

PUNTOS NOTABLES EN LAS CURVAS TORSION-RESISTENCIA DE LOS HILOS

Prof. Dr. Ing. FEDERICO LOPEZ-AMO MARIN
Ing. JOSE A. SERRANO MORENO

O. ANTECEDENTES

El estudio de la relación existente entre la resistencia a la tracción de los hilos y sus diferentes estados de torsión se remonta a bastantes años; pero ha sido en los últimos en los que se ha acometido más a fondo por parte de diversos autores (ver Nota Bibliográfica).

En nuestro trabajo anterior (7), en que nos referíamos solamente a hilos de lana peinada y de lana cardada, obteníamos y estudiábamos la curva Torsión-Resistencia casi completa, mientras que otros autores se habían limitado al estudio de la zona próxima a la resistencia máxima, tan sólo. Ese trabajo fue posteriormente analizado por Walbaum (10), para aplicar, con mucha aproximación sobre los resultados de nuestros ensayos, su teoría de que la parte industrial de la curva puede considerarse como perteneciente a una senoide. Ha sido muy interesante el trabajo de Burllet (5), quien, partiendo de unas hipótesis muy lógicas y basándose en las irregularidades del hilo, desarrolla una teoría propia. Finalmente, Barella (2), (3), (4) ha trabajado también dentro de este campo, aportando su concepto de «torsión de cohesión», que puede referirse a la rama ascendente de la curva.

En nuestro trabajo anterior (7) ya estudiábamos la variación de la resistencia del hilo en función de su torsión: partiendo de una resistencia que, aunque pequeña, no es nula, para el hilo sin torsión (porque las fibras, que tienen unos puntos de contacto, ofrecen una débil resistencia al deslizamiento, a consecuencia del rozamiento entre ellas), al impartir las primeras vueltas aumenta, aunque lentamente, la resistencia del hilo en una zona *a*, por la compresión creciente que van ejerciendo las fibras exteriores, dispuestas en bucles de hélice, sobre las internas; sigue después otra zona *b* (véase Fig. 1), en que, a incrementos pequeños de torsión corresponden aumentos mayores de la resistencia; luego,

otra zona d , en que el crecimiento de la tenacidad es cada vez menor, hasta anularse, para incrementos iguales de torsión. En esta zona se alcanza la tenacidad máxima del hilo, y a su estado de torsión correspondiente le habíamos llamado en nuestro trabajo anterior «torsión crítica», por pertenecer a un punto crítico, s , de la curva. Por razones que más adelante se comprenderán, y por aceptar la denominación de otros autores, preferimos hoy llamar a ese estado de torsión, «torsión saturante». A partir del punto s sigue otra zona e de la curva, donde comienza a decrecer la resistencia, y este decrecimiento va haciéndose más patente a medida que aumenta la torsión, hasta alcanzar una pendiente determinada, para, luego, en una última zona f , continuar decreciendo, ya lentamente, de forma asintótica con el eje de las torsiones.

1. ESTRUCTURA DEL HILO

Para analizar la curva y sus puntos críticos, conviene considerar la estructura del hilo. En primer lugar, la pequeña resistencia inicial, m , sin torsión, al estado de mecha, dependerá del número de fibras, n , en su sección normal, puesto que la superficie de rozamiento entre ellas será proporcional a este número n , en igualdad de otras circunstancias. Las n fibras se disponen, más o menos, en capas concéntricas; y si el conjunto se presenta un tanto compacto, la cantidad de estas capas debe ser, aproximadamente,

$$x = \sqrt{\frac{n}{3}}$$

siendo el número de fibras de la capa externa,

$$n_e = 2 \sqrt{3n} - 3.$$

Estas últimas fibras son las que menos quedan sometidas a rozamiento, y por tanto, las que menos influencia ejercen cuando el hilo (o mecha) carece de torsión. De ahí que la tenacidad o resistencia específica en el punto m de la curva no sea la misma para hilos finos que para hilos gruesos, ni mucho menos que para las mechas de preparación de hilatura. Las n_e fibras de la capa externa representan una proporción elevada en los hilos de pocas fibras en sección (hasta más del 50 % en los hilos más finos); pero se reduce a una proporción que llega a ser muy exigua en los muy gruesos (25 a 30 % en los medianamente finos; 5 % y menos, en las mechas de preparación). En igualdad de otras condiciones, estas mechas presentan mayor tenacidad en m que los hilos; y de éstos, más los gruesos que los finos. Este es un hecho sobradamente conocido en la práctica de la hilatura.

Al comenzar el hilo a recibir la torsión, sus fibras se disponen según espiras o bucles de hélices: hélices de diámetros distintos según las capas concéntricas a que pertenezcan esas fibras. Las fibras de las capas externas, por formar las hélices de mayor diámetro, son las que experimentan con más intensidad los efectos de la torsión: ellas son las que sufren mayor esfuerzo de tracción cuando a él se somete el hilo; ellas son las que, por efecto de zunchacho, comprimen las fibras de las capas interiores, aumentando, en primer lugar, la superficie total expuesta a rozamiento (primer aumento, rápido, de la resistencia del hilo), y después, la compresión entre las fibras, con lo que crece su oposición al deslizamiento (segundo aumento en la resistencia del hilo), hasta lograr que todas las que constituyen la sección queden, por así decir, bloqueadas entre ellas. Es entonces, cuando las fibras no pueden ya deslizar entre sí, cuando quedan retenidas por una fuerza superior a su propia resistencia a la rotura, y cuando se logra, por tanto, la máxima resistencia del hilo. Estas fibras de la capa externa son las que alcanzan mayor inclinación con respecto al eje del hilo, por efecto de la torsión; y en consecuencia, son las que provocan el acortamiento de aquél, su contracción de torsión. Son, por esta causa también, las que sufren mayor trabajo en su elasticidad. Precisamente por la tendencia natural de las fibras a equilibrar los distintos esfuerzos que actúan sobre ellas, es por lo que se produce su «migración» desde unas capas a otras, pasando de la zona central a la exterior, y viceversa, a través de las hélices intermedias; fenómeno que ha sido ampliamente estudiado por Morton (9). El hecho de que las distintas longitudes elementales de una misma fibra ocupen posiciones tan diversas dentro del hilo, asegura la uniformidad de éste; y así, todas las fibras o casi todas, pasan por la capa externa y sufren por igual, en ella, los efectos de la torsión.

2. EFECTO DE LAS IRREGULARIDADES DEL HILO

Hay que considerar que la curva de Torsión-Resistencia se construye a base de los puntos representativos de los resultados medios de una serie de ensayos (que en nuestro caso ha sido de 30 para cada punto); y que esos resultados medios encierran las irregularidades del hilo, de torsión y de resistencia; irregularidades debidas en su mayor parte a irregularidad de distribución de las fibras. En efecto; la cantidad n de ellas contenida en cada sección del hilo, varía, y por esta razón, esas distintas secciones no serán igualmente resistentes; y esto, por varias causas:

a) Las secciones con menor número de fibras son menos resistentes al esfuerzo de torsión, y en el reparto de ésta, ellas quedan más torcidas que las secciones con mayor cantidad de fibras. Esta desigualdad de torsión se traduce también en irregularidad de resistencia a la tracción del hilo o mecha: sus secciones finas, cuando la torsión impartida ha sido floja, al tener pocas fibras, éstas ofrecen poca resistencia al deslizamiento, y el hilo rompe por ellas, sin rotura de fibras; si la torsión impartida es algo superior, las secciones finas quedan bien torcidas, pero no las gruesas, y por ello sus fibras pueden deslizarse entre sí, resultando estas secciones las más débiles del hilo o mecha, permitiendo para ellas un estiraje autorregulador (lo que se aprovecha en el trabajo ordinario de la selfactina, al final de la salida del carro, y en las continuas de hilar con falsa torsión o dotadas del par torso-estirador); cuando la torsión es normal desde un punto de vista industrial, entonces, las distintas secciones del hilo (en las que sus diversas torsiones corresponden a la dispersión de valores del número de fibras por sección) presentarán resistencias a la tracción que dependerán de n y de su respectiva torsión, rompiéndose la probeta, como es lógico, por su punto más débil; por fin, cuando la torsión es muy fuerte, al repartirse sobre las diversas secciones del hilo, las muy delgadas («xemics») quedarán extraordinariamente sobre-torcidas (se encontrarán en la zona f de la curva, Fig. 1), mientras que las más gruesas («gatas»), sin alcanzar seguramente el punto s de torsión saturante, pueden encontrarse con resistencias superiores a las otras; es bien conocido el hecho de que entonces, si la mayor parte de roturas se produce en las secciones finas (si hay mucha irregularidad), se puede alcanzar una mayor resistencia del hilo disminuyéndole la torsión.

b) Independientemente del efecto de la torsión, la resistencia del hilo en cada una de sus secciones dependerá de la cantidad n de fibras en ellas. En realidad, cada sección resistente del hilo puede considerarse como un paquete de fibras semejante a los que constituyen las probetas en el Dinamómetro Pressley, Stelómetro y similares, especialmente cuando existe distancia apreciable entre las mordazas. Pero en estos paquetes, es sabido que la resistencia a la tracción no es igual a la suma de las resistencias de las n fibras componentes, sino menor, debido a que no todas ellas tienen la misma elasticidad, el mismo alargamiento a la rotura. De esas n fibras, las que presenten menor alargamiento serán las que primero rompan (por sobrepasar las primeras su límite de elasticidad), al someter el haz o paquete al alargamiento por tracción.

3. RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA DEL HILO Y LA DE SUS FIBRAS

Algunos autores (11), (13) han estudiado la correlación existente entre la tenacidad del hilo y la del paquete de fibras para el caso del algodón, habiendo encontrado, cuando se utiliza el Stelómetro, un coeficiente de correlación considerablemente elevado.

Se puede considerar que, habida cuenta de la dispersión de valores del alargamiento a la rotura de las n fibras que intervienen en la sección de un hilo, la resistencia del conjunto no es

$$R = n \cdot r,$$

sino

$$R = k \cdot n \cdot r,$$

donde k es un coeficiente menor que uno. Pero teniendo en cuenta que, cuando las fibras rompen en el hilo es cuando ya quedan bloqueadas sin deslizamiento a causa de una torsión suficientemente fuerte (es decir, en la zona d), y que esta torsión las ha separado de la dirección axial al formar sus arcos de hélice un ángulo α con el eje del hilo, entonces debemos considerar para la resistencia del conjunto de fibras un valor

$$R = k \cdot n \cdot r \cdot \cos \alpha,$$

Esta expresión explica el por qué de la gran dispersión de valores que se observa siempre en los ensayos de resistencia de un mismo hilo: las cuatro variables que intervienen oscilan siempre, y muy especialmente dos de ellas; r depende del valor medio de la resistencia a la tracción de las fibras en cada sección, y de su irregularidad (oscilará poco dentro de un hilo); k , ídem ídem respecto al alargamiento a la rotura (también variará poco); n es muy variable de unas secciones a otras; y α , en consecuencia de n , también, por el reparto de la torsión. Sin embargo, esta expresión no es correcta tal como se la ha expuesto hasta ahora, porque la pendiente α de las espiras de hélice no es la misma para todas las capas de fibras que entran en una sección. Hemos dicho que las fibras de la capa exterior son las que adquieren mayor inclinación al recibir torsión. Pero ellas se alargan y deforman por tracción. Las fibras de las capas internas van teniendo progresivamente menor pendiente, hasta llegar a la fibra central, que debe ser axial. Por lo tanto, debe haber una pendiente α_0 que represente una media ponderada de las de todas las capas, que satisface a la expresión indicada, y que corresponde a una capa interior no lejana a la externa. Por ser interior esta hélice y de diámetro no muy concreto, cabe expresar α_0 en función de α :

$$\cos \alpha_0 = q \cdot \cos \alpha$$

$$(\alpha_0 < \alpha; \cos \alpha_0 > \cos \alpha; q > 1).$$

Y haciendo $K = k \cdot q$, puede quedar como definitiva la expresión

$$R = K \cdot n \cdot r \cdot \cos \alpha,$$

similar a la anterior, pero correcta ya, para los hilos cuyas roturas a la tracción no se produzcan por deslizamiento de fibras.

4. PUNTOS NOTABLES EN LA CURVA

Por lo que se ha visto hasta ahora, y de la observación de la Figura 1, pueden señalarse como puntos notables o críticos de la curva Resistencia-Torsión o Tenacidad-Coeficiente de Torsión de los hilos, los siguientes:

m. Torsión nula. — La tenacidad del hilo o mecha es muy baja, y debida solamente al pequeño rozamiento entre algunos puntos de las fibras, muy esponjadas. Esta tenacidad aumenta con el

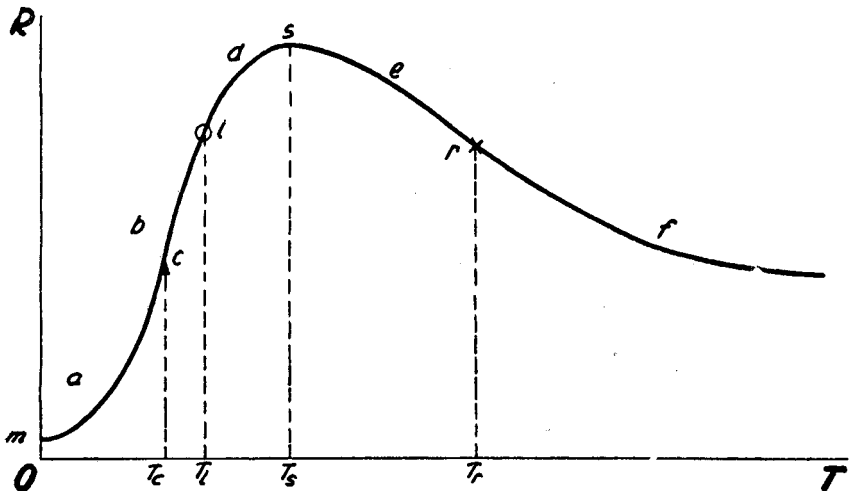


Fig. 1

número de fibras en sección; es decir, conforme la mecha es más gruesa. En este punto se encuentran las cintas de carda, de manuar, de gill, de peinadora, y las mechas de preparación que carecen de torsión.

c. Torsión crítica. — Es un punto situado aproximadamente en el centro de la rama ascendente de la curva, y es un punto verdaderamente crítico. En esa rama ascendente, su crecimiento es lento

al principio, en la zona *a*; se hace rápido en la parte central de la rama *b*, para disminuir otra vez al final, zona *d*, hasta el máximo *s*. Esta configuración de la curva se explica porque:

en *a*, las primeras vueltas de torsión no logran comprimir mucho las fibras que forman el hilo, y por eso, su aumento de tenacidad no es grande;

en *b*, la zona de máxima pendiente, el conjunto de fibras va siendo cada vez más comprimido (con aumento de la densidad filar) por las hélices externas, con lo que crece la superficie de contacto de las fibras, y la presión que unas ejercen contra otras (aumento de rozamiento); esto da lugar a un aumento creciente de la tenacidad del hilo para incrementos constantes de su coeficiente de torsión, debida esa tenacidad en su mayor parte al rozamiento entre fibras, pero con intervención creciente de la propia resistencia de las fibras; y siendo esto así, conforme la torsión va aumentando, las fibras, especialmente las exteriores, van quedando cada vez más inclinadas con respecto al eje del hilo, con lo que su resistencia propia no se integra totalmente en la del hilo, como ya se ha visto. Resultado de la combinación de estos factores es que el crecimiento de la resistencia *R* o de la tenacidad σ del hilo va haciéndose cada vez más lento, hasta llegar a anularse cuando se alcanza la tenacidad máxima. En la rama *b*, pues, existe un punto de inflexión; y ese punto es precisamente el *c*, que separa las dos zonas *a* y *d* de toda la parte ascendente de la curva. A lo largo de la zona central de *b* es donde Barella (2), (3), (4) investiga lo que él llama «torsión de cohesión», que refiere siempre a la tensión que ha aplicado al hilo. A nuestro juicio, esas «torsiones de cohesión» (de las que existen varios valores para un mismo hilo: tantos como esfuerzos de tracción con que se trabaje) vienen determinadas claramente sobre la curva característica del hilo, y su valor más representativo es precisamente el de la *torsión crítica*. Por debajo de este punto *c* está la que llama Burlet (5) «torsión de estiraje»: torsión débil aplicable a hilos o mechas cuya rotura se produce solamente por deslizamiento de fibras, sin tener lugar ninguna rotura de éstas. Por debajo de este punto se encuentran las mechas de preparación (con torsión) en hilatura de algodón, y las del sistema inglés de hilatura de lana peinada.

i. Torsión industrial. — Es punto variable dentro de la zona *d*, comprendida entre los puntos *c* y *s*. Aquí encontramos la inmensa mayoría de los hilos que produce y consume la Industria Textil, a excepción de los muy torcidos. No alcanzan la máxima tenacidad porque la elevada torsión que habrían de tener los haría demasia-

do duros para el uso a que se les destina, y porque carecerían de «poder cubriente» al tejerlos. Los hilos de trama se encuentran más próximos al punto *c*, y los de urdimbre, al punto *s*.

s. Torsión saturante. — Es donde el hilo alcanza su máxima resistencia o su máxima tenacidad. El aumento de ella que puede provocar la mayor compresión entre las fibras a consecuencia del efecto de zunchado (por aumento de su rozamiento), se ve contrarrestado por la mayor inclinación de las hélices respecto al eje del hilo. Aquí se hace sentir seriamente $\cos \alpha$; y es cuando el ángulo α sobrepasa el valor de 26° que cita Calzone (6), cuando la curva comienza a decrecer, en la zona *e*. No es torsión utilizada industrialmente más que en aquellos casos en que se quiere lograr un máximo rendimiento de resistencia, en el hilo o en el tejido.

r. Torsión de crespón. — Entre las zonas *e* y *f* existe un punto de inflexión, de modo semejante al *c*, entre las zonas *a* y *d*. Cuando el hilo ha sobrepasado la torsión saturante y sus fibras se inclinan más respecto al eje de aquél (crece α), comienza a disminuir poco a poco su resistencia; pero este decrecimiento se hace más rápido (máxima pendiente de la curva en esta zona) al añadir a aquella inclinación las fuerzas transversales debidas al zunchado, ahora más fuertes, que provocan en las secciones más débiles el inicio de un *caracolillo*, que, desviando más las fibras de su dirección axial, produce la rotura prematura. El que este decrecimiento de la tenacidad se haga más lento después, en la zona *f*, será motivo de un ulterior trabajo, en que intentaremos estudiar este fenómeno. Industrialmente, sólo se utiliza la torsión de crespón para conseguir los efectos especiales que llevan ese nombre.

Las roturas del hilo sometido a tracción presentan distintos aspectos según las zonas o puntos de la curva en que se encuentre aquél. En la primera zona, *a*, se producen únicamente por deslizamiento de fibras, y su aspecto puede ser apincelado. Conforme se sube por la rama *b*, y en cuanto se pasa el punto crítico *c*, pueden presentarse algunas roturas de fibras, pero siguen dominando las que deslizan; su aspecto, hasta la torsión de trama, suele ser similar al anterior. Dentro de la zona industrial *d*, al crecer la torsión hacia valores de urdimbre y urdimbre fuerte, las roturas de fibras son cada vez más numerosas al mismo tiempo que menos abundantes los deslizamientos, por lo que cambia el aspecto de los cabos rotos, que van siendo más definidos. En el punto *s* la rotura debería producirse idealmente ya sin ningún deslizamiento de fibras, y sólo por rotura de éstas, al haber quedado bloqueadas, y retenidas por una fuerza superior a su propia resistencia a la trac-

ción ; esto no obstante, alguna fibra desliza, y aunque la rotura tiene lugar con un chasquido seco, los cabos no siempre quedan como cortados con tijeras. Este último aspcto llega a partir de la zona e , donde ya prácticamente todas las fibras sufren el efecto de cortadura.

En nuestro anterior trabajo (7) asignábamos a la curva la ecuación exponencial

$$\sigma = a \cdot \mathcal{T}^n \cdot b^{-\mathcal{T}^2} + \sigma_0,$$

donde a , b y n son constantes que deben deducirse, y σ_0 es la tenacidad a torsión nula. Esta ecuación se ajusta bien a las curvas experimentales de los hilos de lana, desde el punto m hasta el r , aunque la rama asintótica f suele bajarse algo. En los hilos de algodón el ajuste no ha sido tan perfecto. Burlet (5), al hacer intervenir diversos factores en el estudio del fenómeno, complica la expresión, con mayor número de variables. Al contrario, Walbaum (10), queriendo simplificar, supone que toda la rama ascendente b , desde m hasta s , puede considerarse como un arco de senoide con bastante aproximación ; y entonces, el punto crítico c debe encontrarse exactamente en su centro.

5. ESTUDIO DE LOS HILOS OBSERVADOS

Del citado trabajo anterior (7) traemos aquí los resultados de seis hilos de estambre, cuyas curvas de torsión-resistencia corresponden a las figuras 2 a 7, y cuyos datos se recogen en la Tabla I.

Hemos realizado una labor experimental similar, con hilos de algodón, cuyos datos y curvas se encuentran, respectivamente, en la Tabla II y figuras 8 a 13. Estas curvas de los hilos de algodón son análogas a las obtenidas para los de lana. Se han seguido las mismas técnicas que en el primer trabajo, que ya fueron descritas en él ; y a parte del estado inicial (industrial) del hilo, se han observado las resistencias de otros 15 a 20 estados más de torsión de cada hilo considerado, contándose, en consecuencia, con una serie bastante numerosa de puntos para confeccionar cada curva. Por ser de mayor tenacidad (o resistencia específica) los hilos de algodón que los de lana, sus curvas, trazadas a escalas iguales, resultan más esbeltas.

Aunque al realizar los ensayos referíamos los distintos estados de torsión a vueltas por metro (v/m) y sus resistencias simplemente en gramos, con el fin de poder establecer comparaciones entre ellos y para poder deducir las leyes generales que los rigen, expresamos, en todas estas páginas, la resistencia en forma de tenacidad σ o re-

TABLA I

Hilos de lana peinada	Tex	$\frac{\mathcal{C}_c}{10^3}$	$\frac{\mathcal{C}_i}{10^3}$	$\frac{\mathcal{C}_s}{10^3}$	$\frac{\mathcal{C}_r}{10^3}$	$\frac{\mathcal{C}_c}{\mathcal{C}_s}$	$\frac{\mathcal{C}_i}{\mathcal{C}_s}$	$\frac{\mathcal{C}_r}{\mathcal{C}_s}$	σ_c	σ_i	σ_s	σ_r
1 — Blanco 30 m/m	32	2,4	2,4	4,7	9,—	0,51	0,51	1,92	3,—	3,—	5,4	4,1
2 — Blanco 30 m/m	34	1,6	2,6	3,9	8,1	0,41	0,67	2,07	2,8	4,7	5,8	3,8
3 — Gris 43 m/m	22	1,8	3,2	3,8	8,5	0,47	0,84	2,24	3,1	5,5	6,—	3,8
4 — Gris 43 m/m	24	2,1	2,9	4,—	7,4	0,52	0,72	1,85	3,—	4,4	5,1	3,9
5 — Pardo 48 m/m	21,5	2,—	3,4	4,2	8,2	0,48	0,81	1,96	2,6	4,4	4,8	3,9
6 — Pardo 48 m/m	50	1,9	3,3	4,1	8,3	0,46	0,80	2,02	3,—	5,7	6,2	4,1
Valores medios redondeados		2,—	3,—	4,1	8,2	0,5	0,7	2,—	3,—	4,6	5,5	4,—

TABLA II

Hilos de algodón crudo	Tex	$\frac{\mathcal{C}_c}{10^3}$	$\frac{\mathcal{C}_i}{10^3}$	$\frac{\mathcal{C}_s}{10^3}$	$\frac{\mathcal{C}_r}{10^3}$	$\frac{\mathcal{C}_c}{\mathcal{C}_s}$	$\frac{\mathcal{C}_i}{\mathcal{C}_s}$	$\frac{\mathcal{C}_r}{\mathcal{C}_s}$	σ_c	σ_i	σ_s	σ_r
1 -Pein. Sea-Island 43 cat.	13,2	1,5	1,8	3,4	—	0,44	0,53	—	11,2	15,3	23,5	—
2 -Pein. Ashmouny 40 cat.	14,2	2,1	3,3	4,7	7,1	0,45	0,70	1,51	7,5	13,6	16,1	12,—
3 -Repas. nacional 40 cat.	14,2	2,3	3,8	4,7	7,3	0,49	0,81	1,55	10,2	19,2	20,5	15,7
4 -Repas. nacional 50 cat.	11,3	1,8	2,8	4,—	6,6	0,45	0,70	1,65	10,2	18,7	21,—	13,2
5 -Peina. nacional 50 cat.	11,3	1,5	3,5	4,3	7,4	0,35	0,81	1,72	8,2	17,8	18,6	12,8
6 -Peina. nacional 60 cat.	9,4	2,—	3,5	4,6	7,5	0,44	0,76	1,63	8,8	17,—	18,8	12,—
Valores medios redondeados para algodón nacional		1,9	3,5	4,4	7,2	0,4	0,8	1,6	9,—	18,—	20,—	13,—

sistencia específica, en gramos por tex (teniendo en cuenta la numeración del hilo), coincidente, como se sabe, con la longitud de rotura, en kilómetros. La torsión la damos también en forma comparable: en coeficiente de torsión, τ , calculado a partir de la torsión en v/m, y título tex del hilo (""); pero para mayor simplicidad en cálculos y expresiones, hemos preferido dar ese coeficiente dividido por 1.000, es decir, bajo la forma de

$$\tau' = \tau \cdot 10^{-3},$$

Las adjuntas curvas de las doce hilos estudiados acusan una misma forma general, con la diferencia ya indicada de una mayor esbeltez para las de los hilos de algodón.

T A B L A I I I

VALORES USUALES DE LOS COEFICIENTES DE TORSION PARA HILOS Y MECHAS

τ' (v/m y tex) $\times 10^{-3}$

	Algodon peinado			Lana peinada (terminos medios)
	Americano	Egipcio	Sea-Island	
Mechas de prepar.	0,8 a 1,2 (16% a 24%)	0,6 a 0,9 (14% a 20%)	0,4 a 0,6 (12% a 18%)	0,5 a 0,8 sist. ingl. (12% a 20%)
Hilos de trama	2,7 (54%)	2,4 (55%)	1,8 (53%)	2,4 (58%)
Hilos de urdimbre	3,8 (74%)	3,8 (75%)	2,5 (73%)	3,3 (80%)
Hilos de crespón	6,5 a 7,5			

NOTA: Las cantidades entre paréntesis son la expresión porcentual de los coeficientes de torsión, referida al de su correspondiente torsión saturante.

Hemos determinado sobre cada una de esas curvas los 4 puntos notables c , i , s y r , cuyos valores de τ y σ quedan indicados en las Tablas I y II, de las que pueden sacarse deducciones de interés para la Hilatura, que en realidad se concretan en las siguientes

(*) $\tau = T \cdot \sqrt{N}$ " (T, en v/m; N en tex)

Su equivalencia con el coeficiente de torsión habitual K (T, en v/m; N en m/m ,

$$\text{es } \tau = K \cdot \sqrt{1000} = 31,6 \cdot K \quad \text{y} \quad \tau' = \frac{\tau}{1000} = \frac{K}{\frac{1000}{31,6}} = \frac{K}{31,6}$$

6. CONCLUSIONES

1.^a La torsión saturante, aunque varía según las características de la fibra empleada, se alcanza, en término medio, en los hilos de lana peinada, con un coeficiente de torsión de 4.000 ($\tau'=4$), y en los de algodón peinado o repasado, de 4.400 ($\tau'=4'4$). En ese estado, las máximas tenacidades correspondientes, son de 5'5 g/tex (5'5 km de longitud de rotura) y 20 g/tex, respectivamente.

2.^a La torsión crítica señala un estado del hilo que debe considerarse desde un punto de vista industrial, por constituir un límite importante. Se presenta en los casos estudiados, muy aproximadamente, ante un coeficiente de torsión de 2.000. Y corresponde, en los hilos de lana, a un 50 % de la torsión saturante, y en los de algodón, a un 40 %

3.^a Las mechas que habiendo de ser torcidas deben someterse a estirado en el proceso de hilatura, no sobrepasarán nunca la torsión crítica; y así ocurre en la realidad (ver Tabla III, de valores usuales). Sus torsiones oscilan, según los casos, entre un 12 % y un 24 % de la torsión saturante respectiva (véanse las cifras entre paréntesis de la Tabla III).

4.^a Las torsiones utilizadas normalmente en la Industria deberán ser superiores a la torsión crítica; y también sucede así, salvo excepciones, en la realidad (Tabla III). Sus valores habituales son, para hilos de trama, del 50 al 60 % de la torsión saturante; y para los de urdimbre, del 70 al 80 %.

5.^a La torsión de crespón, muy superior siempre a la saturante, toma normalmente valores comprendidos entre 6.500 y 7.500 o más elevados. El punto de crespón suele encontrarse hacia el 200 % de la torsión saturante en los hilos de lana y hacia el 160 % en los de algodón.

AGRADECIMIENTO

Manifestamos aquí nuestra gratitud a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Sección Textil, de Tarrasa, en cuyos Laboratorios de Investigación Textil se ha desarrollado la parte experimental añadida en este trabajo, y al Patronato «Juan de La Cierva», del C.S.I.C., como también a las Entidades colaboradoras de los mencionados Laboratorios, por la ayuda material que prestan a la investigación textil española.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ALEXANDER. — Optimal twist in staple yarn. — *Tex. Res. J.* 1952, 8.
- (2) BARELLA. — La torsión mínima de cohesión y su papel en el proceso de la hilatura. — *Conf. Int. Técn. Textil*, Barcelona, 1954.
- (3) BARELLA. — Un apport à l'étude de la cohésion des fils de laine peignée et d'autres fibres. — *Bull. I.T.F.* 1958, 74, Mai.
- (4) BARELLA, CRESPO y MIRO. — Facteurs influant sur la cohésion des fils de laine peignée. — *Fed. Lanera Int.*, Paris 1958, dic.
- (5) BURLET. — Contribution à l'étude théorique des propriétés dynamométriques des fils. — *Fed. Lanera Int.*, Paris 1958, dic.
- (6) CALZONE. — étude sur la filabilité des laines. — *Fils et Tissus*, 1937, janv., févr., mars.
- (7) LOPEZ-AMO. — Determinación experimental de las torsiones críticas en los hilos de lana. — *Conf. Int. Técn. Textil*, Barcelona, 1954.
- (8) MENGHINI. — La torsione, elemento determinante nella resistenza dei filati. — *Laniera*, 1953, 5.
- (9) MORTON. — The arrangement of fibres in single yarns. — *Congr. Int. Rech. Sc. Appl. à l'Ind. Textile*, Bruxelles, 1955.
- (10) WALBAUM. — étude du rapport Torsion-Résistance pour le fil de laine. — *Fed. Lanera Int.*, Paris, enero 1957.
- (11) WEIS, ORR & GRANT. — The relation of single fiber to flat bundle strength and elongation of cotton. — *Text. Res J.*, 1955, 11.
- (12) WIERNBERGER. — Aide-Mémoire du Filateur et de l'Ingénieur Textile, I-VI. — Béranger, Paris, 1926.
- (13) C.R.I.T.E.R. — Relations entre quelques caractéristiques des fibres de coton et les propriétés mécaniques des filés. — *Bull. I.T.F.*, Mai-Juin 1960.

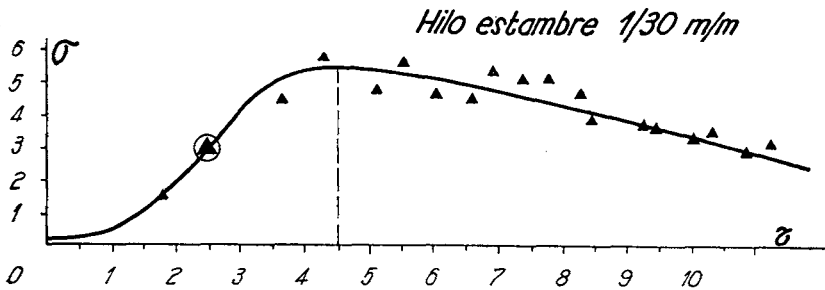


Fig. 2

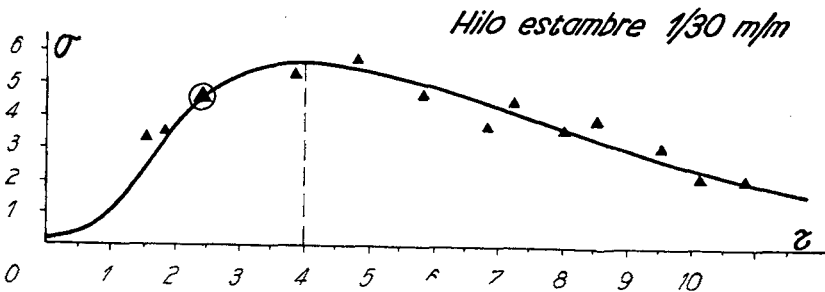


Fig. 3

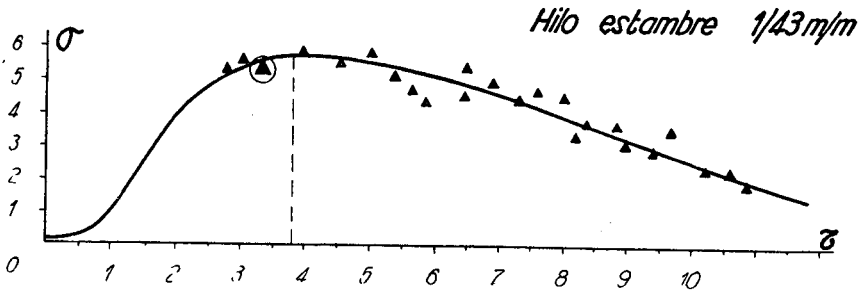


Fig. 4

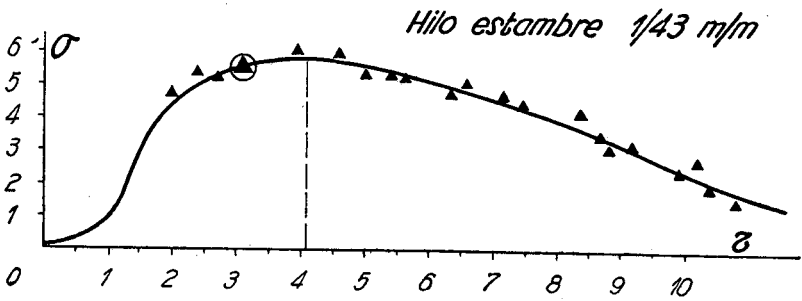


Fig. 5

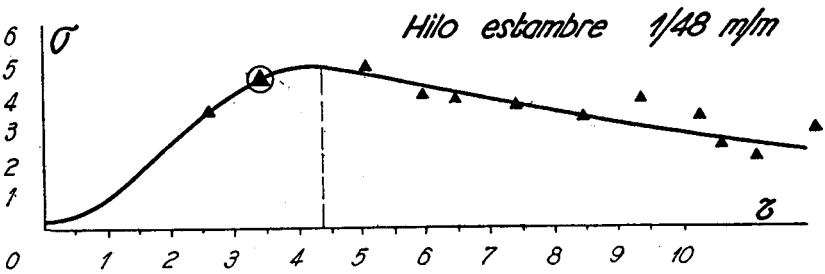


Fig. 6

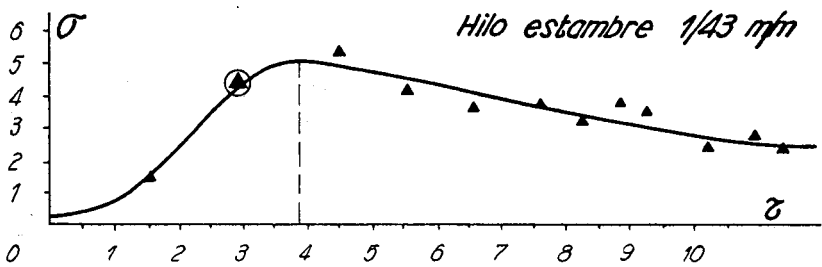


Fig. 7

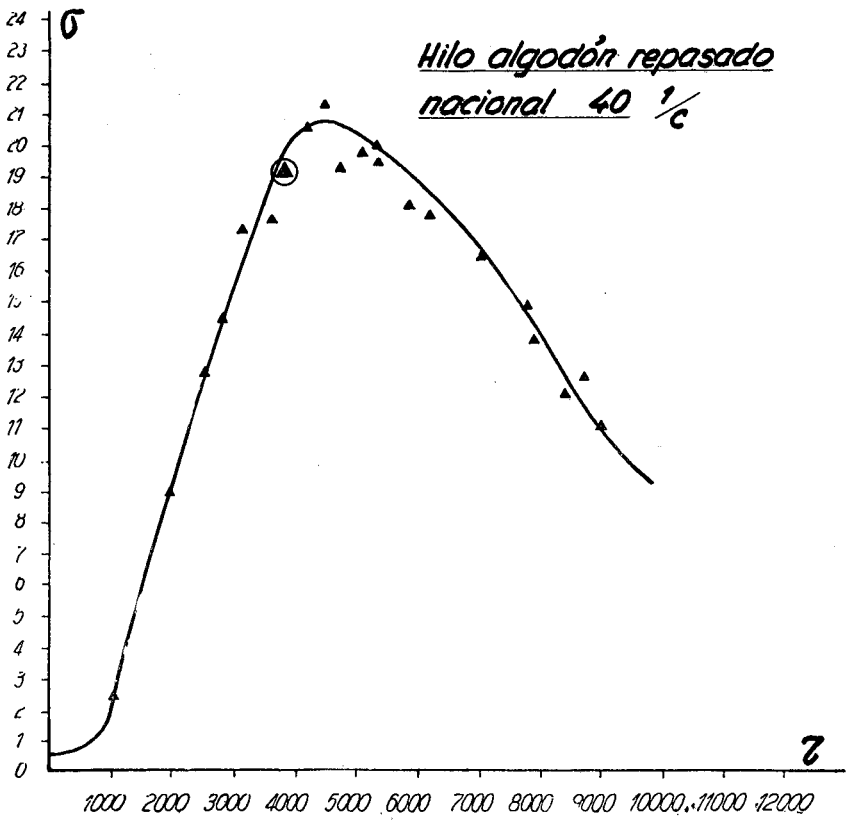


Fig. 8

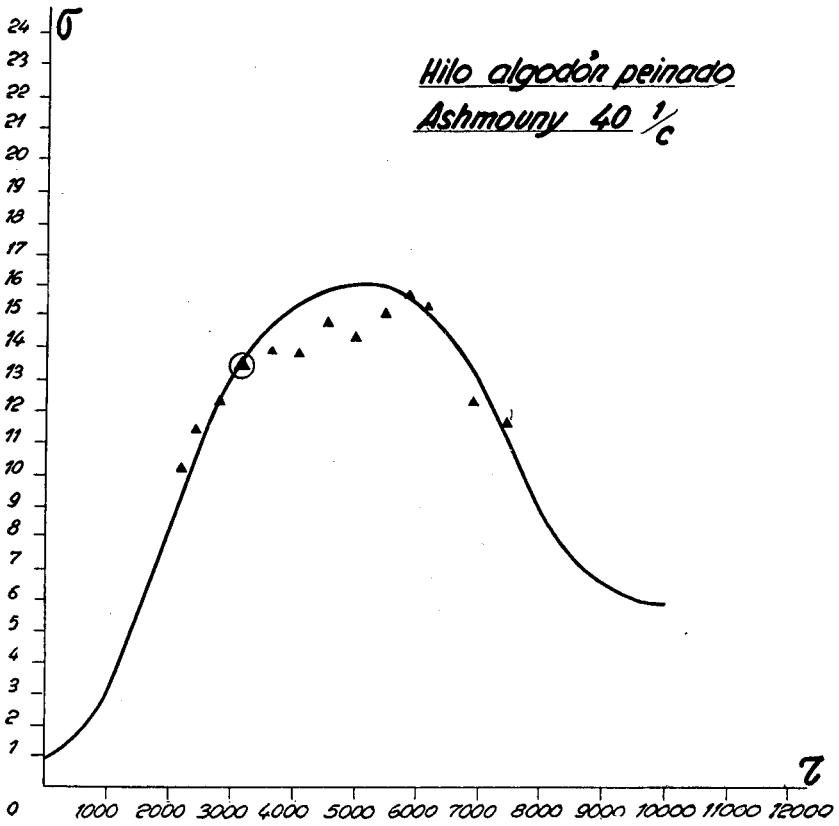


Fig. 9

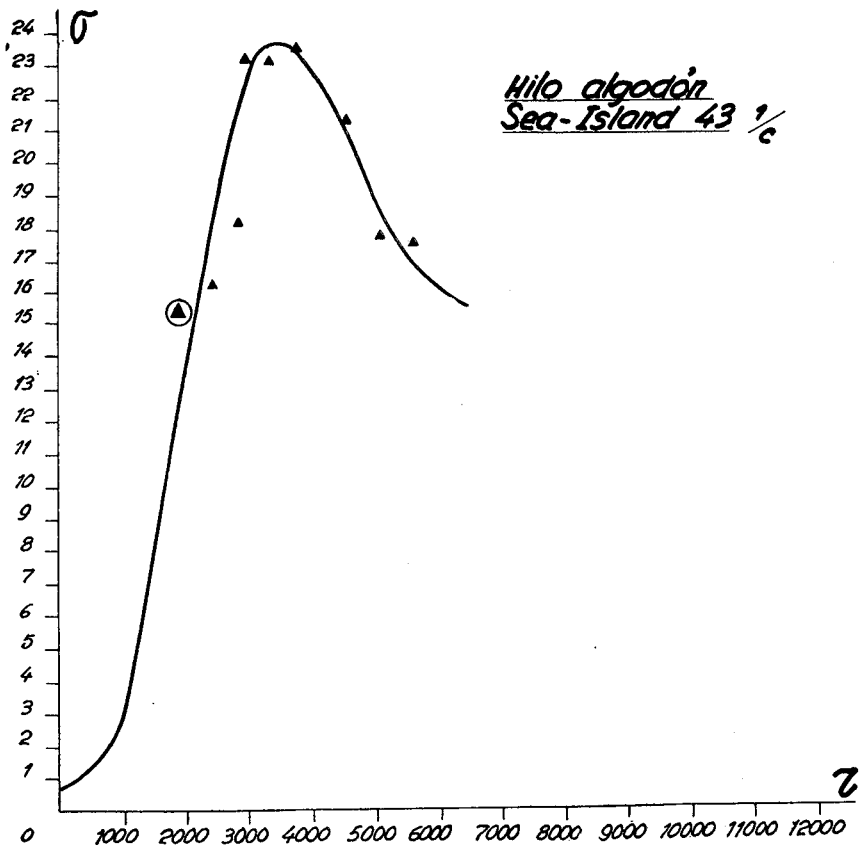


Fig. 10

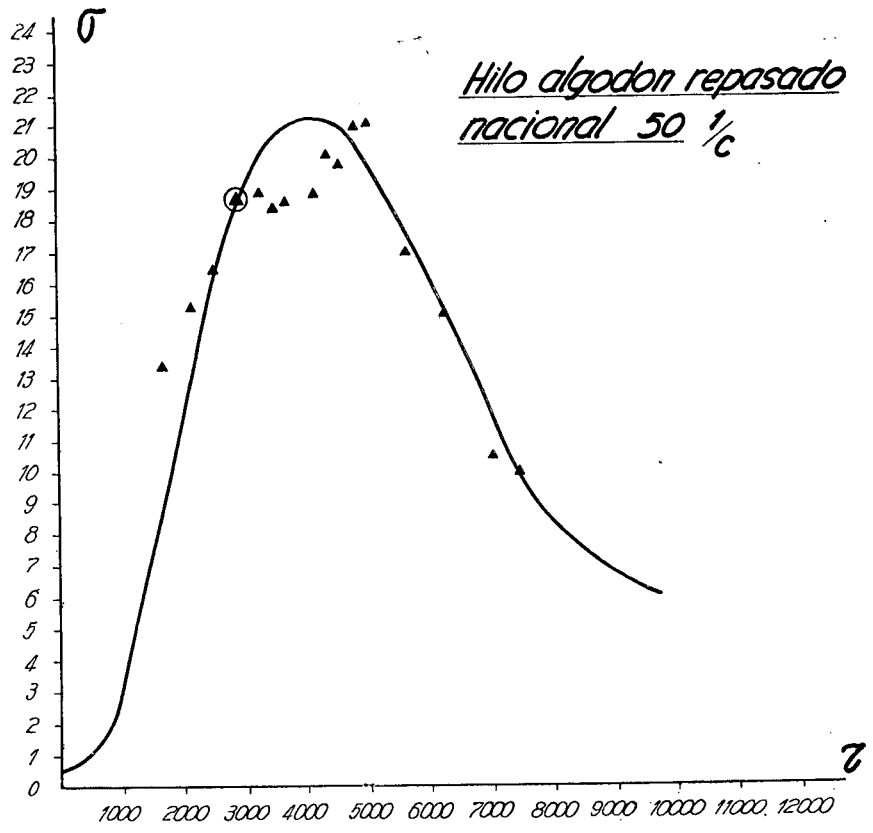
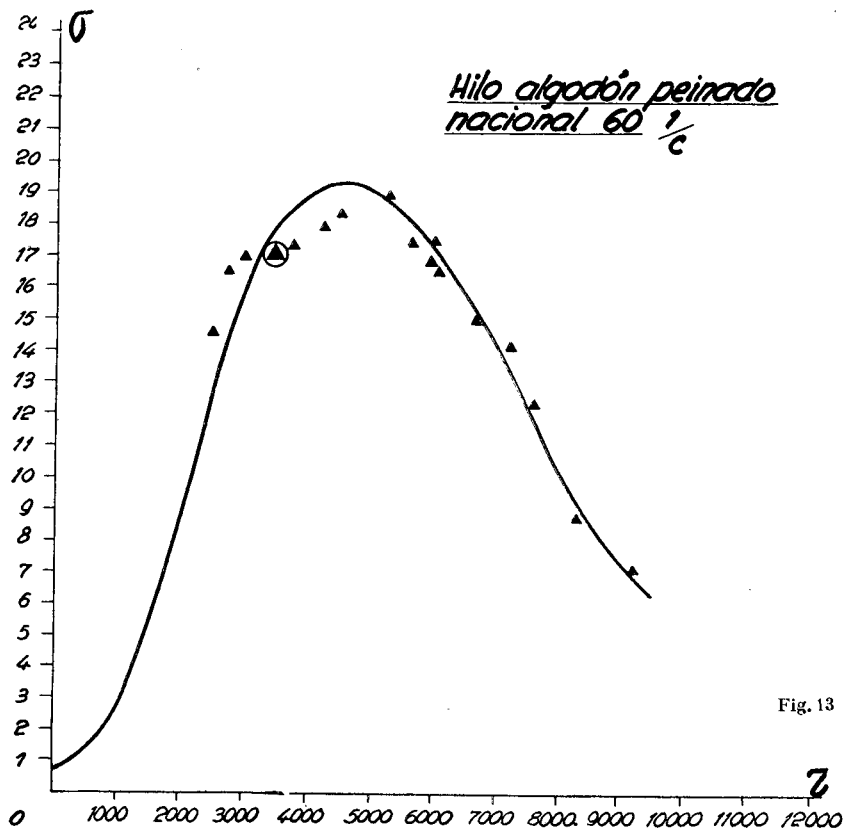
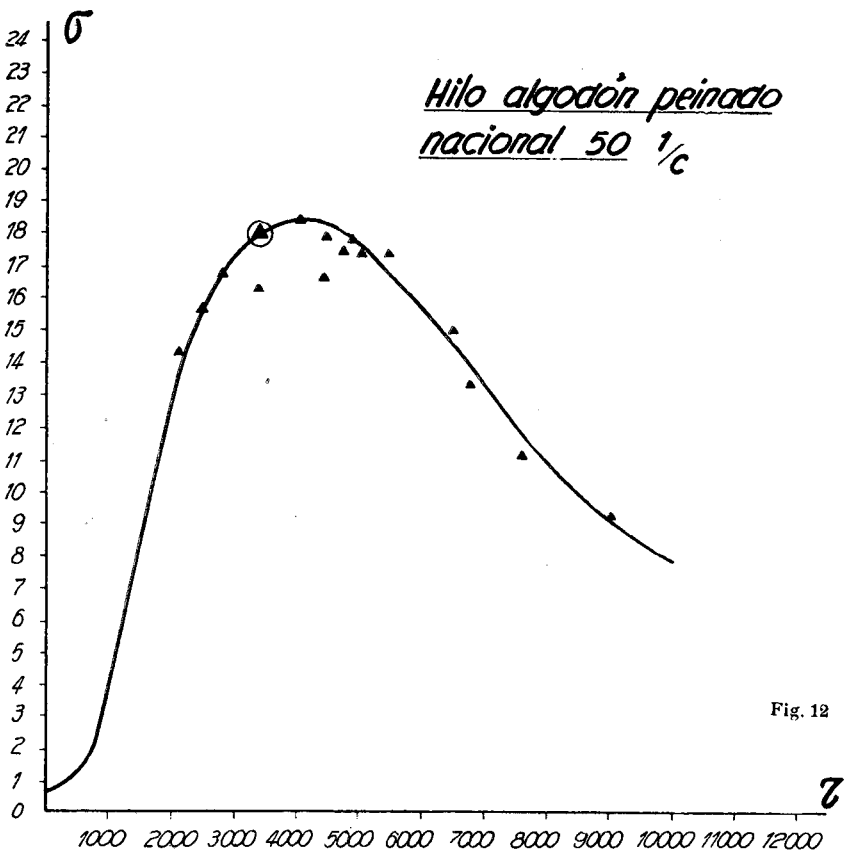


Fig. 11



C I B A

Sociedad Anónima de Productos Químicos

COLORANTES DE ANILINA

para todas las industrias

.....

PRODUCTOS PARA

toda clase de

APRESTOS Y ACABADOS MODERNOS

en las industrias

TEXTIL, DEL PAPEL, DE LA PIEL, ETC.

.....

RESINAS SINTETICAS

.....

CIBA, S. A. de Productos Químicos

Balmes, 117

BARCELONA

Tel. 27.31.21