

Placas Ignífugas para Mejorar la Capacidad de Resistencia al FUEGO, en Construcciones Ligeras

Por el Dr. Rudolf BREU,
de Basf AG

1.—GENERALIDADES

La construcción moderna precisa de materiales especiales, cada vez más diferenciados y de gran eficacia, capaces de cumplir con ciertas funciones físicas específicas. Existe ya una serie de soluciones acreditadas para distintos problemas, como por ejemplo, para el aislamiento térmico, el aislamiento acústico y el aislamiento contra la humedad. No hay un «material de construcción universal», pero mediante una combinación razonable de materiales de construcción, es posible adaptar la función de los diversos elementos de construcción a las respectivas exigencias. Ello trae consigo, muchas veces, además de una eficacia mejorada, la disminución del peso y, de esta forma, ventajas de colocación.

Las exigencias cada vez más elevadas, respecto al comportamiento al fuego de los elementos de construcción, imponen materiales que especialmente aporten una mejora a este respecto. Las placas ignífugas PALUSOL, desarrolladas por BASF, complementan de forma muy interesante los materiales hasta ahora utilizados en el ámbito de la protección preventiva contra incendios.

2.—ESTRUCTURA

Y PROPIEDAD DE

LAS PLACAS IGNIFUGAS

«PALUSOL»

Las placas ignífugas flexibles y de 1,80 mm. de espesor, se suministran en 2 tipos con dis-

tinto color de la capa superficial. En su núcleo de componentes inorgánicos, las placas tipo 310, están constituidas especialmente de silicato sódico hidratado, fibras de vidrio y una tela metálica. Esta capa núcleo, se clasifica según DIN 4102 (Comportamiento de materiales y piezas de construcción en caso de incendio) como incombustible. Las placas tipo 210 contienen en su capa núcleo una pequeña adición de materias orgánicas. Las capas núcleo forman una estructura compacta (Densidad 1,6-1,7 g/cm³), por lo que muestran una resistencia mecánica relativamente elevada en comparación con materiales porosos. De 60 a 100° C, son indeformables y a temperaturas entre 100 y 200 °C se forman burbujas de vapor en el interior de las placas ignífugas.

Por encima de los 200 °C y bajo desprendimiento de vapor de agua, se forma una capa de espuma sólida, de poro fino, sin fisuras y térmicamente aislante, con una densidad de 0,1 a 0,2 g/cm³. El coeficiente de conductividad calorífica de la espuma es de 0,05 kcal/mh° C, medido dentro de la gama de temperaturas normales de un recinto.

A título de comparación (según DIN 4.108):

	Kcal/mh° C
aluminio	175
hierro	50
vidrio	0,7
placa ignífuga (antes de la espumación) .	0.6 -0,7
madera	0.12-0,18

En sistemas cerrados, la placa puede producir una presión de expansión de aproximadamente 4 kp/cm². Esto permite también su utilización como capa interior sin merma de su efecto protector.

El efecto protector de la capa de espuma permanece en una amplia gama de temperaturas. En ensayos de incendio con placas ignífugas 310, se observó el derretimiento de la capa de espuma entre los 860 y 900 °C y con placas 210 entre 940 y 980 °C.

Dadas las propiedades químicas del silicato sódico, la capa núcleo no protegida, al transcurrir el tiempo, reacciona con el dióxido de carbono del aire, formándose carbonato sódico y ácidos silícicos, disminuyendo poco a poco su poder de expansión. Recubriendo la capa núcleo por ambos lados, por ejemplo con resina apoxídica, se consigue que aún después de decenas de años de servicio, no sea de esperar una merma esencial del efecto protector. Las placas ignífugas recubiertas de este modo y almacenadas en locales cerrados durante ahora casi 9 años, no habían absorbido CO₂. En este periodo el contenido de agua del 30% en peso ha disminuido al estado de equilibrio del 25% en peso. Los ensayos con temperaturas y concentraciones de CO₂ elevadas, completan estos resultados y muestran la efectividad de la capa protectora bajo condicio-

nes extremadamente desfavorables.

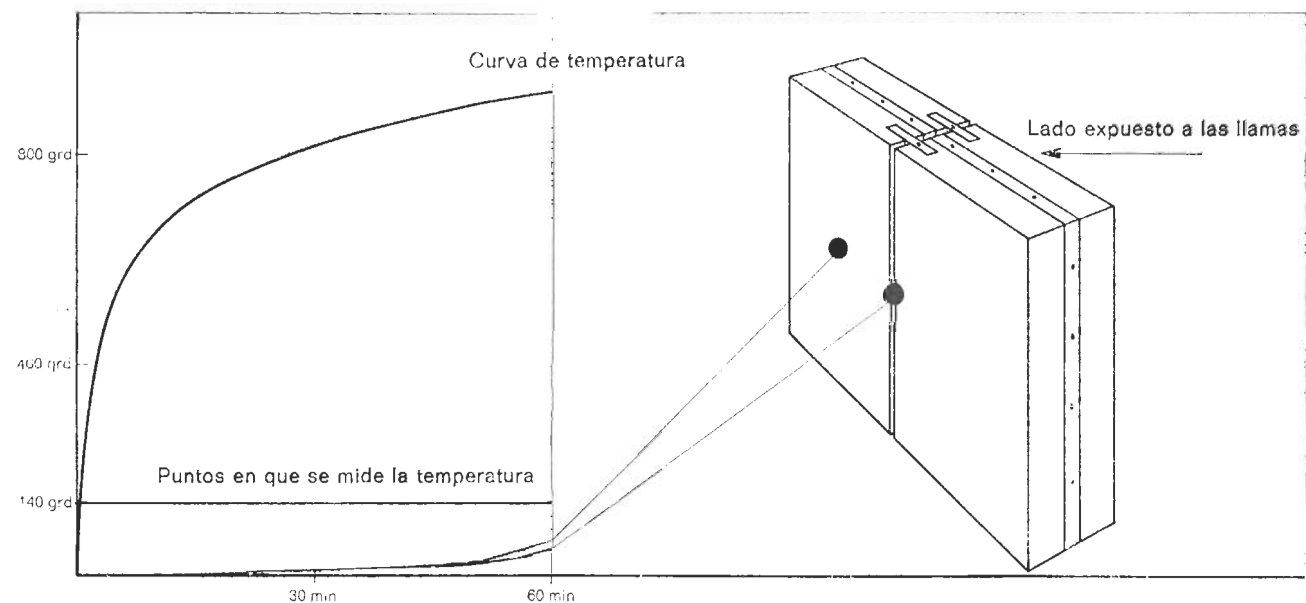
Esta circunstancia es comparable con el problema de la corrosión en el hierro. Mientras que éste en estado no protegido reacciona relativamente rápido con la atmósfera (se oxida), permanece casi indefinidamente inalterado en locales cerrados, cuando está provisto de capas protectoras.

3.—COMETIDO Y EFECTIVIDAD DE LAS PLACAS IGNIFUGAS

Debido a sus características, las placas ignífugas son utilizadas con ventaja como capas intermedias no portantes, incombustibles y, en caso de incendio, térmicamente aislantes, en combinación con otros materiales, como, por ejemplo, madera, metales o vidrio. Sirven para la fa-

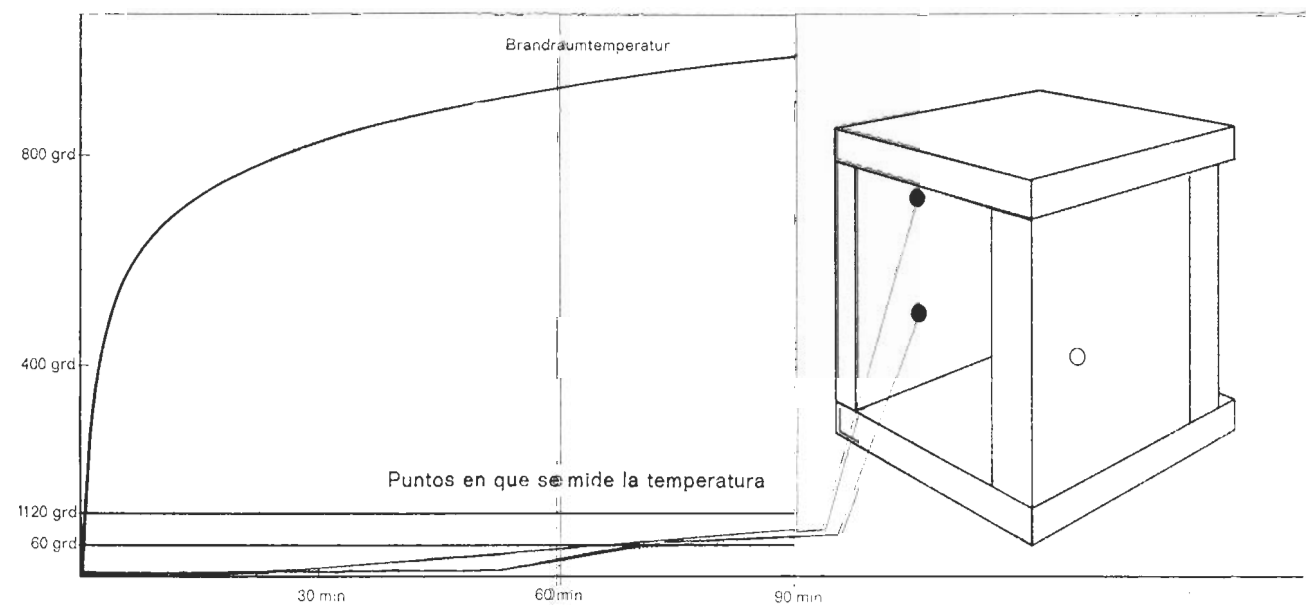
bricación de elementos de construcción ligeros con clasificable resistencia al fuego (según DIN 4102, Hojas 2 y 3, o bien ISO Recommendation R 834).

La apreciación del comportamiento al fuego de materiales y elementos de construcción queda recogida en la norma DIN 4102. Mientras que la Hoja 1, todavía en preparación, trata de los materiales de construcción (actualmente regulados por «Er-



▲ Fig. 1

▼ Fig. 2



gänzende Bestimmungen zu DIN 4102» — Disposiciones complementarias para DIN 4102), la Hoja 2 está dedicada a las definiciones, las exigencias y los ensayos de elementos de construcción, y la Hoja 3 trata de elementos de construcción especiales (entre otras, las puertas cortafuego).

En el ensayo para comprobar el comportamiento en caso de incendio de materiales de construcción combustibles, se juzga esencialmente la inflamabilidad y la propagación de las llamas a lo largo de la superficie de la probeta. Los materiales de construcción difícilmente inflamables (Clase B 1, según DIN 4102) no deben permitir la transmisión de un fuego primario en su superficie.

Por el contrario, aquellos elementos de construcción que cierran un recinto, estando expuestos en toda la superficie de uno de sus lados a los efectos del fuego, deben impedir la penetración del fuego durante un determinado tiempo de ensayo. Además, en el lado no expuesto al fuego, no deberán aparecer gases inflamables capaces de seguir ardiendo por sí solos, una vez alejado el foco de inflamación ajeno. La temperatura del centro de la superficie no expuesta al fuego, de la pieza de construcción, no deberá sobrepasar los 140° C.

La combinación de placas ignífugas con madera o materiales a base de madera para formar elementos de construcción, donde las placas ignífugas se disponen en las partes exteriores, es especialmente favorable con respecto a la prolongación del tiempo de resistencia al fuego, debido a las siguientes razones:

1) Durante la exposición a la llama y debido a la evaporación del agua contenida en la placa ignífuga, la temperatura del núcleo de madera no expuesto a la llama, puede ser mantenida en aprox. 100° C en la fase inicial.

2) Debido a la presencia de espuma que se forma, el calor penetra con mucha lentitud hacia el núcleo de madera. En caso de exposición a la llama según la curva normalizada de temperaturas unitarias, no se alcanzan temperaturas de 250-300° C en el núcleo de madera, hasta después de transcurridos 20-25 minutos de incendio, temperatura a la que se inicia la carbonización de la madera.

3) Además, la placa ignífuga, tanto en estado espumado como sin espumar, impide, en su función de capa intermedia incombustible, la acción directa de las llamas y del oxígeno del aire sobre el núcleo de madera. La rapidez del desarrollo del proceso de carbonización se ve considerablemente disminuida por el buen aislamiento térmico de la capa de carbón de madera de creciente espesor, que, a su vez, actúa como aislamiento térmico.

4) La madera no descompuesta que se encuentra a continuación de la capa de carbón de madera, debido a su baja conductividad calorífica es, a su vez, la causante de otra disminución de la temperatura hacia el lado no expuesto a la llama. La estabilidad mecánica del elemento de construcción, después de estar expuesto a las llamas, depende del resto de espesor de la madera no descompuesta.

Todos estos factores, en el orden indicado, contribuyen durante el desarrollo del incendio a la protección total de la sección transversal restante y de la parte no expuesta a las llamas y logran un tiempo de resistencia al fuego considerablemente prolongado.

Es de destacar que los elementos de importancia mecánica no sufren prácticamente deformación alguna, debido a la retardada exposición a los efectos del calor. Por ello, y debido a las capas de espuma de las placas ignífugas en los bordes de

las juntas, se evita la formación de intersticios en las juntas de una construcción.

Cuando se utilizan placas de construcción minerales macizas, la placa ignífuga como capa antepuesta, impide el desprendimiento de partículas como consecuencia del efecto térmico de tensiones demasiado elevadas.

4.—ENCOLADO O PEGADO DE LAS PLACAS IGNIFUGAS CON MADERA O MATERIALES A BASE DE MADERA

4.1. El encolado de las placas ignífugas protegidas por una capa de resina epoxidica con madera, tableros contrachapados, aglomerados, o de libros, se realiza mediante una mezcla de

100 partes en peso de cola Kauresin (R) 440 líquida y 20 partes en peso de endurecedor Kauresin (R) 444 en polvo

en las prensas corrientemente utilizadas para la manipulación de la madera, preferentemente aquellas que son calentadas con agua caliente. Para lograr un buen ensamble de las diferentes capas durante el proceso de prensado, la temperatura deberá alcanzar, al inicio del reblandecimiento de la placa ignífuga, 60-85° C.

Se an mencionadas como ejemplo las siguientes condiciones:

Aplicación (unilateral) de la cola sobre la placa ignífuga	160 g/m ²
Temperatura de prensado	70-85° C
Presión específica de prensado.	2-10 kp/cm ²

Las placas sandwich así fabricadas muestran una elevada cohesión al ser sometidas al ensayo de cuchillo, según DIN 53 255 (junio 1964) — «Determinación

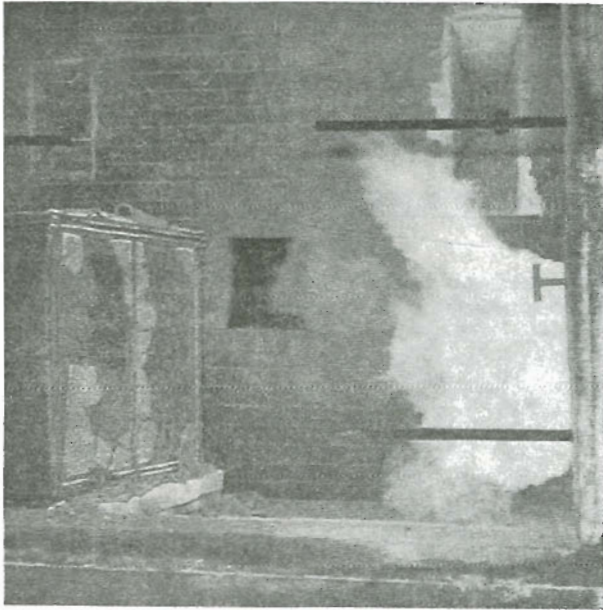


Fig. 3

Ensayo con un mueble de madera.
Recinto de incendio abierto
después de 60 minutos de ensayo.

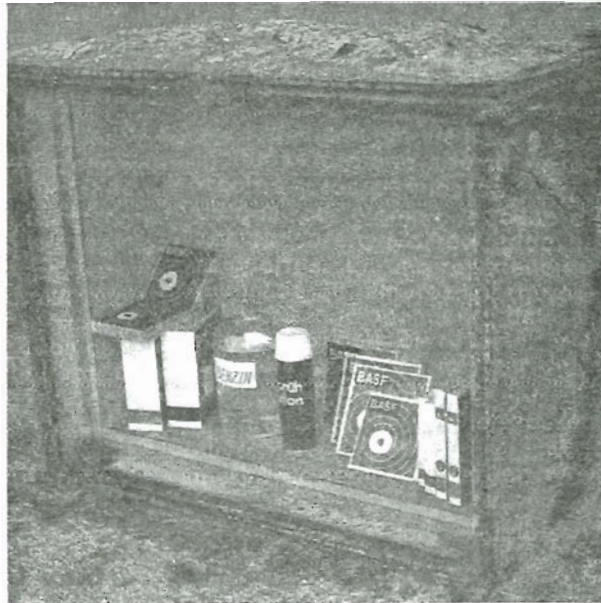


Fig. 4

Mueble de madera después del ensayo.
Vista del interior.
Una botella llena de gasolina,
cintas magnéticas y un bote de laca
que no han resultado dañados.

de la cohesión de encolados de contrachapeados en los ensayos de tracción y de cuchillo».

4.2. La adhesión de placas ignífugas, por ejemplo, con madera o materiales a base de madera, es posible con adhesivos especiales. Hasta ahora han dado buenos resultados los sistemas de encolado a base de poliuretano. Con ello se consiguen resistencias de descortezado más elevadas que aplicando colas con contenido de agua.

5.—EJEMPLOS DE ELEMENTOS DE CONSTRUCCION EN COMBINACION CON MADERA

5.1. Puertas cortafuego.

Debido a las innumerables y complejas exigencias que deben satisfacer las puertas, éstas constituyen un problema especial en la protección preventiva contra los incendios. Como elementos de construcción móviles, se les exige un peso reducido

en combinación con una elevada estabilidad mecánica, en servicio permanente y bajo duras condiciones de funcionamiento. Su función como puertas cortafuego no la cumplirán del todo si a la vez no permanecen estancas al humo, antes y durante el incendio. En numerosos ensayos de exposición al fuego, ha podido comprobarse que la junta entre la hoja y el marco de una puerta constituye un punto especialmente débil con respecto al paso prematuro del fuego.

En el transcurso de nuestros trabajos para el desarrollo de una puerta que corresponda a las últimas condiciones establecidas por la norma DIN 4102, hemos llegado a la conclusión de que el principio de construcción esbozado representa actualmente la mejor solución técnica. En este caso la placa ignífuga protege el marco de madera de los efectos del fuego y del calor. En el ensayo de exposición al fuego, la hoja de puerta, práctica-

mente no se deforma ni siquiera cuando las llamas actúan sobre el lado de los pernios, que es el que presenta notablemente más dificultades desde el punto de vista de la técnica de protección contra incendios. Las placas continuas incombustibles, aún en el caso de un fuego de larga duración, con aportación reducida de aire y temperaturas más bajas, forman también una espesa capa de espuma termoaislante inmediatamente junto al núcleo de madera.

La disposición de las placas ignífugas protege además la cerradura y los pernios de tal modo que, por ejemplo, al cabo del tiempo de ensayo requerido para puertas con una resistencia al fuego de 30 minutos, asegura el perfecto funcionamiento del pestillo junto con el resorte, y la perfecta unión de la hoja de la puerta con los pernios.

En la gran mayoría de los ensayos de exposición al fuego (curva de temperaturas en algu-

nos puntos de control) las hojas de la puerta estaban montadas en aceros convencionales, cerrando a tope, sin travesaño en la parte inferior. Casi 100 ensayos individuales, en nuestra instalación de ensayo, han demostrado que los resultados pueden ser reproducidos con una desviación estadística de aproximadamente $\pm 5\%$ (el fuego atraviesa la superficie después de 47 ± 3 min.). Durante estos ensayos se realizaron solamente ligeras variaciones en la estructura de la puerta, como por ejemplo, en la capa interior; en la geometría del perfil del marco de madera; en el ensamblaje por grapas de las placas ignífugas en el marco, en la cerradura o en los pernios. En los ensayos no se ha dado ningún caso de una hoja de puerta reventada por causa de tensiones térmicas, ni un fallo de la cerradura.

La comparación de los resultados de ensayo de seis diferentes organismos oficiales e industriales en Alemania y otros países demuestra que, siendo la construcción siempre la misma, la llama penetra a través de la superficie al cabo de 42-50 minutos de duración del ensayo, correspondiente a una exactitud de ± 4 minutos, o bien del $\pm 8,7\%$.

El bajo peso de las puertas (18 kg/m^2) permite su montaje incluso en tabiques ligeros.

Según el número de placas ignífugas en la superficie y según el espesor de la hoja de la puerta (igual a la profundidad de introducción en el cerco, cuando se trata de puertas que cierran a tope) pueden ser sobrepasados los tiempos de resistencia de 30 ó 60 minutos. Ensayos previos permiten confiar que se puede lograr un tiempo de resistencia al fuego de 90 ó 120 minutos, y que también es posible construir puertas con dos hojas.

Aparte de amplios ensayos para la caracterización del com-

portamiento al fuego de nuestros tipos de puerta, se dispone de una serie de resultados de aplicaciones prácticas para puertas, que permiten apreciar las propiedades de servicio continuo, especialmente bajo esfuerzo mecánico. Estas puertas llevan un máximo de cuatro años montadas en varios laboratorios, almacenes y locales de fabricación, en parte bajo condiciones extremas. Merecen especial atención las 5 puertas que separan un puesto de medición del local de fabricación. Estas puertas están provistas de un cierre automático y son accionadas un promedio de 400-600 veces en 24 horas, como ha sido comprobado mediante un contador acoplado. Al cabo de dos años y medio, representa medio millón de accionamientos de abrir y cerrar. A pesar de ello, la hoja, los pernios y los dispositivos de cierre están en buen estado.

De ello se puede deducir que no todas las características de las puertas cortafuego pueden ser apreciadas mediante ensayos de exposición al fuego, especialmente cuando se trata de su comportamiento en servicio continuo. Aparte de las testificaciones de los institutos oficiales de ensayo de materiales acerca del comportamiento al fuego de las puertas, la utilización de éstas se encuentra por lo tanto supeditada a un permiso general por parte de la máxima autoridad inspectora de la construcción en cada país.

De acuerdo con la notificación del Ministerio de Finanzas y Reconstrucción de Renania-Palatinado, en Maguncia, la puerta cortafuego de BASF, T 30 tipo 1 está autorizada para ser utilizada en la construcción, de modo general, en toda la República Federal Alemana, incluido Berlín-Oeste.

5.2. Otras construcciones sandwich con madera.

En innumerables ensayos de incendio pudo comprobarse que

entre dos placas de viruta aglomerada de aprox. 22 mm es suficiente una placa ignífuga como capa intermedia para sobrepasar el tiempo de resistencia al fuego de 60 minutos. Si se colocan dos placas ignífugas entre tres capas de viruta aglomerada, puede retardarse la penetración del fuego y un inadmisiblemente calentamiento en más de 90 minutos.

Aparte de las superficies, deben comprobarse en determinados casos, construcciones, incluso juntas, esquinas y conexiones, en experimentos de gran incendio.

5.2.1. Estudios acerca de tabiques ligeros y revestimientos.

Es conocido que las placas de viruta aglomerada, que de por sí ya ofrecen un considerable efecto protector contra el fuego, muestran una tendencia a la deformación en caso de estar expuestas a la llama, de forma no protegida. Ello da lugar a puntos críticos en las juntas a tope, que adicionalmente sufren debilitamiento por contracción de los cantos de las placas de esta construcción.

La fig. 1 representa la ensambladura de dos placas mediante lambetas de material de placa ignífuga. Para aumentar su resistencia y para facilitar su encolado, las placas ignífugas fueron recubiertas con chapas o con tableros de fibras. Esta medida prolonga el camino a recorrer por el fuego hasta llegar a la superficie no expuesta a la llama, de tal forma que la junta ya no constituye el eslabón más débil de la cadena, sino que el fuego penetra antes a través de la superficie.

En caso de incendio, las cantoneras con placas ignífugas dispuestas en forma perpendicular a la superficie de la pared, cierran las juntas más o menos grandes debidas al montaje, hacia los puntos de unión. Evidentemente, estas juntas son espe-

cialmente difíciles de dominar cuando están situadas hacia el techo, ya que el elemento de construcción puede ceder hacia abajo y puesto que en el ensayo y debido al calor ascendente, el fuego actúa con la mayor intensidad sobre los cantos superiores.

El estudio aquí descrito es un solo ejemplo que fue elegido a título de ilustración, de entre toda una gama de posibilidades constructivas.

5.2.2. Muebles, recipientes y contenedores para la protección de su contenido.

Las organizaciones, administraciones y centros de documentación se interesan cada vez más por soluciones sencillas y efectivas para proteger contra el fuego documentos valiosos y portadores de información, por ejemplo escrituras, cintas magnéticas, tarjetas perforadas o películas.

Los métodos hasta ahora utilizados, necesitarán las siguientes mejoras:

1) Disminución del peso del sistema de protección, por ejemplo para facilitar el transporte o rebajar la carga estática de las piezas portantes del edificio.

2) Disminución considerable, respecto a los sistemas de protección convencionales, de la temperatura y de la formación del vapor de agua (60° C) en el interior de los mismos durante y después del incendio.

La fig. 2 representa la curva de la temperatura en dos puntos de control de un mueble de madera durante un nuevo ensayo de exposición al fuego (Fig. 3 y 4). En este ensayo, las placas sandwich de madera, con placas ignífugas como placas intermedias, disminuyen la temperatura del recinto expuesto al fuego, de 800-900° C hasta aprox. 100-200° C, mientras una capa interior adicional de una espuma resistente al calor reduce nuevamente esta temperatura. Según la disposición de las distintas

capas, el efecto protector del mueble para con su contenido puede ser prolongado hasta alcanzar más de una hora.

Medidas adecuadas y análogas permiten también la protección de obras de arte irreemplazables, de valor histórico.

Asimismo existen propuestas para la disminución del riesgo de incendio en el almacenamiento y el transporte de productos, entre otros, los líquidos inflamables; propuestas que solamente deben ser adaptadas a las correspondientes realidades técnicas de cada caso.

5.2.3. Revestimiento de soportes, vigas y jácenas.

Puesto que la función estática de los soportes, las vigas y jácenas es siempre importante, las medidas de prevención contra incendios son de vital importancia.

Uno de los métodos más utilizados hasta ahora para la protección contra el fuego de tales elementos de construcción, era el revestimiento con materiales a base de minerales, en un espesor suficiente para aislarlos contra el calor.

De ser requerido un montaje fácil y una elevada resistencia al choque, es recomendable un revestimiento con elementos sandwich a base de placas de virutas aglomeradas y placas ignífugas. Las esquinas del revestimiento están protegidas por medio de cantoneras de chapa de acero.

Además de la posibilidad de alcanzar un prolongado tiempo de resistencia al fuego, mediante el correspondiente número de capas intermedias de placas ignífugas, los huecos de los perfiles de los soportes de acero pueden también servir para la instalación de cables y otras conducciones que, de este modo, quedan protegidos del fuego y de fácil acceso.

6.—ACRISTALADO RESISTENTE AL FUEGO

Considerando el acristalado

como un elemento de construcción, según las definiciones de la Norma DIN 4102, Hoja 2, se aprecia enseguida que no se puede realizar un cerramiento interior con resistencia al fuego clasificable, como corresponde a las exigencias de las paredes, empleando materiales incombustibles. Es conocido que el vidrio corriente salta en pedazos ya en los primeros minutos de su exposición a la llama. El vidrio armado impide la penetración del fuego, pero no la del calor y la radiación. Por consiguiente, los materiales combustibles que se encuentren cerca pueden ser inflamados por radiación. Por tanto en muchos casos no es posible impedir la extensión del fuego con suficiente seguridad.

Sin embargo, las placas compuestas de vidrio con capas intermedias de silicato sódico hidratado y tela metálica, cumplen con todas las exigencias de la norma, incluido el aislamiento térmico. Un tiempo de resistencia al fuego de 30 minutos es conseguido con una capa de aprox. 3 mm de espesor, colocada entre dos placas de vidrio de 3 mm de espesor; al mismo tiempo el aumento de la temperatura en la superficie no expuesta a la llama no es superior a 140 grados. La combinación de dos de estos vidrios de tres capas con un «colchón de aire» de 10 mm entre ambos, permite alcanzar más de 60 minutos de resistencia al fuego; en este caso un aumento de la temperatura a 300-350° C no se produce hasta transcurridos 100 minutos del ensayo de exposición al fuego.

Para algunas aplicaciones, como por ejemplo acristalado en puertas cortafuego, paredes de armarios y paredes divisorias de madera, se dispone ya de soluciones constructivas para la fijación de los vidrios compuestos. Según la construcción, los vidrios compuestos permiten la propagación rectilínea de la luz o bien la difusión de ésta.