



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

**TRABAJO DE GRADO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
“INGENIERÍA TEXTIL”**

TEMA:

**“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA LLAMA DE UN ACABADO
TEXTIL A BASE DE ÁCIDO BÓRICO Y BÓRAX, APLICADO EN TEJIDO
PLANO 100% ALGODÓN.”**

AUTOR: CINDY ESTEFANÍA QUELAL TAPIA

DIRECTOR: ING. PABLO MARCELO PUENTE CARRERA

Ibarra – Ecuador

2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100385972-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	QUELAL TAPIA CINDY ESTEFANÍA		
DIRECCIÓN:	CIUDADELA DEL CHOFER ARGENTINA 5-63 Y URUGUAY		
EMAIL:	cindystefy93 @gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2608-706	TELÉFONO MÓVIL:	0988080802

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA LLAMA DE UN ACABADO TEXTIL A BASE DE ÁCIDO BÓRICO Y BÓRAX, APLICADO EN TEJIDO PLANO 100% ALGODÓN
AUTOR (ES):	QUELAL TAPIA CINDY ESTEFANÍA
FECHA: AAAAMMDD	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA TEXTIL
ASESOR /DIRECTOR:	ING. MARCELO PUENTE

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

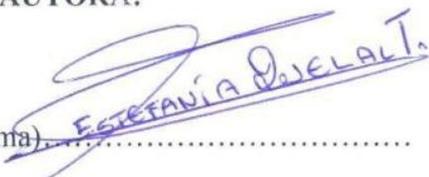
Yo, Quelal Tapia Cindy Estefanía, con cédula de identidad Nro. 100385972-3, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días del mes de abril de 2019

LA AUTORA:

(Firma) .....

QUELAL TAPIA CINDY ESTEFANÍA

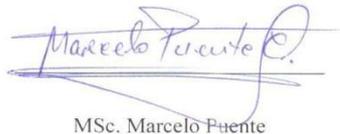
C.I.: 100385972-3

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

MSc. Marcelo Puente Director de la tesis de grado desarrollada por la señorita Estudiante
Quelal Tapia Cindy Estefanía.

CERTIFICA

Que el proyecto de Tesis de Grado con el Título “DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA LLAMA DE UN ACABADO TEXTIL A BASE DE ÁCIDO BÓRICO Y BÓRAX, APLICADO EN TEJIDO PLANO 100% ALGODÓN”, ha sido realizado en su totalidad por la señorita Estudiante Quelal Tapia Cindy Estefanía bajo mi dirección, para obtener el título de Ingeniera Textil. Luego de ser revisado se ha considerado que se encuentra concluido en su totalidad y cumple con todas las exigencias y requerimientos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Textil, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.



MSc. Marcelo Puente

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Quelal Tapia Cindy Estefanía, con cédula de identidad Nro. 100385972-3, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado:

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA LLAMA DE UN ACABADO TEXTIL A BASE DE ÁCIDO BÓRICO Y BÓRAX, APLICADO EN TEJIDO PLANO 100% ALGODÓN, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Textil en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 17 días del mes de abril de 2019

(Firma) 

QUELAL TAPIA CINDY ESTEFANÍA

C.I.: 100385972-3

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, establecimiento que me brindó la oportunidad de formarme como profesional ético y comprometido.

De igual manera a todas las personas que supieron guiar de inicio a fin este trabajo.

Al mismo tiempo mi más sincero agradecimiento a Ing. Marcelo Puente que además de ser quien oriento muy acertadamente este trabajo de investigación, ha sido para mí una fuente de inspiración para mi formación como profesional.

DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis lo dedico enteramente a mi familia, a mis padres Blanca y Herman que han sido y serán mi fortaleza, y una fuente infinita de amor, que es para mí la base para superarme cada días con más ímpetu.

A mis hermanos y cómplices Jess, Vanessa, Gabriel, Emilio, Sebastián ejemplos de lealtad y unión además de ser mi apoyo incondicional y que sin duda alguna son la razón de mi día a día.

Con amor Stef.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
Problema	1
Justificación.....	3
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
2. CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 El algodón	6
2.1.1 Composición Química del algodón.....	8
2.1.2 Propiedades Físicas.	10
2.1.3 Propiedades químicas.....	13
2.2 Acabado Químico Textil.....	15
2.2.1 Definición.....	15
2.2.2 Clasificación.....	15
2.2.3 Acabado no permanente.	15
2.2.4 Acabados Semipermanente.	17
2.2.5 Acabado permanente.....	18
2.2.6 Acabado resistente a la llama a base de ácido bórico y bórax.....	20
2.3 Ignifugación.	20
2.4 Ácido Bórico y Bórax	42
3. CAPÍTULO III	43
ANÁLISIS PROCEDIMENTAL	43
3.1 Método de ensayo - resistencia a la llama NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados. Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la llama, de materiales textiles y laminados.....	43
3.2 Método de ensayo - Procedimiento	43
4. CAPÍTULO IV	46
PARTE EXPERIMENTAL	46
4.1 Materiales, Equipo Y Métodos.....	46
4.1.1 Tejido Plano	46
4.1.2 Equipo de Laboratorio.....	46
4.2 Fichas Técnicas	50

4.2.1 Resina	50
4.2.2 Novapal Sha	53
4.2.3 Ácido Bórico	55
4.2.4 Bórax	60
4.3 Diagrama de Proceso para Proceso de Acabado Resistente a la Llama	62
4.4 Desarrollo De Proceso De Muestras Resistentes A La Llama	63
4.4.1 Desarrollo de proceso de muestra 1	63
4.4.2 Desarrollo de proceso de muestra 2	66
4.4.3 Desarrollo de proceso de muestra 3	68
4.4.4 Desarrollo de proceso de muestra 4	70
4.4.5 Desarrollo de proceso de muestra 5	72
4.4.6 Desarrollo de proceso de muestra 6	74
4.4.7 Desarrollo de proceso de muestra 7	76
4.4.8 Desarrollo de proceso de muestra 8	79
4.4.9 Desarrollo de proceso de muestra 9	81
4.4.10 Desarrollo de proceso de muestra 10	83
4.4.10.1 Estudio de la permanencia del acabado muestra 10	85
CAPÍTULO V	86
ANÁLISIS DE RESULTADOS	86
5.1 Análisis de Resultados	86
5.2 Conclusiones y Recomendaciones	91
Bibliografía	93
Anexos.....	97

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Descomposición completa de ácido bórico</i>	42
<i>Figura 2 Cámara de ensayo con quemado.....</i>	45
<i>Figura 3 Físico De Muestra Inicial.....</i>	46
<i>Figura 4 Rama Termofijadora Rapid Xiamen.....</i>	48
<i>Figura 5 Foulard Rapid vertical Modelo P-AO.....</i>	49
<i>Figura 6 Resultados T Post – Llama</i>	86
<i>Figura 7 Resultados Longitud de Quemado.....</i>	87
<i>Figura 8 Resultados Tiempo - Post llama con suavizante siliconado</i>	87
<i>Figura 9 Resultados Longitud de Quemado con suavizante siliconado.....</i>	88

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Composición Química del algodón</i>	8
<i>Tabla 2 Clasificación micronaire</i>	10
<i>Tabla 3 Clasificación de tenacidad</i>	11
<i>Tabla 4 Grado e Índice de uniformidad de longitud HVI (%)</i>	11
<i>Tabla 5 Grado De Pureza Del Algodón</i>	12
<i>Tabla 6. Eficacia de los agentes ignífugos</i>	25
<i>Tabla 8. Pérdida de resistencia por exposición de tejidos tratados.</i>	28
<i>Tabla 9. Eficacia de los agentes ignífugos</i>	33
<i>Tabla 10 Ficha Técnica Aerotex</i>	50
<i>Tabla 11 Formulación típica AEROTEX 834 SP</i>	51
<i>Tabla 12 Propiedades Habituales Novapal Sha</i>	53
<i>Tabla 13 Toxicología Novapal Sha</i>	53
<i>Tabla 14 Descripción ácido bórico</i>	55
<i>Tabla 15Especificación técnica Ácido Bórico</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Tabla 16.Propiedades Ácido Bórico</i>	60
<i>Tabla 17. Ficha Técnica Bórax</i>	61
<i>Tabla 18 Desarrollo de proceso de muestra 1</i>	63
<i>Tabla 19. Desarrollo de proceso de muestra 2</i>	66
<i>Tabla 20 Desarrollo de proceso de muestra 3</i>	68
<i>Tabla 21 Desarrollo de proceso de muestra 4</i>	70
<i>Tabla 22 Desarrollo de proceso de muestra 5</i>	72
<i>Tabla 23 Desarrollo de proceso de muestra 6</i>	74
<i>Tabla 24 Desarrollo de proceso de muestra 7</i>	76
<i>Tabla 25 Desarrollo de proceso de muestra 8</i>	79
<i>Tabla 26 Desarrollo de proceso de muestra 9</i>	81
<i>Tabla 27 Desarrollo de proceso de muestra 10</i>	83
<i>Tabla 28 Permanencia del Acabado Resistente a la Llama</i>	85
<i>Tabla 29 Resultados de Pruebas Resistente a la Llama</i>	86

RESUMEN

Los seres humanos hemos evolucionado aceleradamente desde nuestros inicios y con cada progreso viene también una nueva necesidad además de la de cubrir, moda, diseño, uso, Etc.

Es así como si definimos un acabado textil en simples palabras son aquellos procesos a los que son sometidos los géneros textiles con el fin de responder a estas nuevas necesidades al aumentar la belleza, utilidad y practicidad de los artículos.

Un acabado textil que busca ser permanente según la bibliografía investigada debe poseer tres componentes

1. Un agente reticulante quien es el encargado de obtener efectos de anti - hinchamiento, estabilidad dimensional, efectos de inarrugabilidad y elasticidad de resorte y propiedades lave y use.
2. Un agente catalizador, que es un donador de protones para la reacción de acetalización de los compuestos n – metilol con los grupos OH de la celulosa
3. Un agente aditivo para la modificación buscada en las propiedades.

La protección de los tejidos contra la acción de fuego viene dada desde tiempos muy antiguos (400 A.C) pero es en 1640 que se prestó mayor atención y se la utilizó en Paris para los telones de teatros, pero es en 1820 que Gay Lussac abrió la primera investigación sistemática para la obtención de tejidos ignífugos, llegando a la conclusión de que las sales más efectivas eran aquellas que poseían un bajo punto de fusión, capaces de recubrir el tejido con una capa vítrea; por otra parte, las sales que eran más efectivas eran aquellas que al ser calentadas producían vapores ininflamables. Estas dos ideas fueron fundamentos teóricos de los agentes ignífugos empleados durante muchos años y son aún hoy en día estudiados.

El acabado resistente a la llama propuesto en el presente trabajo de investigación se lo desarrolló analizando inicialmente las propiedades que hacen del algodón un material inflamable, posteriormente se realizó un estudio del acabado textil en el cual se utilizó el método de acabado por recubrimiento, en el que se buscó principalmente analizar el bórax y ácido bórico como agentes retardantes a la llama mediante el método de ensayo en el que consiste en colocar una muestra que se expone a una fuente de llama, durante 10 s a 45° y se retira, luego se mide el tiempo en que la llama duró una vez retirada la fuente de calor, el tiempo se lo denomina tiempo post llama y se analiza también la longitud que alcanza en ese tiempo y que características posee esta longitud; siendo así que aquella muestra que alcance el menor tiempo de permanencia de llama o en otras palabras se apague pronto y alcance una longitud pequeña de quemado será aquella que nos entregue mejores resultados.

SUMMARY

Human beings have evolved rapidly since our inception, and with each progress comes a new need.

Thus, if we define a textile finish in simple words are those processes to which the textile genres are subjected in order to respond to these new needs by increasing the beauty, usefulness and practicality of the articles.

A textile finish that seeks to be permanent according to the researched bibliography must have three components

1. A crosslinking agent who is in charge of obtaining effects of anti-swelling, dimensional stability, effects of shrinkage and elasticity of spring and properties wash and use.
2. A catalyst agent, which is a proton donor for the acetalization reaction of the n-methylol compounds with the OH groups of the cellulose
3. An additive agent for the modification sought in the properties.

The protection of the fabrics against the action of fire is given from very old times (400 BC) but it is in 1640 that more attention was paid and it was used in Paris for the curtains of theaters, but it is in 1820 that Gay Lussac opened the first systematic investigation for obtaining flame retardant fabrics, reaching the conclusion that the most effective salts were those that had a low melting point, capable of coating the tissue with a glassy layer; On the other hand, the salts that were most effective were those that, when heated, produced non-flammable vapors. These two ideas were the theoretical foundations of the flame retardants used for many years and are still studied today.

The flame resistant finish proposed in this research work was developed by initially analyzing the properties that make cotton a flammable material, then a study of the textile finish was carried out in which the method of coating finish was used, in the that it was mainly sought to analyze borax and boric acid as flame retardant agents by means of the test method in which it consists in placing a sample that is exposed to a flame source, during 10 s to 45o and it is removed, then the time when the flame lasted once the source of heat was removed, time is called post-flame time and the length that it reaches at that time is also analyzed and what characteristics this length has; being that the sample that reaches the shortest time of flame permanence or in other words goes out soon and reaches a small length of burn will be the one that gives us better results.

1. CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Problema

Son los géneros textiles, un riesgo latente en una situación de incendio; una de las características desfavorables y problemáticas que poseen una parte de fibras textiles al entrar en contacto con el fuego, es la resistencia a la llama o inflamabilidad que estas presentan, ya sea en mayor o en menor grado, principalmente en géneros textiles compuestos por algodón convirtiéndose en un problema que la industria textil busca disminuir, debido a la inseguridad que representa para los usuarios.

La norma NTE INEN 0745 (1987) define que la resistencia a la llama viene dado por la duración de ésta sobre el material, una vez retirada la fuente de ignición, siendo mayor mientras más pequeño sea dicho tiempo.

Para Lockuán (2002) la inflamabilidad es el término que se refiere a la facilidad de ignición y la velocidad de combustión de los tejidos. Además señala que la combustión de fibras textiles está relacionada con su IOL (índice de oxígeno límite), que indica la cantidad mínima de oxígeno que la fibra necesita para arder, por lo que todas las fibras con un IOL por debajo de este nivel (21%) se queman con facilidad, siendo así que el algodón con un IOL de 18% constituye un peligro en condiciones ordinarias de uso.

Indiscutiblemente en nuestro diario vivir estamos expuestos a innumerables situaciones de riesgo de incendio, el cual aumenta al no considerar las características que debe tener un género textil en un panorama de incendio,

lamentablemente en nuestro medio para conseguir un tratamiento resistente a la llama o anti inflamable debemos acudir a producción extranjera como Great Lakes Chemical en los Estados Unidos y Dead Sea Bromine en Israel, entre otras.

Siendo así que una de las soluciones que pueden resolver este problema, es un acabado resistente a la llama direccionado hacia géneros textiles de algodón, enfocado en disminuir los riesgos que se presentan en una situación de incendio, y que también presente una buena solidez al lavado garantizando seguridad personal al usuario, que asimismo represente un producto competitivo en nuestro país.

Justificación

Debido a los constantes cambios y a los nuevos requerimientos del mercado en textiles, quienes exigen a las empresas apostar decididamente por la investigación y el desarrollo de nuevos y mejorados productos que satisfagan las necesidades de los usuarios finales.

Una de las necesidades que ha tomado gran importancia es la protección de los tejidos contra la acción del fuego, de todas las fibras textiles las más importantes con relación al tratamiento resistentes a la llama son las celulósicas, debido a que, como se mencionó anteriormente el porcentaje de oxígeno en el aire es de alrededor de 21, es evidente que todas las fibras con un IOL por debajo de este nivel se queman con facilidad en consecuencia, el algodón con un IOL de 18% son muy inflamables. Especialmente en tejidos menos compactos donde tienen un mayor contacto con el oxígeno del aire, se queman muy rápidamente si se calientan a alrededor de 350° C, temperaturas a las cuales se descomponen en sustancias volátiles altamente inflamables y residuos carbonosos.

Esta investigación va dirigida al desarrollo de un acabado que favorezca la protección de la reacción del algodón ante la propagación de la llama, con el objeto de brindar mayor seguridad a los usuarios, esto es posible ya que en un acabado a base de la mezcla de ácido bórico y bórax trabaja dinámicamente. Cuando se calienta la mezcla, los sólidos funden y forman un recubrimiento en forma de vidrio sobre la superficie del material celulósico. Un posterior calentamiento deshidrata el bórax, que da lugar a que el recubrimiento entumezca incrementando la efectividad de la capa protectora. La deshidratación endotérmica consume energía térmica de la llama y desprende vapor de agua. El residuo que contiene boro interacciona con la celulosa formando carbón y creando de esta manera otra capa protectora entre el substrato y la llama.

Esta investigación va en busca también de competitividad en cuanto al acabado, ya que en nuestro país este nicho de mercado no ha sido aún tomado en cuenta, se ha realizado tratamientos resistentes a la llama para textiles utilizando productos extranjeros y no se ha destinado una investigación centrada en el desarrollo de productos resistentes al fuego de producción nacional.

Objetivo general

Aplicar un acabado textil resistente a la llama en tejido plano 100% Algodón, a base de ácido bórico y bórax, para determinar el grado de resistencia a la llama.

Objetivos específicos

- Analizar los procesos del acabado textil resistente a la llama a base de ácido bórico y bórax, para determinar el proceso y parámetros adecuados.
- Determinar la resistencia a la llama del acabado, según la norma NTE INEN 0745, en el equipo FLEXIBURN, para establecer el acabado con mejores resultados.
- Examinar la solidez al lavado del acabado, para determinar su permanencia sobre el tejido.
- Analizar la factibilidad productiva del acabado, con el fin de evaluar la viabilidad del proceso.

2. CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. 1 El algodón

A.T Marsh (1957) refiere que el uso del algodón como material textil, no corresponde absolutamente al hecho de su abaratamiento y cantidad, sino más bien a que produce géneros cuyas características de lavado son excelentes, por su buena resistencia a las soluciones en caliente de los detergentes de tipo alcalino. En comparación con otros materiales textiles, el algodón resiste procedimientos caseros con la capacidad de destruir otras fibras, ya sea por descomposición, disolución, pérdida de unión, encogimiento, etc. En gran parte de las vestimentas sucias contienen una gran cantidad de sustancias grasas, que se eliminan sencillamente por ebullición con soluciones alcalinas débiles, y la mayoría de veces sólo restregando, razón por la cual camisas, camisetas, ropas de niño, pañuelos y varias otras prendas personales sean de algodón. Otro componente que ha destacado al algodón, es su fortaleza y durabilidad.

El algodón reúne diferentes y ventajosas características como facilidad de lavado y resistencia a sustancias alcalinas en caliente, fortaleza y durabilidad que son de gran utilidad tanto a los productores de géneros textiles de algodón como a los mismos usuarios.

Además Marsh menciona que algunas variedades especiales de algodón producen tejidos muy llamativos, razón por la cual no se puede asegurar que una tela de algodón posea buen aspecto, tal como sucede con el lino, lana, seda o rayón; con todo aquello, la naturaleza vigorosa del algodón es de una cualidad tal, que compone un excelente materia textil con la capacidad de poder aplicar y resistir un gran número de acabados. Varios de estos métodos aplicables para el algodón, emergieron durante ensayos ejecutados con tendencia a convertir esta sencilla sustancia en reproducciones

baratas de telas elaboradas más costosas, nació entonces la idea de crear técnicas para conseguir un mayor brillo, y obtener aspecto de seda; robustecer para copiar el hilo; o proporcionar alguna característica propia de la lana. Sin embargo el algodón que no sea aplicado cualquiera de estos acabados especiales, tiene gran ventaja, pero muy poca belleza.

Anteriormente se acostumbraba a especificar los acabados del algodón bajo tres encabezamientos:

- a) Puros
- b) Ayudados
- c) Endurecidos

El acabado puro se usa especialmente en tejidos que posteriormente serán sometidos a procesos de tintura o estampado, por lo que se caracteriza en ser un acabado intermedio, puesto a que los procesos terminantes de acabado únicamente se aplicarán coloreada la fibra; este acabado puro radica, usualmente, en abrir, lavar y secar la tela blanqueada preliminarmente en forma de cuerda, resultando durante el secado a modificar el anchura del tejido y a optimizar y ajustar cualquier daño que haya podido suceder en su forma durante el blanqueo.

No obstante, la comercialización requiere telas más llamativas que las preparadas sencillamente para proceder a su tintura y estampado, lo que, frecuentemente, se consigue desarrollando tipos de acabados puros, que se semejan al planchado casero elaborado usando planchas calientes, y que se consiguen haciendo deslizarse los tejidos por las calandrias. Es viable, en este tiempo, diseñar una línea de demarcación clara entre el acabado puro y el ayudado, ya que si bien el primero obedece especialmente a los métodos mecánicos, como el calandrado y suavizado, en su

resultado, por lo habitual, se ve suplementado por los usos de mínimas cantidades de suavizantes; sin embargo, en esencia, el acabado puro es un método mecánico que contiene el proceso de estiraje hasta anchura requerida, y el paso por las calandrias para producir un tejido liso y brillante, todo aquello se logra con ayuda de pequeñas cantidades de aditivos.

El acabado con ayuda depende, hasta cierto punto, de la presencia de materiales distintos del algodón y de pequeñas dosis de apresto utilizado para mejorar el aspecto general, pero estas adiciones no son fundamentales.

El acabado endurecido se sujeta en mayor grado de la comparecencia de agentes espesantes y aprestos de carga y de relleno; gran parte de estas sustancias son eliminadas en el primer lavado, se debe tomar en cuenta que varios tejidos muy aprestados no están consignados al uso diario. Además continuamente ha existido una gran propensión al comercio de almidón y arcilla de China antes que al algodón cuando se trata de producir telas con aspecto más fuerte y más grueso. Estos sistemas están paulatinamente desvaneciendo conforme se crean diferentes técnicas de tiesura permanente, puesto a que los clientes caen en cuenta de que un acabado temporal barato resulta en ocasiones más caro, con el pasar del tiempo que uno permanente.

2.1.1 Composición Química del algodón

Lockuán (2013) detalla los contenidos integrales están separados en los siguientes componentes:

Tabla 1: Composición Química del algodón

Materia	Porcentaje
Celulosa	80 – 90
Agua	6 – 8
Ceras y grasas	0,5 – 1
Proteínas	0 – 1,5

Pectinas	4 – 6
Cenizas	1 – 1,8

Fuente. Lockuán, 2013

La sustancia fundamental del algodón, como de otras fibras vegetales, es la celulosa; esta le comunica a la fibra resistencia, flexibilidad elasticidad y otras valiosas propiedades importantes para la obtención de hilos y tejidos. Cuando se recoge el algodón este está constituida por: 94% de celulosa; en las telas terminadas el contenido es de 99%. Como todas las fibras de celulosa el algodón contiene C, H y O con grupos oxidrilo reactivos (OH).

El algodón posee de 2.000 a 12.000 restos de glucosa por moléculas. Las cadenas moleculares residen en forma de espira. La celulosa corresponde al género de compuestos macromoleculares y a la de los carbohidratos y su fórmula empírica es: $(C_6H_{10}O_5)_n$

Morillo, 2012 describe la constitución química del algodón como que gran porción de las impurezas se encuentran en la pared primaria componiendo una tipo de pared hidrofóbica, quien de no moverse consiguientemente, resultará en una disminución de absorbencia y entre otras propiedades indeseables.

Las sales minerales están constituidas por sales solubles en agua, cloruros, carbonatos, fosfatos de sodio y potasio, y sales insolubles de calcio y magnesio. Las elementales se disuelven en agua y las subalternas requieren el uso de agentes secuestrantes para disponer el problema de contenido de minerales en el algodón crudo en los métodos de procedimiento preliminar.

En diferentes orígenes de algodón se encuentran partículas de óxido de hierro procedentes de las máquinas recolectoras y desmotadoras. Estos compuestos son muy

perjudiciales en el blanqueo por lo que deben eliminarse o crear complejos estables que impidan la formación de oxixelulosa.

Recientemente se asume que las sales minerales son quienes ayudan a gran parte de metales alcalinotérreos y de transición.

2.1.2 Propiedades Físicas.

Finura. Es una fibra fina, entre 1 y 4 dtex, lo que le confiere un tacto muy suave. Habitualmente se expresa mediante el Índice Micronaire, que da una relación entre peso y superficie específica de la fibra. Posee un diámetro de 18 a 28 micras. (Solé, 2012, pág. 13)

Tabla 2 Clasificación micronaire

MICRONAIRE	CLASIFICACIÓN
Inferior a 3.0	Muy fino
De 3.0 a 3.9	Fino
De 4.0 a 4.9	Finura Media
De 5.0 a 5.9	Grueso
Mayor a 6.0	Muy Grueso

Fuente. Solé, 2012

La longitud de las fibras se sitúa entre 10 y 60 mm. Las fibras más largas se utilizan para la producción de hilos muy finos. Se clasifica en corta menor (de 20 mm), media (entre 20 y 40 mm) y larga (mayor de 40 mm). (Solé, 2012, pág. 13)

La tenacidad tiene valores entre 10 y 30 cn/tex. Dado que se trata de una fibra natural que puede presentar acusadas diferencias dentro de un mismo lote, el sistema de

medida no es el habitual basado en la medición individual de fibras, sino que se aplican sistemas de medición de haces de fibras, como por ejemplo la resistencia Stelometer. (Solé, 2012, pág. 13)

Tabla 3 Clasificación de tenacidad

Tenacidad (cn/tex)	Clasificación
Inferior a 17	Muy débil
De 18 a 21	Débil
De 22 a 25	Medio
De 26 a 29	Resistente

Fuente. Solé, 2012

El Índice de Uniformidad es:

$$UI = \text{MEAN LENGHT} / \text{UPPER HALF MEAN LENGTH}$$

Según su grado de uniformidad:

Tabla 4 Grado e Índice de uniformidad de longitud HVI (%)

Grado de uniformidad	Índice de uniformidad De la longitud (hvi) (%)
Muy alta	Arriba de 85
Alta	83 – 85
Intermedia	80- 82
Baja	77 – 79
Muy baja	Debajo de 77

Fuente. Solé, 2012

Su color viene determinado por su reflectancia (Rd) que representa a su grado de brillo, y por su grado de amarillo (+b), que representa a su grado de pigmentación. El código de color está representado por la intersección de las lecturas de Rd y +b, en el colorímetro Nickerson – Hunter. (Solé, 2012, pág. 14)

Tabla 5 Grado De Pureza Del Algodón

	Blanco	Manchado ligero	Manchado	Teñido	Teñido amarillo
Good Middling	11+	12	13	-	-
Strict Middling	21+	22	23*	24	
Middling	31+	32	33*	34*	-
Strict Low Middling	41+	42	43*	44*	-
Low Middling	51+	52	53*	54*	-
Strict Good Ordinary	61+	62	63*	-	-
Good Ordinary	71+	-	-	-	-
Below Grade	81+	82	83	84	85

Fuente. Solé, 2012

Arruga: Arrugan fácilmente, pero su elasticidad le permite recuperar rápidamente. Por lo tanto el planchado es relativamente fácil. La resiliencia es baja tanto en seco como en húmedo.

Pilling: No suelen formar pilling.

Ante la llama: El algodón ante la llama arde con facilidad; huele a papel quemado. La llama no se auto extingue y forma un residuo blanco que se disuelve si la presionamos.

Ante la temperatura: El algodón no funde, carbonizándose a 430 °C. Arde con la llama, y continua haciéndolo si ésta se retira. Conduce el calor. Soporta temperaturas de hasta 160°C, por encima de esta temperatura empieza a amarillear.

Abrasión: El comportamiento en abrasión puede clasificarse como aceptable.

Brillo: Es una fibra mate. Se necesita la operación de mercerizado para que la fibra posea este brillo.

Color: es generalmente amarillento, dependiendo de la procedencia del algodón este color varía desde tonalidades más oscuras hasta las más claras. (Solé, 2012, pág. 15)

2.1.3 Propiedades químicas.

Tasa legal: La tasa legal de humedad es del 8.5%.

La absorción de humedad: es del 14-18% para una humedad relativa del 95%.

La retención de agua por imbibición: es del 42-53%.

Resistencia a los disolventes: Buena resistencia a los disolventes.

(Solé, 2012, pág. 15)

Ácidos: Ante los ácidos es atacada, llegando a disolverse si estos son concentrados y en caliente.

Álcalis. El comportamiento ante los álcalis es bueno.

Oxidantes atacan a la fibra de algodón: Si la acción de estos oxidantes no se controla puede atacar a la fibra y restarle resistencia.

Reductores: no perjudican al algodón. Los tejidos de algodón se lavan con facilidad y su mayor resistencia en húmedo que en seco hace que soporten muy bien los lavados repetidos.

Tintura: el algodón se tiñe fácilmente con colorantes directos, reactivos, tina y sulfurosos.

Ante la luz tiene una buena resistencia a la degradación. Amarillean en exposiciones prolongadas.

Mohos y bacterias la atacan. La identificación de fibras sigue el camino normal de análisis empezando por el ensayo pirotécnico, la visión al microscopio y finalmente ensayo con disolventes. (Solé, 2012, pág. 16)

2.2 Acabado Químico Textil

2.2.1 Definición

Lockuán (2013) detalla al acabado químico textil como aquel que mediante la aplicación de químicos de distintos orígenes, un tejido logra conseguir características que de otra forma yacerían improbables de lograr por técnicas mecánicas.

Estos tratamientos:

- Consiste en dar estabilidad a los tejidos sometidos a los procedimientos mecánicos de acabado, como el calandrado.
- Proporcionan algunas características a los tejidos (por ejemplo, retardación al fuego o repelencia al agua), que de otra manera no serían posibles.

2.2.2 Clasificación

2.2.3 Acabado no permanente.

2.3.1.1 Definición

“Comprende el tratamiento de los tejidos con productos que no forman película, ni originan una reacción química con el sustrato de tejido”. (Zeidler, 1988, pág. 3)

2.2.1.2 Cargas

Como productos para el acabado semipermanentes se emplean cargas a base de:

- Almidones naturales o modificados de diversa proveniencia.
- Derivados de la celulosa, alginatos, a veces también proteínas u otros polisacáridos o también de origen mineral.

Todos estos productos sólo se introducen en el tejido o se depositan sobre la superficie y proporcionan un tacto lleno, a veces también un aumento de peso, y generalmente sólo se depositan sobre la superficie y proporcionan un tacto lleno, a veces también un aumento de peso, y generalmente sólo se emplean en tejidos que a priori no poseen estas propiedades o sólo insuficiente.

Por el hinchamiento del tejido durante el lavado o tratamiento con agua estas cargas se “sueltan” de nuevo y sólo queda el tejido “empobrecido” en mayor o menor grado. (Zeidler, 1988, pág. 3)

2.2.1.3 Suavizantes

Los suavizantes son productos a base de derivados de sustancias grasas (aniónicos, no iónicos, catiónicos) que aplicados sobre el tejido, proporcionan a éste un tacto más agradable y más suave, una lisura mejor y en los géneros de punto más propiedades de elasticidad mejores. Siempre que con el substrato de fibra no se forme una película compacta ni se produzca una reacción química, también hay que contar en este caso sólo con una limitada estabilidad al lavado.

2.2.4 Acabados Semipermanente.

2.2.2.1 Definición

Aquí se emplean productos a base de dispersiones de polímeros con una fuerte tendencia a la formación de película sobre la superficie del tejido y que no originan reacciones químicas con el substrato de fibra, es decir que no se cambia el índice de hinchamiento de la fibra de celulosa. Durante los tratamientos de lavado la fibra se hincha y revienta el fuerte anillo formado por la película, por lo menos parcialmente, la película formada se hace mecánicamente menos resistente y se disuelve, en mayor o menor grado, después de varios lavados (3-5). Los productos auxiliares para la dispersión y emulsión que se emplean en la preparación de las dispersiones de polímeros tienen también naturalmente un efecto reemulsionante que favorece la disolución de la película de polímero durante el lavado. (Zeidler, 1988, pág. 5)

2.2.2.2 Cargas

Como cargas se deben destacar aquí especialmente acetato polivinílico (modificado y sin modificar), copolímeros acrílicos y también dispersiones de poliuretano. En la fabricación de estas dispersiones se dispone de posibilidades de modificación de tipo físico por medio del tamaño de las partículas y también de tipo químico mediante el empleo de diversos monómeros o combinaciones de monómeros con el fin de conseguir efectos “a medida” en el acabado. Con las dispersiones de acetato de polivinilo se dispone de muchas menos posibilidades de modificación química que con las dispersiones de poliacrilato, con las que las posibilidades de combinación y modificación son prácticamente ilimitadas; aquí también se pueden incorporar grupos que pueden proporcionar una autoreticulación o una reacción química con las fibras de celulosa. (Zeidler, 1988, pág. 5)

2.2.2.3 *Suavizantes*

Con estos productos, especialmente con las dispersiones de acrilato, se pueden conseguir unas variaciones de tacto muy diversas. Desde suave hasta lleno y rígido, pero no se pueden conseguir efectos inencogibles ni inarrugables, mediante la formación de película se obtiene sólo la recuperación demasiado lenta pero ningún resorte y, además, puede influir desfavorablemente en el brillo de las tinturas y estampados. No se recomienda emplear cantidades elevadas si se quiere conservar el carácter textil, también puede producirse una mayor atracción de la suciedad. La película termoplástica se puede moldear mecánicamente, y, por tanto, se obtiene una mejor estabilidad al lavado con un tratamiento mecánico a la superficie. (Zeidler, 1988, pág. 5)

2.2.5 Acabado permanente.

2.2.3.1 *Definición*

La característica de este tipo de procedimiento es una reacción química de los productos (reticulación intermolecular con los grupos HO de diversas cadenas celulósicas) con la cual se obtienen unos efectos de acabado semejante a los de la termofijación de las fibras sintéticas: Estabilidad dimensional y efectos inarrugables. La base de partida para el desarrollo de los productos empleados para este tipo de procedimientos fue la extraordinariamente mala resistencia a la tracción en húmedo de tejidos de celulosa regenerada, debido al elevado poder de retención de agua de estas fibras.

De las numerosas soluciones posibles los mejores resultados que se obtuvieron son los compuestos de N- metilol de la urea con los que se pudo obtener un acabado con

buena resistencia al hinchamiento. Con estos mismos productos se pudo influir positivamente en el encogimiento de estos tejidos relacionado con el hinchamiento de las fibras, con diferentes cantidades también se pudo reducir el fuerte arrugado de los tejidos de viscosilla y dar al tejido al mismo tiempo una buena elasticidad con resorte. Mediante la modificación química de esta combinación y equiparación de las condiciones de reacción se pudieron conseguir tejidos mixtos correspondientes y variado las cantidades de aplicación se llegó a los acabados wash – and- wear y posteriormente a los permanet-press. (Zeidler, 1988, pág. 6)

Las recetas de acabado son siempre a base de tres componentes:

2.2.3.2 Reticulantes

Con el cual podemos obtener efectos de antihinchamiento, estabilidad dimensional, efectos inarrugables y elasticidad de resorte y propiedades wash and wear como efectos positivos, pero al mismo tiempo es responsable de propiedades negativas como empeoramiento de la resistencia a la rotura y al rasgado, resistencia a la abrasión y aptitud para el cosido. En lo posible debe ser de tacto neutro. (Zeidler, 1988, pág. 7)

2.2.3.3 Catalizadores

Que en realidad es un dador de protones para la reacción de acetilización de los compuestos de N- metilol con los grupos HO de la celulosa. (Zeidler, 1988, pág. 8)

2.2.3.4 Aditivos

Para la modificación del tacto y sus propiedades. (Zeidler, 1988, pág. 8)

2.2.6 Acabado resistente a la llama a base de ácido bórico y bórax

2.3 Ignifugación.

La protección de los tejidos frente a la acción el fuego viene a partir de los 400 años antes de la período cristiano. Hacia 1640 se dio mayor atención al empleo de arcilla y del plástico de París para los telones de los teatros. El alumbre se comenzó a utilizar en 1740 y el fosfato amónico en 1786. (Marsh, 1957, pág. 547)

Además Marsh comenta que la primera exploración metodología para la elaboración de tejidos ignífugos yació descubierta por Gay Lussac en 1820, logrando llegar a la conclusión de que las sales más efectivas eran las que tenían un bajo punto de fusión, aptos para cubrir el tejido con una capa vítrea; además, las sales que eran efectivas eran aquellas que al ser calentadas provocaban vapores ininflamables. De estas dos ideas florecieron materiales teóricos de los agentes ignífugos aplicados durante varios años, y todavía hoy en día experimentados.

En la actualidad no se puede suponer que un tejido es ininflamable en contacto con una llama, actuará del mismo modo que el asbesto, ya gran parte de los tejidos ignífugos se descomponen. Como veremos más adelante, realmente son menos resistentes al calor que aquellos tejidos no tratados. Un tejido ininflamable se puede definir con aquel que no propaga la llama más allá de la región donde se aplica esta. Debemos, pues, tener presente que un tratamiento de Ignifugación no hace a los tejidos incombustibles. (Marsh, 1957, pág. 547)

De las fibras textiles las más significativas con respecto al tratamiento de Ignifugación son las celulósicas, puesto a que la lana y la seda ocasionalmente requieren un tratamiento de Ignifugación, debido a que no propagan rápidamente la

llama. Los resultados conseguidos con el algodón pueden aplicar con otras fibras vegetales tales, como el lino y el cáñamo; el acetato de celulosa se comporta similarmente a la lana y a la seda. El rayón viscosa cuproamoniacal quema como el algodón. (Marsh, 1957, pág. 547)

También Marsh refiere acerca de bibliografía de Ramsbottom y Snoad (Second Report of the Fabrics Co-ordinating Research Committee, 1930, 16) en donde comparte ideas muy perfectas de los sistemas existentes de Ignifugación. Akin, Spencer y Macormac (Am. Dyes. Rep., 1940, 29, 418 y 445) nos proporciona otra bibliografía más actual sobre estos tratamientos.

Un ensayo recomendado de Ramstton y Snoad (supra) reside en cortar una tira de tejido de 25,4 mm de anchura y prenderle fuego por su parte interior, teniéndola suspendida verticalmente. Una tira de algodón quema rápidamente con una llama de unos 20 cm de longitud, desertando una masa negra que todavía posee la (Marsh, 1957, pág. 547) estructura del tejido y que tiene sus orillos en ignición; esta Ignifugación transita progresivamente el tejido consumiéndolo al final. El lino se reacciona de forma parecida, con la diferencia de que la velocidad de propagación de la llama es mucho más lenta. La lana quema inicialmente y en seguida funde, pero posteriormente de consumido un corto trozo de masa fundida desprende y la tira deja de quemar; no existe ignición posterior. La seda se comporta de manera parecida a la lana, pero fundiendo a temperatura más baja que esta. (Marsh, 1957, pág. 548)

Si bien la mayoría de compuestos inorgánicos evitaban probamente la propagación de la llama, si se encuentran presente en cantidades elevadas, no pueden considerárseles

como agentes eficaces de Ignifugación, ya que es importante no añadir grandes cantidades de los mismos para no modificar la naturaleza el tejido.

Generalmente, existen dos tipos principales de procesos de Ignifugación:

- a) Deposición de sales solubles
- b) Precipitación de compuestos insolubles sobre o dentro del tejido

Los procedimientos iniciales concernían casi todos los del primer tipo, y hacia 1985 se utilizaba el tungstato de amonio y fosfato de sodio como los primordiales agentes ignífugos; otras sales útiles eran el sulfato amónico, el cloruro de amónico, el bórax, el silicato sódico y el cloruro de sodio. (Marsh, 1957, pág. 548)

Se han propuesto varias mezclas de sales solubles, siendo el bórax uno de los componentes en unión con una sal amónica. Con estas composiciones el plan general se fundamentaba en las viejas teorías, o sea preparar una mezcla que provocase rápidamente un depósito fácilmente fusible y segregase gases ininflamables. Se proporcionaron cuantiosas ideas para unir estas sales a los tejidos, utilizando, entre otras substancias, la cola y el almidón; asimismo se han empleado hoy en día las resinas sintéticas y los aceites secantes. (Marsh, 1957, pág. 548)

Sin la creación de algún método para fijar las sales solubles sobre el tejido, continuamente estaba el peligro de que los lavados eliminaría el recubrimiento. Esto causó la creación de un segundo método llamado de efecto permanente contra las llamas, consiguiendo mediante la doble descomposición entre dos sales solubles. El sistema radicaba en impregnar el tejido con una sal soluble, secar e impregnar con una segunda solución de una sal para producir una sal insoluble en forma de precipitado. Se ha aprobado universalmente que la mayoría de los compuestos insolubles actúan como agente ignífugos. Uno de los métodos mejor conocidos fue el aplicado por Perkin, y

consistía en tratar el tejido con óxido estannico hidratado (Tex. Manuf. 1913, 39, 39, 424; 1914, 40, 27); este proceso abarca las P.B. 9695, 23556, 23557 (1901), 6421, 8509, 9620 (1902), 2422 (1903), 22169 (1904), 17814 y 1785 (1913). (Marsh, 1957, pág. 548)

En el sistema Perkin se impregno una franela con estannato sódico, secándola y sumergiéndola en una solución de sulfato amónico para precipitar el óxido estannico sobre el tejido. También se estudiaron los hidróxidos de aluminio, circonio, titanio, silicio, cinc y magnesio, pero los resultados no fueron tan buenos como los obtenidos con el estaño. En otro estudio posterior sobre esta clase de prueba ignífuga, Ramsbottom y Snoad (Second Report of the Fabrics Coordinating Research Committee 1930, 16) hallaron que los tejidos que contenían (Marsh, 1957, pág. 548) menos de un 40% de óxido estannico hidratado quemaban ligeramente después de haber sido expuestos a la acción de la lluvia durante un corto tiempo. Es más, si bien el óxido de estaño puede evitar la propagación de la llama, no evita la destrucción del tejido por la combustión que sigue a la llama que sigue a la llama (efecto de ignición)

Se consigue alcanzar un tratamiento permanente mediante un proceso de baño único; por ejemplo Pekín (P.B. 9695 del año 1901) empleó una solución de tugstato sódico y acetato de aluminio que contenía la suficiente cantidad de ácido acético para disolver el precipitado; el tugstato de aluminio precipitaba cuando se eliminaba el ácido acético por evaporación. Se ha propuesto que estos precipitados insolubles proceden en virtud de hacer que el tejido conduzca e irradie el calor, de tal forma que no alcance la temperatura de combustión. (Marsh, 1957, pág. 549)

2.2.4.1.1 *Compuestos solubles*

Marsh, 1957 menciona a Ramsbottom y Snoad quienes han elaborado una publicación acerca las sustancias propuestas como agentes de Ignifugación, logrando fragmentar en tres géneros principales:

- a) Sustancias que impiden la expansión de la llama por el tejido y con las cuales la llama permanece durante algún tiempo sin propagarse sobre la superficie quemada, extinguiendo la ignición cuando se alcanza la zona no chamuscada. El fosfato amónico es recomendable, ya que la zona chamuscada no queda en ignición.
- b) Sustancias que impiden la expansión de la llama, con ignición enérgica de la zona chamuscada, y extensión de la ignición a la parte no chamuscada, que se consume con combustión sin llamas.
- c) Sustancias que no impiden la expansión de las llama, pero disminuyen su velocidad.

Considerando su composición química, estos compuestos se pueden clasificar en tres grupos:

1.2.4.2 Alcalis cáusticos y compuestos que dan soluciones alcalinas; esta clasificación incluyen las sales alcalinas de ácidos inorgánicos débiles y el orto fosfato sódico. Los fosfatos neutros y ácidos, los sulfatos alcalinos y los cloruros no son eficaces para este objeto.

2.2.4.2 Ácidos fuertes minerales y sustancias potencialmente acidas; las sales amónicas simples de ácidos inorgánicos son los mejores compuestos. Las sales neutras, que son estables al ser calentadas, no poseen las propiedades ignífugas.

3.2.4.2 Óxidos fácilmente reducibles u agentes oxidantes; los óxidos de silicio y de aluminio no se reducen fácilmente y poseen poca capacidad de ignífuga. Muchos óxidos fácilmente reducibles no evitan la propagación de la llama, pero estos por su adhesión al tejido no era (Marsh, 1957, pág. 549) buena. El nitrato potásico es un agente ignífugo, pero en este caso el tejido queda rápidamente destruido por una combustión sin aparición de llamas.

2.2.4.1.2 Eficacia de los agentes ignífugos

Resistentes a la llama y a la ignición

Tabla 6. Eficacia de los agentes ignífugos

Borato amónico	24
Bórax	60
Bórax y Ácido Bórico	10
Fosfato amónico	12
Fosfato de guanidina	19
Sulfato amónico	8
Bromuro amónico	7
Cloruro amónico	38
Yoduro amónico	14
Cloruro cálcico	14
Cloruro magnésico	16

Cloruro cínico	12
Hidrato sódico	10
Ácido fosfórico	10
Carbonato sódico	12
Bicarbonato sódico	23
Tugstato sódico	9
Silicato sódico	20
Estannato sódico	18
Molibdato amónico	7
Molibdato sódico	6
Aluminato sódico	19
Arseniato sódico	33

Fuente. Marsh, 1957

Tabla 7. Resistentes a la llama y a la Ignición

Orto fosfato sódico	20
Nitrato potásico	13
Permanganato potásico	22
Tiocianato potásico	25

Fuente.. Marsh, 1957

Los números de la presente tabla son las cantidades mínimas aproximadas que se requieren para causar el efecto requerido, valoradas como porcentajes sobre el peso del tejido y representan a su vez las eficiencias relativas de los compuestos

La deducción primordial que se concluye de esta clasificación es que los agente ignífugos convenientes son compuestos que destruyen rápidamente la fibra bajo la influencia del calor.

Aunque muchos agente ignífugos se funden bajo la acción del calor, algunos parece que producen una capa protectora sobre el tejido; el nivel de permeabilidad del aire viene indicado por la ignición, siendo el ácido bórico el que forma recubrimiento más impermeable. Los materiales tratados con fosfatos amónicos igualmente quedan libres de ignición

Amerita observar que los agentes ignífugos más eficaces solo son precisos en cantidades pequeñas, lo que es difícil de reconciliar con la teoría del desprendimiento de gases; es más, substancias tales como el bicarbonato de sodio son de menor eficacia que el hidróxido sódico. Cualquier proposición sobre recubrimientos ignífugos, fundada en la conductividad térmica o cambios endotérmicos, resulta también incapaz de explicar esta propiedad, si se emplean las substancias en pequeñas cantidades.

Presumiendo, por lo tanto, que la principal acción de los agentes más eficaces está asociada con la destrucción rápida del tejido al ser calentado, Ramsbotton y Snoad efectuaron una serie de ensayos. En varios casos vieron que el procedimiento inicial producía una rebaja aparente en la resistencia del tejido a la tracción, pero en todos los casos se producía una disminución en la resistencia de la maduración. Un almacenaje a temperatura ambiente durante 300 días no producía grandes deterioros, pero un calentamiento a 40°C producía una enorme reducción en su resistencia, principalmente con muestras que contuviesen sulfato amonito. Una explosión a la luz solar durante 200

días perjudicaba la mayoría de muestras, pero no existía relación alguna entre los resultados de la acción del calor y de la luz solar.

Tabla 7. Pérdida de resistencia por exposición de tejidos tratados.

Agente	Pérdida después de 300 días a 40°C (%)	Pérdida después de 200 días a la luz solar (%)
Bromuro amónico	59	91
Cloruro amónico	55	93
Fosfato amónico	46	49
Sulfato amónico	74	61
Bórax	-	41
Cloruro cálcico	-	86
Fosfato de guanidina	-	71
Silicato sódico	7	49
Tungstato sódico	9	82
Cloruro de cinc	12	53
Tejido sin tratar	-	30

Fuente. Marsh, 1957

Marsh, 1957 relata acerca de las observaciones e indica que el bórax, el silicato sódico y fosfato amónico eran los que tenían una operación menos dañina.

También menciona, que al calentarse paulatinamente el algodón en el aire, se torna de un color amarillo marrón que se ensombrece hasta color negro antes de su ignición; estas variaciones de color van seguidos de un desgaste de resistencia a la tracción. Un

análisis generando sobre varios tejidos señalaba que el género no tratado comenzaba a descolorar hacia los 200°C y se tornaba negro a los 340 °C, en tanto que los géneros tratados con los agentes ignífugos más eficaces hacían que el desteñido principiase a los 120-200 °C, y al acrecentar la temperatura en obscurecimiento tenía lugar mucho más ágilmente que con el género sin tratar. Asimismo se instituyó que las substancias que causan una desteñido desmedido también se originan al ser calentad

La acción del calor parece que amplifica la velocidad de la desintegración del tejido a temperatura más bajas que el punto de ignición, de tal modo que el obscurecimiento que precede de la combustión tiene lugar a una temperatura más baja. La suma de substancia etérea combustible resulta igualmente menor, y por ello la expansión de la llama subsiste menor; se podría decir, por tanto, que la acción de los agentes ignífugos resulta ser esencialmente químico. Richardson (J.S.C.I., 1937, 56,202) halló que la madera ininflamable cuando se la carbonizaba a temperaturas superiores a los 300°C causa mucho más carbón que la no tratada; resultados similares han sido anunciados por Forest Products Research Board (Annual Report, 1938-9 p.40). En resumen, la madera tratada produce un 50% de carbón y un 35% de agua, mientras que la no tratada produce un 25% de carbón y un 20% de agua. Reside entonces que el procedimiento provoque un acrecimiento en la cantidad de gases comburente, provocando a la formación de carbón y agua. Los compuestos más fuertes para este fin son quienes se descomponen al calentarse causando radicales libres de ácidos; o substancias productoras de álcalis aceleran la carbonización al calentarlas en distinta proporción que los ácidos, en tanto que las sales neutras posen poco resultados.

Parece, consecuentemente, que los compuestos competentes de degradar rápidamente a la celulosa cambiándola en hidrocélulosa, y consecutivamente en glucosa, son más eficaces que aquellos que únicamente oxidan a la celulosa.

Antes de abandonar el tratamiento de la madera es interesante señalar que el fosfato amónico es muy efectivo para reducir a la vez las llamas y la ignición, y sobrepasando en este aspecto al bromuro amónico que ha sido muy empleado en Alemania, según Eichegrun (Z. Angew. Chem., 1929, 42, 214). Muchas mezclas para madera su eficacia a la presencia de estas sales amónicas.

El sulfamato de amonio ha tomado últimamente atención como un agente ignífugo, esencialmente en América del Norte. El ácido sulfámico, se dispone por su reacción entre la urea y el ácido sulfúrico fumante, habiendo sido explicadas sus propiedades con algún detalle por Cupery (Ind. Eng. Chem., 1938, 30, 627). Una de las características específicas del sulfamato amónico es que en su aplicación al tejido no provoca tiesura o afecta adversamente su tacto, e igualmente no concede propensión a la eflorescencia durante el almacenado. Los sulfamatos no se eliminan mediante los disolventes habitualmente empleados en los métodos de limpieza en seco. El sulfamato amónico no prescinde totalmente la ignición, y para lograr es preciso la añadidura de fosfato amónico, yaciendo en una satisfactoria mezcla de un 85% de sulfamato amónico y un 15% de fosfato amónico. Se ha desacreditado el empleo de sulfamato amónico, señalando que provoca un debilitamiento del rayón y que no es velozmente absorbido por los tejidos, pero el producto de la Du Pont <Fire Retardan CM> afirma que ha dominado estos problemas; están integrado máximamente por sulfamato amónico, pero contiene además <algunos agentes modificantes>.

Un significativo número de agentes ignífugos posee sales amónicas como primordial componente; fundamentalmente el fosfato amónico se utiliza comúnmente, pero también muy corriente el sulfato amónico. Estas sales amónicas poseen el inconveniente de su inestabilidad y tienden a volverse ácidas con el subsiguiente deterioro del tejido.

Un nuevo ignífugo denominado <Abopon> se afirma que domina estos problemas, puesto que ajusta de manera natural y estable dos de los componentes más eficaces de las mezclas anteriores; químicamente, este producto es un complejo inorgánico borofosfatado, puede considerarse como una resina. Este producto es soluble en el agua a 55oC y se seca para formar una película transparente de aspecto vítreo que no es higroscópica. El producto contiene radicales borato y fosfato sin los problemas de la acidez. Las soluciones aplicadas en la práctica tienen un pH comprendido entre 7,3 y 7,9. La concentración conveniente pende del tipo de tejido que se ha de tratar, utilizándose habitualmente soluciones que varían un 9% y un 17%. Un análisis del tejido una vez tratado demuestra que su color limitadamente ha sido afectado, y que el complejo no cristaliza ni se despende en forma de polvo. El acabado resulta persistentemente para los disolventes no acuosos que se utilizan borofosfatado es de 1,68 y por ello puede utilizar como agente de relleno, asimismo de agente ignífugo.

Mezclas.

En varios de métodos se utilizan mezclas de diferentes compuestos y varias de ellas se explican químicamente, presumiendo que los componentes operan independientemente los unos de los otros; no obstante, una mezcla de bórax y de ácido bórico (1:1) funciona de modo distinto. Cantidades pequeñas de esta mezcla reduce la velocidad de expansión de la llama, en una proporción considerable que si se utiliza un peso equivalente de cualquiera de los dos componentes por separado; cuando la cantidad empleada consigue un valor de un 10% sobre el peso del tejido, entonces no causa la dispersión alguna de la llama.

El bórax solo, y en cantidades del 60% sobre el peso del tejido, impide la propagación de la llama, pero el ácido bórico resulta ineficaz aún en cantidades de un 90%. Sin embargo, una mezcla formada por porciones iguales de ácido bórico y bórax

impide la propagación de la llama con un 10% de mezcla. Un análisis elaborado con otras mezclas revelaban que cualquier mezcla que contuviese más de 10% de ácido bórico y un menos de un 60% resulta más eficaz que los componentes por separado; la mejor mezcla es la obtenida con un 30% o 35% de ácido bórico. Exento al aplicar el ácido bórico solo, la masa incendiada perduraba después de su ignición, brillaba y la fuerza de brillo aumentaba al amplificar la cantidad de bórax

Una composición a base de un 30% de ácido bórico y de un 70% de bórax evita la extensión de la llama cuando está presente en un 7%; el tejido tratado (Marsh, 1957, pág. 553) de este modo suspende su suavidad y flexibilidad y no conserva tacto húmedo ni se rocía. Este procedimiento no ocasiona el desarrollo de microorganismo, ni provoca disminución de la resistencia del tejido al ser expuesto a la acción de la luz.

La solución de bórax cuando está sola deja sobre el tejido un depósito mal distribuido que no se consolida bien; la mezcla, a pesar de, se adhiere firmemente. El mejor contacto con el tejido proporciona la reacción química. Aunque el ácido bórico agrade al tejido a temperatura más baja que lo hace la mezcla, el depósito antecedente de la solución del ácido bórico se adhiere mal. Si se emplea una llama al ácido bórico este se funde y cubre el tejido con una película vítrea, pero la reacción entre el ácido bórico y el tejido tiene lugar comparativamente muy despacio, lo que explica la ineficacia relativa del ácido como agente ignífugo. El punto de fusión del ácido bórico es de 185°C, pero el de la mezcla es de 105°C.

Como se mencionó inicialmente una mezcla fuerte es la que contenga un 30% de ácido bórico, de forma que cuando se aplique al tejido deje sobre el un 6% de la mezcla, impide a la vez la propagación de la llama y el brillo posterior.

Se ha señalado ciertas mezclas ternarias que tienen una leve ventaja sobre el binario puesto a que su efectividad es levemente superior a igualdad de peso empleado. Por

ejemplo, un 5% de una mezcla formada por 50 partes de bórax, 35 partes de ácido bórico y 15 partes de fosfato sódico, se puede pensar como muy adecuada. (Marsh, 1957, pág. 554)

Compuestos solubles

Cualquier ensayo para producir un acabado ininflamable perdurable resulta más dificultoso que los efectos temporales, puesto que habrá de aguantar la exposición al sol, a la lluvia y al viento. Los precipitados solubles en agua no resultan adecuados para las lonas, toldos, etc.

Ramsbottom ha clasificado sobre las mismas bases dadas anteriormente, un determinado número de sustancias insolubles que son eficaces como agentes ignífugo.

Tabla 8. Eficacia de los agentes ignífugos

Resistentes a la llama y a la Ignifugación		Resistentes a la llama	
Oxicloruro de antimonio	30	Estannato lumínico	54
		Oxido antimonioso	79
		Cromato férrico	24
		Oxido Férrico	19
		Cromato de plomo	37
		Monóxido de plomo	21
		Dióxido de manganeso	22
		Oxido estannico	20
		Tungstato de cinc	77
		Estannato de cinc	47

Fuente. Marsh, 1957

Se observará que el único efectivamente bueno es el oxicloruro de antimonio; sin tomar en cuenta la ignición posterior, son de valor el óxido de hierro y el óxido estannico, el óxido de plomo y el dióxido de manganeso.

Estas sustancias se sitúan habitualmente sobre el tejido mediante una doble descomposición, debiéndose lavar el tejido después de la impregnación, durante una hora, con agua corriente.

La acción y el efecto de la atmosfera sobre los tejidos impregnados se examinó exponiéndolos durante 6 meses al aire, y viéndose después de este periodo que solos dos tejidos resistían la propagación de la llama y estos eran los que habían sido tratados con oxido férrico y con oxido de plomo. Aproximadamente todas las muestras soportan un gran pérdida de resistencia, observándose una destrucción completa de aquellos tejidos tratados con oxido de estaño y oxido de titanio. Mientras sustancias como el silicio y la alúmina no sirven como agentes resistentes a la propagación de las llamas, poseen, sin embargo, una acción de protección contra las severidades atmosféricas, que las útiles; no producen ignición posterior.

Aunque el agente insoluble más eficaz se considera que sea el óxido férrico, puesto a que solo utiliza cantidades pequeñas, el género así tratado no resiste la ignición posterior, resulta suficiente para destruir el tejido por una combustión en llamas.

Es sugestivo observar que los procedimientos con oxido férrico son resistentes a la acción atmosférica, cosa que no ocurre con el tratamiento de Perkin a base de óxido estannico. No obstante, la pérdida de las propiedades ininflamables después de una explosión a la acción de la lluvia se puede restituir mediante un tratamiento con álcalis.

Existen otros muchos depósitos inertes capacitados para evitar la propagación de las llamas en presencia de una pequeña cantidad de una sal alcalina, que es retenida con tenacidad por el algodón; esto revela el motivo porque muchos compuestos insolubles, tales como los boratos, tugstatos, silicatos e hidróxidos han sido sugeridos como agentes ignífugos, mientras que en la realidad su eficacia viene influenciada por las sales

alcalinas que toman parte en el proceso de doble descomposición, y que frecuentemente quedan retenidas en el tejido.

Posiblemente uno de los puntos más sugestivos en relación con la comparación entre los agentes ignífugos solubles e insolubles, es la inferioridad de los segundos cuando se les valora en relación a su peso.

Los agentes ignífugos insolubles consiguen un elevado número de óxidos muchos de los cuales son reducidos sencillamente; se ha sugerido que su acción pueda ser una oxidación catalítica.

La P.E.U. 2167278 de Leatherman utiliza una mezcla formada por un gran número de óxidos precipitados, incluyendo como mínimo una de los siguientes óxidos, de estaño, de cobre, de manganeso o de plomo, en suspensión con una resina clorada o una mezcla clorada de cera/aceite, en la que se desprende ácido clorhídrico al ser calentada. Según Leatherman (U.S, Dept. Agric.Circ. 466, 1938)

El óxido estannico y las sales básicas estanniacas corresponden su eficacia a la catálisis de la descomposición térmica de la celulosa, de tal modo que se forma una substancia protectora del genero quemado. La precipitación del óxido se desarrolla mejor la descomposición acida, puesto que el efecto catálico viene debilitado por la presencia el álcali. Este tipo de agente inflamable demanda un compuesto adicional para evitar la ignición posterior; en las P.E.U 2012686 y 1990292 se ha expuesto el empleo de hidrocarburos de elevado peso molecular; lo equivalente se consigue con las sales inorgánicas de las etanolaminas, cuya aplicación conserva la suavidad del tejido P.B. 437226.

Leatherman ha registrado la impregnación de los tejidos con un aquil sulfato metálico, seguido de un tratamiento con una solución de estannato sódico, y posteriormente con una solución de una sal que se hidroliza rápidamente para formar un

hidróxido insoluble del metal. Este procesos de describe en la P.E.U 2017805. (Marsh, 1957, págs. 554,555,556)

Compuestos clorados

En estos últimos tiempos se ha dado más atención al potencial uso de los compuestos hidrocarbonados clorados como agentes ignífugos. La P.B. 465500 protege el empleo de los polifenilos clorados; la P.E.U. 2028715 utiliza hidrocarburos halogenados, difenilos, acenaftenos o fenantrenos a quienes se han añadido compuestos resinosos o aromáticos de naturaleza viscosa, para asegurar la adherencia al tejido o a los hilos. Estos tratamientos nos son convenientes para los cortinajes pero son satisfactorios para el recubrimiento de hilos conductores.

Hidrocarburos aromáticos clorados que conceden resistencia al fuego, han sido estudiados en la P.B. 428873, y en las P.E.U. 1777776, 1825248 y 1975072.

La goma clorada ha sido conveniente para acabados ignifugo en la P.E.U. 1852998; el efecto de la resistencia al fuego se modifica con el grado de cloración. El tejido se trata con la composición que contiene la goma clorada en benceno o tetracloruro de carbono, a la que se le ha añadido un arilfosfato para comunicar flexibilidad y un agente suavizante como el ftalato de dietilo; también pueden aplicarse los aceites vegetales.

La P.B. 390097 de la I.G, da una atención interesante de la goma clorada para la Ignifugación de los tejidos; el látex u otras dispersiones oxidadas eficazmente antes de la cloración, se mezclan con un agente humectante y se disuelven en disolventes hidrocarbonados. Sin oxidación, el látex clorado no es soluble. La P.B 414072 de la I.C.I, describe el uso del látex clorado en tricloroetileno, junto con un jabón resina, caseína y ácido sulforricenoleico sulfonado.

Nuevos perfeccionamientos en Norteamérica están fundamentados en el empleo de una mezcla de un producto clorado con una cantidad substancial de óxido o sulfuro de arsénico, antimonio o bismuto. Ha sido indicado por van Tuyle que el departamento de Guerra de los Estados Unidos habían perfeccionado un procedimiento de Ignifugación basado en la impregnación de los tejidos con una dispersión de óxido de antimonio (60Kg) en una solución de Vinilita VYHH (30Kg), en suficiente metilcetona para tener viscosidad adecuada y un incremento en el peso del tejido de un 35%. Según Redmondo (ibid. 1924, 32,375), cuando se usan parafinas cloradas su contenido en cloro es del 40 al 60%; la descomposición del compuesto es activada por la presencia de óxido férrico, óxido de cinc, carbonato de cinc y borato de cinc; el óxido de antimonio tiene únicamente una acción muy débil.

El borato de cinc es muy efectivo en catalizar la descomposición de la substancia clorada, debido a que los productos resultantes de la composición aceleran la descomposición de la celulosa debido de las temperaturas de la llama, con producción de carbón sin que la fibra arda. Los compuestos recomendables para este fin son las parafinas cloradas, la goma clorada, el cloruro de difenilo, el cloruro de vinilo, el cloropreno y el naftaleno clorado, en 100 partes de las cuales se pueden incrementar de 10 a 60 partes de borato de cinc; la masa se mezcla con un poco de trietanolamina para neutralizar las trazas de ácido clorhídrico residual que puedan estar presentes, y con algo de carbonato cálcico para neutralizar cualquier acido que se pueda desarrollar después. La mezcla se puede aplicar por medio de disolventes utilizando el sistema de pulverización, o como una emulsión.

Es habitual el comprobar la eficiencia de los anteriores compuestos clorados a una temperatura de 175°C. (Marsh, 1957, págs. 556-557)

Resinas.

Como se ha visto anteriormente, se han realizado muchas pruebas para fijar sobre el tejido a los mejores agentes ignífugos, con el objetivo de impedir el que las sales solubles sean eliminadas por el agua; el aplicación de las resinas sintéticas es un sistema que tiende a ello. La P.B. 334408 muestra que es posible el disolver o suspender el agente ignífugo en un producto de condensación formolureico, para posteriormente aplicarlos de esta forma en el tejido; la resina de adhiere al substrato y despoja la cristalización. Un ejemplo, de un 10 a 20% de $(\text{HN}_4)_2\text{HPO}_4$, se mezcla con una solución de urea-formaldehido al 1-2%, en presencia de algo de almidón o cola, y se emplea al tejido de la forma usual. En otra muestra, 20 partes de dimetilourea se mezclan con 60 partes de fosfato diamonico y la parte de una solución de ácido sulfúrico al 10%; el tejido se impregna en esta solución, se escurre, seca y calienta.

La P.B 791983 emplea los productos de condensación del formaldehido y la dicianamida para fijar las sales amónicas usadas usualmente como ignífugos.

Los productos de condensación de la urea y el formaldehido, han sido propuestos en la P.B 435240 para fijar una mezcla de ignífugos por 5 a 10 partes de sulfato diamonico, 1 a 4 partes de cloruro amónico, 2 a 5 partes de ácido bórico y 1 a 3 partes de bórax; esta mezcla fue planteada para la Ignifugación de mantas eléctricas.

La P.B 476043 cita la Ignifugación de las materias textiles por medio de aplicación de resinas obtenidas de diaminas y formaldehido, en presencia de ácidos cuyos grupos son reconocidos como ignífugos, tales como el bórico, fosfórico, etc.

La Ignifugación igualmente se puede conseguir desarrollando un recubrimiento con fosfatos de urea y resinas sintéticas, tal como se detalla en la P.B 446379

Esta manera es recomendable para el tratamiento de las materias textiles que se utiliza de aislamiento a los equipos eléctricos. Las indicaciones realizadas anteriormente para el uso del fosfato amónico juntamente con la urea y el formaldehído, que forman luego de una resina por el calentamiento, y además el uso de la urea y tiourea en solución acuosa de formaldehído y ácido fosfórico, tiene ciertas desventajas al ser aplicadas en soluciones acuosas; el empleo de la urea y el fosfato en alcohol impide estos problemas. Una fórmula utilizada está compuesta por una mezcla de 2,4 de ácido fosfórico (84%) con 3,7 Kg de urea; el producto se aumenta después de 3Kg de un producto de condensación de fenol-formaldehído en el estado <A> y se disuelve en 24Kg de alcohol metílico o etílico a 40-50°C. El textil se llena con esta solución, y se seca a 110 - 120 °C, durante 15 a 30 min para endurecer la resina.

Snyder ha propuesto un tipo diferente de resina en la P.E.U. 1885870. El tejido se hace inicialmente ignífugo por la deposición de SnO₂, y consecutivamente resiste a la acción del agua por impregnación con una solución de tolueno que contenga un 3% de una resina de cloruro de vinilo, 1% de fosfato de tritolito, y 1% de aceite. Sin embargo este tratamiento es muy parecido al procedimiento detallado anteriormente, debemos observar que la cantidad de resina vinílica es muy pequeña.

La reacción de la gelatina y el formaldehído igualmente ha sido empleada para fijar los agentes ignífugos. La P.B 440026 de Leroy, muestra un proceso en donde el tejido se trata inicialmente con la sal insoluble de un ácido graso de elevado peso molecular, conseguida impregnando el tejido con una sal soluble seguido por una doble descomposición con la sal de un metal que forma precipitado, el tejido se trata después a la temperatura de 30 a 75 °C, que es cuando la sal insoluble del ácido graso pierde su repelencia por el agua, con una solución de un ignífugo y gelatina, procediéndose después al endurecimiento en la forma usual. Por ejemplo, se forma estearato de cinc en

el tejido, y después se pasa éste en un baño que contenga 10% de una mezcla del 1% de bórax, 3% de fosfato sódico, 2% de fosfato amónico, el 1,3% de tugstato sódico y 0,5 % de fosfotriamida, formada por disolución y el tejido impregnado se trata finamente con formaldehído, para insolubilizar la gelatina y fijar los compuestos ignífugos. (Marsh, 1957, págs. 557-558)

General

Es interesante el recapitular varias de las preparaciones más conocidas que han tenido mayor éxito.

Son de utilidad dos recetas recomendadas por el London Council para el tratamiento de cortinas. La principal está compuesta por una solución acuosa que contiene 63gr de bórax y 50gr de ácido bórico por litro de agua; la segunda es una solución formada por 67gr de fosfato amónico y 147gr de cloruro amónico por litro de agua.

Como ya se ha mencionado precedentemente, el uso del bromuro amónico es muy común en Alemania, siendo el principal constituyente del <<Cellon>>, el cual puede ser objeto de la P.E.U 1612104 de Eichengrun, en donde se recomienda una mezcla apropiada de bromuro y fosfato amónico para el tratamiento de las cortinas contra las llamas.

Los productos de la I.G nombradas Intramon e Intravan, están formados por mezclas de sales amónicas que actúan como ignífugos juntamente con agentes humectantes; el Locron, otro producto de la citada casa, se cree que contiene un producto de condensación formolureico.

El Calex de la I.C.I asimismo está compuesto de una mezcla de sales amónicas, posiblemente fosfato y sulfato, juntamente con un agente suavizante especial para impedir el tacto rígido que obtienen los artículos con la mayoría de los acabados ignífugos. La cantidad de Calex que se debe aplicar los tejidos depende en gran parte de

la estructura del mismo, siendo muy común el usar de un 12 a 15% sobre el peso del tejido; escurrido del foulard se debe regular de acuerdo con esta norma. Una receta muy aplicada para gabardinas está formada por 25Kg de Calex F en 50 litros de agua a 70 °C, en 3 litros de amoniaco (d=0,91), diluyéndolo todo hasta un total de 100 litros.

El British Fire Prevention Committee Red Brooks, n. 128, 148, 159, 162,167 y 245, menciona procedimientos de Ignifugación; aquellos que son sólidos al lavado, se consiguen por aplicación de dos baños. El tejido se impregna inicialmente en una solución acuosa que contiene 300gr/l de estannato sódico escurriéndolo y secándolo a continuación; posteriormente se pasa a través de una segunda solución acuosa que contiene 125 gr/l de sulfato amónico, escurriéndolo, secándolo, lavándolo con abundante agua y volviéndolo a secar. Unos tejidos de franelas tratados por este procedimiento mostraron muy poco cambio después de 20 lavados.

Se consigue un tratamiento menos permanente usando una solución acuosa compuesta de 67gr/l de sulfato amónico y 134 gr/l de cloruro amónico.

El silicato de sodio es muy efectivo para el tratamiento de tejidos consignados a la decoración interior, en donde el cambio de color y brillo no es importante.

El procedimiento recomendado consiste en aplicar en agua de vidrio diluida con 1 a 5 volúmenes de agua, según el grado de Ignifugación deseado.

Últimamente ha despertado gran interés un procedimiento americano debido a Bancroft (P: B 604197); está fundado en impregnar el textil con una solución acuosa de ácido fosfórico y urea, seguido de un calentamiento a 130 – 135 °C hasta que tiene lugar la combinación con la fibra. Este acabado es resistente al lavado.

La química de este proceso ha sido discutida por Davis, Findlay y Rogers (J.T.I 1949, 40,836). (Marsh, 1957, págs. 558,559)

2.4 Ácido Bórico y Bórax

(Martin, 2005) nos habla acerca de la aplicación del ácido bórico y sus sales que han sido como aditivos retardantes a la llama a partir de 1800, no obstante han sido menos experimentados que los compuestos de fósforo, halógeno y antimonio. Gran parte de retardantes a la llama que poseen boro se descomponen térmicamente formando ácido bórico y liberando agua en una reacción endotérmica (figura 1), por ende, pueden funcionar como retardantes físicos al absorber calor en el proceso de descomposición, diluir los volátiles en la fase gaseosa o formar una capa de vapor de agua sobre la fase sólida. Conjuntamente, el ácido bórico consigue actuar de manera similar al ácido fosfórico constituyendo un recubrimiento intumesciente que aumenta la efectividad de la capa protectora.

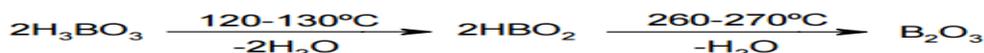


Figura 1 Descomposición completa de ácido bórico

Autor. Martin, 2005

La aplicación de las mezclas de ácido bórico-bórax ($\text{H}_3\text{BO}_3/\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) en compuestos de celulosa ofreció una de las principales teorías de la retardación a la llama; el elemento barrera fue propuesto originalmente por Gay Lussac en 1821. Al calentar la mezcla, los sólidos funden y forman un recubrimiento en forma de vidrio sobre la superficie del material celulósico. Un posterior calentamiento deshidrata el bórax, que da lugar a que el recubrimiento entumezca aumentando la efectividad de la capa protectora. La deshidratación endotérmica gasta energía térmica de la llama y segrega vapor de agua.

El restante que contiene boro interacciona con la celulosa formando carbón y formando de este modo otra capa protectora entre el substrato y la llama.

3. CAPITULO III

ANÁLISIS PROCEDIMENTAL

3.1 Método de ensayo - resistencia a la llama NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados. Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la llama, de materiales textiles y laminados.

Esta norma se utiliza en géneros destinados a la confección de vestimenta resistente al calor y, en cierta medida, a la llama, que se muestran normalmente en forma de hojas, láminas, planchas, o que por medio de corte pueden convertirse en láminas.

3.2 Método de ensayo - Procedimiento

Principio

Una probeta anteriormente condicionada a temperatura y humedad controladas, se somete a ignición dentro de una cámara de ensayos. Se determina la duración de las llamas sobre el material ensayado y la longitud de la parte quemada (chamuscada), como medidas de la resistencia presentada al fuego.

Instrumental

Cámara de ensayos, Mordaza, Quemador, Templadores, Pesas, Abrazaderas, o grapas de resorte, planas o dentadas, Cronómetro, capaz de medir el tiempo con exactitud de 0,5 s.

Probeta

La probeta posee las siguientes dimensiones 320 x 50 mm, se deben utilizar seis probetas para el ensayo; tres tomadas en el sentido longitudinal del material, y tres en sentido transversal.

Procedimiento

El lugar del ensayo debe tener una atmósfera con humedad relativa comprendida entre 20 y 80% y temperatura entre 15 y 30°C. El lugar del ensayo debe estar libre de corrientes de aire.

Ubicar la probeta en la cámara y sujetar por la mordaza en la parte superior, y en la parte inferior por los templadores (ver figura 2). Poner los templadores de modo que mínimo 9 mm del material sean agarrados a cada lado, y la distancia de los pasadores de sujeción al borde inferior del material no exceda de 6 mm. Cerrar totalmente el suministro de aire al mechero Bunsen, y ajustar la llama a longitud de 38 - 40 mm. Colocar el quemador de manera que la base de la llama esté a 20 mm debajo del borde del material en la parte central. Aplicar la llama durante 10 s. Registrar el tiempo durante el cual la llama subsiste en la probeta, a partir del momento en que se extingue el fuego del mechero Bunsen. Retirar la probeta de la cámara de ensayos, una vez que haya cesado la llama y también la incandescencia posterior. Aplicar una pinza a cada esquina del extremo ensayado.

Resultados

Resistencia a la llama. El criterio de resistencia a la llama viene dado por la duración de ésta sobre el material, una vez retirada la fuente de ignición.

Longitud quemada, es la diferencia medida entre la longitud original y la del material no atacado luego del ensayo.

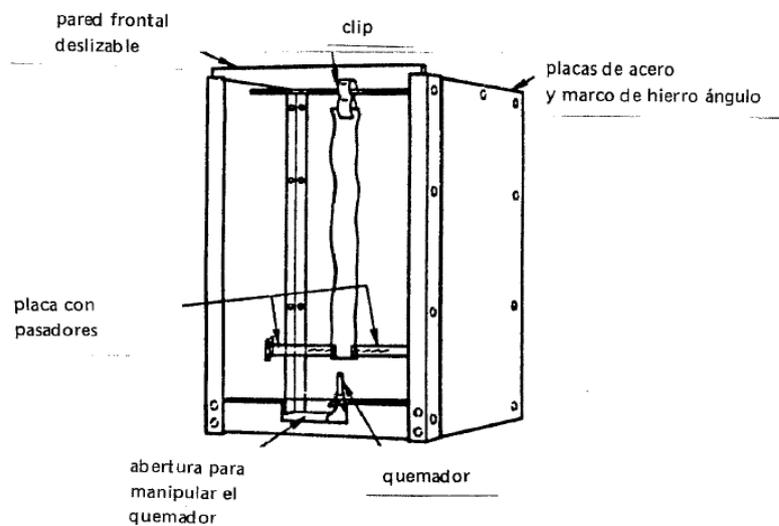


Figura 2 Cámara de ensayo con quemado

Autor: NTE INEN 0745 (1987)

Los resultados de el metodo de ensayo se los puede analizar mediante **EN531. ROPA DE PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS TÉRMICOS EN LA INDUSTRIA** que se ha tomado de referencia para la evaluación de los resultados obtenidos, en donde establece un tiempo post llama de 2 s para poder estar dentro de categoría A1, en cuanto a longitud de quemada no establece longitud pero si detalla que esta no debe presentarse destruidas en los bordes no debe tener agujeros, no debe fundirse fusión en la longitud quemada,

4. CAPÍTULO IV

PARTE EXPERIMENTAL.

4.1 Materiales, Equipo Y Métodos.

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se utilizaron los materiales e instrumentos de laboratorio.

4.1.1 Tejido Plano

Se eligió específicamente este tipo de tejido por que se conoce que por su estructura y densidad refuerzan características favorables para un acabado resistente a la llama.

4.1.	TIPO DE TEJIDO	PLANO
	NOMBRE DEL TEJIDO	GABARDINA
2	COMPOSICIÓN	100% ALGODÓN
Equi	LIGAMENTO	SARGA 2/1
po	ANCHO	1,50 METROS
de	GRAMAJE	247,85 g/m ²
	RENDIMIENTO	2,68 m/kg
Lab	TRATAMIENTOS PREVIOS	DESCRUDE
	TÍTULO DE HILO DE URDIMBRE	Ne 16
orat	TÍTULO DE HILO DE TRAMA	Ne 16
	NÚMERO DE PEINE	16

orio

E

l

equi

po

de

labor



Figura 3 Físico De Muestra Inicial.

Fuente: Quelal, 2019

torio que utilizado fueron los siguientes: detallar

4.1.2.1 Balanza de Laboratorio.

Balanza con capacidad de pesar muestras con precisión de 0,001 g

4.1.2.2 Rama Termofijadora Rapid Xiamen

Diseño básico como MINI-DRYER, modelo R-3

Modelo de mesa, excelente secador de laboratorio para todos los procesos de secado, fraguado, horneado y termo soldado.

La máquina está diseñada para simular las características del nivel de escala de producción.

- Tamaño de muestra hasta máx. 36 x 42 cm
- Transporte automático del marco del alfiler con tiempos de permanencia pre-seleccionables
- Alarma audible para el final de la prueba
- Calefacción eléctrica 6KW, temperatura máx. 250 °C
- Distribución de temperatura uniforme gracias a un ventilador de circulación de aire eficiente.
- Buen aislamiento térmico obtenido por la construcción de material de alto grado con un espesor de aislamiento bien dimensionado.
- Bastidor de pin especialmente diseñado para contener todo tipo de tejido de muestra en longitud y / o ancho.
- 1 Conducto de aire con ajuste manual para aire superior e inferior
- Adecuado para operación discontinua con relleno foulard.



Figura 4 Rama Termofijadora Rapid Xiamen

Fuente: Manual de uso Rapid Xiamen 2015

4.1.2.3 Foulard Rapid vertical Modelo P-AO

Foulard de impregnación de baño

Modelo de tipo vertical P-AO, este mangle de relleno de laboratorio extremadamente versátil está construido como un modelo de piso. Construcción de acero inoxidable de alta calidad. Ergonómicamente diseñado para un uso rápido y conveniente. Las muestras cortas así como las telas con una longitud de varios metros se pueden teñir fácilmente. Adecuado para todos los procesos de teñido, impresión, acabado y relleno.

AIR PAD ha sido equipado con un sistema de carga neumática y, por lo tanto, necesita un suministro de aire comprimido. Dos manómetros muy precisos permiten una buena reproducibilidad de la presión de compresión requerida. Este último se puede

ajustar en dos reguladores de presión independientes. Al simular los parámetros del proceso del nivel de producción a escala de laboratorio, se pueden lograr resultados satisfactorios con AIR-PAD.

- Ancho de rodillo 450 mm de diámetro 125 mm
- Rodillos acolchados de 70 dureza Shore
- Contenido tina aprox. 500cc
- Los dispositivos de seguridad incluyen una varilla de seguridad para evitar un manejo incorrecto; botón de emergencia y un pedal de rodilla para detener el funcionamiento de la máquina.
- Aparatos de pulverización y aire a mano, por lo que los rodillos y el tinte se pueden enjuagar, limpiar y secar cómodamente.



Figura 5 Foulard Rapid vertical Modelo P-AO

Fuente: Manual de uso Foulard Rapid vertical Modelo P-AO 2015

4.2 Fichas Técnicas

4.2.1 Resina

Generalidades Resina AEROTEX 834 SP

El reactante AEROTEX 834 SP es un reactivo de liberación de formaldehído extremadamente bajo y auto catalizado para el acabado general. Es un reactivo glioxal modificado con catalizador.

El reactivo AEROTEX 834 SP se puede curar en un amplio rango de condiciones desde 1,5 minutos a 325 ° F hasta el curado instantáneo.

Propiedades típicas

Tabla 9 Ficha Técnica Aerotex

Aspecto	Agua ligeramente líquido amarillo
Ingredientes activos	% 36
pH	2.5
Densidad	9.8 lb / gal
Solubilidad	Soluble en agua en todas las proporciones
Compatibilidad	Compatible con auxiliares normalmente utilizados en acabados resina

Fuente. Aerotex.2018

Ventajas sobresalientes

- Liberación extremadamente baja de formaldehído
- Catalización adecuada en todo momento
- Eficaz a bajos niveles de adición
- Amplia elección de condiciones de curado
- Buena durabilidad para el lavado
- Baja retención de cloro

Requerimientos

La tela debe estar limpia y no contener ningún ácido, álcali fijo, sales u otros aditivos para lograr resultados uniformes.

Rellene la tela con la recogida normal, p. 60-70% en mezclas de poliéster y celulosa, 80-100% en telas celulósicas.

Formulación típica

En tina

Tabla 10 Formulación típica AEROTEX 834 SP

AEROTEX	10 – 20 %
SUAVIZANTE	2- 4 %
TENSO ACTIVO	0.15 – 0.3 %

Fuente: Aerotex, 2018

Aceleradores

El reactivo AEROTEX 834 SP es autocatalizado y no se necesita un acelerador adicional.

Secado Y Curado

El tiempo y la temperatura son opcionales dependiendo del equipo, aunque se recomienda una temperatura mínima de 325 ° F.

Manipulación Y Almacenamiento

El reactivo AEROTEX 834 SP debe usarse en un área de trabajo bien ventilada. Use ropa adecuada y guantes impermeables para evitar el contacto con la piel. Use gafas de protección contra salpicaduras químicas para operaciones en las que pueda haber contacto entre la cara y los ojos. Se recomienda el uso de un respirador cuando la exposición exceda el PEL (límite de exposición permitido) o se desconozca.

En caso de derrame, cubra el material con un absorbente inerte, barra y coloque en un recipiente para desechos. Enjuague bien el área con agua.

La estabilidad de la etapa de almacenamiento es de al menos 6 meses a 100 ° F. Permanecerá fluido y tendrá un rendimiento satisfactorio si se mantiene entre 15 ° F y 120 ° F, pero se oscurecerá lentamente si se mantiene por encima de 90 ° F.

Información De Salud Y Seguridad

AEROTEX 834 SP puede irritar los ojos o la piel al contacto directo. El contacto repetido o prolongado puede causar dermatitis. Este producto contiene un bajo nivel de formaldehído. La sobreexposición al vapor de formaldehído puede causar irritación en los ojos y las vías respiratorias. La inhalación de vapor de formaldehído ha causado cáncer en animales de laboratorio.

4.2.2 Novapal Sha

El tenso activo aniónico Novapal Sha es una disolución acuosa con un 27% de peso de tetradecil sulfato de sodio, que posee propiedades de solubilidad modificadas que lo convierten en un penetrante superior en soluciones con bajas concentraciones.

Es también un buen agente humectante en soluciones en concentraciones 3 y 10 % de sólidos disueltos.

Para una humectación eficiente se debe usar una concentración de 0.1 y 0,5 %.

Propiedades Habituales

Tabla 11 Propiedades Habituales Novapal Sha

Ingrediente activo	Tetradecil sulfato de sodio
apariciencia	Líquido especialmente incoloro
% de ingrediente activo por peso	27
Solubilidad al agua a 20°C	miscible
pH	8,5
Gravedad específica a 20/20 °C	1.031
Tensión superficial a 25 °C	47 dynes por cm

Autor: Novapal Sha 2018

Tabla 12 Toxicología Novapal Sha

Toxicología

Exposición En Animales	
Ld50 oral sencilla en ratas, ml/kg	4,95
Ld50 penetración cutánea simple en conejos ml/kg	3,00
Lesiones en los ojos del conejo	graves
Irritación cutánea primaria en conejos	grave

Respuesta Cutánea En Humanos	
Número de sujetos	12
Irritación, % respuesta	88
Sensibilización , % respuesta	0

Autor: Novapal Sha 2018

Almacenamiento Y Manipulación

Los tensioactivo Novapal son estables, no tiene punto de inflamación y son comparativamente seguros de almacenar y manipular. Aun asi, eliminan la grasa de la piel y pueden dañar los ojos.

En la manipulación se debe llevar guantes y gafas de seguridad, además hay que tomar todas las medidas para evitar contacto con piel y ojos.

Novapal se vende como disolución acuosa por lo que se debe conservar en depósitos de acero o de plástico reforzados con fibra de vidrio, y depósitos de acero con revestimiento.

Los conductos y calentadores para el tensioactivo deben estar con calefacción y aislados para evitar separación de fases, este producto puede separarse si se almacena a temperaturas inferiores d 60 °F aunque puede diluirse mediante agitación por encima de los 90 °F

4.2.3 Ácido Bórico

Es un oxácido moderadamente soluble en agua, aumentando la solubilidad en agua caliente. En disolución acuosa se comporta como ácido monoprótico débil, lo cual es debido al fuerte carácter aceptor electrónico del boro (como consecuencia de su déficit electrónico).

El Ácido Bórico es un producto blanco, cristalino y de libre flujo usado en la industria cerámica, fibra de vidrio, vidrio borosilicato, protección de la madera, aislación de celulosa, metalurgia, retardantes de llama, inhibidores de corrosión y en agricultura como fertilizante y regulador de crecimiento.

4.2.3.1 Descripción

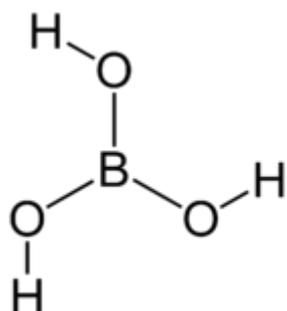
Tabla 13 Descripción ácido bórico

Marca	Three elephant
Productor	Searles valley minerals
Nombre químico	Ácido bórico
Otros nombres	Ácido orto bórico, ácido boratado
Fórmula	H_3BO_3
Peso molecular	68,83
Descripción	Sólido blanco, granular, prácticamente material fino y con una superficie resbaladiza o con sensación jabonosa
Grados	Granular y polvo

4.2.3.2 Especificación técnica

Tabla 14 Especificación técnica Ácido Bórico

Ácido bórico



Nombre IUPAC

Ácido trioxobórico (III)

General

Otros nombres Borato (III) de hidrógeno

Ácido ortobórico

Fórmula B(OH)₃

semidesarrollada

Fórmula Véase imagen

estructural

Fórmula molecular H_3BO_3

Identificadores

Número CAS 10043-35-3¹

ChEBI 33118

ChEMBL CHEMBL42403

ChemSpider 7346

DrugBank 11326

PubChem 7628

UNII R57ZHV85D4

KEGG D01089

InChI[mostrar]

Propiedades físicas

Apariencia Blanco cristalino

Densidad 1435 kg/m^3 ; $1,435 \text{ g/cm}^3$

Masa molar	61,83 g/mol
Punto de fusión	442 K (169 °C)
Punto de ebullición	573 K (300 °C)

Propiedades químicas

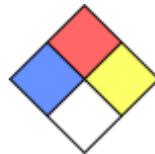
Acidez	1=9,236; 2=12,74; 3=13,80 pK _a
--------	---

Termoquímica

$\Delta_f H^0_{\text{gas}}$	-992.28 kJ/mol
$\Delta_f H^0_{\text{sólido}}$	-1093.99 kJ/mol
$S^0_{\text{gas, 1 bar}}$	295.23 J·mol ⁻¹ ·K
$S^0_{\text{sólido}}$	88,7 J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹

Peligrosidad

NFPA 704



0

1

0

Riesgos

Ingestión	Tóxico. Vómitos y diarrea en pequeñas dosis; en dosis mayores puede ser letal.
Inhalación	Puede causar irritación.
Piel	Puede causar irritación.
Ojos	Puede causar irritación.

Fuente. Wikipedia 2018

4.2.3.3 Propiedades.

Tipos	Granulado y polvo
Peso específico	1,4347 (15 °C)
Punto de fusión	171 °C

La solubilidad en agua del ácido bórico se ve influenciada por la presencia de otras sustancias, en particular del cloruro de sodio, de Litio, de Magnesio, de Calcio, y de los ácidos minerales que la disminuyen; el nitrato de sodio, de potasio, sulfato de sodio, entre otras, la aumentan.

Tabla 14. Propiedades Ácido Bórico

Autor. Wikipedia 2018

4.2.4 Bórax

Borato de sodio o tetraborato de sodio probablemente de la palabra persa al būrah) es un compuesto importante del boro. Es el nombre comercial de la sal de boro. Es un cristal blanco y suave que se disuelve fácilmente en agua; con densidad (decahidrato) de 1.73 g/cm³. Si se deja reposar al aire libre, pierde lentamente su hidratación y se convierte en tinalconita (Na₂B₄O₇ • 5 H₂O). El bórax comercial generalmente se deshidrata en parte.

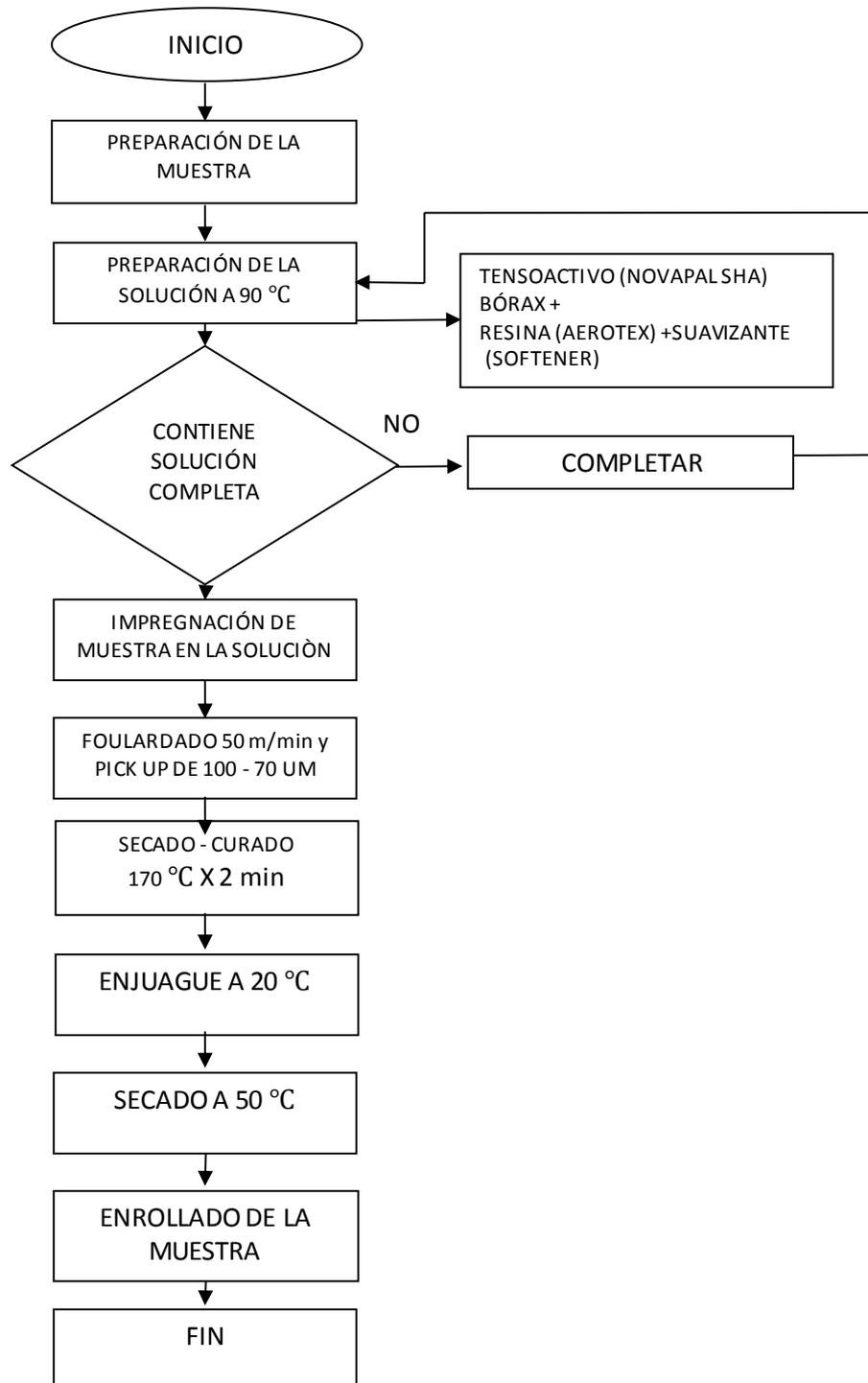
Ficha Técnica Bórax

Tabla 15. Ficha Técnica Bórax

Formula	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O
Propiedades físicas	
Densidad	1730 kg/m ³ ; 1.73 g/cm ³
Masa molar	381,4 g/mol
Punto de fusion	1014 °K (741 °C)
Propiedades químicas	
Solubilidad	en en agua 55 g en 100 g agua
Termoquímica	
$\Delta_f H^0_{\text{sólido}}$	-6289 kJ/mol
$S^0_{\text{sólido}}$	586 J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹
Peligrosidad	
	
Riesgos	
Ingestión	Irritación, grandes dosis pueden ser fatales.
Inhalación	Puede causar irritación.
Piel	Puede causar irritación
Ojos	Puede causar irritación.

Fuente. Wikipedia 2018

4.3 Diagrama de Proceso para Proceso de Acabado Resistente a la Llama

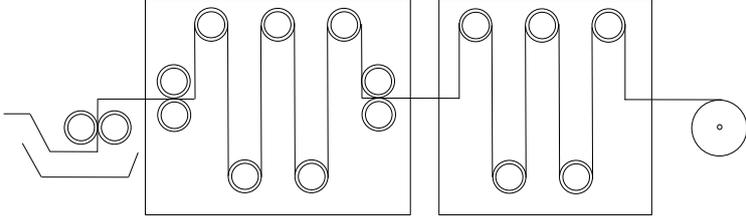
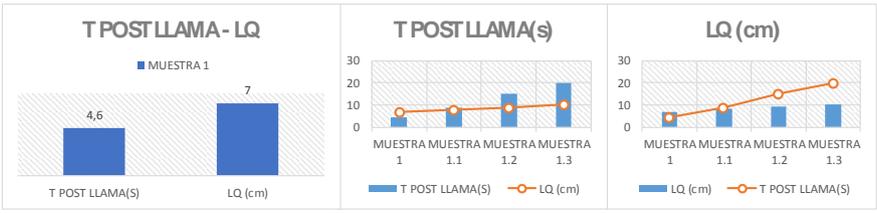


4.4 Desarrollo De Proceso De Muestras Resistentes A La Llama

4.4.1 Desarrollo de proceso de muestra 1

Tabla

16

FICHA TÉCNICA DE PROCESO RESISTENTE A LA LLAMA MUESTRA 1					
PROCESOS ANTERIORES	DESCRUDE	P DE LA MUESTRA	26 g		
TIPO DE ACABADO	POR IMPREGNACION	pH	5		
ACABADO	RESISTENTE A LA LLAMA	CONCENTRACIÓN DEL ACABADO			
MATERIAL	ALGODÓN 100%	ÁCIDO BÓRICO	-		
EQUIPO		BÓRAX	40 g/l		
		°T y t SECADO	100°C x 1 min		
IMPREGNACIÓN	RAPID VERTICAL MODELO P-AO	PICK UP	100% A 70%		
TERMOFIJADO	TERMOFIJADORA RAPID XIAMEN R-3	°T y t TERMOFIJADO	170°C x 2 min		
					
MUESTRA 1					
PROCESO DE APLICACIÓN DEL ACABADO RESISTENTE A LA LLAMA					
PRODUCTOS/ AUXILIARES		CANT EN gr/l	CANT EN kg/l	PRECIO KG	COSTO KG
RESINA	AEROTEX	10	0,01	6	0,06
REGULADOR pH	ÁCIDO FÓRMICO	0	0	0,98	0
TENSOACTIVO	NOVAPAL SHA	0,15	0,00015	6	0,0009
BORÁX		40	0,04	2	0,08
ÁCIDO BÓRICO		0	0	2	0
SUAVIZANTE	SOFTENER	0,2	0,0002	3	0,0006
			TOTAL	19,98	0,1415
					
PROCESO DE APLICACIÓN DE ACABADO POR IMPREGNACIÓN					
RESULTADOS					
Nro	T POST LLAMA(S)	LI (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)	PICK UP (%)
MUESTRA 1	4,6	220	150	70	100
MUESTRA 1.1	9	220	140	80	90
MUESTRA 1.2	15	220	130	90	80
MUESTRA 1.3	20	220	120	100	70
PROMEDIO	12,2		135,0	85,0	
					

Desarrollo de proceso de muestra 1

Fuente: Quelal, 2019

- Análisis de Resultados del Proceso Aplicación De Acabado Resistente a la Llama

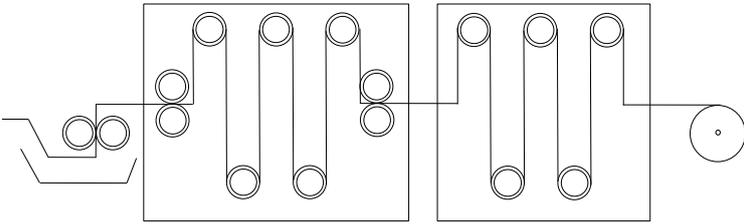
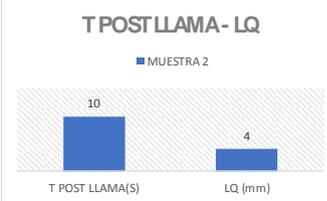
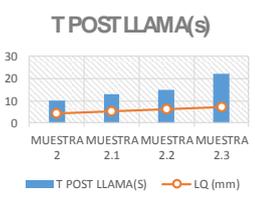
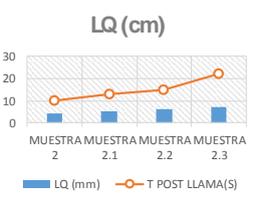
MUESTRA 1

Una vez realizado el MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados, se obtiene los siguientes resultados:

- Muestra 1 al 100% pick up con 40g/l de bórax nos proporciona un resultado de 4,6 s de tiempo pos llama es decir una vez retirada la fuente de combustión la muestra se demora 4,6 s de tiempo en apagarse totalmente, en este tiempo la muestra alcanzó una longitud de quemado de 70 mm mismos que no presentaban destrucción en los bordes pero si forman agujeros y si presenta fundición en la longitud quemada en donde alcanzo mayor destrucción.
- A diferencia de la muestra 1 a al 100% de pick up, la muestra 1.3 con pick up de 70% se observa que los resultados se reducen 51,1 % en cuanto tiempo y 14,3 % en LQ alejándose considerablemente de los resultados de la muestra 1, por se define que en próximas muestras no se trabajará con pick up menor al 70%

4.4.2 Desarrollo de proceso de muestra 2

Tabla 17. Desarrollo de proceso de muestra 2

FICHA TÉCNICA DE PROCESO RESISTENTE A LA LLAMA MUESTRA 2					
PROCESOS ANTERIORES	DESCRUDE	P DE LA MUESTRA	26 g		
TIPO DE ACABADO	POR IMPREGNACION	pH	5		
ACABADO	RESISTENTE A LA LLAMA	CONCENTRACIÓN DEL ACABADO			
MATERIAL	ALGODÓN 100%	ÁCIDO BÓRICO	40 g/l		
EQUIPO		BÓRAX			
		°T y t SECADO	100°C x 1 min		
IMPREGNACIÓN	RAPID VERTICAL MODELO P-AO	PICK UP	100% A 70%		
TERMOFIJADO	TERMOFIJADORA RAPID XIAMEN R-3	°T y t TERMOFIJADO	170°C x 2 min		
					
MUESTRA 2					
PROCESO DE APLICACIÓN DEL ACABADO RESISTENTE A LA LLAMA					
PRODUCTOS/ AUXILIARES		CANT EN gr/l	CANT EN kg/l	PRECIO KG	COSTO KG
RESINA	AEROTEX	10,00	0,0100	6,00	0,060
REGULADOR pH	ÁCIDO FÓRMICO	0	0,0000	0,98	0,000
TENSOACTIVO	NOVAPAL SHA	0,15	0,0002	6,00	0,001
BORAX		0	0,0000	2,00	0,000
ÁCIDO BÓRICO		40,00	0,0400	2,00	0,080
SUAVIZANTE	SOFTENER	0,20	0,0002	3,00	0,001
			TOTAL	19,98	0,14
					
PROCESO DE APLICACIÓN DE ACABADO POR IMPREGNACIÓN					
RESULTADOS					
Nro	T POST LLAMA(S)	LI (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)	PICK UP (%)
MUESTRA 2	10	220	180	40	100
MUESTRA 2.1	13	220	170	50	90
MUESTRA 2.2	15	220	160	60	80
MUESTRA 2.3	22	220	150	70	70
PROMEDIO	15		165	55	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA - LQ</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA(s)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>LQ (cm)</p>  </div> </div>					

Fuente: Quelal 2019

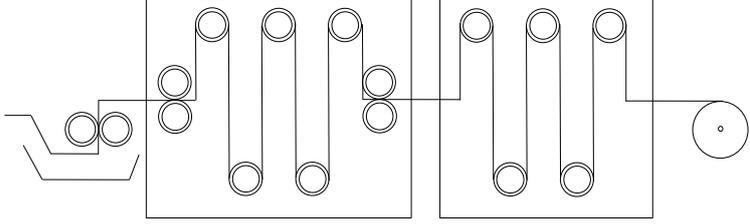
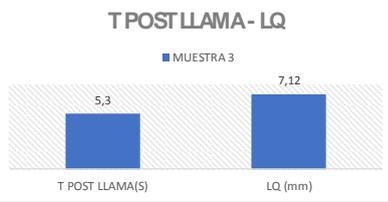
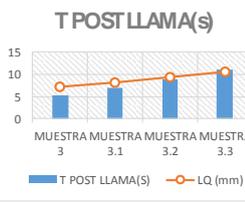
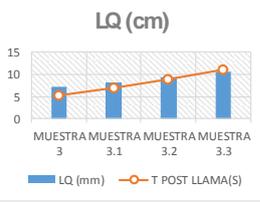
➤ **Análisis de Resultados del Proceso Aplicación De Acabado Resistente a la Llama**

Una vez realizado el **MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados**, se obtiene los siguientes resultados:

- Muestra 2 al 100% con 40 g/l de ácido bórico entrega un tiempo de 10 s de post llama siendo este 5,4 s mayor a la de la muestra de 40 g/l de bórax por lo que se determina que el bórax es mejor coagente del tiempo post llama.
- Sin embargo en cuanto a longitud de quemada alcanzada esta presenta una longitud de 40 mm es decir 30 mm menor a la de muestra 1 de 40 g/l de bórax, por lo que se determina que el ácido bórico es un es mejor coagente de la longitud de quemada
- Por lo que en siguientes muestras se busca encontrar un equilibrio en porcentajes capaces de que se consiga acercarse a los requeridos en norma **EN531. ROPA DE PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS TÉRMICOS EN LA INDUSTRIA** que se ha tomado de referencia para la evaluación de los resultados obtenidos, en donde establece un tiempo post llama de 2 s para poder estar dentro de categoría A1, en cuanto a longitud de quemada no establece longitud pero si detalla que esta no debe presentarse agujeros en los bordes y fusión en la longitud quemada
- Entonces se encuentra que en la muestra 2 no presentaban destrucción en los bordes, no forman agujeros y no presenta fundición en la longitud quemada en donde alcanzo mayor efectos.

4.4.3 Desarrollo de proceso de muestra 3

Tabla 18 Desarrollo de proceso de muestra 3

FICHA TÉCNICA DE PROCESO RESISTENTE A LA LLAMA MUESTRA 3					
PROCESOS ANTERIORES	DESCRUDE	P DE LA MUESTRA	26 g		
TIPO DE ACABADO	POR IMPREGNACION	pH	5		
ACABADO	RESISTENTE A LA LLAMA	CONCENTRACIÓN DEL ACABADO			
MATERIAL	ALGODÓN 100%	ÁCIDO BÓRICO	4 g/l		
EQUIPO		BÓRAX	36 g/l		
		°T y t SECADO	100°C x 1 min		
IMPREGNACIÓN	RAPID VERTICAL MODELO P-AO	PICK UP	100% A 70%		
TERMOFIJADO	TERMOFIJADORA RAPID XIAMEN R-3	°T y t TERMOFIJADO	170°C x 2 min		
 <p>MUESTRA 3</p>					
PROCESO DE APLICACIÓN DEL ACABADO RESISTENTE A LA LLAMA					
PRODUCTOS/ AUXILIARES		CANT EN gr/l	CANT EN kg/l	PRECIO KG	COSTO KG
RESINA	AEROTEX	10,00	0,0100	6,00	0,060
REGULADOR pH	ÁCIDO FÓRMICO	0	0,0000	0,98	0,000
TENSOACTIVO	NOVAPAL SHA	0,15	0,0002	6,00	0,001
BORAX		36	0,0360	2,00	0,072
ÁCIDO BÓRICO		4	0,0040	2,00	0,008
SUAVIZANTE	SOFTENER	0,20	0,0002	3,00	0,001
			TOTAL	19,98	0,14
 <p>FOULARD SECADO A 100°C x 1 min TERMOFIJADO 170°C x 2 min ENROLLADO</p>					
PROCESO DE APLICACIÓN DE ACABADO POR IMPREGNACIÓN					
RESULTADOS					
Nro	T POST LLAMA(S)	LI (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)	PICK UP (%)
MUESTRA 3	5,3	220	149	71,20	100
MUESTRA 3.1	7,0	220	137	83,00	90
MUESTRA 3.2	9,0	220	126	94,00	80
MUESTRA 3.3	11,0	220	115	105,00	70
PROMEDIO	8,08		132	88,30	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA - LQ</p>  <p>T POST LLAMA(S) LQ (mm)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA(s)</p>  <p>T POST LLAMA(S) LQ (mm)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>LQ (cm)</p>  <p>LQ (mm) T POST LLAMA(S)</p> </div> </div>					

Fuente: Quelal 2019

- Análisis de Resultados del Proceso Aplicación De Acabado Resistente a la Llama

MUESTRA 3

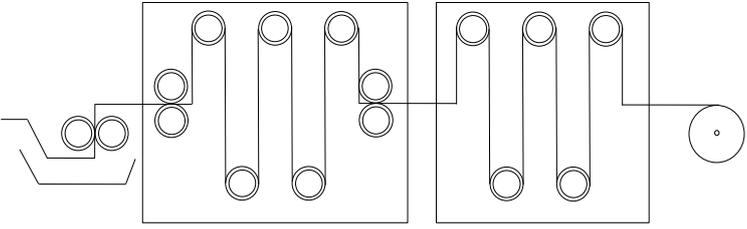
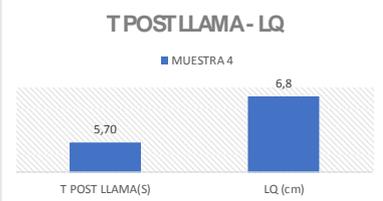
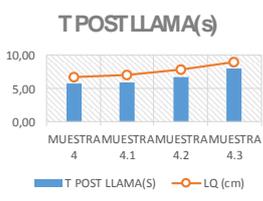
Una vez realizado el MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados, se obtiene los siguientes resultados:

- Muestra 3 al 100% y a 36 g/l de bórax y 4 g/l de ácido bórico se obtiene tiempo post llama de 5,3 s y alcanzo una longitud de quemada de 71,2 mm.

- No presentaban destrucción en los bordes pero si forman agujeros y si presenta fundición en la longitud quemada en donde alcanzo mayor destrucción.

4.4.4 Desarrollo de proceso de muestra 4

Tabla 19 Desarrollo de proceso de muestra 4

FICHA TÉCNICA DE PROCESO RESISTENTE A LA LLAMA MUESTRA 4					
PROCESOS ANTERIORES	DESCRUDE	P DE LA MUESTRA	26 g		
TIPO DE ACABADO	POR IMPREGNACION	pH	5		
ACABADO	RESISTENTE A LA LLAMA	CONCENTRACIÓN DEL ACABADO			
MATERIAL	ALGODÓN 100%	ÁCIDO BÓRICO	8 g/l		
EQUIPO		BÓRAX	32 g/l		
		°T y t SECADO	100°C x 1 min		
IMPREGNACIÓN	RAPID VERTICAL MODELO P-AO	PICK UP	100% A 70%		
TERMOFIJADO	TERMOFIJADORA RAPID XIAMEN R-3	°T y t TERMOFIJADO	170°C x 2 min		
					
MUESTRA 4					
PROCESO DE APLICACIÓN DEL ACABADO RESISTENTE A LA LLAMA					
PRODUCTOS/ AUXILIARES		CANT EN gr/l	CANT EN kg/l	PRECIO KG	COSTO KG
RESINA	AEROTEX	10,00	0,0100	6,00	0,060
REGULADOR pH	ÁCIDO FÓRMICO	0	0,0000	0,98	0,000
TENSOACTIVO	NOVAPAL SHA	0,15	0,0002	6,00	0,001
BORÁX		32	0,0320	2,00	0,064
ÁCIDO BÓRICO		8	0,0080	2,00	0,016
SUAIVIZANTE	SOFTENER	0,20	0,0002	3,00	0,001
			TOTAL	19,98	0,14
					
PROCESO DE APLICACIÓN DE ACABADO POR IMPREGNACIÓN					
RESULTADOS					
Nro	T POST LLAMA(S)	LI (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)	PICK UP (%)
MUESTRA 4	5,7	220	152	68,0	100
MUESTRA 4.1	6,0	220	150	70,0	90
MUESTRA 4.2	6,7	220	142	78,0	80
MUESTRA 4.3	8,0	220	130	90,0	70
PROMEDIO	6,6		144	76,5	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA - LQ</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA(S)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>LQ (cm)</p>  </div> </div>					

Fuente: Quelal, 2019

- Análisis de Resultados del Proceso Aplicación De Acabado Resistente a la Llama

MUESTRA 4

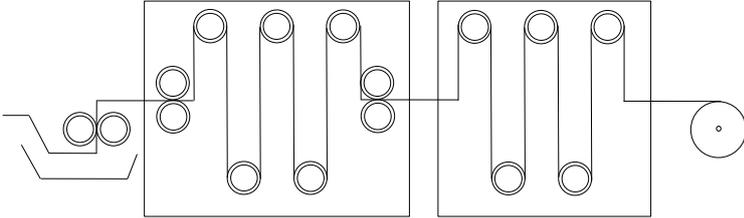
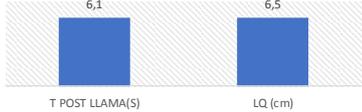
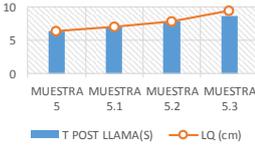
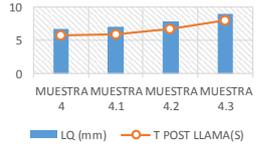
Una vez realizado el MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados, se obtiene los siguientes resultados:

- Muestra 4 al 100% y a 32 g/l de bórax y 8 g/l de ácido bórico se obtiene tiempo post llama de 5,7 s y alcanzo una longitud de quemada de 68 mm, en esta muestra se logra divisar una mejora en cuanto a longitud de quemada sin comprometer considerablemente el tiempo de post combustión.

- No presentaban destrucción en los bordes pero si forman agujeros y si presenta fundición en la longitud quemada en donde alcanzo mayor destrucción.

4.4.5 Desarrollo de proceso de muestra 5

Tabla 20 Desarrollo de proceso de muestra 5

FICHA TÉCNICA DE PROCESO RESISTENTE A LA LLAMA MUESTRA 5					
PROCESOS ANTERIORES	DESCRUDE	P DE LA MUESTRA	26 g		
TIPO DE ACABADO	POR IMPREGNACION	pH	5		
ACABADO	RESISTENTE A LA LLAMA	CONCENTRACIÓN DEL ACABADO			
MATERIAL	ALGODÓN 100%	ÁCIDO BÓRICO	12 g/l		
EQUIPO		BÓRAX	28 g/l		
		°T y t SECADO	100°C x 1 min		
IMPREGNACIÓN	RAPID VERTICAL MODELO P-AO	PICK UP	100% A 70%		
TERMOFIJADO	TERMOFIJADORA RAPID XIAMEN R-3	°T y t TERMOFIJADO	170°C x 2 min		
 <p>MUESTRA 5</p>					
PROCESO DE APLICACIÓN DEL ACABADO RESISTENTE A LA LLAMA					
PRODUCTOS/ AUXILIARES		CANT EN gr/l	CANT EN kg/l	PRECIO KG	COSTO KG
RESINA	AEROTEX	10,00	0,0100	6,00	0,060
REGULADOR pH	ÁCIDO FÓRMICO	0	0,0000	0,98	0,000
TENSOACTIVO	NOVAPAL SHA	0,15	0,0002	6,00	0,001
BORAX		28	0,0280	2,00	0,056
ÁCIDO BÓRICO		12	0,0120	2,00	0,024
SUAVIZANTE	SOFTENER	0,20	0,0002	3,00	0,001
			TOTAL	19,98	0,14
 <p>FOUARD SECADO A 100°C x 1 min TERMOFIJADO 170°C x 2 min ENROLLADO</p>					
PROCESO DE APLICACIÓN DE ACABADO POR IMPREGNACIÓN					
RESULTADOS					
Nro	T POST LLAMA(S)	LI (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)	PICK UP (%)
MUESTRA 5	6,1	220	155	65,0	100
MUESTRA 5.1	7,0	220	150	70,0	90
MUESTRA 5.2	7,8	220	142	78,0	80
MUESTRA 5.3	8,7	220	125	95,0	70
PROMEDIO	7,4		143	77,0	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA - LQ</p>  <p>T POST LLAMA(S) LQ (cm)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA(S)</p>  <p>■ T POST LLAMA(S) ○ LQ (cm)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>LQ (cm)</p>  <p>■ LQ (mm) ○ T POST LLAMA(S)</p> </div> </div>					

Fuente: Quelal, 2019

- Análisis de Resultados del Proceso Aplicación De Acabado Resistente a la Llama

MUESTRA 5

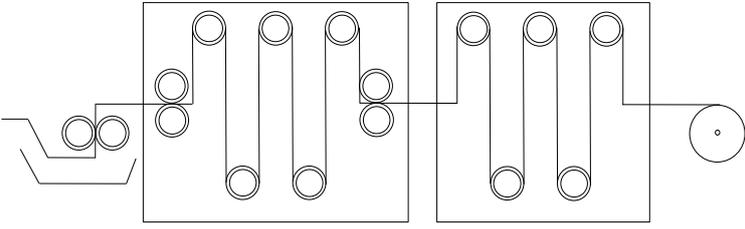
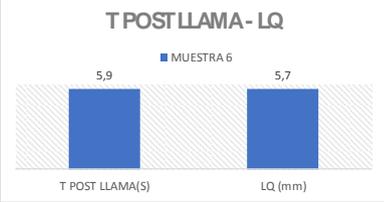
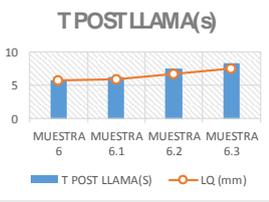
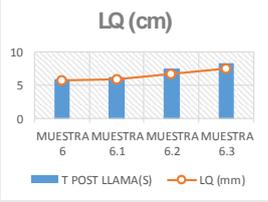
Una vez realizado el MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados, se obtiene los siguientes resultados:

- Muestra 4 al 100% y a 28 g/l de bórax y 12 g/l de ácido bórico se obtiene tiempo post llama de 6,1 s y alcanzo una longitud de quemada de 65 mm, en esta muestra se puede considerar que se encuentra cerca de un equilibrio

- No presentaban destrucción en los bordes pero si forman agujeros y si presenta fundición en la longitud quemada en donde alcanzo mayor destrucción.

4.4.6 Desarrollo de proceso de muestra 6

Tabla 21 Desarrollo de proceso de muestra 6

FICHA TÉCNICA DE PROCESO RESISTENTE A LA LLAMA MUESTRA 6					
PROCESOS ANTERIORES	DESCRUDE	P DE LA MUESTRA	26 g		
TIPO DE ACABADO	POR IMPREGNACION	pH	5		
ACABADO	RESISTENTE A LA LLAMA	CONCENTRACIÓN DEL ACABADO			
MATERIAL	ALGODÓN 100%	ÁCIDO BÓRICO	14 g/l		
EQUIPO		BÓRAX	26 g/l		
		°T y t SECADO	100°C x 1 min		
IMPREGNACIÓN	RAPID VERTICAL MODELO P-AO	PICK UP	100% A 70%		
TERMOFIJADO	TERMOFIJADORA RAPID XIAMEN R-3	°T y t TERMOFIJADO	170°C x 2 min		
					
MUESTRA 6					
PROCESO DE APLICACIÓN DEL ACABADO RESISTENTE A LA LLAMA					
PRODUCTOS/ AUXILIARES		CANT EN gr/l	CANT EN kg/l	PRECIO KG	COSTO KG
RESINA	AEROTEX	10,00	0,0100	6,00	0,060
REGULADOR pH	ÁCIDO FÓRMICO	0	0,0000	0,98	0,000
TENSOACTIVO	NOVAPAL SHA	0,15	0,0002	6,00	0,001
BORAX		26	0,0260	2,00	0,052
ÁCIDO BÓRICO		14	0,0140	2,00	0,028
SUAIVIZANTE	SOFTENER	0,20	0,0002	3,00	0,001
			TOTAL	19,98	0,14
					
PROCESO DE APLICACIÓN DE ACABADO POR IMPREGNACIÓN					
RESULTADOS					
Nro	T POST LLAMA(S)	LI (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)	PICK UP (%)
MUESTRA 6	5,9	220	163	57,0	100
MUESTRA 6.1	6,3	220	160	60,0	90
MUESTRA 6.2	7,5	220	152	68,0	80
MUESTRA 6.3	8,3	220	145	75,0	70
PROMEDIO	7,0		155	65,0	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA - LQ</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA(S)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>LQ (cm)</p>  </div> </div>					

Fuente: Quelal 2019

- Análisis de Resultados del Proceso Aplicación De Acabado Resistente a la Llama

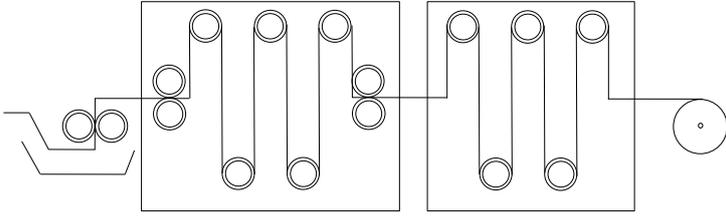
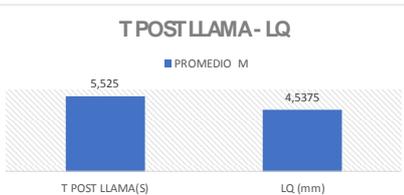
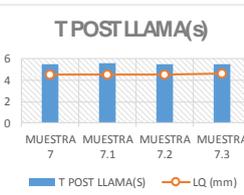
MUESTRA 6

Una vez realizado el MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados, se obtiene los siguientes resultados:

- Muestra 6 al 100% y a 26 g/l de bórax y 14 g/l de ácido bórico se obtiene tiempo post llama de 6,9 s y alcanzo una longitud de quemada de 57 mm, en esta muestra se puede considerar que se encuentra cerca de un equilibrio
- Se elige la muestra 7 como mezcla equilibrada de bórax y ácido bórico 26 g/l y 14 g/l consecutivamente, basada en los resultados conseguidos anteriormente en donde se había conseguido un tiempo de post llama cercano al mínimo requerido dentro de norma EN531, sin embargo la longitud de llama se presentaba en dimensiones extendido, es decir a pesar de apagarse en poco tiempo este alcanzaba un longitud extensa
- Además presenta aún mejores resultados que en la muestra 5 en cuanto a que no se destruye ni se acerca la longitud quemada a los bordes, no se forma ningún agujero, y no se funde.
- Los aspectos a mejorar en el perfeccionamiento del acabado es la homogenización del acabado, puesto a que en el momento de la prueba a pesar de no formar agujeros la longitud quemada presentaba irregularidades de quemado.
- Al realizar las pruebas de solidez al lavado, basados en Basado en el ensayo AATCC Test Method 61 Colorfastness to Laundering, Home and Commercial: Accelerated para Test 3A. poder clasificar el tipo de acabado según su durabilidad, esta no presenta ningún tipo de solidez, a esta falencia se recurre a cambiar los porcentajes aconsejados en las fichas de los auxiliares.

4.4.7 Desarrollo de proceso de muestra 7

Tabla 22 Desarrollo de proceso de muestra 7

FICHA TÉCNICA DE PROCESO RESISTENTE A LA LLAMA MUESTRA 7					
PROCESOS ANTERIORES	DESCRUDE	P DE LA MUESTRA	26 g		
TIPO DE ACABADO	POR IMPREGNACION	pH	5		
ACABADO	RESISTENTE A LA LLAMA	CONCENTRACIÓN DEL ACABADO			
MATERIAL	ALGODÓN 100%	ÁCIDO BÓRICO	14 g/l		
EQUIPO		BÓRAX	26 g/l		
		°T y t SECADO	100°C x 1 min		
IMPREGNACIÓN	RAPID VERTICAL MODELO P-AO	PICK UP	100%		
TERMOFIJADO	TERMOFIJADORA RAPID XIAMEN R-3	°T y t TERMOFIJADO	150°C x 2 min		
					
MUESTRA 7					
PROCESO DE APLICACIÓN DEL ACABADO RESISTENTE A LA LLAMA					
PRODUCTOS/ AUXILIARES		CANT EN gr/l	CANT EN kg/l	PRECIO KG	COSTO KG
RESINA	AEROTEX	120	0,1200	6,00	0,720
CATALIZADOR	CLORURO DE MAGNECIO	9	0,0090	10,00	0,090
REGULADOR pH	ÁCIDO FÓRMICO	0,3	0,0003	0,98	0,000
TENSOACTIVO	NOVAPAL SHA	0,15	0,0002	6,00	0,001
DISPERSANTE	DISPERSOL	1,00	0,0010	3,40	0,003
BORÁX		26	0,0260	2,00	0,052
ÁCIDO BÓRICO		14	0,0140	2,00	0,028
SUAIVIZANTE	MAGNASOFT* 68	10	0,0100	5,00	0,050
			TOTAL	35,38	0,94
					
PROCESO DE APLICACIÓN DE ACABADO POR IMPREGNACIÓN					
RESULTADOS					
Nro	T POST LLAMA(S)	LJ (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)	PICK UP (%)
MUESTRA 7	5,5	220	175	45,5	100
MUESTRA 7.1	5,6	220	175	45,0	100
MUESTRA 7.2	5,5	220	175	45,0	100
MUESTRA 7.3	5,5	220	174	46,0	100
PROMEDIO	5,5		175	45,4	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA - LQ</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>T POST LLAMA(s)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>LQ (cm)</p>  </div> </div>					

Fuente: Quelal 2019

- Análisis de Resultados del Proceso Aplicación De Acabado Resistente a la Llama

MUESTRA 7:

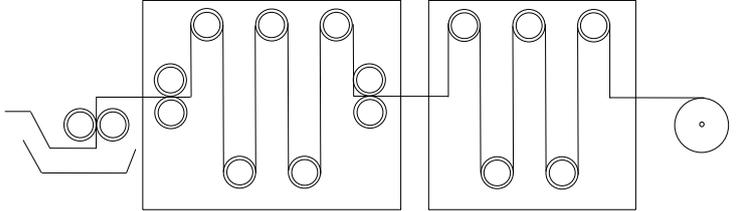
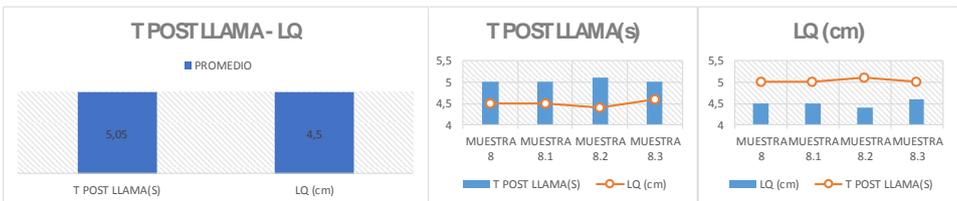
Una vez realizado el MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados, se obtiene los siguientes resultados:

- Muestras anteriores se las realizo con el fin de encontrar la cantidad equilibrada de la combinación de bórax y ácido bórico, evitando en gran parte el uso de auxiliares para determinar que son los compuestos quienes dan la función de retardantes a la llama, una vez establecida se procede a perfeccionar los siguientes defectos en el acabado:
 - ✓ Irregularidad del acabado: se mejoró por el medio del uso de un dispersante al 1 g/l
 - ✓ Tacto áspero: se corrigió mediante el uso de un suavizante que además refuerza el revestimiento del acabado al ser de tipo siliconado del 10 g/l al 40 g/l
 - ✓ Tiempo según norma EN531. Ropa de protección contra riesgos térmicos en la industria como mínimo para categoría A = 2 s pos llama: de igual manera un suavizante siliconado posee características retardantes a la llama misma que se acerca con un promedio de 5,03 s de tiempo y una longitud quemada alcanzada de 45 mm
 - ✓ Amarillamiento de la tela: anteriormente se utilizó una temperatura de curado de 170 ° C , misma que tornaba de color amarillento la muestra, con el uso de un catalizador este trabajo a 150 ° C por lo que se eliminó el problema.

- ✓ Solidez al lavado según norma: Ninguna de las muestras anteriores presento solidez al lavado por lo que se aumentó la cantidad a 120 g/l de Resina.

4.4.8 Desarrollo de proceso de muestra 8

Tabla 23 Desarrollo de proceso de muestra 8

FICHA TÉCNICA DE PROCESO RESISTENTE A LA LLAMA MUESTRA 8					
PROCESOS ANTERIORES	DESCRUDE	P DE LA MUESTRA	26 g		
TIPO DE ACABADO	POR IMPREGNACION	pH	5		
ACABADO	RESISTENTE A LA LLAMA	CONCENTRACIÓN DEL ACABADO			
MATERIAL	ALGODÓN 100%	ÁCIDO BÓRICO	14 g/l		
EQUIPO		BÓRAX	26 g/l		
		°T y t SECADO	100°C x 1 min		
IMPREGNACIÓN	RAPID VERTICAL MODELO P-AO	PICK UP	100%		
TERMOFIJADO	TERMOFIJADORA RAPID XIAMEN R-3	°T y t TERMOFIJADO	150°C x 2 min		
					
MUESTRA 8					
PROCESO DE APLICACIÓN DEL ACABADO RESISTENTE A LA LLAMA					
PRODUCTOS/ AUXILIARES		CANT EN gr/l	CANT EN kg/l	PRECIO KG	COSTO KG
RESINA	AEROTEX	120	0,1200	6,00	0,720
CATALIZADOR	CLORURO DE MAGNECIO	9	0,0090	10,00	0,090
REGULADOR pH	ÁCIDO FÓRMICO	0,3	0,0003	0,98	0,000
TENSOACTIVO	NOVAPAL SHA	0,15	0,0002	6,00	0,001
DISPERSANTE	DISPERSOL	1,00	0,0010	3,40	0,003
BORÁX		26	0,0260	2,00	0,052
ÁCIDO BÓRICO		14	0,0140	2,00	0,028
SUAUZANTE	MAGNASOFT* 68	20	0,0200	5,00	0,100
			TOTAL	35,38	0,99
					
PROCESO DE APLICACIÓN DE ACABADO POR IMPREGNACIÓN					
RESULTADOS					
Nro	T POST LLAMA(S)	LJ (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)	PICK UP (%)
MUESTRA 8	5,0	220	175	45,0	100
MUESTRA 8.1	5,0	220	175	45,0	100
MUESTRA 8.2	5,1	220	176	44,0	100
MUESTRA 8.3	5,0	220	174	46,0	100
PROMEDIO	5,03		175	45,0	
					

Fuente: Quelal 2019

➤ **Análisis de Resultados del Proceso Aplicación De Acabado Resistente a la Llama**

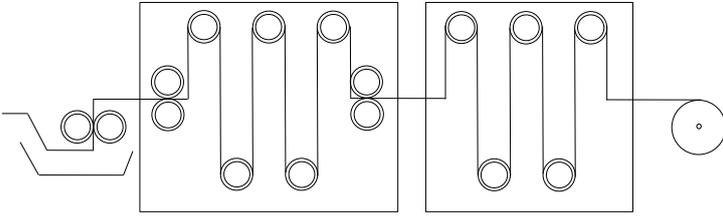
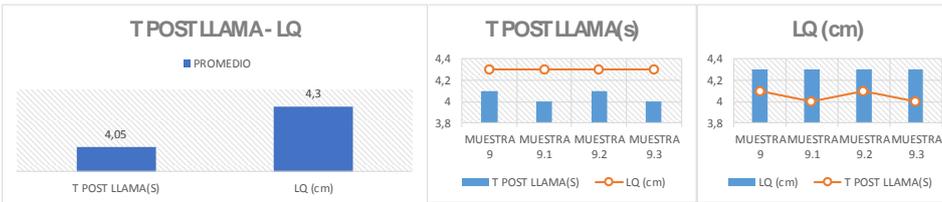
Una vez realizado el MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados, se obtiene los siguientes resultados:

- Al aumentar el porcentaje del suavizante siliconado en 20 g/l se consigue disminuir en 0,5 s del tiempo pos llama que a pesar de no ser un tiempo significativo, este nos acerca a el mínimo requerido en EN531.

- No presenta mejoras en cuanto a longitud de quemado manteniendo 45mm , sin embargo estas no presentan destrucción de los bordes formación de agujeros, no se funde

4.4.9 Desarrollo de proceso de muestra 9

Tabla 24 Desarrollo de proceso de muestra 9

FICHA TÉCNICA DE PROCESO RESISTENTE A LA LLAMA MUESTRA 9					
PROCESOS ANTERIORES	DESCRUDE	P DE LA MUESTRA	26 g		
TIPO DE ACABADO	POR IMPREGNACION	pH	5		
ACABADO	RESISTENTE A LA LLAMA	CONCENTRACIÓN DEL ACABADO			
MATERIAL	ALGODÓN 100%	ÁCIDO BÓRICO	14 g/l		
EQUIPO		BÓRAX	26 g/l		
		°T y t SECADO	100°C x 1 min		
IMPREGNACIÓN	RAPID VERTICAL MODELO P-AO	PICK UP	100%		
TERMOFIJADO	TERMOFIJADORA RAPID XIAMEN R-3	°T y t TERMOFIJADO	150°C x 2 min		
					
MUESTRA 9					
PROCESO DE APLICACIÓN DEL ACABADO RESISTENTE A LA LLAMA					
PRODUCTOS/ AUXILIARES		CANT EN gr/l	CANT EN kg/l	PRECIO KG	COSTO KG
RESINA	AEROTEX	120	0,1200	6,00	0,720
CATALIZADOR	CLORURO DE MAGNECIO	9	0,0090	10,00	0,090
REGULADOR pH	ÁCIDO FÓRMICO	0,3	0,0003	0,98	0,000
DISPERSANTE	DISPERSOL	1,00	0,0010	3,40	0,003
TENSOACTIVO	NOVAPAL SHA	0,15	0,0002	6,00	0,001
BORÁX		26	0,0260	2,00	0,052
ÁCIDO BÓRICO		14	0,0140	2,00	0,028
SUAIVIZANTE	MAGNASOFT* 68	30	0,0300	5,00	0,150
			TOTAL	35,38	1,04
					
PROCESO DE APLICACIÓN DE ACABADO POR IMPREGNACIÓN					
RESULTADOS					
Nro	T POST LLAMA(S)	LJ (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)	PICK UP (%)
MUESTRA 9	4,1	220	177	43,0	100
MUESTRA 9.1	4,0	220	177	43,0	100
MUESTRA 9.2	4,1	220	177	43,0	100
MUESTRA 9.3	4,0	220	177	43,0	100
PROMEDIO	4,05		177	43,0	
					

Fuente: Quelal 2019

➤ **Análisis de Resultados del Proceso Aplicación De Acabado Resistente a la Llama**

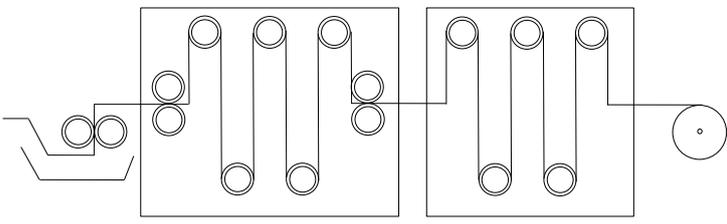
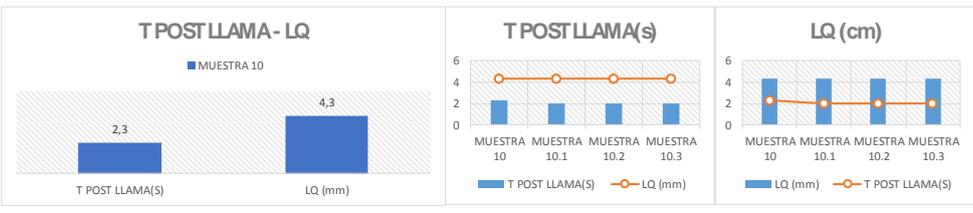
Una vez realizado el MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados, se obtiene los siguientes resultados:

- Al aumentar el porcentaje del suavizante siliconado en 30 g/l se consigue disminuir en 0,9 s del tiempo pos llama que a pesar de no ser un tiempo significativo, este nos acerca a el mínimo requerido en EN531.

- No presenta mejoras significativas en cuanto a longitud de quemado manteniendo 43mm , sin embargo estas no presentan destrucción de los bordes formación de agujeros, no se funde

4.4.10 Desarrollo de proceso de muestra 10

Tabla 25 Desarrollo de proceso de muestra 10

FICHA TÉCNICA DE PROCESO RESISTENTE A LA LLAMA MUESTRA 8					
PROCESOS ANTERIORES	DESCRUDE	P DE LA MUESTRA	26 g		
TIPO DE ACABADO	POR IMPREGNACION	pH	5		
ACABADO	RESISTENTE A LA LLAMA	CONCENTRACIÓN DEL ACABADO			
MATERIAL	ALGODÓN 100%	ÁCIDO BÓRICO	14 g/l		
EQUIPO		BÓRAX	26 g/l		
		°T y t SECADO	100°C x 1 min		
IMPREGNACIÓN	RAPID VERTICAL MODELO P-AO	PICK UP	100%		
TERMOFIJADO	TERMOFIJADORA RAPID XIAMEN R-3	°T y t TERMOFIJADO	150°C x 2 min		
 <p>MUESTRA 9</p>					
PROCESO DE APLICACIÓN DEL ACABADO RESISTENTE A LA LLAMA					
PRODUCTOS/ AUXILIARES		CANT EN gr/l	CANT EN kg/l	PRECIO KG	COSTO KG
RESINA	AEROTEX	120	0,1200	6,00	0,720
CATALIZADOR	CLORURO DE MAGNECIO	9	0,0090	10,00	0,090
REGULADOR pH	ÁCIDO FÓRMICO	0,3	0,0003	0,98	0,000
TENSOACTIVO	NOVAPAL SHA	0,15	0,0002	6,00	0,001
DISPERSANTE	DISPERSOL	1,00	0,0010	3,40	0,003
BORÁX		26	0,0260	2,00	0,052
ÁCIDO BÓRICO		14	0,0140	2,00	0,028
SUAIVIZANTE	MAGNASOFT* 68	40	0,0400	5,00	0,200
			TOTAL	35,38	1,09
 <p>FOULARD SECADO A 100°C x 1 min TERMOFIJADO 150°C x 2 min ENROLLADO</p> <p>PROCESO DE APLICACIÓN DE ACABADO POR IMPREGNACIÓN</p>					
RESULTADOS					
Nro	T POST LLAMA(S)	LI (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)	PICK UP (%)
MUESTRA 10	2,3	220	177	43,0	100
MUESTRA 10.1	2,0	220	177	43,0	100
MUESTRA 10.2	2,0	220	177	43,0	100
MUESTRA 10.3	2,0	220	177	43,0	100
PROMEDIO	2,08		177	43,0	
 <p>T POST LLAMA - LQ</p> <p>T POST LLAMA(s)</p> <p>LQ (cm)</p>					

Fuente: Quelal, 2019

➤ Análisis de Resultados del Proceso Aplicación De Acabado Resistente a la Llama

MUESTRA 10

Una vez realizado el MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987): Equipo contra incendios. Determinación de la resistencia a la llama de materiales textiles y laminados, se obtiene los siguientes resultados:

- Una vez aumentado al 40 g/l la cantidad de suavizante siliconado nos acercamos tiempo al exigido en EN531 consiguiendo un 2, 25 s de tiempo post llama con lo que podemos dentro de categoría A
- No presenta mejoras manteniéndose en 43 mm en cuanto a longitud de quemado, sin embargo estas no presentan destrucción de los bordes formación de agujeros, no se funde
- Al ser la prueba que mejor resultados ha establecido se realizan las pruebas de Solidez a Lavados según Norma: ATCC 61 Prueba: 2A en donde se clasifica la permanencia del acabado.

4.4.10.1 Estudio de la permanencia del acabado muestra 10

Tabla 26 Permanencia del Acabado Resistente a la Llama

Estudio de La Permanencia del Acabado Resistente a la Llama. MUESTRA 10				
Según:	UNE-EN-ISO 105-C06: 1997: "Solidez del color al lavado doméstico y comercial"			
Condiciones Ensayo				
Equipo	Landerómetro	Perborato de sodio	1 g/l	
Temperatura	40 c	Detergente	4g/l	
Tiempo	30 min	Nro de bolas de acero	10	
Vol. de Baño	150 ml	Cloro activo	No	
Enjuague				
Agua	Desionizada			
Temperatura	40 C			
Secado				
Temperatura	71			
Reposo				
Tiempo	1 h			
Condiciones	temperatura	21 c		
	HR %	65		
Resultados				
Nro LAVADOS	T POST LLAM(S)	LI (mm)	MATERIAL SQ (mm)	LQ (mm)
5	2	220	177	43
10	2	220	177	43
15	3	220	176	44
20	3	220	177	43
25	4	220	177	43
PROMEDIO	2,8		176,8	43,2

- Se encuentra que se puede clasificar el acabado como durable puesto a que se nota un ligero aumento de tiempo de 2 s luego de 25 lavadas es decir se mantiene estable hasta las 20 lavadas
- En cuanto a longitud de quemada se puede observar que se mantiene estable promedio de 46,2 mm

Fuente: Quelal, 2019

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis de Resultados

Tabla 27 Resultados de Pruebas Resistente a la Llama

Nro Muestra	Borax (g/l)	Acido Borico (g/l)	Suavizante (g/l)	T Post-Llama (seg)	L Quemado (mm)
Muestra 1	40	0		4,6	7
Muestra 2	0	40		10	4
Muestra 3	36	4		5,3	7,12
Muestra 4	32	8		5,7	6,8
Muestra 5	28	12		6,1	6,15
Muestra 6	26	14	0	6,2	5,75
Muestra 7	26	14	10	5,5	4,55
Muestra 8	26	14	20	5	4,5
Muestra 9	26	14	30	4,1	4,3
Muestra 10	26	14	40	2,3	4,3

Fuente: Quelal, 2019

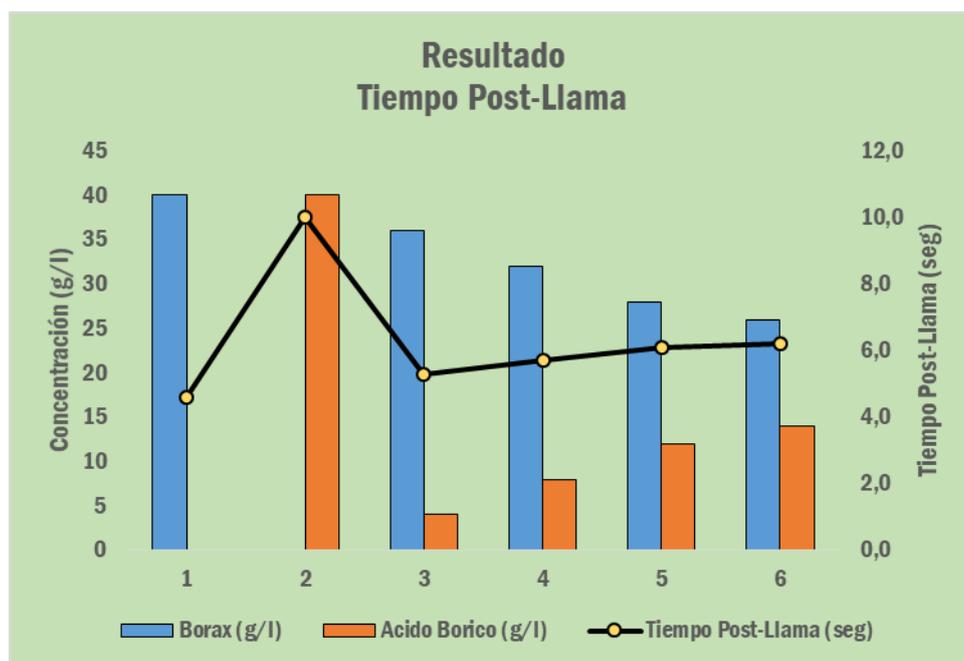


Figura 6 Resultados T Post – Llama

Fuente: Quelal, 2019

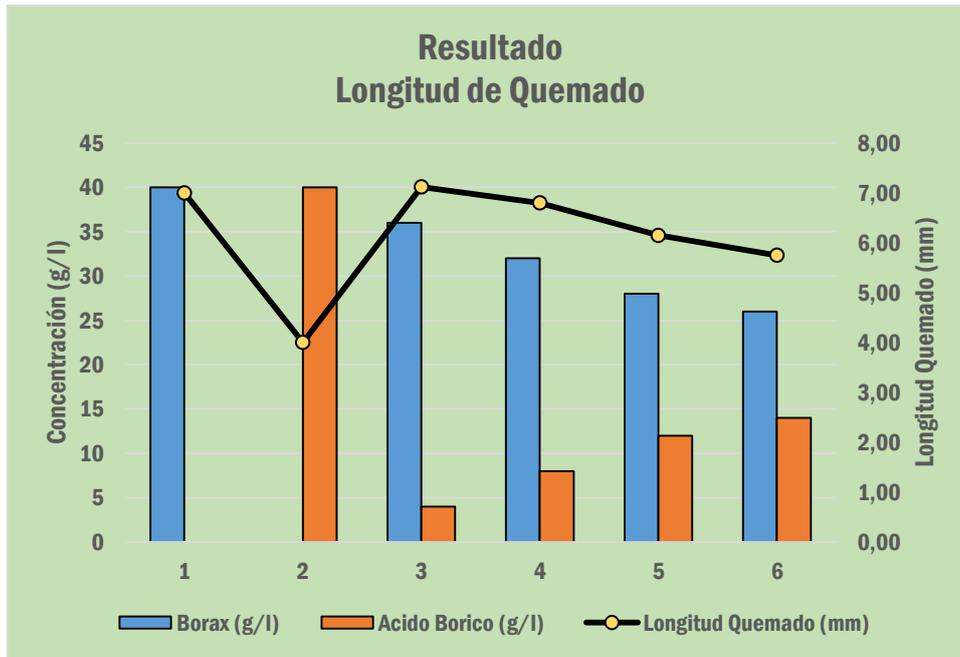


Figura 7 Resultados Longitud de Quemado

Fuente: Quelal, 2019

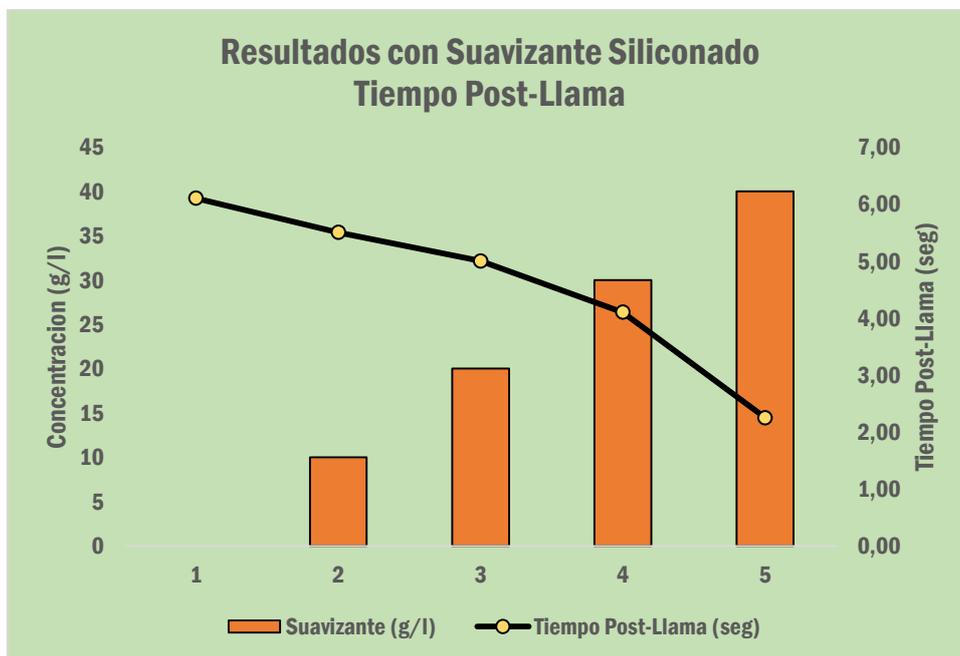


Figura 8 Resultados Tiempo - Post llama con suavizante siliconado

Fuente: Quelal, 2019

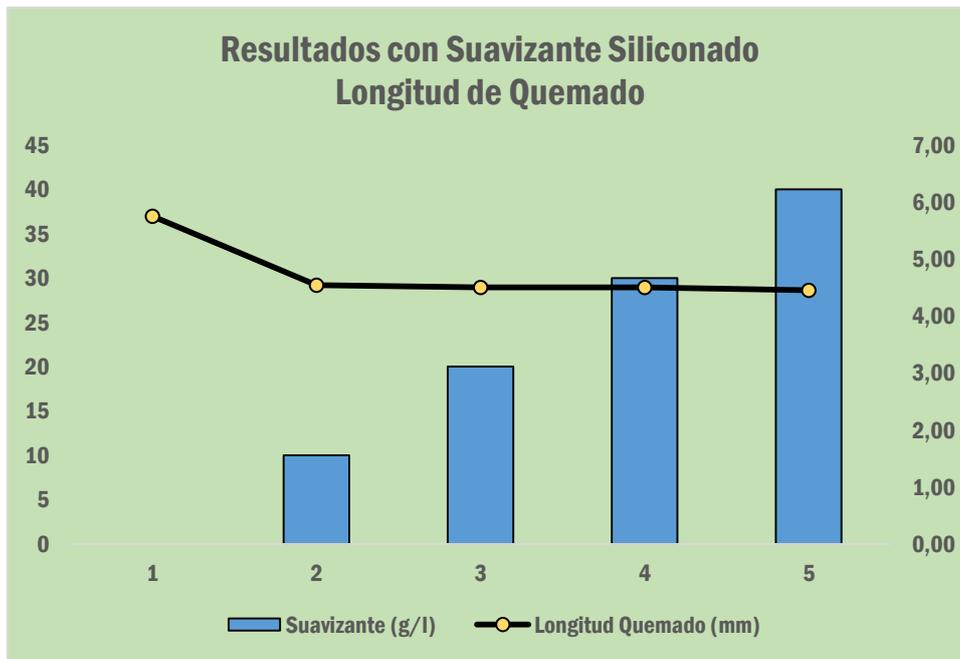


Figura 9. Resultados Longitud de Quemado con suavizante siliconado

Fuente: Quelal, 2019

- En las tabla 28 se puede observar que las muestras de 1 a 6 se determina que el porcentaje que mejores resultados que se obtiene es, la mezcla de 26 g/l bórax y 14g/l ácido bórico, esto se obtuvo debido a que al variar en porcentajes que empezaron de 100% bórax para analizar su función en donde se determinó que consigue un tiempo de 4,6 s de pos llama y una longitud quemada de 65 mm, ya que cumple su cargo de humedecer la muestra gracias a el proceso de descomposición del boro, y al disolver los volátiles en la forma gaseosa y formar una capa de vapor sobre la fase sólida, sin embargo se procede a desarrollar de igual manera una muestra de 100% ácido bórico para de la misma forma analizar la función que cumple, en cuanto a retardación al fuego, en el que se consigue un tiempo post llama de 10 s pero se logra identificar una longitud de llama menor a la utilizada con

el de 100% bórax siendo esta de 40 mm debido a que este forma un recubrimiento intumescente que amplía la efectividad de la capa protectora.

- Una vez realizadas las muestras y pruebas hasta el 60% de pick up se determinó que los resultados se reducían significativamente a porcentajes mayores de 60% por lo que solo se tomó en cuenta hasta el 70% de pick up
- Como se mencionó anteriormente en las 6 primeras muestras se utilizó en lo mínimo auxiliares, con el objetivo de asegurar que sean los compuestos quienes cumplan con la función de retardantes a la llama, siendo así que en las 4 posteriores muestras se trabajó en mejorar los siguientes defectos de acabado:
 - Irregularidad del acabado: se mejoró por el medio del uso de un dispersante al 1 g/l
 - Tacto áspero: se corrigió mediante el uso de un suavizante que además refuerza el revestimiento del acabado al ser de tipo siliconado del 10 g/l al 40 g/l
 - Tiempo según norma EN531. Ropa de protección contra riesgos térmicos en la industria como mínimo para categoría A = 2 s pos llama: de igual manera un suavizante siliconado posee características retardantes a la llama misma que se acerca con un promedio de 5,03 s de tiempo y una longitud quemada alcanzada de 45 mm

- Amarillamiento de la tela: anteriormente se utilizó una temperatura de curado de 170 C , misma que tornaba de color amarillento la muestra, con el uso de un catalizador este trabajo a 150 C por lo que se eliminó el problema.
- Solidez al lavado según norma: Ninguna de las muestras anteriores presento solidez al lavado por lo que se aumentó la cantidad a 120 g/l de Resina.
- Los resultados conseguidos en MUESTRA 10 son los más cercanos para poder estar dentro de categoría A1 en EN531. ROPA DE PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS TÉRMICOS EN LA INDUSTRIA que se ha tomado de referencia para la evaluación de los resultados obtenidos, en donde establece un tiempo post llama de 2 s para poder estar dentro de categoría, en cuanto a longitud de quemada no establece longitud pero si detalla que esta no debe presentarse agujeros en los bordes y fusión en la longitud quemada , consiguiendo un tiempo post llama promedio de 2, 25 s y que a pesar de tener una longitud quemada promedio de 44,5 mm esta no presentaba destrucción de los bordes formación de agujeros y no se funde, que son características exigidas en EN531.
- De la prueba realizada de solidez al lavado de la muestra 10 , no se la puede clasificar como acabado permanente, debido a un cambio de 2 s en 25 lavadas, sin embargo se puede observar claramente que se mantiene estable hasta las 20 lavadas, por lo que se le clasifica dentro de un acabado durable.

5.2 Conclusiones y Recomendaciones

5.2.1 Conclusiones

Una vez desarrollado el acabado textil resistente a la llama a base de ácido bórico y bórax se concluye que:

- La receta optima conseguida es aquella que está conformada principalmente por 26 g/l de bórax y 14 g/l de ácido bórico y como productos auxiliares 120 g/l de resina aerotex, catalizador cloruro de magnesio 9 g/l, regulador de pH ácido fórmico 0,3 g/l tenso activo Novapal sha 0,15 g/l, dispersante dispersol 1 g/l, y suavizante de tipo siliconado magnasoft 68 al 40 g/l, a una temperatura de 100 °C de secado x 1 min y una temperatura de 170 °C de curado por 2 minutos.
- Una vez aplicado un acabado textil a base de 26 g/l bórax y 14 g/l ácido bórico se determina que el grado de resistencia a la llama de mejores resultados, es de 2,25 segundos una vez retirada la fuente de llama, misma que alcanza una longitud quemada de 43 mm, esta no presenta destrucción de los bordes formación de agujeros y no se funde.
- En el análisis de permanencia del acabado se la clasifico como durable debido a que se mantiene estable en cuanto tiempo post llama de 3 s hasta las 20 lavadas.
- El precio únicamente del acabado lo podemos comparar con una barrera anti fuego-textil que cumple con certificación EN531 puesto a que entrega

resultados similares tiene un costo de la pasta de 35 usd/kg mientras que el costo del acabado es de 1,09 usd/kg siendo 0,38 % del precio más económico que se puede encontrar en el mercado, así que podemos clasificar al acabado como factible.

5.2.1.1.1 Recomendaciones

- Establecer inicialmente los parámetros y las exigencias mínimas normalizadas para direccionar más exactamente los objetivos a alcanzar.
- A pesar de que las fichas técnicas presentan información acerca de sus productos, también es necesario basarse en información sobre acabados textiles si las sugeridas no funcionan.
- Se recomienda también probar adicionando otro tipo de suavizante siliconados de tipo reticulante, y hacer el análisis de resistencia a la llama.
- Desarrollar todos los ítems de EN531 para analizar hasta que exigencias cumple el acabado.
- Se recomienda hacer una comparación entre los resultados del acabado en cuestión y un producto comercial que posea la norma EN531.

Bibliografía

1. J.T MARSH, (1966).Introducción al acabado textil. Aspectos más interesantes sobre el apresto y acabado de los tejidos. Primera edición Reverte, S.A
2. R. Zeidler, BASF productos químicos para la industria textil BASF Aktiengesellschaft D6700 Ludwigshafen República Federal de Alemania
3. AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS. (2010).
AATCC Test Method 61-2009: Colorfastness, Home and Commercial: Accelerated.
ATCC Technical Manual, 85.
4. UNE-EN-ISO 105-C06: 1997: “Solidez del color al lavado doméstico y comercial”
5. F. J. VALLE FUENTES, M. F. BARBA MARTIN-SONSECA (1973)
.Diversos procedimientos de determinación de B₂O₃ en esmaltes y vidriados.
Instituto de Cerámica y Vidrio Arganda del Rey – Madrid
6. C. Gonzales (2012).Volumetrías Acido – Base México
7. INÉS ALGABA, (2004) estudio de la influencia de un producto de acabado específico en el factor de protección a la radiación ultravioleta

8. J. Gonzales, (2009) Combinaciones del ácido bórico con los Dioles y los alcohol-ácidos estudio particular del complejo glucono-bórico Santiago,
9. J. Detrel y S. del Val (1991) estado del arte en la ignifugación de tejidos, BOL. INTEXTER. Nro. 100
10. Nora E. Hipendinger a, Esteban F. Aglietti b y Alberto N. Scian, (2006)Utilización de ácido bórico como retardador en Materiales refractarios cordieríticos de liga Química magnesia-ácido fosfórico CONAMET/SAM
11. J. Domínguez, M. Serrano, E. Flores y L. Michel, (2010) Un nuevo método para mejora el proceso de producción de ácido bórico. Universidad Nacional de Salta, Argentina.
12. M. Chanson, F. Millero. (2006).The Solubility of Boric Acid in Electrolyte Solutions. J. Solution Chem.,
13. C. Martín (2005). Síntesis de polímeros organoborados retardantes a la llama Universitat Rovira i Virgili. Tarragona
14. Ivan Šimkovic, Helena Martvonšova', Desana Maní'kova', Ondrej Grexa, (2004).Flame Retardance of Insolubilized Silica Inside of Wood Material.

1Institute of Chemistry, Slovak Academy of Sciences, 84238 Bratislava, Slovakia.

15. J. Cegarra. (1959) Fundamento, posibilidades y aplicaciones de los acabados con resinas sobre las fibras textiles Sandoz, Barcelona

16. MÉTODO DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA LLAMA NTE INEN 0745 (1987)

17. A. Valério, M.C.O. Furtuoso A.Z. (1990) Canale. Avaliação de tecidos que receberam acabamento de "mínimos cuidados" an. Esalq, piracicaba.

18. D. Hinkamp. Propiedades de los ácidos inorgánicos. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo 2002.

19. A. MANICH OLIVA, (1961), Acabados de Fibras Textiles, Tomo II, , Editorial Rafael Salva

Links.

<https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-427738879-retardante-de-fuego-profesional-con-certificado-para-indeci- JM?quantity=1>

<https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-430789073-retardante-de-fuego-construccion-con-certificado-para-indeci- JM?quantity=1>

<https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-427738879-retardante-de-fuego-profesional-con-certificado-para-indeci- JM?quantity=1>

https://listado.mercadolibre.com.ec/tela-ignifuga-o-retardante-al-fuego_NoIndex_True

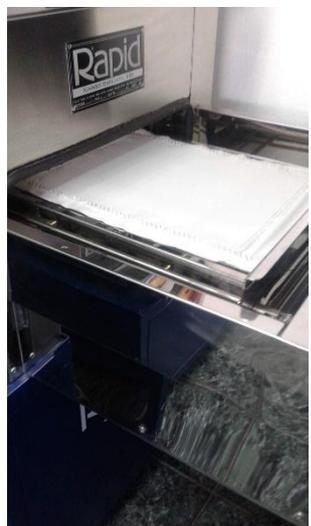
<https://www.quiminet.com/productos/tela-ignifuga-41520535443/precios.htm>

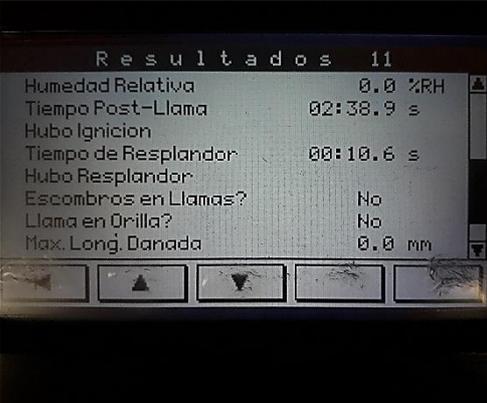
<https://estrucplan.com.ar/articulos/tratamientos-ignifugos-en-textiles/>

<http://www.duerto.com/normativa/en531.php>

Anexos

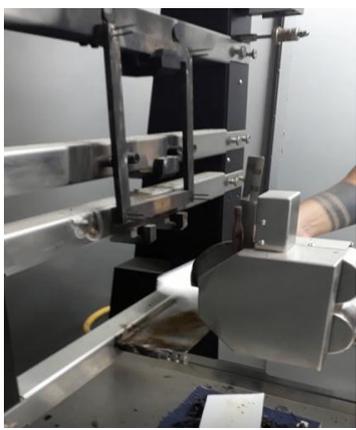
		
Preparación de baño	Pesaje de auxiliares	Pesaje muestras
Preparación de Baño para Acabado		
Fuente: Quelal , 2019		

		
Muestra en Base	Mini Rama	Ingreso de Muestra a Rama
Preparación muestra para Termo fijado		
Fuente: Quelal , 2019		

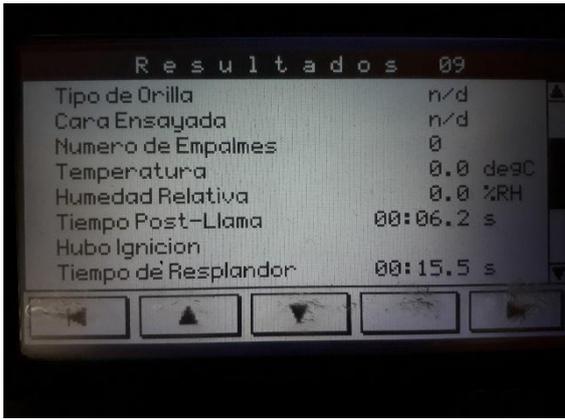
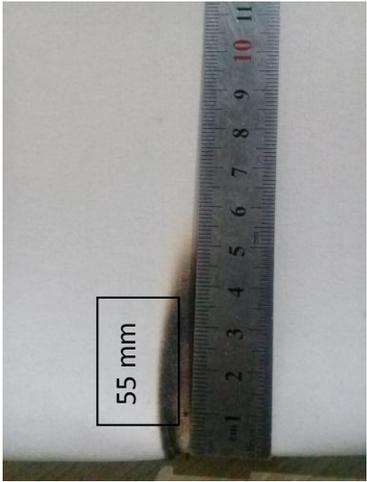
	<p>En s a y o M u e s t r a S i n A c a b a d o</p>	
<p>Resultados Muestra Sin Acabado</p>		

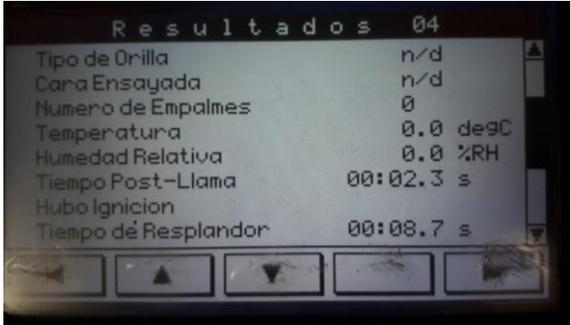
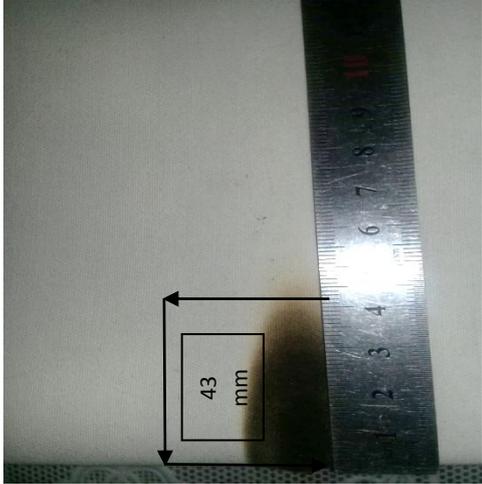
Ensayo Muestra Sin Acabado

Fuente: Quelal , 2019

		
<p>Desarrollo de pruebas</p>	<p>Desarrollo de pruebas</p>	<p>Desarrollo de pruebas</p>
<p>Flexiburn</p>	<p>Flexiburn</p>	<p>Flexiburn</p>

Fuente: Quelal , 2019

 <p>Resultados Muestra #6</p>	 <p>Longitud de quemada muestra #6</p>
<p>Resultados Pruebas</p> <p>Fuente: Quelal , 2019</p>	

 <p>Resultados Muestra #10</p>	 <p>Longitud de quemada muestra #10</p>
<p>Resultados Pruebas</p> <p>Fuente: Quelal , 2019</p>	



Ensayo Solidez al Lavado

Fuente: Quelal , 2019