

# Benemérita Universidad Autónoma de Puebla



Facultad de Ingeniería

Colegio de Ingeniería Textil

Determinación de las características mecánicas y físicas de una tela desconocida, para delimitar el uso final del material de estudio

Tesina presentada para obtener el título de:

**Ingeniero Textil**

Presenta: Cristóbal David Benítez Palafox

Asesor: Mtro. José Ángel Juárez Torres



Puebla, Puebla. Abril 2020

Índice	
Introducción.....	5
Justificación.....	6
Planteamiento del problema.....	7
Objetivo general .....	8
Objetivos específicos .....	9
Hipótesis.....	10
Capítulo 1. Antecedentes .....	11
1.1 Acondicionamiento atmosférico de la tela.....	11
1.2 Análisis macroscópico.....	13
1.2.1 Cuentahilos.....	13
1.3 Análisis microscópico.....	14
1.3.1 Microscopio.....	14
1.4 Equipos de medición de las características mecánicas .....	15
1.4.1 Sistema de Evaluación Kawabata.....	15
1.4.1.1 Prueba de tracción KES-FB1.....	23
1.4.1.2 Prueba de flexión KES-FB2.....	25
1.4.1.3 Prueba de cizallamiento KES-FB1 .....	29
1.4.1.4 Prueba de compresión KES-FB3.....	31
1.4.1.5 Prueba del estado de superficie KES-FB4 .....	33
1.4.2 Dinamómetro .....	36
1.4.3 Péndulo Elmendorf .....	37
1.4.4 Textest FX3300.....	38
1.5 Equipos para medir de las características físicas .....	40
1.5.1 Cantilever.....	40
1.5.2 Drapeometro .....	41
1.5.3 Spray Rating Test .....	44
1.5.4 Frotímetro .....	45
1.5.5 Martindale .....	46
1.5.6 Shirley Tester.....	48
1.5.7 Espesímetro.....	48

Capítulo 2. Análisis macroscópico.....	50
2.1 Identificación de su estructura.....	50
Capítulo 3. Análisis microscópico.....	53
3.1 Identificación de la fibra por corte transversal.....	53
3.2 Identificación de la fibra por medio de combustión.....	53
3.3 Título del hilo.....	54
Capítulo 4. Determinación de las características mecánicas de la tela.....	55
4.1 KES-FB1 Módulo de tracción Kawabata.....	59
4.2 KES-FB1 Módulo de cizallamiento (rotura) Kawabata.....	61
4.3 KES-FB2 Módulo de flexión Kawabata.....	63
4.4 KES-FB3 Módulo de compresión Kawabata.....	65
4.5 KES-FB4 Módulo de medición del estado de superficie Kawabata.....	67
4.6 Resistencia de la tela.....	69
4.6.1 Dinamómetro.....	69
4.6.1.1 Prueba a la tracción.....	69
4.6.1.2 Prueba a la rasgadura iniciada.....	71
4.6.1.3 Prueba al clavo.....	72
4.6.2 Péndulo.....	74
4.6.2.1 Desgarre continuado por una rasgadura.....	74
4.6.2.2 Desgarre por un clavo.....	75
4.7 Permeabilidad al aire.....	77
Capítulo 5. Determinación de las características físicas de la tela.....	79
5.1 Rigidez.....	79
5.2 Drapeado.....	81
5.3 Impregnación de agua.....	84
5.4 Estabilidad dimensional y estabilidad del color.....	85
5.5 Solidez al frote.....	88
5.6 Resistencia a la formación del pilling.....	89
5.7 Desarrugado.....	91
5.8 Peso de la tela.....	94
5.9 Espesor de la tela.....	95

Conclusión.....	97
Bibliografía .....	99

## Introducción

En una de las industrias más grandes del mundo, como lo es la textil, se necesitan las implementaciones de mejoras continuas en sus numerosas consignas de producción, así como el control de la calidad de un textil, lo cual tendrá consecuentemente la correcta implementación de un material en un producto terminado, para así aprovechar las propiedades intrínsecas y los insumos con los que cuenta este elemento.

Para llevar a cabo una decisión de esta índole, es indispensable la elaboración de diversas pruebas textiles para observar el comportamiento del elemento en diversas circunstancias. Las características mecánicas y físicas son de vital importancia para este tipo de delimitación, las químicas lo son también, sin embargo, en el presente trabajo se limitará al estudio de las dos primeras con los equipos disponibles.

Este tipo de pruebas, se pueden realizar en la misma planta de producción o en un laboratorio fuera de las instalaciones de la empresa interesada. El interés natural por efectuar estas exámenes es mundial, por lo que se cuenta con regulaciones nacionales, continentales e internacionales. A lo largo de este proyecto, se ha trabajado con normas francesas y europeas, ya que estas pruebas han sido realizadas en el marco de un intercambio académico en una de las Grandes Escuelas de Francia, sin embargo, se han analizado y encontrado paralelismos con normas mexicanas, americanas e internacionales, las cuales están descritas en cada uno de los ensayos.

## **Justificación**

Se consideran las evaluaciones de las propiedades mecánicas y físicas de una tela, para delimitar la utilidad óptima en cualesquiera que fueren sus aplicaciones. Con el propósito de observar el comportamiento de tal material textil ante diversas pruebas a nivel laboratorio, por consiguiente, anticipar dicha conducta en situaciones ambientales reales, y así, decretar una utilidad funcional del tejido estudiado.

Con respecto a la problemática que el estudio resolvería, aprovechar adecuadamente las características intrínsecas de la tela, al conferirle una utilización idónea. A través del equipo disponible en el laboratorio de Metrología de ENSISA (École Nationale Supérieure d'Ingénieurs Sud Alsace) en Mulhouse, Francia, así como de la valiosa cooperación de los alumnos de la ESITH (École Supérieure des Industries du Textile et l'Habillement) de Casablanca, Marruecos, Maryam Ghazza y Hamza Benmoussa, como proyecto de fin de año escolar en el 2019. Tal cual, con el material que será objeto de estudio, se ha recibido un rollo de tela, que cubrirá la cantidad necesaria para cada análisis a efectuar para la ejecución del presente escrito.

## **Planteamiento del problema**

En el dominio textil, la caracterización correcta de los materiales de esta índole, permite una óptima aplicación final en un producto puesto en el mercado. Es por ello que, la falta de estudio de este tipo de pruebas a nivel laboratorio, puede causar un bajo rendimiento en los insumos textiles de los diversos artículos. Consecuentemente, en la actualidad se considera imperativa la ejecución de ensayos bajo condiciones específicas para proceder a una utilidad apropiada y un aprovechamiento máximo del ciclo de vida.

## **Objetivo general**

La finalidad de este proyecto es el de efectuar pruebas textiles, en las inmediaciones del laboratorio de Metrología de ENSISA, comprendiendo el estudio de las características mecánicas y físicas de una tela desconocida. Por consiguiente, concluir y proponer el uso final mejor adaptado según las propiedades intrínsecas del material textil, y de esta manera, rendir al máximo las capacidades del elemento en análisis.

## **Objetivos específicos**

- Investigar sobre la maquinaria y sistemas de evaluación a emplearse para la ejecución de las pruebas requeridas.
- Realizar análisis macro y microscópico de la tela en cuestión de estudio.
- Decretar la paridad de las normas francesas con normas mexicanas e internacionales.
- Elaborar las pruebas necesarias para determinar las propiedades del material.
- Determinar las características mecánicas del textil, a través de los equipos disponibles.
- Diagnosticar las características físicas del textil, mediante los instrumentos disponibles.
- Definir el uso final de acuerdo a las propiedades decretadas de la tela.

## **Hipótesis**

Es factible llevar acabo las pruebas disponibles en el laboratorio para determinar las particularidades de la tela desconocida, y de manera activa, limitar el o los posibles usos posteriores del material de estudio.

Partiendo del aspecto y textura del tejido, se puede acotar a un posible empleo técnico o de tapicería, descartando completamente el uso en indumentaria en interacción directa con el cuerpo humano.

## Capítulo 1. Antecedentes

### 1.1 Acondicionamiento atmosférico de la tela

Al contarse con una cantidad abundante del material de estudio, en este caso un rollo de tela, y para obtener el mayor provecho del producto, primeramente, se le debe hacer un análisis macroscópico, con el cual se describirán las características más obvias del textil. En segundo lugar, un análisis microscópico y en seguida, las pruebas deseadas por realizar para determinar su desempeño físico y mecánico. Para llevar a cabo estos pasos, es imperativo acondicionarle, 24 horas antes, de acuerdo a la temperatura y humedad relativa indicada por las normas bajo las cuales se harán las pruebas. En este caso se aplicó la norma NF G00-003, la cual cuenta con una compatibilidad con la norma NMX-A-139-INNTEX-2014, donde se estandariza una temperatura de  $20 \pm 2$  °C y una humedad relativa de  $65 \pm 4$  %. Lo cual puede ser posible gracias al sistema de aire acondicionado con el que está equipado el laboratorio de metrología.

“Para un óptimo funcionamiento de un laboratorio de metrología dimensional es absolutamente necesario el control de las condiciones ambientales y su estabilidad temporal dentro de estrechos rangos de tolerancia, siendo además un requisito técnico expresado en el apartado 5.1 de la norma ISO/IEC 17025 “Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”. La ISO 17025, en el apartado 5.1 Generalidades, expresa la necesidad general de disponer de instalaciones y condiciones ambientales acordes a los requerimientos del tipo de servicio de medición y/o ensayo a realizar en el laboratorio. El requisito de acondicionamiento ambiental de un laboratorio de metrología dimensional depende del tipo de mediciones a realizar y del grado de exactitud de las mismas, por lo tanto debe partirse de esa consideración para dar las especificaciones del proyecto. La exactitud se cuantifica, tomando las definiciones de la ISO 5725-1, como la suma de la veracidad más la precisión de los resultados, es decir además del error sistemático se agrega la incertidumbre combinada del sistema de medición, evaluada en base a la ISO GUM. En líneas generales, el error sistemático queda determinado por la exactitud del

equipamiento involucrado, los errores máximos admisibles declarados por el fabricante y por la calidad de los patrones por un lado, y por el otro por la estabilidad de la temperatura de referencia. Según los estándares internacionales la temperatura de referencia en metrología dimensional es de 20 °C. ” (Barambilla, Schürer, Brusa, Oviedo, & Caselles)

El objetivo de la estandarización de la atmósfera en la que se localiza el textil, es el de homogeneizar la higroscopicidad (propiedad de absorber la humedad del entorno) del material, y de esta manera, lograr que los resultados obtenidos no se vean comprometidos por haber estado sometidos a cambios de temperatura o humedad relativa, las cuales pueden variar significativamente de una nave industrial a otra. Incluso en el caso de que se transporten a un laboratorio en alguna otra localidad, las condiciones atmosféricas van a ser distintas, por lo que el acondicionamiento es imperativo a priori la ejecución de las pruebas.

## **1.2 Análisis macroscópico**

Definir las características evidentes del material de estudio, tal como el tipo de tejido, el ligamento, el color, realizar una aproximación del tipo de fibra, la sensación al tacto entre otras. El ojo humano será la principal herramienta empleada en este tipo de estudio, asimismo se encuentra a la disposición un artículo del gremio textil llamado cuentahílos, el cual auxiliará principalmente en la denominación del tipo de tejido y de ligamento.

### **1.2.1 Cuentahilos**

“El cuentahílos es una lupa especializada que fue ideada para verificar el número de hilos de la trama y de la urdimbre que entraban en un pequeño cuadrado determinado de tejido (antiguamente de media pulgada de lado, actualmente de 20x20 mm).

En la actualidad también se utiliza en tareas que requieren distinguir detalles de pequeñas dimensiones: en tipografía, verificación de píxeles, fotografía, impresión, etc.

Un cuentahílos está formado por una lupa de gran aumento (típicamente de 10 aumentos, 10x) y una estructura plegable (constituida por tres elementos articulados) que soporta la lupa y permite situarla a la distancia óptima de lectura. En la base del instrumento hay una escala graduada (en mm en países que siguen el Sistema Métrico Decimal, o en fracciones de pulgada).” (Bausch, 2008)

### **1.3 Análisis microscópico**

La utilización de equipo óptico, tal como un microscopio, será clave para la determinación del contenido de fibra. Ya que de esta manera se pueden analizar muestras de cortes longitudinales y transversales del hilo, para tener un resultado mucho más fiable.

#### **1.3.1 Microscopio**

“El microscopio es un instrumento que permite observar objetos no perceptibles a al ojo humano. Esto se logra mediante un sistema óptico compuesto por lentes, que forman y amplifican la imagen del objeto que se está observando. Este término surge en el siglo XVII y deriva de las palabras griegas mikrós (pequeño) y skopéoo (observar).

Se distinguen dos tipos de microscopio, basados en el número de lentes y su posición. Estos son:

- Microscopio simple: conocido comúnmente como lupa. Está constituido por una sola lente, o un sistema de lentes que actúan como si fuera una lente simple.
- Microscopio compuesto: se constituye por la combinación de dos o más sistemas de lentes convergentes: uno, próximo al ojo del observador, el ocular y el otro próximo al objeto, denominado objetivo.

El microscopio compuesto consta de dos partes, una parte mecánica que tiene la finalidad de sostener la preparación a examinar y soportar todo el sistema óptico del microscopio. Y una parte óptica que considera los dos sistemas de lentes convergentes centrados sobre un eje óptico común, denominado ocular y objetivo. También esta parte integra un sistema de iluminación que facilita la observación microscópica.” (TP Laboratorio Químico , 2015)

## 1.4 Equipos de medición de las características mecánicas

### 1.4.1 Sistema de Evaluación Kawabata

Una cantidad importante de este tipo de mediciones se llevará a cabo con el Sistema de Evaluación Kawabata o KES (por sus siglas en inglés, *Kawabata Evaluation System*), el cual había sido ampliamente utilizado para la medición de las características mecánicas de las telas en Asia, principalmente en Japón donde fue desarrollado, en Europa y significativamente en los Estados Unidos de América. En cuanto a el territorio mexicano, este sistema no es tan popular entre los ingenieros textiles, los principales factores podrían ser el alto costo de los equipos y el hecho de que han llegado otros métodos de pruebas más económicos, que dan resultados más sencillos de interpretar, ya que el KES arroja resultados característicamente complejos.

El propósito de este tipo de pruebas, con el KES, es el de medir el confort físico que presenta un textil, ya que con anterioridad la descripción variaba de persona a persona, con muchos factores influyentes, pero gracias a estos procedimientos establecidos se han podido unificar las medidas de tracción, rotura, flexión, compresión y estado de superficie de una tela.

“La medida objetiva del tacto o la mano del tejido fue desarrollada por S. Kawabata y M. Niwa durante las últimas décadas, en cooperación con el Comité de Evaluación de la Mano y Estandarización (Hand Evaluation and Standardization Comitee, HESC) de la Sociedad de Maquinaria Textil de Japón (TMSJ). En 1968, el profesor Kawabata (Universidad de Kyoto), propuso una concepción del tacto de los tejidos según las hipótesis siguientes:

- Una persona juzga principalmente el tacto de los tejidos por sus sensaciones las cuales vienen de las propiedades mecánicas de los tejidos.
- El criterio del juicio de la mano se basa en si el tejido posee o no las propiedades adecuadas para su uso como material de ropa.

Se propuso modelizar estas sensaciones creando un sistema cuantitativo a partir de la medida física de las propiedades mecánicas de un tejido. Para la segunda hipótesis, el problema es quién puede juzgar si el tejido es adecuado o no para su uso. La idea del autor al respecto fue la siguiente: el juicio de los consumidores y la fuente de este criterio de juicio son realmente importantes, sin embargo, los consumidores no tienen suficiente experiencia en los textiles en general. Las opiniones de los consumidores fueron redirigidas hacia los productores de tejidos, especialmente a los ingenieros de los procesos de acabado ya que ellos tenían que saber si sus productos eran o no de buena calidad.

De este modo, el profesor Kawabata junto con su colaborador Niwa consideraron que estos expertos en los procesos de acabado debían ser los más apropiados para juzgar la mano de los tejidos basándose en las hipótesis mostradas con anterioridad. Así surge, basándose en estas investigaciones, el diseño de un sistema de instrumentación para medir las propiedades mecánicas fundamentales y de confortabilidad de los tejidos, denominado Kawabata Evaluation System (KES).

El Kawabata Evaluation System (KES) es un sistema de medida que permite detectar cuantitativamente y de modo objetivo el tacto de un tejido a partir del análisis de un conjunto de variables físicas, variables medidas a través de una serie de módulos que componen el sistema de experimentación.

Sin embargo, las condiciones de medida dependen de una serie de modelos o categorías previamente establecidas las cuales están basadas y fundamentadas en la aplicación de cada tejido. El KES es un sistema de experimentación formado por una serie de módulos mediante los cuales se pueden medir las siguientes propiedades mecánicas:

<b>Prueba</b>	<b>KES-FB1</b>	<b>KES-FB2</b>	<b>KES-FB3</b>	<b>KES-FB4</b>
<b>Propiedades mecánicas</b>	<b>Tracción y rotura</b>	<b>Flexión</b>	<b>Compresión</b>	<b>Estado de superficie</b>

Tabla 1. Pruebas del sistema Kawabata

Mediante las medidas de las propiedades mecánicas realizadas por los distintos módulos se pueden obtener una serie de variables físicas cuantitativas que, posteriormente, se utilizan para determinar las variables cualitativas que van a caracterizar la mano de los tejidos. Las variables físicas obtenidas mediante el sistema de medida se muestran en la siguiente tabla:

Prueba	Variable	Descripción	Unidades
<b>Tracción</b>	LT	Linealidad de la curva carga-extensión	-
	WT	Energía de extensión	gr·cm/cm <sup>2</sup>
	RT	Resiliencia de tracción	%
	EM	Alargamiento	%
<b>Rotura</b>	G	Rigidez al rompimiento	gf/cm·°
	2HG	Histéresis de la fuerza de corte para un ángulo de 0.5°	gf/cm
	2HG5	Histéresis de la fuerza de corte para un ángulo de 5°	gf/cm
<b>Flexión</b>	B	Rigidez de flexión	gr·cm/cm <sup>2</sup>
	2HB	Histéresis de flexión	gr·cm/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión</b>	LC	Linealidad de compresión	-
	WC	Energía de compresión	gr·cm/cm <sup>2</sup>
	RC	Resiliencia de compresión	%
<b>Superficie</b>	MIU	Coefficiente de fricción	µm
	MMD	Desviación media del MIU	%
	SMD	Rugosidad geométrica	µm

Tabla 2. Variables físicas con sus unidades

A partir de estas variables físicas y junto con la valoración de expertos realizada por el equipo del profesor Kawabata se determinan los PRIMARY HAND, que son expresiones japonesas que describen distintas sensaciones relacionadas con el tacto de los tejidos.

PRIMARY HAND	Significado
<b>KOSHI</b>	Rigidez. Un tacto relacionado a la rigidez de flexión. El acolchado promueve esta sensación. La tela al tener una densidad compacta, destaca esta característica.
<b>NUMERI</b>	Lisura. Un tacto compuesto entre liso, flexible y suave. La tela de casimir da fuertemente esta sensación.
<b>FUKURAMI</b>	Llenadura y suavidad. Una sensación de volumen, abundancia y corte. Propiedades elásticas en compresión y

	espesor, acompañadas de una sensación cálida están cercanamente relacionadas. Fukurami significa “abultamiento”.
<b>SHARI</b>	Frescura. Una sensación que viene de la superficie nítida y áspera de la tela. Este tacto es dado por un hilo altamente torcido. Tacto fresco.
<b>HARI</b>	Rigidez anticaída. No importa si la tela es mullida o no. Esta palabra significa “que se expande.”.
<b>SOFUTOSA</b>	Tacto terso. Un tacto combinado de volumen, flexibilidad y liso.
<b>KISHIMI</b>	Tacto de exclusividad. Una tela de seda posee este tipo de tacto.
<b>SHINAYAKASA</b>	Tacto de flexibilidad con suavidad. Tacto suave, flexible y liso.

**Tabla 3. Expresiones japonesas de las evaluaciones del sistema Kawabata**

En función de los valores obtenidos el grado de importancia que presenta cada variable cualitativa puede ser mayor o menor, es decir, los distintos PRIMARY HAND tendrán mayor o menor importancia en función de la valoración obtenida tal y como se puede observar en la siguiente tabla:

≥ 10	Muy fuerte
<b>9</b>	Fuerte
<b>8</b>	
<b>7</b>	
<b>6</b>	Medio
<b>5</b>	
<b>4</b>	
<b>3</b>	Débil
<b>2</b>	
<b>1</b>	
≤ 0	Muy débil

**Tabla 4. Valoraciones de los valores obtenidos**

Por combinación de los PRIMARY HAND se puede obtener un parámetro que, mediante un único valor numérico, represente la mano o tacto del tejido. Este parámetro es conocido como TOTAL HAND VALUE (THV), o lo que es lo mismo, el valor total de la mano. Este valor de THV se obtiene por combinación de los cinco primeros PRIMARY HAND. Estas combinaciones se realizan en función del modelo o categoría de medida utilizada, es decir, en función de la aplicación final del tejido.

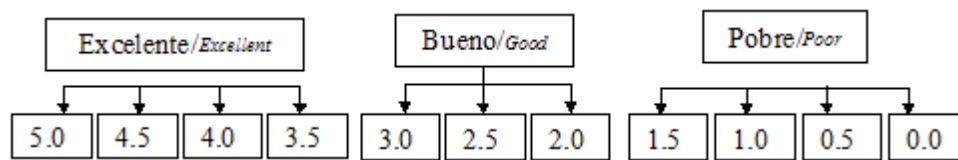


Figura 1. Calificación del valor total de la mano

El valor de la mano o THV comprende valores desde 0 a 5 y se cataloga del siguiente modo:” (AITEK, 2015)

Gracias a la información obtenida por la empresa española AITEK, se han podido especificar las variables a medir en las pruebas que se realizarán con este sistema de evaluación. Sin embargo, esa no es toda la indagación sobre este tema tan poco divulgado en México.

“En 1972, el Comité japonés para la Estandarización y Evaluación de la “mano” de los tejidos (HESC) desarrolló una metodología propia para la medición objetiva de éste parámetro. El comité estaba auspiciado por la Sociedad de Maquinaria Textil del Japón, y presidido por el Dr. Sueo Kawabata.

La necesidad que tenían los ingenieros textiles japoneses de correlacionar las medidas subjetivas con otras de objetivas, siempre y cuando la medición de éstas fuera fácil de lograr, contribuyó de forma definitiva al desarrollo del equipo de medición objetiva de la mano de los tejidos KES-F.

Las iniciales KES-F, corresponden a “*Kawabata’s Evaluating System for Fabrics*”, equipo de medición objetiva de tejidos desarrollado por el ingeniero japonés Sueo Kawabata, después de casi 30 años de investigación. Originalmente, el objetivo del trabajo de Kawabata fue la evaluación objetiva de la “mano” del tejido (18), posteriormente se desarrolló un objetivo complementario no menos importante que consistía en poner a punto una técnica que relacionara las propiedades del tejido con la apariencia de la prenda confeccionada.

En forma resumida, el trabajo de Kawabata tenía los siguientes propósitos:

- Para un tejido con un uso final específico, decidir qué términos descriptivos son los que mejor representan los aspectos cualitativos de la mano.
- Definir cada uno de estos términos descriptivos.
- Hacer una colección de muestras estándar que represente estas expresiones para la mano del tejido, dotándola de un rango de intensidades.

En los trajes de caballero, se hizo una diferenciación de las expresiones de mano primarias elegidas, distinguiendo si se trataba de una prenda de invierno o de verano. Los tejidos de mujer también tuvieron expresiones propias.

Los términos descriptivos que se consideraron apropiados para los tejidos destinados a trajes de invierno para caballero, fueron, por orden de importancia:

- NUMERI (lisura)
- KOSHI (rigidez)
- FUKURAMI (voluminosidad y suavidad)

y para los trajes de verano, en el mismo orden:

- SHARI (frescura)
- KOSHI (rigidez)
- HARI (rigidez anticaída)
- FUKURAMI (voluminosidad y suavidad)

y para la mujer, además:

- KISHIMI (sensación de crujiente)
- SHINAYAKASA (sensación de suavidad y flexibilidad)

La definición de cada uno de estos términos la hicieron partiendo de la respuesta dada a las dos preguntas siguientes, formuladas para cada uno de ellos:

- ¿qué tipo de sensaciones están relacionadas con los términos descriptivos?
- ¿qué propiedades del tejido están relacionadas con la evaluación de la sensación?

Está claro que la definición de los términos descriptivos implicaba la necesaria vinculación con las propiedades mecánicas de los tejidos.

Después de hacer la definición de los términos, el comité formó muestras de tejidos que representaban valores de las expresiones o términos de mano en una escala de 0 a 10. Las calificaciones que recibía una muestra de tejido al compararse con los estándares, se consideraron valores de mano primaria (HV). Las muestras se clasificaron en tres grupos (A, B y C) dependiendo de la intensidad de la expresión de la mano. Posteriormente, las muestras de cada una de las clasificaciones principales, son vueltas a clasificar en tres grupos nuevamente. Además de las 9 clasificaciones que son posibles de esta manera, se asignan dos más. Una, XH, a la izquierda de la de la mayor intensidad posible; y otra, XL, colocada a la derecha de la clasificación de la menor intensidad.

De 20 muestras analizadas por tantos expertos, se calcularon la media y la desviación estándar. El conocimiento de los estadísticos muestrales permite que el análisis de los valores de mano (HV), se pueda hacer en una escala normalizada. A partir de las expresiones de mano primaria HV, fue necesario definir una nueva expresión que las relacione. Kawabata llamó mano total (THV) a esta expresión sumaria. Con esta nueva expresión, se podría hablar de dos posibles calificativos: “buena” o “mala”. El calificativo de mano “buena” se expresa mediante el valor total de la mano (THV).

A partir de la información recogida de 214 tejidos de invierno y 156 de verano, sometidos a la evaluación anteriormente descrita, el grupo de Kawabata obtuvo las siguientes fórmulas de equivalencia entre la mano primaria HV y la mano total THV:

Para tejidos de invierno:

$$\text{THV} = 1.2293 + 0.5904 y_1 + 0.00441 y_1^2 - 0.0517 y_2^2 + 0.6317 y_3 + 0.0506 y_3^2$$

En donde:

- $y_1$  = HV de KOSHI
- $y_2$  = HV de NUMERI
- $y_3$  = HV de FUKURAMI

Para tejidos de verano:

$$\text{THV} = -1.3788 - 0.0004 y_1 + 0.0006 y_1^2 + 0.7501 y_2 - 0.0361 y_2^2 + 0.5190 y_3 - 0.0369 y_4 + 0.2555 y_4 - 0.0352 y_4^2$$

En donde:

- $y_1$  = HV de KOSHI
- $y_2$  = HV de SHARI
- $y_3$  = HV de FUKURAMI
- $y_4$  = HV de HARI

Este par de ecuaciones sólo expresan la contribución que cada valor de mano primaria HV tiene sobre el valor de la mano toral THV; aún no se había definido la forma en que se expresa la relación de los valores de mano primaria HV con las mediciones de las propiedades mecánicas de los tejidos.

Después de un largo trabajo de investigación, Kawabata seleccionó un conjunto de propiedades mecánicas que se asocian a las deformaciones del tejido (ver figura 185), pensando ya en las condiciones de medición, dividiéndolas en los siguientes grupos:

Grupo 1 = Tracción

Grupo 2 = Flexión

Grupo 3 = Superficie

Grupo 4 = Cizalladura

Grupo 5 = Compresión

Grupo 6 = Masa lineal y Grosor

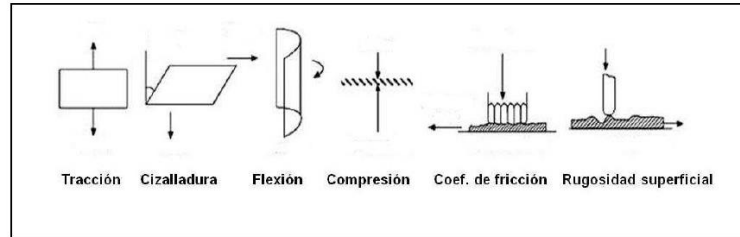


Figura 2. Grupos de ensayo KES

A pesar de que el Grupo 3 y 6 no representan propiedades mecánicas sino físicas, éstas están directamente relacionadas con las propiedades mecánicas. Cada una de estas propiedades se expresa por un parámetro característico.” (Gallissà, 2015)

Como se puede observar ante la información recabada, este sistema valora principalmente características mecánicas, las cuales serán recolectadas para evaluar si una tela seleccionada es óptima para la comodidad de ser una prenda de vestir. En el presente trabajo se va a medir la tracción, rotura, flexión, compresión y estado de superficie a través del KES, las pruebas del peso lineal y el grosor serán ejecutadas con otros equipos. A continuación, el Dr. Gallissà describe cada una de las pruebas hechas con este sistema de evaluación.

#### **1.4.1.1 Prueba de tracción KES-FB1**

“[La prueba de tracción] Mide la energía empleada al someter la probeta rectangular de tejido (5 cm de largo y 20 cm de ancho, figura 188) a una tensión axial de pequeña intensidad (500 g) tanto en sentido urdimbre como de trama. La deformación tensil se aplica en sentido longitudinal.

La tensión a lo ancho de la probeta es aproximadamente cero debido a la forma rectangular de la probeta. La probeta es sometida a un gradiente de tensión constante de  $4,0 \times 10^{-3}$  segundos. Una vez alcanzada la tensión de 500 gf/cm se mide el proceso de recuperación, obteniéndose habitualmente una curva como la de la figura 189.

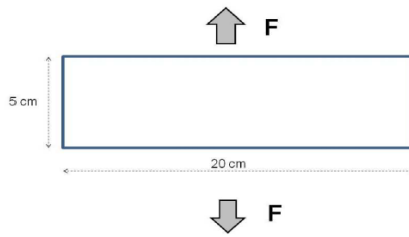


Figura 188. Dimensiones de la probeta del ensayo de tracción en el equipo KES-F (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 187).

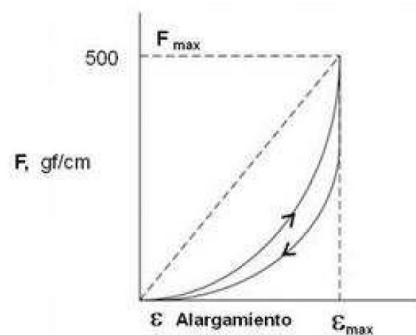


Figura 189. Curva tensión-alargamiento del ensayo de tracción del equipo KES-F. (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 187).

Los parámetros característicos de este ensayo son:

- LT= Linealidad (sin unidades)
- WT= Energía tensil por unidad de área (g·cm/cm<sup>2</sup>)
- RT= Resiliencia (%)

[...]La probeta es pinzada por dos mordazas de 20 cm de largo. Una de las mordazas es móvil y está montada sobre una base deslizante, la cual tensiona el tejido en sentido contrario. La tensión generada por este movimiento se detecta midiendo el momento de torsión del tambor y el alargamiento mediante el desplazamiento de la base deslizante, tal como puede verse en la figura 191. La deformación aplicada es aproximadamente biaxial.”

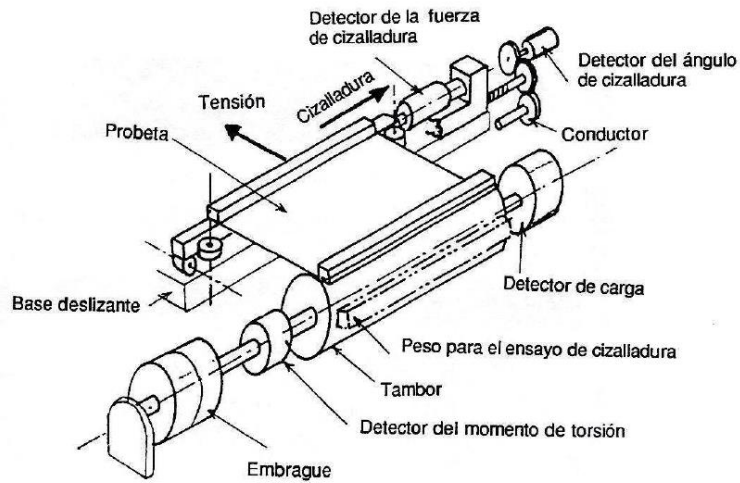


Figura 191. Principio de funcionamiento de la unidad de medida de la tensión y cizalladura del KES FB1 (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 189).

#### 1.4.1.2 Prueba de flexión KES-FB2

“A diferencia del equipo FAST, el ensayo de flexión del método KES-FB no utiliza el principio del voladizo, donde el tejido se deforma (flexiona) por acción de su propio peso, sino que mide la energía empleada al flexionar un tejido verticalmente y sin influencia del peso del tejido en flexión pura). Para realizar el ensayo de flexión pura, la probeta se flexionará tal como se muestra en la figura 192, donde uno de los extremos de la probeta se fija en el punto cero, y el otro se mueve formando distintos arcos que siguen las ecuaciones mostradas a continuación.

$$X = \frac{1 - \cos K}{K}$$

$$Y = \frac{\text{sen}K}{K}$$

$$\phi = \frac{\pi}{2} - K$$

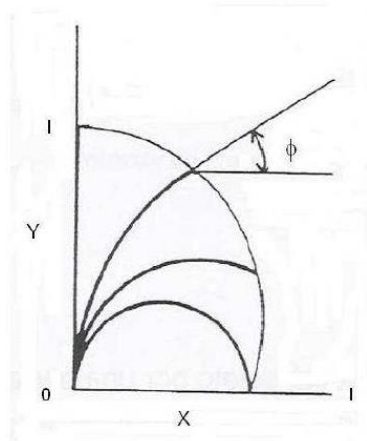


Figura 192. Centro del punto móvil de la probeta y el ángulo tangencial necesario para conseguir una deformación por doblado cuando la longitud ensayada es de 1 cm (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 190).

El movimiento del extremo móvil de la probeta se realiza mediante el mecanismo de cigüeñal mostrado en la figura 193.

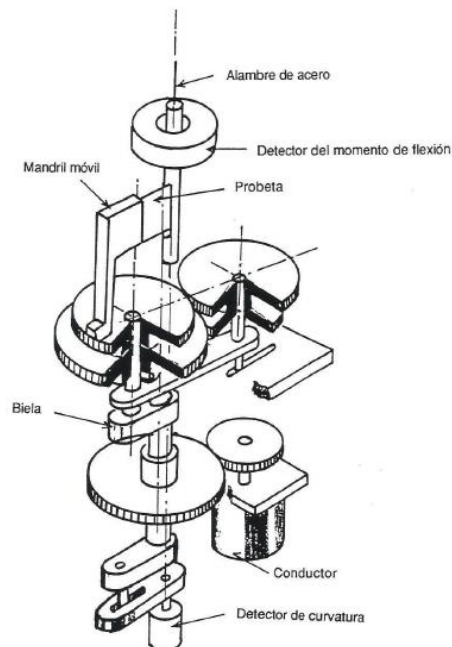


Figura 193. Principio de funcionamiento del medidor de flexión pura del KES FB-2 (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 190).

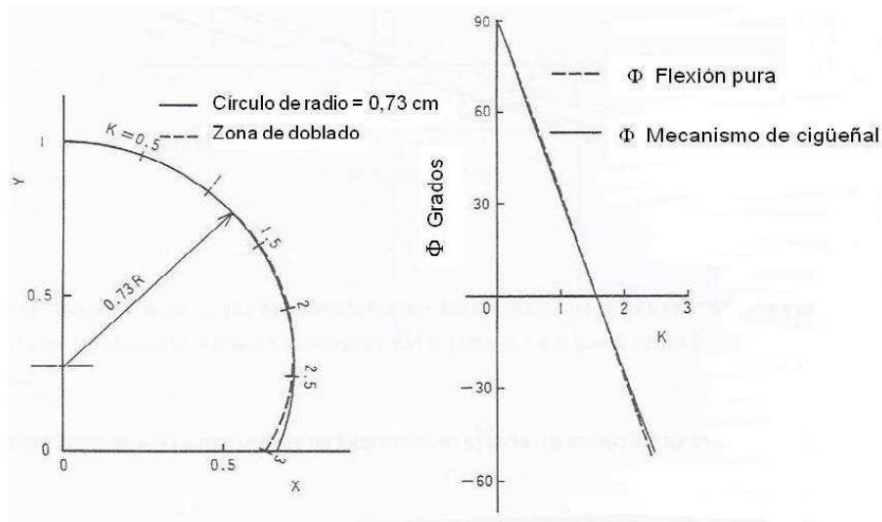


Figura 194. El centro del punto móvil y ángulo tangencial de la probeta KES FB2 mostrado mediante una línea discontinua y comparado con los valores requeridos mostrado en línea continua. La línea continua está muy cerca de la línea ideal requerida para la flexión pura en el rango  $-2,5 < K < 2,5$  (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 191).

La probeta tiene unas dimensiones efectivas de 2,5 cm de largo por 1 cm de ancho. La flexión pura entre las curvas  $K = - 2,5$  y  $2,5$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) con un incremento constante del cambio de curvatura. Este incremento es de  $0,5$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) /segundo. La probeta se coloca de forma vertical tal como se indica en la figura 192 para evitar el efecto de la fuerza de la gravedad.

Los parámetros característicos son:

- $B$  = Rigidez a la flexión por unidad de longitud ( $\text{g}\cdot\text{cm}^2/\text{cm}$ )
- $2HB$  = Momento de histéresis por unidad de longitud ( $\text{g}\cdot\text{cm}/\text{cm}$ )

[...]

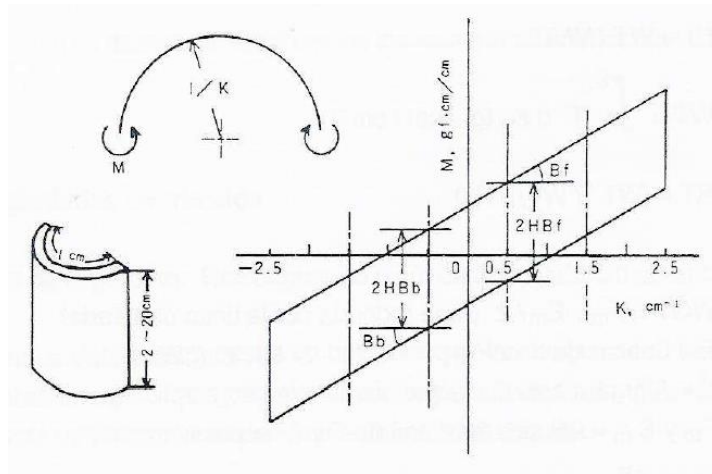


Figura 196. Forma de flexionar la probeta del ensayo de flexión y representación gráfica de los resultados del ensayo en el equipo KES-F (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 192).

Definimos también como curvatura positiva la flexión por el haz y curva negativa la flexión por el envés. Si la curva obtenida es como la de la figura 194, tanto la rigidez a la flexión el haz como del envés pueden ser medidas al mismo tiempo. 2HB significa el doble del valor HB puede medirse como la amplitud de la histéresis.

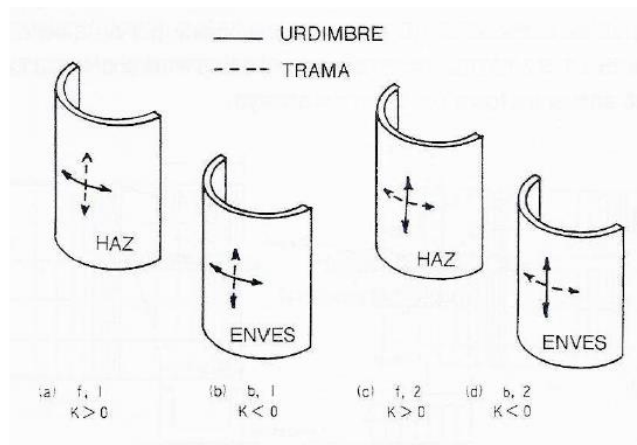


Figura 197. Forma de flexionar la probeta del ensayo de flexión con el equipo KES-FB, f = haz, b = Envés (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 193).

### 1.4.1.3 Prueba de cizallamiento KES-FB1

“[La prueba de cizallamiento] Mide la energía empleada en el proceso de distorsión lateral de la probeta, es decir en la cizalla de la probeta. Las dimensiones de la probeta (20 x 5 cm) [...]”

Tal como puede verse en la figura 196, la tensión  $W$  (constante) se aplica en el sentido ortogonal a la fuerza de cizalladura. Esta deformación se produce cuando se solapa la deformación biaxial y la cizalladura. La velocidad de cizallado es de 0,417 mm/segundo y el recorrido realizado por la tensión de cizalladura es de 0,00834/segundo.

Las propiedades de cizalladura se miden en el mismo módulo que la tensión axial (figura 191). El embrague de la base móvil se mueve en sentido paralelo al eje del tambor y aplica la deformación de cizalladura a la probeta. La fuerza de cizalladura se detecta mediante el transductor acoplado al final del embrague móvil. Durante la medición, la conexión entre el tambor y su eje fijo, se desconecta después de haber colocado la muestra y el peso muerto aplicado sobre la superficie del tambor para conseguir un giro constante del mismo. Este momento se aplica un esfuerzo constante  $W$  a la probeta durante el ensayo de cizalladura. En la figura 196, puede verse el aspecto de la probeta durante el ensayo y en la 197 la correspondiente curva de deformación.

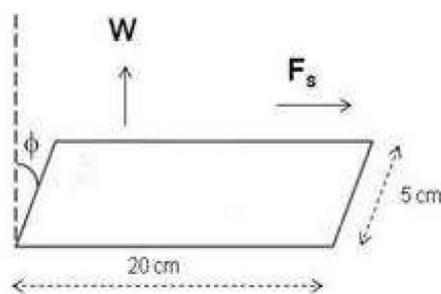


Figura 198. Dimensiones de la probeta y distorsión lateral del tejido en el KES-FB (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 194).

[...] Los parámetros característicos de este ensayo son:

- G = Rigidez a la cizalladura (g/cm·grados)
- 2HG = Histéresis a un ángulo de deformación de cizallado a 0.5 grados (g/cm)
- 2HG5 = Histéresis a un ángulo de 5 grados (g/cm)

Nótese que G no es el módulo de rigidez. En este caso G, se define como (fuerza de cizalladura por unidad de longitud/ángulo de cizalladura). En la figura 194 puede verse como la pendiente de  $F\theta$  es igual a G. En las mediciones estándar, la pendiente se mide entre  $\theta = 0.5^\circ$  y  $5^\circ$ . Si la curva no fuera lineal en esta zona, se debe tener en consideración el valor medio de la pendiente.

En las mediciones estándar, se mide mediante  $G_f$ . Siendo  $G_f$  el valor de G cuando la cara de la probeta es el haz de la muestra. Si consideramos la fuerza de la cizalladura en lugar del ángulo para definir el parámetro G, entonces este valor es igual al módulo de cizallado y es definido (fuerza de cizalladura  $F_s$  (g/cm) / (fuerza de cizalladura =  $\tan \theta$ ). Las unidades son g/cm, la relación entre los dos valores de G definidos por  $\tan \theta$  y por los grados es:

$$G (\tan \theta) = 57.30 G (\text{grados } \theta)''$$

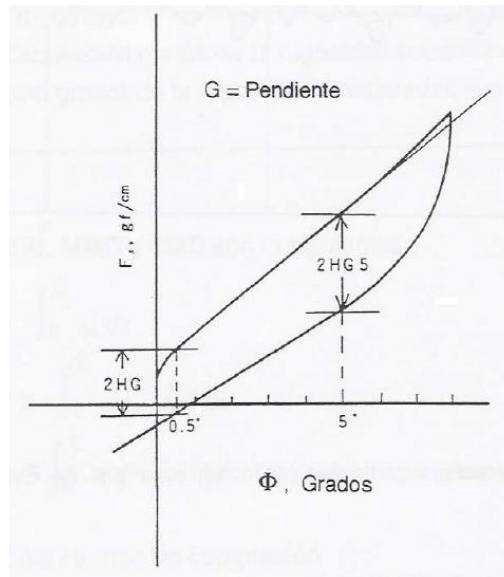


Figura 200. Gráfico del ensayo de la cizalladura y su histéresis (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 195).

#### 1.4.1.4 Prueba de compresión KES-FB3

“[La prueba de compresión] Mide la energía consumida en el proceso de compresión transversal de la probeta. En la figura 198 se muestra el esquema del principio de funcionamiento de este aparato.

Dado que el área de compresión es un círculo de 2 cm<sup>2</sup>, la probeta ha de ser un rectángulo de 2.5 cm de largo y 2 cm de ancho, tomadas en sentido urdimbre o trama.

La probeta de tejido se comprime entre dos placas circulares de acero de 2 cm<sup>2</sup>. La velocidad de compresión es de 20 micras/segundo y la presión alcanza un nivel de 50 g/cm<sup>2</sup>. El proceso de recuperación se mide a la misma velocidad. Para tejidos delgados (ligeros) de caballero, la velocidad de medida de éste parámetro se reduce a 6.66 micras/segundo.

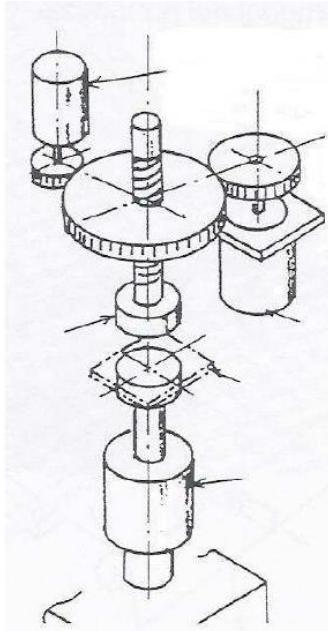


Figura 201. Principio de funcionamiento del medidor KES FB3 (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 196).

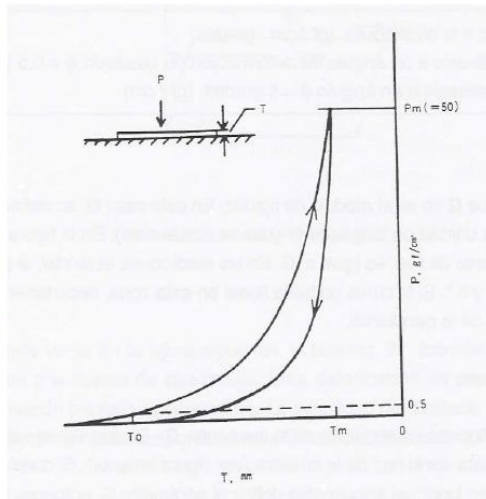


Figura 202. Izquierda: Unidad de medida del grosor en el equipo KES-FB del Laboratorio de parametría física textil. Instituto de Investigación Textil y Cooperación Industrial de Terrassa. Universitat Politècnica de Catalunya. Derecha: Expresión gráfica de los resultados del ensayo de Compresión (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 196).

Los parámetros característicos de este ensayo son:

- LC = Linealidad (sin unidades)

- WC = Energía necesaria para la compresión (g·cm/cm<sup>2</sup>)
- RC = Resiliencia (%)”

#### **1.4.1.5 Prueba del estado de superficie KES-FB4**

“[La prueba del estado de superficie] Mide tanto el coeficiente de fricción como la rugosidad superficial de la probeta de tejido al rozar con un cabezal de medida a baja velocidad (figura 203). El tamaño de la probeta será de 20 cm de largo y 3.5 cm de ancho, sin embargo, esta medida es sólo nominal dado que en el ensayo se utilizará una superficie de medida de 2 cm de largo por 0.5 cm de ancho.

La medición de la fricción superficial y la rugosidad se realiza de la manera siguiente: el cabezal para la medida de la rugosidad superficial está hecho de cuerda de piano de acero de un diámetro de 0.5 mm. La forma de la cuerda se indica en la figura 204 y trabaja con una fuerza de contacto de 10 g ( $\pm 0.5$  g), activada por un muelle-resorte de una constante de  $25 \pm 1$  g/mm. La frecuencia natural del sistema sobrepasa los 30 Hz cuando el cabezal se encuentra fuera del límite del ensayo.

La fricción superficial se mide mediante un cabezal formado por la unión de 10 piezas de cuerda de piano (figura 204), del mismo tipo que el usado en el cabezal de la rugosidad, dispuestas de tal manera que rocen con la superficie del tejido con una fuerza de compresión de 50 g de peso muerto.

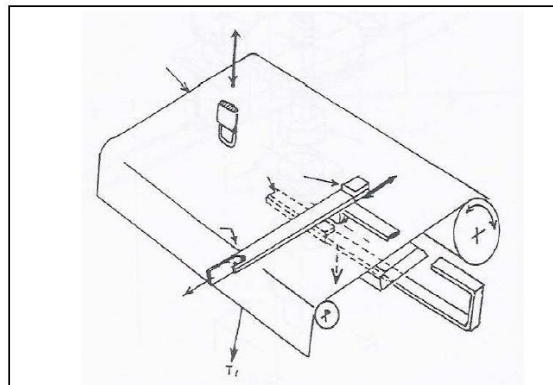


Figura 203. Principio de medición de las propiedades superficiales del tejido en el KES FB4 (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 198).

Tanto en la medida de la rugosidad como de la fricción superficial, la probeta se desplaza un intervalo de 2 cm a una velocidad constante de 0,1 cm/segundo sobre una placa de acero plana colocada horizontalmente, que somete a la probeta a una tensión de 20 g/cm.

Los parámetros característicos son:

Medida de la fricción:

- MIU = Valor medio del coeficiente de fricción (sin unidades)
- MMD = Desviación media del coeficiente de fricción (sin unidades)

Medida de la rugosidad:

- SMD = Desviación media de la rugosidad superficial (del grosor de la rugosidad, en micras)

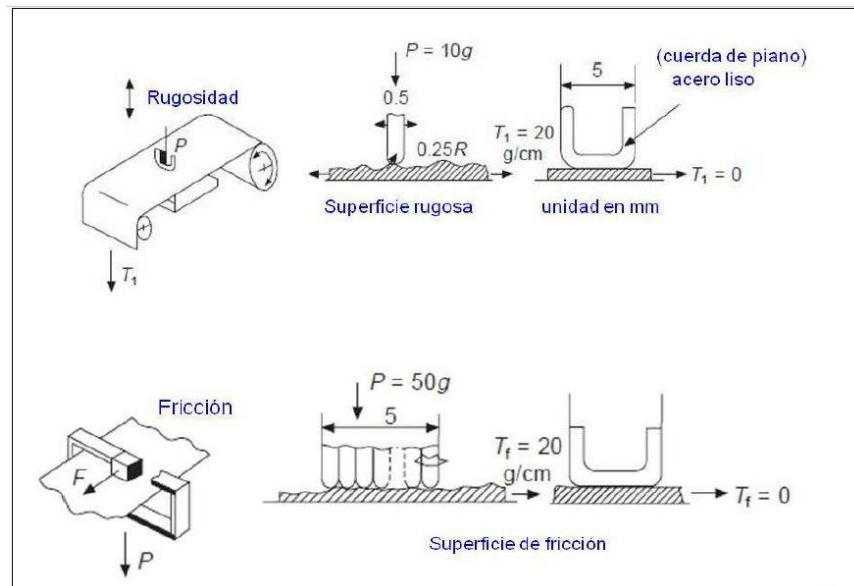


Figura 204. Cabezales de medición de las propiedades superficiales del KES-FB. Imagen de arriba: medida de la microrugosidad superficial. Imagen de abajo: medida de la fricción (imagen obtenida de Galissa, E.C., Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles, página 199).

donde:

$\mu$  = Fuerza friccional / fuerza de compresión

$\chi$  = desplazamiento del cabezal en la superficie de la probeta

$X$  = 2 cm tomado para la medición estándar

$T$  = Grosor de la probeta en la posición  $g$ , el grosor es medido por este cabezal

$\bar{T}$  = Valor medio de  $T$

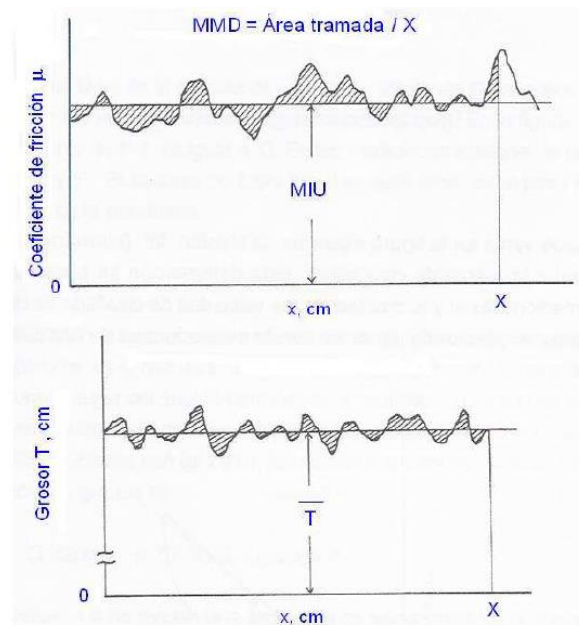


Figura 206. Expresión gráfica de las propiedades superficiales. (a): fricción superficial, (b): rugosidad superficial, en el equipo KES FB4 (imagen obtenida de la página 200 de la referencia cita acontinuación).” (Gallissà, 2015)

## 1.4.2 Dinamómetro

“Los sistemas de ensayo de sobremesa y doble columna 5960 están diseñados para tener precisión, ser duraderos y ofrecer la flexibilidad necesaria para los cambiantes requisitos. Están diseñados con características estándar y opcionales que aumentan la eficacia de los ensayos y mejoran la experiencia del operador. Los sistemas de doble columna son instrumentos de uso genérico habitualmente utilizados para plásticos, metales, materiales de caucho, componentes de automoción, materiales compuestos y aplicaciones a temperaturas no ambientales.

La versatilidad de los sistemas de sobremesa y doble columna 5960 se prestan a una amplia gama de entornos de ensayo y requisitos. Hay modelos que ofrecen un recorrido de la cruceta ampliado y un espacio de ensayo con anchura extra. El modelo 5965 de 5 kN ofrece una velocidad máxima de 3000 mm/min y una velocidad de retorno a un mayor de 3200 mm/min. Esta ventaja es importante cuando se realizan ensayos de gran volumen o de materiales elastoméricos con gran alargamiento.

Sus características son las siguientes:

- Conoce o excede los requerimientos de todos los estándares, nacionales e internacionales; como lo son ISO, ASTM, BS, DIN, EN y AFNOR.
- Miles de accesorios para conocer los requerimientos de la prueba en casi cualquier aplicación o industrial: biomédica, automotriz, electrónica, plásticos, metales, compuestos, elastómeros, aeroespacial, textil y muchos más.
- Respaldado por la organización de servicio más grande del mundo en la industria; entregando calibraciones de alta calidad, capacitación, mantenimiento preventivo, y soporte técnico.
- Productividad Panel con Live Display, Soft keys y Specimen Protect para aumentar la usabilidad y productividad.” (INSTRON, 2017)



Figura 3. Dinamómetro

### 1.4.3 Péndulo Elmendorf

“El PowerTear es el probador de desgarramiento Elmendorf más versátil de su clase disponible. Está diseñado para proporcionar resultados precisos a la vez que es fácil de usar. Papel, cartón, plástico, textiles y telas no tejidas son materiales que pueden ser probados usando el PowerTear. El frenado electrónico y la liberación de dos botones hacen que el instrumento sea seguro, mientras que un codificador rotativo, un control de balance de péndulo y un cojinete en el pasador de liberación lo hacen preciso y confiable. Las abrazaderas de palanca hacen que la carga de la muestra sea más rápida y fácil para el operador. La versatilidad de la PowerTear permite una amplia gama de capacidades para probar materiales ligeros y pesados.

- Pesas de control y pesas de control A-D incluidas (8 N, 16 N, 32 N, 64 N)
- Peso de control y peso de control E disponibles por separada (128N)
- Abrazaderas de palanca para una carga rápida y fácil de la muestra
- El codificador rotativo proporciona la mayor precisión disponible
- El sistema de frenado electrónico detiene el péndulo después de la prueba de seguridad del usuario
- Siete unidades de medida para elegir

- La placa base sólida proporciona una plataforma de prueba estable y elimina el desplazamiento del instrumento
- El mecanismo de liberación a dos manos mantiene a los operadores seguros
- Visualización de los resultados en la pantalla LCD del instrumento
- Software incluido para descargar y almacenar los resultados” (Direct Industry, 2020)



Figura 4. Péndulo Elmendorf

#### 1.4.4 Textest FX3300

“El TEXTEST Equipo de Permeabilidad del Aire FX 3300 LABOTESTER III es usado para una determinación rápida, simple y precisa de la permeabilidad del aire en todo tipo de equipos planos y de cubos de poliestireno. El rango de mediciones cubre desde papeles densos y bolsas de aire, así como no tejidos extremadamente abiertos y telas. En términos del Programa de Evaluación LABODATA III los resultados del test pueden ser convertidos de “permeabilidad del aire” a “caída de presión a una velocidad del aire dada”. Este valor, que es importante para materiales que filtran gas, es mostrado tanto, numéricamente y como una curva “caída de presión versus velocidad del aire” en doble escala logarítmica.

Este instrumento trabaja de acuerdo con AFNOR G 07-111, ASTM D 737, ASTM D 3,574, BS 5,636, DIN 53,887, EDANA 140.1, EN ISO 7,231, EN ISO 9,237, JIS L 1,096-A, TAPPI T 251, y otros estándares. Es adaptable para uso de laboratorio, así como para operación directamente en el área de producción.

Una poderosa bomba de vacío silenciada que atrae aire a través de una cabeza intercambiable con una abertura circular. Para la medición, la cabeza de ensayo debe ser apropiada para la prueba y colocada en el instrumento. El espécimen es sujetado bajo el cabezal al presionar hacia abajo el brazo sujetador el cuál hace empezar automáticamente la bomba de vacío. La presión preseleccionada para la prueba es automáticamente sostenida, y después de algunos segundos, la permeabilidad del aire de la prueba del espécimen es digitalmente mostrada en la unidad de medición preseleccionada. Al presionar hacia abajo el brazo sujetador una segunda vez el espécimen de prueba es liberado y la bomba de vacío se detiene.

Desde que la bomba de vacío comienza automáticamente cuando el espécimen es sujetado bajo de la abertura circular, la prueba de presión comienza solo después de que el espécimen ha sido sujetado. Esto garantiza el agarre perfecto de la muestra, lo que significativamente mejora la precisión de la medición y facilitando enormemente la operación del instrumento.

El caudal de aire que atraviesa el espécimen es medido con un orificio variable. La permeabilidad del aire es determinada desde la caída de presión a través de este orificio, y es digitalmente mostrada en la unidad de medición seleccionada para lectura directa.

Alta estabilidad, sensores de precisión de presión proveen una medición excelente y reproductibilidad de los resultados de la prueba. La función propia y la calibración del instrumento pueden ser revisados en un asunto de segundos en condiciones de una placa de calibración verificadora.

La larga, libre proyección del brazo sujetador de 50 cm (20”) permite al operador tomar mediciones de largas muestras sin tener que cortar pequeños especímenes de prueba. En términos de dos extensiones, la superficie de trabajo puede ser incrementada a 120 x 60 cm. El instrumento no es únicamente apropiado para uso de laboratorio, pero es movable y lo suficientemente pequeño para ser usado directamente en el área de producción. La operación del instrumento es extremadamente simple, por lo que puede ser operada sin problema, incluso por personal sin experiencia. El instrumento es equipado con un puerto de información RS 232 para salida de información y control remoto.” (TEXTTEST INSTRUMENTS, 2006)



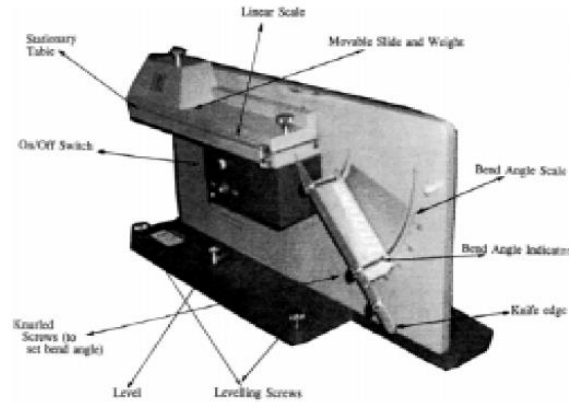
Figura 5. TEXTTEST FX3300

## 1.5 Equipos para medir de las características físicas

### 1.5.1 Cantilever

“Un espécimen es deslizado a un índice indicado en dirección paralela a su dimensión alargada, hasta que su borde delantero se proyecte desde el borde de la superficie horizontal. La longitud del saliente es medida cuando la punta del espécimen cae sobre su propia masa hasta el punto en donde la línea se une a la

cima del borde de la plataforma crea un ángulo de  $41.5^\circ$  con el horizontal. Desde esta longitud medida, el ángulo de rigidez de flexión es calculado.” (ASTM, 2002)



**Figura 6. Cantilever motorizado**

### 1.5.2 Drapeometro

“La medición del drapeado de las telas empezó con Pierce en 1930. Él desarrolló pruebas objetivas para medir la longitud plegada la cual fue propuesta como una medida de la calidad de drapeado de una tela [4].

Bellinson instaló un ensayador de drapeado (llamado Drapeometro) en el M.I.T. Laboratorio de Investigación Textil (ver figura 1 y figura 2). Un espécimen de la tela era enganchado al borde de un disco horizontal movable verticalmente y apoyado a una columna suspendida verticalmente. El ancho del espécimen es equivalente a la semi-circunferencia del disco. Un disco de diámetro igual al del disco de soporte y con el que es concéntrico es dibujado en la base del ensayador. Una línea recta tangente al círculo es dibujada. La divergencia del borde inferior de una tela del círculo dibujado indica la drapeabilidad de la tela. Mientras menos drapeable fuera la tela, su borde está más cerca de la línea recta. La longitud de drapeo podía ser medida acortando la altura de las muestras progresivamente y determina su longitud marcando un grado definido de divergencia desde la línea recta. Cuanto mayor sea la longitud de drapeado, más flexible será

el material. El radio de la curvatura de la muestras y sus variaciones al igual que la longitud medida de las muestras fue usado para comparar entre la drapeabilidad de las telas. Esto tuvo relación negativa con la drapeabilidad de la tela [5, 6].

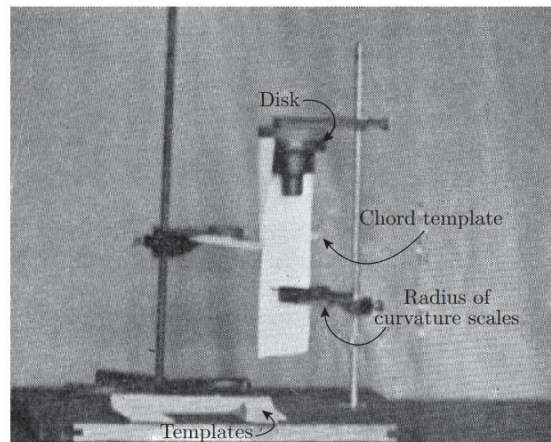


Figura 1. Drapeometro desarrollado por Bellinson [6] (imagen obtenida de Sanad, Cassidy, Cheung, Fabric and Garment Drape Measurement Part 1, página 342).

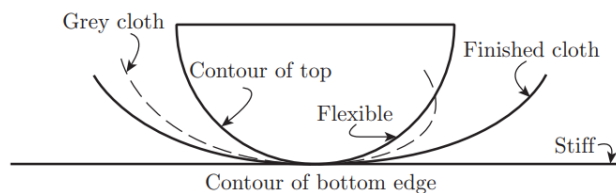


Figura 2. Vista superior del Drapeometro mostrando diferentes telas medidas (imagen obtenida de Sanad, Cassidy, Cheung, Fabric and Garment Drape Measurement Part 1, página 342).

El drapeado de la tela no era claramente determinado por estas pruebas basadas en la distorsión de dos dimensiones de una muestra examinado, en su lugar se midieron las propiedades de dobléz en lugar del drapeado.

Probadores estáticos de drapeado.

Los drapeametros planos no eran confiables probadores para la medición del drapeado de la tela. Consecutivamente, una distorsión tridimensional fue introducida por el Laboratorio de Investigación en Telas en Massachusetts. Este

equipo media el drapeado cualitativamente en una manera la cual muestra el significado de las propiedades anisotrópicas [7].

En este aparato óptico, la muestra medida era puesta entre dos placas circulares montadas sobre un pedestal movable, y posicionadas para que no tocaran la base del aparato (ver figura 3). El sistema óptico fue utilizado para emitir la imagen del drapeado de la prueba en el vidrio esmerilado – estaba localizado encima de las placas circulares – el cual era trazado por el operador.

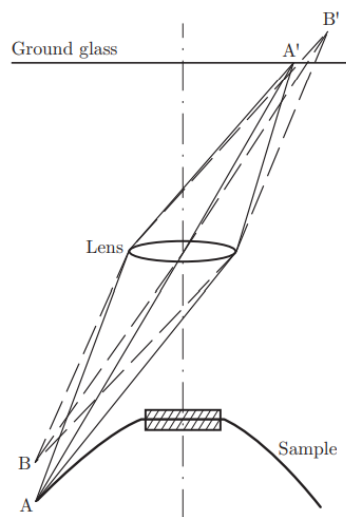


Figura 3. Diagrama esquemático de F. R. L. drapeómetro óptico (imagen obtenida de Sanad, Cassidy, Cheung, Fabric and Garment Drape Measurement Part 1, página 343).

El primer coeficiente de drapeado  $F$  fue desarrollado como un parámetro para analizar la prueba de drapeado información/imagen. Fue definido como la fracción del área del anillo anular localizado concéntricamente por encima de una tela drapeada cubierta por la proyección de la muestra drapeada (ver figura 4). Mientras más alto sea el coeficiente de drapeado, menos drapeable es la tela [7]. Cabe destacar que este coeficiente de drapeado fue utilizado en la mayoría de los estudios de drapeo.

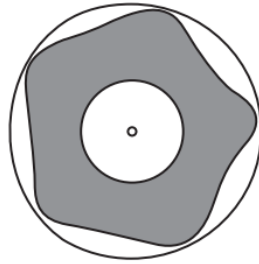


Figura 4. Diagrama de drapado, el área gris es la sombra del drapado de la muestra en el anillo anular (imagen obtenida de Sanad, Cassidy, Cheung, Fabric and Garment Drape Measurement Part 1, página 343)

Un estudio en la precisión de este aparato revela que hubo errores que alcanzaron 17% en el área medida por una elevación diferente de 1 pulgada del borde de la tela (como drapado de la tela ocurre con doble curvatura). El principio de F. R. L. drapeometro cubriendo la muestra de ensayo en un disco circular fue el fundamento de todos/casi todos en el desarrollo futuro de drapeómetros. Las mejoras fueron llevadas a cabo únicamente para obtener información más elocuente y precisa, de una manera más fácil.” (Sanad, Cassidy, & Cheung, 2012)

### **1.5.3 Spray Rating Test**

“El Spray Rating Tester, determina la resistencia de mojado de la superficie de telas, las cuales pueden o no haber sido tratadas con un acabado de resistencia al agua o repelencia al agua. Este probador cumple con AATCC 22, ISO 4920, EN 24920, etc.

Este equipo consiste en un marco de metal que permite pulverizar agua destilada a través de una tobera en un espécimen a 45° y 150 mm debajo de la boquilla. Este medidor de repelencia del agua cuenta con un uso fácil y una consistencia en los resultados de la prueba.” (TESTEX, 2010)



**Figura 7. Spray Rating Tester**

#### **1.5.4 Frotímetro**

“El frotímetro James Heal CrockMaster es un instrumento usado para determinar la solidez del color a la frotación en húmedo y en seco. Examina textiles, alfombras, laminados y tintas de impresión, así como los micro-arañazos de las lacas, recubrimientos y superficies pintadas. Está disponible en modelos motorizados y manuales.

El dedo frotador es fácil de cargar con el paño de adecuado para la prueba al usar un clip de muelle. El sujetador del espécimen ha sido diseñado para ser adaptado a una amplia variedad de materiales. El peso para producir la carga de 9 N es removible y pesos alternativos pueden ser usados.” (James Heal, 2017)



**Figura 8. Frotímetro manual**

### **1.5.5 Martindale**

“Se refiere a la prueba de productos textiles en dónde se demuestra la resistencia a la abrasión de los tejidos durante la evaluación cuenta con una serie de discos giratorios tipo bastidores en los cuales se ubican y sujetan varias muestras de la misma tela, estas muestras de textiles o telas son sometidas a rozamientos de diferentes abrasiones mediante un patrón llamado *figura de Lissajous*, este movimiento constante genera una fricción la cual analiza el deterioro de las fibras de las telas.

La resistencia a la abrasión se refiere a la resistencia de la tela a otros materiales en el proceso de fricción repetida con otros materiales. La resistencia al pilling es un índice de calidad importante del producto textil, que afecta directamente la durabilidad y el efecto de aplicación del producto. El pilling se produce por el levantamiento de las fibras y vellosidades de los tejidos, normalmente provocado por el roce.

Existen tres métodos de Martindale para evaluar la resistencia al desgaste del tejido: el método de rotura de la muestra, el método de pérdida de masa y el

método de cambio de la calidad de la apariencia. El método de ruptura de la muestra es el más comúnmente usado entre los tres métodos, que tiene un pequeño error y el resultado de la prueba es intuicionista y claro, la resistencia al desgaste de diferentes tejidos es fácil de comparar.

La evaluación del método de pérdida de masa y del método de cambio de calidad de la apariencia es más compleja, pero puede reflejar la resistencia al desgaste de las muestras en diferentes etapas de fricción. Tiene una gran viabilidad en el análisis del uso de tejidos en empresas de producción o instituciones de investigación científica.” (Ofipartes, 2019)



**Figura 9. Martindale**

“El Martindale se lo utiliza para determinar la resistencia a la abrasión y pilling de todo tipo de estructuras textiles, las muestras se frotran contra abrasivos a bajas presiones y la cantidad de pilling o abrasión se compara con los parámetros estándar, el equipo se suministra con contadores de muestras individuales, y está equipado con una función de enlace que permite al usuario ejecutar muchas pruebas diferentes al mismo tiempo y se puede variar la velocidad para pruebas aceleradas. El equipo viene con todos los porta-muestras, una selección de pesos de carga y un peso de prensado para asegurar la correcta carga del tejido abrasivo [5].” (Guerrón, 2017)

### 1.5.6 Shirley Tester

“El análisis del arrugado sirve para comprobar la capacidad de un tejido por recuperar su forma original tras someterse a una carga. El método apropiado queda recogido en la norma UNE-EN 22313:1993. El equipo utilizado es el Shirley (M 00 3A Shirley Crease Recovery Tester) y está constituido por el prensa-probeta y el instrumento para medir el ángulo remanente de la arruga.

Básicamente, el método seguido consiste en cortar una probeta (acondicionada) de 40 mm de largo por 15 mm de ancho, se dobla un extremo sobre el otro, y se aplica una carga de 10 N durante un tiempo de 60 minutos. Transcurrido el tiempo, se retira el peso, se coge la muestra con una pinza y se fija un extremo en la mordaza del equipo mientras que el otro extremo libre siempre se mantiene en posición vertical (figura 1). Se realizan lecturas a 5, 10, 15, 30, 45 y 60 minutos para estudiar la evolución de la recuperación.” (Capdevila, Comas, & Parés, 2008)

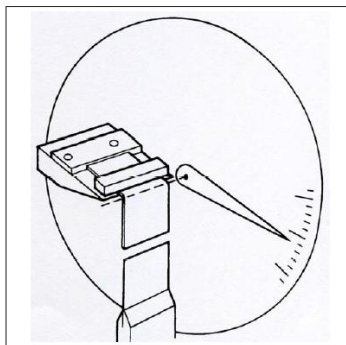


Figura 10. Shirley Tester

### 1.5.7 Espesímetro

“El espesímetro es un aparato sencillo para determinar el espesor de textiles. La reproducibilidad de los valores de medición del espesímetro se consiguen gracias a la fuerza constante de presión. La normativa ISO 5084 menciona el método para determinar el espesor de textiles expuestos a una determinada presión. Esta no es

aplicable para alfombras, filtros y otros tejidos revestidos. El espesímetro para textiles se puede transformar fácilmente para medir espesores de goma mediante dos palpadores opcionales que cumplen la normativa ISO 23529.” (PCE Ibérica)



**Figura 11. Espesímetro**

## Capítulo 2. Análisis macroscópico

El objetivo de este análisis es el de determinar las características aparentes del material de ensayo, es decir, las propiedades observadas globalmente por el ojo humano. Este tipo de interpretación se lleva a cabo sin la ayuda de maquinaria. Es por ello que se ha tomado una muestra para intentar determinar el ligamento de la tela, el tacto, la sensación y el calor que presentan al contacto con la mano.

### 2.1 Identificación de su estructura

“Tejido de calada es el formado por una serie de hilos longitudinales entrecruzada con otra serie de hilos transversales. Es decir, tejido construido a base de urdimbre y trama. Es el más común de los tejidos, el más abundante; por ello le dedicaremos la mayor parte del estudio sobre las telas o tejidos.

[...] **Ligamento:** Es la norma, ley o manera de entrecruzarse los hilos de urdimbre y trama en cada pasada para formar un tejido determinado. También se llama ligamento a la representación gráfica de esta ley en un papel cuadriculado, gráfico en el que cada signo tiene un significado explicativo:

- *Cada columna de cuadritos es un hilo.*
- *Cada fila de estos cuadritos representa una pasada.*
- *Los hilos se cuentan de izquierda a derecha.*
- *Las pasadas se cuentan de abajo a arriba.*
- *Para indicar que un hilo pasa por encima de una pasada, se marca el cuadrito donde se cruzan (tomado).*
- *Para indicar que un hilo pasa por debajo de una pasada, se deja en blanco el cuadrito donde se cruzan (dejado).*

- *El hilo de urdimbre que va por encima de la pasada de la trama se llama tomado*
- *El hilo de trama que pasa por encima del hilo de urdimbre, dejándose la cuadrícula en blanco, se llama dejado.” (Azcárate, 2015)*

Observando cautelosamente, se puede entrever a primera vista, que se trata de una tela de tejido plano o de calada, en cuanto a la estructura de tejido, se ve la formación de un ligamento tafetán, en el cual aparentemente ambos hilos, de trama y urdimbre, cuentan con el mismo título, color y contenido de fibra.

Con la ayuda del cuenta-hilos, la información se ha corroborado, concluyendo que nuestro material textil cuenta con un tejido plano, con un ligamento de tafetán 1,1, como se puede demostrar a continuación:

Derecho de la tela:



**Figura 12. Derecho técnico de la tela**

Revés de la tela:



**Figura 13. Revés técnico de la tela**

Ligamento:

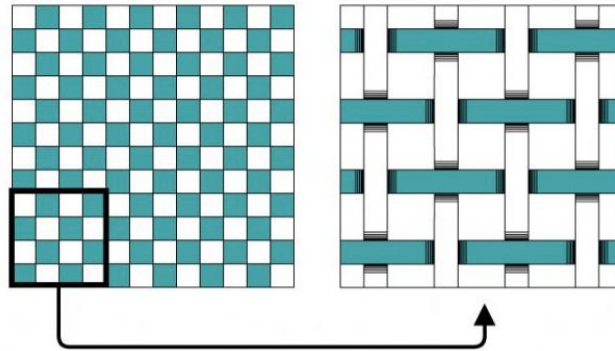


Figura 14. Ligamento de tafetán 1,1

Los resultados obtenidos por las pruebas manualmente realizadas se muestran en la siguiente tabla:

<b>Criterio a evaluar</b>	<b>Derecho de la tela</b>	<b>Revés de la tela</b>
Material	Fibra sintética	Fibra sintética
Tacto	Ligeramente suave	Ligeramente rígido
Sensación al frote	Ligeramente calurosa	Ligeramente fría
Color	Azul marino	Azul marino

Tabla 5. Evaluación macroscópica

## Capítulo 3. Análisis microscópico

### 3.1 Identificación de la fibra por corte transversal

Para realizar este tipo de evaluación, primeramente, se llevará a cabo el análisis del hilo a través de un microscopio, en este caso un NACHET 300, para posteriormente hacer una comparación con las imágenes de referencia con las que se cuenta en el laboratorio, con el libro “Identificación de materiales textiles”.

Los resultados fueron los siguientes:



Figura 15. Vista microscópica del hilo en corte longitudinal, 40x

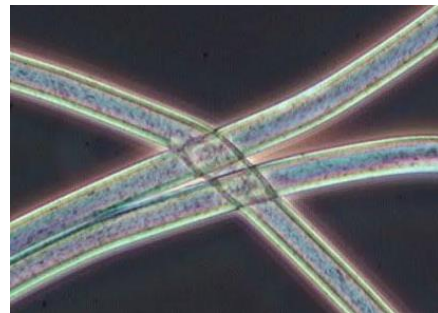


Figura 16. Vista microscópica de fibra de aramida

De acuerdo a los recursos impresos con los que contamos, la fibra que se aproxima más a lo que tenemos en el microscopio, es una fibra de aramida. A posteriori, un análisis piromorfológico se realizará para determinar si verdaderamente, contamos con esta fibra de origen sintético.

### 3.2 Identificación de la fibra por medio de combustión

“Esta prueba, llamada también prueba de combustión, consiste en exponer a una llama fibras o hilos de la materia textil que queremos identificar, analizando su forma de arder, el olor desprendido y el residuo que produce la combustión.” (Hollen, 1999)

Atendiendo los resultados obtenidos, se ha recabado la siguiente información:

<b>Característica</b>	<b>Resultado</b>
Humo	Negro
Olor	Plástico o llanta quemada
Residuo	Cordón negro oscuro
Comportamiento al acercarse a la llama	No derrite cerca de la llama
Comportamiento en la llama	Encoge al estar en la llama

**Tabla 6. Resultados del análisis pirognóstico**

### 3.3 Título del hilo

Se han llevado a cabo 5 operaciones con hilos de trama y 5 con hilos de urdimbre, los resultados se muestran en las siguientes tablas:

<b>Trama</b>		
Masa (g)	Longitud (cm)	Título (tex)
0.0078	23.7	32.91139
0.0079	22.8	34.64912
0.0079	23.4	33.76068
0.0077	23.1	33.33333
0.0078	23.5	33.19149
<b>Promedio</b>		33.56920

**Tabla 7. Título de hilos de trama**

<b>Urdimbre</b>		
Masa (g)	Longitud (cm)	Título (tex)
0.0084	22	38.18182
0.0086	23.4	36.75214
0.0085	23	36.95652
0.0081	21.5	37.67442
0.0085	22.3	38.11659
<b>Promedio</b>		37.53630

**Tabla 8. Título de hilos de urdimbre**

## Capítulo 4. Determinación de las características mecánicas de la tela

“En las operaciones comerciales, y en la vida cotidiana, se caracteriza a los tejidos por medio de una serie de adjetivos universalmente aceptados: firme-flexible, lleno-flojo, áspero-suave, caliente-frío, brillante-apagado, translúcido-opaco, etc. Todos estos adjetivos (subjetivos) hacen referencia al comportamiento visual y táctil de los materiales textiles y afectan a su aspecto y estética. Todos estos adjetivos pueden englobarse en un parámetro textil denominado “mano” del tejido (en la literatura técnica “Fabric handle”).

El concepto “mano” fue introducido en 1930 por F.T. Peirce en su trabajo “The Handle of Cloth as Measurable Quantity”, y en la década de 1980 el profesor Kawabata de la Universidad de Kyoto desarrolló un sistema completo de mediciones a baja carga diseñado especialmente para la evaluación de la mano de los textiles denominado KES; posteriormente, y como alternativa simplificada del sistema KES, apareció el FAST, resultado de las investigaciones de la CSIRO.” (Capdevila, Comas, & Parés, 2008)

“De acuerdo con estos requisitos para la evaluación de la mano, Kawabata diseñó el sistema KES-FB en 1972 (Kawabata, 1973; Kawabata, 1982) basado en su trabajo clave de las propiedades mecánicas de los tejidos y en su trabajo con el Comité de Normalización y Evaluación de la Mano (HESC, por sus siglas en inglés) en la evaluación de las propiedades de la mano y la calidad.

Kawabata (1973, 1982) identificó la necesidad de instrumentos que pudiesen medir los parámetros correctos lo más rápido posible con una alta precisión y una buena reproducibilidad. El sistema KES-FB mide seis diferentes tipos de propiedades y al menos dieciséis parámetros son medidos o calculados (Kawabata, Niwa, Ito, y Nitta, 1990). El sistema consta de cuatro instrumentos y los parámetros medidos por estos cuatro instrumentos están relacionados con la resistencia a la tracción, cizalladura, flexión, compresión, fricción y rugosidad.” (González, Mettananda, & Crown, 2013)

En el presente trabajo se han llevado a cabo cuatro pruebas del sistema KES, las cuales nos ayudarán a determinar las propiedades mecánicas del tejido y la calidad de la tela en el ámbito de la vestimenta masculina.

A continuación, se presentan los parámetros de evaluación que han sido proporcionados por el personal académico.

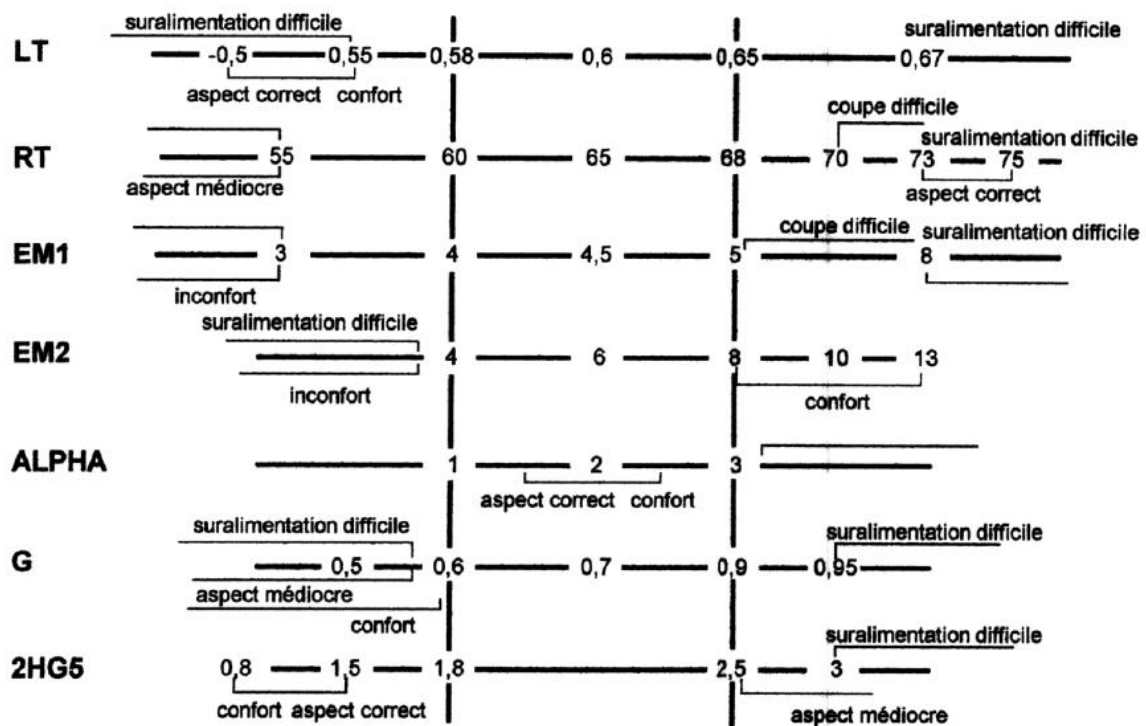


Figura 17. Control de procesos de confección basado en las propiedades a la tracción y al cizallamiento

Parámetro mecánico	Buena apariencia y buena confección	Excelente apariencia
<b>EM (%)</b>	4 a 6	4 a 6
<b>EM<sub>2</sub>/EM<sub>1</sub> (%)</b>	>1	>2
<b>RT (%)</b>	65 a 76	72 a 78
<b>G (g/cm °)</b>	0.5 a 0.7	0.5 a 0.7
<b>2HG5 (g/cm)</b>	0.8 a 1.7	0.6 a 1.5

Tabla 9.

Parámetro mecánico	Tela a rechazar
<b>EM<sub>t</sub> (%)</b>	>9 o <3
<b>EM<sub>2</sub> (%)</b>	<4
<b>2HG5 (g/cm)</b>	<4

Tabla 9.1

Tablas 9 y 9.1 Valores de las propiedades mecánicas para la aplicación de vestimenta de alta calidad

Parámetros mecánicos	Dificultades previstas
<b>LT &lt;0.55 o &gt;0.7</b>	Operación de sobrealimentación
<b>RT &lt;70</b>	Proceso de corte
<b>RT &gt;55</b>	Operación de termofijación
<b>LT &lt;0.55 y RT &gt;73 o LT &lt;0.55 y RT &lt;55</b>	Particularmente difícil para las operaciones de sobrealimentación
<b>EM<sub>1</sub> &gt;8 o &lt;3</b>	Operación de sobrealimentación
<b>EM<sub>t</sub> &gt;5</b>	Proceso de corte
<b>EM<sub>2</sub> &lt;4</b>	Operación de sobrealimentación
<b>EM<sub>2</sub>/EM<sub>1</sub> &gt;3</b>	Operación de ensamblaje y termofijación
<b>G &lt;0.6 o &gt;0.95</b>	Operación de sobrealimentación
<b>2HG5 &gt;3</b>	Operación de sobrealimentación

Tabla 10. Relación entre las dificultades de ensamblaje y los valores de los parámetros mecánicos

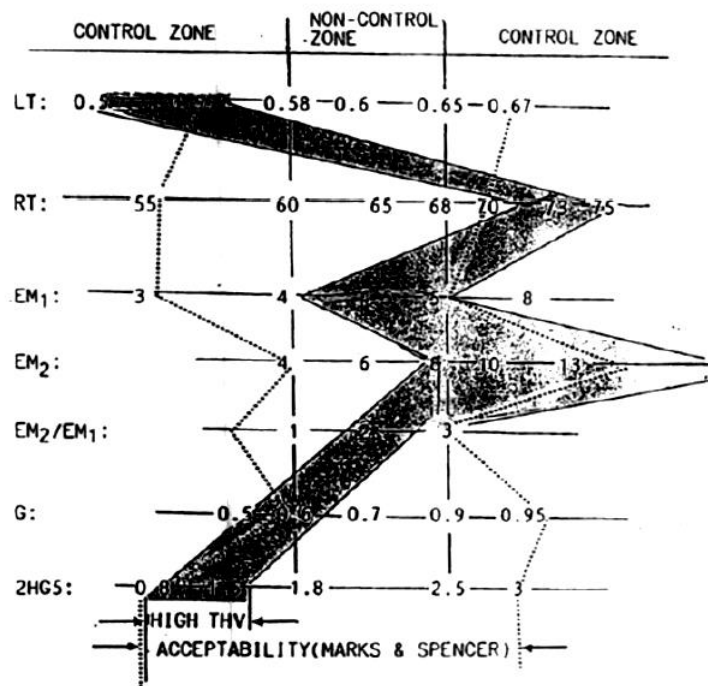


Figura 18. Relación entre los valores de los parámetros mecánicos y la confeccionabilidad

La zona sombreada a las telas de alta calidad en términos de mano total, en función de la aplicación.

#### 4.1 KES-FB1 Módulo de tracción Kawabata

Este estudio tiene como propósito el de medir el comportamiento en tracción, mediante bajas tensiones, de muestras de la tela.

Un espécimen del material de estudio se someterá a tracción de una fuerza máxima de 500 gf/cm. La fuerza aplicada y el alargamiento del tejido correspondiente son registrados simultáneamente en un ciclo de tracción/relajación. La energía a la extensión, la resiliencia por la tracción, la linealidad de la curva de extensión y de alargamiento a 500 gf/cm en % son deducidos de la gráfica de registro. Muestras de 20 x 20 cm han sido utilizadas.

Con los siguientes resultados:

Muestra	Trama				Urdimbre			
	WT	EM	LT	RT	WT	EM	LT	RT
1	7	3.03	0.924	44.29	10.6	4.49	0.944	31.8
2	9.2	3.37	1.092	40.22	17.8	6.06	1.038	15.17
3	5.6	2.56	0.875	42.86	11	4.71	0.934	44.09
4	7.65	3.1	0.987	45.1	50.9	15.64	1.302	10.71
5	30.95	9.59	1.291	19.22	23.1	7.512	1.387	16.45
<b>Promedio</b>	12.08	4.33	1.0338	38.338	22.68	7.6824	1.121	23.644

Tabla 11. Valores obtenidos del test KES-FB1 (tracción)

En donde:

**WT** es la energía para la extensión de la tela a 500 gf/cm

**EM** es el alargamiento a 500 gf/cm

**LT** es la linealidad de la curva de extensión

**RT** es la resiliencia de tracción

Con el rendimiento del textil se puede inferir que, en lo que concierne la energía requerida, en promedio, para la extensión de la tela a 500 gf/cm, en la urdimbre se requiere casi el doble en comparación con aquella necesitada en la trama. En cuanto al alargamiento, se muestra una distancia casi duplicada en la

urdimbre. La linealidad de la curva de extensión es muy parecida en ambos sentidos de la tela. Hablando de la resiliencia en tracción con la que cuenta la trama, es mayor significativamente en respecto a la de la urdimbre. De esta manera, se puede concluir que las mediciones mostradas en este estudio, al ser comparadas con los parámetros respectivos de referencia, se concluye que esta tela no es apta para confección de indumentaria masculina.

## 4.2 KES-FB1 Módulo de cizallamiento (rotura) Kawabata

El objetivo de esta evaluación es el de medir el comportamiento en cizallamiento (rotura), en bajas tensiones, de especímenes de la tela.

Una muestra del material textil es cortada hasta un ángulo máximo de 8°. La fuerza aplicada y el ángulo son registrados simultáneamente en un ciclo de tensión/relajación. La rigidez al cizallamiento y la histéresis de la fuerza cortante (para un ángulo de 5°) son deducidas de la gráfica de registro. Especímenes de 20 x 20 cm serán requeridos para esta prueba.

La siguiente tabla muestra el desenlace del tejido:

Muestra	Trama			Urdimbre		
	G	2HG	2HG5	G	2HG	2HG5
1	4.22	13.05	17.58	5.04	16	20.33
2	3.74	13.45	18	3.45	12.88	16.1
3	4.74	14.33	18.75	4.79	14.18	20.88
4	4.03	14.38	17.9	3.85	13.38	17.35
5	4.43	14.48	20.08	4.53	15.85	20.63
<b>Promedio</b>	4.232	13.938	18.462	4.332	14.458	19.058

Tabla 12. Valores obtenidos del test KES-FB1 (cizallamiento)

En donde:

**G** es la rigidez al cizallamiento

**2HG** es histéresis de la fuerza de corte para un ángulo de 0.5°

**2HG5** es la histéresis de la fuerza de corte para un ángulo de 5°

A partir de los resultados obtenidos, se puede observar que las curvas de histéresis en ambos sentidos, trama y urdimbre, cuentan con una proximidad importante, distando en menos de una unidad. Sin embargo, en cuanto a la rigidez al cizallamiento, los valores en los dos casos, son prácticamente los mismos. De la misma manera, es notable la variación de los valores en el sentido de la urdimbre, lo cual no arriba tan significativamente en el sentido de la trama, es por ello que se puede inferir que la tela es más estable en el sentido de la trama.

Durante el test también se notó que esta tela muestra una fuerte tendencia a crear pliegues cuando está en una tensión de corte. Para que una tela pueda ser utilizada en confección, esta no debe presentar (o muy poco) este tipo de tendencia durante una prueba como esta.

Al tomar en cuenta que la tela exhibe una rigidez al corte superior a 0.95 y una histéresis notablemente superior a 3, se puede discurrir que este material presentará dificultades en la confección, como problemas de sobrealimentación, como lo muestran las referencias de evaluación del KES. Confirmando la conclusión hecha en la prueba de tracción.

Como se puede apreciar en la figura, así es como la gráfica de histéresis de rotura es dada por el KES, siendo esta prueba la muestra número 4 en sentido de urdimbre.

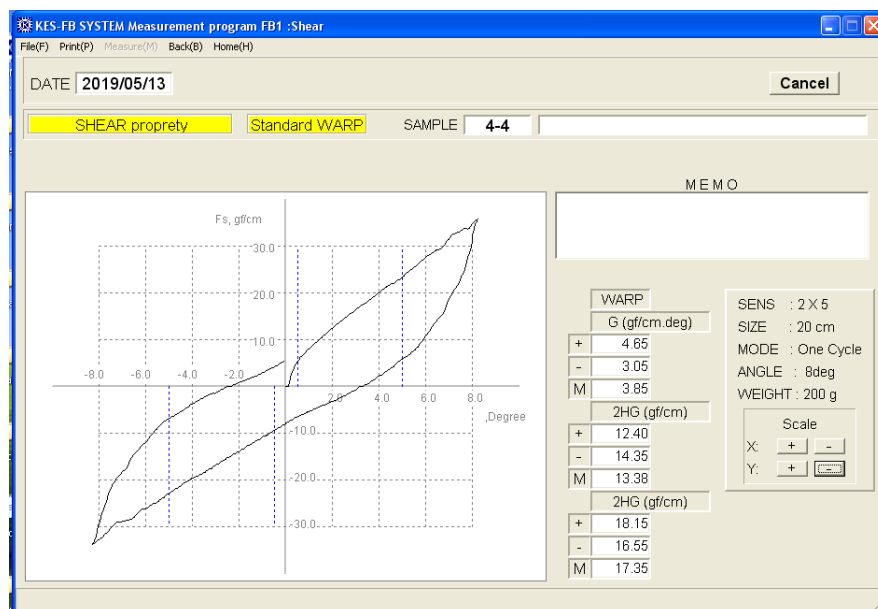


Figura 19. Demostración gráfica de ensayo KES-FB1

### 4.3 KES-FB2 Módulo de flexión Kawabata

Este módulo es utilizado para la prueba de pandeo o curvatura pura de películas delgadas, tales como las telas de calada, las telas de punto, los no tejidos, cueros, cauchos, películas plásticas e hilos.

Esta prueba tiene por objetivo el de curvar una muestra de la tela de manera precisa mediante un arco de curvatura constante, que se modificará continuamente. De esta manera se podrá estudiar el comportamiento en flexión de nuestro material en bajas tensiones. Las muestras requeridas para este análisis son de 20 x 20 cm.

Los resultados se muestran a continuación:

Muestra	Trama					
	B+	B-	B M	2HB+	2HB-	2HB M
1	0.3479	0.2728	0.3104	0.3253	0.3582	0.3418
2	0.3284	0.2738	0.3011	0.4267	0.403	0.4149
3	0.3572	0.2464	0.3018	0.3846	0.3622	0.3734
4	0.3455	0.2801	0.3128	0.3991	0.3556	0.3774
5	0.4109	0.1606	0.2858	0.4364	0.4662	0.4513
<b>Promedio</b>	0.35798	0.24674	0.30238	0.39442	0.38904	0.39176

Tabla 13. Valores obtenidos del test KES-FB2 para la trama

Muestra	Urdimbre					
	B+	B-	B M	2HB+	2HB-	2HB M
1	0.3709	0.2801	0.3255	0.4754	0.4148	0.4469
2	0.3299	0.2645	0.2972	0.4293	0.3842	0.4059
3	0.4119	0.2991	0.3555	0.5049	0.4144	0.4597
4	0.3758	0.2518	0.3138	0.4544	0.3995	0.427
5	0.4168	0.3538	0.3853	0.443	0.4039	0.4241
<b>Promedio</b>	0.38106	0.28986	0.33546	0.4614	0.40336	0.43272

Tabla 14. Valores obtenidos del test KES-FB2 para la urdimbre

En donde:

**B** es la rigidez de flexión

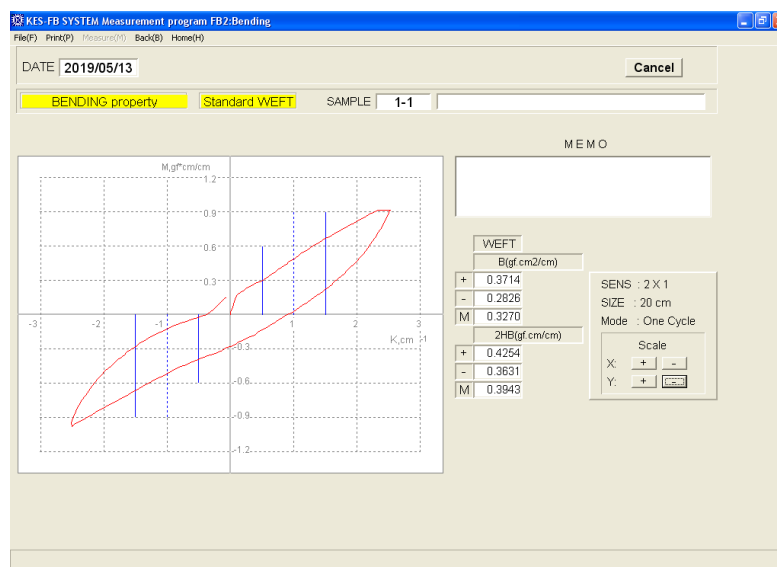
**B M** es la rigidez media de flexión

**2HB** es la histéresis de flexión

**2HB M** es la histéresis de flexión media

Gracias a los resultados obtenidos, se puede notar que la histéresis de flexión en sentido de los hilos de trama es más regular que aquella en el sentido de los hilos de urdimbre. Esto debido a que los valores entre las diferentes muestras no varían significativamente en ese sentido, sin embargo, los productos del análisis en el sentido contrario tampoco varían tanto, pero sí representan un punto de partida para la siguiente conclusión. En el campo de la confección, para que una prenda sea fácil de ejecutarse, la tela utilizada debe contar con propiedades mecánicas parecidas en ambos sentidos. Cabe mencionar que, en cuanto a los textiles técnicos, uno de sus sentidos (según lo requiera el producto final) tiende a tener una resistencia mayor que el otro. Por lo que, estos resultados nos dan un indicio de la utilidad final del material.

Como lo indica la siguiente figura, esta es la rigidez de flexión y la histéresis de flexión que el sistema nos da al finalizar la prueba.



**Figura 20. Demostración gráfica de ensayo KES-FB2**

#### 4.4 KES-FB3 Módulo de compresión Kawabata

El objetivo de este análisis es el de medir el comportamiento en compresión, en bajas tensiones, de especímenes de la tela. El cual será comprimido lateralmente hasta alcanzar una presión máxima de 4900 N/m<sup>2</sup> (50 gf/cm<sup>2</sup>). La presión aplicada y el grosor de la tela correspondiente son registrados simultáneamente en un ciclo de compresión/relajación. El grosor del tejido, la compresibilidad y la resiliencia de compresión son deducidos de la gráfica de registro. Muestras de 20 x 20 cm serán requeridas para la realización de este estudio.

Los resultados alcanzados son los siguientes:

Muestra	INT (V)	B (V)	WC	WC'	T <sub>0</sub>	T <sub>m</sub>	RC	LC
1	1.21	0.88	0.12	0.088	0.41	0.32	73.3	0.05
2	2	1.69	0.2	0.169	0.35	0.33	84.5	0.4
3	1.29	0.89	0.13	0.089	0.36	0.33	68.5	0.17
4	1.73	1.34	0.173	0.134	0.391	0.29	77.5	0.116
5	1.42	1.23	0.14	0.123	0.35	0.32	87.86	0.19
Promedio	1.53	1.206	0.153	0.121	0.372	0.318	79.03	0.185

Tabla 15 Valores del test KES-FB3

Contando con las siguientes operaciones, una interpretación se presenta enseguida:

$$WC = 0.1 \times INT (V)$$

$$WC' = 0.1 \times B (V)$$

$$RC = (WC' \div WC) \times 100, \text{ expresado en } \%$$

$$LC = WC \div ((T_0 - T_m) \times P_m/2)$$

En donde:

T<sub>0</sub> es el grosor de la muestra a P= 0.5 gf/cm<sup>2</sup>

T<sub>m</sub> es el grosor de la muestra a P<sub>m</sub>= 50 gf/cm<sup>2</sup>

WC es la energía de compresión

RC es la resiliencia de compresión

## LC es la linealidad de compresión

Se entiende a la resiliencia de compresión de una tela como la capacidad de volver a encontrar su forma después de ser sometida a alguna fuerza, en este caso, a una compresión. En esta prueba se ha obtenido un factor RC de 78%, lo que quiere decir que, la tela tiene una capacidad media/alta para recuperar su forma, perdiendo un 22% de esta característica después de aplicársele la compresión.

A continuación, se muestra una representación gráfica de los resultados obtenidos de la compresión de la tela, siendo esta la muestra 4.

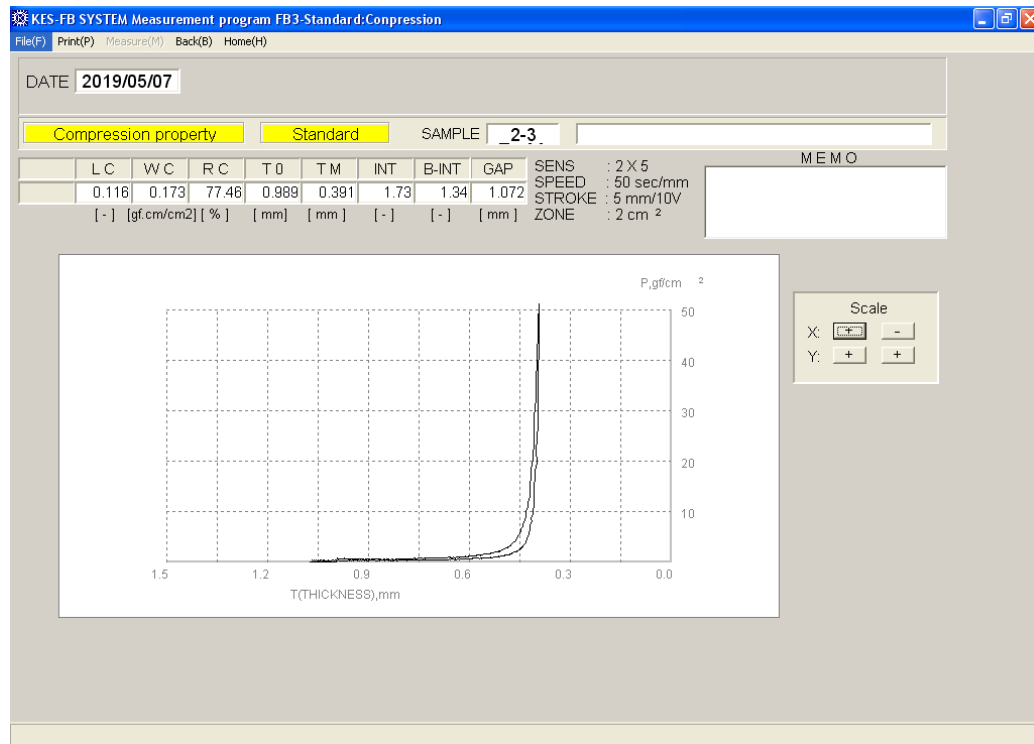


Figura 21. Demostración de ensayo KES-FB3

#### 4.5 KES-FB4 Módulo de medición del estado de superficie Kawabata

El objetivo de este análisis es el de medir la superficie del material de estudio. Igualmente, esta prueba nos permite identificar:

- La medición de la rugosidad geométrica (SMD)
- La medición del coeficiente de fricción (MIU)
- La desviación media del coeficiente de fricción (MMD)

El captor que realiza la medición ha sido especialmente estudiado para reproducir la superficie de un dedo. Las medidas realizadas están en relación con la sensación del tacto de la superficie. Muestras de 20 x 20 cm serán utilizadas a lo largo de esta prueba.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Muestra	Cara	SMD		MIU		MMD	
		Trama	Urdimbre	Trama	Urdimbre	Trama	Urdimbre
1	Derecho	5.505	8.58	0.143	0.129	0.0225	0
	Revés	5.56	6.675	0.129	0.134	0	0
2	Derecho	8.635	5.59	0.143	0.143	0	0
	Revés	6.715	5.85	0.133	0.139	0	0
3	Derecho	4.93	8.46	0.142	0.137	0	0
	Revés	5.085	8.325	0.138	0.141	0	0
<b>PROMEDIO</b>		6.0717	7.247	0.138	0.137	0.004	0

Tabla 16. Valores del test KES-FB4

A partir de los resultados recompilados, se puede observar que los valores de SMD no varían significativamente en el sentido de la trama, sin embargo, en el sentido de la trama se percibe una rugosidad mayor en el derecho técnico de la tela. En cuanto al MIU se puede observar una baja oposición en ambos lados de la tela, y al mismo tiempo, los dos sentidos tienen un desempeño muy parecido, lo

cual puede ser relacionado directamente con el tipo de ligamento con el que cuenta nuestro material textil, ya que hay una muy buena regularidad en cuanto a la disposición de hilos de trama y de urdimbre. En lo que concierne el MMD, se ven valores nulos, los cuales confirman el comportamiento uniforme del tejido.

Para la ejemplificación, la siguiente figura muestra los resultados obtenidos por la prueba del derecho de la tela en sentido de la urdimbre, únicamente de la muestra 2.

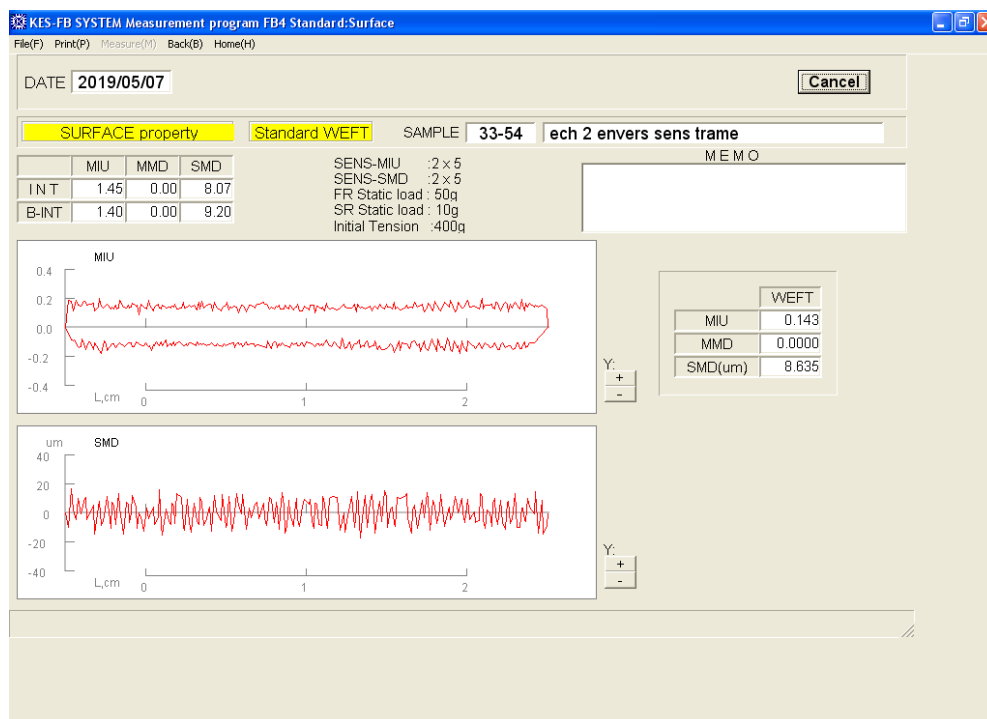


Figura 22. Demostración de ensayo KES-FB4

## 4.6 Resistencia de la tela

### 4.6.1 Dinamómetro

El objetivo de esta prueba es el de delimitar la resistencia de la tela:

- A la tracción
- A la rasgadura iniciada
- Al clavo

La prueba es sometida a la tracción hasta alcanzar la ruptura, en un dinamómetro universal, el cual indica la fuerza de tracción ejercida y el alargamiento de la muestra. Además, la energía de desgarramiento es medida permitiendo acceder a la fuerza media del análisis.

#### 4.6.1.1 Prueba a la tracción

Este ensayo consiste en someter a la tela a un esfuerzo de tracción en las condiciones determinadas por la norma, hasta llegar a la ruptura. En este modelo de ensayo, las pinzas son más largas a los especímenes. La norma bajo la cual se ha realizado esta prueba es la NF G 07-119, contando con una consistencia con la ISO 13934-1:2013 y a su vez con NMX-A-059/1-INNTEX-2019.

Este tipo de test se ha realizado a velocidad constante del desplazamiento de las pinzas. Para definir los parámetros del ensayo hay que recurrir a la norma. Se nos ha informado que contamos con un tejido que se alarga más de 8% y menos de 75%, por lo que se ha escogido un largo de pruebas de 200 mm y una velocidad de extensión de 100 mm/min. Con muestras como las siguientes:

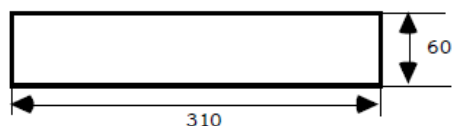


Figura 23. Muestras para prueba a la tracción.

Cabe resaltar que las muestras deben presentarse con hilos de trama y de urdimbre completos, es decir, retirar los restos de hilos incompletos, vertical y

horizontalmente, hasta extraer hilos completos y posteriormente, quitar las “barbas”. De esta manera la muestra quedará de 300 x 50 mm

En las siguientes tablas se muestran los resultados:

<b>Muestra</b>	<b>Carga a la rotura (N)</b>	<b>Alargamiento a la rotura (%)</b>	<b>Fuerza Máxima (kN)</b>
<b>1</b>	58.7	15.01	0.59
<b>2</b>	59	16.22	0.59
<b>3</b>	49.5	17.39	0.5
<b>4</b>	25	17.77	0.35
<b>5</b>	52.7	14.88	0.53
<b>Promedio</b>	48.98	16.254	0.512

Tabla 17. Valores del ensayo de tracción de la trama

<b>Muestra</b>	<b>Carga a la rotura (N)</b>	<b>Alargamiento a la rotura (%)</b>	<b>Fuerza Máxima (kN)</b>
<b>1</b>	51.7	39.05	0.5
<b>2</b>	67	20.96	0.67
<b>3</b>	78.3	34.2	0.48
<b>4</b>	63.7	13.54	0.64
<b>5</b>	64.9	20.43	0.65
<b>Promedio</b>	65.12	25.636	0.588

Tabla 18. Valores del ensayo de tracción de la urdimbre

Al obtener los resultados en las tablas anteriores, se puede percibir que la carga necesaria para la rotura, en el sentido de la urdimbre, es mayor que aquel para romper la tela en el sentido de la trama. De igual manera, el alargamiento a la rotura, en urdimbre, es significativamente más grande que el de trama. Por lo que podemos clausurar que, con este ensayo a la tracción en el dinamómetro, el textil cuenta con una resistencia superior a la tracción en el sentido de urdimbre.

#### 4.6.1.2 Prueba a la rasgadura iniciada

El presente ensayo consiste en someter a la muestra siguiente a una fuerza de tracción en las condiciones determinadas, según la norma, con una rasgadura de 120 mm. Para llevar a cabo este ensayo, se siguieron los parámetros establecidos en la norma NF G 07-146, la cual tiene una equivalencia con ISO 13937-2:2001 y con NMX-A-13937/4-INNTEX-2019. Esta prueba se ha realizado a velocidad del desplazamiento de las pinzas de 100 mm/min. Contando con muestras como las siguientes:

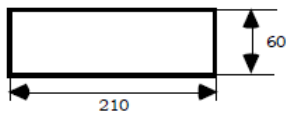


Figura 24. Muestra para prueba a rasgadura

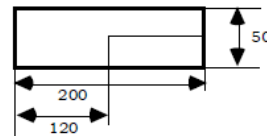


Figura 24.1 Muestra para prueba a rasgadura iniciada

Las muestras deben estar con hilos de trama y urdimbre completos, pasando por el mismo procedimiento de extracción y corte de sobrantes que las muestras en la prueba anterior. En la figura 24.1 se indica el tamaño y posición de la rasgadura que debe ser efectuada en la muestra de 200 x 50 mm.

En las siguientes tablas se muestran los resultados:

Muestra	Fuerza máxima (N)	Energía (dJ)	Fuerza media (todas las crestas) (N)
1	15.83	17.53	10.5
2	15.36	17.28	10.4
3	14.21	16.98	10.13
4	15.41	16.78	10.08
5	15.7	17.75	10.93
<b>Promedio</b>	15.302	17.264	10.408

Tabla 19. Valores del ensayo a la rasgadura iniciada de la trama

Muestra	Fuerza máxima (N)	Energía (dJ)	Fuerza media (todas las crestas) (N)
1	16.35	19.09	11.45
2	14.11	16.82	10.04
3	12.67	16.93	10.12
4	13.75	17.95	10.73
5	16.05	19.1	11.51
<b>Promedio</b>	14.586	17.978	10.77

Tabla 20. Valores del ensayo a la rasgadura iniciada de la urdimbre

Se puede observar que, con la ejecución de un corte o rasgadura en cada una de las muestras, ambos sentidos tienen un desempeño muy similar, siendo en este caso, la trama la que muestra una resistencia ligeramente mayor que la urdimbre, diferenciándose por casi un Newton. Sin embargo, la energía requerida fue similar. Es importante recalcar la diferencia de fuerza máxima requerida entre esta prueba y la prueba de tracción, la cual es debido a que, al contar con una rasgadura en la tela, el seguimiento de la misma será facilitado sin el requerimiento de tanta fuerza como si la muestra estuviera intacta.

#### 4.6.1.3 Prueba al clavo

El siguiente ensayo consiste en someter una muestra de tela, con las especificaciones que vienen a continuación, a un esfuerzo de tracción en las condiciones determinadas por la norma hasta la ruptura. La norma que establece las características para este ensayo es la NF G 07-145, sin encontrarle una equivalencia internacional ni mexicana. Esta prueba será realizada a velocidad constante de 100 mm/min, como lo indica la norma, con una pretensión próxima a 0.

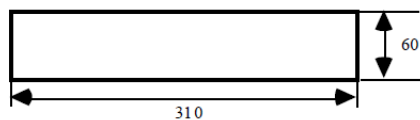


Figura 25. Muestra para prueba

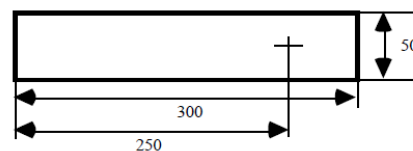


Figura 25.1 Muestra para prueba al clavo

Las muestras deben contar con hilos de trama y urdimbre completos, pasando por el mismo procedimiento de extracción y corte de sobrantes que las muestras en la prueba anterior. En la figura 25.1 se indica el lugar exacto en el que debe ser colocado el clavo.

En la siguiente tabla se muestran los resultados:

<b>Muestra</b>	<b>Fuerza máxima (N)</b>	<b>Energía (dJ)</b>	<b>Fuerza media de todas las crestas (N)</b>
<b>1</b>	30.66	51	22.49
<b>2</b>	39.85	61.68	26.69
<b>3</b>	36.88	58.89	25.68
<b>4</b>	37.32	56.44	24.38
<b>5</b>	38.76	53.67	23.9
<b>Promedio</b>	36.694	56.336	24.628

Tabla 21. Valores del ensayo al clavo de la trama

<b>Muestra</b>	<b>Fuerza máxima (N)</b>	<b>Energía (dJ)</b>	<b>Fuerza media de todas las crestas (N)</b>
<b>1</b>	37.16	56.06	24.16
<b>2</b>	39.11	62.17	27.1
<b>3</b>	37.95	57.21	25.33
<b>4</b>	38.77	58.45	25.56
<b>5</b>	39.2	60.38	27.3
<b>Promedio</b>	38.438	58.854	25.89

Tabla 22. Valores del ensayo al clavo de la urdimbre

En cuanto al desenlace de este ensayo, se puede observar primeramente que los valores en trama y urdimbre son muy próximos y regulares entre sí. En segundo lugar, la incrementación de la fuerza máxima, en comparación con la prueba de la rasgadura iniciada, al igual que la energía requerida. Esto sería debido a la fijación del clavo que actúa como un ancla en la tela, lo cual haría necesitar más fuerza para poder desgarrar la tela, pero también es importante tomar en cuenta que, gracias a esta fijación, la muestra ya cuenta con una abertura, la cual facilitará de alguna manera el desgarramiento.

## 4.6.2 Péndulo

Con esta prueba se pretende determinar la resistencia al desgarramiento de la tela bajo fuerzas de impulso en una atmósfera condicionada como nos lo permite el péndulo. Este ensayo se realiza de dos maneras:

- Desgarre continuado por una rasgadura hecha por una cuchilla y continuada por medio del aparato
- Desgarre al clavo por ruptura, en donde el clavo atraviesa la tela

Con la ayuda del péndulo, se ejerce un esfuerzo brusco de desgarramiento perpendicular a la posición de la muestra, la cual presenta un inicio de rasgadura. De igual manera, una muestra es atravesada por un clavo fijo de una pinza del equipo que, al hacer descender el péndulo, la otra pinza ejerce un esfuerzo brusco.

### 4.6.2.1 Desgarre continuado por una rasgadura

Este ensayo consiste en continuar el desgarramiento de la tela a través de una rasgadura. El corte debe de ser de 35 mm y estar situado perpendicularmente y en medio de la longitud de la muestra, sobre el lado opuesto de las mordazas en que se coloca la tela. Dicha rasgadura debe ser hecha después de la colocación de la muestra en el aparato, por una cuchilla que forma parte del equipo.

Contando con las muestras siguientes, establecidas por la norma NF-G07-148, con equivalencia internacional ISO 9073-4:1997, y correspondencia mexicana NMX-A-13937/1-INNTEX-2011:

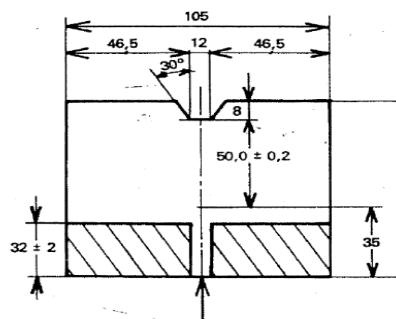


Figura 26. Muestra para prueba en el péndulo al desgarrar por una rasgadura iniciada

En la figura 26 se pueden observar todas las especificaciones de la muestra, y que el área sombreada muestra el lugar en el que las mordazas son situadas.

En las tablas a continuación se pueden observar los resultados obtenidos:

Muestra	Fuerza (daN)	
	Trama	Urdimbre
<b>1</b>	2.21	2
<b>2</b>	2.3	2.1
<b>3</b>	2.2	2.19
<b>4</b>	2.25	2.13
<b>5</b>	2.6	2.05
<b>6</b>	2.4	2.15
<b>7</b>	2.4	2.09
<b>8</b>	2.2	2
<b>9</b>	2.4	2
<b>10</b>	2.4	2
<b>Promedio</b>	2.336	2.071

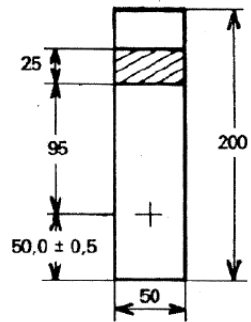
Tabla 23. Valores del ensayo en el péndulo al desgarre por una rasgadura iniciada

A partir de los resultados obtenidos se puede testificar que la tela en cuestión de estudio, presenta ligeramente un poco más de resistencia al desgarre en la trama en esta prueba, ya que se necesita una fuerza tenuemente más alta que para el sentido de urdimbre.

#### **4.6.2.2 Desgarre por un clavo**

Este ensayo consiste en efectuar el desgarramiento en la muestra con un clavo atravesándola. Que, al hacer caer el péndulo, un esfuerzo brusco realizará el desgarre. Se hace la configuración necesaria y pertinente en el equipo, con respecto a la norma NF-G07-147, sin equivalencia internacional, ni mexicana, para la ejecución del análisis.

Contando con las muestras siguientes, establecidas por la norma:



**Figura 27. Muestra para prueba en el péndulo al desgarre por un clavo**

En la figura 27, en el área sombreada se muestra el lugar en el que la mordaza es situada. Y en la cruz es en donde el clavo debe atravesar la muestra de tela.

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados de la prueba:

Muestra	Fuerza (daN)	
	Trama	Urdimbre
<b>1</b>	2.2	2.3
<b>2</b>	2.28	2.25
<b>3</b>	2.32	2.32
<b>4</b>	2.22	2.29
<b>5</b>	2.12	2.15
<b>6</b>	1.95	2.3
<b>7</b>	2.1	2.25
<b>8</b>	2.2	2.21
<b>9</b>	1.98	2.14
<b>10</b>	2.2	2.09
<b>PROMEDIO</b>	2.157	2.23

**Tabla 24. Valores del ensayo en el péndulo al desgarre por un clavo**

A través de estos resultados arrojados por este estudio, se puede inferir que la urdimbre presenta una resistencia mayor, pero poco significativa, que la trama. Sin embargo, en las dos pruebas, se puede apreciar que ambos sentidos poseen valores muy próximos, por lo que, en general, la tela presenta una buena resistencia al desgarre.

#### **4.7 Permeabilidad al aire**

Determinar de una manera simple, rápida y segura, la permeabilidad del aire de superficies de todo tipo de tejidos, densos o con revestimiento de fieltro muy abierto. El instrumento funciona según las normas AFNOR G-07-111, ASTM D737, BS 5636, DIN 53887, ISO 9237, sin embargo, la normatividad mexicana ya no cree útil este tipo de prueba, pues el Diario Oficial de la Federación canceló la implementación de esta prueba en 2018. Llevando por nombre Textest FX 3300. El cual aspira a través de una cabeza de medición intercambiable. Para el ensayo, la muestra es colocada, bajo dicha cabeza, y fijada. El rendimiento de aire que atraviesa la muestra es medido por un orificio ajustable. La permeabilidad al aire es determinada por la pérdida de presión en este orificio.

De acuerdo a la norma DIN 53887 las medidas de las muestras necesarias son de al menos 20 x 20 cm.

Obteniendo los siguientes resultados en 10 mediciones:

<b>Muestra</b>	<b>Permeabilidad al aire L/m<sup>2</sup>/s</b>
<b>1</b>	81.5
<b>2</b>	116
<b>3</b>	145
<b>4</b>	140
<b>5</b>	170

<b>6</b>	73.8
<b>7</b>	114
<b>8</b>	81.2
<b>9</b>	84.2
<b>10</b>	163
<b>Promedio</b>	116.87

**Tabla 25. Resultados del test de la permeabilidad al aire**

Al observar estos resultados, se puede concluir que el flujo de aire que atraviesa la tela no es muy alto, por lo que, hay una permeabilidad al aire media. Mucho dependerá de la aplicación final de este material, que hasta ahora indica un uso técnico. Esta tela no podría ser utilizada en paracaídas, por ejemplo, ni en productos que requieren ejercer una gran resistencia al aire.

## Capítulo 5. Determinación de las características físicas de la tela

### 5.1 Rigidez

“Dureza o aspereza es lo contrario de suavidad, considerando que un hilo o un tejido son suaves cuando son blandos, dulces y gratos al tacto. Rigidez es lo contrario de flexibilidad, juzgando que un hilo o un tejido son flexibles cuando están predispuestos a doblarse con facilidad, es decir, cuando el tacto aprecia cierta agradable facilidad al doblarlos o arrugarlos con las manos. Estas cualidades de suavidad y flexibilidad han de poseerlas todos los hilos y tejidos destinados para vestir, siendo tanto mejores cuanto más suaves sean, pero no cuanto más flexibles porque la flexibilidad tiene un límite, ya que puede darse el caso de que un tejido demasiado flexible no guste una vez confeccionado, precisamente por tener poca consistencia.” (Galcerán, 1965)

Esta prueba es utilizada para determinar la rigidez de una tela según la norma británica BS 3356, con equivalencia ASTM D1388, en cuanto a la normatividad mexicana no se ha encontrado una norma igual, sin embargo, hay una que le es muy parecida, NMX-A-301/7-INNTEX-2005, cabe mencionar que esta es específicamente para textiles no tejidos. Una tira de la tela es tendida en una bandeja de manera horizontal, a lo largo, de manera a que una parte penda de una extremidad de la bandeja, y así, se flexione por su propio peso. En cuanto el borde de la muestra esté en el plano inclinado, la longitud proyectada es leída en la escala del aparato. El principio de medición consiste en hacer avanzar progresivamente la

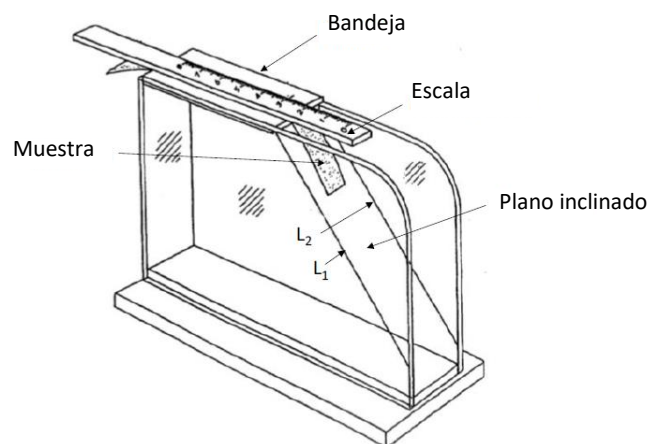


Figura 28. Cantilever, equipo para realizar la prueba de la rigidez de una tela

muestra hasta que la extremidad de la misma esté alineada con los dos puntos de referencia, L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub>. Como se muestra en la figura siguiente:

Esta prueba requiere de muestras de 20 x 250 mm, tres en sentido de trama y tres en sentido de urdimbre.

Como es indicado en la norma, debido al método de especímenes individuales para llegar a la obtención de la rigidez de flexión, se utilizará la siguiente fórmula:

$$G = W \times c^3$$

En donde:

**G** es la rigidez de flexión en mg.cm

**W** es el peso de la tela por unidad de área en mg/cm<sup>2</sup>

**C** es la longitud de flexión en cm

Obteniendo los resultados siguientes con las operaciones correspondientes:

Trama				Promedio
<b>c</b>	3.12	3.2	3.25	3.19
<b>W</b>	35.49			35.49
<b>G</b>	1077.878	1162.936	1218.305	1153.040

Tabla 26. Resultados del test de rigidez de una tela en la trama

Urdimbre				Promedio
<b>c</b>	2.8	2.75	2.7	2.75
<b>W</b>	35.49			35.49
<b>G</b>	779.076	738.081	698.550	738.569

Tabla 27. Resultados del test de rigidez de una tela en la urdimbre

Con estos resultados se puede observar que en el sentido de la trama se presenta una rigidez de flexión mucho mayor que aquella de urdimbre. Sin embargo, al hacer la comparación con los productos obtenidos en la prueba KES-

FB2, las conclusiones son opuestas, pues en ese caso, la urdimbre presentó mayor rigidez de flexión que la trama. Por lo que podría ser el caso de que, aunque el sistema de evaluación Kawabata sea muy antiguo, sea más preciso que este equipo más sencillo.

## 5.2 Drapeado

El objetivo de este análisis es el de medir el coeficiente de drapeado de la tela. El coeficiente de drapeado es el índice de flexibilidad del textil. Las medidas de las muestras, que será de un disco de 25 cm de diámetro, fueron basadas en la norma francesa NF G-07-109 con equivalencia a la ISO 9073-9, mientras que en la normatividad mexicana NMX-A-301/9-INNTEX-2006 se aplica únicamente a no tejidos, la cual determina la utilización de un equipo específico para este estudio, que es el drapeometro o “drapéomètre” (su equivalente en francés), como se muestra en las figuras a continuación:

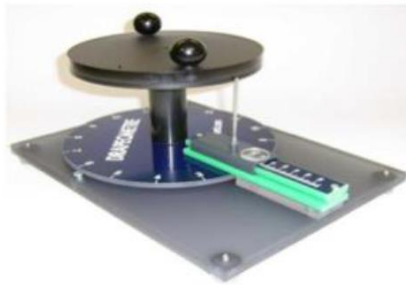


Figura 29. Drapeometro

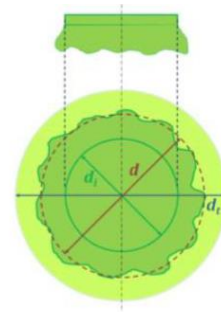


Figura 30. Ejemplo de la prueba de drapeado

El coeficiente de drapeado es el siguiente:

$$f = (d^2 - d_i^2) / (d_t^2 - d_i^2)$$

En donde:

**d** es el diámetro medio medido

$d_i$  es el diámetro de soporte

$d_t$  es el diámetro de la muestra

Por lo tanto:

$f = 0$  corresponde a un coeficiente de drapeado de una tela enormemente flexible

$f = 1$  corresponde a un coeficiente de drapeado de una tela enormemente rígida

Para esta prueba se han realizado tres mediciones, mostrando los resultados siguientes:

<b>Radio</b>	<b>Derecho</b>	<b>Revés</b>
<b>1</b>	11,4	11,4
<b>2</b>	11,3	12,2
<b>3</b>	12,2	11,9
<b>4</b>	12,4	12,1
<b>5</b>	12,1	12,4
<b>6</b>	12,4	12,6
<b>7</b>	12,4	12,3
<b>8</b>	12,3	12,2
<b>9</b>	12,4	12,6
<b>10</b>	12,3	12,5
<b>11</b>	12,6	12
<b>12</b>	12,5	12,2
<b>13</b>	12,5	12,5
<b>14</b>	12,3	12,6
<b>15</b>	12,3	12,2
<b>16</b>	12,3	12,3
<b>Promedio de cada uno</b>	12,23125	12,25
<b>Promedio general</b>		12,240625
<b>f =</b>	0,935829004	

Tabla 28. Resultados del test de drapeado, muestra 1

<b>Radio</b>	<b>Derecho</b>	<b>Revés</b>
1	12,25	11,9
2	12,5	12,5
3	12,1	12,1
4	12,4	11,8
5	11,4	12,5
6	12	12,1
7	12,4	11,3
8	12	11,8
9	11,6	12
10	12	11
11	12,5	11,9
12	11,7	12,4
13	12,5	11,9
14	12,5	12,3
15	12,3	12,2
16	12,1	12,1
<b>Promedio de cada uno</b>	12,14063	11,9875
<b>Promedio general</b>	12,064063	
<b>f=</b>	0,89291604	

Tabla 28.1 Tabla del test de drapeado, muestra 2

<b>Radio</b>	<b>Derecho</b>	<b>Revés</b>
1	12,2	11,4
2	12,6	12,5
3	12,2	12,7
4	11	12,6
5	11	12,2
6	11,9	12,4
7	12,4	12,1
8	12,05	11,9
9	12,3	11,9
10	12,21	12,45
11	11,95	12
12	12	12,2
13	12,4	11,6
14	12,55	11,49
15	12,4	12,4
16	12,2	11,6
<b>Promedio de cada uno</b>	12,085	12,09

<b>Promedio general</b>		12,0875
<b>f=</b>	0,89857656	

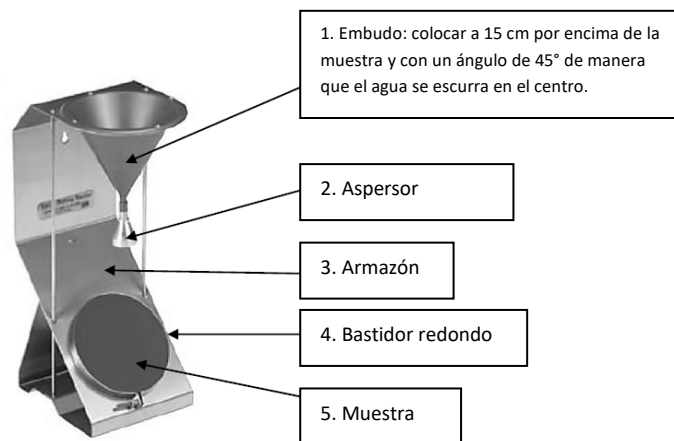
**Tabla 28.2 Resultados del test de drapeado, muestra 3**

Por lo tanto, al obtener el valor promedio del coeficiente de drapeado tenemos como resultado  $f = 0.9091$ , además de que se puede verificar la poca variación entre cada uno de los resultados para las diferentes muestras. Esto nos indica que se cuenta con una tela muy rígida, cuasi alcanzando el valor máximo de 1.

### 5.3 Impregnación de agua

El objetivo de esta prueba es la de determinar la resistencia a la absorción de agua de una tela que sufre una irrigación, con la ayuda de un equipo llamado “spray test”, bajo las normas NFG 07-05, ISO 4920, AATCC A-22 y NMX-A-18696-INNTEX-2019.

Para este ensayo, la norma declara la utilización de tres muestras, las cuales se cortarán en círculos de 200 mm de diámetro y serán colocadas de la manera siguiente:



**Figura 31. Spray test**

Obteniendo los siguientes resultados:

<b>Muestra</b>	<b>Resultado</b>	<b>Clasificación</b>
<b>1</b>	Impregnación casi total	0
<b>2</b>	Impregnación casi total	0
<b>3</b>	Impregnación casi total	0

**Tabla 29. Resultados del test de la impregnación de agua**

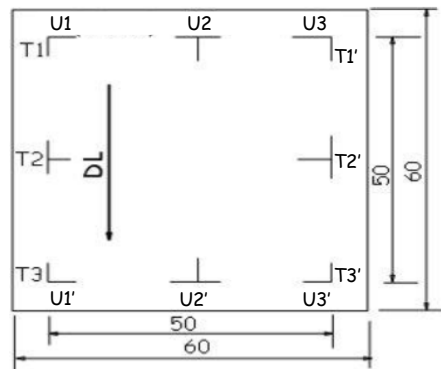
De acuerdo con las calificaciones que presenta la norma ISO 4920, se le da una evaluación de 0, considerando que casi en su totalidad el agua es absorbida por la muestra. Por lo tanto, este material textil no podría ser utilizado con una finalidad de protección contra el agua.

#### **5.4 Estabilidad dimensional y estabilidad del color**

“El cambio dimensional es la variación que sufre el tejido en sus dimensiones (ancho y largo) luego de un proceso de tensión o relajación, como resultado de las fuerzas adicionales durante la secuencia total del proceso de producción. Si el valor del cambio dimensional es negativo, se dice que la tela ha sufrido encogimiento; por lo contrario, si es positivo, ha ocurrido un alargamiento. El cambio dimensional que ocurre durante un tratamiento de relajación depende primeramente de la medida de las fuerzas aplicadas previamente y segundo, de la eficiencia del proceso de relajación.

[...] El control de la estabilidad dimensional tiene por objetivo comprobar que las prendas terminadas al ser lavadas por el usuario mantengan una variación de las dimensiones que no afecten las medidas o tallas y la apariencia de la tela. Esta variación puede manifestarse como estiramientos, encogimientos o revirados (torceduras)” (Eduardo & Lavado, 2012)

“La solidez del color es la resistencia de un material a cambiar en algunas de sus características de color (tono, saturación o claridad), a transferir sus colorantes a materiales adyacentes, o ambas, como resultado de la exposición del material a algún ambiente que pudiese encontrar durante su procesamiento, análisis, almacenamiento o uso final” (AATCC, 1998)



**Figura 32. Muestra para realizar test de estabilidad dimensional**

Esta prueba tiene por objetivo el de medir simultáneamente la estabilidad dimensional y la solidez del color en un proceso de lavado doméstico. De acuerdo a las normas AATCC 135 y AATCC 107 respectivamente y NMX-A-3759-INNTEX-2011 y NMX-A-064-INNTEX-2018, la muestra cuenta con las siguientes medidas y características:

El propósito de hacer ambas pruebas al mismo tiempo, es el de ahorrar tiempo y recursos, por lo tanto, a la muestra anterior se le fijará un testigo blanco de algodón de 5 x 5 cm, en el cual, según la norma, si la tela tiene una baja solidez, una parte del color se traspasará. Como lo indica la norma, se deben efectuar mediciones, de urdimbre a urdimbre y de trama a trama, como especificado en la figura 21 (DL), antes y después del lavado. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

<b>Antes del lavado</b>		
<b>De</b>	<b>A</b>	<b>Distancia (cm)</b>
T1	T1'	5
T2	T2'	5
T3	T3'	5
U1	U1'	5
U2	U2'	5
U3	U3'	5

**Tabla 30. Mediciones iniciales de la muestra para la prueba de estabilidad dimensional**

<b>Después del lavado</b>		
<b>De</b>	<b>A</b>	<b>Distancia (cm)</b>
T1	T1'	4.9
T2	T2'	5
T3	T3'	5
U1	U1'	4.9
U2	U2'	5
U3	U3'	5

**Tabla 30.1 Mediciones finales de la muestra para la prueba de estabilidad dimensional**

A pesar del minúsculo encogimiento que presentó la muestra de T1 a T1' y de U1 a U1', es requerido calcular el porcentaje de encogimiento con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ encogimiento} = (m_f - m_i / m_i) \times 100$$

En donde:

$m_f$  es la medida final, después del lavado

$m_i$  es la medida inicial, antes del lavado

Tenemos un % de encogimiento de 2%.

En cuanto a la solidez del color al lavado, presenta un óptimo resultado, pues en la evaluación de acuerdo a la norma AATCC 107, se califica con 5, dentro de la escala de grises, lo que se entiende que no presenta ningún rastro de transferencia de color de la muestra al testigo blanco en el lavado doméstico.

## 5.5 Solidez al frote

“Frotamiento – La transferencia de colorante desde la superficie de un hilo o tela coloreada hacia otra superficie o área adyacente de la misma tela principalmente por el rozamiento. Aunque es un proceso físico, la evaluación primaria es por apariencia (color). Evaluación en húmedo y en seco son las más típicamente ejecutadas.” (Salcedo, 2014)

Este ensayo tiene por objetivo el de medir la solidez de los colorantes y los estampes al frotamiento seco y húmedo. Se evalúa el riesgo de degradación del color de una tela seca o húmeda sobre otro material por frotamiento. La norma AATCC 8 nos dará los parámetros de las muestras requeridas y la escala necesaria para la evaluación del resultado, la cual cuenta con equivalencia con la NMX-A-073-INNTEX-2005, así como la indicación del equipo para desarrollar dicha prueba, un *crockmeter* o frotímetro, como se muestra en la figura 33:



Figura 33. Frotímetro manual

Se han realizado diez ensayos en seco y diez en húmedo, divididos cada uno en cinco pruebas de trama y cinco pruebas de urdimbre, con dimensiones de 8 x 20 cm del textil en situación análisis y testigos de algodón con dimensiones de 5 x 5 cm cada uno que serán los evaluados, como se ven a continuación:

Muestra	Evaluación del testigo	
	Trama	Urdimbre
1	5	5
2	5	5
3	5	5
4	5	5
5	5	5

Tabla 31. Resultados del test de solidez al frote en seco

Muestra	Evaluación del testigo	
	Trama	Urdimbre
1	4	4
2	4	4
3	4	4
4	4	4
5	4	4

Tabla 32. Resultados del test de solidez al frote en húmedo

Dados estos resultados, se puede concluir que la solidez al frote en seco es óptima, obteniendo una calificación de 5, lo que significa que no se presenta transferencia de color al testigo. Por otra parte, en la prueba al frote en húmedo se ha evaluado al testigo con una nota de 4, entiendo esto como ligera transferencia de color. De esta manera, se puede determinar que la tela en proceso de estudio cuenta con un buen desempeño, en cuanto a la solidez del color a la fricción en seco, por lo que un uso de tapicería podría ser adecuado.

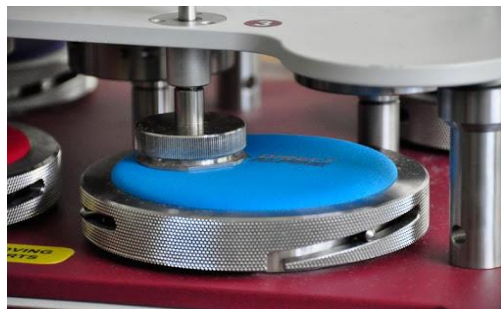
## 5.6 Resistencia a la formación del pilling

“El pilling, es un efecto no deseado sobre los tejidos, que consiste en la formación de bolitas de fibras enmarañadas, en la superficie de los mismos. Ello provoca aspectos de envejecido o de uso prolongado, en periodos de tiempo muy cortos. En consecuencia, el pilling será un efecto a evitar, por lo que debe preverse desde

el diseño inicial del tejido, mediante la adecuada elección de fibras, estructura de los hilos y operaciones de ennoblecimiento finales.

[...] Este aspecto indeseado, de producirse sobre la superficie de los tejidos, es de difícil eliminación sobre todo cuando se trata de fibras sintéticas como pueden ser poliéster o acrílica. En el caso de producirse formación de pilling sobre los tejidos de algodón, sí se puede tener solución en algunas ocasiones, mediante tratamientos enzimáticos con celulosas, de forma que “pula” la superficie del tejido, eliminando la vellosidad superficial. Por lo tanto, es evidente que para evitar o minimizar el fenómeno del pilling, es necesario un profundo conocimiento, tanto de las fibras a utilizar, así como de la estructura de los hilos y tejido en cuestión.” (Cabanés, 2014)

Este ensayo permite evaluar la resistencia a la abrasión de una tela bajo la acción de un movimiento repetido. Un espécimen circular es sometido a una carga definida y a la acción de un frotamiento desgastante de una tela normalizada que será el elemento abrasivo. Como lo especifica la norma ASTM D4970, que cuenta con equivalencia en la norma NMX-A-172-INNTEX-2012, el equipo requerido para llevar a cabo esta prueba es el Martindale, como se puede observar en la siguiente figura:



**Figura 34. Martindale**

Tomando en cuenta que el movimiento definido es circular, no es necesario cortar muestras en los dos sentidos de los hilos. Se cuenta con cinco muestras circulares de 140 mm de diámetro, y tela normalizada (la que ocasionará el desgaste) de 38 mm de diámetro. En lo que concierne a la carga a la que se

someterá la muestra, la norma establece que sea de 12 kPa para telas de uso de tapicería, técnico o de trabajo. Se han obtenido los siguientes resultados:

<b>Muestra</b>	<b>Evaluación del testigo</b>
<b>1</b>	5
<b>2</b>	5
<b>3</b>	5
<b>4</b>	5
<b>5</b>	5

**Tabla 33. Resultados del test de formación de pilling o frisas**

Después de terminar los cinco ensayos, se ha concluido que esta tela no muestra pilling, por lo que cuenta con una muy buena resistencia a la abrasión, siendo 5 la mejor nota con posibilidad de ser obtenida, según esta norma. Dado este hecho, se puede persistir con su posible desempeño como tela para tapicería, ya que este tipo de artículos están constantemente bajo fuerzas de fricción a lo largo de su vida útil, y al no presentar formación de frisas, contribuye al buen aspecto del producto.

## **5.7 Desarrugado**

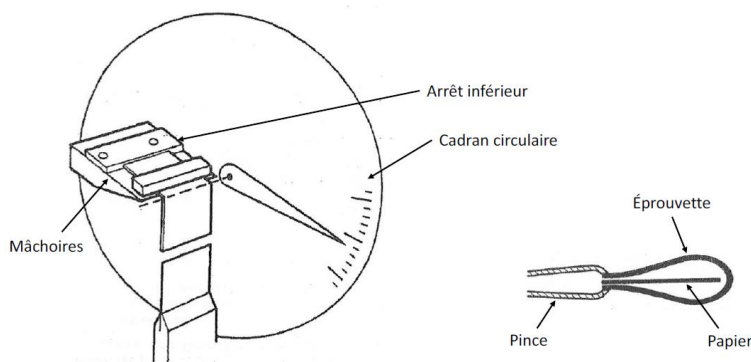
“Si a un tejido se le somete a una deformación o arrugado en unas condiciones conocidas y controladas, su capacidad para recuperar la deformación provocada, estará relacionada con su tendencia al arrugada. Entendiendo que la arruga sería la deformación más o menos permanente de la superficie plana y elástica que constituye el tejido.

La capacidad de recuperación de la arruga de un tejido depende de la rigidez a la flexión y módulo de elasticidad de las fibras componentes. A mayor rigidez menos tendencia al arrugado debido a su mayor capacidad de recuperación de la

deformación. Normalmente, también, a mayor módulo de elasticidad de las fibras, menor tendencia al arrugado tendrá el tejido. Por lo tanto, el tipo de fibra y porcentaje de mezcla influye notablemente.

El ligamento también tiene una clara influencia en el arrugado; esta influencia viene marcada por los coeficientes de ligadura y por la posición relativa de los hilos en la estructura. Con unos coeficientes máximos (tafetán) se obtienen un mayor grado de recuperación de la arruga que con los coeficientes menores. Los ligamentos cuyos ejes coincida con la dirección del doblado (teletón) darán una menor recuperación de la arruga y los ligamentos cuyos ejes no coincidan con la dirección de doblado (sarga) darán lugar a tejido con una mayor capacidad de recuperación de la arruga. Las velocidades de estabilización del ángulo de arrugado, siguen un modelo lineal multiplicativo.” (Gallissà, 2015)

Esta prueba tiene por objetivo el de medir el ángulo remanente después de un dobléz, lo que indica la característica de una tela a recuperarse de las arrugas o auto planchado después de un pliegue. La muestra rectangular es fijada en una posición determinada con la ayuda de un dispositivo apropiado para la prueba, durante un tiempo limitado, bajo una carga dada. Una vez que la carga sea retirada, la muestra puede recuperarse libremente y el ángulo remanente puede ser medido.



**Figura 35. Shirley, probador de recuperación de doblez**

La norma encargada de la estandarización de este ensayo es la ISO 2313, que a su vez cuenta con equivalencia en AATCC 66, sin contar con una equivalencia con la normatividad mexicana.

Las muestras requeridas son de 40 x 15 mm, se necesita un total de 20 especímenes, 10 en sentido de trama y 10 de urdimbre.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

<b>Muestra</b>	<b>Trama</b>	<b>Urdimbre</b>
<b>1</b>	45	40
<b>2</b>	50	44
<b>3</b>	40	48
<b>4</b>	40	45
<b>5</b>	43	41
<b>6</b>	48	50
<b>7</b>	42	42
<b>8</b>	49	46
<b>9</b>	42	46
<b>10</b>	46	50
<b>Promedio por separado</b>	44,5	45,2
<b>Promedio general</b>	44,85	

Tabla 34. Resultados del test del ángulo remanente

A partir de los resultados obtenidos, se puede inferir que la tela muestra un ángulo remanente alto, lo cual es una característica de las fibras sintéticas. Como se explica a continuación:

“Las fibras que tienen enlaces moleculares fuertes resisten al arrugamiento y aquellas con enlaces débiles se arrugan con facilidad, como las fibras celulósicas, con enlaces transversales por puentes de hidrógenos: los enlaces de hidrógeno se rompen al someterse a un esfuerzo de flexión y se crean nuevos enlaces en la posición doblada, formando un pliegue localizado (en la zona del esfuerzo). Las fibras termoplásticas (por ejemplo el poliéster) pueden adquirir por termofijado propiedades de inarrugabilidad.” (Capdevila, Comas, & Parés, RESISTENCIA AL ARRUGADO DE TEJIDOS PARA CAMISERIA, 2008)

Lo que le puede conferir un buen uso para tapicería, o incluso de vestimenta que no tenga que estar en contacto directo con la piel.

## 5.8 Peso de la tela

El objetivo de esta medición es el de determinar el peso de la tela. Para esto se seguirán los parámetros establecidos en la norma francesa NF G07-150, con equivalencia en ASTM D3776 y NMX-A-3801-INNTEX-2012. La cual requiere muestras de tela de 10 x 10 cm, los resultados obtenidos son mostrados a continuación:

Muestra	Masa (g)	Peso (g/m <sup>2</sup> )
1	3.93	393.0462
2	3.837	383.7451
3	3.788	378.8446
4	3.74	374.0440
5	3.793	379.3446
<b>Promedio</b>		381.8049

Tabla 35. Peso de la tela

Llegando al resultado de peso a través de la siguiente fórmula brindada por la norma:

$$\text{Oz/yd}^2 = 45.72 \text{ G} / \text{L}_s \text{ W}$$

En donde:

**G** es la masa del espécimen en gramos

**L<sub>s</sub>** es el largo del espécimen en pulgadas

**W** es el ancho del espécimen en pulgadas

Haciendo las conversiones necesarias de las unidades, y contando con las constantes como 45.72 y 33.906 (para convertir de onzas sobre pulgada

cuadrada) que nos brinda la norma, se ha podido llegar a la conclusión de que el peso de la tela en material de estudio es de 382 g/m<sup>2</sup>, haciéndola una tela pesada.

## 5.9 Espesor de la tela

El propósito de esta prueba es el de determinar el espesor del material de estudio, lo que se define como la distancia entre el derecho y el revés de la tela. El equipo requerido es un micrómetro de espesor, el cual, medirá la distancia vertical entre una placa de referencia, sobre la cual una muestra de la tela será colocada, y un pie prensador paralelo a esta placa, aplicando sobre el textil una presión determinada. La norma encargada de la estandarización de esta prueba es NF G 07-104, con equivalencia ASTM D1777 y concordancia con ISO 5084.

El principio de funcionamiento del equipo es que al tener la muestra sobre una superficie plana es comprimida bajo la acción de masas de valores conocidos. Un captador electromagnético mide la distancia entre las dos superficies metálicas que encierran al material, a condición que este sea un aislante eléctrico. El captador, cuyo funcionamiento es basado sobre la amortiguación de un circuito fluctuante en presencia de una pieza metálica, libera una señal proporcional a la distancia que la separa de la superficie metálica que le da la cara.

Para la obtención de estos resultados, se han utilizado 5 pruebas, aplicándoles masas diferentes. En primer lugar, se ha hecho una medición sin masas adicionales, únicamente el pie prensador y la placa de referencia que cuenta con una masa que aplica 0.1 kPa de presión sobre la tela, después se han adicionado masas de 0.2, 0.5, 1, 2, 5 y 11 kPa correspondientemente. Enseguida se muestran los resultados obtenidos:

Ensayo	Muestra 1 (mm)	Muestra 2 (mm)	Muestra 3 (mm)	Muestra 4 (mm)	Muestra 5 (mm)	Promedio (mm)
<b>Pie + placa (0.1 kPa)</b>	0.45	0.38	0.42	0.4	0.4	0.41
<b>Masa 1 (0.1 + 0.2 kPa)</b>	0.42	0.36	0.37	0.37	0.37	0.378
<b>Masa 2 (0.1 + 0.5) kPa)</b>	0.41	0.35	0.35	0.35	0.34	0.36

<b>Masa 3 (0.1 + 1 kPa)</b>	0.4	0.34	0.34	0.35	0.32	0.35
<b>Masa 4 (0.1 + 2 kPa)</b>	0.36	0.31	0.31	0.3	0.3	0.316
<b>Masa 5 (0.1 + 5 kPa)</b>	0.3	0.29	0.28	0.26	0.25	0.276
<b>Masa 6 (0.1 + 11 kPa)</b>	0.28	0.26	0.26	0.25	0.23	0.256
					Valor medio	0.335143

**Tabla 36. Dimensiones del grosor de la tela**

Lo cual nos arroja, como indicado en la tabla 36, un valor medio de 0.34 mm de grosor de la tela en proceso de estudio.

## Conclusión

### Recapitulación Kawabata

Prueba	Valores	Trama	Urdimbre
<b>Tracción</b>	WT (gr·cm/cm <sup>2</sup> )	12.08	22.68
	EM (%)	4.33	7.682
	LT (-)	1.033	1.121
	RT (%)	38.34	23.64
<b>Cizallamiento</b>	G (gr/cm·°)	4.322	4.332
	2HG (gr/cm)	13.938	14.458
	2HG5 (gr/cm)	18.462	19.058
<b>Flexión</b>	B (gr·cm/cm <sup>2</sup> )	0.30238	0.33546
	2HB (gr·cm/cm <sup>2</sup> )	0.39176	0.43272
<b>Compresión</b>	WC (gr·cm/cm <sup>2</sup> )	0.153	
	RC (%)	79.03	
	LC (-)	0.185	
<b>Superficie</b>	SMD (µm)	6.072	7.247
	MIU (µm)	0.138	0.137
	MMD (%)	0.004	0

Tabla 37. Recapitulación de valores Kawabata

Al hacer la comparación con los parámetros de evaluación con los que se cuenta, se puede determinar que, esta tela no es apta para indumentaria masculina. Ya que presentaría dificultades principalmente con la sobrealimentación de las máquinas de coser, de igual manera, mostraría adversidades en el proceso de corte. De igual manera, se han aplicado las fórmulas para obtener el THV, que se pueden encontrar en los antecedentes. Los resultados son los siguientes:

THV para tejidos de invierno = 1.5244

THV para tejidos de verano = -1.0828

Lo que demuestra que la tela en proceso de estudio no es apta para la confección de prendas de vestir que busquen un confort al contacto de la piel. Es importante destacar que los valores de THV se han calculado con los parámetros que se ha creído prudente utilizar, por lo que estos valores pueden variar, no se ha

podido encontrar información concreta sobre los valores exactos a sustituir en la fórmula de la obtención de este valor.

Es importante hacer mención de que no a todas las normas francesas se les ha encontrado una equivalencia en la normatividad mexicana, ni internacional, lo que pueda dar lugar a la investigación de porqué Francia considera esas características importantes de estudiar y medir. Al ser un territorio con una escena textil tan importante, sobre todo en la indumentaria, pudiera ser un extra que el resto del mundo está ignorando.

En conclusión, la utilización idónea para esta tela, debido a los parámetros estudiados y los resultados obtenidos de todas sus características, sería para tapicería, como sillones o incluso cortinas. Ya que estos artículos no están en contacto directo con la piel, y su materia prima evita la propagación de un posible incendio, lo cual es útil en los alrededores de una sala de estar.

## Bibliografía

- AATCC. (1998). *AATCC Test Method 16-1998 Colorfastness to light*.
- AITEX. (2015). *FUNCIONALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS TEXTILES ADHESIVADAS PARA LOS SECTORES TEXTIL Y CALZADO*.
- ASTM. (2002). *Standard Test Method for Stiffness of Fabric*. Obtenido de ASTM.
- Azcárate, F. M. (Enero de 2015). *Blogspot*. Obtenido de Programa de textilización - Ciencias Textiles: <https://programadetextilizacion.blogspot.com/2015/01/capitulo-7-diseno-textil-en-general.html>
- Barambilla, N., Schürerer, C., Brusa, D., Oviedo, H., & Caselles, J. (s.f.). *ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL DE UN LABORATORIO DE METROLOGIA DIMENSIONAL*. Obtenido de Investigacion UTN: [https://www.google.com/search?sxsrf=ALeKk02G1j6exJaoyjRta-cKN86QY\\_Ry6g%3A1584136055073&ei=d\\_9rXo6HBMKisAXfibj4Bw&q=aire+acondicionado+para+laboratorio+de+metrologia&oq=aire+acondicionado+para+laborat&gs\\_l=psy-ab.3.5.0l4j0i22i30l4.734396.742216..746612...0](https://www.google.com/search?sxsrf=ALeKk02G1j6exJaoyjRta-cKN86QY_Ry6g%3A1584136055073&ei=d_9rXo6HBMKisAXfibj4Bw&q=aire+acondicionado+para+laboratorio+de+metrologia&oq=aire+acondicionado+para+laborat&gs_l=psy-ab.3.5.0l4j0i22i30l4.734396.742216..746612...0)
- Bausch, E. (agosto de 2008). *Manipulation of Microscope*. BiblioBazaar. Obtenido de Wikipedia.
- Cabanes, A. S. (mayo de 2014). *3 ciencias*. Recuperado el febrero de 2020, de El pilling en los artículos textiles: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2014/02/EL-PILLING-EN-LOS-ART%C3%8DCULOS-TEXTILES.pdf>
- Capdevila, X., Comas, R., & Parés, F. (Noviembre de 2008). *EVALUACION DEL CAYENTE DE LOS TEJIDOS: METODOS Y METRICA*. Cataluña, España.
- Capdevila, X., Comas, R., & Parés, F. (2008). *RESISTENCIA AL ARRUGADO DE TEJIDOS PARA CAMISERIA*. Recuperado el febrero de 2020, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/9051/1/resistencia.pdf>
- Capdevila, X., Comas, R., & Parés, F. (2008). *RESISTENCIA AL ARRUGADO DE TEJIDOS PARA CAMISERIA*. Obtenido de Boletín INTEXTER U.P.C.: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/9051/1/resistencia.pdf>
- Direct Industry. (2020). *APARATO DE PRUEBAS DE RESISTENCIA AL DESGARRO / DE MATERIALES / PARA TEXTILES / PARA PAPEL*. Obtenido de Direct Industry: <https://www.directindustry.es/prod/sdl-atlas/product-172487-1858746.html>
- Eduardo, F., & Lavado, L. (2012). *ISSUU. La Industria textil y su control de calidad*. Obtenido de [https://issuu.com/fidel\\_lockuan/docs/vi.\\_la\\_industria\\_textil\\_y\\_su\\_control\\_de\\_calidad](https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/vi._la_industria_textil_y_su_control_de_calidad)

- Galcerán, V. (1965). *Influencia de la estructura del hilo y del tejido sobre su rigidez de flexión*.
- Gallissà, E. C. (julio de 2015). *Caracterización de Tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles*. Obtenido de Universitat Politècnica de Catalunya.
- Gallissà, E. C. (julio de 2015). *Universitat Politècnica de Catalunya*. Obtenido de Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar la calidad de los tejidos textiles.
- González, J. A., Mettananda, C., & Crown, E. M. (2013). La evaluación objetiva de propiedades táctiles de la tela. Parte I: Modelado de Propiedades Mecánico-Sensoriales. *Realidad y Reflexión*, 35-61.
- Guerrón, M. (2017). *Estudio Comparativo de los Ensayos de Pilling entre el Random Tumble Pilling y Martindale*. Obtenido de Repositorio : <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7099/2/ART%C3%8DCULO.pdf>
- Hollen, N. (1999). Introducción a los textiles. En N. Hollen, *Introducción a los textiles*. Limusa.
- INSTRON. (2017). *Sistemas de ensayo Bicolumna de la serie 5960 para ensayos de tensión, compresión, flexibilidad y pelado*. Obtenido de INSTRON: <https://www.instron.es/-/media/literature-library/products/2013/02/5960-series-dual-column-tabletop-5kn--50kn.pdf?la=es-ES>
- James Heal. (2017). *CrockMaster*. Obtenido de James Heal: <https://www.james-heal.co.uk/instrument/crockmaster/>
- Ofipartes. (mayo de 20 de 2019). *¿QUÉ ES, CÓMO FUNCIONA Y PARA QUÉ SIRVE EL TEST DE MARTINDALE?* Obtenido de Ofipartes: <https://ofipartes.com/test-martindale/>
- PCE Ibérica. (s.f.). *Espesímetro para textiles PCE-THM 30*. Obtenido de PCE Instrumentos: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-espesores/espesimetro-pce-thm30.htm>
- Salcedo, M. (10 de agosto de 2014). *Slidesahre*. Recuperado el febrero de 2020, de <https://es.slideshare.net/michaelsalcedob/controles-textiles>
- Sanad, R., Cassidy, T., & Cheung, V. (2012). *Fabric and Garment Drape Measurement - Part 1*. Obtenido de Journal of Fiber Bioengineering & Informatics: <http://eprints.whiterose.ac.uk/82935/1/Fabric%20and%20Garment%20Drape%20Measurement%20-%20Part%201.pdf>
- TESTEX. (2010). *Spray Rating Tester TF160*. Obtenido de TESTEX OUR INSTRUMENTS YOUR SUCCESS: <https://www.testertextile.com/product/spray-rating-tester-tf160/>

TEXTTEST INSTRUMENTS. (2006). *Air Permeability Tester FX 3300 LABOTESTER III*.  
Obtenido de ARTECT TESTNOLOGY: [http://www.artec-  
testapparatuur.nl/content/artec/producten/pdf/3300-III\\_leaflet\\_en+.pdf](http://www.artec-testapparatuur.nl/content/artec/producten/pdf/3300-III_leaflet_en+.pdf)

TP Laboratorio Químico . (19 de julio de 2015). *Microscopio*. Obtenido de TP Laboratorio  
químico: [https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-  
instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/microscopio.html](https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/microscopio.html)