

MODELO ELÍPTICO PARA LA SECCIÓN DE HILO

PARTE 2: LA PREDICCIÓN Y EL AJUSTE DE UN MODELO ELÍPTICO PARA HILADOS DE ALGODÓN DEL ROTOR (OE)

M.H. Kasem*

0. 1. Resumen

Un parámetro importante de la tecnología textil es la geometría de la estructura del hilo. Este parámetro se ve afectado por el de sistema de hilatura utilizado. En el proceso de hilatura se puede modificar el diámetro de la sección de hilado y la deformación de su superficie. En el trabajo anterior (parte 1) abordamos un sistema nuevo y las ecuaciones para calcular los diámetros de la sección elíptica del hilado de anillo de algodón. En este trabajo adaptaremos, con algunas modificaciones, estas ecuaciones para que sean más adecuados para su aplicación en los hilos del rotor OE. A partir de los resultados obtenidos podemos decir que, los diámetros mayor y menor (D , d) de los hilados OE son mayores que en los hilados de anillo RS, por lo tanto, las constantes en las ecuaciones cambiarán; el ajuste fue muy cercano a uno y la excentricidad fue muy cercana a 0,5. Los resultados estimados con este modelo respecto a los valores reales presentan una correlación muy elevada.

Palabras clave: sección, elípticas, diámetro, volumen específico, hilados del rotor OE, ajuste, excentricidad

0.2. Summary: ELLIPTICAL MODEL FOR YARN CROSS-SECTION PART 2: PREDICTION AND FITTING OF AN ELLIPTICAL MODEL FOR OPEN END (OE) SPUN YARNS

An important branch of textile technology is the geometry of yarn structure where it's changes with changing the spinning system; this changing may be effect on the yarn cross-section diameters and deformation of the yarn surface. In the earlier work (part 1) we approached a new

system and equations for calculation the elliptical ring spun cotton yarn cross-section diameters. In this work a modification of these equations to be more suitable for application on the open end yarns. From the results the major and minor diameters (D , d) of the open end OE yarn cross-section increased up to the ring spun yarns RS, therefore the constants in the equations was changed; The fitting was adjacent from one and the eccentricity was nearest of 0.5. Simulation and correlation between the estimated and real results was very good.

Key words: cross-section, elliptical, diameter, specific volume, open end OE yarn, fitting, eccentricity

0.3. Résumé: MODÈLE ELLIPTIQUE POUR LA SECTION DE FIL PARTIE: LA PRÉDICTION ET L'AJUSTATGE D'UN MODÈLE ELLIPTIQUE POUR DES FILAGES DE COTON DU ROTOR (OE)

Une branche importante de la technologie textile est la géométrie de la structure du fil ou elle se voit affectée avec le change de système de filature, ce qui peut modifier le diamètre de la section de filage et la déformation de sa surface. Dans le travail antérieur (partie 1) nous abordons un système nouveau et les équations pour calculer les diamètres de la section elliptique du filage d'anneau de coton. Dans ce travail nous adapterons, avec quelques modifications, ces équations pour qu'elles soient plus adéquates pour leur application dans les fils du rotor entends.

À partir des résultats, les diamètres plus grand et plus petit (D , d) des filages OE sont plus grands que dans les filages d'anneau RS, par conséquent, les constantes dans les équations changeront; l'ajustage a été très proche d'un et l'excentricité a été plus proche de 0,5. La simulation et la corrélation entre les résultats estimés et réels ont été très élevées.

Mots clé: section, elliptiques, diamètre, volume spécifique, filages du rotor OE, ajustage, excentricité

* Dr. Ing. Mohamed Hussein Kasem. Investigador del "Engineering Textile Department" del "National Research Centre" de El Cairo (Egipto). Estancia postdoctoral en el INTEXTER (U.P.C.)

1. INTRODUCCIÓN

Una dimensión necesaria e importante en el estudio de la geometría del tejido es "el diámetro" de hilo¹⁾.

Uno de los supuestos más comunes en la geometría de los hilos básicos es que la sección del hilo es circular. *Pierce*, en su trabajo de investigación sobre la geometría del tejido (1937) supuso que la sección del hilo era circular, pero observó que los hilados se aplanan al formar parte del tejido, él derivó una ecuación ($d(in) = 1/(28\sqrt{Ne})$ ó $d(mm) = 0,907/\sqrt{Ne}$) para el cálculo teórico del diámetro del hilado convencional de anillo RS de algodón de título del hilado Ne (expresado en numero ingles de algodón)²⁾. *A. Basu* y otros de SITRA³⁾ crearon la ecuación ($d(mm) = \frac{1.08}{\sqrt{Ne}}$) para el cálculo teórico

del diámetro del hilado OE rotor, la correlación entre el real y el teórico era muy elevada ($R^2 = 0.943$), y con menos desviación (alrededor 4.5%), respecto a la ecuación convencional dada por *Peirce* (subestimación del 16%). También informaron de que el diámetro de los hilados de

anillo RS, se reduce con el incremento del factor de torsión hasta un cierto nivel ($\alpha 5,7$) y a partir de ese punto la reducción de diámetro no es significativa. *Kemp 1958*¹⁾ ofrece una nueva forma, la sección "racetrack", que es una sección rectangular con las aristas redondeadas.

Actualmente, la sección del hilado tiende a concentrar la estructura de forma poligonal embalada irregular debido a la tensión, a la torsión y al título del hilado^{4, 5)}. Con los avances recientes en el proceso de representación podemos describir la estructura del hilado con mayor precisión. Fue demostrado que la sección del hilado (RS) y los hilados del rotor (OE) se pueden aproximar a la forma elíptica, aún cuando su perímetro tiende a ser irregular⁶⁾. El perímetro real de la sección del hilado es irregular pero la sección aparente del contorno del hilado es elíptica^{7,8)} (figura 1,2). *Jasper* y otros, 2005¹⁰⁾, estudiaron el sistema proyectado del diámetro para medir la excentricidad del hilado seccionado y obtuvieron que el hilado típico tiene un perfil elíptico con excentricidad que varía a lo largo de su longitud.

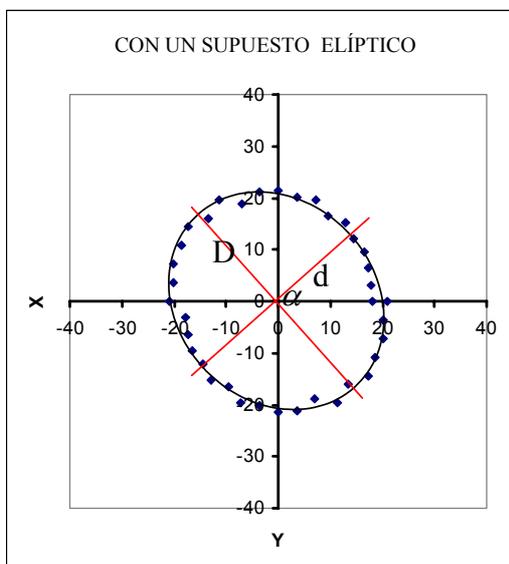


FIGURA 1: El contorno aspecto de la sección filar

En el presente trabajo de investigación se ha realizado el cálculo teórico de la sección del hilado partiendo de la sección cónica de gráficos analizados por ordenador. Una de las dificultades ha sido encontrar la elipse más ajustada puesto que existen pocos métodos directos para estimar una elipse^{9,10)}. Por este motivo, en el trabajo de investigación anterior (parte 1)⁸⁾ se sugirió: un nuevo método para medir la sección de los hilos,

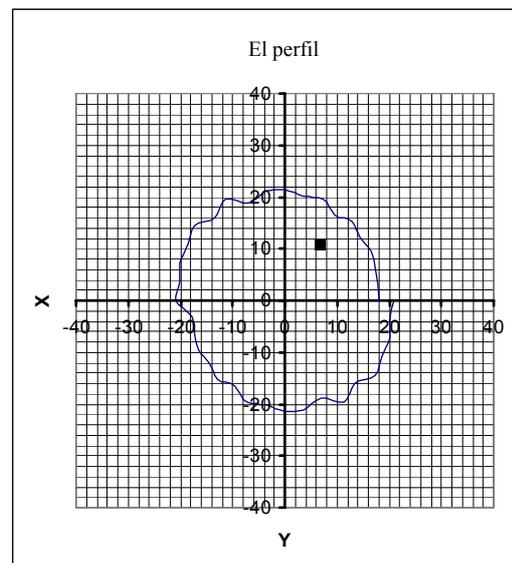


FIGURA 2: Perfil de la sección de los hilados

un nuevo sistema para buscar el mejor ajuste de la elipse y una predicción para simplificar las ecuaciones de calculo los diámetros de los hilados(D, d) usando el volumen específico de los hilados del algodón de anillo, y la excentricidad "e" ($e = \sqrt{1 - d^2/D^2}$)^{8,11)}. La excentricidad es esencialmente el cociente del eje menor "d" al eje mayor "D", es 0 si el cónico es un círculo, y 1 si el

cónico es parábola y entre 0 y 1 si el cónico es una elipse ($0 < e < 1$). En el anterior trabajo también se mostró que la excentricidad de la sección elíptica de los hilados de algodón de anillo oscila entre 3,5 y 7,2. El nuevo sistema para medir el perfil de la sección del hilado era adecuado y preciso. Este sistema tiene una ventaja muy importante sobre el método tradicional puesto que no se aplica ninguna presión sobre la muestra. Por otro lado se demostró que el modelo matemático para el cálculo teórico de la sección elíptica del hilado era apropiado y de fácil aplicación, resultando que el diámetro menor viene dado por $D = 0.042\sqrt{Tex}$ y el diámetro mayor viene dado por $D = 0.048\sqrt{Tex}$. La correlación entre los diámetros teóricos D_{es} , d_{es} y los diámetros reales D_r , d_r es muy elevada ya que resultaron valores de 0,998 y 0,979 respectivamente. La relación entre el diámetro teórico y el diámetro real, en función con el título del hilado son muy similares. A través del nuevo sistema de ajuste se ha obtenido la elipse más exacta, donde el valor del ajuste han sido 0,99, 0,98, y 1 para 14, 20 y 25 tex respectivamente.

A partir de esta revisión de las bibliografías, vemos que el estudio de la sección elipse de los hilados del rotor de algodón OE aún no ha sido estudiado ampliamente. Así, los principales objetivos de este trabajo de investigación son:

1. Buscar las ecuaciones que permitan predecir el diámetro aparente (D_{OE} , d_{OE}) de la sección elíptica de hilados del algodón OE
2. Buscar el efecto del factor de la torsión de los hilados sobre el diámetro y la deformación de los hilados del rotor OE.

3. Realizar una hoja de cálculo dinámica para estimar los parámetros siguientes: Diámetros (D, d), el área de la elipse, área de perfil, el perímetro del perfil, el perímetro de la elipse, el ajuste y el factor de deformación.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Material

Nueve muestras de hilados (OE) han sido preparadas, con títulos 14, 20, y 25 Tex, cada número de hilo tiene tres valores de factor de torsión. Estas muestras fueron producidas en el Instituto Textil (INTEXTER) - Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) - Barcelona-España. Los hilados OE-rotor han sido producidos en máquina de pruebas de INTEXTER equipada con un box industrial SE-11 de Schlafhorst. Esta máquina de pruebas está equipada con motores individuales para cada uno de los órganos funcionales. Lo que permite ajustar con un panel de control de manera fácil y precisa la velocidad de cada uno de dichos órganos funcionales. Gracias a este equipo ha sido posible la elaboración del hilado 14 Tex. En una máquina industrial hubiese sido imposible realizar este hilado extremo, con unas condiciones estables de hilatura. En este spintester OE-rotor la estabilidad de las condiciones de hilatura están garantizadas.

El coeficiente de torsión métrica (α_m) utilizado ha sido de 112,125 y 150 para los tres títulos (14,20 y 25 tex) de hilos elaborados mediante el sistema de hilatura OE-rotor. Los principales parámetros de hilatura se detallan en la tabla 1.

TABLA 1

Parámetros hilatura OE-rotor

Hilatura Condiciones	Título (Tex)								
	14			20			25		
Tipo de rotor	T, 256 D								
Cilindro disgregador	B 174								
Boquilla	KN 4								
Factor de torsión $\alpha_{metrical}$	114	125	150	112	125	150	111	125	150
Velocidad del rotor [1/min]	35513	38924	46574	32749	35514	42427	31827	35975	42980
Velocidad de alimentación [m/min]	0,1678	0,1678	0,1678	0,2534	0,2534	0,2534	0,3818	0,3818	0,3818
Velocidad de producción [m/min]	37	37	37	40	40	40	45	45	45
Torsión	968	1061	1269	820	890	1062	703	794	949

2.2. Aparatos

2.2.1. Metodología de medición de las secciones de los hilados (*Microscopio con Plato divisor*):

En este trabajo de investigación se ha empleado el mismo equipo que fue utilizado por nosotros en el trabajo anterior (parte 1) para determinar el diámetro de los hilos (figura 3)⁸, este dispositivo consta de;

A través de un microscopio (1) se observa la muestra de hilado colocada en el interior de un tubo(3). Esta muestra está sujeta mediante soporte de giro angular graduado (°) también denominado "Plato divisor" (2). El tubo de la muestra del hilo ha sido especialmente diseñado para sostener longitudinalmente la muestra de hilado (figura 3). El microscopio dispone de una cámara CCD(4). Las imágenes de la cámara CCD se visualizan en un monitor (6). En este monitor podemos medir el diámetro del hilado cada 10 grados de rotación, para cada punto de la sección del hilo. El hilo a analizar (9) realiza el siguiente recorrido; Sale de la bobina (8) y es guiado por el guía-hilos (10), posteriormente es tensado a la tensión adecuada con el mecanismo tensor (11). Cuando se encuentra sometido a la tensión óptima (12) se realizan las mediciones, posteriormente pasa por el interior del plato divisor y se recoge el hilo bobinado(5). Los resultados se han obtenido mediante mediciones en el monitor. Previamente se ha calibrado el aumento resultante de la medida (lente, cámara y monitor). Finalmente se han introducido los valores de la sección del hilado en una hoja de cálculo (7).

El cálculo del aumento se ha realizado mediciones de una aguja calibrada de 0.5 mm de diámetro colocada sobre el plato divisor. De este modo se ha observado que el aumento del sistema de medición ha sido de x306.

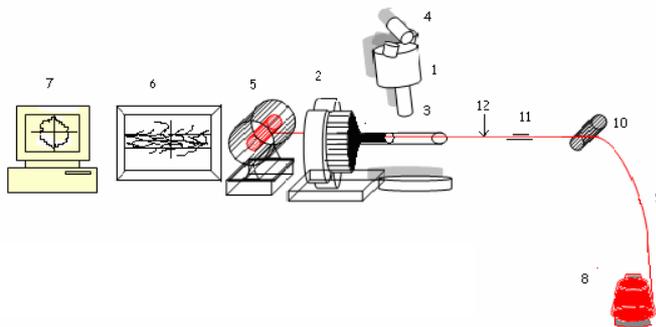


FIGURA 3: Esquema del sistema para medir la sección del hilo

3. LAS ECUACIONES DE PRE-DICCIÓN PARA EL CÁLCULO TEÓRICO DE LOS DIÁMETROS D, d. DE LOS HILADOS OE

3.1. Volumen específico de los hilados OE (SV_{OE})

Mediante el título de los hilados en tex

Dónde:

$$tex = \frac{1000 \times M (gr)}{L(m)} \text{-----} (1)$$

Dónde:

(M) es el peso en gramos y
 (L) La longitud en metros (m)

$$\therefore SV = \frac{V}{M} \text{-----} (2)$$

Dónde:

(SV) es el volumen específico
 (V) es el volumen y
 (M) es la masa

Si la masa (M) = un gramo

$$\therefore SV = \frac{V}{1g}$$

De la ecuación (1) podemos obtener la longitud por un gramo.

$$\therefore L_{(cm)} / 1g = \frac{10^5}{tex} \text{-----} (3)$$

\therefore El volumen equivalente al área de sección de perfil (AP) \times la longitud (L)

$$\therefore SV_{(cm^3/g)} = A_{p(cm^2)} \times L_{(cm)} / 1g$$

Si el perfil de la sección del área (Ap) consiste de 36 triángulos

$$\therefore A_p = \sum_{n=1}^{n=36} A_{\Delta n} \text{-----} (4)$$

$$\therefore A_p = \sum_{n=1}^{n=36} A_{\Delta 1} + A_{\Delta 2} + \text{-----} + A_{\Delta n-1} + A_{\Delta n}$$

De la ecuación 3 y 4

$$\therefore SV_{(cm^3/g)} = L \sum_{n=1}^{n=36} A_{\Delta n} \text{-----} (5)$$

Dónde

A_{Δ} = El área de triángulo

Si cada triángulo ha r_i, r_j, l_i y según la ecuación de Herón¹⁰ se puede calcular el área del triángulo.

$$A_{\Delta_i} = \sqrt{\frac{(r_i+r_j+l_i)(r_i+r_j-l_i)(r_i+l_i-r_j)(r_j+l_i-r_i)}{4}}$$

Dónde

$$l_i = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos \theta}$$

$r_i, r_j = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ son los radios,

$l_i = (l_1, l_2, \dots, l_n)$ Se trata de los vínculos entre los puntos y

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ son los ángulos entre $(r_1-r_2, r_2-r_3, \dots, r_{n-1}-r_n)$

De la ecuación 4 se puede calcular el área (A_p) del perfil de los resultados se obtuvo empíricamente, y dividiendo la media de estos valores en los títulos de hilados (tex), podemos deducir que (A_p) igual un constante multiplicado por el (tex);

$$A_p = c \times tex$$

Dónde (c) es el constante

Prácticamente el valor de esta constante es

$$\therefore A_{p(cm^2)} = 186,2 \times 10^{-7} \times tex \text{-----} (6)$$

Mediante la sustitución de la ecuación 5 en la ecuación 3 se puede deducir que el volumen específico de los hilados del rotor OE (SV_{OE}) es;

$$SV_{OE} = 186,2 \times 10^{-7} \times tex \times \frac{10^5}{tex}$$

$$SV_{OE} \cong 1,86 cm^3 / g \text{-----} (7)$$

3.2. Estimación de los diámetros (D, d) de los hilados OE

Si la sección aparente del hilo es elíptica, entonces tiene un diámetro mayor D y otro diámetro menor d. Para estimar los diámetros D_{OE} y d_{OE} de los hilos OE, podemos usar los mismos procesos que se utilizaron para calcular los diámetros de los hilados de anillos (parte 1). De este modo los diámetros D_{OE}, d_{OE} de los hilados OE en milímetros cuadrados, se obtienen mediante las ecuaciones 7 y 3.

$$\therefore V = A \times L$$

$$\therefore 1,86 = \frac{\pi}{4} (D_{OE} \cdot d_{OE})_{cm^2} \cdot \frac{10^5}{tex}$$

$$\therefore (D_{OE} \cdot d_{OE})_{mm^2} = 1,86 \cdot \frac{4}{\pi} \cdot \frac{tex}{10^3}$$

$$\therefore (D_{OE} \cdot d_{OE})_{mm^2} = 2,37 \times 10^{-3} \times tex \text{-----} (8)$$

A partir de la ecuación de la excentricidad podemos deducir una fórmula para calcular el diámetro menor (d)

$$\therefore e = \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}}$$

Dónde

(e) Es la excentricidad de elipse

$$\therefore e^2 = 1 - \frac{d^2}{D^2} \text{-----} (9)$$

$$d = D \sqrt{1 - e^2} \text{-----} (10)$$

De la ecuación 8, 10 podemos deducir que

$$D_{OE} = 0,0487(1 - e^2)^{-0,25} \sqrt{tex} \text{-----} (11)$$

Y, de la ecuación 10 y 11 se puede obtener d_{OE}

$$d_{OE} = 0,0487(1 - e^2)^{0,25} \sqrt{tex} \text{-----} (12)$$

Por otra parte si la excentricidad de los hilados OE = 0,5 como ideal

$$\therefore d_{OE} = D_{OE} \sqrt{0,75} \text{-----} (13)$$

De la ecuación 8, 10 podemos estimar el D_{OE}

$$D_{OE} \cong 0,0523 \sqrt{tex} \text{-----} (14)$$

Sustituyendo la ecuación 14 en 13 se puede encontrar el d_{OE}

$$d_{OE} \cong 0,0453\sqrt{tex} \text{ ----- (15)}$$

3.4. Diseño una hoja dinámica de cálculo

Para calcular los parámetros de la elipse ha sido necesario diseñar una plantilla de hoja de cálculo dinámica (tabla 2). En la figura 3 se muestra a título de ejemplo el aspecto de la hoja de cálculo dinámica. En esta hoja de cálculo dinámica sólo hay que introducir los datos y automáticamente se hacen los cálculos y el dibujo de la sección de los hilados.

A partir de esta hoja de cálculo se puede estimar, la excentricidad (e), utilizando la ecuación 9, diámetro mayor D_{OE} de la ecuación 14, y diámetro menor d_{OE} de acuerdo con la fórmula 15. Automáticamente la hoja de cálculo ajusta la curva de la elipse mediante la siguiente ecuación;

$$\frac{x^2}{R^2} + \frac{y^2}{r^2} = 1 \text{ ----- (16)}$$

TABLA 2

Plantilla de hoja dinámica de cálculo

Test No (1)	Sp. Type: Open End	Y.Count: 14 tex	Tf: 125	output								
In put			Parameters			Results						
Readings	r. Ell	0		e=	#DIV/0!							
	R. Ell	0		average fit=	#DIV/0!							
	Rising			d. real mm	#DIV/0!							
	Rotation Angle			d. estimation	0	0						
	tex			D. real mm	#DIV/0!							
	e (model)			D. estimation	0	0						
	cos. 10 rad	0,98480775		A. real	#DIV/0!							
				A. P profile	#DIV/0!							
				A. estimated	0	0						
				U. ellipse rea	#DIV/0!							
			U. Ellipse est	0	0							
			U profile=	#DIV/0!								
			Deformation	#DIV/0!								
							0					
Radians P.	Radians Ell.	Degree P.	Degree Ell.	Diameters	Radios	triangle area	P x	P y	Circumference U	X Ellipse	Y Ellipse	Fitting
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
0,17453293	0,174532925	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
0,34906585	0,34906585	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
0,52359878	0,523598776	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
0,6981317	0,698131701	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
0,87266463	0,872664626	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
1,04719755	1,047197551	60	60	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
1,22173048	1,221730476	70	70	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
1,3962634	1,396263402	80	80	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
1,57079633	1,570796327	90	90	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
1,74532925	1,745329252	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
1,91986218	1,919862177	110	110	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
2,0943951	2,094395102	120	120	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
2,26892803	2,268928028	130	130	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
2,44346095	2,443460953	140	140	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
2,61799388	2,617993878	150	150	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
2,7925268	2,792526803	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
2,96705973	2,967059728	170	170	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
3,14159265	3,141592654	180	180	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		190	190	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		200	200	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		210	210	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		220	220	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		230	230	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		240	240	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		250	250	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		260	260	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		270	270	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		280	280	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		290	290	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		300	300	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		310	310	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		320	320	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		330	330	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		340	340	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		350	350	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
		360	360	0	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!

donde:

x = valor del punto en el eje X de la elipse,
 y = valor del punto en el eje Y de la elipse

Estos valores pueden cambiar con el ángulo entre el eje de las elipses y el eje del perfil (α).

R = el radio mayor de la elipse
 r = el radio menor de la elipse

calcular el área del perfil A_p utilizando la ecuación 4, el perímetro del perfil (U_p), y el área de elipse (A_{OEes}) del siguiente modo:

Para realizar el promedio del ajuste total se han realizado los pasos que se presentaron en el trabajo anterior parte 1. El mismo programa puede

$$U_p = \sum_{k=1}^{36} l_{(k)} \text{-----} (17)$$

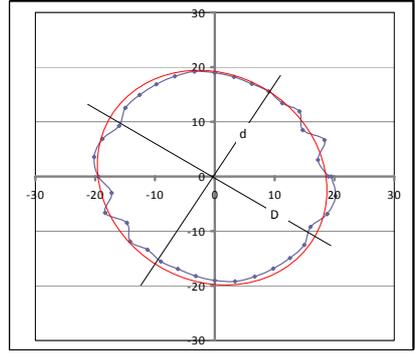
TABLA 3
 Funcionamiento de la hoja dinámica de cálculo

Test No (1)		Sp. Type: Open End		Y.Count: 14 tex		Tf: 125	
In put				out put			
Readings						Parameters	Results
38	r. Ell	24	17,28			e=	0,45812285
35	R. Ell	27	19,44			average fit=	1,06605701
39	Rising	204				d. real mm	0,16941176
34	Rotation Angl	-32				d. estimation	0,17714025
37	tex	14				D. real mm	0,19058824
35	e (model)	0,5				D. estimation	0,20454394
36	cos. 10 rad	0,98480775				A. real	0,02535885
						A. Profile	0,02670066
						A. estimated	0,0284573
						U. ellipse rea	0,56548668
						U. Ellipse est	0,59954811
						U profile=	0,60962341
						Deformation	0,05025387
							0,2626506
							0,57363245
							124,36318

Radians P.	Radians Ell.	Degree P.	Degree Ell.	Diameters	Radios	triangle area	P x	P y	Circumference U	X Ellipse	Y Ellipse	Fitting
0	-0,55850536	0	-32	38	19	28,8690095	19	0	16,1129138	-10,068466	1,13772871	
0,17453293	-0,38397244	10	-22	35	17,5	29,6287203	17,2341357	3,03884311	3,514661327	16,2257175	-6,5556154	0,99541835
0,34906585	-0,20943951	20	-12	39	19,5	28,7821854	18,3240061	6,66939279	3,790607942	19,0738782	-4,054278	1,26189632
0,52359878	-0,03490659	30	-2	34	17	27,3061759	14,7224319	8,5	4,040106404	16,9896441	-0,5932914	0,96760775
0,6981317	0,13962634	40	8	37	18,5	28,1092988	14,1718222	11,8915708	3,435974877	18,3199593	2,57470237	1,14152892
0,87266463	0,314159265	50	18	35	17,5	27,349588	11,2487832	13,4057778	3,291956853	16,643489	5,4077974	1,00507006
1,04719755	0,488692191	60	28	36	18	28,1310048	9	15,5884573	3,13386592	15,893057	8,45048813	1,03487681
1,22173048	0,663225116	70	38	36	18	28,9124216	6,15636258	16,9144672	3,137606739	14,1841936	11,0819066	0,99875064
1,3962634	0,837758041	80	48	37	18,5	30,5186672	3,21294129	18,2189434	3,219943554	12,3789162	13,7481793	1,01333672
1,57079633	1,012290966	90	58	38	19	32,1683249	1,1639E-15	19	3,306077681	10,068466	16,1129138	1,02649778
1,74532925	1,186823891	100	68	39	19,5	33,0148598	-3,3861395	19,2037512	3,392263996	7,30482857	18,0800852	1,043688
1,91986218	1,361356817	110	78	39	19,5	33,0148598	-6,6693928	18,3240061	3,399073967	4,05427797	19,0738782	1,0177356
2,0943951	1,535889742	120	88	39	19,5	33,0148598	-9,75	16,8874954	3,399073967	0,68054019	19,4881211	1,00650789
2,26892803	1,710422667	130	98	39	19,5	33,0148598	-12,534358	14,9378666	3,399073967	-2,7138755	19,3102273	1,0113591
2,44346095	1,884955592	140	108	39	19,5	31,32179	-14,937867	12,5343584	3,399073967	-6,0258314	18,5456021	1,03170411
2,61799388	2,059488517	150	118	37	18,5	32,1249129	-16,02147	9,25	3,45849768	-8,6852239	16,3345305	0,95865013
2,7925268	2,234014443	160	128	40	20	35,5978764	-18,793852	6,84040287	3,67318156	-12,31323	15,7602151	1,16500941
2,96705973	2,408554368	170	138	41	20,5	34,7079295	-20,188559	3,55978764	3,564778048	-15,234469	13,7171774	1,27515562
3,14159265	2,583087293	180	148	39	19,5		-19,5	2,389E-15	3,625769086	-16,536938	10,3334257	1,19839707
		190	158				-17,234136	-3,0388431	3,514661327	-16,225717	6,55561538	0,99541835
		200	168				-18,324006	-6,6693928	3,790607942	-19,073878	4,05427797	1,26189632
		210	178				-14,722432	-8,5	4,040106404	-16,989644	0,59329144	0,96760775
		220	188				-14,171822	-11,891571	3,435974877	-18,319959	-2,5747024	1,14152892
		230	198				-11,248783	-13,405778	3,291956853	-16,643489	-5,4077974	1,00507006
		240	208				-9	-15,588457	3,13386592	-15,893057	-8,4504881	1,03487681
		250	218				-6,1563626	-16,914467	3,137606739	-14,184194	-11,081907	0,99875064
		260	228				-3,2124913	-18,218943	3,219943554	-12,378916	-13,748179	1,01333672
		270	238				-1,164E-15	-19	3,306077681	-10,068466	-16,112914	1,02649778
		280	248				3,38613946	-19,203751	3,392263996	-7,3048286	-18,080085	1,043688
		290	258				6,66939279	-18,324006	3,399073967	-4,054278	-19,073878	1,0177356
		300	268				9,75	-16,887495	3,399073967	-0,6805402	-19,488121	1,00650789
		310	278				12,5343584	-14,937867	3,399073967	2,71387547	-19,310227	1,0113591
		320	288				14,9378666	-12,534358	3,399073967	6,02583139	-18,545602	1,03170411
		330	298				16,02147	-9,25	3,45849768	8,68522391	-16,33453	0,95865013
		340	308				18,7938524	-6,8404029	3,67318156	12,3132295	-15,760215	1,16500941
		350	318				20,1885589	-3,5597876	3,564778048	15,2344689	-13,717177	1,27515562
		360	328				19,5	-2,389E-15	3,625769086	16,5369379	-10,333426	1,19839707

$$D_{OE} \cong 0,0523 \sqrt{tex}$$

$$d_{OE} \cong 0,0453 \sqrt{tex}$$



$$A_{OEes} = \frac{\pi}{4} d_{OEes} \times D_{OEes}$$

$$A_{OEes} = 1,86 \times 10^{-3} \times tex \text{-----} (18)$$

Esta hoja de cálculo también permite obtener el factor de deformación filar (df), de la sección del hilado, este factor refleja las características de tacto y la rugosidad del hilo. El

valor de factor de deformación es un valor absoluto. Para calcular el factor de deformación se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$D_f = \frac{|A_r - A_p|}{A_r} \text{-----} (19)$$

TABLA 4

Los parámetros de la sección de los hilados OE

Parámetros	14 tex				20 tex				25 tex			
	Factor de torsión			– x	Factor de torsion			– x	Factor de torsion			– x
	114	125	150		112	125	150		111	125	150	
(e)	0,47	0,51	0,53	0,50	0,40	0,51	0,41	0,44	0,44	0,50	0,44	0,46
(f)	1,00	1,03	1,03	1,02	1,03	1,05	1,01	1,03	1,09	1,01	1,04	1,05
d _{real}	0,17	0,17	0,17	0,17	0,21	0,21	0,20	0,21	0,25	0,24	0,24	0,24
d _{est}	0,17	0,17	0,17	0,17	0,20	0,20	0,20	0,20	0,23	0,23	0,23	0,23
D _{real}	0,20	0,20	0,21	0,20	0,24	0,24	0,23	0,24	0,27	0,28	0,28	0,27
D _{est}	0,20	0,20	0,20	0,20	0,23	0,23	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26
A _{real}	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05
A _P	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	0,06	0,05	0,06	0,06
A _{est}	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
U _{ell real}	0,58	0,55	0,59	0,57	0,74	0,70	0,68	0,71	0,84	0,80	0,82	0,82
U _{ell est}	0,60	0,55	0,60	0,58	0,71	0,65	0,71	0,69	0,80	0,66	0,80	0,75
d _f	0,06	0,10	0,07	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,08	0,06	0,04	0,06
U _p	0,64	0,60	0,63	0,62	0,81	0,79	0,72	0,77	0,94	0,89	0,88	0,90

Los resultados de los diferentes parámetros de la sección de los hilados para diferentes factores de torsión se indican en la tabla 4. De los resultados podemos decir que;

Excentricidad: la excentricidad (e) de los hilados OE con 14 tex y factor de torsión Tf 114 tienen un promedio de 0,47, un máximo de 0,62, mínimo de 0,25, coeficiente de variación (CV%) de 22% y un error estándar (SE) de 0,036. Para el caso de 14 tex con Tf 125 se ha obtenido que, el promedio de (e) 0,5, máximo de 0,7, mínimo de 0,25, CV% de 25, y SE de 0,044. Del mismo modo para 14 Tex con Tf 150 el promedio de la (e) 0,5, máximo de 0,68, mínimo de 0,26, CV% de 28 y SE 0,051.

La excentricidad (e) de los hilados con 20 tex, Tf 112 como promedio fue de 0,40, máximo de 0,61, mínimo de 0,15, CV% de 33 y SE de 0,05, mientras que fue de 0,51 de promedio, máximo de 0,69, mínimo de 0,26 min, CV% de 24 y SE 0,04 en el caso de los hilados de OE con 125 Tf. Del mismo modo promedio 0,41, máximo de 0,62, mínimo de 0,18, CV% de 38, y 0,05 como un error estándar en el caso de los hilados 20 tex con 150 Tf.

El comportamiento de la excentricidad de los hilados OE fue 0,44, 0,61, 0,21, 28%, y 0,04

como promedio, máx., Min., CV, y SE respectivamente, de los hilados 25 tex con Tf 111, mientras que eran 0,50, 0,69, 0,30, 22%, 0,04 en el caso de los hilados de 25 tex con Tf 125, y en el caso de los hilados de 25 tex con factor de torsión 150 fue 0,44& 0,58& 0,23& 28% y 0,04.

A partir de los resultados se ha mencionado anteriormente, vemos que la relación entre la excentricidad y el factor de torsión no tiene una tendencia clara.

El ajuste: La siguiente tabla 5 muestra los resultados del ajuste de la elipse con los puntos que se obtuvieron; a partir de los resultados que se indican en la tabla podemos ver que el valor del ajuste como promedio se encuentra muy cercano a uno. En la misma tabla también se puede ver que los coeficientes de variaciones CV% oscilan entre 2,27% y 8,93%, siendo el valor medio 6,85%. El error estándar es de 0,01 como mínimo y 0,04 como máximo. Esto significa que las elipses que propuestas son muy adecuadas. Por otro lado, se ha obtenido una correlación muy elevada entre los valores reales y estimados.

TABLA 5
 El ajuste

Resultados estadística	14 tex			20 tex			25tex		
	114	125	150	112	125	150	111	125	150
Promedio	1,00	1,03	1,03	1,03	1,05	1,01	1,09	1,01	1,04
Max	1,11	1,29	1,11	1,15	1,18	1,11	1,18	1,03	1,15
Min	0,91	0,81	0,94	0,92	0,94	0,86	0,97	0,95	1,03
CV%	7,28	13,04	5,63	6,89	6,84	8,93	5,28	2,27	5,48
SE	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02

Diámetros: La relación entre los diámetros (D_r , D_{es} , d_r , y d_{es}) y el título del hilo tex con factores de torsión 112, 125 y 150 se indican en las figuras 4a, 4b, 4c, respectivamente. En estas figuras se observa que el comportamiento de los diámetros mayores reales D_r y los diámetros mayores estimados D_{es} son muy similar. Asimismo, el comportamiento de los diámetros menores estimados d_{es} es similar al comportamiento de los diámetros menores reales d_r . En la figura 5 se muestra la regresión y la correlación entre los diámetros estimados (D_{es} , d_{es}) y los diámetros reales (D_r , d_r). Mediante esta figura se puede ver la correlación entre D_{es} y D_r es muy elevada donde el

valor de $R^2 = 0,96$ y la ecuación lineal de la regresión fue;

$$D_{es} = 0,871D_r + 0,028 \text{-----} (20)$$

En la misma figura encontramos que la correlación entre los diámetros menores estimados d_{es} y los diámetros menores reales d_r es muy elevada donde el valor de $R^2 = 0,975$ y la ecuación de regresión lineal es;

$$d_{es} = 0,823d_r + 0,035 \text{-----} (21)$$

Esto significa que las ecuaciones (14 y 15) que se obtuvieron del modelo elíptico matemático para predecir los diámetros de los hilados son correctas.

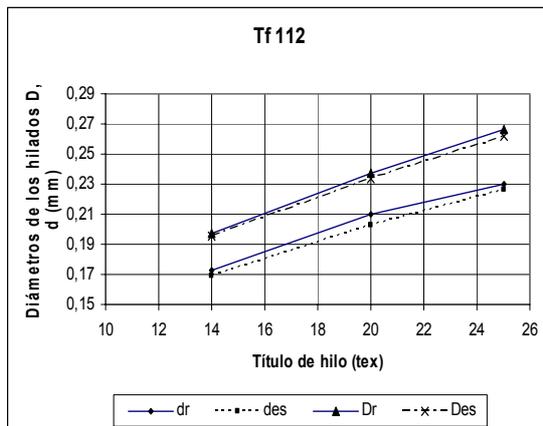


FIGURA 4a: Relación entre el título y el diámetro de los hilados con factor de torsión 112

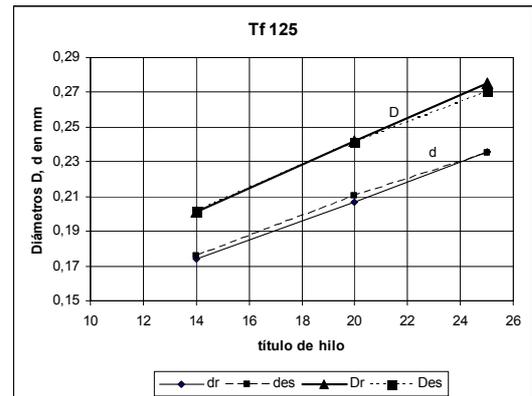


FIGURA 4b: Relación entre el título y el diámetro de los hilados con factor de torsión 125

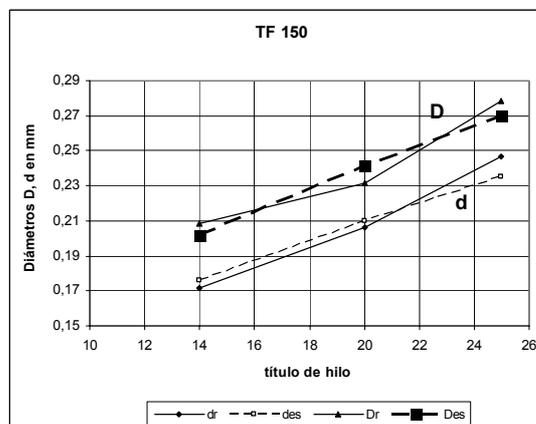


FIGURA 4c: Relación entre el título y el diámetro de los hilados con factor de torsión 150

A partir de los resultados prácticos se ha obtenido la relación entre los diámetros de hilo (D_r y d_r) y los títulos de hilados en tex (ecuaciones 22, 23 y figura 6), utilizando la técnica de regresión potencial no lineal, encontramos que la correlación es muy elevada donde $R^2 = 0,962$ y $0,975$, respectivamente.

$$D_{OE_r} = 0,049 \times tex^{0,533} \text{-----} (22)$$

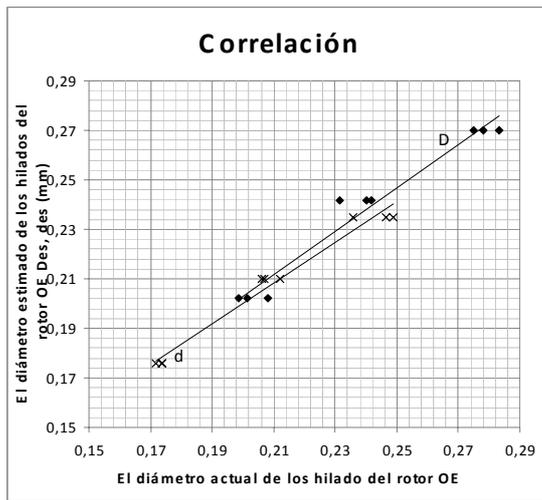


FIGURA 5: Correlación entre los diámetros reales y estimados de hilados del rotor OE

Con la aplicación de la ecuación 22 y 23 se puede determinar la excentricidad ϵ de una amplia gama de títulos de hilados (desde 10 a 85 tex), debido a la buena correlación existente entre el título y la excentricidad (figura 7). En la figura se puede ver que, con el aumento de los títulos de los hilados en tex va disminuyendo el valor de la excentricidad, vista esta relación se puede construir

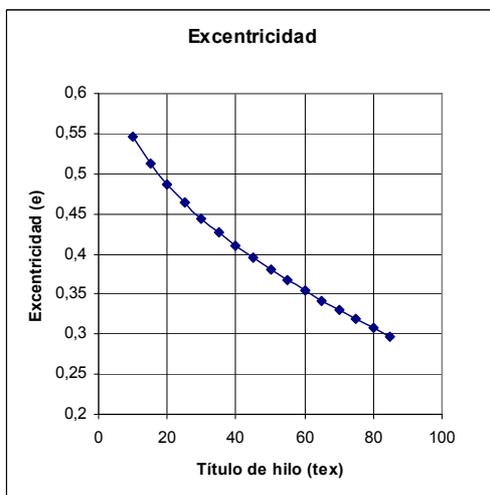


FIGURA 7: Excentricidad en función con el título del hilo en tex

$$d_{OE_r} = 0,038 \times tex^{0,572} \text{-----} (23)$$

donde :

D_{OE_r} es el valor verdadero del diámetro mayor de la sección de los hilos Open End y d_{OE_r} es el valor verdadero del menor diámetro de la sección de los hilos Open End

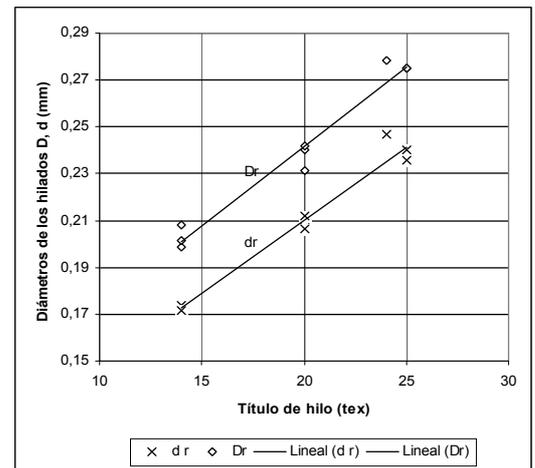


FIGURA 6: Correlación entre el título de los hilados OE en tex y los diámetros reales (D_r , d_r) en mm

la siguiente ecuación de regresión de potencial negativo (ec.24). Esta ecuación permite una correlación elevada donde R^2 es $0,96$. Esto significa que los hilos gruesos OE tienden a ser más circulares que los hilos delgados OE.

$$e = 1,1438 \times tex^{-0,289} \text{-----} (24)$$

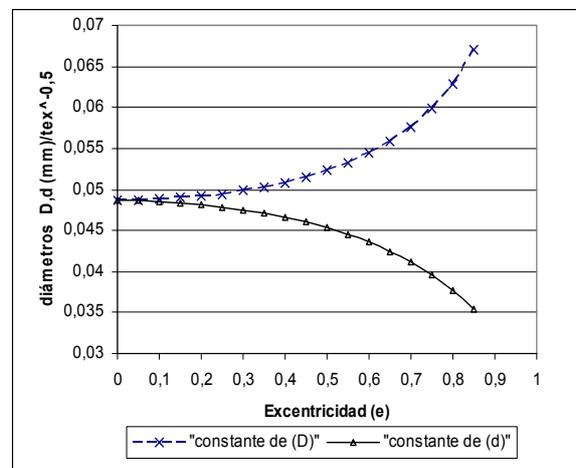


FIGURA 8: Relación entre la excentricidad (e) y las constantes en las diámetros ecuaciones para calcular D,d .

Por lo tanto se puede afirmar que, para predecir los valores de D y d de los hilados OE, con mayor exactitud para los hilados gruesos, se debe hacer lo siguiente;

1 – Se debe calcular el valor de la excentricidad (e) de la ecuación 24 o directamente de la curva (figura7).

2 – Calcular el mayor y menor diámetro (D,d) utilizando las ecuaciones 11 y 12.

De otro modo, se puede calcular el diámetro D y d de la sección de los hilos OE utilizando la figura 7 que determina la excentricidad (e) en función del título del hilado, después se puede utilizar la figura 8 para determinar las constantes k_1 y k_2 , que insertadas en la fórmula general (25, 26), determinan D y d.

$$D_{OE} = k_1 \sqrt{tex} \text{ ----- (25)}$$

$$d_{OE} = k_2 \sqrt{tex} \text{ ----- (26)}$$

Áreas: En la Figura 9, se muestra la relación entre el título de los hilados en tex y el área de la sección (real, estimada, y perfil). En dicha figura se puede observar que el comportamiento de las tres áreas respecto al título del hilo es muy similar. Además se puede ver que hay poca diferencia entre A_{es} y A_r para el hilo con título 25 tex, esto es debido a la variación de la excentricidad. La correlación entre el área real de la elipse y el área del perfil se indica en la figura 10, de esta figura encontramos que la correlación es elevada, $R^2=0,91$, y la ecuación de la regresión lineal es la siguiente:

$$A_p = 1,238A_r - 0,0099 \text{ ----- (27)}$$

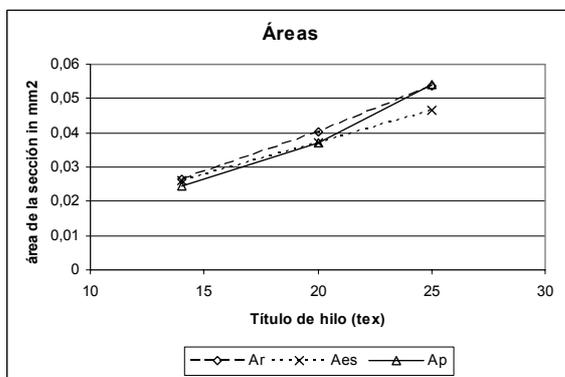


FIGURA 9: las áreas (A_r, A_{es} and A_p) de la sección filar en función del título de los hilados en tex

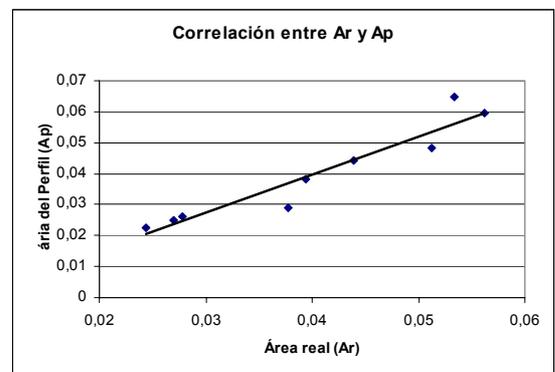


FIGURA 10: Correlación entre el área real A_r y el área del perfil A_p .

El perímetro: La relación entre el perímetro de la sección de los hilados OE con el título del hilo (tex) se ilustra en la figura 11, en dicha figura se puede ver que el comportamiento

de la circunferencia real del elipse U_r , el perímetro estimado U_{es} y el perímetro del perfil U_p en función del título del hilo es muy similar.

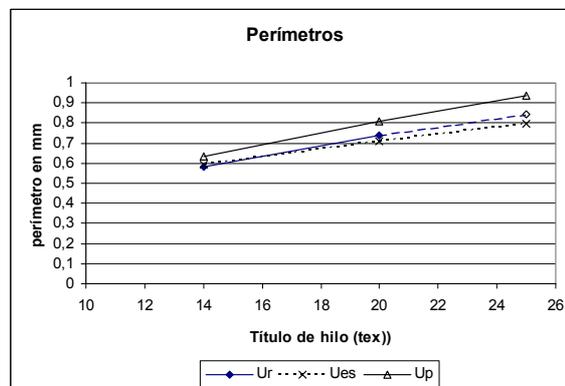


FIGURA 11: La relación entre el título del hilo y los perímetros de los hilados del rotor OE en mm

Deformación filar: El factor de deformación que se calculó de acuerdo a la ecuación 19 y la relación entre ella y los títulos de los hilados en tex, se indican en la figura 12. De la figura se puede demostrar que el factor de deformación disminuye con el aumento del título del hilo en tex.

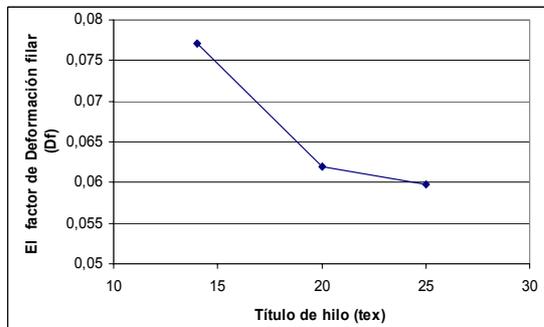


FIGURA 12: El Factor de la deformación filar en función con el título del hilo (tex)

Con el uso de la técnica de regresión no lineal entre el tex y el factor de la deformación se obtiene una correlación elevada ($R^2 = 0,94$) y la relación entre ellos se ajusta a la siguiente ecuación:

$$D_f = 0,353 \times tex^{-0,46} \text{-----} (28)$$

5. CONCLUSIONES

5.1. A partir del modelo matemático se encontró que el volumen específico de los hilos OE fue $1.86 \text{ cm}^3 / \text{g}$

5.2. La relación entre la excentricidad y el factor de torsión no tiene una tendencia clara.

5.3. La excentricidad (e) de la sección de los hilados OE disminuye con el aumento del título de los hilados en tex, efecto destacable especialmente a partir de 25 tex. La máxima excentricidad encontrada fue 0,53 y la mínima 0,41 para los hilados de la gama de 14 a 25 tex respectivamente.

5.4. Las ecuaciones que se han obtenido para calcular el diámetro mayor ($D_{OE} \cong 0,0523\sqrt{\text{tex}}$) y el diámetro menor ($d_{OE} \cong 0,0453\sqrt{\text{tex}}$) son muy adecuadas para los hilados finos y medianos, pero en caso de los hilados gruesos lo mejor es calcular los constantes k_1 , k_2 según el valor de la excentricidad (e) y uso de las fórmulas generales ($D_{OE} = k_1\sqrt{\text{tex}}$, $d_{OE} = k_2\sqrt{\text{tex}}$)

5.5. La correlación entre el diámetro estimado D_{es} del hilo OE y D_r del mismo hilo también entre d_{es} y d_r del mismo hilo fue muy elevada donde R^2 es 0,96 y 0,97, respectivamente.

5.6. El valor del ajuste de la elipse supuesta por los puntos se aproximan 1, con error estándar 0,021.

5.7. El comportamiento de la D_{es} , d_{es} , A_{es} y U_{es} en función con el título del hilo en tex fue similar a los resultados reales

5.8. El factor de la deformación filar disminuye con el aumento del título de los hilados en tex.

6. AGRADECIMIENTOS

El autor quiere expresar su especial agradecimiento a la Dra. Ascensión Riva Juan, profesora titular de la Universidad del Departamento de Ingeniería textil y Papelera y Jefa del Laboratorio de Físico-Química de la Tintura y Acabados, por la revisión del idioma del texto.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Booth J.E., Principals of Textile Testing, Newnes – Butterworths, London, Boston, P 227 (1976).
2. Peirce F.T., The geometry of Cloth Structure, J. Textile Institute, 28, T45 (1937).
3. Basu A., Doraiswamy I., and Gotipamol R.L., measurement of yarn Diameter and Twist by Image analyses, J. Textile Institute, 94 Part 1, Nos 1/2 P 37-48 (2003).
4. Hearle J., grosberg P., and Backer S., Structural Mechanics of Fibres, Yarns and Fabrics., Wiley – Interscience. New York, Ny, (1969).
5. Barella, A., The influence of twist on the regularity of the apparent diameter of worsted yarn, J. Textile Institute, 43, P734-P741 (1952).
6. Cybulska, M. Assessing yarn structure with image analyses methods, textile research journal 69 (5), P369 – P373 (1999).
7. Kasem M. H., Saad M. A. and Riva A., Estudio de la relacion entre la geometria de los hilos y la rugosidad de los tejidos, Boletín Intexter (UPC) N° 127 P5 – P1 (2005).
8. M. H. Kasem, J.A. Tornero, and A. Riva, Elliptical Model for Yarn Cross Section, Part 1: Prediction and fitting of an elliptical model for cotton ring spun yarns, textile conference 4/2007, Cairo, Egypt.
9. Frrzgibbon, A., Pilu, M. and Fisher, R., Direct least squares fitting of ellipses, PAMI 21(5), 476 – 480.
10. Jasper, W. J., Gunay, M., and Suh, M. W., Measurement of eccentricity and twist in spun and plied yarns., JOTI Vol. 96 No. 2 P93 – P97 (2005).
11. Kurt Gieck, Heilbronn/N, Engineering formulas, Mc Graw-Hill Book Company, New York, Library of congress catalog card number 79-19687, F4, f36.