



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI



## **MASTER EN INGENIERÍA TEXTIL**

2007-2008

### **TRABAJO FIN DE MASTER**

**Estudio para el tratamiento ignífugo permanente, sólido al lavado de tejidos e hilados de poliéster 100%, para su uso en cortinas en el sector textil-hogar (UNE EN 13.773/2003): alternativas actuales al uso de poliéster “fire retardant” de productora.**

Autor: Fidel Pérez Vañó

Fecha: 3/12/2008  
Directores: Dr. P. Monllor Pérez  
Dra. M.A. Bonet Aracil

# INDICE

1. **Resumen.**
2. **Introducción.**
  - 2.1. La realidad del fuego:
  - 2.2. Evolución del consumo de fibras ignífugas.
  - 2.3. Normativa actual europea.
  - 2.4. Fibra de pes y pes FR.
    - 2.4.1. Pes.
    - 2.4.2. Pes FR.
  - 2.5. Procesos no sólidos a tratamientos húmedos.
  - 2.6. Procesos sólidos a tratamientos húmedos.
3. **Objetivos.**
4. **Experimental.**
  - 4.1. Tejido.
    - 4.1.1. Proceso de TermosoL.
    - 4.1.2. Proceso por agotamiento
  - 4.2. Hilo.
5. **Resultados.**
  - 5.1. Tejido.
    - 5.1.1. Reacción al fuego.
    - 5.1.2. Reproducción de proceso.
    - 5.1.3. Económico.
  - 5.2. Hilo.
    - 5.2.1. Reacción al fuego.
    - 5.2.2. Reproducción de proceso.
    - 5.2.3. Económico.
  - 5.3. Medioambiente.
  - 5.4. Ventajas e inconvenientes.
6. **Conclusiones.**
7. **Líneas futuras.**
8. **Bibliografía.**
9. **Anexos.**

## **1. Resumen.**

El presente estudio intenta demostrar que se puede dotar de características fire retardant (FR) permanentes a un textil en forma de tejido o de hilo de poliéster normal, por medio de tratamientos químico-térmicos, en el proceso de tintura y acabado de los mismos, para una aplicación de cortinas en el sector textil-hogar.

El trabajo desarrolla y actualiza las técnicas, tanto de nuevos compuestos químicos, procesos (termosol y agotamiento), controles de calidad según normativa actual UNE EN 13.773/2003, haciendo un estudio comparativo de costes de producción entre las distintas opciones, y respecto al uso de hilo ignífugo de productora, así como el estudio del impacto medioambiental del uso de los productos utilizados.

## **2. Introducción.**

### **2.1 La realidad del fuego.**

Según datos de la Fire Retardant European Association, en su artículo publicado “La realidad del fuego” (1) en su web, el fuego es la causa más importante de daños materiales y humanos en vivienda. Según las mismas fuentes, en el 2001 en la CEE, los incendios causaron 2905 muertes, 4109 en USA y 2250 en Japón, con un coste para la sociedad entre 0.10-0.28 % de producto interior bruto.

En las casas o edificios modernos, existen muebles tapizados, cortinas, variedad de equipos eléctricos y electrónicos y otros artículos de consumo fabricados con materiales inflamables, que pueden desarrollar rápida y violentamente el fuego, pudiendo alcanzar los 600 °C en apenas 3 minutos.

Según un estudio publicado por el US National Institute for Science and Technology, publicado en el mismo artículo y en Flame retardant safe safety and quality life (2), manifiesta que se ha incrementado la carga de fuego y disminuido drásticamente el tiempo que tienen los teóricos ocupantes de una habitación desde el inicio del fuego hasta el momento tope de abandono (“sape time”: 17 minutos en 1975 y 3 minutos en 2004), por el aumento del consumo de productos inflamables en las viviendas, con el consecuente peligro en el caso de un incendio. Todo ello conduce a las autoridades a implantar normativas que intenten minimizar el riesgo, a la búsqueda de alternativas de productos que realizando la misma función para los cuales los mismos hayan sido diseñados, al mismo tiempo no propaguen el fuego en caso de incendio, y que sus características FR no cambien por el uso, manipulación u operaciones de mantenimiento de los productos.

Hace más de 10 años, Gran Bretaña introdujo unas estrictas normas para las aplicaciones textiles domésticas respecto a la retardancia a la llama. Desde entonces dicho país presenta estadísticamente una disminución considerable de víctimas

humanas y personas gravemente heridas, debido a incendios domésticos. ((3) Revista química textil nº167 2004. Concepto de retardante de llama ecológico).

## 2.2 Evolución del consumo de fibras ignífugas.

El hombre ha demostrado desde la antigüedad interés por disminuir la inflamabilidad de los materiales. Ya los romanos usaban arcilla y vinagre para incombustionalizar la madera. En el siglo XVII se usaba yeso y arcilla para ignifugar textiles. Y al siglo siguiente ya se empezó a utilizar alumbre, bórax, e incluso fosfato amónico. A principios del siglo XX ya se emplean con éxito los primeros ignífugos permanentes, basados en compuestos inorgánicos de antimonio y titanio. (4) Curso sobre reacción al fuego de las materias y artículos textiles 1988. Detrell).

Actualmente mediante tratamientos químicos adecuados, se puede modificar el comportamiento a la llama y al calor de las fibras convencionales, y en particular del poliéster. Para conseguir un efecto de retardo de la acción de la llama en las fibras, el ciclo de combustión debe interrumpirse en una o más de sus 3 etapas. (5) Revista química textil nº169 2004. Fundamentos para la innovación de materiales textiles ignífugos. Pey, Monllor, Rodriguez, Canal.

- ✓ Etapa 1 (pirólisis): Absorción de calor por la fibra, tras la aplicación de una fuente de calor (fase sólida).
- ✓ Etapa 2 (combustión): Reacción exotérmica en fase gaseosa, por la oxidación de los compuestos volátiles de la fibra recalentada en medio oxidante (oxígeno atmosférico).
- ✓ Etapa 3 (propagación): Es la continuación de las fases anteriores, que hace que el ciclo continúe hasta que se consuma la fibra o el oxígeno se agote.

Por lo tanto los mecanismos generales de acción ignífuga pueden ser:

- ✓ Eliminación del calor o enfriamiento.
- ✓ Disminución de la temperatura de pirólisis.
- ✓ Por materias que por descomposición térmica den gases incombustibles que diluyan la concentración de oxígeno.
- ✓ Mediante la fusión por la acción del calor de sales metálicas que recubren el material de una masa impermeable al aire y que se opone a la penetración del oxígeno, a la vez que absorbe energía radiante.

En muchos casos los productos utilizados no funcionan desde un único tipo de mecanismo, sino desde la unión de varios.

Según un estudio publicado por Aitex, en el que se resume el nº de patentes presentadas por los departamentos de investigación y desarrollo de empresas generalmente fabricantes de productos químicos para el tratamiento ignífugo de tejidos (6) Patentes mundiales tratamiento ignífugo tejidos. Aitex 200). Demuestra el fuerte incremento de las mismas en el periodo de 1988-1999, lo cual siempre indica el grado de innovación en el sector durante ese periodo, y del mismo modo, dicha innovación, debe incidir sobre la producción industrial en los años posteriores.

Aunque la exigencia del uso de tejidos ignífugos en locales públicos (no domésticos) ha estado teóricamente implantada y normalizada desde hace bastantes años en España y el resto de la CEE, es de hace muy pocos que la responsabilidad de los propios instaladores y sobre todo los requerimientos de la propia Administración, ha hecho que el cumplimiento de la normativa al respecto, sea premisa imprescindible para la instalación de tejidos en dichos sitios. Todo esto, junto con el gran incremento de locales públicos (estatales y privados) para el ocio y servicio del ciudadano, ha hecho que el consumo de hilados y tejidos ignífugos haya aumentado para ese tipo de aplicaciones.

Al mismo tiempo, ha mejorado mucho la técnica de fabricación de hilos sintéticos en general y del poliéster FR en particular, a nivel de obtener tactos y prestaciones, que difieren mucho de los clásicos tactos plásticos característicos de este tipo de fibras, por lo que han ampliado su cota de mercado, tanto desde el punto de vista de efectividad de retardancia a la llama, aspecto y tacto, a si como desde el medioambiental.

Actualmente las fibras de poliéster son una de las de más consumo en el sector del textil hogar, por su relación calidad precio. Del mismo modo, el poliéster FR es dentro de este sector, la fibra ignífuga más comúnmente utilizada.

Por otra parte, y dentro del mercado europeo, el inglés es de los que más ha evolucionado en el aspecto del uso de tejidos FR para textil hogar, tanto para el uso en sitios públicos, como en privados. Posiblemente esta experiencia positiva en este país, haga que la CEE en el futuro pueda ampliar las normativas al respecto al ámbito doméstico, con lo cual las posibilidades del uso de tejidos FR, bien sea en su versión hilos FR o acabados FR se podrán ampliar enormemente.

### **2.3 Normativa actual europea.**

La Directiva Europea 89/106/CEE sobre productos de construcción permite el libre comercio en Europa a aquellos productos que con el marcado CE, demuestren la idoneidad para su uso, tras haber sido sometidos a unos controles y ensayos que certifican los requisitos mínimos de seguridad en la utilización de estos y una base común de aceptación entre países de la Unión Europea.

Para el cumplimiento de las exigencias mínimas de seguridad contra el fuego de esta Directiva, cada país de la Unión Europea ha cambiado tanto sus normas como su sistema de clasificación nacional de Reacción al Fuego de Materiales de Construcción, por las nuevas clasificaciones europeas, también llamadas Euroclases, para el cumplimiento de dicha Directiva.

Esta Directiva es aplicable a los productos de construcción, entendiéndose como tales los productos destinados a incorporarse permanentemente a las obras de construcción, por lo que los materiales textiles que se incluyen en esta directiva son los utilizados como aislamientos térmicos, acústicos, de recubrimiento de suelos, revestimiento de paredes o techos, etc.

Sin embargo esta Directiva no incluye los materiales textiles de interiorismo y decoración, como cortinajes, tapicerías, etc., y debido a que no existe ninguna Directiva

Comunitaria que armonice las distintas legislaciones en relación a estos materiales, cada país de momento es libre de elegir las diferentes normas de evaluación de la reacción al fuego de estos materiales, no considerados como de construcción.

Por lo tanto cada país de la Unión Europea tiene la libertad de seguir utilizando su antigua normativa nacional, o puede elegir utilizar normas de rango europeo (EN) de comportamiento al fuego publicadas por CEN (Comité Europeo de Normalización), que aunque no sean de momento de carácter obligatorio para los países miembros, ya que no existe una Directiva vinculante, pueden sustituir a las antiguas nacionales y ser utilizadas para una futura unificación de la evaluación de dichos materiales.

El Gobierno español ha tomado esta segunda opción, con la confianza de conseguir teóricamente el acercamiento al máximo número de países posibles, y por ello en el Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo (7), se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y resistencia frente al fuego, publicado en fecha 2 de abril de 2005, e incorpora los cambios del comportamiento al fuego de elementos suspendidos tales como cortinas, telones, pantallas, visillos y otros elementos suspendidos de decoración, así como para butacas y asientos tapizados.

Aunque el Real Decreto entró en vigor el 3 de julio de 2005, es la publicación del nuevo Código Técnico de Edificación (CTE) en el Real Decreto 314/2006 con fecha 17/3/6 (8), que sustituye definitivamente a la Norma Básica de edificación (NBE), que ha estado vigente en España durante más de 30 años, y es el que regula todos los requisitos técnicos que tienen que cumplir los materiales de construcción, elementos suspendidos como cortinas, butacas, asientos fijos y carpas, contemplando entre otras cosas, la transposición de la clasificación europea con la clasificación nacional existente hasta ahora, y estableciendo que los nuevos materiales que no dispongan de clasificación nacional de reacción al fuego, o las que disponiendo de ella se encuentre caducada, deberán ser ensayados únicamente para la obtención de la clasificación Europea (Euroclases en caso de materiales de construcción, y las nuevas normativas para elementos suspendidos, butacas y asientos tapizados), quedando en España prácticamente fuera de uso la anterior clasificación “M”.

De modo que la adaptación de las condiciones de comportamiento al fuego en la actualidad de los materiales textiles del sector textil hogar se encuentran divididas en 2 apartados:

Elementos suspendidos: como cortinas, cortinajes, telones, pantallas, visillos y otros elementos suspendidos de decoración. A los materiales de este tipo, a los que se les exigía anteriormente clase M1 de reacción al fuego conforme a la norma UNE 23.727:1990 (9), deberán ahora acreditar clase 1 según la norma UNE EN 13.773:2003 (Textiles y productos textiles. Comportamiento al fuego. Cortinas y cortinajes) (10) Para ello los materiales han de ser evaluados según las normas:

- ✓ UNE EN ISO 1101:1996 (11). Procedimiento detallado para determinar la inflamabilidad de las probetas orientadas verticalmente.
- ✓ UNE EN 13.772:2004 (12). Determinación de las propiedades de propagación de la llama de probetas orientadas verticalmente cuando se aplica un foco de calor radiante.

Tapizados: Las butacas y asientos tapizados a los que se les exija clase de reacción al fuego conforme a la norma UNE 23727: 1990, deberán acreditar haber pasado el ensayo según las normas siguientes:

- ✓ UNE EN 1021-1:1994 (13).(Valoración de la inflamabilidad del mobiliario tapizado. Parte 1: Fuente de ignición: cigarrillo en combustión).
- ✓ UNE EN 1021-2:1994 (14).(Valoración de la inflamabilidad del mobiliario tapizado. Parte 2: Fuente de ignición: llama equivalente a una cerilla).

Hasta ahora, todos los materiales utilizados tanto en cortinas como en tapicería se analizaban por la misma norma, alcanzando el mismo tipo de clasificación “M”, pudiéndose por tanto utilizar los mismos tejidos para ambas aplicaciones. Esto puede no ser así en la actualidad, ya que al tener normas diferentes para los distintos usos, puede ser que el mismo producto cumpla únicamente una de ambas normas de ensayo.

Por ejemplo, tejidos realizados con fibras termofusibles ignífugas, que hasta ahora alcanzaban una clasificación M1, pueden ahora alcanzar la Clase 1 como elemento suspendido, pero cuando son ensayados para la valoración de inflamabilidad del mobiliario tapizado, pueden encontrarse con el incumplimiento de estas normas a no ser que sean utilizados con espumas retardantes de llama, les sea aplicado un recubrimiento ignífugo, o se utilicen junto con un tejido barrera, por lo que es muy importante que cada empresa conozca el comportamiento de sus materiales frente a estas normas, y así poder realizar las modificaciones pertinentes en los artículos en función de su uso.

Por otra parte cabe decir que las clasificaciones “M” no desaparecen totalmente, ya que los asientos y butacas fijos, no tapizados, así como las carpas y toldos anexos a los edificios, deberán cumplir con una clasificación M2 según norma UNE 23.727:90.

En la siguiente tabla se resumen los nuevos requisitos del nuevo Código Técnico de Edificación.

ARTÍCULOS SOBRE LOS QUE APLICA		REQUISITOS	NORMA CLASIFICACION	NORMA ENSAYO
Butacas y asientos fijos	Tapizado	Pasa	-----	UNE-EN 1021-1:1994 UNE-EN 1021-2:1994
	No tapizado	M2	UNE 23727:1990	UNE 23723 :1981 UNE 23724 :1990 UNE 23725 :1990
Elementos textiles suspendidos, como telones, cortinas, cortinajes, etc.		Clase 1	UNE-EN 13773:2003	UNE-EN 1101 UNE-EN 1102 UNE-EN 13772

Elementos textiles de cubierta integrados en edificios, tales como carpas		M2	UNE 23727:1990	UNE 23721:1990 UNE 23726:1990
Revestimiento de techos y paredes	Zonas ocupables	C-s2, d0	UNE-EN 13501-1: 2002	UNE-EN ISO 11925-2: 2002 UNE-EN 13823 :2002
	Aparcamientos	A2-s1, d0		
	Pasillos y escaleras protegidos	B-s1, d0		
	Recintos de riesgo especial	B-s1, d0		
	Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos, suelos elevados, etc.	B-s3, d0		
Revestimiento de suelos	Zonas ocupables	EFL	UNE-EN 13501-1: 2002	UNE-EN ISO 11925-2: 2002 UNE-EN ISO 9239-1:2002
	Aparcamientos	A2FL-s1		
	Pasillos y escaleras protegidos	CFL-s1		
	Recintos de riesgo especial	BFL-s1		
	Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos, suelos elevados, etc.	BFL-s2		

Como se ha expuesto anteriormente, debido a la falta de armonización en las legislaciones en cuanto a materiales textiles se refiere, no considerados de construcción, cada país ha optado por aplicar las normativas que ha estimado oportunas. AITEX ha realizado un estudio de la situación actual europea de estas normativas en los países mas relevantes, donde se puede ver que en la actualidad hay una completa descoordinación de normativas ((15) Legislacion ignifugos por paises. Aitex).



PAÍS		LEGISLACIÓN	NORMAS	CLASES O TIPOS
España	Cortinas	Norma Básica de la Edificación (NBE) CPL-96 Condiciones de protección contra incendios en los edificios y R.D. 312/2005, que serán sustituidos por el Código Técnico de la Edificación.	UNE EN 13773:2003	Clase 1
	Tapicería		UNE EN 1021-1:1994 + UNE EN 1021-2:1994	Pasa
Francia	Cortinas	Arrêté du 22 mars 2004 du ministère de l'Intérieur, de la Sécurité intérieure et des Libertés locales	NF P 92501-7	M.1 - M.2
	Tapicería		NF P 92501-7	Tapicería: M.2 Espuma: M.4 Estructura silla: M.3
Reino Unido	Cortinas	General Products Safe Regulations	BS 5438	Tipo C
	Tapicería	Uso doméstico: Furniture and Furnishings (Fire) (Safety) Regulations 1988	BS 5852-1:1979: Fuente de ignición 0: cigarrillo en combustión, equivalente a norma EN 1021-1. Fuente de ignición 1: llama equivalente a una cerilla (tiempo de aplicación de la llama 20 s), parcialmente equivalente a EN 1021-2 (tiempo de aplicación de la llama 15 s) + BS 5852-2:1982	Pasa
		Locales públicos: General Products Safe Regulations	BS 7176:1995: a) Low hazard            BS EN 1021-1 (ejemplo: oficinas) + BS EN 1021-2 b) Medium hazard        BS EN 1021-1 (ejemplo: hoteles) + BS EN 1021-2 BS 5852 CRIB 5 c) High hazard            BS EN 1021-1 (ejemplo: hospitales) + BS EN 1021-2 BS 5852 CRIB 7 d) Very high hazard        BS EN 1021-1 (ejemplo: prisiones) + BS EN 1021-2 + BS 5852 CRIB 5 y otro a elección del cliente	Pasa Pasa Pasa Pasa
Alemania	Musterbauordnung (MBO)	DIN 66082 6 4102 partes 1 y 15,	V-b B1	
Tapicería		La norma utilizada es DIN 66084 Actualmente se está empezando a pedir: EN 1021-1 + EN 1021-2	Pb Pasa	
Bélgica	Cortinas	No existe reglamentación	UNE 23727 / NF P 92501-7	M1
	Tapicería		Hasta ahora se ha pedido : UNE 23727 :1990 o NF P 92501-7 Actualmente se pide muy a menudo: EN 1021-1 + EN 1021-2 Para locales de alta seguridad : prisiones, hospitales, se pide además: BS 5852:1990 (crib 5)	M1 Pasa
Italia	Cortinas	DM del 09/04/1994: Regulación técnica para la prevención de incendios en la construcción y en la administración de las actividades relacionadas con el turismo (Hoteles) Gazzetta Ufficiale 20/05/1994 n°116. Este decreto se refiere al Decreto Ministerial de 26/08/1984, clasificación de los materiales que reaccionan ante el fuego GU n°234 de 25/08/1984	UNI 8456 + UNI 9174	Clase 1 Clase 1
	Tapicería		CSE RF 4/83 Opcional: UNI 9175	Clase 1 IM
Austria	Cortinas	No hay una legislación a nivel nacional, está sujeta a especificaciones de cada región.	ÖNORM EN 13773	Clase 1
	Tapicería		ÖNORM B 3825	Pasa
Suíza	Cortinas	Según Directive of the fire police, testing of construction, materials and parts.	SN 198898 (Ensayos según normativa de bomberos, para fuego y humos)	Clase 5.2 (Hardly combustible / Medium smoke generation)
	Tapicería			Clase 5
Dinamarca	Cortinas	No hay regulaciones específicas pero las autoridades locales pueden pedir requisitos individuales para áreas no-domésticas.	NT-fire 015+ También pueden requerir: FAR 25.853 (a)	SL1 Pasa
	Tapicería		BS 7176 (EN 1021-1 y 1021-2; BS 5852 con fuentes de ignición 5 y 7) Igual que el Reino Unido	Pasa



## 2.4 Fibra de pes y pes FR.

### 2.4.1 Pes.

Según normativa internacional, se definen las fibras de poliéster como las formadas a partir de un polímero de macromoléculas lineales cuya cadena contiene un 85% en peso de un éster de un diol y del ácido tereftálico ((16) Fibras de poliéster. Joaquin Gacén). El poliéster más conocido, el polietileno tereftalato (PET) usa como diol el etilenglicol, y se puede representar de la forma siguiente:



Su síntesis fue realizada por primera vez y patentada por Whinfield y Dickson en Reino Unido en 1940, y las patentes fueron adquiridas por ICI (UK) y Du Pont (USA), iniciando la producción a escala industrial en 1954 ((17) Fibras textiles. Propiedades y descripción. Gacén).

Una larga lista nombres comerciales y de empresas, han fabricado este tipo de fibras, como Tergal (Rhone Poulenc), Terlenka (La seda de Barcelona) Terylene (Nurel), Brilen (Brilen) en España, y Dacron (Du Pont), Trevira (Hoechst), Diolen (Enka), Terital (Montefibre), etc. en el exterior. Algunas de estas empresas han desaparecido o transformado en la actualidad.

Actualmente en España las empresas que fabrican poliéster para usos textiles son : Antex, Nurel, Brilen, etc., e internacionalmente Reliance, Sinterama, Noyfil, Advansa, Unifi, etc.

### 2.4.2 Pes FR.

El poliéster ignífugo o fire retardant es un poliéster transformado de forma, que ha adquirido nuevas propiedades retardantes a la llama.

El principal parámetro que permite evaluar la inflamabilidad de un material es el índice límite de oxígeno (LOI), que corresponde al porcentaje mínimo de oxígeno ambiental necesario para que se mantenga la combustión. Como el % de oxígeno en el aire en condiciones normales es del 21%, se puede afirmar que los materiales que tengan un  $\text{LOI} < 21\%$ , arderán libremente, y los que lo tengan  $> 21\%$ , arderán con mayor dificultad o no lo harán. Por lo que cuanto mayor sea el LOI, mayor será la dificultad de que el material arda, sucediendo además que la llama debe tender a autoextinguirse después de alejarla del fuego.

En la práctica se consideran fibras retardantes a la llama aquellas que tienen un  $\text{LOI} > 25\%$ , a efectos de contrarrestar los posibles efectos modificantes de la misma estructura textil.

A continuación se resumen en la tabla las propiedades térmicas y retardantes de llama de algunas fibras ((18) Handbook of technical textiles. Horrocks and Anand y (19) Comportamiento al calor de los materiales textiles. Detrell).

	<b>Tg</b>	<b>Tm</b>	<b>Tp</b>	<b>Tc</b>	<b>LOI</b>
<b>Fibra</b>	<b>°C</b>	<b>°C</b>	<b>°C</b>	<b>°C</b>	<b>%</b>
Lana	-	-	245	600	25
Algodón	-	-	350	350	18.4
Viscosa	-	-	350	420	18.9
Triacetato	172	290	305	540	18.4
Nylon 6	50	215	431	450	20-21.5
Nylon 6.6	50	265	403	530	20-21
<b>Poliéster</b>	<b>80-90</b>	<b>255</b>	<b>420-477</b>	<b>480</b>	<b>20-21.5</b>
<b>Poliéster FR</b>					<b>28-30</b>
Acrilica	100	>320	290	>250	18.2
Polipropileno	-20	165	469	550	18.6
Modacrilica	<80	>240	273	690	29-30
PVC	<80	>180	>180	450	37-39
PVDC	-17	180-210	>220	532	60
PTFE	126	>327	400	560	95
Acrilica ox.	-	-	>640	-	55
Aramida (Nomex)	275	375	310	500	28.5-30
Aramida (Kevlar)	340	560	590	>550	29
PBI	>400	-	>500	>500	40-42

Tg: temperatura de transición vítrea.

Tm: temperatura de fusión.

Tp: temperatura de pirólisis.

Tc: temperatura de combustión.

Hay 3 métodos para fabricar o transformar fibras sintéticas ignífugas:

- ✓ Usar monómeros FR durante la copolimerización.
- ✓ Introducir un aditivo FR durante la extrusión.
- ✓ Aplicación posterior de acabados FR.

La marca comercial por excelencia de poliéster FR es el Trevira CS o FR, fabricada antiguamente por Hoechst, y actualmente por el Grupo Reliance. Está fabricada por copolimerización con un compound bifuncional organofosforado, basado en un derivado del ácido fosfónico del tipo HO-POXYCOOH, donde:

X= H o grupo alquil

Y= grupo alquil

El LOI de un tejido de trevira CS es del 28 % y contiene aproximadamente un 0.6% de fósforo.

Otros aditivos FR para poliéster pueden ser fosfonados cíclicos y derivados halogenados ((18) Handbook of technical textiles. Horrocks and Anand).

Aunque estas modificaciones en la fibra de poliéster, hacen cambiar mucho las propiedades ignífugas de la misma, logrando incrementar el LOI desde 20-21% hasta 28-30%, apenas lo hacen con el resto de propiedades físico químicas, ni tan siquiera con el comportamiento tintóreo. Se tintan con los mismos colorantes dispersos, y tan solo

hay que tener en cuenta, que se obtiene mayor rendimiento tintóreo, y solo la velocidad de subida de los colorantes sobre fibra es algo mayor, por lo que el gradiente de subida hay que bajarlo un poco sobre el normal estandarizado del poliéster convencional, además de tinter a 120° en vez de 130°C. ((20) Trevira CS. Instrucciones técnicas)

## **2.5 Procesos no sólidos a tratamientos húmedos.**

Este tipo de procesos sobre tejidos de poliéster u otro tipo de fibras, se pueden resumir en impregnaciones de productos químicos tipo hidróxidos metálicos ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), sales amónicas ( $\text{PO}_4(\text{NH}_4)_3$ ), ácido sulfamídico, o incluso productos más sofisticados como el Flovan CGN de la antigua Ciba (ahora Huntsman) que químicamente es una mezcla 1:1 de ácido metil fosfónico con amidinourea (CAS 84402-58-4), el cual incluso actualmente esta sometido a control administrativo, por ser producto base de posibles armas químicas, etc. Todos ellos se disuelven en medio acuoso, por lo que los tejidos tratados con estos productos, no soportan posteriores tratamientos húmedos y su uso esta muy restringido a determinados casos muy concretos, en los que los tejidos no deban de lavarse nunca, o se deban hacer solo en seco, por lo que frenan mucho el campo de aplicación de estos acabados.

## **2.6 Procesos sólidos a tratamientos húmedos.**

Aunque este tipo de tratamiento ya estaba funcionando en los últimos años, los productos que se utilizaban para este tipo de aplicaciones eran derivados halogenados, de bromo principalmente y compuestos de metales pesados. Estos productos están prohibidos ya en algunos países, o en fase de prohibición en otros por su elevado potencial toxicológico. Este tipo de productos si se liberan en el medio ambiente, pueden alcanzar la cadena alimenticia, incluso los bifenilos polibromados pueden ser absorbidos fácilmente por los animales y aumentar el riesgo de cáncer.

Todo esto se ha podido comprobar, ya que se han encontrado restos de estos tipos de productos incluso en ballenas, peces, huevos de halcón, etc. Por todo ésto, países con iniciativas medioambientales avanzadas como Suecia, prohibió ya en 1998 el uso de bifenilos polibromados (PBB) y de éter pentabromodifenilo (PeBDE). De la misma forma Dinamarca en 2001 inicia acciones de información para prohibir los retardantes de llama bromados, siendo en 2003 cuando la CEE prohíbe definitivamente los penta y octa BDE. Por otra parte etiquetas ecológicas como la Ecotex, no admiten el uso de este tipo de productos tóxicos.

En los últimos años y paralelamente a la investigación de fibras pes FR, este tipo de tratamiento se ha desarrollado mucho y ha evolucionado desde la utilización del óxido de decabromo difenilo, hexabromociclododecano,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ , etc., actualmente prohibidos en algunos países o en fase de prohibición, a compuestos orgánicos base fósforo, generalmente ésteres fosforados como el resorcinol bis difenil fosfato (CAS 125997-21-9), etc., libres de halógenos y de metales pesados.

Dichos productos entran en la fibra de poliéster de la misma forma que entra un colorante disperso, a base de abrir la fibra de poliéster mediante el uso de la temperatura, por foulard rame (180-200°C calor seco), o por agotamiento a 130° en

algunos casos, incluso en el mismo proceso de tintura, depositándose primeramente sobre fibra, y posteriormente difundiendo en el interior de esta, insolubilizándose por polimerización.

### 3. Objetivos.

Hipótesis de partida: El trabajo se elabora a partir de dos bases textiles de poliéster 100 % (hilado y tejido) para su uso en textil hogar (cortinas), sobre las cuales se aplican una serie de acabados químicos, para obtener los siguientes objetivos:

- ✓ Transformar el poliéster convencional en poliéster ignífugo sólido al lavado en húmedo, con las mismas características técnicas que si la fibra inicialmente hubiera sido pes FR.
- ✓ Cumplir la actual normativa de ignífugos UNE EN 13.773:2003.
- ✓ Encontrar el proceso-producto más adecuado.
  - Garantizar una buena reproducción del proceso.
  - Utilizar proceso-producto ecológicamente correcto (sin problemas medioambientales).
  - Minimizar los problemas secundarios de termomigración y sublimación en el proceso de termosol.
  - Buscar el proceso-producto económicamente más ventajoso.
  - Compararlo frente al hilo pes FR.

### 4. Experimental.

#### 4.1 Tejido.

El proceso de acabado se realiza sobre un tejido jacquard de poliéster 100 % ref. Nevada cliente 319, con las siguientes características:

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
Composición	Pes 100%
Peso	380 gr/m <sup>2</sup>
Ancho	290 cm
Urdimbre	Pes texturizado 1/167dtex/50 semimate (66 hilos/cm)
Trama 1	Pes chenilla NM 1/6 (8 pasadas/cm)
Trama 2	Pes open NM 1/20 (20 pasadas/cm)

Se utilizan los siguientes productos químicos:

<b>Producto</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Descripción</b>
Fhoscon FR510 (HT1)	Meisei	Ignífugo
Aflamit Pe conc (HT2)	Thor	Ignífugo
Pyrovatex SVC (HT3)	Huntsman	Ignífugo
Flacavon AZ (HT4)	BTC	Ignífugo
Sosa caustica 50%	Santiago y Tevar	
Hidrosulfito sodico	BTC	
Sintanol E (HT5)	BTC	Dispersante
Kieralon JET ECO (HT6)	BTC	Detergente
Dispergal 251D(HT7)	Tenycol	Dispersante igualador
P-291 (HT8)	Adrasa	Antibacados
Acido fórmico 40%	Santiago y Tevar	
Rubí Dianix S2G	Dystar	Colorante disperso
Amarillo Dianix C5G	Dystar	Colorante disperso

Elección de colorantes dispersos. Termomigración y sublimación.

Para la aplicación del producto ignífugo por el proceso de termosolado sobre un tejido de poliéster tintado, es muy importante el haber seleccionado previamente el tipo de colorantes en los que se ha tintado dicho tejido, ya que al someterlo a temperaturas de 180-200°, el colorante disperso de la fibra de poliéster empieza de nuevo a difundirse, pero en este caso del interior a la superficie de la fibra, y de ella a la atmósfera próxima, originando problemas de termomigración y de sublimación. Por lo tanto se recomienda el uso de colorantes con alta solidez a la termo y sublimación, para minimizar los problemas de frote, e incluso cambios de matiz. Este último aspecto puede ser muy significativo, cuando el proceso se realiza sobre tejido urdido o tramado con varios colores, en los que un problema muy típico es que los colores claros se contaminen irreversiblemente del colorante sublimado procedente de los colores oscuros (sobre todo del componente rojo), por los problemas de sublimación comentados, teniendo en cuenta que dicho problema no se puede solucionar una vez hecho ni con un lavado reductor energético, ya que el colorante se queda perfectamente anclado sobre fibra.

Las instalaciones que se utilizan para realizar los procesos son las siguientes:

<b>Máquina</b>	<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>
Cuerda	Cavisa	Maquina tintura Multiflow en cuerda (15 kg)
Rame	Bruckner	Máquina para termofijar, acabar y dar ancho de 6 campos (18 mt de secadero)
Tecnorama	Tecnorama	Maquina tintura laboratorio 100 gr
Lavadora doméstica	Fagor	Lavadora doméstica
		Equipo para determinar UNE EN 13772:2004
		Equipo para determinar UNE EN ISO 1101:1996
Colorímetro	Datacolor	Espectrofotómetro para la medida del color

#### 4.1.1 Proceso de Termosolado.

Este es por el momento uno de los 2 procesos posibles para la transformación de tejido pes en pes FR. La hoja de ruta de procesos del tejido descrito anteriormente es la siguiente:

- ✓ Pretermofijar en rame 180°C a 35 mt/min.
- ✓ Desengrasar y tinter cuerda simultáneamente en máquina de muestras Cavisa, a color plancha c/rojo 540 con colorantes dispersos y con lavado reductor postinte, según receta y condiciones siguientes (RB 1/8):

<b>Fórmula (tinte)</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Cc/l (auxiliares) - % (colorantes)</b>
Kieralón JET ECO	BTC	2
P-291	Adrasa	2
Dispergal 251D	Tenycol	1
Acido fórmico 40%	López Tevar	0.6
Rubí Dianix S2G	Dystar	1.4
Amarillo Dianix C5G	Dystar	0.067

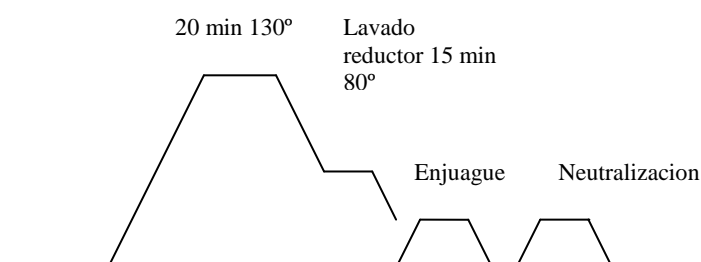
<b>Fórmula (lavado reductor)</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Cc/l (líquidos)-Gr/l (sólidos)</b>
Sosa caustica 50%	López Tevar	3
Hidrosulfito sodico	BTC	2
Sintanol E	BTC	1

<b>Fórmula (neutralización)</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Cc/l (líquidos)-Gr/l (sólidos)</b>
Acido fórmico 40%	López Tevar	1.5

Condiciones:

- Gradiente: 2°/min
- Temperatura: 130°.
- Tiempo: 20 min.
- Lavado reductor: 15 min 80°.
- Enjuague.
- Neutralización.

El esquema del proceso de tintura sería el siguiente:



- ✓ Secar: en rame Bruckner 150°C, 20 mt/min.
- ✓ Impregnar (1 mt por cada fórmula de tejido tintado) a foulard y polimerizar en rame Bruckner, con las siguientes formulaciones y condiciones finales ((21) Trabajo cálculos. Aquí se pueden consultar el desglose de todas las formulaciones y cálculos).

Las formulaciones teóricas de las hojas técnicas de los proveedores indican que hace falta mucha menos concentración de productos, pero en la práctica hemos podido demostrar que con esas condiciones para este artículo en concreto, no se logra pasar la normativa.

Las formulaciones indicadas en todas las tablas representan la final y económicamente más óptima. En el anexo 21 indicado, se encuentran todas las formulaciones realizadas hasta alcanzar la óptima.

<b>Proveedor</b>	<b>Meisei</b>	<b>Thor</b>	<b>Huntsman</b>	<b>BTC</b>
Producto	Fhoscon FR510	Aflamit Pe conc	Pyrovatex SVC	Flacavon AZ
% absorción	70	70	70	70
Gr/l	190	300	320	200

Condiciones:

- Temperatura: 190°.
  - Velocidad: 10 mt/min.
- ✓ Lavado reductor, enjuagar y neutralizar (RB 1/8): aunque algunas marcas comerciales solo recomiendan un lavado con agua fría, es recomendable hacer un lavado reductor para asegurar la eliminación de los restos superficiales de producto ignífugo y de colorante, que puedan dificultar el control normativo. Dicho proceso se ha realizado en lavadora doméstica Balay:

<b>Fórmula (lavado reductor)</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Cc/l (líquidos)-Gr/l (sólidos)</b>
Sosa caustica 50%	López Tevar	3
Hidrosulfito sodico	BTC	2
Sintanol E	BTC	1

<b>Fórmula (neutralización)</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Cc/l (líquidos)-Gr/l (sólidos)</b>
Acido fórmico 40%	López Tevar	1.5

Condiciones:

- Temperatura: 80°.
- Tiempo: 15 min.
- Enjuague.
- Neutralización.



- ✓ Secar: en rame Bruckner 150°C, 20 mt/min.
- ✓ Controlar test norma UNE EN 13773:2003. Para minimizar el coste de este control, se ha realizado el mismo en los laboratorios de las empresas fabricantes de los productos ignífugos. Para ello todas las muestras se les hace 20 lavados y secados según norma UNE EN ISO 6.330/2001 (22), y acondicionamiento antes de ensayo de 24 horas a 20° y 65% de humedad. Se han realizado sólo en sentido de urdimbre y por el derecho del tejido.

Cada muestra de termosol se ha hecho a nivel semi-industrial con 1 mt de tejido por cada prueba, cogidas todas ellas de una tintada semiindustrial, siguiendo proceso de acabado según procedimiento descrito.

Para garantizar la buena reproducción del proceso y sobre la misma base tintada, la formulación de Meisei (fórmula más económica) con el proceso completo de termosol, se ha repetido 3 veces en 3 días diferentes y se ha valorado la diferencia de color con colorímetro Datacolor.

#### 4.1.2 Proceso por agotamiento.

Es el segundo proceso estudiado sobre tejido, cuyo proceso se detalla y resume en las siguientes fases:

- ✓ Pretermofijar en rame 180°C a 35 mt/min.
- ✓ Tintura, acabado FR simultáneo y lavado reductor (RB 1/8 laboratorio): Previo a la tintura semiindustrial, se han realizado pruebas en laboratorio en Tecnorama con el fin de averiguar de todos los productos estudiados, cuales son aptos para el proceso de agotamiento, y obtener fórmula. De todos los proveedores de este tipo de productos, solo Meisei recomienda este proceso por escrito en su hoja técnica. Con última concentración optimizada de la fórmula de Meisei, se hace una prueba con la misma concentración de los otros productos para observar anomalías de proceso, y se repiten 3 veces. En la tabla siguiente se resumen las últimas formulaciones ajustadas:

Fórmula (tinte-acabado)	Proveedor	Cc/l (auxiliares) - % (resto)			
		Meisei	Thor	Hunstsam	BTC
Nº fórmula					
Kieralón JET ECO	BTC	2	2	2	2
Dispergal 251D	Tenycol	2	2	2	2
P-291	Adrasa	2	2	2	2
Acido fórmico 40%	López Tevar	0.6	0.6	0.6	0.6
Rubí Dianix S2G	Dystar	1.5	1.5	1.5	1.5
Amarillo Dianix C5G	Dystar	0.1	0.1	0.1	0.1
Fhoscon FR510	Meisei	8			
Aflamit Pe conc	Thor		8		
Pyrovatex SVC	Huntsman			8	
Flacavon AZ	BTC				8

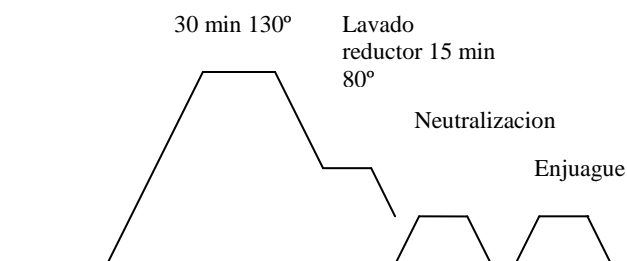
<b>Fórmula (lavado reductor)</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Cc/l (líquidos)-Gr/l (sólidos)</b>
Sosa caustica 50%	López Tevar	3
Hidrosulfito sodico	BTC	2
Sintanol E	BTC	1

<b>Fórmula (neutralización)</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Cc/l (líquidos)-Gr/l (sólidos)</b>
Acido fórmico 40%	López Tevar	1.5

Condiciones:

- Gradiente: 2°/min
- Temperatura: 130°.
- Tiempo: 30 min.
- Lavado reductor: 15 min 80°.
- Enjuague.
- Neutralización.

Esquema general del diagrama de proceso:



- ✓ Tintura, acabado FR simultáneo y lavado reductor semiindustrial (RB 1/8) : Este proceso se realiza semiindustrialmente en una máquina de tintar en cuerda de muestras Multiflow (Cavisa) con 10 kg de tejido estándar. Este proceso se realiza sólo con la formulación del producto Fhoscon FR 510 de Meisei, en las mismas condiciones detalladas en el apartado anterior.
- ✓ Secado: en rame Bruckner 150 °C 20 mt/min..
- ✓ Controlar test norma UNE EN 13.773:2003. Para minimizar el coste de este control, se ha realizado el mismo en los laboratorios de Meisei.

Para garantizar la buena reproducción del proceso, la formulación de Meisei con el proceso completo semiindustrialmente se ha repetido 3 veces en 3 días diferentes y se ha valorado la diferencia de color con colorímetro.

## 4.2 Hilo.

Debido a que ningún proveedor da ningún tipo de garantía en el proceso en bobina, pero no porque funcione mal, sino según dicen, porque no se ha probado nunca por este sistema.

De todas formas, para el estudio se ha cogido la trama 2 (Pes open NM 1/20) en bobina descrita en la tabla del tejido estándar del apartado 4.1. Sólo en el caso de que el estudio sobre este hilo cumpla los objetivos, se ampliará a los demás tipos de hilo.

Los productos químicos que se utilizan son los mismos que se indican en el apartado del tejido.

Las instalaciones que se utilizan para realizar los procesos son las siguientes:

<b>Máquina</b>	<b>Marca</b>	<b>Descripción</b>
Tecnorama	Tecnorama	Maquina tintura laboratorio 100 gr
Bobinadora muestras	Tecnorama	Bobinadora tubo tintura muestras 100 gr
Autoclave	Cavisa	Maquina tintura 1 bobina (3 kg)
Tejer circular	Bentley Komet	Maquina tejer circular laboratorio
Centrífuga	Bellini	Maquina para centrifugar bobinas
Enconadora	Motocono	Máquina para reenconar hilo a cono cartón
Secadora	Stalam	Máquina para secar hilo continua por radiofrecuencia
		Equipo para determinar UNE EN 13772:2004
		Equipos para determinar UNE EN ISO 1101:1996
Colorímetro	Datacolor	Espectrofotómetro para la medida del color

El proceso se detalla y resume en las siguientes fases:

- ✓ Bobinar el hilo en tubo de tintura en bobinadora muestras Tecnorama.
- ✓ Tintura, acabado FR simultáneo por agotamiento y lavado reductor en Tecnorama 100 gr (RB 1/8 laboratorio): Este proceso se ha realizado sólo con la formulación de Meisei, que es la que ha dado buen resultado sobre el tejido por agotamiento.

<b>Fórmula (tinte-acabado)</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Cc/l (líquidos)-Gr/l (colorante)</b>
Kieralón JET ECO	BTC	2
Dispergal 251D	Tenycol	2
Acido fórmico 40%	López Tevar	0.6
Rubí Dianix S2G	Dystar	1.5
Amarillo Dianix C5G	Dystar	0.1
Fhoscon FR510	Meisei	8

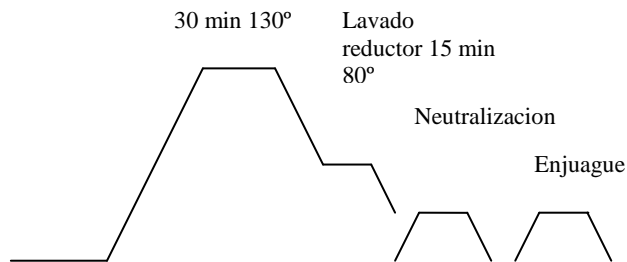
Fórmula (lavado reductor)	Proveedor	Cc/l (líquidos)-Gr/l (sólidos)
Sosa caustica 50%	López Tevar	3
Hidrosulfito sodico	BTC	2
Sintanol E	BTC	1

Fórmula (neutralización)	Proveedor	Cc/l (líquidos)-Gr/l (sólidos)
Acido fórmico 40%	López Tevar	1.5

Condiciones:

- Gradiente: 2°/min
- Temperatura: 130°.
- Tiempo: 30 min.
- Circulación: 4 minutos exterior interior (EI) y 6 minutos interior exterior (IE). A partir de 120° todo IE. Los lavados posteriores todo IE.
- Lavado reductor: 15 min 80°.
- Enjuague.
- Neutralización.

Esquema general del diagrama de proceso:



El proceso se ha repetido 3 veces y se ha comprobado la reproducción de color.

- ✓ Centrifugar bobinas.
- ✓ Reenconar bobinas en húmedo.
- ✓ Secar bobinas en secadero Stalam de radiofrecuencia.
- ✓ Hacer control barrados en maquina calcetín Bentley Komet, para verificar la no diferencia de color entre el interior-medio exterior de la bobina de 100 gr.
- ✓ Bobinar hilo en tubo tintura semiindustrial (3 kg). Este proceso se realiza externamente en la empresa Rubentex.
- ✓ Tintura, acabado FR simultáneo y lavado reductor semiindustrial en máquina Cavisa de 1 bobina de 3 kg (RB 1/8). El proceso se realiza en la mismas condiciones realizadas en el laboratorio (Tecnorama)
- ✓ Centrifugar bobina.
- ✓ Secar bobinas en secadero Stalam de radiofrecuencia.
- ✓ Reenconar bobina.
- ✓ Hacer control barrados en maquina calcetín Bentley Komet, para verificar la no diferencia de color entre el interior-medio-exterior de la bobina de 3 kg.

Este proceso de tinter 1 bobina se repite 3 veces para comprobar semiindustrialmente la reproducción del color y se hace en cada una de ellas el control de barrados.

El trabajo de esta parte experimental no debería de acabarse aquí, sino que debería continuar para lograr encontrar un sistema para testear el hilo tintado y acabado FR según la normativa (igual que en el tejido).

Para ello deberíamos de poder tejer este hilo y sobre el tejido testear la UNE EN 13.773/2003. Pero la máquina que disponemos de tejer circular es de un ancho muy estrecho para el test normalizado, y resulta muy costoso con las 3 bobinas de 3 kg tintadas, urdir un plegador para poder tejerlo posteriormente.

## 5. Resultados.

### 5.1 Tejido.

#### 5.1.1 Reacción al fuego.

Aquí se detallan los resultados según norma UNE 13.773/2003 de las formulaciones óptimas finales de cada uno de los productos, en los procesos de termosol y agotamiento, obteniendo finalmente en cada una de ellas (termosol en todos los productos y por agotamiento sólo con Meisei) la clase 1, requerida para la aplicación objetivo, tras 20 lavados domésticos a 30°, previos del tejido según UNE EN ISO 6.330/2001, para demostrar su permanencia.

#### ENSAYO UNE EN 1.101/1996

Sentido urdimbre y derecho tejido

Nº ensayo	Proveedor	Termosol				Agotamiento
		Meisei	Thor	Huntsman	BTC	Meisei
	Producto	Fhoscon FR510	Aflamit Pe conc	Pyrovatex SVC	Flacavon AZ	Fhoscon FR510
	Gr/l - %	190	300	320	200	8
	Tiempo aplicación llama	Duración inflamación				
1	1	0	0	2	0	1
2	2	0	1	2	0	0
3	3	1	3	4	1	2
4	4	5	3	4	3	3
5	5	4	4	3	5	2
6	10	3	2	4	4	0
7	15	3	1	2	4	1

8	20	0	1	2	1	1
Nº casos ignicion		0	0	0	0	0

La inflamación solo se considera ignición cuando es superior a 5 segundos

### ENSAYO UNE EN 13.772/2003

Nº ensayo	Proveedor	Termosol				Agotamiento
		Meisei	Thor	Huntsman	BTC	Meisei
	Producto	Fhoscon FR510	Aflamit Pe conc	Pyrovatex SVC	Flacavon AZ	Fhoscon FR510
	Gr/l - %	190	300	320	200	8
Tiempo aplicación llama	Restos de acción llama					
1 (Ud)	10	No	No	No	No	No
2(Ur)	10	No	No	No	No	No
3(Td)	10	No	No	No	No	No
4(Tr)	10	No	No	No	No	No

Nº ensayo	Tiempo aplicación llama	Longitud maxima destruida				
1(Ud)	10	120	115	120	95	105
2(Ur)	10	110	100	130	110	125
3(Td)	10	105	95	125	130	115
4(Tr)	10	130	115	140	110	115
<b>Clasificación</b>		<b>Clase 1</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 1</b>

Ud: urdimbre derecho.

Ur: urdimbre revés.

Td: trama derecho.

Tr: trama revés.

#### 5.1.2 Reproducción proceso.

Sólo se ha hecho pruebas de reproducibilidad semiindustrial en la formulación económicamente más barata y que haya dado buenos resultados ignífugos, que como se demostrará en el apartado siguiente es la de Meisei.

Tanto el proceso de termosol completo (Meisei), como el de agotamiento han reproducido colorísticamente de una forma correcta, ya que todas las reproducciones de las mismas fórmulas de Meisei, tanto por el proceso de termosol, como en el de agotamiento, repetidas 3 veces en 3 días distintos, han dado un valor de diferencia de color aceptable con el colorímetro Datacolor < 0,6 en CMC 2.1 (se pone como estándar

la muestra primera del día 1), por lo que el proceso bajo el punto de vista de reproducción de colorido, se puede dar como bueno.

Colorimetría parámetros base:

DE y DL en CMC 2.1

Da y Db en Cielab

D65/10

Nº ensayo	<b>Tejido termosol Meisei</b>			
	DE	DL	Da	Db
Día 1	0,000	0,000	0,000	0,000
Día 2	0,342	0,244	0,177	-0,220
Día 3	0,061	0,528	0,118	-0,172

Nº ensayo	<b>Tejido agotamiento Meisei Tecnorama</b>			
	DE	DL	Da	Db
Día 1	0,000	0,000	0,000	0,000
Día 2	0,451	-0,111	-0,171	0,632
Día 3	0,448	-0,066	0,223	0,876

Nº ensayo	<b>Tejido agotamiento Meisei semindustrial Cavisa</b>			
	DE	DL	Da	Db
Día 1	0,000	0,000	0,000	0,000
Día 2	0,511	0,020	-0,243	-0,490
Día 3	0,579	0,057	-0,506	-0,626

Aunque los proveedores de los otros productos no recomiendan el proceso de agotamiento, como se ha descrito en la parte experimental, independientemente de no haber hecho las pruebas de reacción al fuego, y sólo a nivel colorimétrico, se han repetido 3 veces a nivel de laboratorio Tecnorama con 100 gr de tejido, y se ha podido comprobar que la reproducción de color es muy mala ( $DE > 2$ ), por lo que no se ha proseguido con estos productos.

### 5.1.3 Económico.

En este apartado se resumirán los costes de cada una de las 3 posibilidades que se han estudiado, para hacer el mismo tejido estándar. Para consultar más detalles ver anexo (21) Trabajo cálculos:

- ✓ Opción 1: Uso de hilos de poliéster FR. Sistema tradicional para obtener un tejido FR. (Opción teórica: no se ha desarrollado en la parte experimental)
- ✓ Opción 2: Uso de hilos de poliéster convencional y acabado termosol.
- ✓ Opción 3: Uso de hilos de poliéster convencional y acabado agotamiento.

El coste de los 3 procesos puede suponer un estudio muy completo e innecesario, y para el presente estudio se ha simplificado, ya que lo único que se pretende es hacer un estudio comparativo para determinar si el tejido FR es más económico tejerlo con hilos de poliéster FR, o con hilos de poliéster convencionales y transformar el tejido convencional en ignífugo por tratamientos de acabado, y dentro de estos tratamientos de acabado, si el tejido es unicolor como es el caso del presente estudio, si es más ventajoso el hacerlo en el proceso de tintura.

Por lo que costes como urdir, tejer, preparar, rolar, etc., se van a obviar en este estudio puesto que son comunes a las tres opciones.

### Coste materia tejido convencional y FR:

Tejido ancho: 290 cm

	Urdimbre	Trama 1	Trama 2	Total
Hilo	Pes text 1/167/50	Chenilla 1/6	Open 1/20	
Hilos-pasadas/cm	66	8	20	
NM	60.000	6.000	20.000	
€/kg hilo convencional	1,95	4,75	2,20	
€/kg hilo FR	5,30	9,00	5,70	
Merzas tisaje (%)	10	5	5	
Consumo (kg/mt)	0,35	0,41	0,30	1,06
<b>Coste hilo convencional (€/mt)</b>	<b>0,68</b>	<b>1,93</b>	<b>0,67</b>	<b>3,28</b>
<b>Coste hilo FR (€/mt)</b>	<b>1,86</b>	<b>3,65</b>	<b>1,74</b>	<b>7,25</b>

### Opción 1: Coste tinte agotamiento tejido pes FR (opción teórica)

Mt/barcada: 700 mt para todas las opciones

Tasa horaria Rame Bruckner (€/h): 130

Tasa horaria Tinte MCS2 (€/h): 60

Fases	Unidades	Valores
Termofijar rame Bruckner	Mt/min	35
Tintar maquina tinte MCS2	Horas	5,06
Secar rame Bruckner	Mt/min	20

Costes	Unidades	Valores
TM Rame Bruckner termofijar	€/mt	0,06
TM Rame Bruckner secar	€/mt	0,11
TM MCS2	€/mt	0,43
Productos tinte (a)	€/mt	0,23
<b>Total costes subproceso n°1</b>	<b>€/mt</b>	<b>0,84</b>

(a) Datos de escandallo teórico según formulación Datacolor.



**Opción 2: Coste tinte agotamiento y acabado termosol tejido pes convencional**

Fases	Unidades	Valores
Termofijar rame Bruckner	Mt/min	35
Tintar maquina tinte MCS2	Horas	4,87
Secar rame Bruckner	Mt/min	20
Acabar termosol rame Bruckner	Mt/min	10
Lavado reductor maq tinte MCS2	Horas	2,63
Secar rame Bruckner	Mt/min	20

Costes	Unidades	Valores
TM Rame Bruckner termofijar	€/mt	0,06
TM MCS2 tinte	€/mt	0,42
TM Rame Bruckner secar	€/mt	0,11
TM Rame Bruckner acabar termosol	€/mt	0,22
TM MCS2 lavado reductor	€/mt	0,23
TM Rame Bruckner secar	€/mt	0,11
Productos tinte	€/mt	0,28
Productos acabado termosol	€/mt	1,63
Productos lavado reductor	€/mt	0,06
<b>Total costes subproceso nº 2</b>	<b>€/mt</b>	<b>3,10</b>

**Opción 3: Coste tinte y acabado agotamiento tejido pes convencional**

Fases	Unidades	Valores
Termofijar rame Bruckner	Mt/min	35
Tintar maquina tinte MCS2	Horas	4,16
Secar rame Bruckner	Mt/min	20

Costes	Unidades	Valores
TM Rame Bruckner termofijar	€/mt	0,06
TM MCS2 tintar acabar FR	€/mt	0,36
TM Rame Bruckner secar	€/mt	0,11
Productos tinte	€/mt	1,24
<b>Total costes subproceso nº3</b>	<b>€/mt</b>	<b>1,77</b>

**Resumen de costes:**

Concepto	Opcion 1	Opción 2	Opcion 3
	€/mt		
Materia	7,25	3,28	3,28
Tinte y acabado	0,84	3,10	1,77
<b>Totales costes</b>	<b>8,09</b>	<b>6,38</b>	<b>5,05</b>

Por lo tanto podemos ver que frente a la utilización de hilos pes FR, resulta bastante más económico la opción de transformar el tejido de pes convencional por métodos de acabado, y de entre los 2, preferiblemente el de tintura y acabado FR simultaneo por agotamiento. Se debería hacer el proceso de termosol, siempre y cuando no se pueda hacer el de agotamiento, como puede ser en artículos multicolores.

## 5.2 Hilo.

### 5.2.1 Reacción al fuego:

Al no poder tejer el hilo tintado en dimensiones suficientes para tener una superficie mínima normalizada y adecuada para testear la norma UNE EN 13.773/03, no se han podido obtener valores concretos.

### 5.2.2 Reproducción proceso:

El proceso por agotamiento de la fórmula de Meisei también ha reproducido colorísticamente de una forma correcta, repetidas 3 veces en 3 días distintos, han dado un valor de diferencia de color con el colorímetro Datacolor  $< 0,6$  en CMC 2.1 (se pone como estándar la muestra primera del día 1). Teniendo en cuenta que el control de barrados de cada una de ellas también da visual y subjetivamente un resultado correcto.

Colorimetría parámetros base:

DE y DL en CMC 2.1

Da y Db en Cielab

D65/10

Nº ensayo	<b>Hilo agotamiento Meisei Tecnorama</b>			
	DE	DL	Da	Db
Día 1	0,000	0,000	0,000	0,000
Día 2	0,433	0,304	0,091	-0,371
Día 3	0,233	-0,076	-0,181	-0,092

Nº ensayo	<b>Hilo agotamiento Meisei Cavisa</b>			
	DE	DL	Da	Db
Día 1	0,000	0,000	0,000	0,000
Día 2	0,057	-0,011	-0,046	0,095
Día 3	0,493	-0,453	0,151	0,100

### 5.2.3 Económico.

Al no poder constatar la efectividad del proceso, es obvio que no corresponde el hacer el estudio económico correspondiente.

### 5.3 Medioambiente.

La base química de estos nuevos productos investigados y utilizados en el presente estudio, al ser ésteres fosforados no tienen ningún problema medioambiental conocido, tanto en los tejidos acabados como en las aguas residuales, por lo que serán productos que se registrarán sin problemas en el Reach.

Los tejidos acabados pueden ser perfectamente ecoetiquetables (Ecotex), y estar fuera de riesgo de cualquier tipo, tanto para el hombre directamente, como para la fauna y flora.

### 5.4 Ventajas e inconvenientes.

Aparte de haber demostrado en el presente estudio la viabilidad de este proceso de acabado ignífugo, podemos además anotar una serie de ventajas cualitativas del mismo, frente al sistema tradicional del uso de hilos FR:

- ✓ Variabilidad de tejidos: Las ventajas de este tipo de acabado frente a la utilización de hilo FR, inicialmente son las lógicas de poderse aplicar sobre cualquier tipo de tejido de poliéster 100 %, sea cual sea su diseño, nº de colores que intervienen, títulos y tipos de hilo distintos, etc. Aunque la fabricación de hilos pes FR ha ampliado últimamente su abanico de posibilidades, en cuanto a variación de hilos, la misma es muchísimo mayor en hilo pes convencional (no FR), por lo que las posibilidades de variabilidad de tejidos es mucho más grande, y más fácil de localizar en el mercado.
- ✓ Stocks: Esta posibilidad permite el poder urdir y tejer con los mismos hilos que se utilizan para hacer tejido convencional no ignífugo, y en el caso de tener la necesidad de servir pedidos con las exigencias de retardancia a la llama, simplemente en un proceso de acabado se pueden cumplir las especificaciones necesarias. Esto evita el tener que duplicar stocks de hilo, plegadores y tejidos, para poder servir los tejidos a los dos campos de aplicación comentados.
- ✓ Costes: Por otra parte cabe recordar el menor coste de fabricación que hay por transformar el tejido de poliéster normal a tejido de poliéster FR por acabado, respecto a tejerlo con hilos pes FR.
- ✓ Marketing: Los fabricantes de fibras FR se han preocupado de invertir en publicidad para fomentar su marca. En algunos mercados se vende más fácilmente con el apoyo de una marca comercial conocida (ejemplo Trevira CS). Este puede ser un inconveniente para los tejidos de pes ignifugados por acabado.
- ✓ Termomigración y sublimación: Puede ser un inconveniente relativo del proceso de acabado por termosol, si como hemos comentado anteriormente, no se realiza una buena selección de colorantes dispersos previamente.

## **6. Conclusiones.**

La técnica actual de termosolado y agotamiento con productos fosforados ecológicos, permite dotar a los tejidos de poliéster de propiedades ignifugas permanentes según norma actual UNE EN 13.773/2003, para aplicación en cortinas (textil-hogar), igualando las prestaciones que tienen los tejidos fabricados con hilos de poliéster FR.

El presente estudio ha demostrado como se pretendía, el amplio y prometedor futuro que este tipo de acabados puede tener en el futuro próximo de la industria textil de la tintura y acabado.

## **7. Líneas futuras.**

### **7.1 Tejido.**

Las líneas de investigación aquí deberían estar enfocadas en el proceso de termosol, en la utilización de productos que no necesitaran una temperatura de termosolado tan elevada, para evitar los problemas de termomigración y sublimación.

### **7.2 Hilo.**

Del mismo modo que en alguna fibra ignífuga como el Trevira CS, que utiliza un determinado producto fosforado para ignifugarla (comentado en apartados anteriores), necesita tener un 0.6 % de fósforo, en este apartado la investigación se podría desarrollar sobre la forma para poder analizar la cantidad de fósforo (de un producto determinado) que debería tener un hilo para poder cumplir las especificaciones FR.

## **8. Bibliografía.**

- (1) Fire, the reality. Asociación europea fire retardant.
- (2) Flame retardant safe safety and quality life.
- (3) Revista química textil nº 167 2004. Concepto de retardante de llama ecológico.
- (4) Curso sobre reacción al fuego de las materias y artículos textiles 1988. Detrell
- (5) Revista química textil nº 169 2004. Fundamentos para la innovación de materiales textiles ignífugos. Pey, Monllor, Rodríguez, Canal.
- (6) Patentes mundiales tratamiento ignífugo tejidos. Aitex 2003
- (7) Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo.
- (8) Código Técnico de Edificación (CTE) Real Decreto 314/2006 de 17/3/6.
- (9) UNE 23727: 1990
- (10) UNE EN 13.773:2003 (Textiles y productos textiles. Comportamiento al fuego. Cortinas y cortinajes)
- (11) UNE EN ISO 1101:1996

- (12) UNE EN 13.772:2004
- (13) UNE EN 1021-1:1994
- (14) UNE EN 1021-2:1994
- (15) Legislacion ignifugos por paises. Aitex
- (16) Fibras de poliéster. Gacén
- (17) Fibras textiles. Propiedades y descripción. Gacén.
- (18) Handbook of technical textiles. Horrocks and Anand
- (19) Comportamiento al calor de los materiales textiles. Detrell
- (20) Trevira CS. Instrucciones técnicas
- (21) Trabajo cálculos.
- (22) UNE EN 6.330.

## 9. Anexos.

- (1) Fire, the reality. Asociación europea fire retardant.
- (2) Flame retardant safe safety and quality life.
- (6) Patentes mundiales tratamiento ignifugo tejidos. Aitex 2003.
- (7) Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo.
- (8) Código Técnico de Edificación (CTE) Real Decreto 314/2006 de 17/3/6.
- (9) UNE 23727: 1990 .
- (10) UNE EN 13.773:2003 (Textiles y productos textiles. Comportamiento al fuego. Cortinas y cortinajes) .
- (11) UNE EN ISO 1101:1996 .
- (12) UNE EN 13.772:2004 .
- (13) UNE EN 1021-1:1994.
- (14) UNE EN 1021-2:1994.
- (15) Legislacion ignifugos por paises. Aitex.
- (20) Trevira CS. Instrucciones técnicas.
- (21) Trabajo cálculos.
- (22) UNE EN 6.330.
- (23) Fotografías de máquinas utilizadas.
- (HT1) Hoja técnica Fhoscon FR510.
- (HT2) Hoja técnica Aflamit Pe conc.
- (HT3) Hoja técnica Pyrovatex SVC.
- (HT4) Hoja técnica Flacavon AZ.
- (HT5) Hoja técnica Sintanol E.
- (HT6) Hoja técnica Kieralón JET ECO.
- (HT7) Hoja técnica Dispergal 251 D.