



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Desarrollo en Fabricato S.A. de nuevas telas de  
protección al fuego espontáneo tejidas con hilos con  
características ignífugas desde la fibra**

**Maria Fernanda Ballesteros Morales**

**Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería  
Química  
Medellín, Colombia  
2020**



**Desarrollo en Fabricato S.A. de nuevas telas de protección al fuego espontáneo tejidas  
con hilos con características ignífugas desde la fibra**

**Maria Fernanda Ballesteros Morales**

**Informe de práctica como requisito para optar al título de:  
Ingeniera química**

**Asesores**

**Felipe Bustamante Londoño - Ingeniero químico  
Juan Antonio López Díaz - Ingeniero químico**

**Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química  
Medellín, Colombia  
2020.**

## **Desarrollo en Fabricato S.A. de nuevas telas de protección al fuego espontáneo tejidas con hilos con características ignífugas desde la fibra**

### **Resumen**

Con el fin de incluir en su línea de telas para ropa de trabajo (línea work) un nuevo producto que permita satisfacer los requerimientos de diferentes industrias para la protección de sus empleados frente a fuego repentino, calor y arco eléctrico, en Fabricato S.A. se realizó el desarrollo y fabricación de una tela inherentemente ignífuga, que presenta ventajas sobre la tela retardante a la llama con la que ya contaba la empresa.

Entre las ventajas más importantes que pueden presentar los tejidos ignífugos desde el origen comparados con los tejidos con tratamiento retardante a la llama, se encuentran: permanencia de la propiedad ignífuga, mejor estabilidad dimensional al calor y protección que puede ser superior a la de telas de igual construcción y peso tratadas con retardante a la llama.

Se encontró que las fibras ignífugas con las que se podía realizar esta tela son viscosa FR y meta-aramida, debido a que son fibras con muy buenas propiedades de resistencia al fuego, y que en mezcla permiten desarrollar textiles con altos niveles de protección a diferentes riesgos y que brindan alto confort al usuario. La tela se realizó con la siguiente composición: viscosa FR 65%, meta-aramida 22%, poliamida 12% y fibra antiestática 1%.

Las pruebas de calidad realizadas a la tela acabada mostraron muy buenas propiedades de resistencia al fuego, resistencia mecánica y muy buena calidad. A pesar de que aún no se han realizado las pruebas para certificar la tela como ignífuga, se considera que esta puede cumplir con los requisitos de las normas correspondientes.

Finalmente, se hizo un análisis a un desarrollo previo con fibras de viscosa FR, modacrílica y meta-aramida.

### **Introducción**

Fabricato S.A. es una empresa con cien años de trayectoria en la comercialización y manufactura de telas. Para lograr su permanencia en el sector textil y mantener su excelencia competitiva, se encuentra a la vanguardia a nivel tecnológico, cuenta con estrategias orientadas a la sostenibilidad y a la optimización de procesos y recursos, y se mantiene al día de las necesidades que presenta el mercado.

El desarrollo de tejidos que satisfagan los altos requerimientos de seguridad del personal en industrias y fuerzas armadas se ha convertido en una necesidad del mercado, y es por esto que Fabricato tiene una línea institucional de textiles técnicos orientada a tejidos con propiedades especiales.

En esta línea de productos, Fabricato cuenta con textiles con un acabado retardante a la llama, el cual puede deteriorarse con los usos y lavados de la prenda, y, además, es posible que la prenda encoja por baja estabilidad dimensional a altas temperaturas. Es por esto que la empresa se enfrenta al desarrollo de un nuevo producto que brinde una excelente y más

duradera protección al personal de industrias con alto riesgo de fuego, y así ser el primer productor de telas inherentemente ignífugas en Colombia.

En este trabajo se evaluó el desarrollo de nuevas telas de protección al fuego espontáneo, tejidas con hilos con características ignífugas desde la fibra. Se analizaron cuáles son las fibras más adecuadas para la fabricación de telas ignífugas permanentes, qué requisitos técnicos y normas deben cumplir, qué cuidado debe dársele a la prenda, y se realizó un acompañamiento y seguimiento al proceso de manufactura, acabado y certificación de calidad de la tela. [1]

## **Objetivos**

General: Desarrollar, en Fabricato S.A., telas inherentemente ignífugas con las características exigidas por el mercado y en cumplimiento de la normativa de protección al personal industrial.

Específicos:

- Identificar cuáles fibras son ignífugas, qué características poseen y qué propiedades pueden aportar al tejido.
- Identificar las características requeridas para las telas inherentemente ignífugas, partiendo del estudio de las telas que utilizan las industrias con riesgo a fuego espontáneo.
- Identificar y consultar las normas técnicas y de seguridad que deben cumplir las telas ignífugas.
- Proponer las materias primas adecuadas para las telas ignífugas y acompañar las diferentes etapas del proceso productivo.
- Validar la calidad de la tela ignífuga producida y el cumplimiento de la normativa, y en caso de ser necesario, sugerir posibles modificaciones al proceso.
- Realizar una estimación de la rentabilidad de producir las telas ignífugas en Colombia en comparación con su importación.

## **Marco Teórico**

Los textiles técnicos son telas que se diseñan para el desarrollo de una determinada función. Las fibras que los componen y las técnicas utilizadas para su fabricación les confieren propiedades mecánicas y de protección que satisfacen las necesidades del usuario final, por ejemplo, ligereza, rendimiento mecánico, rendimiento térmico, resistencia al fuego, conductividad, absorción, entre otros.

Debido a que la normativa sobre seguridad industrial es cada vez más exigente, el sector textil requiere realizar nuevos desarrollos de productos que proporcionen una alta protección al personal laboral. Por esto, Fabricato cuenta con una línea institucional en la cual se desarrollan textiles técnicos. Estos productos innovadores y con características especiales son



utilizados para la confección de uniformes y demás dotación para empresas y fuerzas armadas.

Industrias como la petrolera, petroquímica, gasera, siderúrgica, metalúrgica, soldadura, eléctrica y fuerzas antimotines, corren un gran riesgo de incendio, chispas, explosiones o exposición a la llama, a altas temperaturas o a metales fundidos. Por lo tanto, se debe brindar a los trabajadores, ropa de protección al fuego repentino o espontáneo, el cual es un frente de llama de corta duración que avanza rápidamente y puede generar una intensa explosión, y a otros riesgos específicos de cada industria [2][3] como se muestra a continuación:

- Las plataformas petroleras y las industrias petroquímicas y gaseras son consideradas como zonas o atmósferas altamente explosivas (zonas Atex) y con posibilidad de producir arco eléctrico, el cual es una explosión de plasma originada por una caída de tensión en un medio no conductor como el aire y que puede derivar en fuego; por lo tanto, es importante la utilización de tejidos ignífugos y con repelencia o impermeabilidad a sustancias químicas líquidas.
- Los trabajadores de la industria siderúrgica y metalúrgica al tratar la fundición de metales están expuestos a altas temperaturas, calor radiante y grandes salpicaduras. En soldadura el riesgo implica salpicaduras pequeñas, exposición a calor radiante, calor convectivo, arco eléctrico e inflamabilidad. Por lo tanto, es necesario el uso de tejidos ignífugos en estas industrias.
- En la industria eléctrica los trabajadores están expuestos a descargas eléctricas, cortocircuitos, proyecciones de metal fundido y a un alto riesgo de arco eléctrico, siendo necesario el uso de ropa ignífuga.
- Las fuerzas antimotines y otras fuerzas militares están expuestas a líquidos inflamables provenientes de bombas molotov y a impactos, por lo cual utilizar un tejido con alta tenacidad, con protección ignífuga y repelencia a químicos líquidos es muy importante. [4]

Para todas estas industrias es también importante que los textiles tengan en su composición un porcentaje de fibra antiestática que evite la generación de chispas por acumulación de cargas electrostáticas, pues éstas podrían generar una explosión en un ambiente inflamable.

Un material ignífugo es aquel que tiene la característica de ser altamente resistente al fuego y al calor. Estos materiales poseen resistencia a inflamarse, y al hacerlo no propagan la llama pues su combustión es muy lenta, además, dejan de arder cuando se retira la llama. [5] En el caso de las telas ignífugas la protección brindada es también debida a una conductividad térmica del tejido que evita quemaduras o dolor en el usuario y a que el textil al descomponerse carboniza, no se funde ni gotea. [6]

Hay dos tipos de tejidos ignífugos: telas de cualquier composición a las que se les aplica un tratamiento químico que les da propiedades retardantes a la llama, y telas ignífugas desde el origen debido a las fibras que las componen.

Entre estos dos tejidos ignífugos existen importantes diferencias. Las telas con acabado ignífero van perdiendo esta propiedad a medida que el tratamiento químico se cae de la tela debido al desgaste por los usos y lavados, disminuyendo la protección brindada por la prenda, lo que lleva a que haya que aplicar nuevamente el tratamiento, aumentando el costo de la prenda a lo largo de su vida útil y haciendo el proceso un poco más contaminante; además, las fibras que la componen pueden tener baja estabilidad dimensional a altas temperaturas causando encogimiento en la prenda. Las telas igníferas desde la fibra no pierden su propiedad ignífera con el tiempo, uso o lavados, pues es inherente a las fibras que la componen; además, estas fibras son generalmente más estables dimensionalmente al calor, teniendo un excelente desempeño hasta el final de la vida útil de la prenda. [7]

La necesidad presente en el mercado es el desarrollo de una tela ignífera desde el origen, pues fabricado por el momento cuenta con textiles con tratamiento retardante a la llama para atender estas industrias.

Hay diferentes tipos de fibras inherentemente igníferas adecuadas para la fabricación de textiles técnicos con propiedades permanentes de resistencia al calor y al fuego, entre las cuales están:

- **Aramida:** son poliamidas aromáticas de cadena larga, en las que al menos el 85% de los enlaces amida están directamente unidos a dos anillos aromáticos. Son consideradas fibras de alto rendimiento y su costo es relativamente alto. Entre sus características generales están una alta resistencia mecánica, buena resistencia a la abrasión y a los disolventes orgánicos; es una fibra no conductiva, sin punto de fusión y de baja inflamabilidad, que mantiene buena integridad del tejido a temperaturas elevadas. Este polímero se clasifica en meta-aramida y para-aramida. [8][9][10]
  - **Meta-aramida:** tiene grupos amida unidos a los anillos de benceno en las posiciones 1 y 3, su temperatura de descomposición es mayor a 400°C y tiene estabilidad a largo plazo (1000 h) a 200°C. Posee excelente resistencia térmica, química y a la radiación. Comercialmente puede encontrarse como Nomex y TeijinConex.
  - **Para-aramida:** tiene grupos amida unidos a los anillos de benceno en las posiciones 1 y 4, su temperatura de descomposición es de 500°C y posee excelente resistencia a la rotura, por lo cual es muy usada para armaduras, construcción de edificios y paquetes de protección térmica. Comercialmente puede encontrarse como Kevlar, Twaron y Heracron. [6]
- **Modacrílica:** es una fibra acrílica modificada para ser inherentemente retardante a la llama. Está formada a partir de copolímeros que consisten de acrilonitrilo (entre el 35%-85%) y comonomeros de vinilo. Entre las propiedades presentes en estas fibras están un tacto suave, mejor transpirabilidad y confort que otras fibras acrílicas, excelente resistencia a ácidos y álcalis débiles y a la mayoría de disolventes orgánicos, buena estabilidad a la luz, baja generación estática, alta resistencia al fuego y carácter termoplástico, su temperatura de descomposición es de 236°C. Comercialmente puede encontrarse como Protex y Kanecaron. [11][12][13][14]

- Viscosa FR: es una fibra celulósica que, al incorporar fósforo y azufre en su matriz durante la etapa de hilado de fibras, adquiere propiedades retardantes a la llama (FR), siendo la fibra ignífuga más ecológica. Esta fibra presenta muy buena transpirabilidad y absorción de humedad, por lo cual brinda alto confort. Entre sus propiedades se encuentran una buena resistencia al calor y a las llamas, buena estabilidad térmica, estabilidad a variedad de ácidos, álcalis, blanqueadores y solventes orgánicos. Su temperatura de descomposición es 250°C. Comercialmente puede encontrarse como Lenzing FR y Danufil BF. [15][16]
- Poliéster FR: producida por copolimerización con monómeros FR (derivados de ácido fosfínico) o por la incorporación de aditivos FR en la matriz polimérica antes de extruir la fibra. Presentan excelente solidez del color. Comercialmente puede encontrarse como TreviraCS, AvoraFR y Zeroxy. [6][17]
- Fibra de vidrio: es la sílice (SiO<sub>2</sub>) extruida en filamentos de diámetro pequeño. Posee alta resistencia al calor, llamas, cortes y rasgaduras, su temperatura de degradación es 2000°C aproximadamente, disipa el calor radiante, es ligera y transpirable. En la industria textil la fibra de vidrio se recubre con otras fibras, obteniendo un hilo con alma de vidrio. Comercialmente puede encontrarse como FireFilTM. [18][19]
- Poliacrilato reticulado: es una fibra sintética con altas propiedades técnicas en resistencia a las llamas, al calor y a los agentes químicos, con propiedades antiestáticas y antibacteriales. Comercialmente puede encontrarse como Tecstar. [20]
- Polibencimidazol (PBI): es una fibra sintética cuya estructura consiste en poliamidas completamente aromáticas, lo que la hace extremadamente resistente al calor, con una temperatura de descomposición >700°C, resistencia química y excelente estabilidad térmica. Es especial para aplicaciones de gran exigencia, como ropa de bomberos y en aplicaciones de ingeniería civil. Comercialmente puede encontrarse como Celazole PBI. [21]

La capacidad ignífuga de las fibras puede observarse en el índice de oxígeno límite (IOL), el cual indica la concentración mínima de oxígeno que la fibra necesita para que se mantenga su combustión. Teniendo en cuenta que la composición volumétrica del aire es aproximadamente 21% oxígeno, cualquier fibra que tenga un IOL por debajo de este valor es una fibra que arde sostenidamente y puede propagar el fuego con facilidad. Se consideran como fibras retardantes a la llama aquellas que poseen un IOL mayor a 25% en volumen. [6][22]

En las industrias también existen zonas monocromáticas o con tráfico rodado, por lo cual es importante el uso de tejidos que permitan mejor visibilidad del personal. Esto implica que las telas deben ser teñidas con diferentes colores. Algunas fibras ignífugas sintéticas como la aramida presentan problemas para ser teñidas, por lo cual requieren procesos de teñido más avanzados o deben ser teñidas en masa, es decir, adicionando el colorante a la masa antes de la extrusión de la fibra.

Para seleccionar la fibra o la mezcla de fibras más adecuada para el desarrollo de la tela ignífuga deben tenerse en cuenta otros factores a parte de su resistencia a la llama y al calor, como lo son precio y facilidad de obtención, facilidad para tejer, teñir y aprestar, y



propiedades que puede aportar al tejido como transpirabilidad, confort, ligereza, resistencia mecánica, baja estática, solidez del color, estabilidad dimensional al calor, entre otras.

Las telas más utilizadas para ropa de trabajo son en tejido plano, el cual es un tejido que consiste en entrecruzar hilos en sentido longitudinal llamados urdimbre y otros en sentido transversal llamados trama. Son muchos los diseños de tejeduría que puede tener un tejido plano, entre los más importantes están [23][24]:

- Tafetán: Es un tejido sencillo en el que la trama pasa alternando por encima y por debajo de cada hilo o conjunto de hilos de urdimbre. Es fuerte y resistente.
- Diagonal o sarga: El hilo de trama pasa sucesivamente sobre uno o más hilos de urdimbre y luego bajo dos o más hilos de urdimbre. Su característica es que los puntos de ligadura se desplazan un espacio por cada pasada del hilo de trama, dando a la superficie de la tela una forma acanalada en diagonal que puede ir dirigida ascendiendo hacia la derecha o hacia la izquierda.
- Ripstop: Es un tejido que tiene cordones de dos o tres hilos, o de un hilo más grueso, en sentido trama y urdimbre que forman cuadrículas que evitan que la tela se desgarre por un corte o imperfecto. Posee muy buena resistencia al rasgo y durabilidad.

La construcción de la tela también debe tener en cuenta, además del diseño de tejeduría, el peso de la tela, definido en  $g/m^2$  u  $oz/yd^2$ , la densidad de trama y de urdimbre, definidas en hilos/cm o hilos/in, y el título de los hilos a utilizar, definido generalmente como Ne, una unidad de medida indirecta, en la cual a mayor grosor del hilo menor título.

El proceso de producción de un textil en tejido plano consta fundamentalmente de las siguientes etapas:

- Urdido y engomado: En esta etapa el hilo se prepara para ser tejido. En el proceso de urdido el hilo destinado a la urdimbre del tejido se pasa de los conos hacia un cilindro. Luego, los hilos recogidos en el cilindro son engomados con el fin de agregar resistencia a los hilos y que no se rompan debido a las tensiones del proceso de tejido, además, mejora su resistencia a la abrasión y cubre fibras sobresalientes. El engomado generalmente se realiza con almidón de maíz, pero se han desarrollado gomas sintéticas que permiten trabajar gran variedad de fibras, mejoran la eficiencia y productividad del telar y tienen un menor impacto en las aguas residuales. [25][26]
- Tejeduría: Antes de comenzar a tejer la tela, el cilindro urdido y engomado pasa por un proceso de remetido y anudado, en el cual los hilos se enhebran en las laminillas, pasan por la malla del lizo y por los dientes del peine, todos estos son los elementos del telar que dan el diseño de tejeduría seleccionado. Luego se realiza el montaje del telar y se teje la tela.
- Preliminares: En esta etapa la tela se prepara para ser teñida y acabada. Algunos de los procesos presentes en esta etapa son: formado, chamuscado, desengome, descrude, blanqueo y mercerizado. En el formado se reúnen largos metrajés de tela para continuar la producción. En el chamuscado se elimina la velloidad excesiva de la tela



por medio de una llama. El desengome consiste en retirar la goma utilizada para el proceso de tejeduría, mediante el uso de agua caliente, detergente y secuestrante, con el fin de mejorar la hidrofiliidad y la penetración de colorantes y aprestos. Con el descrude se realiza una limpieza de la fibra y se quitan impurezas con ayuda de soda caustica. El blanqueo químico se realiza con detergente, soda caustica, estabilizante y peróxido de hidrógeno, el cual da mayor grado de blancura a las telas y termina de quitar impurezas. El mercerizado se realiza con soda caustica y agua caliente, permite mejorar la afinidad de la fibra al colorante, aumenta el brillo, la suavidad y la resistencia a la tensión. [27][28][29]

- Teñido: Para definir el tipo de teñido de la tela se consideran aspectos como las fibras que la componen y su uso final, pues de estos depende los colorantes a utilizar. Las fibras tienen diferente afinidad a cada colorante y requieren de diferentes procesos de teñido. Para algunos usos finales la tela requiere de colores brillantes, o de alta solidez del color a lavados, a la luz, al cloro o al sudor.
- Acabado: Son procesos físicos o químicos que le dan al textil las propiedades finales deseadas sean con fin estético, funcional o ambos. Entre los procesos químicos están el aprestado y los recubrimientos, en los cuales la tela se impregna con un producto para dar propiedades como suavidad, antiestático, ignífugo, antifluidos, entre otras. Algunos de los procesos físicos son el calandrado que da lustre al textil y el sanforizado que preencoge la tela de manera controlada y la estabiliza dimensionalmente. [29][30]
- Pruebas de calidad: Se evalúan todas las características de la tela, entre lo cual está su composición, ancho, peso, densidad en trama y urdimbre, solidez del color, encogimiento, cambio dimensional, pilling o formación de motas, resistencia a la tensión y al rasgo. En el caso de las telas ignífugas se requieren pruebas más específicas como longitud de carbonización, llama e incandescencia residual, transferencia de calor, Manikin Test, protección a arco eléctrico, entre otras. La tela acabada pasa a un área de clasificación, donde se revisa cuidadosamente todo el metraje y de acuerdo con los defectos encontrados se clasifica su calidad.

Dependiendo de la industria para la cual se utilizará, el textil técnico debe cumplir con algunas de las siguientes normas: [31]

- NFPA 2112: Estándar en prendas resistentes a la llama para la protección del personal industrial contra el fuego repentino.
- ASTM D6413: Método de prueba estándar para resistencia a la llama de textiles (prueba vertical).
- ISO 11612: Ropa de protección contra el calor y la llama. Requisitos mínimos de rendimiento.
- ISO 11611: Ropa de protección utilizada durante el soldeo y procesos afines.
- NFPA 70E: Norma para la seguridad eléctrica en el lugar de trabajo.
- IEC 61482: Trabajos en tensión. Ropa de protección contra los peligros térmicos de un arco eléctrico.

- ISO 1149: Ropa de protección. Propiedades electrostáticas. Requisitos de comportamiento de material y diseño.
- ISO 14116: Ropa de protección. Protección contra el calor y la llama. Ropa, materiales y conjunto de materiales con propagación limitada de llama.
- ISO 13034: Ropa de protección contra productos químicos líquidos.
- ISO 9185: Ropa de protección. Evaluación de la resistencia de los materiales a las salpicaduras de metal fundido.
- ASTM F955: Método de prueba estándar para evaluar la transferencia de calor a través de materiales para ropa protectora en contacto con sustancias fundidas.
- ISO 13688: Ropa de protección. Requisitos generales.
- ASTM F1959/F1959M: Método de prueba estándar para determinar la clasificación de arco de materiales para ropa.
- ISO 20471: Ropa de alta visibilidad

## **Metodología**

Para el desarrollo del proyecto se comenzó con un estudio sobre los procesos y etapas de la industria textil, lo cual incluyó recorridos y visitas a las diferentes áreas de la planta para conocer el proceso. Igualmente, se investigó sobre las telas con tratamiento retardante a la llama, telas ignífugas desde la fibra, cuáles fibras poseen propiedades ignífugas, sus características y sus usos, qué industrias corren riesgo de fuego repentino y los requisitos y normas que deben satisfacer las telas ignífugas producidas.

Posteriormente, se definieron las fibras a utilizar y las características que deben tener las telas. Se realizó un seguimiento al proceso de producción de las telas ignífugas, entre lo cual se contemplaron actividades como reuniones con posibles proveedores y acompañamiento a los ensayos y pruebas de laboratorio y al proceso en planta.

Se analizaron los resultados obtenidos en las pruebas de calidad realizadas a las telas, y se determinó si cumplen con los requisitos y normas necesarias.

Finalmente, se realizó un comparativo entre los costos de fabricación de las telas ignífugas en Fabricato y los costos de importar dicha tela ya terminada, y así se determinó si esta producción es rentable.

## **Resultados y análisis**

### *Selección de las fibras*

Para la definición de las fibras a utilizar para la fabricación de las telas ignífugas se parte de una investigación sobre las fibras inherentemente ignífugas que se encuentran en el mercado y sus propiedades.

Actualmente el mercado de fibras para textiles técnicos o funcionales cuenta con una buena variedad apta para la elaboración de telas para protección al fuego y al calor, con diferentes

características y propiedades que cubren diferentes niveles de riesgo. Entre estas están las mencionadas anteriormente: viscosa FR, meta-aramida, para-aramida, modacrílica, poliéster FR, fibra de vidrio, poliacrilato reticulado, PBI.

Los textiles técnicos para protección inherente al fuego espontáneo, al calor y al arco eléctrico de mayor producción y demanda en el mercado internacional consisten en una mezcla de fibras ignifugas desde el origen, principalmente viscosa FR, modacrílica y/o aramidas, con fibras no ignifugas pero que aportan otras propiedades al tejido sin comprometer la protección, como poliamida (nylon), fibra antiestática, lana, algodón, Tencel, rayón, poliéster, viscosa y elastano. Algunas de las propiedades de las fibras más importantes se muestran en la tabla 1.

*Tabla 1. Propiedades de algunas fibras.*

	Viscosa FR	Modacrílica	Meta-aramida	Para-aramida	PBI	Nylon	Algodón
<b>Tenacidad (g/tex)</b>	24,21	25,5	37,74	193,8	27,54	48,51	38,76
<b>Elongación (%)</b>	13,78	25	45	2,3	30	27,46	8
<b>Absorción de humedad (%)</b>	7,11	3,5	5,25	2	15	3,49	7
<b>Punto de reblandecimiento (°C)</b>	-	135-160	-	-	-	50	-
<b>Punto de fusión (°C)</b>	-	190-210	-	-	-	265	-
<b>Punto de descomposición (°C)</b>	250	236	>400	500	>700	310	145
<b>IOL (%)</b>	28	29	30	31	41	21	19
<b>Resistencia a la rotura (cN/tex)</b>	24	24,8	53	250	39,73	45	20

[11][16][32][33][34][35][36][37]

Según la información conseguida y con orientación recibida por posibles proveedores, se determinó que las fibras PBI y para-aramida son fibras cuyo uso principal está orientado a otro tipo de industrias y riesgos. Además, en el caso de la para-aramida, no es posible teñir esta fibra y la gama de colores obtenidos por teñido en masa es muy limitada, lo cual no brindaría buena oferta para los clientes de Fabricato.

En la industria petroquímica y eléctrica son muy utilizadas las telas con base en modacrílica, en viscosa FR y en meta-aramida, en mezcla con algodón, poliamida o fibra antiestática.

Los tejidos con base en meta-aramida poseen excelentes propiedades como protección al fuego, estabilidad térmica y durabilidad. Brindan un buen confort pues poseen buena absorción de humedad, como se observa en la tabla 1. Debido a sus excelentes propiedades su costo es muy alto, lo que ha hecho que estas telas sean reemplazadas por otras con base en



fibras menos costosas y que en mezcla con meta-aramida brinden una protección similar y en algunos casos características de confort superiores.

Los tejidos con base en viscosa FR tienen menor costo que los de meta-aramida, brindan buena protección contra el fuego, diferentes tipos de calor, salpicaduras de metales fundidos y arco eléctrico, tienen buena durabilidad, propiedades antiestáticas, son suaves y mantienen el cuerpo seco y fresco gracias a su excelente absorción de humedad y transpirabilidad. [38][39][40]

Los tejidos con base en modacrílica tienen menor costo que los de viscosa FR, poseen buena protección y buena durabilidad, su absorción de humedad es más baja, lo que no los hace muy confortables; además son tejidos cálidos debido al parecido entre la modacrílica y la lana, lo cual puede disminuir la comodidad del usuario.

Se toma la decisión de realizar las telas con base en viscosa FR, por su alto confort, buena protección y fácil procesamiento, ya que su comportamiento durante los procesos de producción puede ser muy similar al de la viscosa convencional. Esta fibra no suele usarse sola sino en combinación con otras fibras de alto rendimiento; entre los socios de mezcla más utilizados se encuentran las aramidas, lana, poliamida, modacrílica y polibencimidazol (PBI), creando tejidos con un equilibrio óptimo entre funcionalidad y comodidad para diferentes niveles de riesgo. [16]

Los socios de mezcla seleccionados son: meta-aramida, para brindar mayor nivel de protección al fuego y al calor, y aumentar la resistencia al desgaste y a la tracción; poliamida, para aportar más resistencia a la abrasión, tenacidad y resistencia mecánica; y, fibra antiestática para evitar acumulación de cargas que puedan producir chispas. [41]

El desarrollo de la tela ignífuga en Fabricato nace de una necesidad puntual de la unidad especial de la Policía Nacional de Colombia para el control de motines, quienes especifican como requerimiento una tela ignífuga compuesta de viscosa FR 65%, meta-aramida 22%, poliamida 12% y fibra antiestática 1%. Debido a esto, se decide realizar el desarrollo de la tela ignífuga dirigida a la industria petroquímica y eléctrica con esta misma proporción de fibras, para aprovechar mejor la materia prima adquirida en Fabricato. Igualmente, las demás condiciones técnicas estipuladas en la licitación pública de la Policía Nacional se tomaron como guía.

Inicialmente se contactaron algunos proveedores de hilos técnicos (Argentum Textil, Filspec y Bioversa, agente de China Topsafe). Se decidió finalmente contratar con Filspec por la calidad de sus hilos funcionales y, además, por ser un proveedor conocido y confiable.

La Policía Nacional requería un textil teñido de un color oscuro. Ya que la meta-aramida es una fibra que presenta muchas dificultades para teñir de manera convencional, se adquirió esta fibra teñida en masa de color negro, lo cual también asegura una excelente solidez del color. En la licitación se especificaba también el peso, diseño de tejeduría y la densidad en trama y urdimbre que debe llevar la tela, por lo cual se debe seleccionar un grosor de hilo que

permita llegar a un peso dentro del rango requerido, con el diseño de tejeduría y densidad impuestos. Se compraron 523,2 kg de hilo de título 24/2 retorcido, es decir son dos hilos de título 24 retorcidos para formar un solo hilo más resistente a la tracción. El precio de este hilo funcional es de 149.645 COP/kg, lo cual corresponde a una inversión superior a 78 millones COP solo en hilo. Tomando como referencia que el costo de producción en Fabricato de un hilo 24/2 de algodón es de aproximadamente 12.338 COP/kg, se puede observar que la materia prima comprada tiene un costo alto, debido a sus buenas propiedades funcionales. [42]

### *Tejido de las telas*

Para las telas ignífugas se crean dos diseños de tejeduría. Para la licitación nacional el tejido es ripstop, muy utilizado en ropa militar debido a su buena resistencia al rasgo. Para la línea work el tejido es diagonal 2x1 izquierdo (D2x1I), el cual proporciona un buen cubrimiento, resistencia y flexibilidad, por lo que es muy utilizado para ropa de trabajo. [43]

Para cumplir los requerimientos de la licitación, se urden entonces 3.560 hilos de 1.480 metros y se engoman. Este engomado se realizó a 75°C con una goma sintética a base de alcohol polivinílico que mejora la productividad del telar y disminuye la carga de DBO y DQO en los vertimientos.

Luego, el cilindro urdido y engomado se monta en el telar, cuya capacidad es de aproximadamente 500 metros de tela. Se tejen dos lotes con el diseño ripstop, cada uno de aproximadamente 500 metros. Luego, sobre esta misma urdimbre se tejen 200 metros del diseño en diagonal. Al observar una muestra de la tela ripstop al comienzo del tejido, se observó que los cordones no están bien marcados, haciendo que no se note la cuadrícula. Para corregir esto se para el telar y se cambia el diseño poniendo un hilo de más en los cordones en sentido de la trama. Durante el proceso de tejido se presentaron paros del telar, los cuales son problemas muy comunes durante la tejeduría. En este caso fueron debidos principalmente a revientes del hilo de urdimbre y especialmente el de trama, ya que la tela de tres hilos en el cordón tiende a colgarse más; otra causa puede ser problemas de resistencia del hilo.

Una vez tejida la tela, se define la ruta que va a seguir en planta, mostrada en el anexo 1. La tela se forma en superlotes para ser desengomada en un proceso continuo. En este proceso se retira la goma utilizada para la tejeduría con agua a 90°C, jabón y un secuestrante; esto se realiza para que los químicos de los demás procesos puedan penetrar correctamente la fibra y así evitar manchas en el teñido, baja hidrofiliidad y tacto áspero. Se realiza un acidulado de la tela para darle un pH de 5-6, adecuado para teñir. Esta tela no requiere de otros procesos preliminares, con el desengome se limpia la tela y se evita debilitar la viscosa. [44]

### *Teñido de las telas*

Para el teñido de estas telas se define primero cuáles son los colorantes más adecuados según las fibras que las componen y sus usos finales. Como la meta-aramida y el antiestático que ésta contiene ya vienen teñidos en masa solo se requiere teñir la viscosa FR y el nylon.

El nylon puede ser teñido con colorantes ácidos y de complejo metálico. Para textiles utilizados en el sector militar, lo más recomendado es el uso de colorantes de complejo metálico pues su solidez es superior. Por lo tanto, los colorantes de complejo metálico fueron seleccionados.

El teñido de la fibra viscosa FR puede realizarse de la misma manera que el de viscosa convencional; al ser una fibra celulósica puede teñirse con colorantes tina, reactivos, directos y sulfurosos. Entre estos resaltan los colorantes tina y los reactivos, por su buena solidez del color. Los colorantes reactivos poseen gran variedad de matices, brillo, facilidad de aplicación y alta solidez, excepto al cloro. Los colorantes tina tienen excelente solidez al lavado y al cloro, y solidez muy buena a la luz y el sudor, lo que los hace muy utilizados para ropa de trabajo. [45][46][47][48]

Para el tejido ripstop, como se trata de una licitación para las fuerzas armadas, se requieren colorantes de muy buena solidez del color al lavado, a la transpiración, al frote y a la luz; por lo tanto, se decide utilizar colorantes reactivos para el teñido de la viscosa FR. El tejido en diagonal tiene como uso final ropa de protección para diferentes industrias, por lo cual se requieren las solidez mencionadas anteriormente y, además, solidez al cloro para soportar lavados caseros de las prendas; por lo tanto, se decide utilizar colorantes tina para el teñido de la viscosa FR en esta tela.

Se hicieron ensayos a nivel de laboratorio para desarrollar las formulaciones de teñido de ambas telas. Estos ensayos consisten en buscar el conjunto y proporción de colorantes que permiten llegar a un color deseado. Esto se realiza con base en la teoría de colorimetría y con ayuda del espectrofotómetro ColorMatching y las coordenadas CIELAB; el espectrofotómetro tiene una función donde sugiere el conjunto de colorantes o tricromía y su cantidad, y se selecciona la opción más viable teniendo en cuenta factores como el precio y disponibilidad de los colorantes, la cantidad a utilizar y la cercanía predicha al color, para realizar un primer ensayo. Los resultados de este ensayo se evalúan en la cámara de luces si hay una muestra del estándar con la cual comparar y en el espectrofotómetro para determinar las coordenadas  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (coordenadas rojo/verde),  $b^*$  (coordenadas amarillo/azul) en que está el color y la diferencia con las coordenadas del estándar,  $DL^*$ ,  $Da^*$ ,  $Db^*$  y  $DE$  que indica la diferencia total del color, y en varios casos se toma como la tolerancia. [49]

Si se observan grandes diferencias entre el ensayo y el estándar, el teñido puede matizarse ajustando la cantidad de algún colorante, o puede darse intensidad ajustando la cantidad de todos los colorantes usados. Si a pesar de los cambios no se obtienen buenos resultados, se cambia la tricromía. Según experiencia del área de teñido, algunos colorantes tienen mejor rendimiento en planta que en el laboratorio, por lo que a algunas formulaciones se les disminuye en un porcentaje su cantidad.

Los ensayos para el teñido de la tela en ripstop comenzaron tratando de teñirla solo con colorantes reactivos, pues en la literatura se encontró que se puede manchar el nylon con estos colorantes y obtener resultados aceptables, pero el resultado no fue favorable y la tela se veía



“cross” (jaspeada), por el nylon no teñido. El teñido entonces se realizó en dos etapas: se tiñe primero el nylon con colorantes de complejo metálico y luego la viscosa FR con colorantes reactivos. El teñido del nylon se ensaya con dos colorantes: uno negro y otro gris. Finalmente se selecciona el gris a pesar de ser más costoso pues el matiz del colorante negro no permitió alcanzar el color deseado. [46]

El teñido del nylon es un proceso discontinuo llamado agotamiento, y se realizó en la máquina jigger. Durante este teñido la tela está en contacto con un baño de tintura compuesto por colorantes y auxiliares de teñido (igualador y dador de ácido), y, a medida que va aumentando la temperatura, el colorante se transfiere gradualmente a la tela. El teñido en la jigger consiste en enrollar y desenrollar la tela de orillo a orillo de un cilindro a otro haciéndola pasar a través del baño de tintura. Este proceso se repite varias veces hasta obtener el color deseado, luego se cambia el baño y se realiza el jabonado y lavado de la tela. Este teñido comenzó a 55°C, y con un gradiente de 10°C/min se alcanza la temperatura óptima de teñido a 95°C. A esta temperatura se da un número determinado de pasadas a la tela y se saca muestra para verificación de color: en caso de que el tono no sea el correcto, se dan más pasadas a la tela para terminar de agotar el colorante que pueda quedar o en caso de que ya no haya color, se formula más colorante y más igualador y se continua el agotamiento. Finalmente se comienza a disminuir la temperatura hasta 60°C y se lava la tela con agua y jabón. Durante este teñido se debe cuidar que la tela se enrolle sin arrugas y bien alineada y que las tensiones manejadas en la tela no sean excesivas pues puede causar demasiada fricción en las capas de tela enrollada y desencadenar en manchas, quiebres o arrugas en el teñido. [28][50]

El teñido de la viscosa FR con colorantes reactivos se realiza en un proceso semi-continuo llamado pad batch, en el cual la tela pasa por una cubeta y se impregna del baño de tintura compuesto por colorantes y auxiliares de teñido (humectante, carbonato de sodio y soda caustica) a temperatura ambiente, luego pasa por un foulard para escurrirla un poco y al final se enrolla. El rollo de tela humedecida con el baño se cubre con plástico y se deja en reposo por 12 horas para la reacción y fijación del colorante; durante este reposo el rollo de tela está girando para evitar que el baño se acumule en la parte baja del rollo. Pasado el tiempo de reposo se lleva la tela a la lavadora Goller, donde se elimina el colorante no fijado y los demás productos con agua a 90°C y detergente; allí mismo se neutraliza y se seca. En este teñido las costuras entre las telas que forman el superlote se cubren con cinta pues en estas partes se acumula más colorante, haciendo que se manche la tela que las rodea durante el reposo.

Al evaluar el tono después de las dos etapas de teñido en planta de la tela ripstop se observa un buen resultado, como lo indican los valores de diferencia al estándar obtenidos en el ColorMatching  $DL^*=0,51$ ,  $Da^*=-0,17$ ,  $Db^*=0,11$  y  $DE=0,53$  (valores inferiores a 1,0 se consideran muy buenos). Otro chequeo realizado para confirmar un buen teñido es COC (centro-orillo-centro), donde se evalúa que todo el ancho de la tela tenga el mismo tono.

Para el teñido de la tela en diagonal se realizan dos ensayos en el laboratorio: un teñido de dos etapas donde primero se tiñe el nylon con colorantes de complejo metálico y luego la viscosa FR con tinas, y otro de una sola etapa con colorantes tina esperando que este colorante manche el nylon y se logre buen cubrimiento, como se ha visto en telas algodón/nylon anteriormente teñidas en la fábrica. Esta prueba tuvo mejores resultados y entre ambas telas no se aprecian diferencias; por lo tanto, se decide realizar este teñido solo con colorantes tina en la continua, para disminuir los costos.

El teñido con colorantes tina es un proceso continuo, realizado en la máquina continua Kuster, donde la tela se impregna con los colorantes y auxiliares de teñido (antimigratorio y humectante) al pasar por una canoa que los contiene, se escurre un poco en el foulard y pasa a una zona de aireación; luego, se realiza una fijación superficial del colorante tina con un secado a 120-140°C. Los colorantes tina son insolubles en agua y para alcanzar su forma soluble son reducidos con hidrosulfito de sodio y soda cáustica, por lo que la tela se impregna con estos productos, pasa por un foulard y se lleva a una zona de vaporización donde se da la reacción a 98-102°C. Luego la tela pasa por un primer lavado seguido de la etapa de oxidación con peróxido de hidrogeno a 50°C, para regresar el colorante a su forma insoluble y así lograr que quede fijado en la tela. Finalmente, la tela se lava con agua caliente y se neutraliza.

Buscando ampliar la gama de colores a ofrecer a las industrias, se continúa realizando ensayos en el laboratorio con colorantes tina sobre la tela en diagonal. De los resultados obtenidos se observa que, con la fibra de meta-aramida teñida de negro, se pueden desarrollar fácilmente otros colores oscuros para ofrecer en las industrias; sin embargo, para el desarrollo de colores claros lo más adecuado sería comprar la meta-aramida blanca o del color específico, para evitar que la tela se vea “cross”. La tela en diagonal, se deja desengomada y lista para teñir a petición del cliente.

#### *Acabado de la tela*

Luego de teñir la tela ripstop se realiza el proceso de acabado, donde se apresta la tela y se sanforiza. El apresto se aplica en una máquina termofijadora a 160°C, el producto aplicado mejora el tacto de la tela, le da suavidad y mejora el transporte de humedad, para hacerla mucho más comfortable. Es importante que los productos aplicados en el apresto no dejen residuos inflamables en la tela que comprometan o disminuyan su nivel de protección, por lo cual se consultó esto con el proveedor de los productos. La tela se somete a unas pruebas previas de calidad donde se determina el encogimiento que tiene la tela y si tiene desviaciones en la trama. Los resultados de estas pruebas indican que la tela puede sufrir un encogimiento de aproximadamente 10%, el cual se le da controladamente en la sanforizadora, para que la tela posteriormente no tenga encogimientos de más del 3%.

Para las industrias a las que van dirigidos estos textiles, pueden requerirse otros acabados como repelencia al agua, al aceite y a químicos líquidos, para evitar manchas de grasas o de productos inflamables que disminuyan la protección del usuario frente a un posible fuego

repentino, y para evitar prendas mojadas que puedan generar un polo a tierra con el usuario en el caso de un arco eléctrico. Otros acabados que pueden darse a la tela de acuerdo con la necesidad del cliente son protección UV y antibacterial.

#### *Pruebas de calidad de la tela*

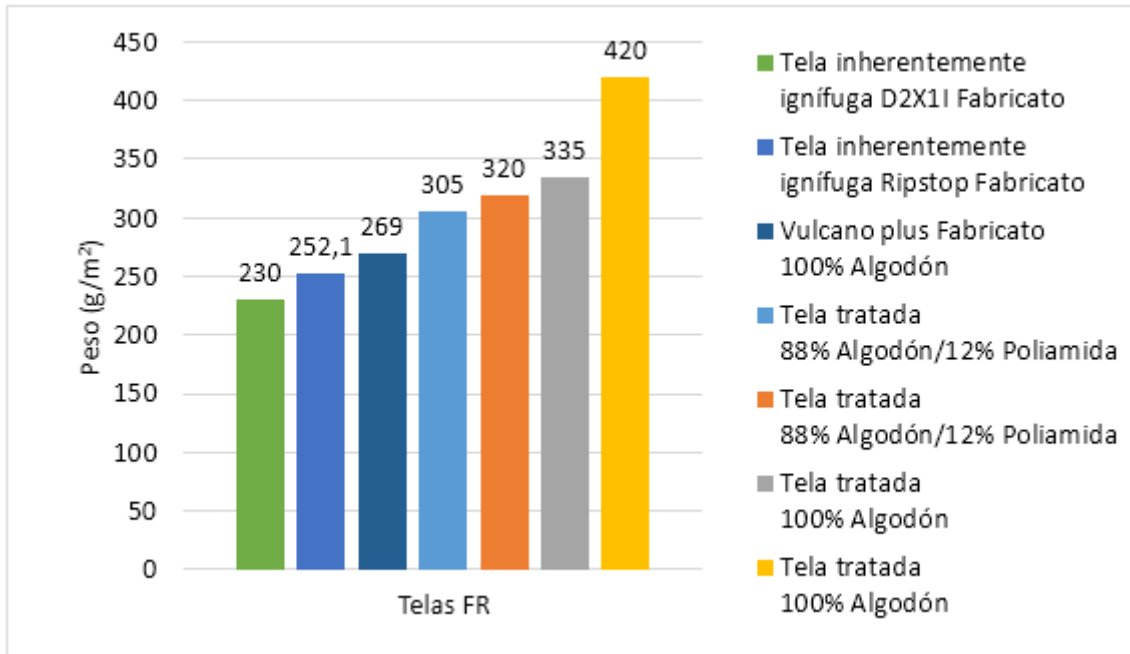
En el laboratorio de calidad se evaluaron las características de la tela ripstop y los resultados muestran que cumple con los estándares propuestos en términos de ancho, peso, densidad de trama y urdimbre, entre otros, siendo una tela de muy buena calidad. Algunos de los resultados más importantes se muestran en la tabla 2.

*Tabla 2. Pruebas de calidad de la tela ignífuga ripstop.*

<b>Chequeo</b>		<b>Valor</b>
<b>Incandescencia residual (s)</b>	Inicial Trama	0
	Inicial Urdimbre	0
	60 lavados Trama	0
	60 lavados Urdimbre	0
<b>Llama residual (s)</b>	Inicial Trama	0
	Inicial Urdimbre	0
	60 lavados Trama	0
	60 lavados Urdimbre	0
<b>Longitud de carbonización (mm)</b>	Inicial Trama	61
	Inicial Urdimbre	30
	60 lavados Trama	55
	60 lavados Urdimbre	60
<b>Resistencia a la tensión (N)</b>	Trama	604,04
	Urdimbre	822,88
<b>Resistencia al rasgo (N)</b>	Trama	39,55
	Urdimbre	63,36

El peso de la tela ripstop acabada fue de 252,1 g/m<sup>2</sup> y el peso estimado para la tela diagonal acabada es de aproximadamente 230 g/m<sup>2</sup>, lo que las clasifica como telas medianas (203,1 - 338 g/m<sup>2</sup>). Estos pesos están en un rango muy comercial de telas inherentemente ignífugas y son adecuados para la confección de pantalones, chaquetas, camisas y overoles de trabajo pues pueden brindar una buena protección sin incomodar al usuario. Esta es una de las ventajas de los tejidos ignífugos desde la fibra, pues pueden llegar a ser mucho más ligeros que los tejidos con tratamiento químico retardante a la llama más comunes, que generalmente están por encima de 300 g/m<sup>2</sup>, siendo telas más pesadas y que pueden limitar el movimiento del usuario y causarle mayor fatiga. Esta comparación puede verse en la gráfica 1. Vulcano plus (100% algodón) es una de las telas de Fabricato con tratamiento ignífugo más comercializada, tiene un peso de 269 g/m<sup>2</sup> y muestra buena resistencia al arco eléctrico y al fuego. Las telas inherentemente ignífugas desarrolladas tienen un peso menor y se estima que el nivel de protección puede ser mayor, además de que es permanente. [51]





Gráfica 1. Comparación pesos telas ignífugas Fabricato y telas con tratamiento FR.

Como puede observarse en la tabla 2, la tela tiene muy buena resistencia al rasgo y a la tensión, cumpliendo satisfactoriamente los requisitos de las normas ISO 11612 (rasgo: mínimo 15 N, tensión: mínimo 300 N), ISO 11611 (rasgo: mínimo 20 N, tensión: mínimo 400 N), NFPA 70E (rasgo: mínimo 18 N, tensión: mínimo 179 N) y IEC 61482 (rasgo: mínimo 15 N, tensión: mínimo 400 N). Para estas normas también cumple el cambio dimensional al lavado, el cual debe ser <3% para tejidos planos en ambos sentidos (trama y urdimbre) y los resultados de la prueba son un encogimiento de 1,2% en trama y 0,8% en urdimbre.

A pesar de que el cordón de la trama es más grueso que el de la urdimbre, la tela es más resistente al rasgo y a la tensión en sentido urdimbre porque la densidad de hilos/cm en esta es mayor (densidad trama=19,29 hilos/cm, densidad urdimbre=23,62 hilos/cm).

La norma NFPA 2112 requiere realizar la prueba ASTM D6413 para determinar la longitud de carbonización y llama e incandescencia residual, teniendo como requisito que la longitud de carbonización sea inferior o igual a 100 mm y que la llama y la incandescencia residual no sean mayores a 2 segundos. Los resultados en la tabla 2 muestran que se cumplen estos requisitos.

Se realizaron pruebas para determinar la solidez del color a: la luz por 20 horas, frote húmedo, frote seco, lavado tipo IIA y sudor ácido. En una escala de calificación sobre 5 (donde 5 es excelente), se obtienen muy buenos resultados de solidez en todos los casos: 5 a la luz, 4 al frote húmedo y 4,5 en las demás pruebas.

Otros de los resultados de la tela ripstop pueden verse en su ficha técnica en el anexo 2 y en su certificado de calidad en el anexo 3.

La ropa de protección al fuego debe certificar el cumplimiento de las normas NFPA 2112 y/o ISO 11612, mediante pruebas a la tela y demás componentes de la prenda, realizadas en un laboratorio reconocido y acreditado internacionalmente. Igualmente se debe certificar la protección para arco eléctrico con el cumplimiento de las normas NFPA 70E y/o IEC 61482.

Algunas de las pruebas más importantes son: Manikin Test (ASTM F1930), donde se determina el porcentaje de quemaduras en la piel frente a la exposición a un fuego repentino y debe ser menor al 50%; rendimiento de transferencia de calor, donde se determina la protección térmica provista (ASTM F2700), resistencia a la llama (ASTM D6413 o ISO 14116) y valores mínimos de protección frente al arco eléctrico (IEC 61482-1-1, IEC 61482-1-2, ASTM F1959, NFPA 70E).

Actualmente se está cotizando con laboratorios en España y Canadá la realización de las pruebas ASTM F1959 y ASTM F1930, las cuales tienen un costo aproximado de 25-30 millones de COP. Aun sin realizar las pruebas, partiendo de las propiedades que pueden aportar las fibras a la tela, se estima que la tela es apta para confeccionar ropa de protección de categoría II, para uso en ambientes con efectos térmicos comparables a una temperatura inferior a los 100°C, con o sin radiación infrarroja, llamas y proyecciones de metal fundido.

Otros de los resultados que se estiman con base a las prestaciones de otras telas con características similares son:

Según la norma NFPA 2112, el porcentaje de quemadura corporal será menor al 50% en el Manikin Test. Según la norma ISO 11612 sus niveles de prestación serán A1 (propagación limitada de la llama) B1 (calor convectivo) C1 (calor radiante) E1 (salpicaduras de metal fundido) F1 (calor por contacto). Según la norma ISO 14116 será una categoría 3 (la más alta) para la propagación limitada de la llama.

Según la norma NFPA 70E, se espera que la tela sea apta para ropa de trabajo diario con una protección mínima al arco eléctrico de 8 cal/cm<sup>2</sup> y <25 cal/cm<sup>2</sup>, es decir una categoría de riesgo de peligro (HRC) de 2. Según la norma IEC 61482 protegerá frente a un arco eléctrico con una corriente de 4 kA, y se podrá utilizar para equipos de protección personal (EPI) con un valor mínimo de arco requerido de 8 cal/cm<sup>2</sup> (HRC 2).

Según la norma ISO 11611 será clase 1, apta para soldeo con técnicas menos peligrosas, baja salpicadura de metal y calor radiante.

En caso de alcanzar los resultados esperados en las pruebas, la tela podría ser comercializada como multipropósito, pues sería adecuada para diferentes industrias que requieran protección simultánea a diferentes riesgos como llama, calor, arco eléctrico y chispas de soldadura.

Es importante recalcar que esto son solo estimaciones que deben certificarse y comprobarse con las pruebas correspondientes.

La tela ripstop terminada pasa al área de clasificación final, donde se observó todo el metraje y se encontraron ciertos defectos en la tela. Los paros en el telar se notan como líneas horizontales más claras u oscuras, pues durante estos paros y arranques la tela puede quedar más suelta o más apretada. Otros defectos de tejeduría fueron algunas bastas (hilo que sobresale al no quedar tejido). En el teñido se observan algunas manchas, lo que puede ser debido a las presiones que sufre la tela al estar enrollada en el gigante (estructura donde se enrolla la tela después de cada proceso y para su transporte en la planta). Para evitar esto, se debe procurar plegar la tela en los procesos que sea posible, en lugar de enrollarla. A pesar de estos pequeños defectos, la tela tiene una buena calidad.

La producción de estas telas en Fabricato tuvo un costo de 61.162 COP/m para la tela en tejido ripstop y de 59.743 COP/m para la tela en diagonal. Con el fin de comparar costos entre fabricar la tela desde el hilo e importarla terminada, se consulta con una empresa textil española el precio de una tela en diagonal con las mismas especificaciones a la desarrollada, el cual es de 15,75 EUR/m FOB puerto español, lo que equivaldría a aproximadamente 64.645 COP/m.

Teniendo en cuenta los costos de importación y nacionalización, el precio de la tela española sería aún mayor, por lo que para Fabricato si es más rentable producir sus propias telas a partir del hilo comprado.

Además de la buena calidad de las telas desarrolladas en Fabricato, su fabricación tiene un valor agregado que puede darle mucho impulso a su comercialización, y es ser la primera empresa textil en producir telas inherentemente ignífugas en Colombia. Se podrían formar alianzas con empresas confeccionistas de dotación para vender un producto con telas nacionales. El precio de venta aproximado de estas telas es 98.500 COP/m.

A pesar de que la capacidad ignífuga de la tela desarrollada es inherente y no se pierde con los lavados, deben seguirse recomendaciones de cuidado. Algunas de estas se encuentran en la norma NFPA 2113, que indica la selección, cuidado, uso y mantenimiento de prendas resistentes al fuego repentino. ASTM F1449 es la guía estándar para lavado y mantenimiento industrial, ASTM F2757 es la guía estándar para lavado y mantenimiento doméstico, e ISO 3175 para lavado en seco. En el anexo 4 se muestran algunas recomendaciones generales. A continuación, se muestran las recomendaciones más importantes, tanto para el cuidado de la tela como de la prenda de protección. [52]

- No utilizar suavizante de ropa pues podría dejar residuos inflamables.
- Remover cualquier residuo inflamable como aceites y grasas antes del lavado.
- Enjuagar muy bien para remover residuos que pueden ser combustibles.
- Lavar y secar las prendas del revés, para minimizar la abrasión a la superficie y que esta mantenga un buen aspecto.
- Lavar y secar con los cierres, velcros y broches completamente cerrados.
- No hacer lavados muy abrasivos como “escobillar” para no acortar la vida útil de la prenda.



- No secar al sol.
- Lavar la prenda a alta temperatura repetidamente acortará su vida útil, por lo cual se recomienda lavar a 30-40°C.
- Las prendas no deben almacenarse en luz solar directa o indirecta. Almacenar las prendas limpias y secas y en lugares ventilados.
- Buscar daños, suciedad o contaminación en la tela, costuras y demás después de cada uso y de cada limpieza.

La tela desarrollada para la industria petroquímica, eléctrica y antimotines también puede brindar protección para la industria de fundición de metales y para soldadura, en aplicaciones donde no se presenten salpicaduras grandes de metal ni técnicas de soldadura peligrosas. Sus niveles de prestación serían limitados, como se muestra anteriormente con los resultados que se espera tener para la norma ISO 11612 e ISO 11611.

Para la industria de soldadura una de las fibras más utilizadas es la modacrílica, mientras que para la industria metalúrgica y siderúrgica es la viscosa FR. Estas fibras tienen propiedades muy favorables para estas industrias. La modacrílica es conocida por ser mala conductora del calor y por su alta protección contra el arco eléctrico. La viscosa FR brinda buen aislamiento térmico contra todo tipo de calor, no funde y tiene excelente absorción de humedad y transpirabilidad, que en ambientes a altas temperaturas significa para el usuario un alivio del estrés por calor. [4][38][53]

En Fabricato se desarrolló en el 2019 una tela inherentemente ignífuga que reúne ambas fibras, en compañía también de meta-aramida. Esta tela tiene entonces una composición de 60% viscosa FR, 30% modacrílica y 10% meta-aramida.

Esta tela está tejida con un diseño en D3X11 y su peso es de 332,9 g/m<sup>2</sup>. En las pruebas de calidad realizadas a esta tela (anexo 3) se encuentra que cumple los requisitos de resistencia al rasgo y a la tensión de las normas ISO 11612, ISO 11611, NFPA 70E y IEC 61482, y también los requisitos de longitud de carbonización y llama residual de la prueba NTC 6067 (ASTM D6413); para esta última prueba hay una falla en la incandescencia residual de 400 y 300 milisegundos que puede ser por error humano ya que el tiempo se toma manualmente.

Por las fibras que la componen y por su construcción, se espera que brinde una buena protección al arco eléctrico, fuego repentino, altas temperaturas, salpicaduras de metales fundidos y proyecciones de metales. Es necesario realizar las pruebas que certifiquen los niveles de prestación de la tela frente a estos riesgos.

Además de las normas mencionadas anteriormente, algunas normas importantes en este tipo de industrias son: ISO 9185 (resistencia a salpicaduras de metal fundido), ASTM F955 (transferencia de calor a través de materiales para ropa protectora en contacto con sustancias fundidas), ISO 6942 (evaluación de materiales y conjuntos de materiales cuando se exponen a una fuente de calor radiante).

Se considera que esta tela es una buena opción para estas industrias. Durante la producción se trabajó sin problemas, sin embargo, el teñido de la meta-aramida no fue posible, quedando la tela con apariencia “cross”. Para una próxima producción, se compraría la meta-aramida teñida en masa dependiendo del requerimiento del cliente, en caso de no estar conforme con la apariencia actual del teñido. El costo de producción de esta tela fue de 37.000 COP/m y su precio de venta es de aproximadamente 61.000 COP/m.

## Conclusiones

- Los requerimientos de las telas ignífugas son principalmente dirigidos a la protección personal: deben tener baja propensión a la ignición, propagación lenta del fuego, aislamiento al calor, estabilidad dimensional al calor, alto IOL, propiedades antiestáticas y protección al arco eléctrico. Sin embargo, los nuevos desarrollos en este mercado buscan prendas que brinden una mayor comodidad al usuario, sin comprometer la protección, buscando que los textiles tengan un buen balance entre protección y confort.
- En el mercado de las fibras inherentemente ignífugas actualmente existe gran variedad de fibras con características que satisfacen las necesidades de la ropa de protección al fuego repentino, calor y arco eléctrico, las más destacadas son la viscosa FR por su buen nivel de protección y su excelente confort, meta-aramida por sus excelentes propiedades mecánicas y de protección y modacrílica por su costo más favorable y su aislamiento térmico.
- Las normas más importantes a cumplir por los tejidos de protección al fuego repentino, al calor y al arco eléctrico son: NFPA 2112 (protección al fuego repentino), ISO 11612 (protección contra el calor y la llama), NFPA 70E (protección al arco eléctrico), IEC 61482 (protección a los peligros térmicos de un arco eléctrico) e ISO 11611 (protección durante el soldeo y procesos afines). Estas pruebas aún no se han realizado, pero por la construcción de la tela y las fibras seleccionadas se espera que esta cumpla satisfactoriamente con los requisitos de estas normas.
- Se determina que para Fabricato puede ser más rentable fabricar la tela ignífuga desde el hilo en lugar de importar una tela acabada. Además, se comprobó que Fabricato cuenta con el nivel tecnológico y la capacidad de producir telas ignífugas inherentes de alta calidad, como lo demuestran los resultados de las pruebas realizadas: alta resistencia mecánica, alta solidez del color y buena resistencia al fuego, cumpliendo el estándar ASTM D6413 de propagación limitada de la llama.

## Referencias bibliográficas

- [1] “Institucional.” [Online]. Available: <https://www.fabricato.com/es/nuestros-productos/institucional>. [Accessed: 30-Jan-2020].
- [2] “8 datos que debes saber sobre el fuego repentino en la industria petrolera.” [Online]. Available: <https://www.uniformelafayette.com/8-caracteristicas-importantes-que-todo-trabajador-de-la-industria-petrolera-deberia-saber-sobre-el-fuego-repentino/>. [Accessed: 11-Feb-2020].

- [3] “Fuego repentino - Bioversa.” [Online]. Available: <http://bioversa.com.co/fuego-repentino/>. [Accessed: 12-Feb-2020].
- [4] “Tejido de protección según la necesidad de cada sector.” [Online]. Available: <https://marinatextil.com/es/tejido-proteccion>. [Accessed: 7- Feb-2020].
- [5] “Ignifugo que no se quema o que retarda fuego.” [Online]. Available: <https://texfire.net/blog/ignifugo-que-no-se-quema-o-que-retarda-fuego>. [Accessed: 29-Jan-2020].
- [6] M. Miao and J. H. Xin, *Engineering of High-Performance Textiles*. Elsevier, 2018. [Online]. Available: [https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpEHP T0003/cid:kt011G9XY1/viewerType:khtml/root\\_slug:engineering-high-performance/url\\_slug:aramids?b-q=aramid&sort\\_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=24&b-sort-on=default&b-content-type=references&include\\_synonyms=no&view=collapsed&zoom=1&q=aramid](https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpEHP T0003/cid:kt011G9XY1/viewerType:khtml/root_slug:engineering-high-performance/url_slug:aramids?b-q=aramid&sort_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=24&b-sort-on=default&b-content-type=references&include_synonyms=no&view=collapsed&zoom=1&q=aramid). [Accessed: 25-Feb-2020].
- [7] “¿Cómo elegir la mejor tela ignífuga ?” [Online]. Available: <https://texfire.net/blog/como-elegir-la-mejor-tela-ignifuga>. [Accessed: 6-Feb-2020].
- [8] “What is aramid? | Teijin Aramid.” [Online]. Available: <https://www.teijinaramid.com/en/technology/what-is-aramid/>. [Accessed: 13-Feb-2020].
- [9] “ARAMIDAS (NOMEX Y KEVLAR) | FIBRAS SINTÉTICAS Y ESPECIALES.” [Online]. Available: <http://todosobrelasfibrassinteticas.blogspot.com/2013/04/aramidas-nomex-y-kevlar.html>. [Accessed: 14-Feb-2020].
- [10] “Aramid Fiber - an overview | ScienceDirect Topics.” [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/aramid-fiber>. [Accessed: 4-Mar-2020].
- [11] V. Moody and H. L. Needles, *Tufted Carpet - Textile Fibers, Dyes, Finishes, and Processes*. William Andrew Publishing, 2004. [Online]. Available: [https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpTCT FDFP4/cid:kt003IHDW1/viewerType:khtml/root\\_slug:tufted-carpet-textile/url\\_slug:modacrylic-fibers?b-q=modacrylic&sort\\_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=13&b-sort-on=default&b-content-type=references&include\\_synonyms=no&view=collapsed&zoom=1&q=modacrylic](https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpTCT FDFP4/cid:kt003IHDW1/viewerType:khtml/root_slug:tufted-carpet-textile/url_slug:modacrylic-fibers?b-q=modacrylic&sort_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=13&b-sort-on=default&b-content-type=references&include_synonyms=no&view=collapsed&zoom=1&q=modacrylic). [Accessed: 3-Mar-2020].
- [12] “FIBRAS SINTÉTICAS : modacrilico.” [Online]. Available: <http://fsinteticas.blogspot.com/2015/04/m-o-d-c-r-i-l-i-c-o-es-un-copolimero.html>. [Accessed: 17-Feb-2020].
- [13] “¿Cómo lavar la ropa de trabajo ignífuga?” [Online]. Available: [http://www.waterfire.es/blog/como-lavar-la-ropa-de-trabajo-ignifuga\\_44](http://www.waterfire.es/blog/como-lavar-la-ropa-de-trabajo-ignifuga_44). [Accessed: 19-Feb-2020].
- [14] Kaneka, “Fiber Protex information. Kanecaron Modacrylic fiber.” 2017. [Online]. Available: [http://protexfiber.com/wp-content/uploads/2018/10/%E3%80%90%E6%9C%80%E6%96%B0%E3%80%91Protex-Brochure\\_A4.pdf](http://protexfiber.com/wp-content/uploads/2018/10/%E3%80%90%E6%9C%80%E6%96%B0%E3%80%91Protex-Brochure_A4.pdf) [Accessed: 5-Mar-2020].
- [15] “FR Viscose-T100 » Aramid HPM.” [Online]. Available: <https://www.aramid.com/fr-viscose-t100/>. [Accessed: 9-Mar-2020].
- [16] “Lenzing - Industrial.” [Online]. Available: <https://www.lenzingindustrial.com/Application/protective-wear>. [Accessed: 24-Feb-2020].



- [17] “FRF Phosphorous Flame Retardant Fiber.” [Online]. Available: <https://intraros-fibers.com/en/product/staple-fiber-for-non-wovens/special/frf/>. [Accessed: 10-Mar-2020].
- [18] “Fibra de vidrio | Tecnología de los Plásticos.” [Online]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>. [Accessed: 26-Feb-2020].
- [19] “FireFil | Filspec – Hilos técnicos.” [Online]. Available: <https://www.filspec.com/firefil-es>. [Accessed: 27-Feb-2020].
- [20] “Tecstar-Fiber | Es |.” [Online]. Available: <http://www.tecstar-fiber.com/>. [Accessed: 19-Feb-2020].
- [21] “PBI Fibers.” [Online]. Available: <https://polymerdatabase.com/Fibers/PBI.html>. [Accessed: 15-May-2020].
- [22] “índice límite del oxígeno | Real Academia de Ingeniería.” [Online]. Available: <http://diccionario.raing.es/es/lema/%C3%ADndice-%C3%ADmite-del-ox%C3%ADgeno>. [Accessed: 13-Feb-2020].
- [23] “El Rincon De Celestecielo: Algunos conceptos de telas en tejido plano.” [Online]. Available: <https://elrincondecelestecielo.blogspot.com/2012/09/algunos-conceptos-de-telas-en-tejido.html>. [Accessed: 18-May-2020].
- [24] “Tejido RipStop - Uniforma.” [Online]. Available: <https://www.uniforma.net/blog/tejido-ripstop/>. [Accessed: 18-May-2020].
- [25] “ECO2 SIZE - Archroma.” [Online]. Available: <https://www.archroma.com/systems/eco2-size>. [Accessed: 21-May-2020].
- [26] “PRODUCTS FIBER FINISHING &SIZING PRETREATMENT & OPTICAL BRIGHTENING PRETREATMENT OPTICAL BRIGHTENING DYEING & PRINTING DYEING PRINTING DYEING AUXILIARIES.” [Online]. Available: <http://www.uniteks.org/tr/Product/archroma.pdf>. [Accessed: 27-May-2020].
- [27] “Acabados Insa - Preparación, Tintura, Estampación y Acabados textiles.” [Online]. Available: <https://www.acabadosinsa.com/servicios/>. [Accessed: 28-May-2020].
- [28] C. Andrea, “PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE TINTURA DE FIBRAS TEXTILES EN POLIAMIDA.” [Online]. Available: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7589/1/6141214-2019-2-IQ.pdf>. [Accessed: 28-Apr-2020].
- [29] “Distintos acabados textiles.” [Online]. Available: <http://www.ciaindumentaria.com.ar/plataforma/distintos-acabados-textiles/>. [Accessed: 29-May-2020].
- [30] Tinto-limp, “Procesos textiles. Acabados textiles.” [Online]. Available: [https://www.tintoreriaindustrial.com/download/documentaci%C3%B3n/acabados\\_textiles/ACABADOS%20TEXTILES%20II.pdf](https://www.tintoreriaindustrial.com/download/documentaci%C3%B3n/acabados_textiles/ACABADOS%20TEXTILES%20II.pdf). [Accessed: 02-Jun-2020].
- [31] “Normas de los tejidos de protección - ISO / ASTM - Marina Textil.” [Online]. Available: <https://marinatextil.com/es/norma-tejido-proteccion>. [Accessed: 10-Feb-2020].
- [32] “Tejinconex. A high-performance meta-aramid that drives protection.” [Online]. Available: <https://www.tejinaramid.com/wp-content/uploads/2018/10/Product-brochure-Tejinconex.pdf>. [Accessed: 09-Jun-2020].

- [33] “Burning behavior of aramid an FR viscose blended fabrics.” [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/7cd8/c52a5fea3193bfe50a52e30c87a731b5f1a7.pdf>. [Accessed: 09-Jun-2020].
- [34] “Engineering of high-performance textil.” [Online]. Available: [https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpEHPT0003/cid:kt011G9YLW/viewerType:khtml//root\\_slug:engineering-high-performance/url\\_slug:aramids?b-q=aramid&sort\\_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=29&b-sort-on=default&b-content-type=references&include\\_synonyms=no&view=collapsed&zoom=1&q=aramid](https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpEHPT0003/cid:kt011G9YLW/viewerType:khtml//root_slug:engineering-high-performance/url_slug:aramids?b-q=aramid&sort_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=29&b-sort-on=default&b-content-type=references&include_synonyms=no&view=collapsed&zoom=1&q=aramid). [Accessed: 5-May-2020].
- [35] “(PDF) Thermal and sorption study of flame-resistant fibers.” [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/264007903\\_Thermal\\_and\\_sorption\\_study\\_of\\_flame-resistant\\_fibers](https://www.researchgate.net/publication/264007903_Thermal_and_sorption_study_of_flame-resistant_fibers). [Accessed: 08-Jun-2020].
- [36] CHT-BEZEMA, *Military. Textile for protection and camouflage*.
- [37] A. R. Horrocks, “Handbook of Technical Textiles Technical fibres for heat and flame protection,” 2016, doi: 10.1016/B978-1-78242-465-9.00008-2. [Online]. Available: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2062/science/article/pii/B9781782424659000082>. [Accessed: 07-Jun-2020].
- [38] “Lenzing FR.” [Online]. Available: <http://www.samil-sp.co.kr/UploadFiles/board/ds0001/1.19943637064E+13001.pdf>. [Accessed: 13-May-2020].
- [39] “Lenzing FR – Karsu Tekstil.” [Online]. Available: <https://karsu.com.tr/en/products/technical-yarns/lenzing-fr/>. [Accessed: 15-May-2020].
- [40] “How do the different Flame Resistant fabrics compare.” [Online]. Available: [https://www.hudsonworkwear.com/fabric\\_compare.aspx](https://www.hudsonworkwear.com/fabric_compare.aspx). [Accessed: 22-Jun-2020].
- [41] “FIBRAS SINTÉTICAS 1: POLIAMIDA O NYLON.” [Online]. Available: [http://fibrologia.blogspot.com/2013/04/poliamida-o-nylon\\_8.html](http://fibrologia.blogspot.com/2013/04/poliamida-o-nylon_8.html). [Accessed: 24-Jun-2020].
- [42] “CLASIFICACIÓN DE LOS HILOS SEGÚN SU ESTRUCTURA. by Estefanía Gómez Grajales.” [Online]. Available: <https://prezi.com/ijvnjljyqktl/clasificacion-de-los-hilos-segun-su-estructura/?frame=ad50f11ead1b1d4cdeac681a65940ebe16ae038f>. [Accessed: 29-Jun-2020].
- [43] “Sarga - Uniforma.” [Online]. Available: <https://www.uniforma.net/blog/pagina-ejemplo/>. [Accessed: 29-Jun-2020].
- [44] “V. La industria textil y su control de calidad by Fidel Lockuán - issuu.” [Online]. Available: [https://issuu.com/fidel\\_lockuan/docs/v\\_la\\_industria\\_textil\\_y\\_su\\_control\\_de\\_calidad/12](https://issuu.com/fidel_lockuan/docs/v_la_industria_textil_y_su_control_de_calidad/12). [Accessed: 01-Jul-2020].
- [45] H. Wedin *et al.*, “Preparation of Viscose Fibres Stripped of Reactive Dyes and Wrinkle-Free Crosslinked Cotton Textile Finish,” *Journal of Polymers and the Environment*, vol. 26, no. 9, pp. 3603–3612, Sep. 2018, doi: 10.1007/s10924-018-1239-y.
- [46] “(PDF) Effect of Dyeing Parameters on Color Strength of Viscose Rayon and Polyester Blended Fabric.” [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/332091358\\_Effect\\_of\\_Dyeing\\_Parameters\\_on\\_Color\\_Strength\\_of\\_Viscose\\_Rayon\\_and\\_Polyester\\_Blended\\_Fabric](https://www.researchgate.net/publication/332091358_Effect_of_Dyeing_Parameters_on_Color_Strength_of_Viscose_Rayon_and_Polyester_Blended_Fabric). [Accessed: 16-Jun-2020].

- [47] D. Sedlak, "Documento/Manual de Química." [Online]. Available: <https://www.afirm-group.com/wp-content/uploads/2013/07/Apendice-F-Manual-de-Guia-Quimica.pdf>. [Accessed: 20-Jun-2020].
- [48] "Colorantes tina - Grupo CHT - Químicas especiales." [Online]. Available: [https://www.cht.com/cht/web.nsf/id/pa\\_colorantes\\_tina\\_es.html](https://www.cht.com/cht/web.nsf/id/pa_colorantes_tina_es.html). [Accessed: 30-Jun-2020].
- [49] "Entendiendo El Espacio de Color CIE L\*A\*B\* | Konica Minolta Sensing." [Online]. Available: <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>. [Accessed: 28-Jun-2020].
- [50] TSolé, "TINTURA POR AGOTAMIENTO E IMPREGNACIÓN." [Online]. Available: <https://asolengin.files.wordpress.com/2016/04/procesos-de-tintura-por-agotamiento-e-impregnacion3b3n.pdf>. [Accessed: 17-Jun-2020].
- [51] "Beneficios de peso de DuPont™ Nomex®." [Online]. Available: <https://www.dupont.mx/knowledge/beneficios-de-peso-de-las-prendas-fabricadas-de-nomex.html>. [Accessed: 03-Jul-2020].
- [52] "Instrucciones de lavado de prendas ignifugas contra acidos con tela alexandra ." [Online]. Available: [http://obl.com.pe/productos-proteccion/img/cms/Indicaciones\\_lavado\\_proteccion-contra-quimicos.pdf](http://obl.com.pe/productos-proteccion/img/cms/Indicaciones_lavado_proteccion-contra-quimicos.pdf). [Accessed: 22-Apr-2020].
- [53] "The Advantages of Kanecaron / Protex | Flame-Retardant Materials | KANEKA CORPORATION." [Online]. Available: <https://www.modacrylic.com/en/about>. [Accessed: 02-Jul-2020].



## Anexos

### Anexo 1. Hoja de ruta

Imagen 1. Hoja de ruta tela ripstop.

ARTICULO(S)														
Ta	Base	Ditept	Acaap	Diespt	Color	Repit	Metros	Metros Ini	Cant PB	Ancho	Peso m2	Nom Producto	Kg/ml	Composicion
1	<b>7FX58</b>	FS01	274E73	*	197017		39	39	36	Std 152 Min 149 Max 155	240	7FX58 DYE MOISTURE MANAGEMENT	,36	VISC 65.0 / ARAM 22.0
Ensayo: FX58							39							
FLUJO														
Paso	Wc	Nom Wc	Operacion	Receta	Pases	Fecha	Turno	Maquina	Equipo	Responsable				
100	FAA02	FORMAD CHAMUSC	502 FORMAR LOTES		1,000	2020-05-20	N	2298		D63451				
110	FAB01	TRN BQEO ANCHO	550 DESENGOMAR	F00105	1,000	2020-05-05	M	3684		542209				
310	FAC05	TEÑIDO DISCONT	601 TEÑIR	F197017A	1,000	2020-05-21	M	2282		822213				
330	FAC15	ABRIDORA	600 ESCURRIR PLEG		1,000									
335	FAC16	LAB. DE TEÑIDO	541 CHEQUEAR		1,000									
340	FAE03	TERMOFIJAD CAS	531 SECAR		1,000	2020-05-21	M	2442		467159				
350	FAB10	FOULARD IMPREG	602 ENCINTADORA		1,000	2020-05-21	T	1316		E28195				
380	FAC06	PAD BATCH	601 TEÑIR	F197017V	1,000	2020-05-21	T	3823		920843				
370	FAC10	ESTACION REPOSO	532 REPOSAR		1,000									
390	FAC08	LAV. GOLL CASU	535 LAVAR Y SECAR	FAXACI04	1,000	2020-05-22	M	3822		384123				
395	FAC16	LAB. DE TEÑIDO	541 CHEQUEAR		1,000	2020-05-22	M			F91928				
710	FAE03	TERMOFIJAD CAS	703 APRESTAR	F274E73	1,000	2020-05-22	M	3571		932808				
720	FAE06	SAFORIZAD CASU	708 PREENCOGER		1,000	2020-05-22	T	1383		F58644				
900	FAE13	LAB.DE ACABDO	541 CHEQUEAR		1,000									
910	FAF01	REVISADORAS	750 PRECLASIFICAR		1,000	0000-00-00	M			194704				
920	FAF03	CORTADORAS	752 PICAR		1,000									
999	EST99	ESTIRAJE/ENCOG	999 ESTIRAJE/ENCOG		1,000									

Imagen 2. Hoja de ruta tela D2XII.

ARTICULO(S)														
Ta	Base	Ditept	Acaap	Diespt	Color	Repit	Metros	Metros Ini	Cant PB	Ancho	Peso m2	Nom Producto	Kg/ml	Composicion
1	<b>7FX59</b>	D21I	273E73	*	N7922C		288	288	281	Std 155 Min 152 Max 158	230	7FX59 DYE antifluído	,36	VISC 65.0 / ARAM 22.0
Ensayo: FX59							288							
FLUJO														
Paso	Wc	Nom Wc	Operacion	Receta	Pases	Fecha	Turno	Maquina	Equipo	Responsable				
100	FAA02	FORMAD CHAMUSC	502 FORMAR LOTES		1,000	2020-05-18	M	1307		080887				
110	FAB01	TRN BQEO ANCHO	550 DESENGOMAR		1,000	2020-05-21	M	3684		542209				
310	FAC01	CONTINUA #1	601 TEÑIR	FW792201	1,000									
395	FAC16	LAB. DE TEÑIDO	541 CHEQUEAR		1,000									
710	FAE03	TERMOFIJAD CAS	703 APRESTAR	F274E73	1,000									
720	FAE06	SAFORIZAD CASU	708 PREENCOGER		1,000									
900	FAE13	LAB.DE ACABDO	541 CHEQUEAR		1,000									
910	FAF01	REVISADORAS	750 PRECLASIFICAR		1,000									
920	FAF03	CORTADORAS	752 PICAR		1,000									
999	EST99	ESTIRAJE/ENCOG	999 ESTIRAJE/ENCOG		1,000									

## Anexo 2. Ficha técnica

Imagen 3. Ficha técnica tela ripstop.



Carrera 50 # 38-320  
Tel: 57(4) 448 35 00 . Fax: 57(4) 451 10 26  
www.fabricato.com . e-mail: info@fabricato.com  
Bello, Antioquia - Colombia

ESPECIFICACIONES  
TÉCNICAS DE PRODUCTO  
/FABRIC PROFILE

FECHA DE ACTUALIZACIÓN (dd/mm/aa)/update (dd/mm/yy) 07/07/20

FECHA DE EMISIÓN (dd/mm/aa) /issue date 07/07/20

POSICIÓN ARANCELARIA/harmonized system code

CÓDIGO DE PRODUCTO /production style 7FX58 \* 274E73 \* \*

NOMBRE DEL PRODUCTO/producto name 7FX58 , ACABADO DYE MOISTURE MANAGEMENT POLIAMIDA/CONFECCIÓN

TEJIDO/type of weave FANTASIAS - PLANO

USO FINAL/final use MILITAR

TINTURA/Dyestuff

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	ESTÁNDAR	NORMA
Ancho útil (cuttable width)	cm	152 ± 2%	ASTM D 3774
Ancho total (full width)	cm	152 ± 2%	
Peso (original) (finished weight)	oz/y <sup>2</sup>	7.17 ± 4%	
Peso (original) (finished weight)	g/m <sup>2</sup>	243 ± 4%	
Peso Lavado (washed weight)	oz/y <sup>2</sup>		
Composición (Content Fiber)	%	VIS 65 , ARA 22 , PA 12 , ANT 1	
Pierna virada (skew movement)	%	-3 a 3 %	AATCC 179
Hilos urdimbre (construction warp)	Hilos/pulg	59 ± 3%	
Hilos trama (construction weft)	Hilos/pulg	48 ± 5%	
Titulos urdimbre (warp count)	Ne	24/2	ASTM D 1059
Titulos trama (weft count)	Ne	24/2	ASTM D 1059
Tipo hilatura urdimbre (type of spin warp)		RS	
Tipo hilatura trama (type of spin weft)		RS	
Elasticidad (stretch)	%	N/A %	ASTM D 3107
Crecimiento 1hr Max / Growth 1hr Max (>35) Trama	%	N/A	ASTM D 3107
Crecimiento 1hr Max / Growth 1hr Max (10 - 20) Trama	%	N/A	ASTM D 3107
Crecimiento 1hr Max / Growth 1hr Max (20.1 - 34.9) Trama	%	N/A	ASTM D 3107
Elasticidad dupont Trama (stretch dupont)	%	N/A %	METODO DUPONT
Elasticidad dupont Urdimbre (stretch warp)	%	N/A %	METODO DUPONT
Recuperación Trama (recovery weft)	%	Mínimo N/A %	METODO DUPONT
Recuperación Urdimbre (recovery warp)	%	mímimo N/A %	METODO DUPONT
Cambio dimensional urdimbre (shrinkage - warp)	%	-4 a 0 %	AATCC 135
Cambio dimensional trama (shrinkage - weft)	%	-4 a 0 %	AATCC 135
Resistencia a la tracción urdimbre (tensile strength - warp)	N	Mínimo 800	ASTM D 5034
Resistencia a la tracción trama (tensile strength - weft)	N	Mínimo 600	ASTM D 5034
Resistencia rasgo urdimbre (tear strength - warp)	N	Mínimo 30	ASTM D 1424
Resistencia rasgo trama (tear strength - weft)	N	Mínimo 30	ASTM D 1424
Resistencia deslizamiento urdimbre (warp slilage)	N	Mínimo 110	ASTM D 434
Resistencia deslizamiento trama (weft slilage)	N	Mínimo 110	ASTM D 434
Strech Lavado Trama	%	N/A %	ASTM D 3107 MODIF
Strech Lavado Urdimbre	%	N/A %	ASTM D 3107 MODIF

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	ESTÁNDAR	NORMA
Solidez a la luz - 20 Horas (fastness to light - 20 hours)	Escala de grises (grey scale)	Min 4	AATCC 16
Solidez a la luz - 40 Horas (fastness to light - 40 hours)	Escala de grises (grey scale)		
Solidez a la luz - 80 Horas (fastness to light - 80 hours)	Escala de grises (grey scale)		
Solidez al frote húmedo (fastness to crocking wet)	Escala de grises (grey scale)		
Solidez al frote seco (fastness to crocking dry)	Escala de grises (grey scale)		
Solidez al lavado IIA - Cambio de color (fastness to washing - colour change)	Escala de grises (grey scale)	Min 4	AATCC 61
Solidez al lavado IIA - Manchado (fastness to washing-stain)	Escala de grises (grey scale)	Min 4	AATCC 61
Solidez al lavado IIIA - Cambio de color (fastness to washing - colour change)	Escala de grises (grey scale)		
Solidez al lavado IIIA - Manchado (fastness to washing-stain)	Escala de grises (grey scale)		
Solidez al lavado IVA - Cambio de color (fastness to washing - colour change)	Escala de grises (grey scale)		
Solidez al lavado IVA-Manchado (fastness to washing-stain)	Escala de grises (grey scale)		
Solidez al sudor ácido - Cambio de color (fastness to perspiration acid - colour change)	Escala de grises (grey scale)	Min 4	AATCC 15
Solidez al sudor ácido - Manchado (fastness to perspiration acid - stain)	Escala de grises (grey scale)		
pH			
% Recovery urdimbre	%	N/A %	ASTM D 3107 MODIF
% Recovery trama	%	N/A %	ASTM D 3107 MODIF
Crecimiento 1 hr max / Growth 1 hr Max(>35) Urdimbre	%	N/A %	ASTM D 3107 MODIF
Crecimiento 1 hr max / Growth 1 hr Max(10-20) Urdimbre	%	N/A %	ASTM D 3107 MODIF
Crecimiento 1 hr max / Growth 1 hr Max(20.1-34.9) Urdimbre	%	N/A %	ASTM D 3107 MODIF

Fabricato S.A. se reserva el derecho de hacer modificaciones sin previo aviso dentro de su proceso de mejoramiento continuo.

/Fabricato S.A. reserves the right to modify this information without notice through its continuous improvement process.



Anexo 3. Certificado de calidad

Imagen 4. Certificado de calidad tela ripstop.

**CERTIFICADO DE CALIDAD**  
Laboratorio de Telas

03/07/2020 11:03 am

**Tela ( fabric ) :** 7FX58 FS01 274E73 \* 197017 **Lote ( Lot ) :** L01007126  
**Descripción :** 7FX58 DYE MOISTURE MANAGEMENT / Dispo / Batch / Línea F5 / FP4576 / 01  
**Composición ( fiber Content ) :** VIS 65.0% , ARA 22.0% , PA 12.0% , P  
**Pedido :** 904274  
**Fecha Ingreso :** 26/05/2020 09:15 a. m. **Orden de Compra :**  
**Fecha Final :** 26/05/2020 11:36 a. m. **Cliente ( Client ) :** FABRICATO ENSAYOS  
**Norma Técnica :** LICITACIONES  
( Standard Technique )  
**Uso Final ( Final Use ) :** 7FX58 274E73 \* 197017 IGNIFL

SOLO PARA USO INTERNO  
COMPLETO

Chequeo	Und	Estándar			Vlr Real	Metodo	Conforme
		Min	Max	Fijo			
% ENCOGIMIENTO DADO	%	.00			10.00		⊖
# DE MAQUINA		.00			1,363.00		⊖
% CAMBIO DIMENSIONAL EN TRAMA II	%	-3.00	3.00		-1.20	NTC908	✓
% CAMBIO DIMENSIONAL EN URDIMBRE II	%	-3.00	3.00		-.80	NTC908	✓
ABSORCION DERECHO	seg				15.00	AATCC 79	✗
ANCHO CON ORILLO (CM)	cm	150.00			152.40	NTC228	✓
ANCHO SIN ORILLO (CM)	cm	150.00			152.40	NTC228	✓
DENSIDAD TRAMA (CM)	hil/cm	18.00			19.29	NTC427	✓
DENSIDAD URDIMBRE (CM)	hil/cm	22.00			23.62	NTC427	✓
INCANDECENCIA RESIDUAL 60 LAVADOS TRAMA	Seg		2.00		.00	NTC 6067	✓
INCANDECENCIA RESIDUAL 60 LAVADOS URDIMBRE	Seg		2.00		.00	NTC 6067	✓
INCANDECENCIA RESIDUAL TRAMA INICIAL	Seg		2.00		.00	NTC 6067	✓
INCANDECENCIA RESIDUAL URDIMBRE INICIAL	Seg		2.00		.00	NTC 6067	✓
LLAMA RESIDUAL 60 LAVADOS TRAMA	Seg		2.00		.00	NTC 6067	✓
LLAMA RESIDUAL 60 LAVADOS URDIMBRE	Seg		2.00		.00	NTC 6067	✓
LLAMA RESIDUAL TRAMA INICIAL	Seg		2.00		.00	NTC 6067	✓
LLAMA RESIDUAL URDIMBRE INICIAL	Seg		2.00		.00	NTC 6067	✓
LONGITUD DE CARBONIZACIÓN TRAMA INICIAL	mm		102.00		61.00	NTC 6067	✓
LONGITUD DE CARBONIZACIÓN TRAMA 60 LAVADOS	mm		102.00		55.00	NTC 6067	✓
LONGITUD DE CARBONIZACIÓN URDIMBRE INICIAL	mm		102.00		30.00	NTC 6067	✓
LONGITUD DE CARBONIZACIÓN URDIMBRE 60 LAVA	mm		102.00		60.00	NTC 6067	✓
MEZCLA % DE ARAMIDA	%	20.00	24.00		.00	NTC481	✗
MEZCLA % DE FIBRA ANTIESTATICA	%	1.00			.00	NTC481	✗
MEZCLA % DE NYLON	%	11.00	13.00		.00	NTC481	✗
MEZCLA % DE VISCOSA	%	62.00	68.00		.00	NTC481	✗
PESO (G)	g/m2	210.00	250.00		252.10	NTC230	✗
PH		5.50	8.50		9.26	NTC 5495	✗
PILLING 30 MINUTOS		4.50			4.50	NTC2051	✓
RESISTENCIA A LA TENSION EN TRAMA	N	600.00			482.16	NTC754-1	✗
RESISTENCIA A LA TENSION EN URDIMBRE	N	800.00			570.68	NTC754-1	✗
RESISTENCIA A LA TENSION TRAMA - 2C-E METODO	N	600.00			604.04	NTC754-2	✓
RESISTENCIA A LA TENSION URDIMBRE - 2C-E MET	N	800.00			822.88	NTC754-2	✓
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN TRAMA	N	110.00			299.80	NTC1386	✓
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN URDIMBRE	N	110.00			299.80	NTC1386	✓

SOL

Chequeo	Und	Estándar			Vlr Real	Metodo	Conforme
		Min	Max	Fijo			
RESISTENCIA AL RASGO EN TRAMA	N	30.00			39.55	NTC313	✓
RESISTENCIA AL RASGO EN URDIMBRE	N	30.00			63.36	NTC313	✓
SOLIDEZ A LA LUZ - 20 HORAS	E.G	4.00			5.00	NTC1479	✓
SOLIDEZ AL FROTE HÚMEDO - MANCHADO	E.G	4.00			4.00	NTC786	✓
SOLIDEZ AL FROTE SECO - MANCHADO	E.G	4.00			4.50	NTC786	✓
SOLIDEZ AL LAVADO IIA - C/COLOR	E.G	4.00			4.50	NTC1155	✓
SOLIDEZ AL LAVADO IIA - MANCHADO	E.G	4.00			4.50	NTC1155	✓
SOLIDEZ AL SUDOR ACIDO - C/COLOR	E.G	4.00			4.50	NTC772	✓
SOLIDEZ AL SUDOR ACIDO - MANCHADO	E.G	4.00			4.50	NTC772	✓
TONO DIFERENCIA TOTAL COLOR [D.E]	De		1.50		.63	NTMD 0151	✓



Imagen 5. Certificado de calidad tela D3X11.

**CERTIFICADO DE CALIDAD**

Laboratorio de Telas

17/06/2020 11:55 am

**Tela (fabric) :** 8FU94 D31I 277E73 \* 197714 **Lote (Lot) :** L00979714  
**Descripción :** 8FU94 **Td / Dispo / Batch / Línea :** F5 / FO9422 / 02  
**Composición (fiber Content) :** VIS 60.0% , MAC 30.0% , MAR 10.0% **Pedido :** 883666  
**Fecha Ingreso :** 20/09/2019 10:56 p. m. **Orden de Compra :** .  
**Fecha Final :** 21/09/2019 01:43 p. m. **Cliente ( Client ) :** FABRICATO ENSAYOS  
**Norma Técnica :** NTC703  
*( Standard Technique )*  
**Uso Final ( Final Use ) :** DATOS DE MESA (SIN SANFOI)

SOLO PARA USO INTERNO  
COMPLETO

Chequeo	Und	Estándar			Vlr Real	Metodo	Conforme	
		Min	Max	Fijo				
ANCHO LAVADO	cm				153.00	NTC228	✗	Previos
ANCHO ORIGINAL (SIN SANFORIZAR)	cm				167.40	NTC228	✗	Previos
ARCO MESA	cm				.00		✗	Previos
ESTIRA O ENCOGE ANCHO (SIN SANFORIZAR)	cm				-14.40		✗	Previos
ESTIRA O ENCOGE LARGO (SIN SANFORIZAR)	%				-9.60		✗	Previos
PIERNA LAVADA	Pulg				2.00		✗	Previos
# TAMAÑO DE LA MUESTRA	cm	.00			250.00		⚠	
% CAMBIO DIMENSIONAL EN TRAMA I	%				-5.60	NTC908	✗	
% CAMBIO DIMENSIONAL EN TRAMA II	%				-6.00	NTC908	✗	
% CAMBIO DIMENSIONAL EN URDIMBRE I	%		.00		-5.20	NTC908	✗	
% CAMBIO DIMENSIONAL EN URDIMBRE II	%		.00		-5.20	NTC908	✗	
% PIERNA DERECHA	%	-3.00	3.00		2.09	NTC 5121	✓	
% PIERNA IZQUIERDA	%	-3.00	3.00		2.69	NTC 5121	✓	
ANCHO CON ORILLO	cm	153.00	159.00		159.30	NTC228	✗	
ANCHO SIN ORILLO	cm	151.00	157.00		157.80	NTC228	✗	
DENSIDAD TRAMA	1il/pulξ	44.65	49.35		52.00	NTC427	✗	
DENSIDAD URDIMBRE	1il/pulξ	97.97	104.03		100.00	NTC427	✗	
INCANDECENCIA RESIDUAL 5 LAVADOS TRAMA	Seg				2.40	NTC 6067	✓	
INCANDECENCIA RESIDUAL 5 LAVADOS URDIMBRE	Seg				2.30	NTC 6067	✓	
INCANDECENCIA RESIDUAL TRAMA INICIAL	Seg				.20	NTC 6067	✓	
INCANDECENCIA RESIDUAL URDIMBRE INICIAL	Seg				.20	NTC 6067	✓	
LLAMA RESIDUAL 5 LAVADOS TRAMA	Seg				.00	NTC 6067	✓	
LLAMA RESIDUAL 5 LAVADOS URDIMBRE	Seg				.00	NTC 6067	✓	
LLAMA RESIDUAL TRAMA INICIAL	Seg				.00	NTC 6067	✓	
LLAMA RESIDUAL URDIMBRE INICIAL	Seg				.00	NTC 6067	✓	
LONGITUD DE CARBONIZACIÓN TRAMA INICIAL	mm				23.00	NTC 6067	✓	
LONGITUD DE CARBONIZACIÓN TRAMA 5 LAVADOS	mm				24.50	NTC 6067	✓	
LONGITUD DE CARBONIZACIÓN URDIMBRE INICIAL	mm				28.00	NTC 6067	✓	
LONGITUD DE CARBONIZACIÓN URDIMBRE 5 LAVAD	mm				22.00	NTC 6067	✓	
PESO	g/m2	326.40	353.60		332.90	NTC230	✗	
PILLING 30 MINUTOS		4.00			5.00	NTC2051	✓	
RESISTENCIA A LA TENSION EN TRAMA	N				409.22	NTC754-1	✗	
RESISTENCIA A LA TENSION EN URDIMBRE	N				535.98	NTC754-1	✗	
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN TRAMA	N				299.80	NTC1386	✗	



SOL

Chequeo	Und	Estándar			Vir Real	Metodo	Conforme
		Min	Max	Fijo			
RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN URDIMBRE	N				299.80	NTC1386	✗
RESISTENCIA AL RASGO EN TRAMA	N				20.16	NTC313	✗
RESISTENCIA AL RASGO EN URDIMBRE	N				21.44	NTC313	✗
SOLIDEZ A LA LUZ - 20 HORAS	E.G	4.00			4.50	NTC1479	✗
SOLIDEZ AL FROTE HÚMEDO - MANCHADO	E.G	4.00			4.00	NTC786	✗
SOLIDEZ AL FROTE SECO - MANCHADO	E.G	4.00			5.00	NTC786	✗
SOLIDEZ AL LAVADO IIIA - C/COLOR	E.G	4.00			4.50	NTC1155	✗
SOLIDEZ AL LAVADO IIIA - MANCHADO	E.G	3.00			4.00	NTC1155	✗
SOLIDEZ AL SUDOR ACIDO - C/COLOR	E.G	4.00			4.50	NTC772	✗
SOLIDEZ AL SUDOR ACIDO - MANCHADO	E.G	3.00			4.50	NTC772	✗

#### Anexo 4. Ficha de recomendaciones generales

### Recomendaciones generales 7FX58 y 7FX59 – Tela ignífuga inherente para la industria petroquímica y eléctrica.

(65% Viscosa FR, 22% meta-aramida, 12% Nylon, 1% Fibra Antiestática)






*Tabla 3. Recomendaciones generales.*

Proceso	Permitido
Antes del corte	<p>Almacenar los rollos de manera adecuada, la tarima no debe ser más pequeña del ancho del rollo, no almacenar en cruz, no hacer arrumes muy altos, no pararlos verticalmente y no tirar los rollos contra el piso para evitar el engolado que puede dificultar el corte y generar viro al tejido.</p> <p>Verifique los encogimientos para estandarizar su moldería.</p>
Extendido y corte	<p>No mezclar rollos con diferente tono.</p> <p>Se recomienda no exceder de 70 capas en el tendido.</p> <p>Utilice papel de amarre (papel Tex) cada 20 capas para evitar que la tela se deslice.</p> <p>Verifique el buen estado de las cuchillas en el corte y con una buena lubricación</p> <p>Programe la producción para que el tiempo de ensamble de la prenda después de realizar el corte sea el menor posible.</p>
Confección	<p>Verifique el perfecto ajuste de sus máquinas, disminuir velocidades en las operaciones más críticas, esto es importante para lograr una costura uniforme al controlar la manipulación del tejido y la adecuada alimentación.</p> <p>Revise periódicamente las agujas y cámbielas ante cualquier irregularidad.</p> <p>Utilice siempre agujas punta de bola con el calibre adecuado y de ser posible con recubrimiento.</p> <p>Confeccione en el respunte con un promedio de 9 a 10 ppp.</p> <p>No reprocese en la confección, esto le produce piques en la tela después del lavado.</p>

	<p>Evite realizar presillas localizadas en los costados, solo haga las imprescindibles como las de amarre.</p> <p>No sobrecargue el diseño de la prenda con más de 6 capas incluyendo bolsillos y cortes.</p> <p>Las costuras deben ser completas, derechas, sin fruncidos, puntadas saltadas, hilos sueltos, remates inadecuados o manchas. Deben presentar elongación uniforme con la tela y no deben romperse al estirarse.</p> <p>Todo el hilo de coser utilizado en la construcción de prendas resistentes al fuego, excluyendo los bordados, deberá ser de una fibra inherentemente resistente al fuego, no debe encender, derretir, gotear ni separarse.</p> <p>Botones, cierres, emblemas, rayas reflectantes, elásticos, etiquetas, entretelas y otros materiales textiles utilizados en la construcción de prendas resistentes al fuego no deben encender, derretir, gotear ni separarse.</p> <p>Las etiquetas usadas en la construcción de prendas de vestir resistentes al fuego deberán tener alta durabilidad de impresión, permanecer legibles y en su lugar.</p>
Desengomado	No aplica
Lavado	No aplica
Enzima celulasa neutra	No aplica
Enzima celulasa ácida	No aplica
Piedras pómez	No aplica
Permanganato de potasio	No aplica
Hipoclorito de sodio	No aplica
Laser	No aplica
Resinas	No aplica
Tinturas	No aplica
Suavizante catiónico	No aplica
Suavizante siliconado	No aplica
Peróxido de hidrógeno	No aplica
Secado	No aplica

Nota: Procesar en máquina horizontales. Realice muestras previas antes de iniciar su producción para hacer los ajustes necesarios, los encogimientos pueden cambiar de un pedido a otro.

### Cuidado y mantenimiento de ropa de protección a la llama

-  Temperatura máxima de lavado: 75°C
-  No usar cloro ni ningún tipo de blanqueador
-  Temperatura máxima de planchado: 150°C
-  Lavado en seco solamente con tetracloroetileno (PERC).
-  Secado en secadora a temperatura baja

Otras recomendaciones:

- Eliminar completamente los contaminantes potencialmente inflamables durante el proceso de lavado.
- Remover cualquier residuo inflamable como aceites y grasas antes del lavado. En este caso se puede lavar en seco con tetracloroetileno.
- No utilizar suavizante de ropa pues podría dejar residuos inflamables.
- Enjuagar muy bien para remover residuos que pueden ser combustibles.
- Lavar y secar la prenda del revés, con los cierres, velcros y broches completamente cerrados.
- No lavar conjuntamente con otras prendas.
- No hacer lavados muy abrasivos como “escobillar” para no acortar la vida útil de la prenda.
- No secar al sol.
- Lavar la prenda a alta temperatura repetidamente acortará su vida útil, por lo cual se recomienda lavar a 30-40°C.
- Se puede minimizar la redeposición de suciedad utilizando la carga adecuada, 60-70% para prendas muy sucias, 80% para prendas ligeramente sucias.
- Las prendas no deben almacenarse en luz solar directa o indirecta. Almacenar las prendas limpias y secas y en lugares ventilados.
- Buscar daños, suciedad o contaminación en la tela, costuras y demás después de cada uso y de cada limpieza.
- Si se requiere reparar la prenda, esta debe estar limpia y la reparación se realiza según instrucciones del fabricante y utilizando los mismos materiales, guardar registros de las reparaciones realizadas.