

ESTADO DEL ARTE EN LA IGNIFUGACIÓN DE TEJIDOS.

Joaquim Detrell *) y Susana del Val **)

0.1 Resumen.

Se realiza una reflexión sobre el estado actual de la técnica en el acabado ignifugo de tejidos, no tan sólo desde la perspectiva de la inflamabilidad, sino desde el concepto global de "Comportamiento al Fuego", que engloba tanto la reacción al fuego y frente a las diversas formas de propagación del calor, como la cuantificación de la adversidad de las atmósferas de combustión, exponiéndose una valoración objetiva de la eficacia de los productos comerciales que están a disposición del técnico acabador, en base a resultados que resumen estudios realizados por los autores, en los últimos años.

0.2 Summary. *STATE OF THE ART IN THE FABRIC IGNIFUGATION.*

A revision of the present situation of the techniques used in the finishing of fire-proof fabrics is made. The behaviour with the fire - including the reaction fire and the various forms of the heat propagation - and the quantification of the adversity of the combustion atmospheres is considered. An objective assesment of the efficiency of the commercial products available in the market is given; this evaluation is based on the results of a long experience of the authors on this matter.

0.3 Résumé. *ETAT DE L'ART DANS L'IGNIFUGATION DES TISSUS*

On réalise une réflexion sur l'état actuel de la technique dans le finissage ignifuge de tissus, non seulement de la perspective de l'inflammabilité, mais aussi à partir du concept global de Comportement au Feu, qui comprend la réaction au feu et aussi face aux diverses formes de propagation de la chaleur, aussi bien que la mesure de l'adversité des atmosphères de combustion; on expose une évaluation objective de l'efficacité des produits commerciaux qui sont à la disposition du technicien finisseur, en base à des résultats qui résument des études réalisées par l'auteur, et ses collaborateurs, dans les dernières années.

*) Dr. Ing. Joaquim Detrell Casellas. Catedrático de Universidad de Ingeniería Textil en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Terrassa, y jefe del Laboratorio de "Tejidos de Punto y Especiales" de este Instituto.

***) D^a Susana del Val. Licenciada en Química. Centro de Investigaciones Textiles del INTI. Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

La praxis del acabado ignífugo es, de por sí, problemática. La aportación de la característica ignífuga es, en general, en detrimento de otras prestaciones del tejido; ello, a diferencia de otros acabados más frecuentes, requiere una experimentación previa amplia y, por otra parte, la adecuada selección del producto ignifugante está estrechamente ligada a las características de la normativa a cumplir, de tal manera que el comportamiento de un tejido con acabado ignífugo puede ser válido para una determinada solicitud requerida por la legislación de un país, y no aceptable para otro. Tal complejidad de factores hace que el industrial acabador tenga una cierta aprehensión hacia la impartición de esta característica de comportamiento de los tejidos.

No obstante, la creciente exigencia de los consumidores y, especialmente, la progresiva aparición de normativas que obligan a un determinado comportamiento al fuego de los tejidos, ha acrecentado el mercado de los tejidos ignifugados, de tal manera que en USA el consumo de productos ignifugantes en 1990 supera las 300.000 toneladas y en Europa las 200.000. Asimismo, el consumo de tejidos para protección contra el fuego se estima, en USA, en unos 18 millones de metros cuadrados, de los que un 60% es algodón ignifugado: en Europa occidental el consumo de textiles para prendas de protección contra el fuego es de una magnitud análoga, con un predominio de algodón y lana con tratamiento ignífugo, y una espectacular tasa de crecimiento anual del consumo (1).

2. PARTE TEORICA

2.1 Comportamiento al fuego de las materias textiles

No es la inflamabilidad, la única característica que debe ser considerada para establecer satisfactoriamente el comportamiento al fuego, o más correctamente de comportamiento al calor y las llamas, de los materiales textiles; otras prestaciones más generales de tipo físico o físico-químico y, especialmente, de comportamiento frente a las normas de propagación del calor, deben ser también tenidas en cuenta junto a características de comportamiento habituales, tales como la resistencia a la rotura por tracción, a la abrasión, la hidrofiliidad, la propensión a la electricidad estática, etc. (2).

Supuesto que aquéllas son adecuadas, desde la perspectiva del comportamiento a la llama y al calor, y de su viabilidad, ésta se puede manifestar en múltiples acepciones: estabilidad a altas temperaturas sin encogimiento, resistencia y flexibilidad a altas temperaturas, confortabilidad si se llevan en contacto con

la piel, disponibilidad en una variedad de colores, procesabilidad con la maquinaria textil usual y coste razonable, entre otras (3).

Por el contrario, tales materias no deben ser inflamables o contribuir a la combustión, termofusibles, generadoras de humo o gases tóxicos en su eventual descomposición térmica, rápidas conductoras del calor, fácilmente degradables al uso por exposición a UV o a agentes químicos, intrínsecamente dañinas, etc. (4)

Es decir, no existe un único factor que caracterice satisfactoriamente el comportamiento frente al calor y las llamas de las fibras. Las fibras no combustibles son a menudo inadecuadas por sus otras características, como el caso del amianto, o bien aunque técnicamente apropiadas, extremadamente caras, como algunas fibras sintéticas de reciente aparición; por contra, otras fibras más baratas y resistentes a la ignición no protegen contra el calor radiante (5).

Todo ello va ligado a las exigencias de comportamiento al fuego de los materiales textiles que, en función de su utilización, cabe distinguir entre dos grandes sectores:

- El de los textiles para decoración e interiorismo empleados en locales de pública concurrencia (cines, bares, discotecas, teatros, hospitales, escuelas, hoteles, etc.) o en medios de transporte público aéreo, terrestre o marítimo, en forma de moquetas, alfombras, cortinas, tapicerías, revestimientos murales, etc., o el de tales materiales empleados en uso doméstico en países con legislación sobre los mismos.

- El sector de prendas de protección contra el calor y las llamas, que afecta no sólo al personal de los Cuerpos de Extinción de Incendios, sino a los obreros de los sectores metalúrgico, cerámica, vidrio, aluminio, etc., ejército y cuerpos para-militares, trabajadores de refinерías, pilotos de carreras, etc. y determinadas prendas de uso ordinario en países con legislación sobre el tema (6).

Dado el gran número de fibras disponibles, la realización de una selección objetiva es problemática. Es, sin embargo, notorio que la fibra ideal no parece estar disponible todavía, y por tanto las discusiones sobre la mejor solución de compromiso siguen abiertas; en cualquier caso, frente a la continua aparición de nuevas fibras sintéticas con elevadas prestaciones térmicas las fibras convencionales, especialmente las naturales - celulósicas y proteicas -, mantienen aún un amplio

campo de posibilidades de utilización en función de la gama de tratamientos de acabado ignífugo disponibles para mejorar su comportamiento frente al calor y las llamas, y de sus habituales "características textiles", especialmente las vinculadas al confort, que son específicas de este tipo de fibras y que, en general, no son aportadas por las fibras "termo-resistentes" (7).

2.2 Ignifugación de las fibras convencionales

Desde esta perspectiva, la opción de aplicar un acabado ignífugo a las fibras convencionales sigue siendo no sólo válida, sino técnicamente interesante (8). En la conjunción de la obtención de una adecuada respuesta de reacción al fuego con un mínimo de alteración de sus características habituales, y a un precio razonable, se apoya la validez de los tratamientos ignífugos, cuyas posibilidades de aplicación son las siguientes (9):

2.21 Tejidos de algodón y viscosa

Como posibilidades comerciales de aplicación de acabados ignífugos permanentes a tejidos de fibras celulósicas (algodón y viscosa), cabe destacar, básicamente, las siguientes:

- *Pirovatex CP (Ciba-Geigy)*

Compuesto N-metilol dimetil de fosfopropianamida, reactivo con la celulosa. Actúa en la fase sólida provocando la deshidratación de la celulosa y conduciéndola rápidamente a estado carbonoso, por lo que limita la generación de compuestos volátiles inflamables. Se aplica por impregnación en medio ácido, seguida de secado, condensación y lavado.

- *Proban (Albright & Wilson)*

Es un precondensado de THPC (Cloruro de tetrakis hidroximetil fosfonio), reactivo con la celulosa. Actúa también en la fase sólida generando, al igual que el anterior, ácido polifosfórico que actúa de catalizador de deshidratación de la celulosa. Se aplica por impregnación, precisando un tratamiento con amoníaco gaseoso para completar su fijación.

- *Caliban FR P-44 (White Chemical Co.)*

Basado en un compuesto aromático bromado en dispersión acuosa con trióxido de antimonio, precisa la adición de un ligante para dar permanencia al tratamiento. Actúa en la fase gaseosa liberando radicales libres de bromo que reaccionan con los radicales hidroxilo y hidrógeno presentes en el entorno de la combustión, formando gases incombustibles que la detiene por asfixia. Se aplica por impregnación o recubrimiento.

2.22 Tejidos de lana

- *Zirpro (Puesto a punto por el IWS)*

Compuestos de titanio o circonio que forman un complejo con fijación sólida en el interior de la fibra, y que por acción del calor tienden a hidrolizarse, actuando en la fase sólida con formación de un residuo carbonoso intumesciente que ejerce como aislante térmico y evita la propagación de la llama. Pueden aplicarse después de la tintura o simultáneamente en aquella, en floca, hilo o pieza de tejido.

2.23 Tejidos de fibras sintéticas.

- *Caliban FR P-44*

Sus características se han comentado anteriormente.

- *Amgard CU (Albright & Wilson)*

Compuesto órgano-fosforado que se aplica por fulardado, secado y condensado, con un porcentaje de fijación que no supera el 1,5%, por las características hidrofóbicas de la fibra.

2.24 Mezclas de fibras.

- *Caliban FR P-44 (Algodón / Poliéster)*

De características y forma de aplicación ya comentadas.

De entre todas las posibilidades de ignifugación existentes (10), con mayor o menor grado de permanencia del acabado, cabe señalar que consideramos sólo interesantes las que aportan la característica ignífuga permanente al algodón o a la lana (Proban, Pirovatex y Caliban o Zirpro, respectivamente) o a una mezcla de

naturales con sintéticas (Caliban), toda vez que con independencia de su efectividad, la ignifugación de fibras sintéticas, y aún de la celulosa reprocesada, no nos merece atención existiendo ya en el mercado una amplia variedad de fibras de esta naturaleza con carácter ignífugo *per se* o incorporado en masa (11).

3. PLAN EXPERIMENTAL

3.1 Características de los textiles utilizados.

Los materiales textiles empleados, se referencian tal como se indica:

- A: Tejido de algodón 100%; sarga de 300 g/m² para ropa de trabajo.
- B: Tejido de algodón 100%; sarga de 204 g/m² para ropa de trabajo.
- C: Tejido de algodón 100%; tafetán de 147 g/m² para ropa de trabajo.
- D: Tejido de poliéster / lino / Viscosa; tafetán de 214 g/m² para cortinas.
- E: Tejido de poliéster (urdimbre) / Algodón (trama); tafetán de 102 g/m² para cortinas.
- F: Tejido de lana 100%; sarga de 290 g/m² para ropa de trabajo.
- G: Tejido de lana 100%; jacquard de 470 g/m² para tapicería.
- H: Tejido de lana 100%; jacquard de 560 g/m² para tapicería.
- I: Moqueta de tipo Bruselas de lana 100% en el pelo y basamento de poli-propileno, de 1.569 g/m² totales y 756 g/ m² de pelo.
- J: Moqueta de tipo Wilton de lana 100% en los bucles y basamento de poli-propileno, de 2.598 g/m² totales y 2.024 g/ m² de pelo.

3.2 Calidad del Ignifugado

La calidad del acabado ignífugo cabe considerarla desde tres puntos de vista: el comportamiento del tejido frente al calor y las llamas o respuesta propia del tratamiento, la solidez o permanencia de este acabado frente a las operaciones de conservación y uso del tejido, y el mantenimiento, dentro de unos límites razonables, de características del tejido (12).

3.21 Comportamiento al fuego.

Los métodos de ensayo utilizados son:

- Reacción al Fuego: UNE 23.727 y complementarias o FTMS 5903

- Transmisión del calor por

Convección:	ASTM D 1374
Radición:	BS 6492
Conducción:	ISO 9185

- Adversidad de las atmósferas

Opacidad de humos: ASTM E 662
Toxicidad de gases: AIRBUS 100.0001

3.22 Permanencia del efecto ignífugo.

La evaluación de la fiabilidad de los tratamientos ignífugos, en cuanto al mantenimiento de tal característica, supone la exigencia de realizar ensayos de envejecimiento acelerado que reproduzcan las agresiones normales que en el uso habitual puede sufrir el material en cuestión y que pueden conducir, en algunos casos, a la disminución, o incluso, pérdida del efecto ignífugo, ya que el producto adicionado puede ser eliminado por arrastre en el lavado, aspiración o barrido, o puede ser alterado por deposición de productos como grasas e, incluso, desactivado por reacciones químicas, como en el caso de las aguas calcáreas sobre determinados fosfatos. En los resultados que se exponen, en cada caso, los materiales ensayados han sido sometidos previamente a envejecimientos acelerados adecuados al uso final del artículo, según las estipulaciones de la NF 92-512.

3.23 Mantenimiento del carácter "textil"

El mantenimiento del carácter textil se considera desde la perspectiva de la conservación, dentro de unos límites aceptables, de los valores habituales de los parámetros que caracterizan a tales materiales, sean de tipo estructural (peso por metro cuadrado, color, etc.) o de comportamiento mecánico (resistencia a la tracción, abrasión, etc.), de uso y conservación (cayente, suavidad, solidez del color, permeabilidad al aire, hidrofiliadad, etc.); en función del uso final del tejido, indumentaria o textil para el hogar, se han aplicado unos u otros criterios de valoración en los resultados que se exponen.

4. RESULTADOS

Se resumen los resultados de diversos estudios sistemáticos realizados en instalaciones industriales para la comparación de posibles tratamientos de acabado ignífugo aplicables a un mismo tejido, o en instalaciones piloto para la optimización de formulaciones de acabado en diferentes artículos textiles para decoración e interiorismo, o prendas de protección.

4.1 Ensayos de inflamabilidad en fibras celulósicas

4.1.1 Comparación del tejido A con Pirovatex, Galibán o Probán

Los resultados expuestos en las tablas 1.1 y 1.2 corresponden a los obtenidos en tejidos aprestados con las respectivas formulaciones optimizadas mediante el análisis de resultados de planes factoriales de dos y tres variables, en un estudio industrial de acabado ignífugo de ropa de trabajo para el sector metalúrgico (13).

Tabla 1.1
Reacción al Fuego (según UNE 23.723); mínimo exigido: M. 1

	Pirovatex	Calibán	Probán
Duración de la inflamación (s)	3,5	4,2	3,2
Caida de gotas inflamadas	no	no	no
Caida de gotas no inflamadas	no	no	no
Puntos de ignición persistentes	no	no	no
Perforación de la probeta antes de 20 s.	no	no	no
Longitud carbonizada (cm)	18	21	16
Calificación de Reacción al Fuego	M.1	M.1	M.1

Tabla 1.2
Otras características de comportamiento

	Pirovatex	Calibán	Probán
Aumento de peso (%)	5,4	21	4
Aumento de rigidez (%)	30	72	8
Variación de resistencia a tracción (%)	- 13,2	+ 4,6	- 16,6
Solidez a la luz (variación)	- 1	- 1	=
Solidez al frote: seco	- 1,5	- 1,5	=
húmedo	- 1	- 1	=
Cambio color (variación de ΔE)	1,6	7,1	1,4

Tabla 3.1
Reacción al Fuego (según UNE 23.723); mínimo exigido: M.2

Duración de la inflamación (s)	25
Caída de gotas inflamadas	no
Caída de gotas no inflamadas	no
Puntos de ignición	no
Perforación de la probeta antes de 20 s.	no
Longitud carbonizada (cm)	18
Clasificación de Reacción al Fuego:	M.2

4.22 Tejidos G y H con Zirpro

Los resultados expuestos en las Tablas 4.1 y 4.2 corresponden a los valores óptimos del estudio de un proceso industrial de acabado ignífugo de tapicerías de estambre para un medio de transporte público (16).

Tabla 4.1
Reacción al Fuego (según UNE 23.723); mínimo exigido: M.2

	G	H
Duración de la inflamación (s)	34,5	28
Caída de gotas inflamadas	no	no
Caída de gotas no inflamadas	no	no
Puntos de ignición	no	no
Perforación de la probeta antes de 20 s.	no	no
Longitud carbonizada (cm)	25	16,5
Clasificación de Reacción al Fuego:	M.2	M.2

Tabla 4.2
Otras características de comportamiento

	G	H
Aumento de peso (%)	6	7
Resistencia a la abrasión (ciclos)	68	171
Resistencia a la tracción (kgf) (urdimbre)	107	53
Resistencia al estallido (Kgf/cm ²)	21	15
Solidez del color a la luz (Degradación)	5-6	4
Solidez del color al frote (descarga) seco	4	5
Solidez del color al lavado seco (Degrad.) (Descarg.)	5 4-5	4-5 5

4.23 Tejidos I y J con Zirpro

Los resultados indicados en las Tablas 5.1 y 5.2 corresponden a los óptimos del estudio de un proceso industrial de acabado ignífugo de moquetas para medios de transporte ferroviario (17).

Tabla 5.1

Reacción al Fuego (según UNE 23.721); mínimo exigido: M.2

	I	J
Indice de inflamabilidad	0,17	0,13
Indice de desarrollo de llamas	0,53	0,49
Indice de longitud máxima de llamas	0,83	0,75
Indice de combustibilidad	0,26	0,42
Calificación de Reacción al Fuego:	M.2	M.2

Tabla 5.2

Otras características de comportamiento

	I	J
Resistencia al arranque de pelo (g)	927	775
Resistencia al uso (100 horas):		
(Desmejoramiento)	3	3
(Pérdida de peso) (g/m ²)	43,7	22,7
(Pérdida espesor) (mm)	1,5	1,2
Solidez color a la luz (degradación)	5	5
Solidez color al frote: seco (descarga)	4	4-5
Solidez color al agua (descarga)	5	5
Solidez color a disolventes: degradación	5	4-5
descarga	3-4	5

4.3 Ensayos de inflamabilidad en mezclas de fibras

Los resultados que se indican en las Tablas 6.1 y 6.2 corresponden a las formulaciones óptimas obtenidas en un estudio comparativo de laboratorio sobre los tejidos D y E para cortinas, acabados con Caliban y Amgard CU (13 - 14).

Tabla 6.1

Reacción al Fuego (según UNE 23.721); mínimo exigido: M. 1

	Calibán		Amgard	
	D	E	D	E
Duración de la inflamación (s)	3	9	32	36
Caída de gotas inflamadas	no	no	no	no
Caída de gotas no inflamadas	no	no	no	no
Puntos de ignición	no	no	no	no
Perforación de la probeta antes de 20 s.	no	no	no	no
Longitud carbonizada (cm)	21	32	60	60
Calificación de Reacción al Fuego:	M.1	M.2	M.3	M.3

Tabla 7.2

Tejido	Umbral de ampollas (segundos)	
	Llama (80 Kw/m ²)	Contacto a 400°C
Nomex III (265 g/m ²)	6,8	1,6
Karvin (275 g/m ²)	7,3	1,4
Tejido A (Pirovatex)	5,8	1,6
Tejido F (Pirovatex)	6,2	2,1

Con respecto a la transmisión de calor de aluminio fundido a 730° C para dañar la piel, expresado en gramos de aluminio necesarios, el comportamiento de los materiales ensayados, que se indica en la Tabla 7.3, es diferente u opuesto al indicado en las dos tablas anteriores.

Tabla 7.3

Tejido	Peso de aluminio (gramos)
Nomex III (265 g/m ²)	8
Karvin (275 g/m ²)	12
Tejido A (Pirovatex)	26
Tejido F (Pirovatex)	112

4.5 Contribución a la adversidad de las atmósferas

Es notorio que en los tejidos para prendas de protección, la cuantificación de la adversidad de las atmósferas de su eventual degradación térmica y combustión no es un parámetro característico, mientras que en los textiles para el hogar (tapicerías, moquetas, cortinas, etc.) tiene una gran importancia.

Se ha determinado, por tanto, la opacidad de los humos y la toxicidad de los gases emitidos en el ensayo ASTM E 662 de los tejidos D, E, G, H e I, y comparando los resultados con las especificaciones Airbus ATS 1000.001, obteniéndose los resultados que se indican en las Tablas 8.1 8.2 para los ensayos con o sin llama iniciadora para la opacidad de los humos, y para la composición de los gases tóxicos emitidos (19).

Tabla 8.1
Opacidad de humos. Ensayo según ASTM E 662.

Tejido	Densidad óptica a los 90 s.		
	Con llama	Sin llama	Límite Airbus
D (sin tratar)	9	72	100
D (Pirovatex)	17	64	100
E (sin tratar)	56	64	100
E (Caliban)	35	88	100
G (sin tratar)	8	12	100
G (Zirpro)	32	20	100
H (Zirpro)	107	18	100
I (Zirpro)	15	15	100
J (Zirpro)	25	17	100

Tabla 8.2
Toxicidad de los gases. Ensayo según especificaciones Airbus.

Tejido	Concentración de gas a los 90 segundos (ppm)			Límites Airbus a los 90 segundos (ppm)		
	CO	HCN	SO ₂	CO	HCN	SO ₂
D (sin tratar)	5	2	10	3.000	100	50
D (Pirovatex)	120	2	10	3.000	100	50
G (sin tratar)	3	5	12	3.000	100	50
G (Zirpro)	5	7	17	3.000	100	50
H (Zirpro)	5	2	33	3.000	100	50
I (Zirpro)	10	10	33	3.000	100	50
J (Zirpro)	33	15	32	3.000	100	50

4.6 Efecto del lavado doméstico

A modo de ejemplo, en la Tabla 9 se expone un resultado de envejecimiento acelerado del tejido B, acabado con Pirovatex (12, 2% s.p.f.), al que se realizan sucesivos lavados (a 60° C durante 15', seguidos de 2 aclarados, centrifugado y secado) y posterior ensayo de inflamabilidad según el método FTMS 5903 (18).

Tabla 9
Efecto del lavado en la inflamabilidad y del ignifugado en la resistencia a la tracción.

	Tejido sin tratar	Sin lavar	Lavados	
			10	30
INFLAMABILIDAD				
Llamas (s)	-	0	0	0
Incandescencia (s)	-	0	0	0
Longitud carbonizada:				
Urdimbre (cm)	-	11,2	12,2	12,4
Trama (cm)	-	9,7	8,5	12,1
RESISTENCIA TRACCIÓN				
Urdimbre (kg/cm)	31,7	26,35		
Trama (kg/cm)	15,8	13,72		

5. DISCUSIÓN

5.1 Ignifugación de fibras celulósicas

Para el tratamiento de tejidos de fibras celulósicas 100%, los tres productos comerciales más utilizados, Pirovatex, Probán y Calibán aportan una buena respuesta de Reacción al Fuego. Debe significarse, sin embargo, que la calificación del tejido es función del método de ensayo utilizado, de tal manera que un tejido calificado como difícilmente inflamable de acuerdo con una normativa, puede dar otra respuesta muy dispar con otra metodología. En este sentido, la permanencia de zonas con postincandescencia, aunque sin efectos de propagación, en los tejidos tratados con el compuesto halogenado, puede disminuir su calificación en determinados métodos de ensayo. Ello es consecuencia lógica de la forma de actuación de los derivados halogenados. En este sentido, la adición de un pequeño porcentaje de compuesto fosforado en el baño de apresto, elimina tal efecto (14).

Concentraciones de alrededor de los 180 a 200 g/l de producto comercial fosforado, con una impregnación del 85%, aportan la mejor respuesta de Reacción al Fuego, con la mínima alteración posible de las características estructurales y de comportamiento del tejido, mientras que concentraciones conjuntas de 140 g/l de producto halogenado y 75 g/l de producto fosforado ofrecen la mejor respuesta de Reacción al Fuego en el caso de ignifugación mediante compuestos halogenados. Las menores alteraciones de las características del tejido (rigidez y pérdidas de resistencia a la tracción) en cuanto al tratamiento con compuestos fosforados, que son algo elevadas en el tratamiento con Pirovatex, se obtienen en el acabado Probán, con pérdidas de resistencia a la tracción aceptables y ligeras variaciones del color y sus solideces, mientras que el acabado con Calibán supone la mayor alteración de las características estructurales del tejido (peso por metro cuadrado y cambio de color); ello es debido a la necesidad de adición de un ligante y a la presencia de óxido de antimonio (13 - 14).

En relación al comportamiento frente a la transmisión del calor por convección, radiación y conducción, debe señalarse que tanto el algodón ignifugado con compuestos fosforados y la lana tratada con Zirpro, ofrecen respuestas más débiles que tejidos análogos elaborados con fibras termoresistentes; sin embargo, respecto a las salpicaduras de metal fundido, la lana ignifugada aporta un comportamiento muy superior (15).

Respecto a la adversidad de la atmósfera creada por la eventual descomposición térmica y combustión de un tejido celulósico ignifugado, debe significarse que, si bien la densidad óptica específica es mayor y se produce un ligero aumento de los porcentajes de gases tóxicos, ambos parámetros se mueven dentro de los límites admitidos en algunas de las especificaciones técnicas

habitualmente utilizadas (17).

5.2 Ignifugación de fibras protelcas

El tratamiento Zirpro satisface, en general, las exigencias de calificación de Reacción al Fuego de los tejidos de lana, aportando un tejido cuyas características de comportamiento satisfacen las necesidades de uso. En el caso de las moquetas, la adecuada selección de un ignífugo adicionado al basamento puede mejorar sensiblemente la calificación del conjunto (18).

Con respecto a la opacidad de los humos y toxicidad de los gases de combustión de los tejidos y moquetas de lana ignifugados con el tratamiento Zirpro, se cumplen las especificaciones establecidas en la normativa empleada para los gases analizados (17) y, en cualquier caso, con respecto a la opacidad de humos, se puede mejorar, si es preciso, su comportamiento mediante el tratamiento Zirpro "Low Smoke" (20).

5.3 Ignifugación de mezclas

Para el tratamiento de mezclas de tejidos celulósicos con poliéster, únicamente el producto Calibán aporta una solución aceptable, si bien deben tenerse en cuenta los aspectos anteriormente citados en cuanto a modificación de las características del tejido, especialmente en su masa laminar, rigidez y alteraciones del color (18).

6. CONCLUSIONES

De la consideración de lo expuesto se concluye que:

6.1 Existen en el mercado múltiples soluciones comerciales para impartir un determinado nivel de ininflamabilidad a las fibras "nobles" (algodón y lana) que pueden ser aplicadas por los sistemas habituales de los tratamientos de ennoblecimiento de tejidos; tales acabados precisan, no obstante, de una adecuada selección del producto ignifugante. De entre las múltiples opciones existentes, únicamente las que garantizan su permanencia durante la vida útil del tejido presentan interés técnico y son competitivas frente a la opción de las fibras termo-resistentes.

6.2 La mínima alteración de las características habituales en las fibras naturales y de sus tratamientos, es una condición técnica indispensable y, la única, que junto con el menor coste, justifica la utilización de textiles ignifugados en lugar de tejidos elaborados con materias ignífugas per se.

6.3 Ello requiere un estudio riguroso y sistemático de la formulación de acabado,

de compatibilidad del ignifugante con otros productos adicionados, optimizando la composición del baño de apresto de tal manera que las variaciones de tacto, pérdidas de resistencia, disminución de solidez, cambio de tono, etc, se minimicen, al tiempo que se optimiza la respuesta de Reacción al Fuego. De una manera general, para los productos utilizados, puede establecerse el cuadro comparativo siguiente:

	ALGODÓN			LANA	ALG. / PES
	Probán	Pirovatex	Calibán	Zirpro	Calibán
REACCIÓN AL FUEGO	+	+	/	+	+
SOLIDEZ AL LAVADO	+	+	+	+	+
Aumento de peso	+	+	0	+	0
Aumento de rigidez	/	0	/	+	0
Permeabilidad al aire	/	/	0	+	0
Carga de rotura	+	/	+	+	+
Solidez del color a la luz	+	/	/	+	/
Solidez del color al frote	+	/	/	/	/
Variación del color	0	0	0	/	0

6.4 En las aplicaciones de los tejidos para determinadas prendas de protección contra el calor y las llamas, las fibras naturales ignifugadas pueden aportar una buena, o incluso mejor, respuesta que algunas fibras termo-resistentes, con la ventaja añadida del mejor confort, debido a su hidrofiliidad.

6.5 En la utilización de tejidos ignifugados como textiles para decoración e interiorismo, tal tratamiento no supone, necesariamente un aumento de la opacidad de los humos y la generación de gases tóxicos, manteniéndose dentro de los límites aceptables en las especificaciones más habituales.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Ingeniera Industrial Dña. Rosa M^a Gardenyes, y a las Ingenieros Técnicos Dña. Conxa Bayó, Dña. Mayte Benito, Dña. María Cot, Dña. Ana Román y Dña. Montserrat Vilajoliu, su colaboración en la obtención de los resultados de los trabajos expuestos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- (1) DETRELL, J., (1991) Textiles para protección contra el fuego. Ponencia. Jornada Técnica sobre Textiles para Protección. INTEXTER/ RENFE. Terrassa, Marzo 1991.

- (2) DETRELL, J., (1988) Reacción al fuego de las materias y artículos textiles. A.E.Q. y C.T. Barcelona, España. 255 páginas.
- (3) HAYBURST, P., (1988) Selection of fabrics for thermal protection. *Workwear for Fire and Heat Protection*. BTTG, Publicaton S.52. Página 11.
- (4) HORROCKS, A.R., (1989) The performance of flame retardant finishes. *Flammability Now. Conference Proceedings*. The Textile Institute. Manchester. Paper nº 6.
- (5) DETRELL, J., (1989) Reacción al fuego de las materias y artículos textiles. *Actas del Seminario*. Universidad de Santiago de Chile, Septiembre 1989.
- (6) DETRELL, J., (1987) Seleçãõ de tecidos para aplicaçoes técnicas. *Actas de la VI Conferência Nacional de Tecnologia Textil*. Rio de Janeiro, Brasil. Ponencia.
- (7) DETRELL, J., (1985) Fire Reaction Problems of Textile Articles Manufactured with Manmade Fibres. *Libro de Ponencias de la International Conference Manmade Textiles in Developing Countries*. Surat, India.
- (8) BETTENS, G., y col., (1979) L'inflammabilité et l'ignifugation des textiles. Tome III. Centexbel. Bruselas, Bélgica. 186 páginas.
- (9) DETRELL, J., (1987) Posibilidades de obtención de tejidos ignífugos. *Actas del II Congreso Nacional de Tecnología Textil*. Buenos Aires, Argentina.
- (10) HOLMES, I., (1989) Review of Chemical Processes for Flamme Retardancy. *Flammability Now. Conference Proceedings*. The Textile Institute, Manchester. Paper nº 5.
- (11) DETRELL, J., (1990) Apuntes del Curso sobre Comportamiento al fuego. *Ensayos y evaluación*. Covilhã, Portugal. Mayo 1990.
- (12) DETRELL, J., (1984) Controle da Qualidade dos Tecidos com Aca-bamentos Anti-Combustão. *Actas del XI Congresso Nacional de Técnicos Texteis*. São Paulo, Brasil. Ponencia.
- (13) DETRELL, J., GARDENYES, M^a R., (1991) Análisis de la acción de ignifugantes fosforados y nitrogenados en fibras celulósicas. *Intexter*.

No publicado.

- (14) DETRELL, J., VILAJOLIU, M., (1990) Contribución al estudio de la ignifugación de materiales celulósicos. Intexter. No publicado.
- (15) DETRELL, J., (1991) Comportamiento al fuego de materiales de decoración e interiorismo. Actas de las Jornadas Musini de Prevención de Riesgos. Oviedo, Junio 1991.
- (16) DETRELL, J., ROMAN, A., (1991) Estudio comparativo del comportamiento al fuego de los materiales según la DT CPI/5A y la Ficha UIC 564-2. Dirección de Protección Civil de Renfe. Mayo 1991. 132 páginas.
- (17) DETRELL, J., BENITO, M., (1991) Estudio de los materiales de decoración e interiorismo desde la perspectiva de la adversidad de las atmósferas de los incendios. (1ª parte). Dirección de Protección Civil de Renfe. Mayo 1991. 184 páginas.
- (18) DETRELL, J., DEL VAL, S., (1991) Estado actual de la tecnología del acabado ignífugo de tejidos. Actas del XII Congreso Latinoamericano de Química Textil. Lima, Perú. Mayo 1991.
- (19) DETRELL, J., BENITO, M., (1990) Metodología del análisis de la adversidad de atmósferas de combustión de materiales textiles. Universidad Politécnica de Cataluña. No publicado.
- (20) VAN HOEYLAND, P., (1989) Flame retardant treatments to reduce smoke and/or toxic gasses. Techtexsil-Symposium 1989. Frankfurt. Paper nº 2.4.

Trabajo recibido en 1991.09.16 - Aceptado en 1991.09.17

JARDI, S.A.

Maquinaria y accesorios textiles
Nuestras representadas:

TEXTIMA

- Plantas completas para hilatura de algodón cardado, algodón peinado, lana cardada y lana peinada.
- Máquinas Ketten tipo Kolett
- Máquinas circulares para punto interior y exterior.
- Tricotosas rectilíneas Diamant.
- Máquinas Liropol para tejidos de rizo.
- Telar multifase de calada ondulante.
- Máquinas auxiliares para la tejeduría (anudadoras de urdimbre, remetedoras, etc.)
- Máquinas para acabados (rames, perchas, tundosas, blanqueo y tintura al ancho.

TEXMER

- Recambios y accesorios textiles.

HOWA

- Máquinas de hilatura para algodón y sus mezclas, y completa automatización de las mismas.

Dirección: Provença, 261-265, 3º

Teléfono: 215. 25. 49

Fax: 215. 81. 40

Telex: 51203 ARDI E

08008 BARCELONA
