

---

# Hilados de lana con fibras texturadas de poliéster<sup>(△)</sup>

F. López-Amo (\*)

A. Naik (\*\*)

Palabras clave: reología, fricción, eludancia, compacidad, confort térmico.

## 0.1. Resumen

A partir de un proceso de hilatura de simil-peinado, se trata de obtener algunos hilados de mezcla de lana con fibras de poliéster texturado, en distintas proporciones. Considerando las propiedades de estas fibras texturadas, se construyen tejidos de altos confort y poder aislante, estudiándose el comportamiento dinamológico de la mezcla de fibras y el reológico de la vena fibrosa durante el estirado. Se analizan las características de los hilados y los tejidos obtenidos.

(Wool polyester textured fibres yarns).

Key-words: rheology, friction, eludence, compacity, thermal comfort.

## 0.2. Summary

Employing a "simil-worsted" spinning system, blended yarns of wool with textured polyester fibres in different proportions are spun. Taking into consideration the properties of textured fibres, high comfort and insulating fabrics were knitted. The tensile behaviour of blended fibres and the rheology of the fibrous vein during drafting was studied. **Finally yarn and fabric characteristics were analysed.**

(Filés de laine avec des fibres texturées de polyester).

Mots-cles: rhéologie, friction, érudance, compacité, confort thermique.

## 0.3. Résumé

Des filés de laine en mélange avec des fibres de polyester texturée en plusieurs proportions, sont obtenus à partir d'un processus de filature "simil-peigné". En attendant les propriétés de ces fibres texturées, on a construit des tissus de grand confort et bon pouvoir isolant. On étudie le comportement dynamologique de cette mélange de fibres et celui rhéologique de la veine fibreuse pendant son étirage; et on analyse les caractéristiques des filés et des tissus obtenus.

---

(△) Trabajo presentado al Comité Técnico (Rap. n.º 5) de la Federación Lanera Internacional, en Barcelona, 1985 mayo. - Ya publicado en Bull. Scient. ITF, Vol. 14, 1985, n.º 56.

(\*) Dr. Ing. Federico López-Amo Marín. Colaborador de este Instituto. Catedrático jubilado de la Universidad Politécnica de Catalunya.

(\*\*) Dr. Ing. Arún Naik Kardile. Jefe de los Laboratorios de "Estructuras Textiles Laminadas" y "Microscopía Textil", de este Instituto. Profesor Titular de Universidad (U.P.C.).

---

## 1. INTRODUCCION

Las fibras químicas, al contrario que las naturales, se producen sobre una longitud indefinida aunque después puedan ser cortadas a voluntad. Sus parámetros dimensionales son fijados por el productor, y ellos dan ciertas condiciones de hilabilidad. Pero los hilados de fibras naturales ofrecen algunas ventajas sobre los otros, como un mayor confort, un tacto más agradable y un mayor poder aislante gracias, por una parte, a la menor densidad del hilado, y por otra, a la vellosidad que produce una especie de "capa limitrofe" entre un tejido y otro, o entre un tejido y la piel.

Hace bastantes años que se viene mezclando la lana con otras fibras para conseguir algunos efectos sobre los tejidos resultantes. Naturalmente, deben conocerse las propiedades particulares de cada fibra y su influencia sobre los parámetros del producto buscado. Las fibras de poliéster previamente texturadas abren una perspectiva a este respecto. Ya hemos realizado en otra ocasión algunas experiencias mezclándolas con algodón.

## 2. OBJETIVOS

Como objetivo general, pretendemos una investigación experimental de esta posibilidad de hilar la mezcla de lana con poliéster texturado. Pero perseguimos también: 2.1.) el estudio del comportamiento de esta mezcla frente al proceso de hilatura; 2.2.) el estudio de la influencia del proceso sobre la estabilidad del rizado de las fibras; 2.3.) la evaluación de la influencia de las características de las fibras sobre las propiedades de los hilados; 2.4.) la evaluación de los diferentes parámetros de los tejidos de malla a punto liso o "single jersey".

## 3. APTITUD PARA LA HILATURA

La finura de las fibras, el rizado y las otras características morfológicas, determinan básicamente las propiedades del producto textil.

El rizado de las fibras, durante los estirados, produce una situación especial impidiendo el rozamiento integral de su totalidad, pero dando lugar a ciertos "enganches". Por ésto precisamente hemos querido considerar el coeficiente de **eludancia**<sup>2) 3)</sup> en lugar del coeficiente de rozamiento.

La eludancia sería un rozamiento complejo de aplicación más práctica en hilatura. El rizado original de la lana, las convoluciones de la fibra de algodón, han sugerido el que a las fibras químicas se las pueda dotar de un rizado que las presente más aptas para el proceso de hilatura, puesto que su superficie es generalmente lisa. Las fibras como éstas, que tienen una cierta longitud limitada y que son rizadas, contribuyen a proporcionar a los tejidos unas propiedades estéticas y de confort.

Los procedimientos mecánicos para rizar las fibras químicas no prestan una buena estabilidad al rizado. Es la texturación por torsión fugaz, mantenida por termofijación, el método que ha podido dar esa estabilidad buscada. Claro está que los filamentos bicompuestos, por extrusión mixta, sí que tienen una ondulación permanente.

## 4. MATERIAS EMPLEADAS

Para la mezcla con la lana en nuestro trabajo, hemos tomado un poliéster texturado, y también otro poliéster no texturado, con el fin de establecer una comparación. La texturación ha sido realizada con hilo **PES 16'7 tex f 34**, sobre una máquina a doble horno, a torsión fugaz de sentido S. Un conjunto de estos hilos han sido reunidos para formar un cable, y éste

pasa por una especie de "converter" que nos produce fibras texturadas de unos 80 mm siendo su finura de 4'9 dtex. Estas fibras forman una cinta peinada de 2'8 ktex. Como poliéster no texturado hemos tomado una cinta peinada de 2'6 ktex. Hemos establecido las doce mezclas siguientes: La lana australiana 74's (19  $\mu$ m, 3'6 dtex), 80 mm, sobre cinta peinada de 2'6 ktex.

**TABLA 1**

Mezcla n.º	Lana %	PES text %	PES no text %
1	90	10	
2	67	33	
3	50	50	
4	33	67	
5	10	90	
6	90		10
7	67		33
8	50		50
9	33		67
10	10		90
11	100		
12			100

Las características de estas tres fibras quedan presentadas en la Tabla 2.

De entre todas estas propiedades, se debe llamar la atención sobre el comportamiento dinámico y el comportamiento reológico de las cintas y de las mechas, es decir, de las venas fibrosas.

## 5. COMPORTAMIENTO DURANTE EL PROCESO

Puesto que se trata de una mezcla de fibras, el comportamiento dinámico de los hilados obtenidos depende del de las fibras componentes. Por éso, los dinamogramas, las curvas de carga/deformación, deben ser muy tenidas en cuenta. Si el hilado estuviera formado por una sola materia, el caso sería bien simple. Pero si son dos las materias componentes, el resultado puede presentarse un tanto variado. La Fig. 1 corresponde al caso ideal en que las dos fibras componentes tienen un mismo alargamiento de rotura, y en consecuencia, la carga de rotura del hilado es una función directa de la suma de las cargas de las fibras componentes. Pero el resultado es diferente si los alargamientos de rotura no son iguales (Fig. 2), puesto que el hilado se romperá cuando se llegue al alargamiento de la fibra menos extensible, lo que dará un valor de rotura parcial, seguido de otro para la rotura total. En cuanto al comportamiento reológico de una vena fibrosa sometida a un esfuerzo de tracción (estático, sobre un dinamómetro; dinámico, sobre un tren estirador), viene interpretándose el movimiento relativo de las fibras, unas con respecto a otras, como un fenómeno de "cohesión", si se acepta como tal el conjunto de fuerzas y de

circunstancias que dan lugar a una cierta consolidación de la vena. Pero nos parece más adecuada otra interpretación <sup>2)</sup>: la de explicar esta consistencia o consolidación y estos movimientos en razón del rozamiento interfibrilar que se presenta como un fenómeno complejo, a consecuencia de los puntos de las fibras (que cambian constantemente) sometidos a contacto; a consecuencia de los cambios de dirección y hasta de sentido en el movimiento de las fibras; a consecuencia, en fin, de las variaciones de **compacidad** dentro de la vena, lo que se traduce en variaciones de compresión entre las fibras <sup>3)</sup>.

La operación de **estirado** en hilatura es una acción reológica que se produce sobre el flujo acelerado de una vena fibrosa (cinta o mecha), dentro de la cual el comportamiento de las fibras es función de sus propios parámetros, de los de la vena y de las condiciones impuestas por el sistema fluente. Y esta acción produce sobre la vena:

5.1, una mayor orientación y una rectificación de las fibras, con aumento de su paralelismo y del área de contacto entre ellas.

5.2, una **estricción**, disminuyendo la población seccional de fibras.

Pero la acción reológica en el estirado es un fenómeno de rozamiento entre las fibras dentro del campo estirador, donde hay que vencer la resistencia al deslizamiento gracias a una fuerza, la fuerza de estirado, que hemos llamado "tribocarga" <sup>2)</sup>. A la tribocarga específica, en relación con el título de la vena, la hemos llamado tribocidad, y la hemos expresado en gramos-fuerza/ktex, o bien en cN/ktex. El dinamograma de la Fig. 4 representa este fenómeno de carga/alargamiento, si la vena puede llegar a "escindirse" (dividirse en dos, sin rotura de fibras, por deslizamiento). El punto máximo de la curva corresponde al comienzo de la escisión, que es seguido del adelgazamiento de la vena o "estricción". La zona 1 corresponde al desrizado de las fibras; durante la 1-2, es la propia elasticidad de las fibras la que actúa, antes de que se produzcan deslizamientos, que aparecen en la 2; en la zona 2-3, los enganches interfibrilares se reducen, la superficie de contacto entre las fibras aumenta, y aparece el rozamiento dinámico; por fin, en la zona 3-4 se producen los mayores alargamientos, pero con una disminución de la tribocarga, a consecuencia de la progresiva disminución del número de fibras en sección normal, con otra disminución del área de contacto entre ellas. Sobre la misma Fig. 4 se puede observar lo que hemos considerado como un nuevo parámetro <sup>2)</sup>: el **alargamiento isocárrico** (AIC), que es la abscisa diferencial entre los dos puntos de la curva que corresponden a una misma carga: uno sobre la rama ascendente y otro sobre la descendente. La carga afectada puede ser la tribocarga de estirado y el AIC resulta muy significativo: a mayor AIC mejor comportamiento en los estirados.

Otras consideraciones son convenientes también para tener en cuenta. Se pueden distinguir tres clases de rizado: macro-rizado, micro-rizado y mixto. El macro-rizado se imparte generalmente por compresión en caliente sobre las fibras sintéticas, y no resulta muy estable. El micro-rizado se produce bien por texturación, y si ésta ha sido fijada, su estabilidad puede ser muy buena. El rizado mixto lo asimilamos al de la lana merina, que es siempre muy estable. Las fibras macrorizadas adquieren un movimiento irregular, como un resorte que se escapa, dentro de la zona estiradora en los primeros pasos del proceso; en tanto que, en los siguientes, se puede perder la ondulación <sup>7)</sup>. Las fibras texturadas, por el contrario, presentan un comportamiento más regular, puesto que su micro-rizado es más uniforme.

Para los diez casos de mezclas que consideramos en este trabajo, hemos ensayado las cintas sobre un Dinamómetro Instron, bajo unas mismas circunstancias, in-

cluyendo la misma compacidad. Las curvas de tribocarga/alargamiento quedan presentadas en las Figuras 5 a 9, donde cada curva tiene su número correspondiente al de la mezcla. De estas curvas se deduce que la presencia de las fibras texturadas origina una tribocidad mayor que la producida por las fibras no texturadas en mezcla con la lana (Fig. 5, curvas 1 y 6); y que el alargamiento isocárrico (AIC), es también mayor, lo que favorece el comportamiento en los estirados. Se deduce también que aumentando el porcentaje de poliéster texturado, aumenta también la tribocarga necesaria para comenzar la escisión de la vena, lo que aumenta el control de las fibras en la zona de estirado.

Por otra parte, la tendencia dinamológica de las fibras fija el comportamiento de los hilados que se puedan obtener. En la Figura 3 se ve que la lana y el poliéster texturado se encuentran casi en la misma situación que las dos fibras de la Figura 1; es decir, esta mezcla resulta buena para la consecución de un buen hilado.

## **6. LOS HILADOS PRODUCIDOS**

Con las mezclas expuestas en la Tabla 1 se han obtenido 12 hilados siguiendo un mismo proceso de hilatura simil-peinada. Los números 1 a 5 son mezclas de lana y de poliéster texturado (WOL/PES-t); los números 6 a 10 contienen el poliéster no texturado (WOL/PES); y los otros dos, para establecer una comparación, son, el número 11 únicamente de lana (WOL), y el 12 solamente poliéster no texturado (PES). Todos ellos han sido hilados bajo el mismo título, 25 tex, y bajo el mismo coeficiente de torsión,  $T = 2.900$ , aunque en realidad se hayan presentado algunas diferencias. La Tabla 3 resume los parámetros que se han determinado. Veamos algunos comentarios:

### **6.1. Tenacidad y Alargamiento**

Cuando el % de PES aumenta (tanto el texturado como el no texturado), aumenta también la tenacidad del hilado, tal como parece natural, con valores muy semejantes para los dos casos. Para el alargamiento, aunque se encuentre una tendencia creciente también, los valores son mucho mayores en los hilados con PES no texturado.

### **6.2. Irregularidad**

No parece muy afectada por el porcentaje de la mezcla, y en todos los casos se encuentra a muy buen nivel sobre los "STATISTICS" de Uster (entre el 5% y el 25%), pero no a tan buen nivel sobre los de la F.L.I. (entre el 30% y el 50%).

### **6.3. Vellosidad**

No disponiendo de Vellosímetro, hemos determinado sobre un microscopio de proyección el número de fibras destacadas por centímetro de hilado. Se ve que los hilados de mezcla tienen una vellosidad más débil que los de lana sola o de poliéster solo. Parece que la proporción de PES no texturado no afecta la vellosidad del hilado; pero que el porcentaje de fibras texturadas tiene una correlación negativa sobre la presencia de fibras destacadas. Y esto se traduce a la hora de tricotar, en que estos últimos hilados quedan mucho mejor tejidos que los otros muy vellosos, que pueden bloquear las agujas cuando algunas fibras caen, separándose del hilado.

#### 6.4. Coeficiente de rozamiento

Ha sido medido sobre el equipo "Rothschild F - Meter" a rozamiento con cilindro de porcelana, donde se deduce que a mayor % de PES texturado en mezcla, el coeficiente de rozamiento disminuye, llegando a ser inferior al que corresponde al poliéster solo (0'28), y desde luego, al de la lana sola (0'33). Con el poliéster no texturado, el porcentaje en mezcla no presenta influencias significativas. Este factor debe ser considerado como importante en la práctica industrial.

#### 6.5. Retractabilidad.

Después de una relajación en agua caliente siguiendo el método de "Tube Test"<sup>1)</sup>, a medida que se aumenta el tanto por ciento de PES texturado en la mezcla, crece también el potencial de retractabilidad del hilado, que resulta más voluminoso, lo que es semejante a lo que ocurre en los hilados HB. Por el contrario, en la mezcla con poliéster no texturado, el porcentaje de éste no es muy significativo, existiendo una tendencia negativa, y no presentando aumento en la voluminosidad.

#### 6.6. Fuerza de Contracción

Hemos empleado el método desarrollado en nuestro Instituto<sup>5)</sup>. Este parámetro da una información sobre el comportamiento del tejido durante la termofijación. Se ha observado que la temperatura que corresponde a la máxima fuerza de contracción para estos hilados de mezcla WOL/PES - text es de 90°C, mientras que para los otros WOL/PES no texturados se llega a 100°C. A medida que se aumenta el % de fibras de PES en la mezcla, se aumenta también la fuerza de contracción del hilado. Este valor es mayor cuando interviene el poliéster texturado.

### 7. LOS TEJIDOS

Nuestro trabajo debe llegar hasta el producto final, por lo que nuestros hilados han sido tricotados en "Single Jersey", y, después de una relajación adecuada, se han determinado sobre ellos los parámetros funcionales que figuran sobre la Tabla 4.

En general, la masa laminar (gramos por metro cuadrado) resulta mayor para los tejidos con PES texturado, a consecuencia de la mayor retractabilidad de sus hilados.

El grosor de los tejidos es también más grande cuando se emplean las fibras texturadas. Lo mismo puede decirse con respecto a la compresibilidad.

En cuanto a la permeabilidad al aire, es menor para los tejidos con poliéster texturado; y ésto, por su mayor compresibilidad, presenta a estos tejidos como los más termo-aislantes.

En fin; para conocer la propensión al pildeo, hemos seguido la Norma ASTM 1.375 con el aparato "Random Tumble-Pilling Tester", teniendo en cuenta la cotización siguiente:

- 1 - Muy abundante pildeo,
- 2 - Abundante pildeo,
- 3 - Moderado pildeo,
- 4 - Ligero pildeo,
- 5 - Ningún pildeo.

Ya habíamos visto <sup>6)</sup> que los tejidos formados por hilados de mezcla de fibras diferentes tienen una mayor propensión al pildeo que otros formados por una sola materia. Ya habíamos conocido esta circunstancia para tejidos de WOL/PES no texturado. Pero vemos ahora que los tejidos con WOL/PES-t (texturado) tienen un comportamiento bien distinto. Todos los que hemos visto en nuestro trabajo los hemos calificado de 4, mientras que los del WOL/PES no texturado lo han sido con un 3. Sin duda durante el ensayo de pildeo, cuando las fibras en el interior del hilado quedan sometidas a fuertes rozamientos, adquieren una migración hacia el exterior del hilado con la posibilidad de contribuir a la formación de un "pil". Pero son las características especiales de las fibras texturadas las que reducen la migración, y éste presenta a este tipo de tejidos, como más resistentes al pildeo.

## 8. CONCLUSIONES

Aunque a lo largo del texto se han señalado ya nuestras conclusiones, podemos considerar como las más importantes, las que se citan a continuación:

- 8.1. La mezcla WOL/PES-t resulta muy adecuada para la hilatura, a consecuencia del comportamiento dinámico de las dos fibras. Incluso el comportamiento reológico es también bueno porque, sobrepasado el punto máximo del dinamograma (tribocarga de escisión) de la cinta, el descenso de la fuerza es bastante rápido, lo que facilita el deslizamiento controlado de las fibras, y el alargamiento isocárrico es suficientemente amplio para proporcionar un buen estirado.
- 8.2. Los hilados WOL/PES-t son, en cierta medida, comparables a los hilados H.B., con la ventaja de poderlos obtener más delgados y de poder confeccionar con ellos ropa interior.
- 8.3. La mayor retractabilidad y la mayor fuerza de contracción de los hilados WOL/PES-t prestan volumen y poder termoaislante a los tejidos; a lo que contribuye también su mayor compresibilidad y la mediana permeabilidad al aire.
- 8.4. Los tejidos WOL/PES-t han mostrado una menor propensión al pildeo.

## 9. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer muy sinceramente a la CIRIT, por su ayuda material y su estímulo a la investigación; al Sr. Palet, de Corcoy, S.A., por el material aportado para este trabajo; y a las Sras. Dolores Vives y Lolita Filgueira, por la labor experimental realizada en los laboratorios del Instituto.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) M.J. Denton. A new method of measuring the bulking potencial of textured yarns. Shirley Institute Bulletin 42, 1968.
- (2) F. López-Amo, F. Marsal. - Rheological behaviour of a fibrous vein during drawing. - *Melliand Textilberichte*, 1984, 11, p. 721-725. - Reproducido en *Ingeniería Textil*, 1985, 377, p. 86 a 92.
- (3) F. Marsal, F. López-Amo. Considérations rhéologiques dans une preparation de filature de laine peigné. F.L.I. Com. Tech. París. Janv. 1980. Rap. n° 10.
- (4) A. Naik., F. López-Amo. The processing behaviour and properties of blended fibre yarns of textured polyester staple fibre and cotton. "Cotton in a competitive World". Jan. 1979.

- (5) A. Naik, E. Valencia. Untersuchung Veranderlicher Grossen beim texturieren anhand der verformung von polyester filamenten. Melliand Textilberichte. nn 1977.
- (6) A. Naik, F. López-Amo. Pilling van Textilien aus fasermischungen. Melliand Textilberichte. June 1982.
- (7) H. Plansker, S. Backer. Textile Research Journal, 37. 1967.

**TABLA 2**  
**Parámetros de las Fibras**

	LANA	POLIESTER TEXTURADO	POLIESTER NO TEXTURADO
Longitud media (mm)	80	80	90
Finura (dtex)	3'6	4'9	3'3
Carga de rotura (gf)	7'2	22'8	14'4
Alargamiento de rotura (%)	40'7	46'2	64'9
Tenacidad (gf/tex)	20'-	42'-	43'-
Tipo de rizado	macro-micro	micro	macro
Sección transversal	casi circular	poligonal	circular



**TABLA 3**  
**Parámetros de los Hilados**

Parámetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Masa lineal, M (tex)	24	24	25	25	24	25	24	24	24	24	26	25
Torsión, T ( $m^{-1}$ )	590	577	571	551	552	553	564	566	569	598	578	603
Coef. torsión, $\mathcal{C}$ ( $T \cdot \sqrt{M}$ )	2890	2829	2855	2755	2704	2765	2763	2773	2788	2930	2947	3015
Allargamiento, A (%)	12'3	12'8	13'3	15'5	17'2	15'2	20'7	28'6	30'2	33'2	8' -	10'2
Tenacidad, $\theta$ (gf/tex)	7'8	8'5	11'2	13'9	14'6	7'2	8'9	12'2	13'3	14'1	5'8	16' -
Coef. Torsión Saturante, $\mathcal{C}_s$	3625	3527	3730	3630	3463	3405	3253	3508	3645	3664	3944	3265
Tenacidad a Tors. Sat., $\theta_s$	10'4	11'8	14'6	17'5	23'3	10'3	14'2	19'5	21' -	23'6	17' -	22'1
Coef. Variación CV (%)	17'6	17'1	18' -	17'8	18' -	17'9	17'3	17'8	18'1	18'4	17'8	11'7
Finuras	59' -	62' -	65' -	71' -	54' -	55' -	62' -	70' -	79' -	81' -	58' -	6' -
Cresuras	37' -	43' -	40' -	51' -	48' -	39' -	30' -	44' -	46' -	48' -	32' -	4' -
Neps	18' -	18' -	20' -	23' -	22' -	17' -	19' -	20' -	18' -	21' -	15' -	4' -
Vellosidad, (f/cm)	11'2	9'8	7'6	7' -	5'2	6'2	6'4	8'4	7'6	6'2	12'4	19'4
Coef. Rozamiento, $\rho$	0'30	0'29	0'27	0'27	0'26	0'32	0'31	0'30	0'30	0'30	0'33	0'28
Retractividad, R (%)	2'63	3'10	3'59	3'86	4'10	2'61	2'39	2'38	2'39	2'16	2'18	1'92
Fuerza de contracción, F (gf/tex)	0'39	0'48	0'51	0'60	0'67	0'31	0'39	0'46	0'48	0'51	0'28	1'32

**TABLA 4**  
**Parámetros de los Tejidos**

Muestra	Masa laminar (g/m <sup>2</sup> )		Grosor (mm)		Compresibilidad (mm)		Permeabilidad al aire (ml/s/cm <sup>2</sup> )		ASTM pHideo
	a)	b)	a)	b)	a)	b)	a)	b)	
1	152	180	0'336	0'394	0'234	0'301	237	131	4
2	153	186	0'355	0'425	0'265	0'321	247	153	4
3	152	193	0'370	0'455	0'275	0'336	252	168	4
4	152	195	0'384	0'466	0'286	0'349	259	215	4
5	153	197	0'395	0'488	0'294	0'374	271	222	4
6	146	170	0'336	0'379	0'242	0'261	235	141	3
7	147	172	0'330	0'382	0'248	0'270	249	169	3
8	147	176	0'331	0'380	0'252	0'281	265	232	3
9	147	178	0'333	0'378	0'260	0'293	277	253	3
10	147	181	0'320	0'375	0'266	0'296	279	277	3
11	144	172	0'326	0'386	0'236	0'283	238	138	
12	146	151	0'295	0'305	0'233	0'258	242	230	

a) Sin relajación, b) relajado

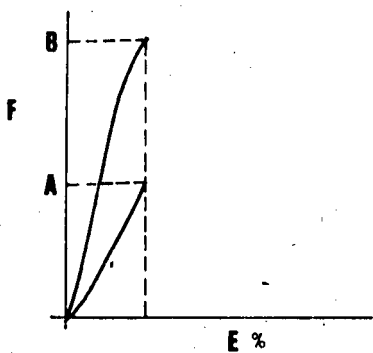


Fig. 1

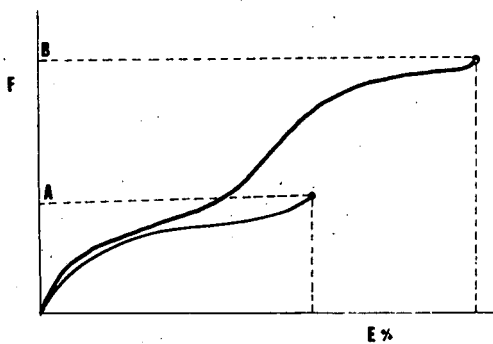


Fig. 2

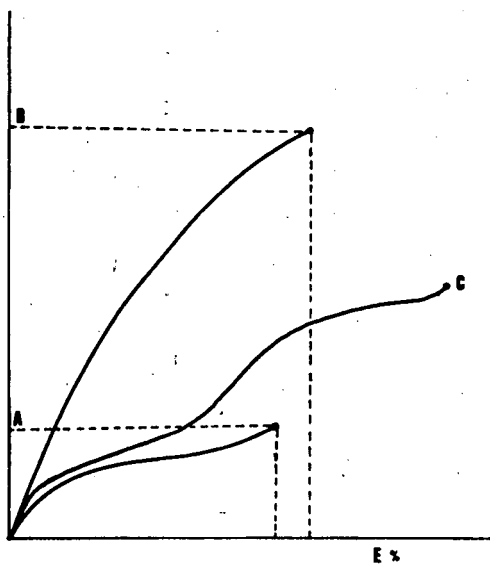


Fig. 3

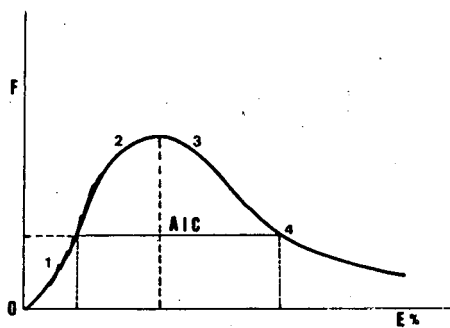


Fig. 4

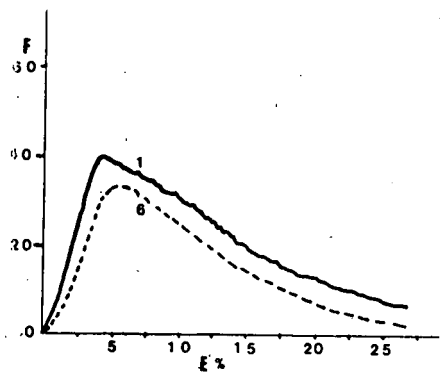


Fig. 5

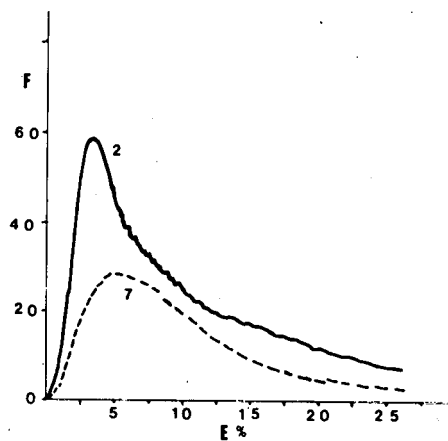


Fig. 6

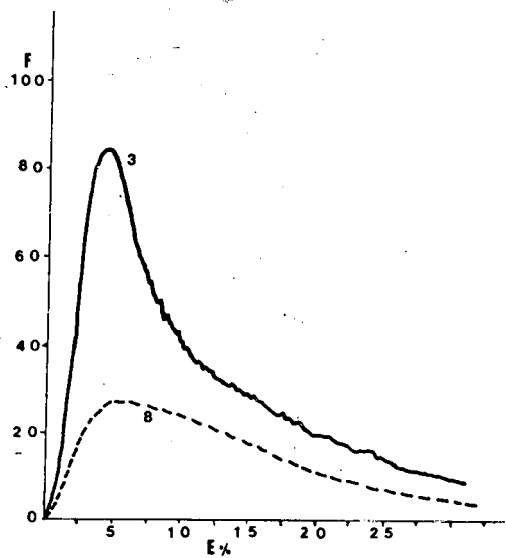


Fig. 7

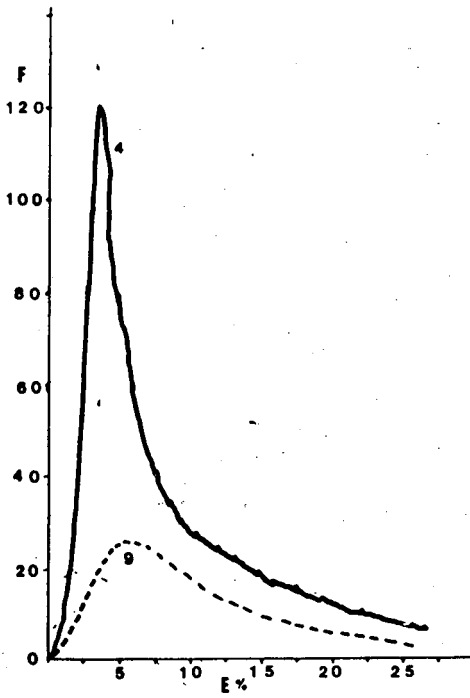


Fig. 8

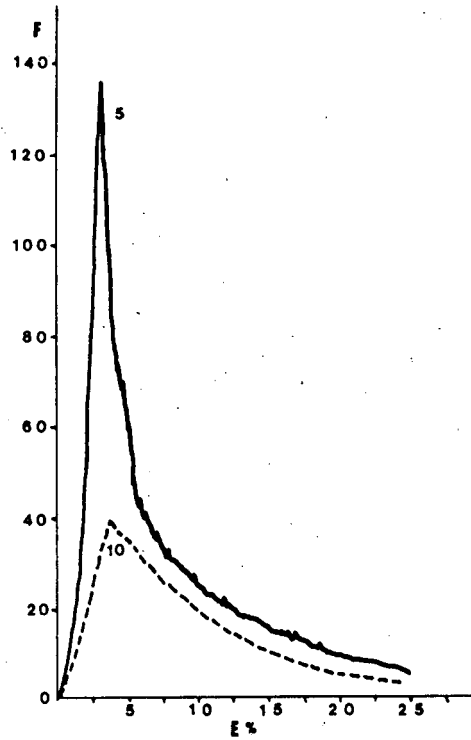


Fig. 9