



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ESCOLA  
D'ENGINYERIA  
DE TERRASSA

EET

MATERIALS PEL DISSENY DE  
PRODUCTES TÈXTILS

**POLIESTER**

**DR.F.J.CARRION FITE**

## POLIESTER

1.1 Definición .....	3
1.2 Historia de su desarrollo .....	4
1.3 Preparación del polímero .....	4
1.31 Reactivos de síntesis .....	4
1.32 Polimerización .....	5
1.4 Hilatura .....	8
1.41 Preparación del fundido.....	8
1.42 Extrusión e hilatura.....	8
1.43 Estirado .....	10
1.44 Nuevos procesos de estiraje.....	11
1.45 Estructura fina .....	11
1.5 Propiedades físicas .....	12
1.51 Densidad .....	12
1.52 Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura .....	13
1.53 Resistencia al frote .....	13
1.54 Pilling .....	14
1.55 Absorción de humedad y electricidad estática .....	14
1.56 Tratamientos térmicos del poliéster .....	15
1.57 Comportamiento a la llama .....	15
1.58 Lavado .....	15
1.59 Acción de la intemperie .....	15
1.6 Propiedades químicas.....	16
1.61 Acción del agua .....	16
1.62 Acción de los ácidos .....	16
1.63 Acción de los álcalis .....	16
1.64 Acción de los oxidantes y reductores. ....	17
1.65 Tintura del poliéster .....	17
1.66 Oligómeros .....	17
1.67 Acción de los disolventes .....	18
1.68 Identificación .....	18
1.7 Ataques, alteraciones y toxicología.....	19
1.8 Variedades comerciales.....	20
1.9 Aplicaciones .....	21

### 1.1 Definición

Las fibras de poliéster se definen según las normas ISO y UNE como 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 terftálico.

Por otro lado la Federal Trade Comission de USA las define como "fibras químicas cuya sustancia formadora es un polímero sintético de cadena larga que contiene un mínimo del 85% en peso de un éster de un diol y del ácido tereftálico".

Las fórmulas químicas de las fibras de poliéster se indican en la Tabla I siguiente:

**Tabla I**  
**Fibras de poliésteres homopolímeros**

Polímero	Denominación
$\text{HO} \left[ \text{OC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COO} - (\text{CH}_2)_2 - \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli(etilentereftalato) (PET)
$\text{HO} \left[ \text{OC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_{10} - \text{CH}_2 - \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli(1, 4-cicloexilendime- tilentereftalato) (PCHDT)
$\text{HO} \left[ \text{OC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{O} - (\text{CH}_2)_2 - \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli(etilen-p-oxibenzoato)
$\text{HO} \left[ \text{OC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COO} - (\text{CH}_2)_4 - \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli(butilentereftalato) (PBT)
$\text{HO} \left[ \text{OC} - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}_2 - \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli(pivalolactona)

## 1.2 Historia de su desarrollo

Dos ingleses, John Rex Whinfield y el Dr. James T. Dickson, colaboradores de la firma Calico Printer's de Lancashire, iniciaron en 1940 el estudio de los ésteres de los ácidos ftálicos que les condujo a la preparación del tereftalato de polietilenglicol. Estos científicos tomaron como materia prima base el etilenglicol y como segundo componente por el dimetilester del ácido tereftálico, el dimetilterftalato o abreviadamente, el DMT. En 1941 lograron combinar ambas partes, a través de diversas fases de reacción, en una materia plástica, el tereftalato de polietilenglicol. Dicha sustancia funde a 256°C, puede hilarse como el nylon y el perlón y fue la materia prima de las fibras de poliéster.

Como sea que Calico Printer's no se había ocupado hasta entonces de la fabricación de fibras químicas y como no reunía condiciones químico-técnicas ni financieras tampoco para producir las prometedoras fibras de poliéster, el importante trust químico inglés ICI, Imperial Chemical Industries Ltd, de Londres, se hizo cargo de esta tarea costosa y difícil, pero que había de recompensar con creces sus esfuerzos. En el mes de enero de 1947 fabricó ICI las primeras fibras de poliéster a vía de ensayo. Estas fibras recibieron el nombre de TERYLENE deducido del ácido TERftálico y de ETYLENglicol. A principios de 1954 entró en funcionamiento en Gran Bretaña una planta con capacidad para producir 5000 toneladas anuales de la fibra.

Entre tanto, du Pont Co. había emprendido independientemente un programa de investigación sobre poliésteres y hacia 1945 había desarrollado un método práctico para preparar poli (etilentereftalato) (PET) a partir de dimetiltereftalato (DMT) y etilenglicol(EG).

La patente de aplicación USA, sobre PET, basada en el trabajo de Whinfield y Dickson, fue adquirida por du Pont a Calico Printers y posteriormente se registró a nombre de Du Pont. En 1953 se inició una planta para la fabricación de fibra de PET en Kinston, North Carolina (USA). La fibra de poliéster Du Pont se conoció con el nombre de Dacron.

Después del trabajo de Whinfield y Dickson y de la introducción de las fibras de poliéster, se realizó un amplio trabajo de exploración sobre las posibilidades del polímero en el campo de las fibras, filmes, plásticos y otros usos.

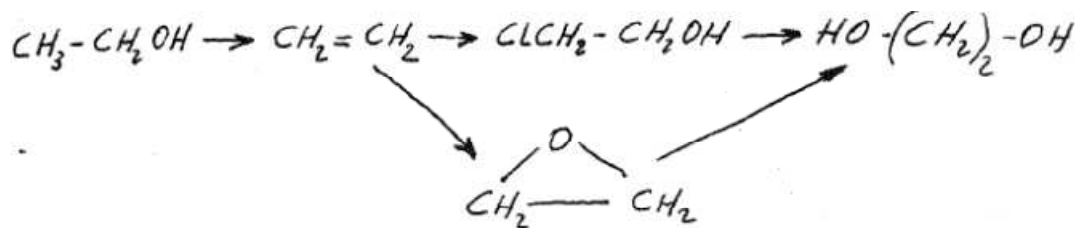
Otras fibras de poliéster se introdujeron en el mercado, una de ellas es la preparada a partir del poli (1,4-cicloexadimetilentereftalato) comercializada por Eastman en 1958 bajo la marca registrada Kodel II poliéster.

## 1.3 Preparación el polímero

### 1.31 Reactivos de síntesis

#### 1) Etilen glicol

El etilen glicol es producido por oxidación catalítica del etileno, el cual es obtenido del cracking del petróleo. Es muy importante que el glicol esté exento de impurezas coloreadas, agua, ácidos o halógenos.

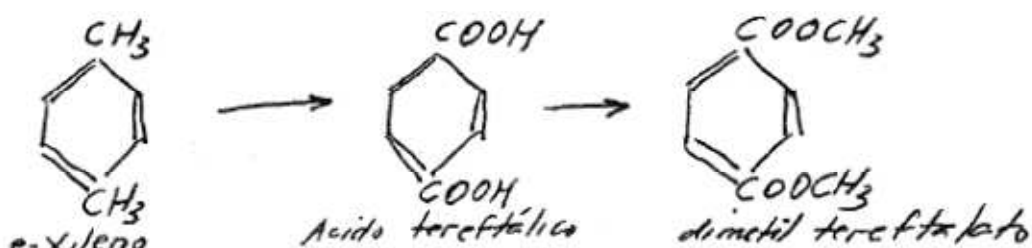


2) Acido tereftálico

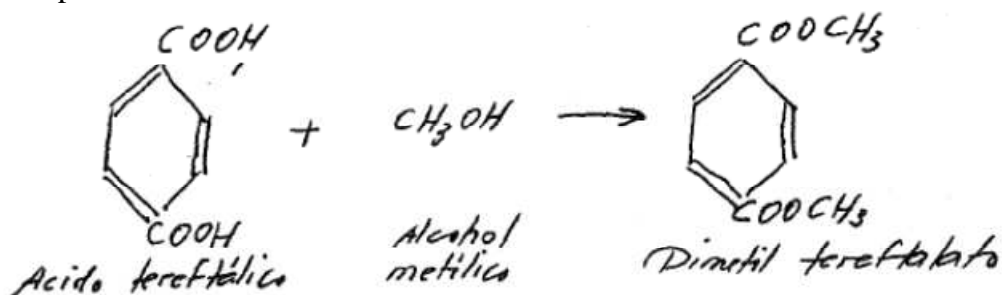
## 2) Acido tereftálico

El p-xileno se puede transformar en ácido tereftálico por la acción de oxidantes diversos, formándose ácido p-toluico como producto intermedio.

Los xilenos se obtienen de la fracción del petróleo rica en compuestos aromáticos y a partir de los productos procedentes de la destilación del alquitrán de carbón.



La purificación del ácido ofrece dificultades a causa de su alto punto de fusión y de su poca solubilidad. Aunque se puede purificar por recristalización de su sal amónica, durante mucho tiempo se consideró más práctico proceder a la transformación del ácido tereftálico en tereftalato de dimetilo. La esterificación se realiza por calentamiento con metanol en presencia de ácido sulfúrico.



## 1.32 Polimerización

El poliéster (PET) comercial se obtiene a partir del dimetiltereftalato (DMT) o del ácido tereftálico mediante un proceso en el que se distinguen claramente dos etapas.

En la primera se forma el denominado monómero "por transesterificación del DMT con glicol por esterificación del "AT con glicol. El resultado de la reacción correspondiente consiste en una mezcla de bis-hidroxietilentereftalato (BHET) y oligómeros cuyo tamaño no es superior al del pentámero (unidades repetidas).

La segunda etapa consiste en la polimerización del denominado monómero" hasta que se alcanza el peso molecular deseado. En esta reacción se separan etilenglicol y agua como productos secundarios.

En la práctica industrial las dos etapas mencionadas se realizan por procedimientos continuos o discontinuos.

### 1) Producción del "monómero"

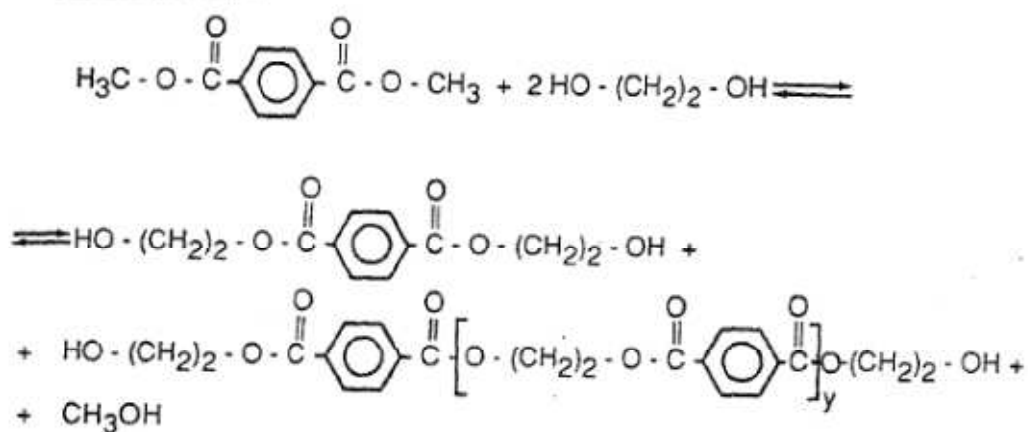
La mezcla DMT-etilenglicol se agita, se calienta por encima de 150°C y el metanol separado se elimina por destilación.

La esterificación del ácido tereftálico se realiza a gran velocidad cuando la temperatura es suficientemente alta (275°C), sin que sea necesario añadir catalizador, y únicamente requiere la eliminación de agua como producto secundario.

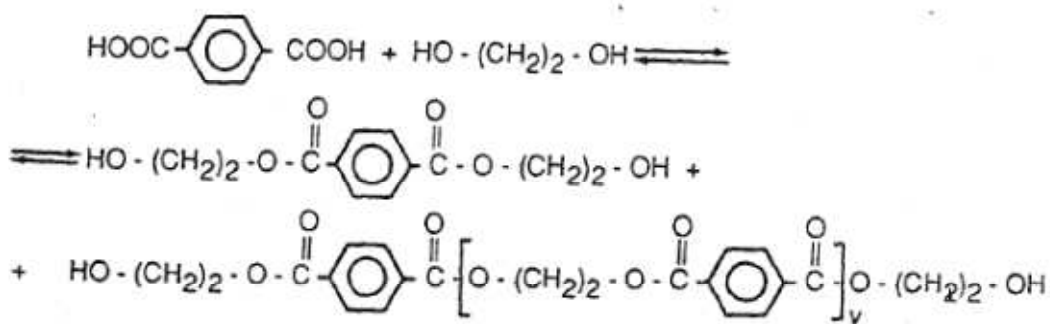
#### OBTENCION DEL POLI(ETILENTEREFTALATO)

##### Preparación del monómero

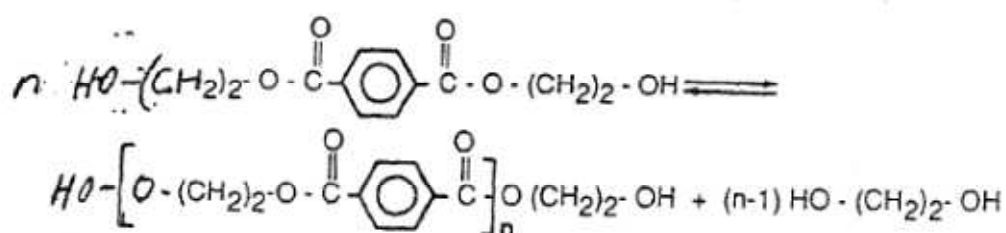
##### A partir del DMT



##### A partir del AT



##### Policondensación



## 2) Policondensación

La policondensación del "monómero" corresponde a una reacción de equilibrio que debe conducir a un polímero de alto peso molecular (10000-30000) cuando éste se tiene que transformar posteriormente en fibras. Para ello es necesaria una eficiente eliminación del etilenglicol como producto secundario y el empleo de un catalizador.

La temperatura de policondensación es de aproximadamente de 280QC, la presión parcial del etilenglicol en equilibrio con el polímero oscila entre 1 y 6 Torr y la viscosidad de la mezcla aumenta a medida que avanza la reacción para llegar a un fundido con una viscosidad de mas de 1000 poises.

El valor del grado de polimerización se deduce a partir de la viscosidad del fundido y, cuando se ha alcanzado al valor deseado, la reacción se detiene aplicando nitrógeno a presión para descargar el fundido por una ranura situada en la base del autoclave. El polímero se enfría rápidamente rociándolo con agua a medida que sale de la autoclave en forma de cinta, la cual se corta en pequeños trozos (granza, chips, pellets) para facilitar el transporte y la eliminación a las máquinas de hilar, después de haberlos secado y de haber procedido a una adecuada homogeneización.

Para obtener un polímero mate se añade del 0.1 al 0.5% del dióxido de titanio, según el efecto deseado.

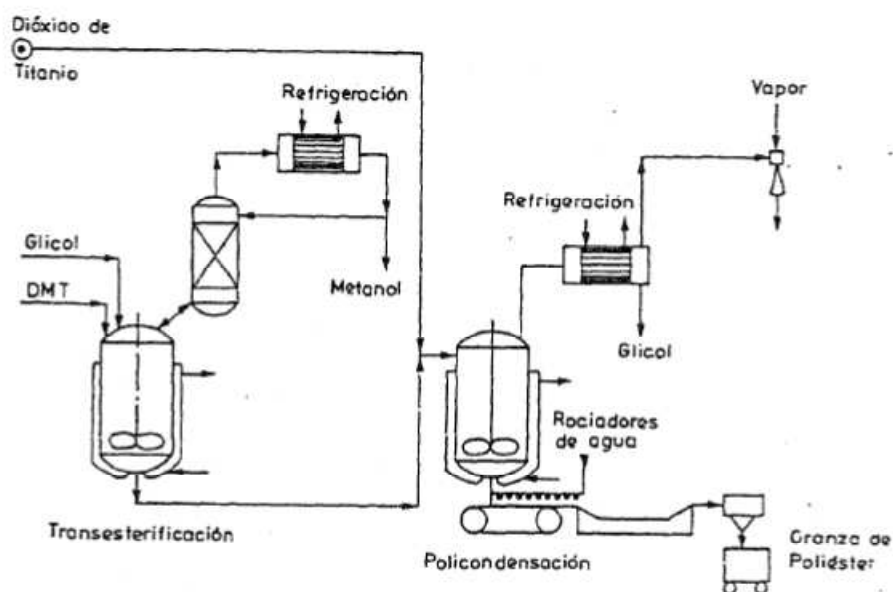


Fig.1 Polimerización discontinua a partir de dimetiltereftalato.

## 1.4 Hilatura

Todas las fibras de poliéster de importancia comercial se preparan por el procedimiento de hilatura por fusión, el cual implica:

- a) la preparación de un fundido
- b) la extrusión del fundido a través de los agujeros de la hilera
- c) la extensión de los chorros de polímero que emergen de los agujeros
- d) el arrollado de los filamentos solidificados en una bobina o en un mecanismo de recogida.

### 1.41 Preparación del fundido

Los pequeños trozos de polímero (granza, chips, pellets) se introducen en una rejilla o parrilla de fusión formada por un serpentín espiral de acero inoxidable calentado eléctricamente o mediante un fluido transmisor de calor. El polímero fundido pasa de la rejilla a un depósito situado debajo de ella y el volumen del fundido en este depósito se controla por la posición de la rejilla (Fig. 2)

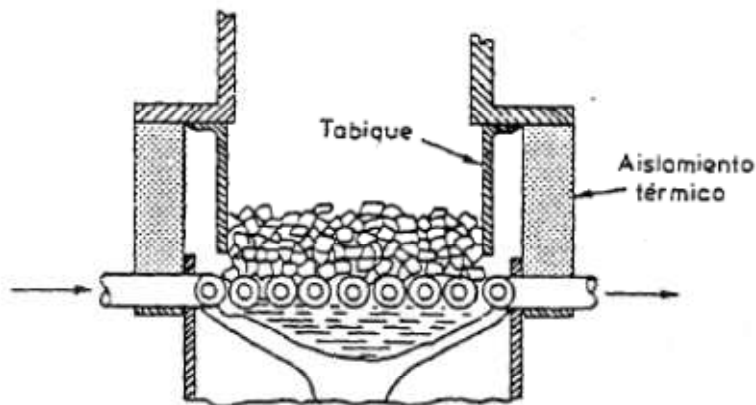


Fig.2 Parrilla de fusión

### 1.42 Extrusión e hilatura

El fundido pasa del depósito de fusión a unas bombas de engranajes dosificadoras y de éstas a un equipo de filtrado que consta de una serie de tamices metálicos finos o bien de capas de arena, o de otros materiales refractarios, de finura creciente, contenidos en tamices metálicos.



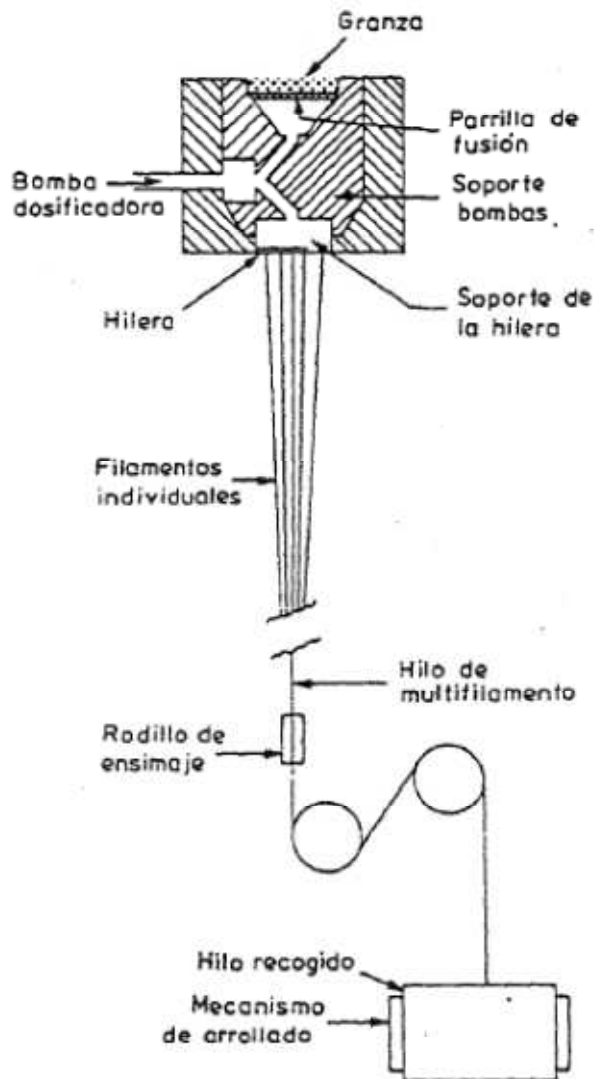


Fig.3 Esquema de la hilatura del poliéster

El polímero fundido pasa finalmente a la hilera. Estas hileras suelen consistir en discos de acero de 5-8 mm con agujeros cuyo tamaño y distribución deben garantizar un flujo de la máxima regularidad y un enfriamiento uniforme de los filamentos.

El chorro de polímero se solidifica rápidamente cuando entra en contacto con la atmósfera.

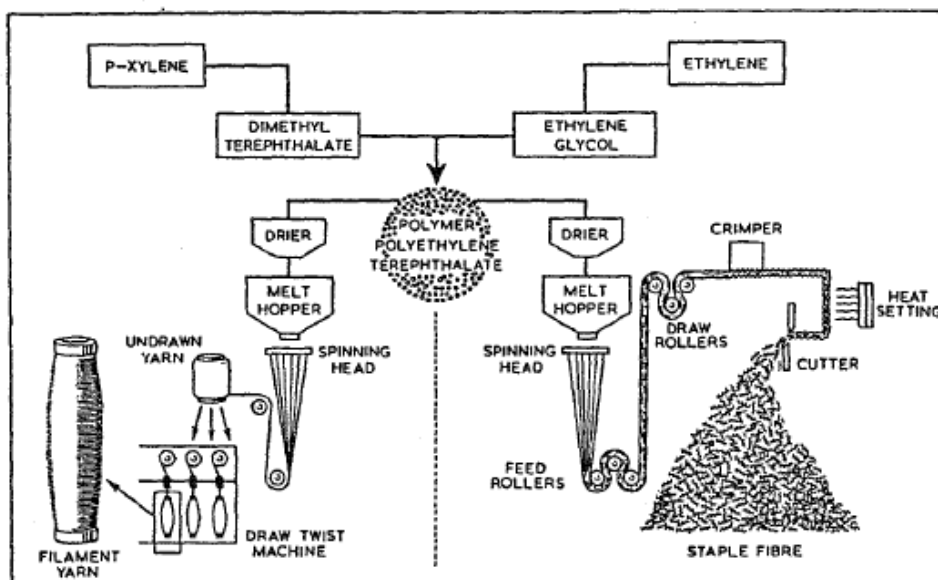
Los filamentos individuales, ya solidificados, convergen en una guía y pasan a la zona de aplicación del ensimaje antes de ser arrollados en el mecanismo de recogida. Cuando se trata de hilo continuo, el hilo se arrolla a velocidades de unos 1200 m/min sobre bobinas que trabajan a velocidad constante o bajo tensión constante.

### 1.43 Estirado

En el estirado se logra la orientación necesaria que se consigue haciendo pasar el conjunto de filamentos alrededor de rodillos que giran a diferente velocidad periférica. La relación de velocidades entre los rodillos estiradores y alimentadores determina la relación de estirado, la cual oscila entre 3 y 6 para las diferentes variantes de fibra e hilo continuo. Cuando se trata de hilo continuo la relación de estirado es del orden de 3.5 y, en cualquier caso, la relación elegida depende de la elongación, tenacidad, módulo, recuperación y resistencia a la abrasión del producto final, así como de la orientación previamente impartida en el proceso de hilatura.

El hilo continuo estirado es arrollado a unas velocidades de unos 1200 m/min sobre un soporte cilíndrico, con o sin torsión según que el equipo empleado corresponda a una estiradora-torcedora o a una estiradora-arrolladora, las bobinas resultantes pesan de 2-3 Kg. o mas y se preparan para su expedición al mercado o pasan a otra etapa de la que el hilo continuo sale presentado en forma de plegador.

En la fabricación de fibra cortada se procede a la formación de cables que contienen del orden de 250000 filamentos, a partir de los filamentos que emergen de varias cabezas de hilatura. El estiraje se realiza pasando el cable entre dos series de rodillos que giran a diferente velocidad. El hilo se calienta por encima de la temperatura de transición vítrea, ya que así resulta un estirado uniforme. El calentamiento puede realizarse de diferentes maneras utilizando vapor, agua caliente, rodillos calientes, rayos infrarrojos, etc. Después de estirado, y siempre sin interrumpir el proceso, el cable se riza en una cámara de embutición, se seca si es necesario y se fija térmicamente. Finalmente se embala en forma de cable o se corta a una longitud entre 38 y 150 mm y se expende en forma de flaca (Fig.4)



PET Polyester Fibre Flow Chart

Fig.4 Diagrama de flujo de la producción de PET

Cabe indicar que cuando el estiraje se aplica en dos etapas, cada una de ellas con una relación de estirado y una temperatura determinada, se consiguen fibras *con* mejores propiedades globales, mayor uniformidad, mayor velocidad en el estirado y una gran versatilidad en esta operación.

Si se realiza un segundo estiraje, que se suma al primero, se suele realizar a temperaturas altas, del orden de 200°C, interponiendo una placa caliente ligeramente curvada entre los rodillos alimentadores y estiradores.

#### 1.44 Nuevos procesos de estiraje

En estos últimos años se han desarrollado procesos de estiraje a alta velocidad que se simultaneaban con la etapa de hilatura en un proceso denominado de hilatura estirado. Las ventajas más importantes de estos procesos consisten en la mayor productividad y en la supresión de varias etapas con la consiguiente disminución en la manipulación del hilo. De este modo han resultado los denominados POY (pre-oriented-yarn) cuya utilización como materia prima en el proceso de estiraje-texturación ha crecido rápidamente en los últimos años.

Trabajando a 2000 m/min y 3500 m/min eran las más frecuentes. Trabajando a 2000 m/min resultan los MOY (medium-oriented-yarn) e hilados a 3500 m/min se obtienen los POY. Estas velocidades contrastan con las de los procesos normales de hilatura que se sitúan no muy lejos de los 1000 m/min. Los hilos POY son morfológicamente más estables que los MOY, pero estos tienen la ventaja de que su fabricación requiere variaciones menos profundas en las plantas de hilatura convencionales.

Cuando la velocidad de hilatura pasa de 3000 a 5000 m/min la producción aumenta del 20% al 25%,<sup>10</sup> que ha permitido desarrollos nuevos en este campo que justifican los esfuerzos de las productoras para llegar a producto los productos conocidos como HOY y FOY (high o full oriented yarn).

#### 1.45 Estructura fina

Prati y Sevens han indicado que mediante cuatro técnicas tales como: difracción de rayos X, birrefringencia y dicroísmo, espectroscopia IR de reflexión y análisis térmico diferencial con el que se puede determinar el grado de cristalinidad y el grado de orientación.

La fibra después de la extrusión presenta una estructura amorfa desorientada.

La fibra estirada en frío pasa a un modelo amorfo orientado.

La fibra extruida y tratada térmicamente tiene una estructura cristalina desorientada.

La fibra estirada en caliente o fibra estirada en frío y templada obtiene una estructura cristalina orientada.

Los hilos POY (pre-oriented-yarn) presentan una estructura muy diferente a la del poliéster convencional. Su estructura es bifásica con una fase amorfa orientada o

mesomorfa en una matriz amorfa desorientada y con una ausencia casi total de zonas cristalinas cuando la velocidad de recogida no es superior a 2500 m/min.

### 1.5 Propiedades físicas

Las propiedades más interesantes del PET radican en su elevada resistencia a la tracción, al calor y a los agentes químicos, así como al frote. Encoge con los tratamientos térmicos, pero es posible estabilizarle. NO absorbe agua, lo que si es una ventaja, puesto que la humedad no influya sobre él, es también un inconveniente por las dificultades que ofrece su tintura. Es fácil de lavar y seca rápidamente.

#### 1.51 Densidad

La densidad del Teryleno es de 1.38

#### 1.52 Resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura

La gran diversidad de propiedades de las fibras de poliéster recomienda clasificarlas en los tres grandes grupos siguientes:

- a) Hilo continuo de alta tenacidad
- b) Hilo continuo de tenacidad media
- c) Fibra. Dentro de este tipo se pueden considerar tres subgrupos que corresponden a los tipos standard, bajo pilling y de alta tenacidad.

Hay que tener presente que la fibra y el hilo continuo difieren en dos aspectos muy importantes:

- a) La fibra posee un rizado térmicamente fijado.
- b) La fibra cortada se somete a una estabilización o fijado térmico durante el proceso de fabricación, de modo que la fibra y el hilo continuo se comportan diferentemente al encogimiento.

Las propiedades de tracción del poliéster se indican en la Tabla 2 siguiente:

-----

**Parámetros de tracción de las fibras de poliéster (41)**

	Filamento		Fibra		
	Tenacidad alta	Tenacidad media	Tenacidad alta	Tenacidad media	Bajo pilling
Tenacidad seco (dN/tex)	5,8-7,3	3,6-4,5	5-5,9	3,6-4,5	2,3-3,2
Tenacidad húmedo (dN/tex)	5,8-7,3	3,6-4,5	5-5,9	3,6-4,5	2,3-3,2
Tenacidad rotura (dN/tex)	7-10	4-5	-	-	-
Tenacidad rotura medio (dN/tex)	7-10	4-5	-	-	-
Alargamiento rotura (%)	8-11	15-30	20-30	30-50	-
Módulo inicial (dN/tex)	100-120	90-105	75	25-55	-
Rigidez media (dN/tex)	59	25	-	10,5	-
Trabajo de rotura medio (dN-cm/tex-cm)	0,295	0,454	-	0,554	-

### 1.53 Resistencia al frote

La resistencia a la abrasión del poliéster standard es muy superior a la de la mayor parte de las fibras textiles, siendo sobrepasada únicamente por la del nylon. No obstante, debe señalarse que la resistencia a la abrasión de las variedades de bajo pilling es inferior a la de la fibra standard y similar a la de la lana.

### 1.54 Pilling

El pilling es el fenómeno por el cual se forman en la superficie de los tejidos pequeños nudos o bolitas (pills) que influyen negativamente en el aspecto exterior de las prendas de vestir. Estas bolitas se forman por enmarañamiento de fibras que han migrado del interior del hilo a su periferia.

Cuando menor es la resistencia de la fibra, más rápida será la eliminación de la pelusa o vello fibroso inicial antes de que se llegue a enmarañar, y más rápida será también la eliminación de las bolitas formadas por enmarañamiento. Este fenómeno de pilling se

presenta muy acusado en los artículos de poliéster a causa de sus excelentes propiedades resistentes, por lo que constituye la fibra que presenta más problemas a fabricantes y acabadores textiles.

Para evitar el pilling se utilizan varias técnicas que se basan en:

- a) Eliminar los extremos de fibras localizados en la superficie del tejido.
- b) Limitar la continua formación de vello durante la inhibición de la migración de la fibra a la superficie del tejido. Esto se consigue mediante resinas reticulantes, termofijado también limita esta migración.
- c) Debilitar las fibras por métodos químicos, de modo que tanto el vello original como las fibras que han originado el pilling puedan separarse con más facilidad de la superficie del tejido.

#### 1.55 Absorción de humedad y electricidad estática

La absorción de humedad por las fibras de poliéster es muy baja, ya que en una atmósfera standard sólo absorben el 0.4%. La absorción de humedad de las fibras de poliéster no aumenta mucho, en términos absolutos, con la humedad relativa, puesto que cuando ésta es del 100% la absorción no pasa del 1%.

La retención de agua por imbibición-centrifugación oscila entre el 2 y el 5% y la tasa comercial de humedad de las fibras de poliéster es del 1.5% (multifilamento) o del 3% (floc), según las indicaciones ISO.

La baja tasa de humedad de las fibras de poliéster es considerada como una ventaja ya que se seca rápidamente después del lavado. Pero esto presenta como desventaja de esta fibra la inhibición a la transpiración, pues al no absorber el sudor no puede ser transferido al exterior por su evaporación.

Las fibras de poliéster presentan un deficiente comportamiento con respecto a la generación de electricidad estática a causa de su baja absorción de agua y por su baja conductividad eléctrica. Este inconveniente se puede aliviar aplicando en la planta de producción de la fibra productos de ensimaje con propiedades antiestáticas y acabados hidrófilos en las operaciones finales.

#### 1.56 Tratamientos térmicos del poliéster

Una de las operaciones más importantes es el termofijado. En esta operación las fibras de poliéster adquieren un fijado permanente cuando se las conforma a altas temperaturas en una posición determinada. La importancia de esta propiedad radica en que, si bien presentan una buena estabilidad al lavado, los tejidos de poliéster NO termofijados se encogen cuando se les seca en un tambor, cuando se les plancha o cuando se les somete a un prensado. Este encogimiento puede ser transmitido a las otras fibras de una mezcla en la que formen parte.

El termofijado mejora la estabilidad al calor seco, por lo que contribuye mucho a la estabilidad dimensional y a la resistencia a las arrugas de los tejidos de poliéster.

Durante el termofijado se produce una cristalización secundaria en el poliéster, el cual se traduce en un aumento de la rigidez de la fibra y puede modificar negativamente el tacto de los tejidos al volverse éstos más encrespados.

El termofijado puede realizarse bajo presión en una atmósfera de vapor o con calor seco. Cuando se usa vapor se puede producir una cierta hidrólisis de los grupos éster de las moléculas componentes de la fibra, de modo que puede resultar una disminución de la resistencia a la tracción. Esta es la razón por la que casi siempre se termofija en seco.

Las condiciones de termofijado de los tejidos de poliéster son a temperaturas de 160° a 210° y tiempos que oscilan entre 30 segundos y 2 minutos. Como norma general, el termofijado debe realizarse a una temperatura superior en 25-30°C a la de la máxima estabilidad deseada.

El termofijado de los tejidos de hilo continuo de poliéster puede realizarse:

- a) Entre el descrudado y la tintura
- b) Antes del descrudado y de la tintura y
- c) Después del descrudado y de la tintura.

Esta operación de termofijado se realiza en las máquinas rames.

#### 1.57 Comportamiento a la llama

Cuando la fibra de poliéster se pone en contacto con una llama, el extremo de la fibra se contrae y funde formándose una gotita o bola que inflama con dificultad. En el caso de que lo haga, la bola arde con una llama fuliginosa, desprendiendo un olor aromático. No obstante, en la mayor parte de los casos, las bolitas, las cuales pueden arder, se separan del hilo o tejido, de modo que éstos no mantienen la combustión.

#### 1.58 Lavado

La temperatura de lavado deber mantenerse tan baja como sea posible, de manera que el lavado doméstico debe realizarse a no más de 40-50°C, aunque temperaturas más elevadas pueden ser adecuadas en las lavanderías industriales. Las fibras de poliéster son termoplásticas y pueden arrugarse por encima de 40-50°C. Si se enfrían en su condición arrugada, las arrugas persisten y sólo desaparecen mediante un planchado. La tendencia al arrugado es mucho menor cuando el baño de aclarado se enfría gradualmente, desde la temperatura de lavada a la temperatura de agua fría.

Los artículos de poliéster que se han lavado correctamente requieren poco o ningún planchado. No obstante, la temperatura de planchado recomendada se sitúa entre 135° y 150°C.

#### 1.59 Acción de la intemperie

Cuando las fibras se exponen a la acción de la intemperie son diversos los factores que influyen e interaccionan en la intensidad de la degradación resultante. Así pues puede influir la duración de la exposición, si ésta tiene lugar directamente o detrás de un vidrio, la intensidad y composición de la luz solar, la presencia de oxígeno, la humedad y la temperatura. En el caso de las fibras químicas, la influencia de aditivos tales como el dióxido de titanio que actúa como acelerante del ataque producido por la luz.

Así pues, según las conclusiones de Horsfall se puede indicar lo siguiente:

- a) Los hilos más sensibles a la luz son los que poseen más mateante, de modo que en el caso del poliéster los hilos intensamente mateados pueden comportarse deficientemente cuando se les utiliza sin teñir o teñidos con un colorante inadecuado ...
- b) Cuando se trata de exposiciones directas e independientemente de la intensidad del mateado, el poliéster es muy sensible a la luz, sobre todo cuando se trata de tejidos ligeros.

Los tejidos de poliéster son considerablemente más resistentes a la luz que los de poliamida.

## 1.6 Propiedades químicas

### 1.61 Acción del agua

Tanto un tratamiento con agua a ebullición a la presión atmosférica como con vapor a presión se produce un ataque por hidrólisis de los grupos éster, lo que ocasiona un acortamiento de la cadena polimérica y, consecuentemente, una disminución de la resistencia de la fibra a los esfuerzos de tracción.

Este comportamiento del poliéster es la causa de que en el fijado que sigue al estiraje post-hilatura y en el termofijado del poliéster se prefiera el calor seco al calor húmedo, y de que cuando se recurre a éste sea necesario adoptar las máximas precauciones.

### 1.62 Acción de los ácidos

El poliéster presenta una excelente resistencia a los ácidos inorgánicos corrosivos a concentraciones diluidas ( $H_2SO_4$ , HCL,  $HNO_3$  y  $H_3PO_4$ ), así como a los ácidos orgánicos en condiciones más energéticas. La acción concreta depende de la concentración del ácido y de la temperatura y tiempo de actuación. Así pues, estos ácidos apenas modifican la resistencia del poliéster cuando actúan a temperatura ambiente y su concentración no pasa del 30%.

### 1.63 Acción de los álcalis

La fibra de poliéster posee una adecuada resistencia a los álcalis, especialmente los utilizados en los procesos de lavado. Sin embargo los álcalis fuertes atacan la superficie de la fibra, mientras que el amoníaco y algunas bases orgánicas penetran en el interior de la estructura, atacando la fibra y empeorando sus propiedades físicas.

Un tratamiento de acabado de los tejidos de poliéster con álcalis fuertes permite conseguir el tacto y el aspecto de la seda natural cuando la pérdida de peso es del orden del 20% en baños de sosa cáustica del orden del 4%, aproximadamente. Mediante tratamientos alcalinos de menor intensidad se puede mejorar la hidrofiliidad de la fibra, el comportamiento al pilling y la eliminación de la suciedad.



### 1.64 Acción de los oxidantes y reductores

Las fibras de poliéster presentan una excelente resistencia a los productos tradicionalmente utilizados en el blanqueo textil, a los tensioactivos utilizados en los procesos de lavado y a los agentes reductores.

La blancura de los artículos de poliéster puede mejorar algo tratándolo en un baño que contenga 2-3 g/l de clorito sódico, a pH 3-4. Otros agentes blanqueantes (hipoclorito, peróxido) no resultan efectivos y los mejores resultados se consiguen recurriendo a blanqueantes ópticos.

Casi toda la fibra discontinua de poliéster en sus mezclas con algodón contiene blanqueadores ópticos, añadidos en la etapa de preparación del polímero o incorporados por aplicación local al sustrato (hilo o tejido) correspondiente.

### 1.65 Tintura del poliéster

El poliéster se llega a teñir mediante la aplicación de los colorantes dispersos los cuales se disuelven en la estructura del sustrato fibroso. Entre la fibra y el baño de tintura se establece un equilibrio que se rige por la ley de difusión de Henry, hasta que se alcanza la concentración de saturación.

La velocidad de difusión en las proximidades de los 100°C puede aumentarse incorporando al baño de tintura diversas sustancias aromáticas conocidas como transportadores (carriers). Esta velocidad de difusión de los colorantes dispersos puede aumentarse también elevando la temperatura por encima de los 100°C. Todo ello es necesario para conseguir la tintura del poliéster con matices medios e intensos. Otro proceso de tintura es el procedimiento Termosol, en el que se recurre al calor seco para aumentar la difusión de los colorantes. En este caso se procede inicialmente a una impregnación y después a un fijado del colorante mediante un calentamiento.

La tintura en masa del poliéster con colorantes solubles en el polímero y pigmentos estables al calor va adquiriendo gradualmente una mayor importancia, pues permite aumentar el valor añadido de los productos ofrecidos por las productoras de fibras.

### 1.66 Oligómeros

El contenido de oligómero de una fibra de poliéster depende de las condiciones que regulan el proceso, de modo que diferentes líneas de fabricación, de la fibra o diferentes tipos y lotes de la misma línea pueden diferir en el contenido de trímero cíclico (0.5-2%). Por otra parte, la intensidad con que el trímero exuda a la superficie de la fibra depende de las diferentes etapas del proceso de fabricación y de transformación de la fibra.

El estirado, la texturación y el termofijado influyen en el comportamiento de los oligómeros en el proceso húmedo del poliéster como es la tintura.

En la tintura el factor que más influye en la separación de los oligómeros de la fibra es la temperatura. Cuando ésta es lo suficientemente alta, los oligómeros extraídos se mantienen en suspensión en el baño de tintura. Por el contrario, una temperatura

demasiado baja puede insolubilizar los oligómeros sobre la fibra e sobre el equipo de tintura, con los problemas que acarrea.

Hay que tener en cuenta que los oligómeros pueden llegar a formar una fina capa o incrustación en forma de polvo en las partes de la máquina que están en contacto con el baño de tintura. Este polvillo de los oligómeros pueden producir un desgaste adicional en los guía -hilos, agujas, p1atinas, etc. de las máquinas correspondientes.

#### 1.67 Acción de los disolventes

Las fibras de poliéster presentan una buena resistencia a casi todos los disolventes utilizados en la limpieza en seco. Cuando las fibras experimentado un termofijado completo, los disolventes orgánicos normales sólo ocasionan pequeños cambios; sin embargo, cuando existe una importante proporción de materia no cristalina el cloruro de metileno y el cloroformo producen un alto encogimiento, incluso a temperatura ambiente. Por otra parte, algunos disolventes orgánicos a concentraciones adecuadas actúan como agentes hinchantes y (o) plastificantes, facilitando en el proceso de tintura la penetración del colorante en la fibra de poliéster.

Los disolventes que más modifican las propiedades mecánicas de los hilos de poliéster que corresponden a sus parámetros de tracción son la dimetilformamida, nitrometano, acetonitrilo, nírobenceno, acetona, dioxano, tricloroetileno, tetracloroetano y cloruro de metileno.

El fenol y sus homólogos se comportan como disolventes o como medios hinchantes de las fibras de poliéster de acuerdo con su concentración y temperatura.

Las fibras de poliéster se disuelven también en los ácidos mono-di y tricloro acético por encima de su punto de fusión (63,10 y 55°C, respectivamente).

El exaflurisopropanol disuelve también el poliéster a temperatura ambiente.

Otros disolventes que disuelven al poliéster en su punto de ebullición son los siguientes: tetracloroetano, dimetilformamida, ciclohexanona, alcohol bencílico, nitrobenceno, naftaleno, difenilo u dimetilftalato.

#### 1.68 Identificación

El análisis elemental de las fibras de poliéster convencionales revela la ausencia de cloro y de nitrógeno, al igual que en las de diacetato, poli (alcohol vinílico y poliolefinas, las cuales se agrupan todas como fibras termoplásticas a baja temperatura (Temperatura de fusión inferior a 337°C)

Las fibras de poliéster difieren de las anteriores en que permanecen insolubles después de tratarlas sucesivamente con los reactivos que se indican:

- a) Solución acuosa de acetona al 70% (v/v), en la que se disuelve las fibras de acetato de celulosa.
- b) Acido acético glacial, que disuelve el triacetato de celulosa

- c) Acido clorhídrico 5 M a 65°C, que disuelve las fibras de polialcohol vinílico.
- d) Xileno comercial a ebullición, que disuelve las fibras de poliolefinas.

Para distinguir entre fibras de poliéster de diferente tipo puede procederse a determinar densidad y punto de fusión. Así el poli (etilentereftalato) (PET) tiene una densidad de  $1.38 \text{ g/cm}^3$  y punto de fusión de 250-260°C y el Poli (1,4 ciclohexilendimetilentereftalato (PCHDT) (Ver fórmula química en la Tabla I) tiene una densidad de  $1.23 \text{ g/cm}^3$  y punto de fusión de 290-295°C.

Otro ensayo es poner una pequeña cantidad en un tubo de ensayo con ácido ortofósforico calentado a ebullición (215°C) y mantener a esta temperatura durante no más de 1 minuto. Las fibras de PET y PCHDT permanecen inalteradas, en tanto que todas las demás fibras convencionales diferentes a los poliésteres se disuelven con decoloración, funden o se contraen formando una masa parda gelatinosa.

Si se trata de fibras de poliéster modificadas que pueden ser teñidas con colorantes básicos pueden distinguirse de las convencionales mediante el ensayo de coloración con Shirlastain E. Las teñibles con colorantes básicos adquieren una coloración rosa y las no teñibles con estos colorantes no se colorean.

Las mezclas de Poliéster / fibra celulósica pueden resolverse por disolución del componente celulósico en ácido sulfúrico del 75% a la temperatura de  $50 \pm 5^\circ\text{C}$ , durante 1 hora y relación de baño de 1/200.

Las mezclas de lana/poliéster puede cuantificarse disolviendo la lana, y otras proteínicas, en una disolución 1 M de hipoclorito sódico a temperatura ambiente, durante un tiempo de 30 minutos y relación de baño 1/100.

Las fibras acrílicas pueden separarse de sus mezclas con fibras de poliéster por disolución con dimetilformida a una temperatura comprendida entre 90 y 95°C durante 1 hora y relación de baño 1/100.

### 1.7 Ataques y alteraciones y toxicología

La fibra de poliéster no es tóxica, no derivándose enfermedad alguna del contacto permanente del mismo con la piel. Si en algunos casos se produce dermatitis, se debe al colorante, apresto y en especial al transportador utilizado en la tintura y no eliminado después de la misma.

Los mohos y bacterias no atacan las fibras de poliéster pero debe tenerse en cuenta que estos microorganismos pueden desarrollarse incluso en presencia de cantidades muy pequeñas de contaminantes, produciendo un manchado de la fibra (ligera coloración).

## 1.8 Variedades comerciales

En el mercado la fibra de poliéster se presenta en forma de lo siguiente:

### a) floca

Poliéster algodónero de 1.3 a 3 dtex, longitudes de corte 38 y 60 mm, y tenacidades del orden de 4.5 cN/dtex.

Estos productos se suelen ofrecer en tipos brillantes, micromates o semi-mates. Otras variedades corresponden a tipos con blanco óptico, extrablancos, tenacidad normal o alta, bajo alargamiento, bajo encogimiento, además de los correspondientes a los tipos química o físicamente modificados.

Poliéster lanero (estambre y lana de carda) de 3.3 a 6.7 dtex y longitudes de corte entre 60 y 150 mm.

También se suele presentar en forma de cable o de mecha. Se presenta en sus variaciones mate, semi-mate, brillante y de bajo encogimiento, además de los tipos modificados química o físicamente.

Poliéster para alfombras de título entre 6.7 y 17.7 dtex, destinándose tejidas en telares anchos.

Fibra para relleno con títulos entre 6.7 y 12 dtex y longitudes de corte de unos 60 mm.

### 2) Hilo continuo (hilos de multifilamento)

Los más frecuentes oscilan entre 50/18 y 167/30 (número en dtex/número de filamentos).

Se suelen presentar como hilos paralelos, hilos paralelos encolados, hilos paralelos torcidos, hilos crepé e hilos texturados (set.set y stretch y stretch)

Existen tipos brillantes, mates, de sección transversal trilobada o multilobulada, alto y bajo encogimiento. Para la industria de la texturación se fabrican los tipos convencionales y los POY (preoriented yarn) y los MOY (medium oriented yarn). Más recientemente son los hilos FOY y MOY (full o high oriented yarn)

### 3) Hilos industriales

Son los hilos continuos de alta tenacidad para aplicaciones que requieren alta resistencia, alto módulo y baja deformación permanente (bajo flujo). Los títulos suelen oscilar entre 925 y 1850 dtex y el título individual entre 5 y 10 dtex.

### 4) Telas spunbonded

Son las que se utilizan para forrería, forros de zapatos, telas para recubrir, aislamientos eléctricos y geotextiles.

## 1.9 Aplicaciones

Las aplicaciones del poliéster, tanto en filamento continuo como de la fibra cortada, se pueden utilizar en la fabricación de la casi totalidad de las prendas de vestir. Solas o mezcladas con lana, algodón, fibrana, modal, lino u otras fibras, permiten preparar una amplia gama de prendas duraderas al uso, confortables, de fácil cuidado, con alta estabilidad dimensional y de forma al uso, y excelente resistencia a las arrugas.

Hay que tener presente que la fibra de poliésteres, en la mayoría de los casos, la fibra sintética elegida para aportar resistencia y fácil cuidado a las mezclas con fibras naturales (lana, algodón, lino) o de polímero natural (fibrana, modal), aportando éstas el confort al uso del que carecen las fibras de poliéster y que es conveniente o imprescindible en muchos campos de aplicación.

Por su parte, la resistencia y estabilidad dimensional de los hilos de multifilamento permiten fabricar artículos ligeros de bajo peso, tales como tules, velos, tafetán, satenes, brocados, organdíes y tejidos para vestidos delicados que se lavan con facilidad y retienen su forma y aspecto. Ello explica la penetración del poliéster en artículos tales como corbatas, ferrería, lencería femenina. A estas aplicaciones habría que añadir las correspondientes al poliéster texturado en muchos campos de la indumentaria.

En la fabricación de prendas femeninas se puede mencionar el empleo de mezclas de poliéster/algodón para vestidos, blusas y prendas deportivas, sobre todo a partir de los tejidos de doble ancho, batista y popelín.

En el campo de la indumentaria masculina se pueden citar los pantalones, camisas y trajes fabricados con poliéster 100%, los artículos doble ancho de poliéster/algodón y poliéster/fibrana en sargas y popelines para pantalones.

Como artículos típicos para niños deben mencionarse las mezclas poliéster/algodón con propiedades de planchado permanente.

Con las fibras de poliéster se fabrican artículos para cortinas, tapicería y decoración. Constituyen un excelente material para el relleno de almohadas, colchas, sacos de dormir, etc.

En el sector industrial cabe mencionar las aplicaciones correspondientes a los hilos de multifilamento de alta tenacidad y de una gran parte de las telas no tejidas a base de filamento continuo o de fibra cortada.

Los tejidos cauchutados de poliéster de alta tenacidad son especialmente adecuados para fabricar teleras transportadoras de grandes dimensiones, gracias a la resistencia a la tracción, escaso alargamiento y gran estabilidad dimensional.

El hilo de multifilamento de poliéster de alta tenacidad y alto peso molecular ha merecido una gran aceptación como material para cord (especie de cuerda de refuerzo) de neumáticos. Otras aplicaciones son como mangueras para incendios y tubos para el transporte, en sectores tales como servicios de extinción de incendios y de auxilios en catástrofes, industrias química, petroquímica y de la construcción, explotación de minas y transporte.

En resumen "sus inmejorables características de resistencia a la tracción (alto módulo de elasticidad), buena resistencia a la abrasión, excelente estabilidad dimensional y de forma, gran resistencia a las arrugas, buena resistencia a la luz, buena resistencia a los ácidos, buena resistencia al uso a temperaturas relativamente altas y fácil cuidado, hacen del poliéster una fibra que, dentro el ramo textil, no tiene sector prohibido.