

Ensayos de hilos texturados y su correlación con las propiedades de los tejidos*

por **M. J. Denton** (Ernest Scragg & Sons Limited. England)

1. INTRODUCCION

Se ha escrito mucho sobre el tema de ensayos de los hilos texturados en las publicaciones técnicas relacionadas con la industria textil. Muchos de los artículos publicados describen métodos de ensayo que dan una medida y la predicción del comportamiento del hilo en el tejido. Sin embargo, se ha prestado muy poca atención a los propósitos para los cuales los métodos de ensayo están desarrollados y poca ha sido, igualmente, la discusión de las limitaciones de los varios métodos, tanto para su fiabilidad como para el valor de la información que puede ser derivada de los resultados.

Creo que será útil considerar estos puntos. Por ello, el propósito de esta conferencia no es presentar una gran cantidad de datos técnicos relacionados con hilos texturados y las propiedades de los tejidos, sino revisar de una forma general los métodos que pueden ser empleados para ensayar hilos texturados e intentar calcular sus valores de potencial práctico. Sin embargo, antes de discutir estos métodos vale la pena recordar el objeto de los ensayos y las características que son esenciales para cualquier método y para cualquier producto.

Los métodos de ensayo pueden ser empleados por tres razones:

- 1) Control del proceso.
- 2) Eliminación y sustitución de productos.
- 3) Investigación del proceso y producto o la correlación entre ellos.

El tipo de ensayo usado para cada uno de estos objetivos puede variar según el control del proceso o segregación del producto o en la consideración práctica diaria de las investigaciones de tipo más académico dirigidas hacia el conocimiento del proceso o producto. Todos los métodos de ensayo tienen unas ciertas características en común, independientemente de sus objetivos inmediatos. Estos están tabulados de la siguiente forma.

TABLA I

Características esenciales y deseables de los métodos de ensayo del producto

Características esenciales

1. Los métodos de ensayo deben ser fiables dando resultados reproducibles en distintos lugares y en distintos tiempos.
2. Los métodos de ensayo deben ser sensibles a las variables del proceso las cuales influyen en el comportamiento y en las propiedades del producto final.

* Conferencia pronunciada en la II Jornada de Hilos Texturados, celebrada en este Instituto el día 27 de junio de 1974.

Características deseables

3. Los métodos de ensayo deben ser sencillos y fáciles de operar.
4. Los métodos de ensayo deben poder correlacionarse con las propiedades del producto final cuando sea posible.

Es importante indicar la distinción entre las dos primeras y las dos últimas características. Es obvio que un control de calidad o un ensayo que no es fiable y que no da resultados reproducibles no es de un valor práctico. Similarmente un método de ensayo que no responde a las variaciones del proceso carece igualmente de valor alguno.

La importancia relativa de las características deseables depende de los objetivos del ensayo. Así pues, un método de ensayo que sea complicado, puede ser menos atractivo desde el punto de vista práctico con respecto a un método sencillo. Sin embargo, esto puede aceptarse en ciertas circunstancias, por ejemplo en un trabajo de tipo académico. Del mismo modo, un método de ensayo que no presente una correlación con las propiedades del producto final, puede ser un excelente método de sustitución si satisface otras condiciones, particularmente si su objetivo es controlar el proceso y no el producto. El ensayo ideal, por supuesto, definirá únicamente las propiedades del producto final. Sin embargo, se puede demostrar que esto es posible solamente cuando interviene una sola variable del proceso. En el caso de más de una variable en la manufactura del producto final, no podremos decidir con un solo ensayo para definir sus propiedades. Es cierto que se necesitan tantos ensayos como variables para lograr este objetivo.

Los hilos texturados son una ilustración excelente de esto, debido a que el número de las variaciones del proceso es muy grande. Primero las propiedades del hilo original sin texturar, denier, número del filamento, tipo de polímero, etc. Las principales variables del proceso son, las condiciones de sobrealimentación, temperatura del primer horno, temperatura del segundo horno, torsión y la velocidad de alimentación. Un breve estudio de la bibliografía sobre los métodos de ensayo para hilos texturados demuestra que es posible producir un hilo con el mismo valor de contracción del rizado, por ejemplo, usando una alta temperatura en el primer horno y baja torsión de texturación o usando una baja temperatura del primer horno y una alta torsión (fig. 1). Aunque los valores de contracción del rizado pueden ser los mismos en ambos casos, las otras propiedades del hilo, particularmente su comportamiento en el tejido serán muy diferentes. Los hilos pueden tener el mismo valor de contracción, pero estos hilos no tienen las mismas características en otros aspectos. El gráfico demuestra la relación entre la densidad de las mallas y el valor de contracción del rizado para hilos de nylon texturado (fig. 2). Los cambios en el valor de contracción se producen de dos maneras, primero: variando la torsión dejando la temperatura del horno constante y, segundo, variando la temperatura del horno dejando la torsión constante. Se puede observar que cuando el tejido es tricotado con una larga longitud de malla, la densidad de las mallas aumenta con el aumento del valor de la contracción del rizado, independientemente de si el aumento de la contracción fue debido al aumento de la torsión o al aumento de la temperatura del horno. Por otra parte, cuando se tricota con una longitud de malla muy pequeña, el aumento del valor de contracción del rizado debido al aumento de la temperatura del horno, produce un incremento en la densidad de las mallas. Sin embargo, el aumento en el valor de contracción del rizado debido a la variación de la torsión disminuye la densidad de las mallas. Es evidente que no puede predecirse el valor de una determinada propiedad del tejido basándose solamente en los valores de contracción del rizado

del hilo. El ensayo de contracción del rizado es aquí indicado como un mero ejemplo. Otros métodos comunes usados normalmente para los hilos texturados dan unos valores diferentes pero en el fondo son en principio similares, como el valor de retracción, o nervio, o cualquier otra propiedad del tejido. El comportamiento en el tejido puede ser considerado como un ensayo subjetivo. Se ha hecho un gran esfuerzo, sin conseguir ningún resultado, en busca de un ensayo que predijese el comportamiento del hilo en el producto final, tricotado o tejido. Las consideraciones que estoy discutiendo han demostrado el por qué no se ha encontrado un ensayo adecuado o bien que quizás no exista tal ensayo. Pero esto no quiere decir que no debemos hacer nuevos esfuerzos para mejorar los métodos existentes. Sólo significa que de las características mencionadas en la tabla, la cuarta es la de menor importancia para la mayoría de los objetivos prácticos.

II. Las características medibles de los hilos texturados por el sistema de falsa torsión

Dentro de la discusión de los métodos de ensayo para hilos texturados, voy a suponer que los métodos que estamos buscando son adecuados para el uso diario en la industria, en lugar de ser métodos para los laboratorios de investigación. Las propiedades que podemos considerar medibles pueden ser divididas en dos grupos —las propiedades físicas y las propiedades químicas—. En el primer grupo podemos incluir las mediciones de resistencia y el alargamiento (y la mayoría de los métodos para la medición de retracción), voluminosidad o ensayos de compresibilidad y la frecuencia del rizado u otras mediciones geométricas. En el segundo grupo, ensayos químicos, podemos incluir análisis de los grupos terminales, por ejemplo, y ensayos de tintura con colorantes sensitivos. Solamente los ensayos físicos serán considerados en este trabajo.

II-1. Frecuencia del rizado

La amplitud y la frecuencia del rizado en un hilo texturado es una característica geométrica mediante la cual puede caracterizarse un hilo. Esto ciertamente depende de las principales variables de texturación. La frecuencia del rizado es inicialmente determinada por la torsión introducida durante el proceso de texturación, pero también depende de la eficacia de fijación de los filamentos termoplásticos. Esto es debido a que cuando mayor es la eficacia de fijación, mejor es el rizado en el filamento. Se puede demostrar fácilmente que una reducción en la curvatura de los filamentos reduce la frecuencia del rizado. Sin embargo, se tropieza con muchas dificultades al medir la frecuencia del rizado, en principio hay dificultades en la medición del número del rizado en un filamento individual usando el microscopio debido a la irregularidad de la geometría del rizado. La amplitud del rizado desarrollado en los filamentos, depende por supuesto de la tensión, pero debido a la naturaleza helicoidal del rizado, la frecuencia del mismo depende también de la tensión. Si tuviese que medirse la frecuencia del rizado, deberá controlarse cuidadosamente el grado de la relajación del filamento, en su estado completamente extendido, deberá controlarse cuidadosamente. Además de esta dificultad, la amplitud y la frecuencia del rizado dependen del pre-tratamiento sufrido por el hilo. La temperatura, humedad y pre-estiraje influyen en la geometría del rizado. Existe mucha bibliografía relacionada con la forma de medir la frecuencia del rizado, pero sólo podemos considerar los métodos propuestos apropiados para trabajos de investigación, principalmente porque necesitan un gran número de observaciones, un riguroso control de las condiciones del ensayo, y las mediciones son muy labo-

riosas. Por razones prácticas en el control del proceso y del producto, las mediciones de la frecuencia del rizado no satisfacen la primera de las características mencionadas anteriormente.

II-2. Ensayos de voluminosidad

Antes de considerar los posibles ensayos de voluminosidad tenemos que definir lo que significa ésta. Hay dos posibles definiciones. La primera es: la voluminosidad de un hilo es su área del corte transversal o de diámetro del corte transversal bajo ciertas condiciones de relajación y pre-tratamiento. La segunda definición se basa en la compresibilidad de la sección transversal de los hilos, es decir, la fuerza o la presión requerida para comprimir el hilo a una cierta área de sección transversal o viceversa el área del hilo que resulta bajo una fuerza o presión. Hay dificultades en los dos procedimientos. Para medir el diámetro del hilo es muy difícil definir los bordes de la sección transversal de un hilo multi-filamento. Lo indicado se pone de manifiesto especialmente con hilos de dos cabos o más, debido a que la sección transversal no será circular. Existe la dificultad de controlar los tratamientos previos del hilo. La pre-orientación, la tensión, el grado de relajación, la velocidad de la relajación y las condiciones del ambiente, influyen en el diámetro del hilo. Sin embargo, han sido realizados varios intentos para caracterizar los hilos texturados midiendo el diámetro del hilo, pero la irregularidad y la variabilidad de los resultados hacen que este método no sea aceptable en la práctica. La medición de la compresibilidad del hilo o bien el diámetro del hilo bajo una fuerza de compresión pueden ser considerados más eficaces debido a que estos factores se pueden medir sobre una masa de hilo en lugar de hilos individuales. La medición de la compresibilidad obliga a los filamentos del hilo a estar en contacto íntimo uno con el otro, existiendo la posibilidad de producir en el sistema grandes histeresis friccionales. Por este motivo, pueden esperarse unos resultados muy variables. Han sido intentados varios métodos en la práctica. Quizá el más útil sea el basado en el principio de los ensayos de las bobinas de latón para hilos cortados (fig. 3). En estos ensayos se enrolla el hilo en estas bobinas de latón especialmente diseñadas hasta que se queda completamente llena. La cantidad de hilo sobre la bobina es una medida del volumen transversal del hilo. Resulta un ensayo viable para los hilos cortados porque la voluminosidad de los hilos no depende de sus tensiones. Para desarrollar el volumen de los hilos texturados es necesario usar tensiones a niveles muy bajos; por lo tanto, usando el ensayo de la bobina de latón es necesario el manejo de los hilos bajo tensiones inferiores, siendo el control de las tensiones muy difícil.

Aunque se hayan conseguido resultados reproducibles usando el método del sistema de la bobina de latón usando hilos texturados, empleando un aparato especialmente diseñado para asegurar una constante tensión baja y aunque se puedan conseguir resultados fiables, la voluminosidad o la compresibilidad no están relacionadas con las variables importantes del proceso. Por este motivo, este método no satisface una de las condiciones básicas del ensayo. Otros ensayos de compresibilidad están basados en cortar los conos de hilos y texturados, aplandándolos y comprimiéndolos bajo una carga y midiendo esta napa de hilo. Alternativamente se ha propuesto que se puede desarrollar un método según el cual el hilo es colocado en una bolsa de plástico, de la que se extrae el aire a una presión determinada y se mide el volumen de la bolsa. Ninguno de estos métodos son exactos, fiables y reproducibles. El ensayo Shirley Tube Test, diseñado originalmente por mí, puede ser un ensayo de compresibilidad en cuanto que el grado de la relajación del hilo dentro del tubo de vidrio es considerado como un equilibrio entre las fuerzas reactivas del hilo y la capacidad del hilo de rellenar el espacio en el tubo. Discutiré este método con más detalle posteriormente.

III-3. Métodos del ensayo basado en las propiedades de la carga de contracción de los hilos texturados

Como ustedes saben, todos los métodos prácticos que se usan actualmente para valorar físicamente los hilos texturados caracterizan los hilos midiendo sus propiedades de alargamiento-tracción. Generalmente los ensayos han sido simplificados para medir la retracción bajo una condición de carga o medir la carga para un valor de retracción. Estos métodos definen el punto final de la característica alargamiento-tracción y también definen unas características del rizado a un nivel de relajación (fig. 4). Expresado en esta forma, podemos ver inmediatamente las limitaciones de los métodos observando que dos puntos de la curva carga-alargamiento están definidos sin indicar la curva entre dichos puntos. Es posible dibujar un número infinito de curvas a través de estos dos puntos. Una mejor definición de la calidad del hilo puede obtenerse por la medición de otros puntos intermedios. Sin embargo, en la práctica esto no ocurre. Han sido propuestos varios métodos basados en la característica carga-alargamiento. Estos dependen de sus condiciones operatorias y de las cargas utilizadas sobre el hilo. La tabla II ilustra varias condiciones, las cuales deben ser definidas para desarrollar los ensayos de contracción.

TABLA II

Las variables en los ensayos de retracción

1. Los ensayos pueden ser realizados sobre madejas o sobre hilo individual individual.
2. Puede ensayarse el hilo con o sin previa relajación.
3. La pre-relajación puede hacerse en aire a temperatura ambiente o en aire caliente, o en agua fría o caliente, en vapor, o en otro medio líquido.
4. Los distintos métodos pueden requerir distintas duraciones y diferentes temperaturas de pre-relajación.
5. Debe especificarse la carga pesada (para eliminar el rizado del hilo y medir la longitud alargada).
6. Debe especificarse la carga ligera (para permitir el desarrollo del rizado).
7. La secuencia de la aplicación de las cargas puede variarse.
8. La duración de la aplicación de la carga puede variarse.
9. La retracción puede realizarse en aire, o en agua, o en vapor.
10. La temperatura del medio de relajación puede variarse.

Un ensayo industrial para medir la retracción de un hilo individual no puede considerarse práctico debido a que la pequeña magnitud de las fuerzas utilizadas crea dificultades para el manejo en la obtención de pesos ligeros exactos. También los ensayos sobre la longitud corta pierden las ventajas de los ensayos realizados sobre madejas, los cuales dan un valor medio de retracción de una larga longitud del hilo. Solamente uno de los métodos propuestos para la industria emplea hilo individual, y todos los demás recomiendan trabajar con las madejas de distintos tamaños normalmente teniendo diez o más vueltas.

Si los ensayos de retracción tienen que ser sencillos, la pre-relajación supone una desventaja, ya que en la misma se invierte demasiado tiempo. Podemos argüir que la pre-relajación reduce todos los hilos a unas mismas condiciones según las cuales todas las fuerzas internas de los filamentos son eliminadas. Nos encontramos aquí en un punto idóneo para comenzar el ensayo. Sin embargo, el manejo

en la preparación de las madejas para la medición de retracción puede eliminar las ventajas de pre-relajación. Debe evitarse la pre-relajación siempre que sea factible.

La carga pesada, que debe ser suficiente para eliminar el rizado del hilo para que se pueda medir la longitud alargada, o debe ser demasiado pesada para no forzar los filamentos. Para la mayoría de los hilos, una carga de 0,1 g/decitex es suficiente, pero los hilos con filamentos muy gruesos necesitan una carga de 0,2 g/decitex. La carga ligera debe ser de tal magnitud que se pueda medir con bastante exactitud la relajación del hilo bajo esta carga. En la práctica se usan cargas entre 0,0002 y 0,0001 g/decitex, y la selección de la carga depende de la fibra y las condiciones de relajación. Por lo general, es más conveniente aplicar primero la carga pesada para que así se pueda establecer el punto de comienzo para la relajación y debe permitirse un tiempo suficiente para que se eliminen los efectos de histéresis, antes de tomar la medida. Después de aplicar la carga ligera debe dejarse que transcurra un determinado tiempo para que se relaje el hilo hasta que éste alcance el equilibrio de retracción. Debido a que el acercamiento al equilibrio es usualmente asintótico, debemos llegar a un compromiso entre el tiempo de relajación y el acercamiento al estado de equilibrio. Normalmente un tiempo entre dos y cinco minutos es suficiente.

En los ensayos que el hilo ha sido pre-relajado, la medición de la retracción es frecuentemente realizada en un ambiente standard. Cuando no se aplica la pre-relajación, es necesario realizar, por lo general, el ensayo de retracción en un medio de relajación como agua en el caso de nylon, o aire caliente en el caso de poliéster. Estos medios pueden ser a temperatura ambiente o a otras temperaturas, aunque es conveniente escoger una temperatura para la cual no se requieran aparatos caros para su control.

La experiencia ha demostrado que los ensayos más complicados, especialmente los que necesitan pre-relajación, son a menudo los menos satisfactorios desde el punto de vista de sensibilidad. Por otra parte, se ha demostrado que muchos ensayos sencillos de retracción como el ensayo de contracción del rizado o la relajación por aire caliente, son satisfactorios y sensibles a las principales variables del proceso. En general, podemos decir que estos ensayos satisfacen las condiciones mencionadas en la tabla I, siempre y cuando el operador realice el ensayo según el procedimiento exacto.

Debo indicar, además, otros dos ensayos del tipo de tracción. El primero de éstos es el Shirley Tube Test. Es el único existente que pretende tener en cuenta simultáneamente la voluminosidad del hilo y su poder de retracción. Cuando el hilo texturado es tricotado, el grado de relajación del tejido viene determinado por el equilibrio entre la fuerza de retracción del hilo y su capacidad de cubrir los espacios entre las mallas. El Tube Test intenta simular esto permitiendo al hilo alargado, por la aplicación de la carga de 0,1 g/denier, que se relaje en el espacio del tubo de vidrio. Este ensayo es razonablemente fiable, sensible a las principales variables del proceso y ciertamente sencillo y rápido, aunque su correlación con las propiedades del producto final no sea mejor que la de los otros métodos.

Finalmente me gustaría mencionar el método de la fuerza de retracción. En este método, el grado de la relajación de un hilo en estado dinámico es cuidadosamente controlado y la fuerza de retracción es medida cuando el hilo pasa a través de un calentador diseñado para desarrollar el rizado. De hecho, el aparato requerido para realizar ensayos de este tipo es mucho más complicado con respecto a los ensayos sencillos de retracción sobre las madejas del hilo. Sin embargo, se ha encontrado que la sensibilidad de este método a las variaciones de textura-

ción es generalmente mayor que la de los ensayos ordinarios de retracción. El método también tiene la ventaja de trabajar con el hilo en estado dinámico.

RESUMEN

Como he indicado al principio de esta conferencia, no he intentado presentar una gran evidencia experimental indicando la correlación entre los resultados de varios métodos y las propiedades del tejido. Lo que he intentado ha sido considerar las necesidades y las características de los métodos y ver cómo las que se usan actualmente para los hilos texturados satisfacen las condiciones necesarias y deseables para un buen ensayo. Me gustaría referirme de nuevo a uno de los más importantes puntos citados anteriormente: que no podemos esperar que un ensayo se correlacione universalmente con cualquier aspecto del comportamiento del tejido y aunque sea ésta una característica deseable del ensayo, no es del todo esencial y poca importancia tiene para el control del proceso.

Los ensayos sencillos sobre las madejas para medir la retracción desarrollados durante los últimos años son idóneos para sus propósitos y, generalmente, satisfacen las necesidades de un buen ensayo. Estos ensayos son de un origen común y han sido sometidos a tratamientos standard del proceso con respecto a las condiciones de la máquina y del proceso. Pueden actuar como una medida de precaución y seguridad para la eliminación y sustitución del producto así como para dictar un nivel de ensayo para tal operación. Por otra parte, la información extra sobre la variabilidad del producto obtenido de los ensayos sobre los hilos en estado dinámico será de gran valor en el futuro.

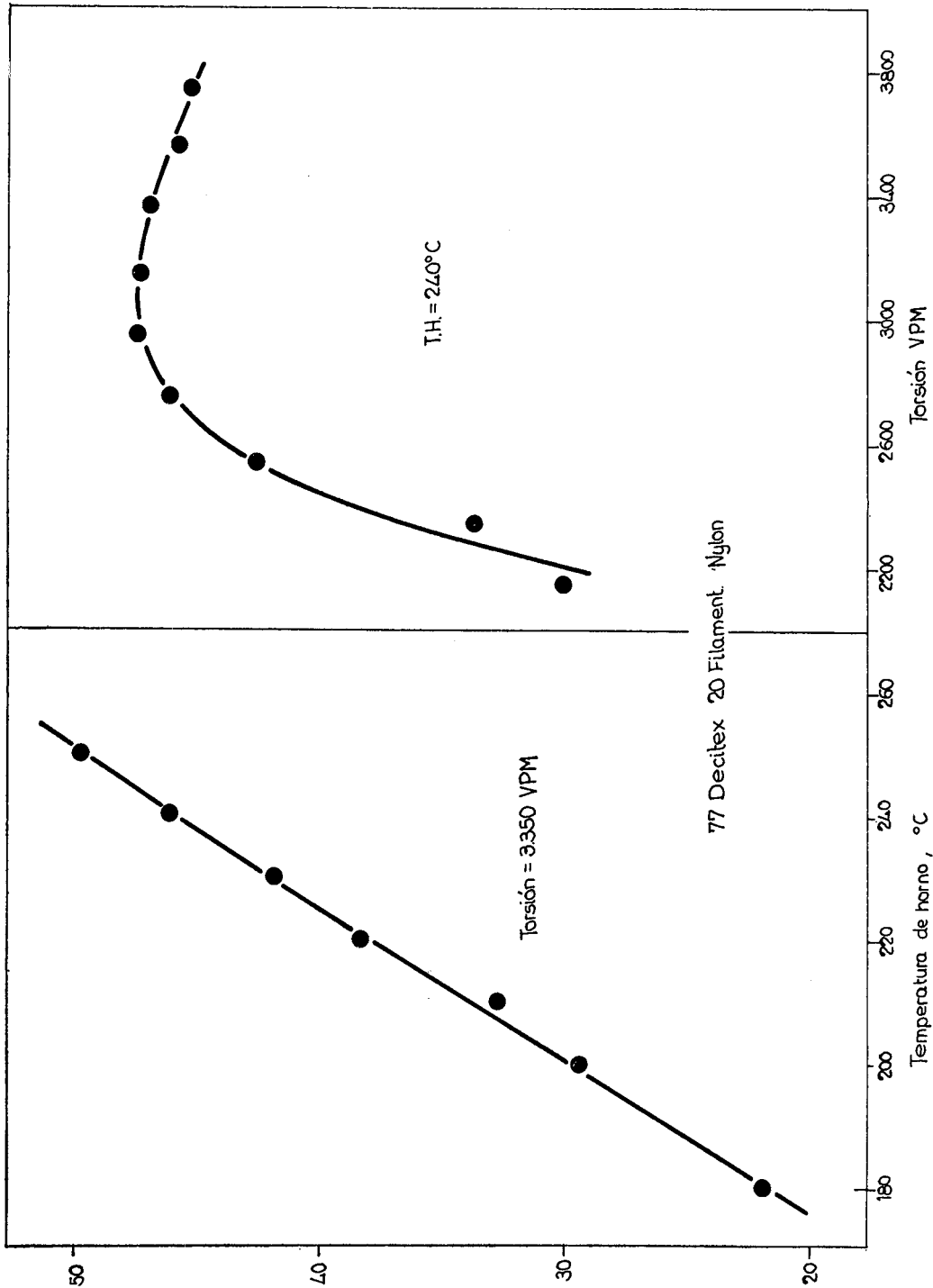


Fig. 1

77 Decitex 20 Filament Nylon texturado
en tejido single Jersey

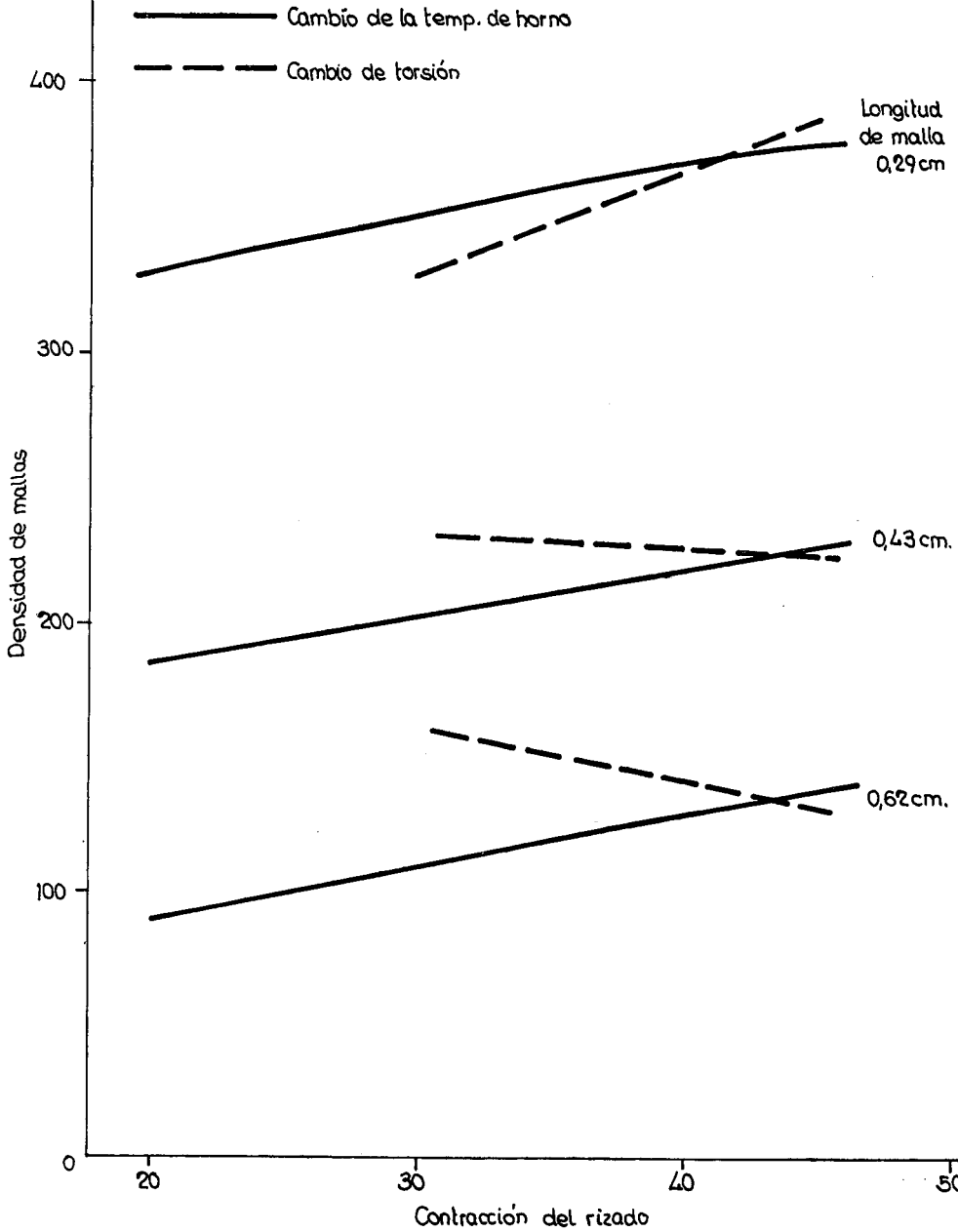


Fig. 2

Ensayo de la bobina
de latón

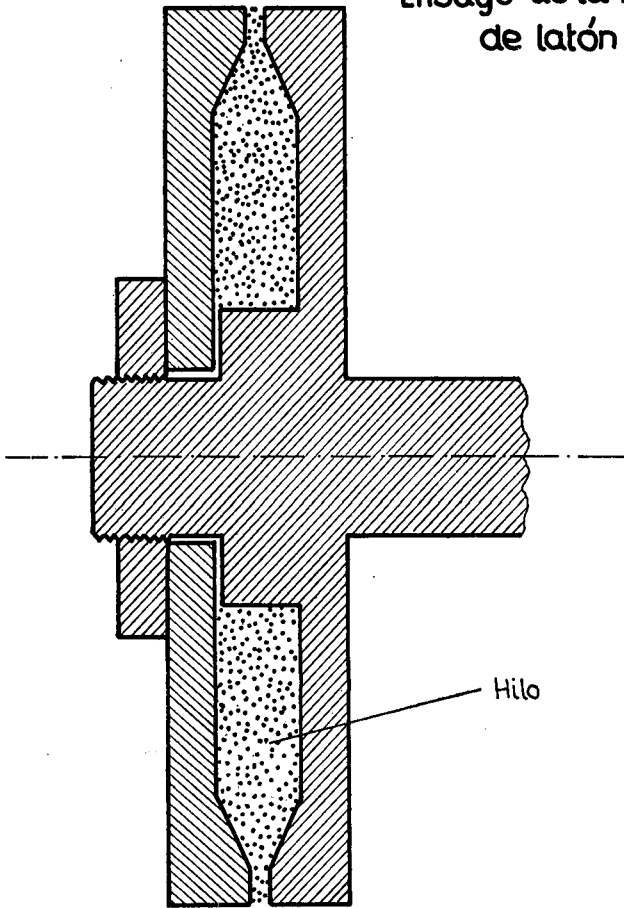
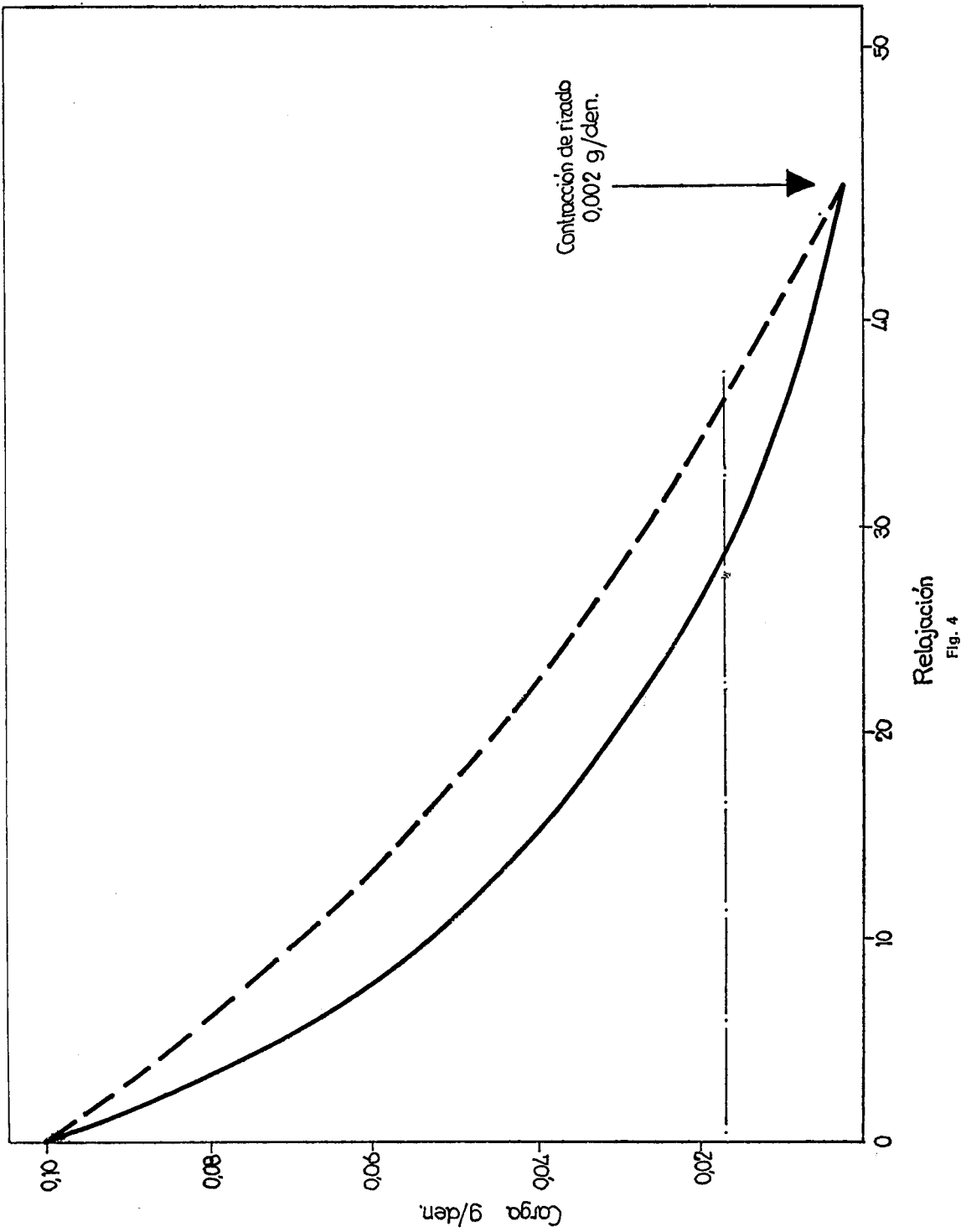


Fig. 3



Relajación
Fig. 4