte estrecha se llama cuello y la ancha, cola. El ancho de la huella es su dimensión menor (la de pisada) y el largo, la transversal a la rampa (la de cruce).

La pendiente resultante de la relación huella-contrahuella, la existencia o no de contrahuellas, los materiales empleados, la perspectiva y la sensación de vértigo de algunas rampas así como los cuellos demasiado estrechos o los ángulos demasiado vivos, son factores que influyen decisivamente en los aspectos visuales y en la comodidad de las escaleras: son ejemplos extremos la escalera de caracol y a la molinera.

Las huellas conviene que tengan un espesor idéntico ya que el hecho de disminuir o aumentar su grosor modifica la impresión que produce la rampa y por lo tanto su seguridad, lo mismo que si el redondeado de su borde de ataque supera los 8 mm de radio de curvatura. Por ese motivo se colocan tiras antideslizantes que limitan considerable-

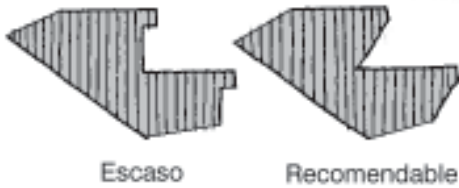


mente el desgaste cuando se emplea madera blanda. Éstas deben tener un color que resalte del resto de la escalera. Normalmente la huella vuela ligeramente respecto a la contrahuella para evitar el golpe de talón al bajar, bien a través de una 'nariz' o bien a través de un bisel pronunciado.

El ancho se mide desde vuelo a vuelo en peldaños consecutivos.

Este vuelo o nariz del peldaño juega un papel importante en el aspecto de la escalera durante el remonte. Se diseña en función del carácter de la escalera, de la presencia o ausencia de contrahuellas y de su revestimiento.

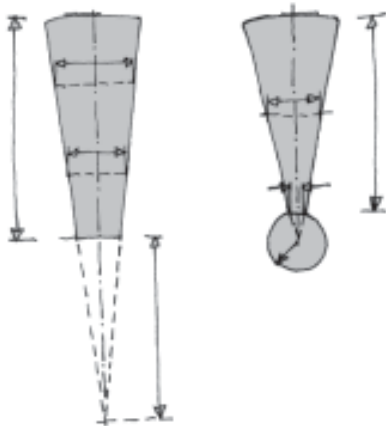
Por su mayor desgaste, en el vuelo puede ser de distinto material o reforzarse en su conjunto, y recibe el nombre de mamperlán.



Dependiendo de la forma de la huella y siguiendo un cierto orden de desarrollo histórico los peldaños se pueden clasificar de la siguiente manera:

### Peldaños radiales

Las escaleras de caracol de madera fueron las primeras que introdujeron los peldaños radiales en los siglos XV y XVI. Solían tener un gran desarrollo con un número muy elevado de escalones



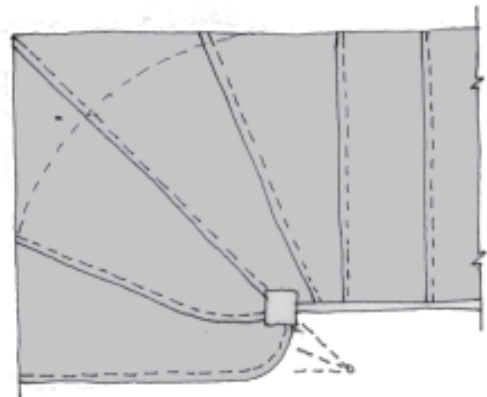
Peldaños radiales circulares

(pudiendo llegar a 25 en cada revolución frente a los 13-14 que tienen actualmente) debido a la escasa dimensión del hueco y a la mayor altura a salvar<sup>1</sup>.

Los peldaños radiales son aquellos en los que los bordes de las huellas convergen. En los casos más simples todos concurren en el mismo punto, mientras que en los más complejos convergen por series de puntos o son tangentes a un círculo o a una elipse.

Para ser cómodos se colocan de tal forma que sus perfiles se crucen con la línea de huella\* con un ancho constante.

El peldaño radial no es un peldaño cómodo y el cruce de usuarios difícil, a menos que la escalera tenga una gran curvatura y por tanto presenten poca conicidad. Su fabricación no es difícil si se trata de piezas idénticas; en caso contrario se complica mucho por lo que debe intentarse al menos series de peldaños iguales.



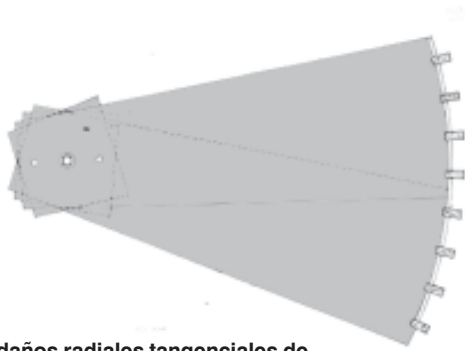
Peldaños radiales no circulares

<sup>1</sup>En la tabla siguiente se han puesto algunos ejemplos de escaleras de caracol en edificios franceses de los siglos XV y XVI que testimonian la descompensación de los tramos y el exceso de peldaños.

Nº de peldaños	Anchos de rampa	de cuello	de cola
21	0,95	0,025	0,25 (4/5 de revolución)
23	0,58	0,03	0,29 (11/2 de revolución)
17	1,10	0,03	0,38 (< 1 revolución)
15	0,95	0,03	0,33 (3/4 de revolución)

Fuente: Les compagnons du metier





### Peldaños radiales tangenciales de núcleo cuadrado

Un caso particular de peldaño radial es cuando cola y cuello son arcos de circunferencias concéntricas: los peldaños radiales circulares son los más frecuentes, por su presencia en escaleras de caracol, helicoidales y en cuartos de vuelta.

Pese a esto deben evitarse en lo posible por su incomodidad pero, de aparecer, es preferible que estén al comienzo del tramo para que el riesgo de caídas sea menor.



Peldaños radiales, tangenciales al núcleo

### Peldaños radiales circulares de eje exterior a la rampa



### Peldaños rectos

Los peldaños rectos aparecen por primera vez en el siglo XVI, en las escaleras de barandilla superpuesta y en las de ojo central, sustituyendo a los peldaños radiales de las escaleras de caracol.

En ambos casos presentaban grandes variaciones de huella (de 35 a 25 cm) y menores en contrahuella (14-16 cm)<sup>3</sup>

Los peldaños rectos son los más sencillos y utilizados; su ancho es constante en cuello y cola dando lugar a un perfil de lados paralelos. Se pueden utilizar en combinación con otros tipos de peldaños creando desarrollos más complejos.

Generalmente son perpendiculares a la estructura portante (zancas o cremalleras) y a la línea de huella.

Su forma regular facilita su corte y fabricación seriada.



<sup>3</sup>En la tabla adjunta de edificios franceses de esta época, lo cual producía un paso escaso.

Altura del peldaño		Anchura de la huella	Valor del paso
cm	cm		(2h + huella) cm
14	33		61
16	28		60
15	30		60
15	23		53

Fuente: Les compagnons du metier.

Hasta el siglo XVII no se logró normalizar el tamaño de los peldaños gracias a la fórmula de Blondel (ver el capítulo de Dimensionado).

### Peldaños compensados

Los peldaños compensados se comenzaron a utilizar a mediados del siglo XVII, cuando los constructores tomaron conciencia de la relación entre planta y alzado, evitando los antiestéticos quiebros de las rampas en los cambios de dirección.

Las escaleras curvas pusieron en evidencia los resaltes y sinuosidades de los alzados, lo que se agudizó con la aparición de las barandillas de hierro por el difícil paralelismo entre zanca y pasamanos.

Los peldaños compensados surgieron como la única solución para diseñar la planta en armonía con el alzado.

En los primeros momentos se adaptaron peldaños radiales dándoles mayor radio de giro, lo que permitió cuellos constantes, similares a las colas. Se comenzó a aplicar a escaleras con curvatura pronunciada como las oblongas pero después se desarrollaron mucho en todas las zancas curvilíneas.





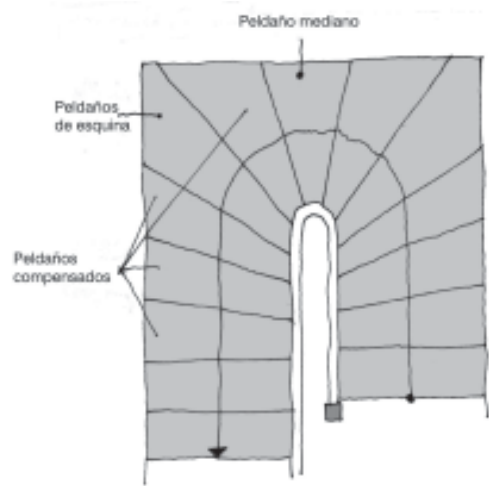
### Peldaños rectos y compensados

Su trazado obligó por primera vez a los constructores a utilizar planos para sus trazados.

Los peldaños compensados son los más empleados después de los rectos ya que permiten resolver los problemas de transición entre rampas rectas y curvas facilitando la adaptación a cajas de recorrido complejo o con limitaciones de cabezada. Gracias a ellos los perfiles de la rampa no presentan saltos bruscos, pandeos ni picos, desagradables tanto a la vista como estructural y constructivamente.

Contrariamente a los radiales, sus bordes no concurren a ningún punto concreto. Básicamente la compensación se realiza 'falseando' algunos peldaños que, a través de una forma adovelada, conservan las dimensiones del paso normal en la línea de huella\*, con una progresión que aumenta o disminuye insensiblemente y proporciona un buen trazado de las zancas y la barandilla.

La transición entre un tramo regular y otro irregular debe resultar inapreciable al usuario y la relación entre huellas y contrahuellas, medida en la línea de huella, ha de permanecer invariable, incluso en los giros, para garantizar que la zanca y el pasamanos se desarrollen



Peldaños medianos y de esquina

sin quiebros.

Como los radiales, estos tienen el inconveniente de ser unidireccionales, es decir, no permiten el cruce con comodidad.

Existen dos tipos especiales de peldaños compensados: los peldaños de esquina (los situados sobre las bisectrices de las esquinas de la caja) que tienen cinco lados y los peldaños medianos (que son simétricos y de cuatro lados).

Los diversos sistemas de compensación de peldaños se explican en el Capítulo correspondiente. Como regla general se aconseja no compensar tantos peldaños como los que se dejan rectos.

### Peldaños curvados

Los primeros ejemplos de peldaños curvados aparecen a mediados del siglo XVIII antes y después de los rellanos. Son peldaños cuyo cuello recibe una suave curvatura para mejorar la pisada siguiendo la trayectoria más lógica de uso, a la vez que corrigen funcional y estéticamente la rampa, aumentando la línea de huella.

Su desarrollo es parecido a los peldaños compensados y se colocan antes y después de las mesetas, en torno a pilares o cubillos y en las esquinas de todo tipo de escaleras, particularmente en



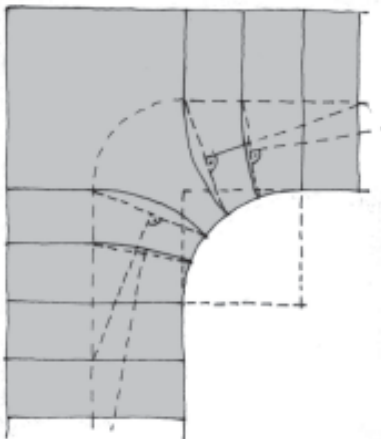


### Peldaños curvados

las escaleras de cuatro centros. Presentan tan buen comportamiento circulatorio como los peldaños rectos pero el vuelo de zanca modera la subida abrupta de la rampa y el pasamanos. Los constructores asociaron peldaños compensados y curvados para alcanzar la máxima perfección técnica de las escaleras.

La complejidad de su fabricación es su mayor desventaja ya que requiere cierta elaboración. Se emplean indiferentemente en escaleras a la francesa y a la inglesa y pueden ser macizos o compuestos\*.

Olvidándonos momentáneamente de su forma, los peldaños también han evolucionado en su forma de constitución - macizos, compuestos, laminados- estre-



Peldaños curvados y deformados



chamente ligados al tipo de rampa y a la historia de la escalera.

Desde los peldaños macizos groseramente tallados en bloques de la Edad Media, pasando por la complejidad de los compuestos y terminando con los de madera laminada con su mayor carga tecnológica, los cambios en los peldaños han dependido del diseño de la zanca. Sin embargo, los tres principales tipos de peldaños aparecen casi simultáneamente. A continuación se analizan cada uno de ellos.

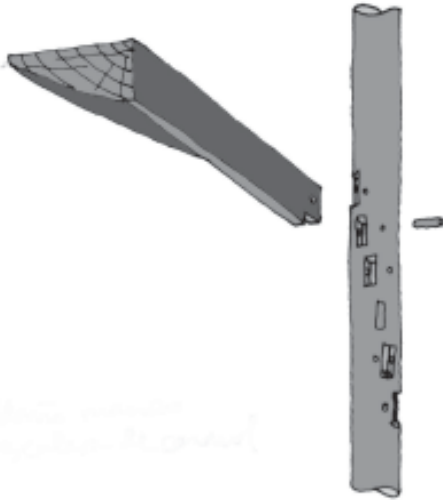
### Peldaños macizos

Los peldaños macizos están formados por piezas enteras de madera.

Se utilizaron desde el siglo XV hasta el XVII, abandonándose por su carestía y sus dificultades de secado, volviendo a aparecer en los siglos XVIII y XIX con el desarrollo de peldaños unidos entre sí con clavijas o pernos.

Los primeros fueron los de las escaleras de caracol de la Edad Media de sección acuñada, cepillados en su cara inferior y desprovistos de vuelo. La pieza se colocaba con su corte radial en la parte trasera y la tangencial en la arista o nariz del peldaño. Esta disposición, que puede sorprender, se debía a que primaba el aspecto de la cara inferior y la resistencia del empotramiento desperdiciando la dureza y resistencia de la madera de corazón en la zona de mayor roce.

Se ensamblaban en el poste central con espigas verticales de 20-30 mm de



#### Unión del cuello al fuste central de un peldaño macizo en una escalera de caracol

grueso (con espaldón de 30-40 mm) y enclavado lateral.

La cola del peldaño encajaba en una tronera de la pared o se apoyaba sobre una moldura. En muros entramados se colocaba a caja y espiga enclavada.

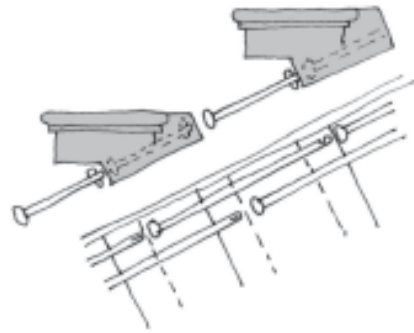
Los peldaños macizos no requieren revestimiento inferior y resuelven la junta marcándola o rebajándola con formas vivas o romas. Más raramente se utiliza cubrejuntas.

La versión actualizada de este tipo de escaleras es la de peldaños apilados de

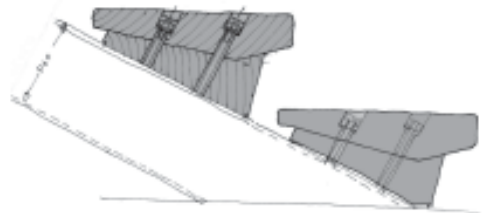
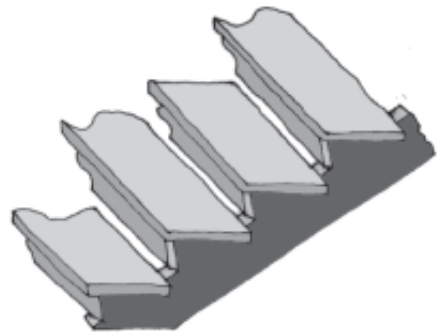


Tipos de uniones de peldaños macizos

madera maciza formando un núcleo central. Los peldaños se comprimen mediante postensados: un perno roscado u otro sistema de atirantado similar. El núcleo central puede recibir diversas formas: cilindros, helicoides, etc. Los peldaños de madera laminada también pueden apilarse y atirantarse, aunque cabe la opción de encolar el núcleo



#### Unión empernada múltiple de peldaños macizos en escaleras a la inglesa



Ejemplos de fijación de peldaños macizos en escaleras contemporáneas



Empotramiento de peldaños de madera laminada en zanca helicoidal, también laminada



Escalera de directriz helicoidal por apilamiento de piezas cuadradas. Los peldaños son de madera maciza de pino Oregón. Por ser una especie relativamente blanda, se fajeó con moqueta



Escalera de caracol de núcleo central circular por apilamiento. Los peldaños son de madera laminada con perfil en voladizo





Escalera de caracol de desarrollo helicoidal, formada por peldaños apilados. Los peldaños son de madera laminada pero disminuyen su sección en voladizo. El fuste central, por su sistema de apilado sirve de pasamanos, a la manera de las 'cuerdas' de las escaleras medievales

dando más continuidad estructural al conjunto.

Una variante singular son los peldaños laminados autoportantes prolongados hasta el suelo. El haz de peldaños forma la escalera aprovechando las características estructurales de la madera laminada.

### **Peldaños mixtos o guarda-cantos**

Aparecen en siglo XVI pero se extendieron especialmente a finales del XVIII-XIX. Se formaban con una contrahuella de madera maciza, provista de un resalte superior. El peldaño se completa con un solado de mampostería o enlosado cerámico que forma la huella. Esta contrahuella guarda-cantos funciona como una pequeña vigueta. Se trata de piezas de unas ocho pulgadas

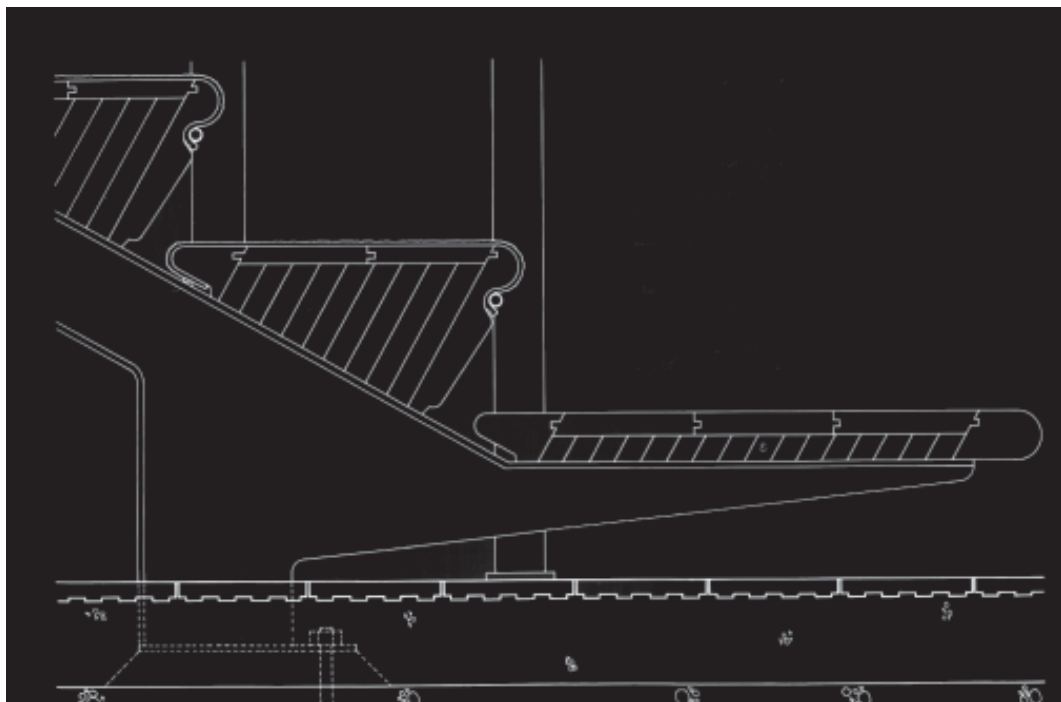


Escalera de peldaños macizos apilados equilibrados con vuelo al otro lado del núcleo en toda la tabla buscando un efecto decorativo. En la zona de contacto del núcleo aparece una pieza circular de apoyo



de altura (20 cm), dos de las cuales sobresalen por debajo para apoyar un cerramiento inferior- normalmente un enlaidado- que a veces servía de encofrado perdido. Si no se dejaba ese resalte, la

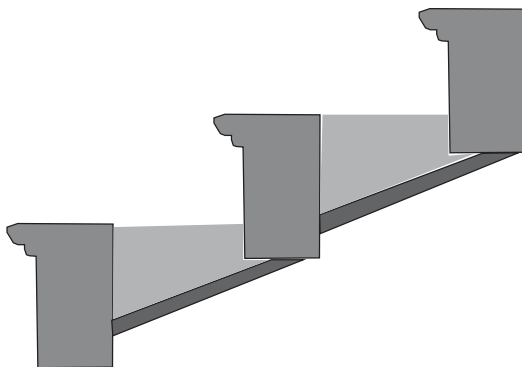
**Alvar Aalto. Escalera de peldaños de madera laminada encolada, de Villa Mairea (1938)**



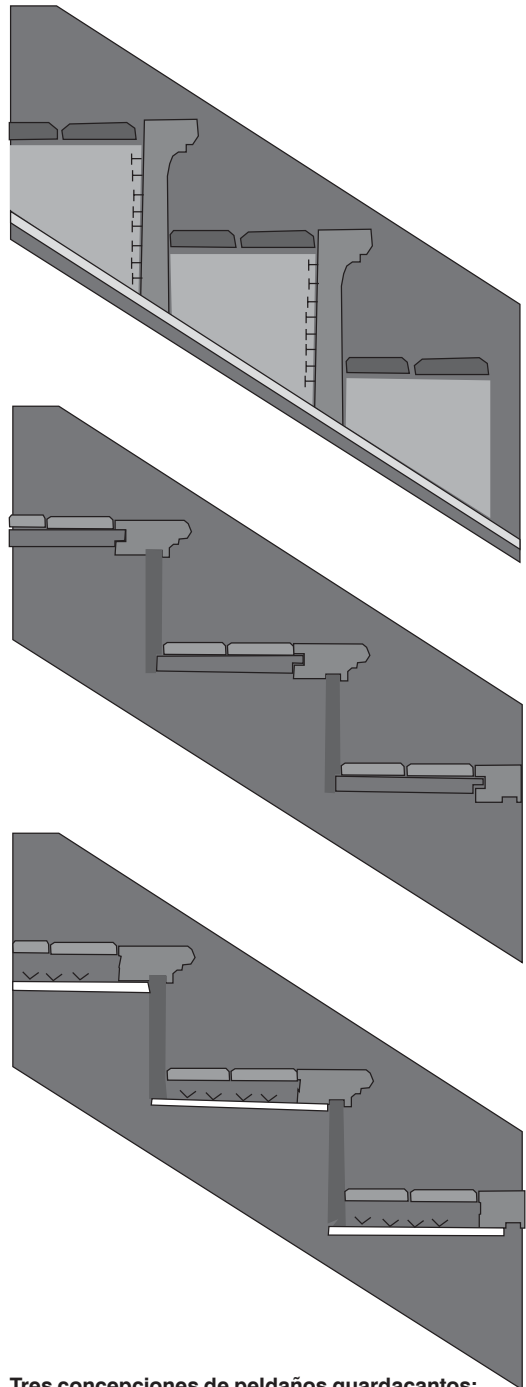
arista inferior se biselaba siguiendo la pendiente y se enlataba después. Una variante posterior consistió en reemplazar los tableros por palastros metálicos de 6 a 8 mm de espesor, atornillados a los vuelos. El mortero de relleno se agarraba por medio de patillas soldadas.



Escalera en vivienda anexa del Convento de las Descalzas Reales (Madrid, siglo XVI)



Sección esquemática de los primeros peldaños guarda-cantos



Tres concepciones de peldaños guarda-cantos: vigueta provista de vuelo moldurado (las losetas descansan sobre un relleno y el enlatabado de fondo va clavado inferiormente); huella compuesta (las losetas descansan sobre un tablero); huella mixta (las losetas reposan sobre una capa de mortero que apoya en un palastro)

# Puertas especiales

El mercado de puertas especiales es minoritario pero constante y da un gran valor añadido a la puerta, lo que la hace económicamente interesante para el fabricante.

Destacan las puertas resistentes al fuego (P.R.F.), las puertas aislantes contra radiaciones de baja longitud de onda (fundamentalmente rayos x), las aislantes térmicas, acústicas, de seguridad y las de dimensiones especiales.

## **Puertas térmicamente aislantes**

Son puertas que han recibido un diseño especial para mejorar su capacidad aislante frente a temperaturas diferentes. Las más importantes son las puertas resistentes al fuego. Otras, simplemente pretenden aumentar ligeramente su capacidad aislante. Por ejemplo las puertas que separan un local muy frío de otro normal (como un garaje adosado a una vivienda). Tienen estructura de sandwich con un alma de material aislante (por ejemplo un poliuretano de 35 mm que dan un coeficiente K de 1,6 W/m<sup>2</sup> C). A diferencia de otros países, la puerta estándar en España es un elemento constructivo al que no se le exige ser aislante térmicamente.



## Puertas resistentes al fuego

Son aquellas en las que se ha mejorado su comportamiento al fuego.

La puerta resistente al fuego forma una unidad completa que engloba hoja, cerco y herrajes; frente a una mala práctica, desgraciadamente extendida, hay que recordar que una hoja de puerta sola no puede considerarse como puerta resistente al fuego.

La cualidad de puerta RF no puede definirse por diseño, debe demostrarse mediante ensayo para el conjunto (hoja, cerco y herrajes).

Su comportamiento frente al fuego es

exigible en función de su ubicación, según normas de obligado cumplimiento en la mayoría de los países (ver apartado correspondiente).

### Conceptos básicos de las puertas resistentes al fuego

La madera y sus derivados son combustibles y no existe tratamiento que cambie esto pero aunque resulte paradójico al mismo tiempo es buen aislante térmico y mantiene sus propiedades mecánicas durante gran parte del incendio. Si además se le proporciona un tratamiento adecuado, impregnándola o revistiéndola, sus resultados mejoran, no en cuanto a su naturaleza, sino en cuanto a su comportamiento.

Por eso es relativamente fácil obtener resistencias al fuego importantes en puertas (media hora, una hora y más) en comparación con las puertas metálicas.<sup>1</sup> Esa resistencia al fuego de la madera se debe a que transmite muy mal el calor y a que, al quemarse, su capa exterior se descompone con una velocidad de carbonización hacia el interior prácticamente constante de 0,7 mm/min lo cual, 'a grosso modo', significa que para conseguir una propiedad cortafuego de 30 minutos teóricamente bastaría un espesor de  $30 \times 0,7 \text{ mm} = 21 \text{ mm}$  y una hoja de puerta de 40 mm resistiría en teoría  $40 \text{ mm} / 0,7 = 57$  minutos (sin tener en cuenta, claro está, las pérdidas debidas a herrajes metálicos, juntas y uniones de los distintos elementos).

Se trata, por tanto, de una característica

<sup>1</sup> Una puerta metálica normal (bastidor de tubo y paramentos de chapa) tiene propiedades cortafuegos de apenas 2 minutos mientras que una puerta plana de madera alcanza (con una constitución similar) fácilmente 7-8 minutos y una carpintera, 30-45 minutos. Como cortafuegos, la chapa de acero no sirve y se curvan de manera muy desigual en ambas caras. Las puertas metálicas revestidas con chapa de acero sufren dilataciones pero no dejan pasar la llama. Para hacer una puerta metálica cortafuego es necesario romper la continuidad metálica, de un lado a otro de la puerta a base de productos caros y de complicada colocación, además de necesitar herrajes

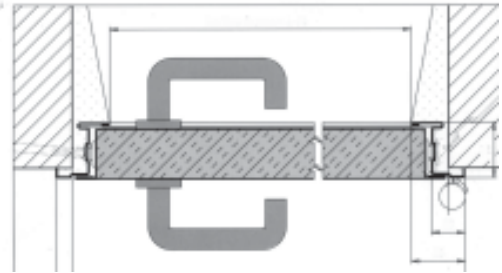
importante porque permite proyectar con seguridad elementos resistentes.

### La madera y los incendios

Un incendio es una combustión intensa de materiales que genera cuatro componentes: llamas, calor, humos y gases. Existen cuatro clases de fuegos en función de los materiales susceptibles de combustión<sup>2</sup>. El desarrollo de un incendio presenta fases bien definidas cuyo estudio ha inspirado los ensayos de laboratorio. Se expresa gráficamente en una curva de incendio paralela a una curva de fuego<sup>3</sup>. En general los incendios se ocasionan accidentalmente y la madera no inicia espontáneamente su combustión sin una fuente de calor de cierta magnitud.

### Materiales que mejoran la resistencia al fuego de la puerta

Para que una puerta pueda tener una resistencia al fuego mejorada la mayoría de sus componentes deben ser resistentes al fuego, estar adecuadamente prote-



Típico perfil de puerta metálica resistente al fuego

especiales. La única solución es que la cara expuesta y la no expuesta estén separadas físicamente en dos piezas, teniendo además en su interior un aislamiento térmico, lo que la encarece.

<sup>2</sup>La norma UNE 23010 hace la siguiente clasificación: Clase A: originado sobre materiales sólidos orgánicos con formación de brasas

Clase B: originados sobre líquidos (aceites, gasolina, pinturas y disolventes, etc.)

Clase C: originados sobre gases (acetileno, butano, hidrógeno, propano, etc.)

Clase D: originados sobre metales ligeros (aluminio, manganeso, etc.) O alcalinos (sodio, potasio, etc.)



gidos o ser materiales aislantes. Los materiales aislantes que mejoran la resistencia de las hojas son:

### la madera maciza

La madera maciza es un material con baja reacción al fuego pero que aporta una notable resistencia al fuego<sup>4</sup>. La madera en su estado original puede considerarse un material M-3 que puede pasar mediante procesos de ignifugación a M-2 e incluso a M-1.

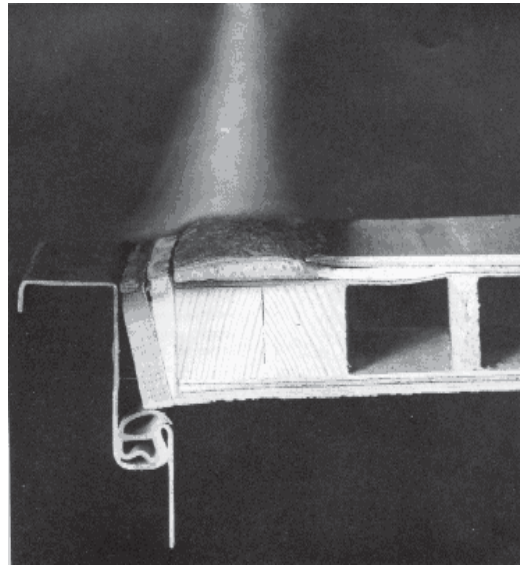
La primera y principal característica de la madera es su bajo coeficiente de conductividad calorífica, es decir, su capacidad de aislamiento térmico<sup>5</sup>.

Este coeficiente es particularmente bajo en dirección perpendicular a la veta, que es precisamente la dirección habitual de ataque del fuego.

Otra de las razones que avalan el buen comportamiento de la madera respecto al fuego es su contenido en agua. En una

<sup>3</sup> Las fases de desarrollo del incendio según las normas UNE 23.093 y DIN 4102 son las siguientes:  
Fase 1: Inicio con aumento rápido de la temperatura, aparición discreta de humos y gases, temperaturas de hasta 500 °C y atmósfera con un 20% de oxígeno  
Fase 2: Rápido desarrollo con incremento brusco de la temperatura hasta 1200 °C, invasión por humos y atmósfera con 15-20% de oxígeno.  
Fase 3: Declive lento con caída de la temperatura, persistencia de humos y gases de combustión.  
Formación de brasas y atmósfera con menos de 15% de oxígeno.

<sup>4</sup> El comportamiento al fuego de un material se analiza por su Reacción al fuego (su capacidad de proporcionar 'alimento' al fuego, es ceder, su combustibilidad pura). La Resistencia al fuego es aplicable a productos, no a materiales, y expresa la aptitud de un elemento constructivo para conservar durante un tiempo determinado, la estabilidad, estanqueidad, aislamiento térmico y no emisión de gases inflamables. Para el análisis de ambos conceptos existe una batería de normas UNE. Según la norma UNE 23.727-90 las materiales se clasifican en una escala de diferentes niveles:  
M-0 No combustible (fibrocementos, silicatos, lanas minerales,...)  
M-1 No inflamable (Aglomerados M-1, DM-1, ...)  
M-2 Dificilmente inflamable (Aglomerado M-2,...),  
M-3 Medianamente inflamable (Aglomerado homogéneo,...)  
M-4 Fácilmente inflamable (Plásticos, fibras textiles,...)



### Reacción del material intumescente ante el fuego

La combustión de madera, se produce vapor de agua además de los gases. Este proceso consume calor, reduciendo así el valor total de calor generado.

La emisión de gases tiene lugar prácticamente por el lado expuesto al fuego y en cantidades inapreciables por la otra, siendo en todo caso carentes de toxicidad especial.

La estabilidad mecánica de la madera viene condicionada por su baja conductividad térmica que garantiza la ausencia de contracciones y dilataciones propias, por ejemplo, de los metales.

Otros factores que pueden aumentar circunstancialmente esta resistencia son,

<sup>5</sup> El aislamiento se define por el tiempo en minutos completos durante el cual la puerta mantiene su función separadora durante el ensayo din desarrollar temperaturas elevadas en su cara no expuesta de:  
a) incremento de la temperatura media inicial no superior a 140 °C o  
b) incremento de la temperatura en cualquier punto no superior a 180 °C

Los coeficientes de conductividad calorífica de los elementos más usados en construcción son:

Materiales	Kcal/m.h°C
Aluminio	175
Hierro	50
Vidrio	0.7
Madera	0,1

por ejemplo, el grosor y la especie a la que pertenezca. En este último caso está en razón directa a su densidad, por eso algunos códigos recomiendan determinadas frondosas -roble, teka, jarrah, kami, padauk, burmah- con mayor capacidad aislante, aunque es una alternativa compleja porque se trata de especies de difícil obtención.

Experimentalmente se ha demostrado que la rapidez de combustión baja hiperbólicamente respecto a la densidad. Una última opción, aunque poco viable, consiste en proteger la muestra en auto-clave con sales ignífugas.

### tableros de madera ignifugados

Estos tableros se fabrican incorporando a los adhesivos o a la astilla productos especiales que mejoran sustancialmente su reacción al fuego.

La producción de tableros ignifugados se inició en España en el año 1967 para el sector de la construcción naval a base de sales de ácido fosfórico.

### tableros de partículas

Los tableros de partículas estándar o aglomerados homogéneos presentan una reacción al fuego:

M-4 los de grueso igual o menor a 15 mm.

M-3 los de grueso igual o mayor a 16 mm.

Sin embargo, sometidos a tratamientos ignífugantes, durante el proceso de fabricación, pueden pasar a M-2 y M-1 sin perder sus características físico-mecánicas.

El tratamiento ignífugante se aplica por dos procesos distintos:

- En la materia prima (astilla) o ignifugación en masa, impregnando la cola con amalgamante con sulfato monoamónico.
- En superficie una vez terminado el proceso mediante Fosfato Bórico (Bórax). Ambos tratamientos son complementarios en cuanto actúan uno en el interior y otro en el exterior, donde la acción del fuego

es más intensa.

En principio, obtener las clasificaciones de M-1 y M-2 puede parecer solo función de las cantidades de los aditivos ignífugantes citados, que se apliquen, pero esta ignifugación no puede ser indiscriminada, pues la incorporación de estos aditivos en cantidad descontrolada afectarían al coeficiente de flexión haciendo al tablero más quebradizo al eliminar su humedad intersticial<sup>6</sup>.

### tableros de fibras

Los tableros de fibras más conocidos y empleados son los tableros de densidad media, que presentan una reacción al fuego ligeramente mejor que los aglomerados de partículas para los mismos gruesos. Como en el caso anterior, sometidos a tratamientos de ignifugación pueden pasar fácilmente a M-1 sin perder sus características físico-mecánicas<sup>7</sup>.

### acero

Los herrajes de cuelgue y las cerraduras, por ser elementos metálicos, absorben rápidamente el calor y lo transmiten, actuando como puentes térmicos siendo, por tanto, puntos débiles del conjunto. Los herrajes deben ser de materiales que no fundan durante el incendio, como el aluminio y el zinc, recomendándose el acero. Además deben protegerse con

<sup>6</sup> Las normas UNE que regulan los ensayos para valorar las características de inflamabilidad, combustibilidad, etc. son UNE 23-721 y UNE 23-727. Las características físicas y mecánicas que se mantienen sobre sus opciones básicas no ignifugadas suelen ser según fabricantes:

	Gruesos 5 a 20 mm	Gruesos 20 a 30 mm
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	720-630	630-560
Flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	200-220	170-200
Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	5 - 6	4 - 5

<sup>7</sup> Las características físico mecánicas las cuales se mantienen sobre sus opciones básicas no ignifugadas suelen ser según fabricantes:

	Espesor 5-20mm	Espesor 20-30mm
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	760-800	720
Flexión (Kg/m <sup>2</sup> )	280-300	250
Tracción (Kg/m <sup>2</sup> )	6 - 6.5	5.5

material intumesciente y que el acero es parallamas pero no cortafuegos y sufre dilataciones. Para corregir esta debilidad de la cerradura metálica se desarrollaron cerraduras de tres puntos que solucionaron momentáneamente el problema aunque suelen fallar de forma abrupta. Las cerraduras con tres puntos (tipo falleba) impiden el pandeo de la hoja durante más tiempo, con lo que se limita el paso del calor, deben ser extraplanas y protegidas con material aislante. No deben emplearse clavos en la zona expuesta.

### **vidrio**

El vidrio «ordinario» rompe al mínimo incremento de temperatura, por lo tanto no presenta ninguna barrera al paso del fuego.

El vidrio armado ofrece una notable defensa, pero sobre todo una seguridad en el caso de rotura en la medida en que las esquirlas o fragmentos no se desprenden violentamente.

Sólo en ocasiones presenta un cierto freno a la llama siendo susceptible de clasificarse en contadas ocasiones como parallamas pero nunca como cortafuego. Los vidrios parallamas se mantienen estables al fuego pero no aíslan térmicamente pues dejan pasar un alto flujo de calor. Estos vidrios son los primeros que merecen consideración.

La fabricación de vidrios parallamas se mediante agentes nucleantes, como el circonio y el titanio, en hornos especiales a 1700°C lo que les confiere altas resistencias a la fusión. Posteriormente reciben un tratamiento especial de ceramizado que les confiere transparencia y una dilatación prácticamente nula. Estos vidrios admiten temperaturas de hasta 700°C y una seguridad ante choques térmicos de hasta 800°C gracias a su bajísimo coeficiente de dilatación. Por encima de estas temperaturas comienza un proceso de degradación por la pérdida de transparencia hasta llegar a ablandarse. Se presentan comercialmente en

planchas de 3 a 5 mm de espesor. Los vidrios laminados de similares características a los anteriores, de dos o tres capas llevan un intercalado intumesciente que, en caso de incendio, reacciona transformándose en una película de células refractarias asegurando así la estanqueidad a las llamas y el aislamiento térmico.

### **colas y barnices**

Las colas y barnices a utilizar en las puertas resistentes al fuego han de tener, además de un adecuado comportamiento ante éste, ciertas características de compatibilidad con los elementos que forman la puerta.

Unas colas que aportan una fuerza de sellado especial muy conveniente para la fabricación de puertas resistentes al fuego son las de Resorcinol. En el rechapado de las puertas se utiliza cola de Urea.

### **aglomerados inorgánicos**

Los más usados son: lana de roca, amianto-cemento, fibrocemento, amianto, vermiculita y perlita, fibra de vidrio, etc. El tablero de yeso, muy usado inicialmente, contiene un 21% de aguas de cristalización que sólo salen fuera a alta temperatura antes de que tenga lugar la calcinación y es, por tanto, un buen aislante al requerir que el agua se evapore.

### **Fórmulas sencillas para hacer incombustible la madera**

A principios del siglo XX la utilización de mezclas combustibles en las luces relámpago empleadas en fotografía obligó a desarrollar baños de fácil aplicación para hacer incombustible la madera de las cámaras de galería, así como los papeles y telas de los decorados en los estudios fotográficos. Estas fórmulas se utilizan todavía con éxito, con la ventaja de su facilidad de empleo, pues basta sumergir el objeto a tratar en la siguiente solución:

Partes



Sulfato amónico	8
Ácido bórico	3
Bórax	2
Agua	100

Otro compuesto que sirve para el mismo fin es el siguiente:

Agua caliente	1 litro
Ácido bórico	10 gramos
Sulfato amónico	100 gramos
Gelatina	20 gramos

### Productos químicos retardantes

El uso de estos productos es muy antiguo. Los egipcios sumergían la madera en una disolución de vinagre y alumbre; los romanos añadían a estos compuestos otras sustancias incombustibles como arcillas y limo. En 1821 Gay-Lussac utilizó las combinaciones de fosfato amónico con cloruro amónico y de cloruro amónico con bórax para proteger la madera.

Los productos retardantes actúan durante el proceso de combustión con los siguientes efectos:

- producción de gases incombustibles como las sales amónicas. Los carbonatos y las sales amónicas presentan el inconveniente de ser fácilmente disueltas por la lluvia <sup>7</sup>.
- absorción de calor con sustancias que retienen humedad y sufren reacciones endotérmicas como determinadas soluciones de carbonatos y silicatos y la escayola por su propia higroscopicidad.
- formación de una capa protectora como las pinturas intumescentes que se hinchan por la acción del calor.
- formación de una capa cristalina por fusión de boratos y silicatos que recubren con una fina película que retrasa el escape de gases inflamables. Forman

pequeñas y numerosas burbujas. Resultan poco decorativos y son incompatibles con otros productos de acabado.

- formación de espuma cuyas burbujas de aire aíslan térmicamente. Las más utilizadas son las resinas de urea-formol aunque se conservan mal y se alteran con el tiempo.

- producción rápida de una capa carbonosa que estimula la creación de CO<sub>2</sub> y de una capa carbonosa que aísla: ácido fosfórico y el sulfúrico. En las pinturas se consigue añadiendo azúcar.

Se empezó empleando cartón de amianto de unos ocho milímetros de espesor o mortero armado con tejido de alambre cerámico. Cuando se trataba de dificultar la inflamación de la madera o sólo permitir su carbonización, se utilizaba el vidrio soluble mezclado con creta o arcilla, óxido cálcico apagado con una solución de cloruro cálcico o soluciones naturales saturadas de sulfato, fosfato o borato amónico.

Si se optaba por procedimientos de impregnación se utilizaba el procedimiento Moores consistente en introducir la madera bien seca en calderas llenas con lechada de cal, impregnándola a gran presión.

- con la acción del agua se produce un efecto refrigerante.

### productos intumescentes

Son de dos grupos: pinturas y barnices o enlucidos inorgánicos como amianto, vermiculita, silicatos, etc. o bien placas, tiras o masillas. Son materiales M-0.

### Pinturas y barnices

Se aplican sobre la superficie de las piezas de madera y evitan la formación o aparición de llamas. Su acabado puede ser transparente para no enmascarar la madera u opaco para taparla, ofreciendo un buen acabado a tipo pintura. Las capas de producto pueden aplicarse por pincelado, pulverizado o por procesos mecánicos (cortinas de barnizado) y

<sup>7</sup>Por desprendimiento de amoníaco (NH<sub>3</sub>), los carbonatos por desprendimiento de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), los derivados clorados por desprendimiento de cloruro de hidrógeno (HCl). Tienen el inconveniente de la acción sofocante del NH<sub>3</sub> y la corrosiva de HCl y la sumamente tóxica del fosgeno que se puede formar con los compuestos clorados.

deben tener el espesor de película definido para que sean activos.

Los recubrimientos superficiales utilizan productos químicos retardadores del fuego similares a los que se emplean en la impregnación de la madera o a los que se incorporan a los tableros.

Existen dos tipos de productos, las pinturas intumescentes y las no intumescentes:

a) pinturas intumescentes. Están compuestos esencialmente por una sustancia que emite gases inertes que con el calor, se descompone a una temperatura notablemente inferior a la de la carbonización de la madera.

Los primeros barnices intumescentes, puestos a punto por una firma alemana en 1966, eran a base de resinas fenólicas de fraguado en frío con dos componentes resina y endurecedor).

Otros se fabricaban a base de silicatos, boratos, óxido de antimonio, etc.

Se aplicaban en películas delgadas -de una fracción de milímetro a veces- o en varias capas, como las pinturas convencionales, y bajo la influencia del calor, se transforman en un enlucido poroso, hinchable y parecido a un merengue, con varios milímetros de espesor. Si la acción de la llama es de poca duración, el material puede ser devuelto a su estado primitivo, eliminando el "merengue", al lijarlo ligeramente.

Hace años el aspecto antiestético de estos productos era su mayor inconveniente pero posteriormente se pusieron a punto productos de aspecto mate o satinado decorativo, aptos para decoración de interior. En España se desarrollaron mucho en los años 70. A finales de la década de 1960 la firma IPESA presentó en España la pintura ALBISAF. Su capacidad aislante se basaba en la reacción que se produce en la pintura por efecto del calor, creando una capa gruesa aislante. Se comercializaba a un alto precio y con poca variedad de colores.

Las espumas empezaban a actuar a 200-300°C con formación de burbuja. La

espumación se intensificaba a temperaturas más elevadas, formando una capa refractaria compuesta de muchos poros, a la vez que empezaba la carbonización de su superficie exterior con una capa relativamente sólida. Al seguir subiendo la temperatura, esta capa se incineraba, perdiendo su fuerza adhesiva, con desprendimiento y formación de grietas y pérdida de eficacia.

Existen dos tipos de espuma: porosa e impermeable.

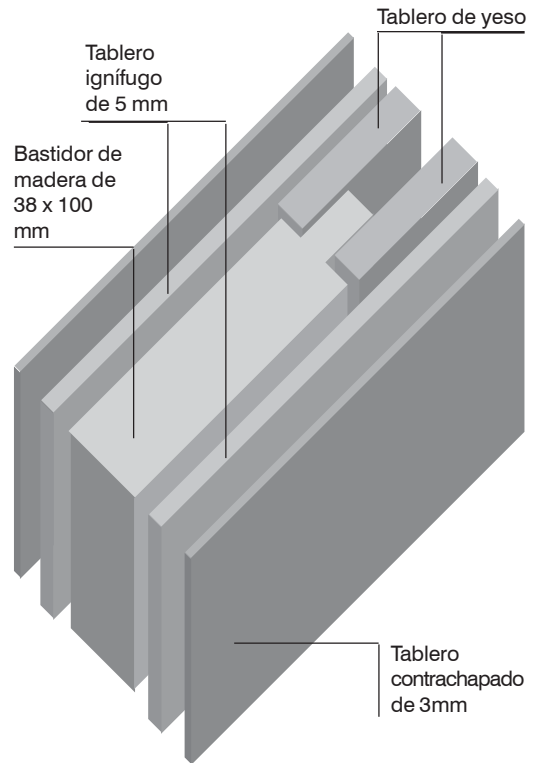
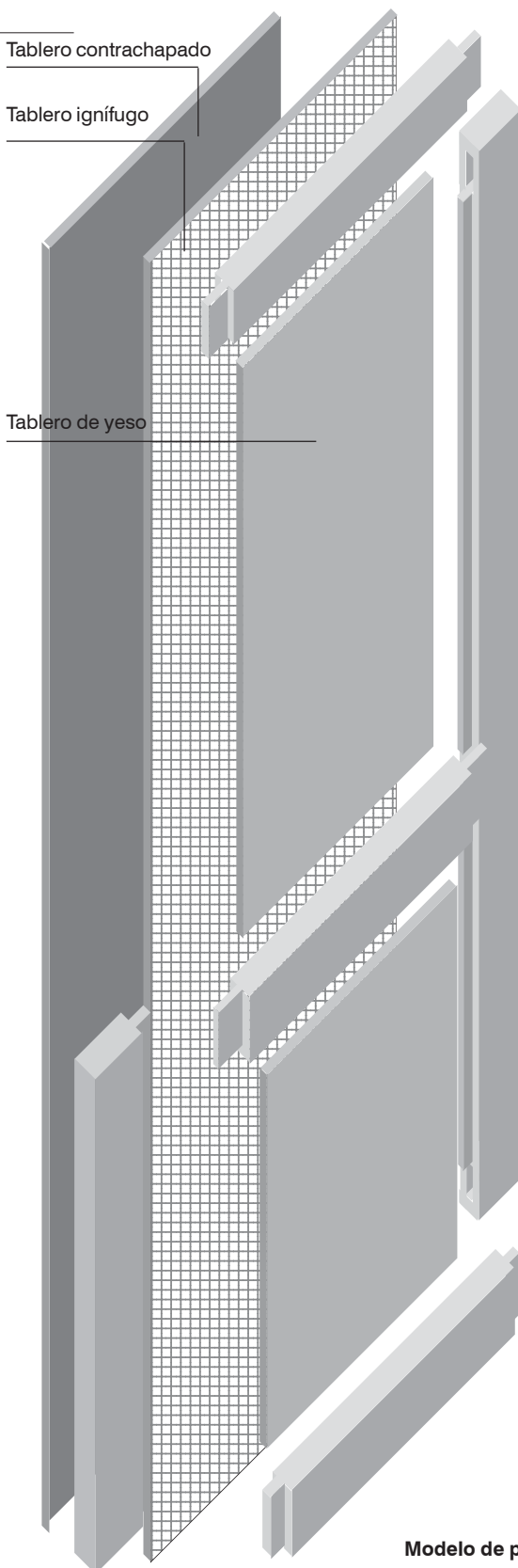
b) pinturas no intumescentes. Los tipos más comunes se formulan con materiales que generan una interface química aislante cuando se aplican altas temperaturas. La eficacia de un barniz o de una pintura ignífuga depende de sus aptitudes para resistir las presiones a las cuales están sometidos por altas temperaturas. Otro factor de eficacia es la elasticidad del producto en frío. Tienen una duración de eficacia de protección muy variable.

### **Tiras y planchas ignífugas**

Su aplicación en fabricación de puertas es fundamental pues hace posible el sellado de la junta entre cerco y hoja impidiendo el paso de llamas, humo y gases y atenuando el puente térmico de los componentes metálicos. Su forma de actuar es muy similar a la de las pinturas y barnices: se hinchan o aumentan de volumen ('espuman') cuando se aplican altas temperaturas formando una capa aislante que protege a la madera y a los elementos metálicos.

En la fabricación de puertas se emplea básicamente un solo producto que ha resultado de gran eficacia. Consiste en silicato sólido hidratado con pequeñas cantidades de componentes orgánicos, partículas de vidrio y un tejido exterior de fibra de vidrio en forma de malla para darle cierta textura. Todo ello va recubierto exteriormente por un revestimiento de resina epoxy que protege de los agentes atmosféricos y en especial del anhídrido carbónico.

Este material, estable a temperatura



ambiente se vuelve plástico a temperaturas entre 60 y 100°C. Si la temperatura aumenta entre 100 y 150°C comienza en su interior a burbujear, dando como resultado un incremento de espesor por la liberación de agua del Silicato Sódico Hidratado. Entre los 150 y 250°C se forma una espuma generalizada y constante. Esta espuma es incombustible, buen aislamiento térmico y resistente a la compresión, no funde ni pierde estas propiedades hasta los 940°C.

Las propiedades que hacen que la puerta acabada cumpla las condiciones de resistencia al fuego son las siguientes:

- aislamiento térmico
- capacidad de espumar
- resistencia a la compresión
- capacidad ignífuga
- punto de fusión mayor que 940°C

La conductividad térmica este producto es:

Modelo de puerta resistente al fuego inglesa de los años 70

- antes de espumar: 0,7 Kcal/m.h.°C
- después de espumar: 0,05 Kcal/m.h.°C

La estabilidad del producto con el paso del tiempo en condiciones normales es de 15 años.

Otros productos empleados son los fibrosilicatos. Su función es oponer con poco peso una barrera eficaz. No es espumante y tiene distintas densidades. Se comercializa en placas de diversos espesores pero no suelen superar los 20 mm.

Su conductividad térmica es:

- baja densidad: 0,071 Kcal/m.h.°C
- alta densidad: 0,149 Kcal/m.h.°C

## Factores de diseño

En primer lugar deben evitarse puentes térmicos. En este sentido el mayor peligro es una junta ancha, aunque debe ser compatible con una holgura mínima, en torno a 3 mm. Para cerrar las holguras, que son los puntos críticos en caso de incendio, se utilizan productos intumescentes, principalmente en forma de tiras, que cierran el paso del calor y de las llamas.

El solape también es importante, por eso los galces deben tener como mínimo 25 mm. La holgura respecto al suelo no es crítica.

Otro puente térmico posible es el cerco por eso se recomienda que no sea metálico porque es muy conductor. Los cercos de madera son muy aislantes, alcanzando media hora de resistencia al fuego con mucha facilidad pudiendo obtener mayores valores (hasta hora y media) con productos intumescentes o

con mayor sección.

Las puertas con elementos vidriados difícilmente resuelven la conductividad térmica. Si se concibe la puerta como parallamas, puede emplearse vidrio armado. En general se deben emplear vidrios especiales.

La puerta debe ser estructuralmente sólida.

Los adhesivos serán también termoestables.

Basados en la experiencia de ensayo de prototipos<sup>8</sup> se pueden llegar recomendar diversas medidas para conseguir mayores tiempos cortafuego/parallamas (RF/PF):

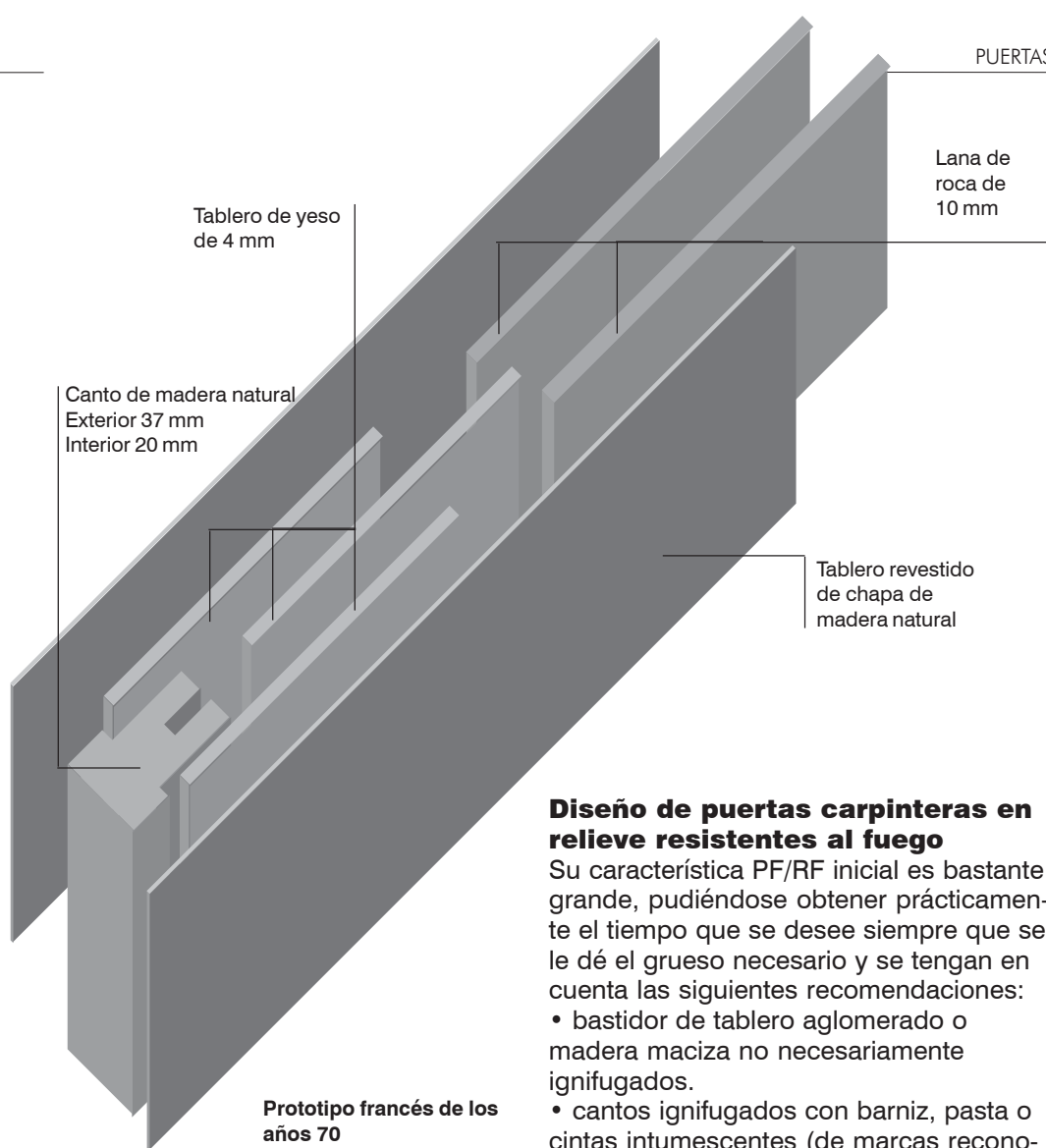
### Diseño de puertas planas resistentes al fuego con alma de cartón

El alma es el puente térmico más peligroso de esta puerta. Por sus huecos, y más al deformarse porque provoca nuevas fisuras, se produce el paso del calor; apenas resiste 5 minutos. Su reacción al fuego es muy alta: fácilmente inflamable (M-4) porque sus paramentos son muy delgados. Para alcanzar los 15' (mínimo exigible en algunos países) la única posibilidad es cambiar el alma alveolada por un tablero de partículas estándar. Aumentando el grosor de éste se puede llegar a media hora ya que el tablero tiene un coeficiente de transmisión térmica de 0,8 a 0,15 kcal m/m<sup>2</sup> °C. A mayores grosores, más resistencia [RF = 1/0,7 x (d-3)]. El único inconveniente es el aumento de peso y la disminución de la resistencia mecánica. Sólo hay que tener cuidado con la resistencia de las cerraduras y pernios.

Otros medios para conseguir 30 minutos de resistencia al fuego en este tipo de puertas son los siguientes:

- barnizar o pintar con barnices o pinturas ignífugas.
- utilizar herrajes especiales que posean un dispositivo que interrumpa el puente térmico.

<sup>8</sup>La clasificación se efectúa una vez transcurrido el tiempo de ensayo, de acuerdo con los criterios siguientes: resistencia mecánica, estanqueidad a las llamas y aislamiento térmico (temperatura media inferior a 140° y puntual, 180°C) La duración del ensayo indica el grado corta-fuego.



- proteger la cerradura con polvo o pasta ignífuga.
- utilizar largueros y testeros de madera más resistente y con el máximo grosor posible (es suficiente con 30 ó 35 mm)
- que el cerco de madera tenga más puntos de anclaje al muro, tantos más cuanto el ancho y la resistencia de la madera sea mayor.

Para pasar a una hora hay que mejorar el bastidor, el alma y el marco y para 120 minutos hay que acudir a diseños especiales.

### Diseño de puertas carpinteras en relieve resistentes al fuego

Su característica PF/RF inicial es bastante grande, pudiéndose obtener prácticamente el tiempo que se desee siempre que se le dé el grosor necesario y se tengan en cuenta las siguientes recomendaciones:

- bastidor de tablero aglomerado o madera maciza no necesariamente ignífugados.
- cantos ignífugados con barniz, pasta o cintas intumescentes (de marcas reconocidas y homologadas).
- herrajes y protección de la cerradura, al igual que las puertas planas.
- plafones empotrados en el bastidor o bien superpuestos pero protegiendo la unión con pintura, barniz o pasta ignífugos.
- cercos de madera maciza resistente de grosor aceptable y bien anclados al muro. Las juntas con la pared también deben reforzarse, utilizando un sellante de material elástico corta-fuegos que evite el paso de las llamas.
- holgura entre cerco y hoja adecuado (igual que en puertas planas)
- Sobreponer en vez de embutir la cerra-

dura. En el caso de que se embuta, que sea lo más pequeña posible y convenientemente aislada.

- emplear elementos metálicos cuando se quiera mejorar la capacidad para llamas pero teniendo en cuenta que disminuyen su capacidad corta-fuegos.
- emplear superficies lisas preferentemente a las que tengan relieve. Las puertas estratificadas tienen buen comportamiento si la cola es resistente (no valen las de contacto ni las vinílicas pero sí las termoendurecibles, las de urea-formol y las de resorcinol-formol; siendo estas últimas las más recomendables).

### **Primeras puertas resistentes al fuego en Europa**

Las primeras puertas corta-fuego homologadas fueron alemanas. En la feria de la Madera de Colonia de 1965 se presentaron las puertas Westag, protegidas con patente internacional. Su construcción se ajustaba a la norma DIN 4102. Se componían de un núcleo de gruesa capa de corcho tratado de 45 mm, que no absorbía la humedad, era estéril y con buenas condiciones aislantes.

En la década de 1970 en Inglaterra se había extendido para hospitales, fábricas, cuartos de calderas, etc. un diseño resistente 30 minutos con bastidor de frondosas y alma similar al de las puertas planas: un relleno de paja comprimida con bloques de ajuste a ambos lados. Las caras, de tablero contrachapado de 6 mm estaban recubiertas con chapa metálica.

Otro diseño, resistente 60 minutos, tenía un alma de tablero de yeso cubierto con hojas de asbesto y tablero contrachapado. El grueso final era de 56 mm. Todo el conjunto se encolaba a la vez y se prensaba sin fijaciones metálicas.

La madera, con un contenido de humedad del 14%, estaba impregnada al 18% con una solución de fosfato monoamónico y agua. La holgura entre hoja y cerco era de 3 mm.

Otros diseños simples se basaban en la

introducción de paneles de fibrocemento o de yeso a modo de panel sandwich. A mediados de los 70 en España la creciente preocupación por incendios recientes se vio reflejada en la participación de grandes multinacionales en el desarrollo de productos intumescentes. BASF Española, por ejemplo, desarrolló en esos años su producto Palusol, del que se habló extensamente en el apartado 'tiras y planchas ignífugas', que se incorporó a la construcción de las primeras puertas planas ignífugas españolas, IMSSA, Marga y Vilarrasa. Las placas de Palusol se componían esencialmente de silicato sódico y fibra de vidrio en forma de tela metálica soldada por puntos. Otros productos impregnantes o cubrientes de la madera como los de la firma Ignitorr, S.A. reducían la emisión de gases combustibles al aplicar el calor, apenas se producía llama y disminuía por tanto el peligro de propagación del fuego. La firma Cromo por su parte presentaba pinturas intumescentes aplicables a pistola, lo mismo que Zeltia Agraria, Brugarolas, Maditec, Cross y Bufí i Planas, S.A.

### **Primeros diseños españoles en los años 70**

Después de diversos prototipos se llegaron a fabricar los primeros modelos españoles. Se basaban en una placa ignífuga que protege el cerco de madera de los efectos del calor, de modo que prácticamente no se deformaban ni siquiera cuando las llamas actuaban sobre el lado de los pernios. En las esquinas se colocaban unos ángulos macizos de 40 x 40 mm de Palusol. Las capas continuas incombustibles aseguraban contra un fallo en el funcionamiento. En el borde, la placa ignífuga se combina con una hoja de aluminio, material de buena conductividad térmica. Con ello se logra en caso de incendio la formación de espuma de silicato sódico al momento en toda la superficie y el cierre de la holgura entre hoja y cerco, impidiendo así el paso

del fuego y en gran medida, del humo. El canteado exterior, de madera dura, protege mecánicamente a la tira ignífuga. La penetración del humo en la fase inicial de un incendio es impedido por un perfil de goma colocado en el renvalso (galce) del cerco, antes de que actúe el borde ignífugo.

### **Diseños españoles en los años 80**

Por su trascendencia civil y de seguridad, la Administración se vio forzada a publicar la Norma Básica de la Edificación CPI 81, de obligado cumplimiento, que marcaba la resistencia de los elementos constructivos. En el caso de las puertas se fijaban resistencias de 30, 60 y 90 minutos dependiendo del sector, volumen del edificio y destino. Aún antes de haber salido esta norma básica, la demanda de puertas ignífugas en España era ya bastante grande y, prueba de ello, es que varios fabricantes de puertas metálicas, tras varios intentos, habían conseguido homologar puertas cortafuegos, sacándolas al mercado a precios increíblemente altos, pero con bastante aceptación.

En esos mismos años AITIM preparaba su propio Sello de Calidad basado en la norma UNE 23 093.

Debido a los altos costes de los ensayos, un grupo de empresas de la asociación nacional de fabricantes de puertas decidió desarrollar diversos prototipos a través de un proyecto de investigación realizado con el INIA para poder poner en el mercado algunos modelos. Se trataba de las empresas Norma, Jher, Imag y I.M. Sabaté.

Estas empresas se comprometían a fabricar sólo los modelos aprobados. Se comenzó con 3 puertas resistentes a 30' y

dos a 60'. En esencia todos los modelos estaban formados por los siguientes elementos:

- cerco con precerco de madera maciza y cerco de tablero aglomerado revestido de chapa. Tapajuntas y batiente de tablero aglomerado revestido de chapa.
- hoja formada por un alma de tablero aglomerado, bastidor de madera maciza unida por encolado al tablero aglomerado del alma y paramentos de tablero de fibras de 3,2 mm de espesor, encolados al alma y al bastidor con cola de resorcina. Los cantos se protegen con una chapa de producto intumescente.
- bisagras de acero

Las puertas resistentes 60' tienen en el centro de la hoja una chapa de producto intumescente o un tablero de madera-cemento.

En 1982 se certificó una primera PRF 30' ensayada en el laboratorio del INIA. Se creaba con esa fecha el sello de calidad AITIM.

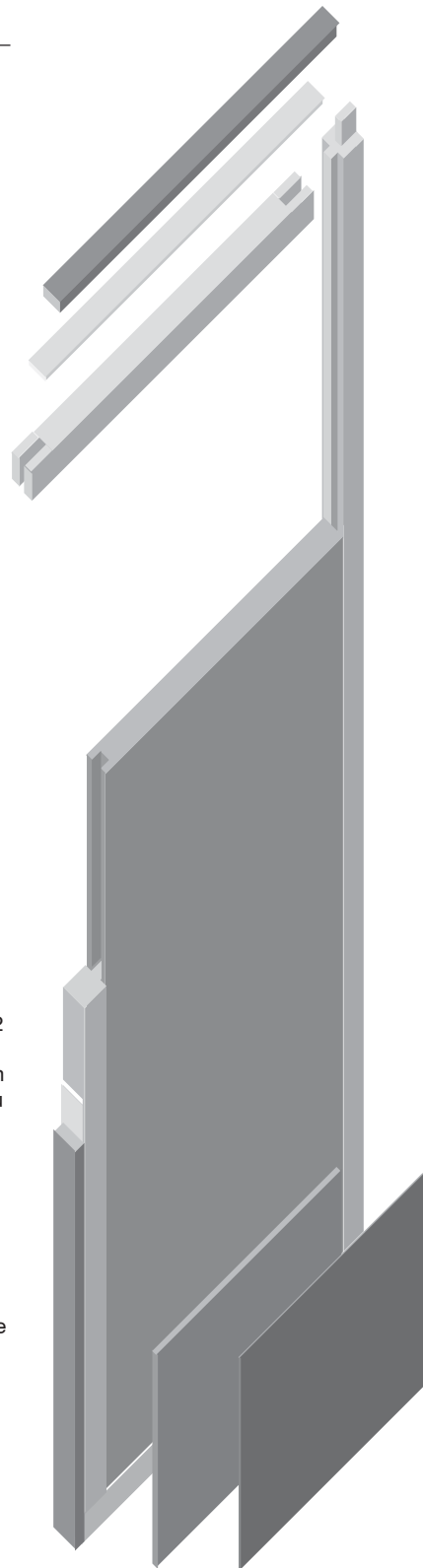
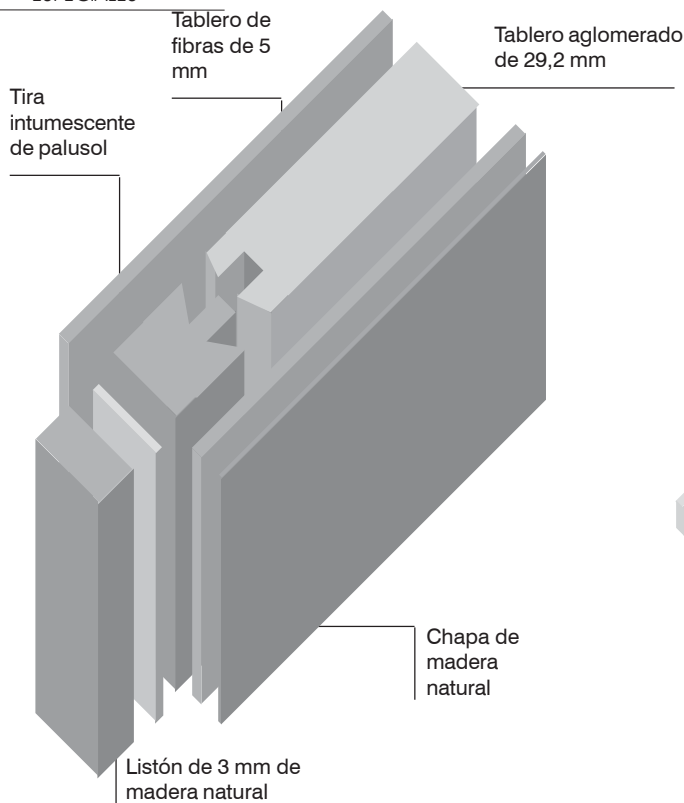
En 1984 se certificó la primera puerta PRF 90'.

Ese mismo año se certificó la primera puerta vidriera RF 30'.

En el Comité de 27 de junio de 1991 se certificó la primera puerta blindada resistente al fuego.

A partir de este momento se comienzan a certificar diversos modelos que fueron evolucionando y perfeccionando los diseños. Se describen a continuación varios ejemplos, algunos caducados, pero que pueden de orientación para de diseñar prototipos, como paso previo antes de su ensayo en el horno, condición *sine qua non* para conocer su resistencia al fuego.





### Ejemplo 1 T-30

**Cerco:** de pino, revestido de tablero aglomerado ignífugo (cola urea-formol) revestido de chapa. Dispone de tapajuntas y batiente de tablero aglomerado ignífugo, encolados con cola de resorcina.

**Hoja:** dimensiones 2030 x 825 x 40 mm.

**Bastidor:** largueros y travesaños de pino, de 29,2 mm de grueso machihembrados y encolados al tablero aglomerado con cola de acetato de polivinilo.

**Alma:** maciza de tablero de partículas normal, sin ignifugar, de 29,2 mm de grueso.

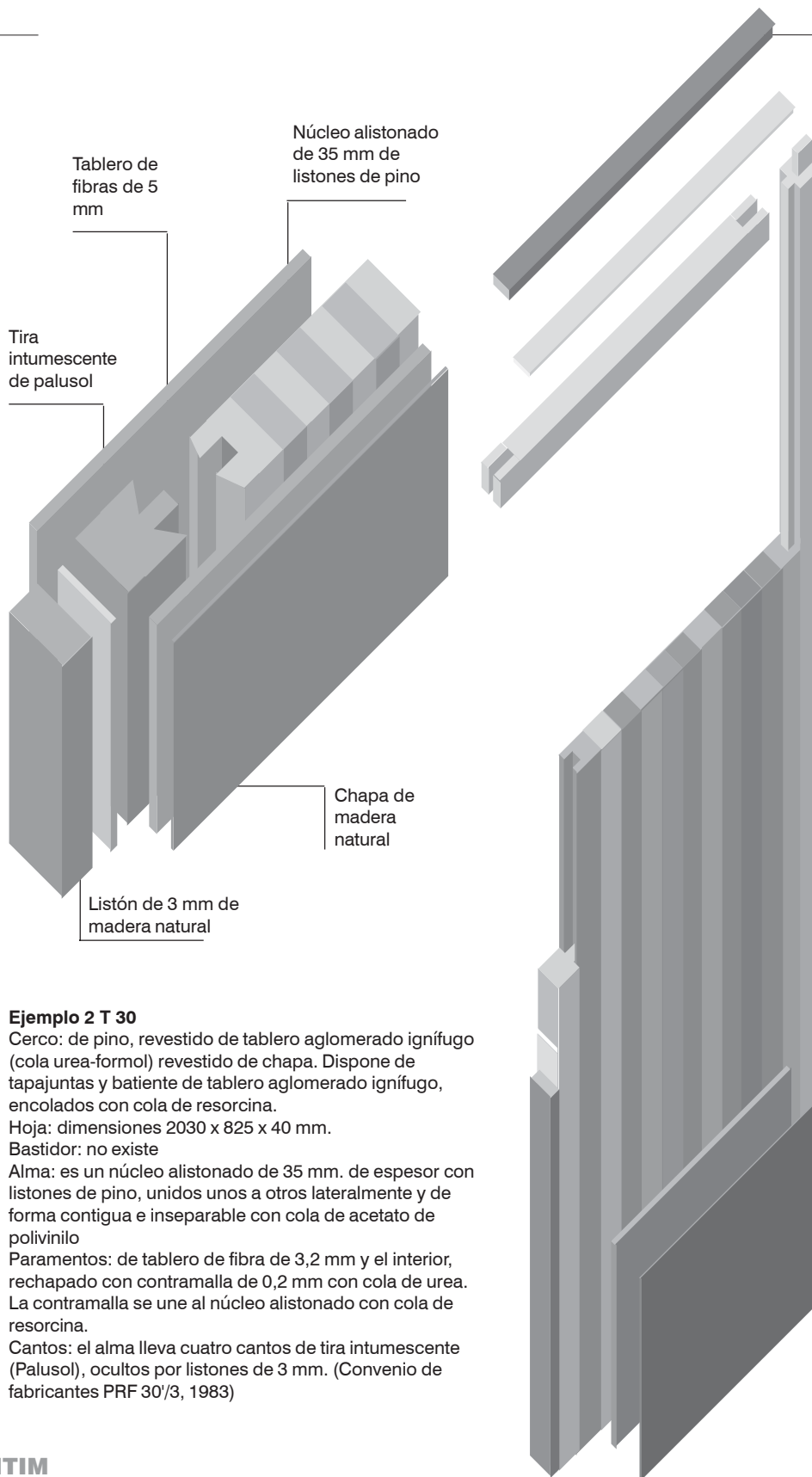
**Paramentos:** sobre el tablero, y a modo de paramentos, se colocan sendos tableros de fibras, de 5 mm de espesor, rechapados por su cara vista con maderas nobles, varias o finas. Los tableros de fibra están encolados al núcleo de tablero de partículas con cola de resorcina y las chapas vistas se encolan a los tableros de fibra con cola de urea-formol.

**Cantos:** los largueros y travesaños están protegidos con cuatro cantos intumescentes (Palusol) en la parte interior y recubiertos estos por otros cuatro cantos exteriores de madera noble y pegados con cola de acetato de polivinilo.

**Herrajes:** dos bisagras, colocadas con cuatro tornillos directamente atornillados en el marco y en el canto por su cara de cierre y sin proteger específicamente, pero amparados por el cierre que en su momento pueda efectuar el Palusol del canto. La puerta dispone de un tirador normal, atornillado normalmente y sin protección ninguna. Se ha dispuesto en la arista superior de la hoja de cierre un aparato de cierre hidráulico normal, atornillado a la hoja y al marco, sin protección ninguna. Dispone también de dos cerrojos normales, atornillados normalmente.

(Convenio de fabricantes PRF/30/1, 1983)





### Ejemplo 2 T 30

Cerco: de pino, revestido de tablero aglomerado ignífugo (cola urea-formol) revestido de chapa. Dispone de tapajuntas y batiente de tablero aglomerado ignífugo, encolados con cola de resorcina.

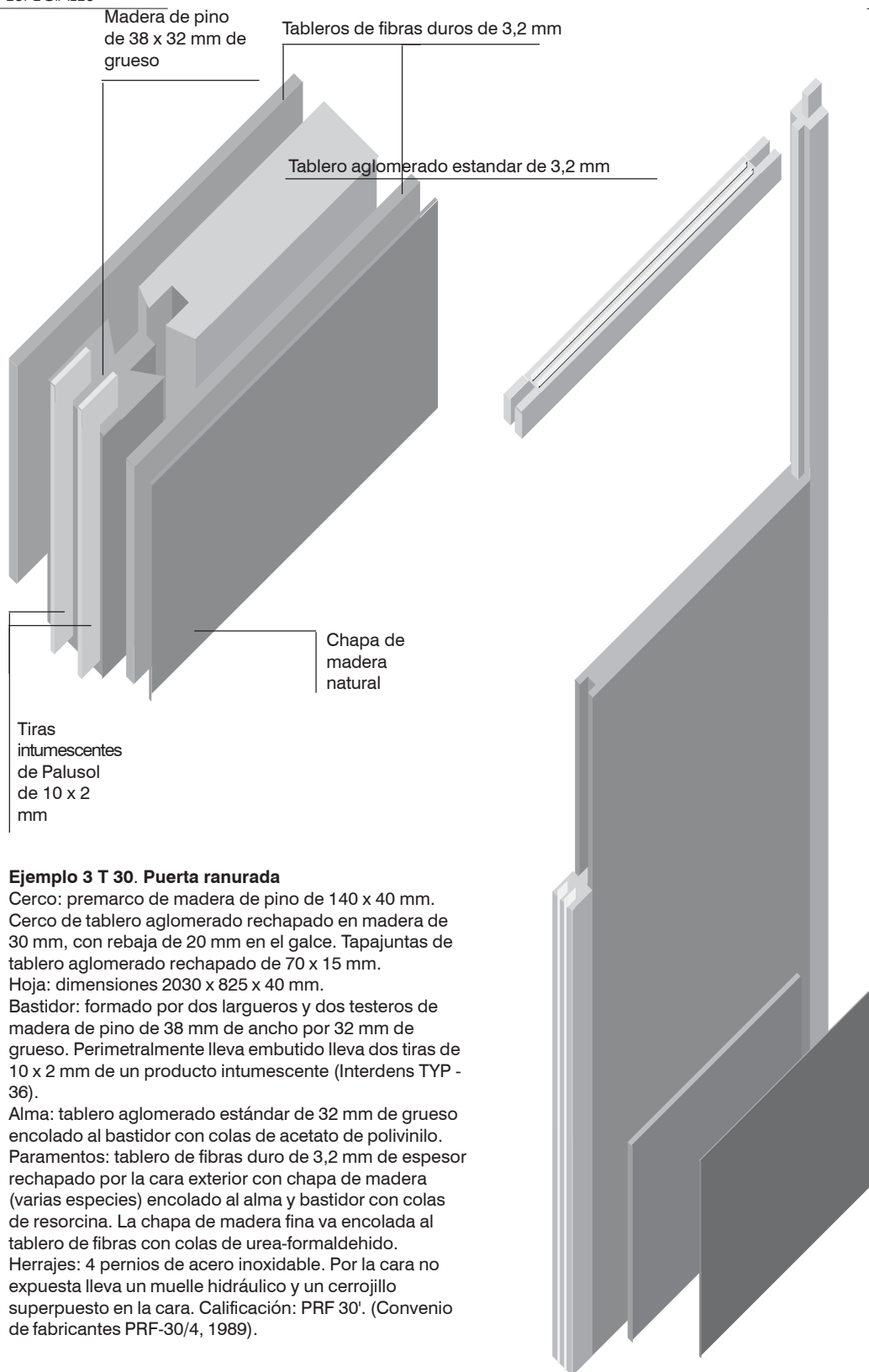
Hoja: dimensiones 2030 x 825 x 40 mm.

Bastidor: no existe

Alma: es un núcleo alistonado de 35 mm. de espesor con listones de pino, unidos unos a otros lateralmente y de forma contigua e inseparable con cola de acetato de polivinilo

Paramentos: de tablero de fibra de 3,2 mm y el interior, rechapado con contramalla de 0,2 mm con cola de urea. La contramalla se une al núcleo alistonado con cola de resorcina.

Cantos: el alma lleva cuatro cantos de tira intumescente (Palusol), ocultos por listones de 3 mm. (Convenio de fabricantes PRF 30/3, 1983)



### Ejemplo 3 T 30. Puerta ranurada

Cerco: premarco de madera de pino de 140 x 40 mm.

Cerco de tablero aglomerado rechapado en madera de 30 mm, con rebaja de 20 mm en el galce. Tapajuntas de tablero aglomerado rechapado de 70 x 15 mm.

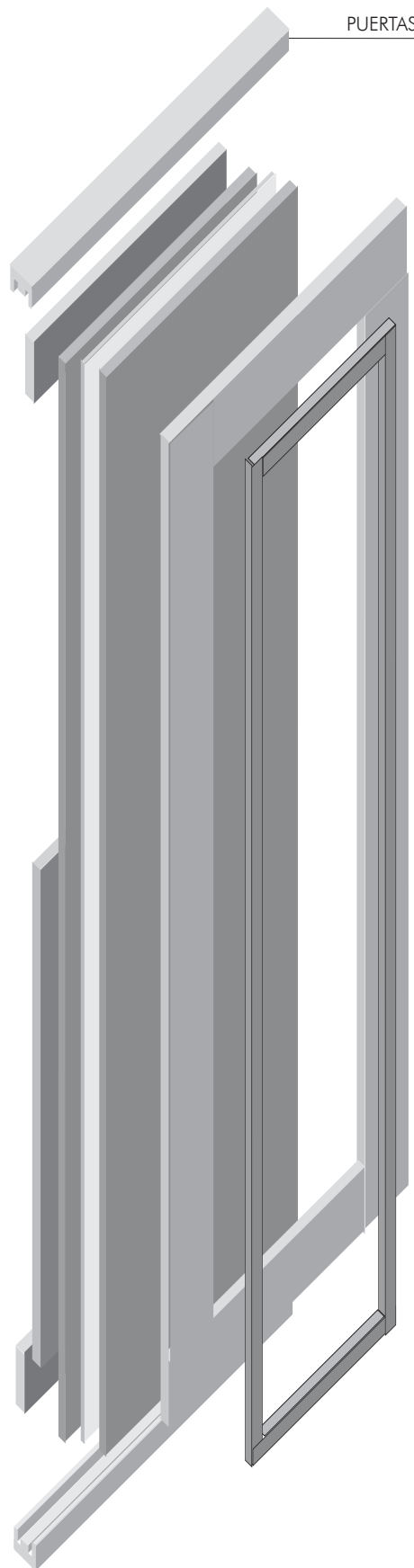
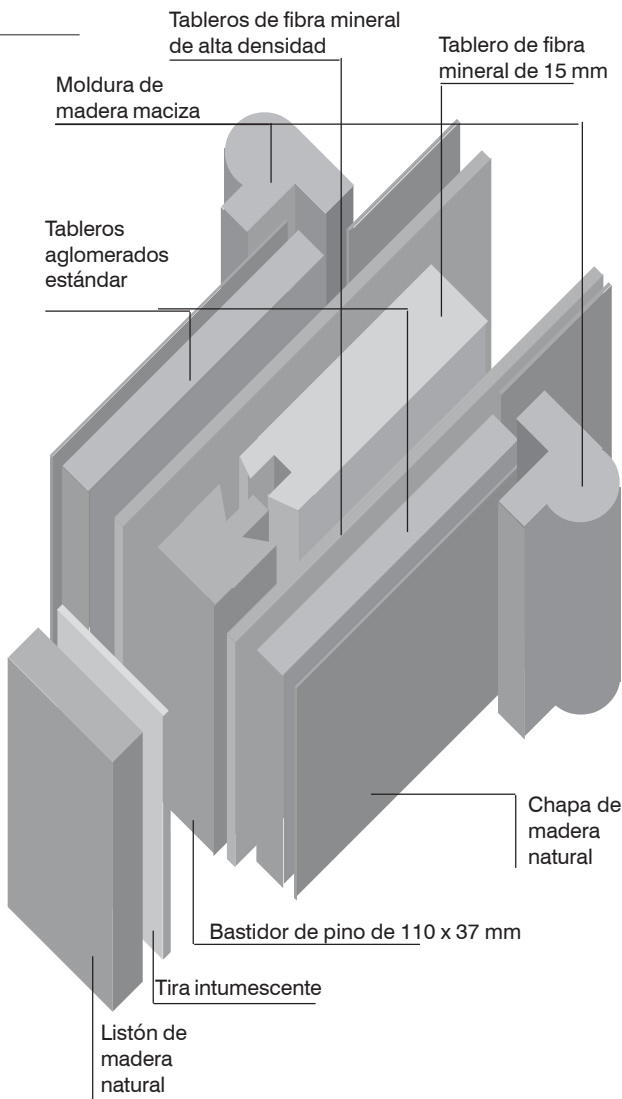
Hoja: dimensiones 2030 x 825 x 40 mm.

Bastidor: formado por dos largueros y dos testeros de madera de pino de 38 mm de ancho por 32 mm de grueso. Perimetralmente lleva embutido lleva dos tiras de 10 x 2 mm de un producto intumescente (Interdens TYP - 36).

Alma: tablero aglomerado estándar de 32 mm de grueso encolado al bastidor con colas de acetato de polivinilo.

Paramentos: tablero de fibras duro de 3,2 mm de espesor rechapado por la cara exterior con chapa de madera (varias especies) encolado al alma y bastidor con colas de resorcina. La chapa de madera fina va encolada al tablero de fibras con colas de urea-formaldehído.

Herrajes: 4 pernios de acero inoxidable. Por la cara no expuesta lleva un muelle hidráulico y un cerrojo superpuesto en la cara. Calificación: PRF 30'. (Convenio de fabricantes PRF-30/4, 1989).



#### Ejemplo 4 PRF 30

Cerco: de madera maciza de 90 x 75 mm. En el galce del cerco lleva embutida una tira de Palusol de 10 x 4 mm.

Hoja: dimensiones 2030 x 825 x 40 mm.

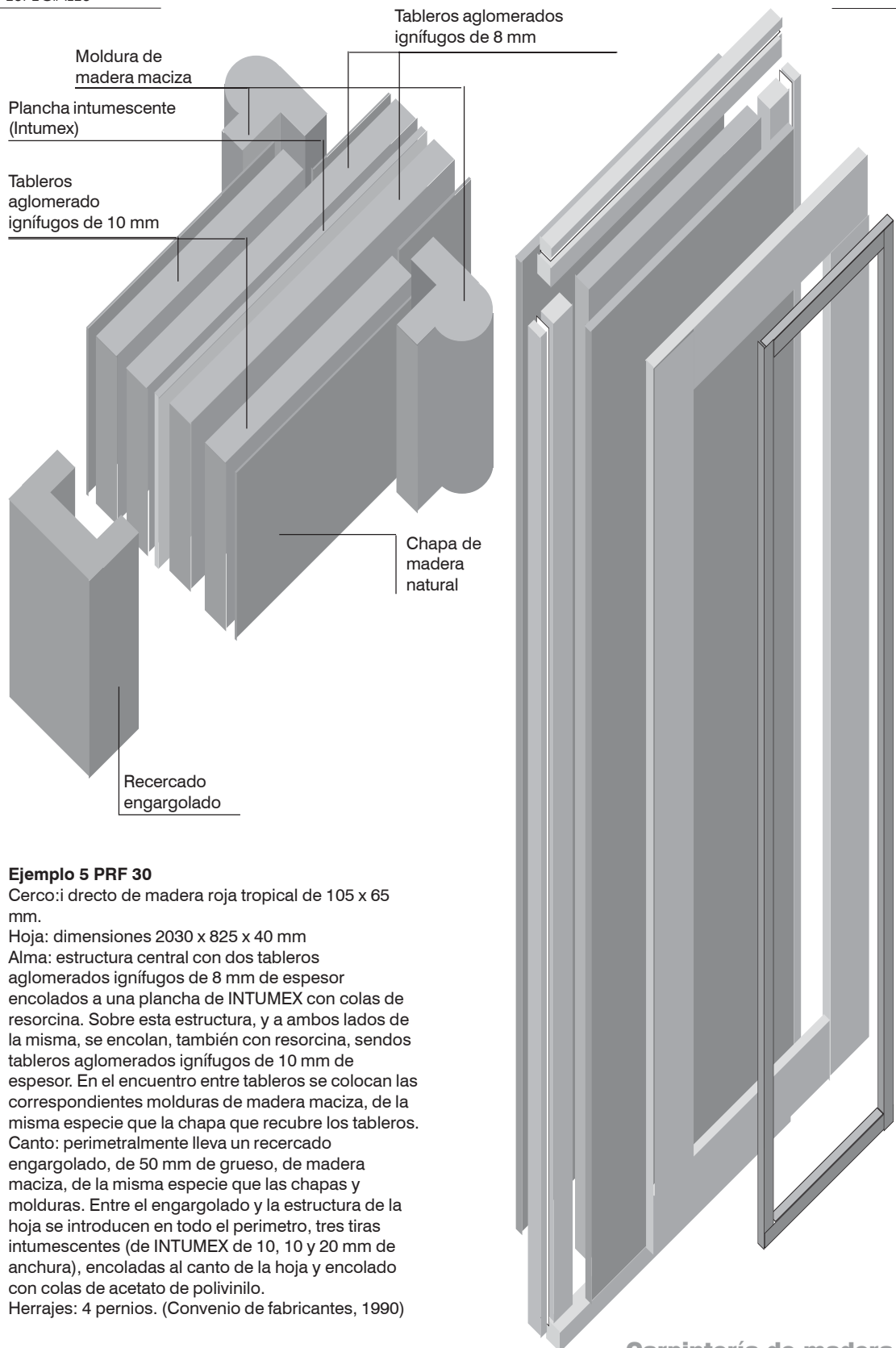
Bastidor: de madera de pino de 110 x 37 mm, formado por dos largueros, dos testeros y un travesaño intermedio.

Alma: tablero de fibra mineral de 15 mm de espesor, cajeado en el bastidor. Papel alveolar a ambos lados del tablero de fibra mineral.

Paramentos: tableros moldurados de alta densidad.

Herrajes: tres bisagras de hierro latonado de 100 x 40 mm. Muelle hidráulico. Un cerrojo standar.

(Convenio de fabricantes PRF-30/5, 1989)



### Ejemplo 5 PRF 30

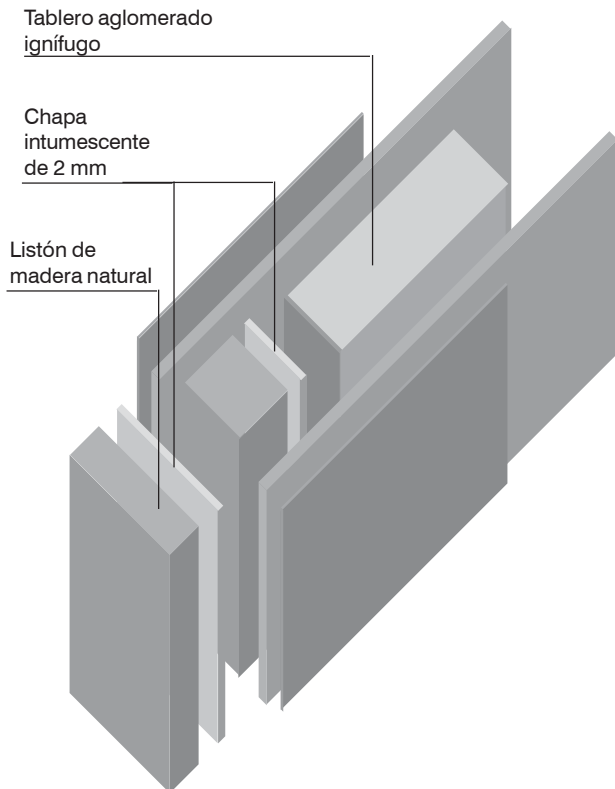
Cerco: i directo de madera roja tropical de 105 x 65 mm.

Hoja: dimensiones 2030 x 825 x 40 mm

Alma: estructura central con dos tableros aglomerados ignífugos de 8 mm de espesor encolados a una plancha de INTUMEX con colas de resorcina. Sobre esta estructura, y a ambos lados de la misma, se encolan, también con resorcina, sendos tableros aglomerados ignífugos de 10 mm de espesor. En el encuentro entre tableros se colocan las correspondientes molduras de madera maciza, de la misma especie que la chapa que recubre los tableros.

Canto: perimetralmente lleva un cercado engargolado, de 50 mm de grueso, de madera maciza, de la misma especie que las chapas y molduras. Entre el engargolado y la estructura de la hoja se introducen en todo el perímetro, tres tiras intumescentes (de INTUMEX de 10, 10 y 20 mm de anchura), encoladas al canto de la hoja y encolado con colas de acetato de polivinilo.

Herrajes: 4 pernios. (Convenio de fabricantes, 1990)



### Ejemplo PRF 60-1

Cerco: precerco de pino. Cerco de tablero aglomerado ignífugo revestido de chapa. Tapajuntas y batientes: tablero aglomerado ignífugo revestido de chapa.

Hoja: dimensiones 2030 x 825 x 40 mm.

Bastidor: de madera de pino encolado a tope al tablero aglomerado con cola de acetato de polivinilo.

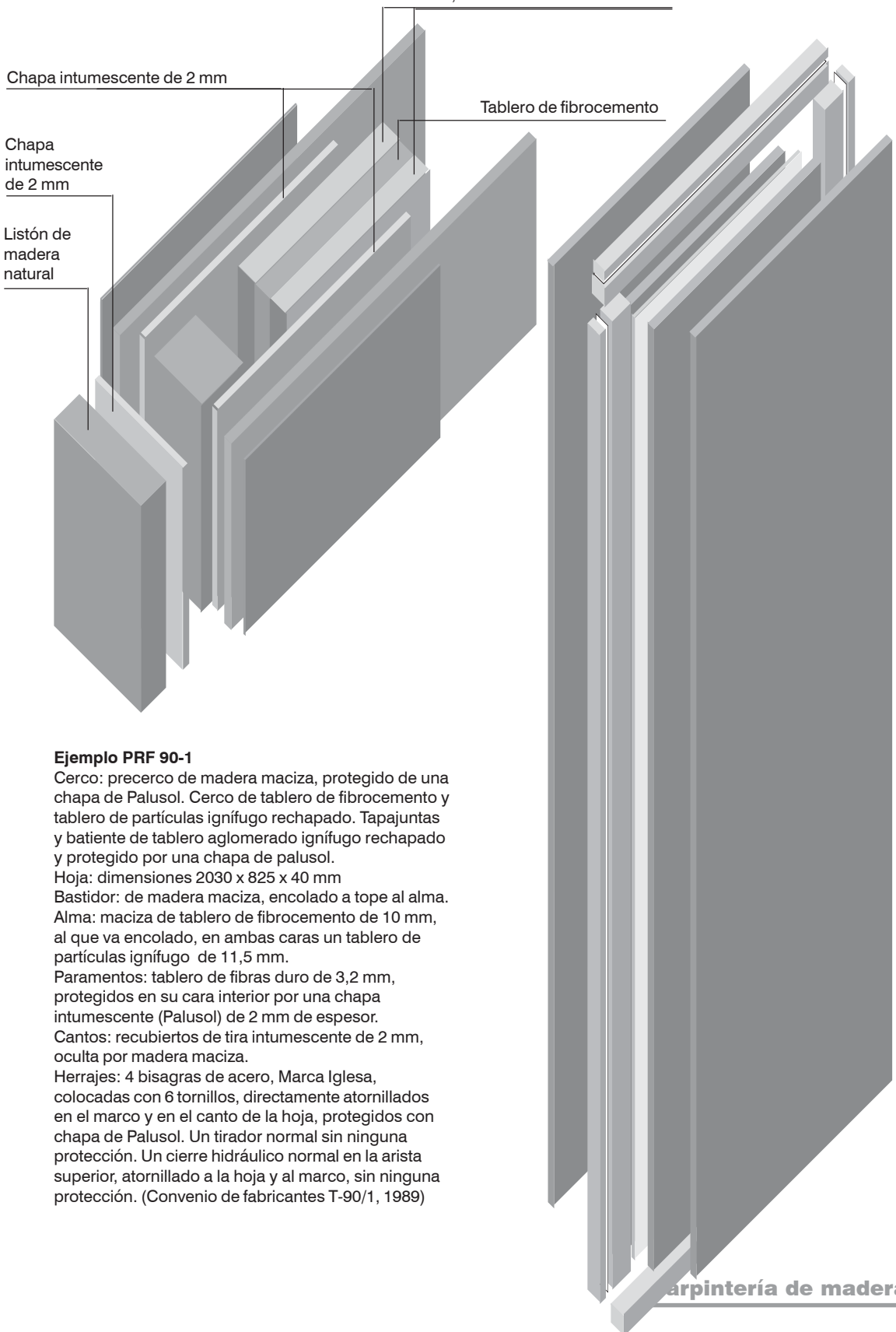
Alma: tablero aglomerado ignífugo. En la junta entre el tablero aglomerado y el bastidor se coloca una tira central intumescente (Palusol de 2 mm de espesor), encolado al tablero aglomerado con cola de resorcina.

Paramentos: tableros de fibras de 3,2 mm.

Los cantos van recubiertos con chapa intumescente (Palusol) oculta por listón de 3 mm.

Herrajes: tres bisagras de acero Marca Iglesia, colocados con 6 tornillos, directamente atornillados en el marco y en el canto de la hoja y sin proteger específicamente. Un tirador normal sin protección alguna. Un cierre hidráulico normal, en la arista superior, atornillado sin protección alguna a la hoja y al marco. Dos cerrojos normales sin protección alguna. (Convenio de fabricantes PRF-60/1, 1989)





### Ejemplo PRF 90-1

Cerco: precerco de madera maciza, protegido de una chapa de Palusol. Cerco de tablero de fibrocemento y tablero de partículas ignífugo rechapado. Tapajuntas y batiente de tablero aglomerado ignífugo rechapado y protegido por una chapa de palusol.

Hoja: dimensiones 2030 x 825 x 40 mm

Bastidor: de madera maciza, encolado a tope al alma.

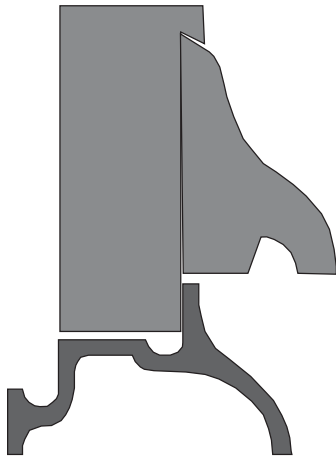
Alma: maciza de tablero de fibrocemento de 10 mm, al que va encolado, en ambas caras un tablero de partículas ignífugo de 11,5 mm.

Paramentos: tablero de fibras duro de 3,2 mm, protegidos en su cara interior por una chapa intumescente (Palusol) de 2 mm de espesor.

Cantos: recubiertos de tira intumescente de 2 mm, oculta por madera maciza.

Herrajes: 4 bisagras de acero, Marca Iglesia, colocadas con 6 tornillos, directamente atornillados en el marco y en el canto de la hoja, protegidos con chapa de Palusol. Un tirador normal sin ninguna protección. Un cierre hidráulico normal en la arista superior, atornillado a la hoja y al marco, sin ninguna protección. (Convenio de fabricantes T-90/1, 1989)





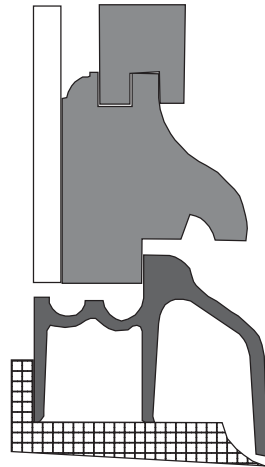
**Peanas metálicas**

### **Peana**

La peana es el durmiente horizontal que está en contacto con la obra. Puede ser independiente del bastidor de la ventana (aunque unido a él) e incluso ser de otro material (metálico por ejemplo). Su sección suele ser mayor que el resto de los perfiles.

### **La madera de los perfiles**

Hasta el momento no se han podido utilizar perfiles de tableros ni productos compuestos, como ha ocurrido en otros tipos de carpintería y mueble. Los únicos perfiles alternativos han sido la madera laminada, estando pendiente el posible desarrollo del microlaminado (LVL).



## Perfiles de madera maciza

Los perfiles actuales, tanto en el cerco como en las hojas, son como mínimo de 45 mm frente a los 25-35 mm que se colocaban en el pasado.

Las especies que la experiencia ha demostrado más adecuadas en carpintería exterior son normalmente las mismas empleadas con fines estructurales en carpintería de armar porque combinan ligereza, resistencia y durabilidad.

La madera debe presentar anillos de crecimiento estrechos con espesor medio en torno a 5 mm, con una proporción fuerte de madera de verano). Que sea de fibra recta o sensiblemente recta. Presentará una buena durabilidad natural o podrá asegurarla mediante un tratamiento eficaz.

Además requiere una buena estabilidad dimensional (relación entre la retracción tangencial y la radial). Su comportamiento será mejor si se ha secado y estabilizado antes de mecanizar los perfiles.

Es recomendable una buena resistencia al arranque de tornillo. En este sentido no son recomendables especies de baja densidad tales como el Meranti Rojo