



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**DESARROLLO DE UN COMPUESTO QUÍMICO
RETARDANTE A LA FLAMA PARA TELAS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

P R E S E N T A:

GIBRAN HUERTA RENTERIA



**DIRECTOR DE TESIS:
M. EN I. CRESENCIANO ECHAVARRIETA
ALBITER**

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/ 284/13

ASUNTO: Asignación de Jurado

Alumno (a): Huerta Renteria Gibran

PRESENTE

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	I.Q. RAUL RAMÓN MORA HERNÁNDEZ
VOCAL	M. en I. CRESENCIANO ECHAVARRIETA ALBITER
SECRETARIO	M. en C. ANA LILIA MALDONADO ARELLANO
SUPLENTE	M. en I. MARÍA ESTELA DE LA TORRE GÓMEZ TAGLE
SUPLENTE	I.Q. CONSUELO MATÍAS GARDUÑO

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México D.F. a 10 de junio de 2013

JEFE DE CARRERA

DR. ROBERTO MENDOZA SERNA

DEDICATORIAS

A mi Familia

Mil palabras no son suficientes para englobar el agradecimiento que les tengo y una acción no iguala todas las que ustedes han hecho por mí, por eso les dedico este trabajo para festejar juntos, porque este esfuerzo no fue algo únicamente de mi autoría, nos pertenece a los cuatro.

A la Ingeniera Yaneth Salinas Salinas

Te dedico este trabajo por tu plena compañía y cariño incondicional, por estar en el momento exacto cuando te necesite y por no alejarte de mí a pesar de la incertidumbre.

A mí director de Tesis el M. en I. Cresenciano Echavarrieta Albiter

Le dedico este trabajo por hacer que me superara a mí mismo, por hacerme ver un mundo sin limitaciones, por hacerme ir siempre un paso adelante y mirar de frente a la vida, y sobre todo por siempre compartirme su conocimiento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la UNAM y más específicamente a la FES ZARAGOZA por la formación que me ha brindado, porque el temple y carácter que formé en esta casa de estudios me ha hecho no solo alguien con conocimientos técnicos, si no una persona deseosa y capaz de vivir a plenitud.

A mí familia le agradezco por el amor y fuerza que me brindaron, porque me dieron lo necesario para recorrer mi propio camino.

Sin tu experiencia y conocimientos no hubiera podido concluir este trabajo, gracias papá.

Agradezco a mis sinodales quienes me guiaron para poder concluir una etapa tan importante en mi vida.

Agradezco a mis amigos por las risas y buenos ratos que ahora tengo muy bien guardados en mí pensamiento y corazón.

ÍNDICE

Contenido	Página
Objetivos	2
Hipótesis	2
Resumen	2
Introducción	3
1. Capítulo I	5
1.1. Historia de los Retardantes	6
1.2. Historia de las Fibras Textiles	7
1.3. Teoría del Fuego	8
2. Capítulo II	9
2.1. Tipos de Retardantes	10
2.1.1. Compuestos Inorgánicos	11
2.1.2. Compuestos Orgánicos	12
2.2. Retardantes para Materiales Textiles	12
2.2.1. Prendas con Retardante	13
2.2.2. Toxicidad	14
3. Capítulo III	16
3.1. Telas y Materiales más Comunes en el Mercado	17
3.2. Clasificación de las Telas	17
3.3. Fibras	28
3.3.1. Fibras Naturales	29
3.3.2. Fibras Artificiales	29
3.3.3. Fibras Sintéticas	30
3.4. Producción de Telas	30
3.4.1. Primera Fase (Materia Prima)	31
3.4.2. Segunda Fase (Procesado)	31
3.4.3. Tercera Fase (Hilado)	33
3.4.4. Cuarta Fase (Tejido)	38
3.4.5. Quinta Fase (Acabado)	40
4. Capítulo IV	42
4.1. Metodología	43
4.2. Diseño del Equipo	44
4.3. Experimentos	46
Resultados y Análisis	60
Conclusiones y Recomendaciones	61
Bibliografía	62
Anexo A Glosario	64
Anexo B Índice de Imágenes	66
Anexo C Índice de Tablas	68
Anexo D Índice de Gráficas	69

OBJETIVOS

GENERAL

Desarrollar una formulación química retardante a la flama aplicable a telas tipo tapicería.

PARTICULARES

- Generar una mezcla con diferentes porcentajes de resina, agua, lubricante y retardante para determinar el porcentaje más eficiente al ser aplicado en la tela.
- Identificar las variables más importantes para generar un producto de tejido textil retardante a la flama.
- Construir un equipo semi industrial para aplicar la pasta sobre las telas.

HIPÓTESIS

El compuesto que más afecta la correcta aplicación de la mezcla retardante a la flama sobre las telas es la resina. La mezcla retardante aplicada sobre la tela permite exponerla a temperaturas superiores a los 135°C.

RESUMEN

Se construyó un equipo semi industrial que permite aplicar la mezcla retardante a la flama sobre la tela, el dispositivo tiene un sistema que permite aplicar la mezcla a diferentes espesores. La tela sobre la que se hicieron las pruebas pertenece a la categoría de tapicería y decoración, con la característica de que eran Plianas de 40 hilos por pulgada cuadrada, y las dimensiones a las que se corto la tela para poder hacer las pruebas fueron 15 cm de ancho y 1 metro de largo. La mezcla sobre la que se comenzó a trabajar tenía como base un retardante a la flama, agua de proceso, lubricante y una resina, se variaron los porcentajes para ver el comportamiento de cada uno de los ensayos. La metodología para cada prueba es el siguiente: primero se varió el porcentaje de los compuestos pero siempre tratando de que el retardante y la resina en conjunto formen un 90% del total de la mezcla, después se aplico la mezcla con diferentes espesores sobre la tela (0.3, 0.5 y 1 mm), después de aplicarla es necesario meter la tela ya con el retardante en un horno que llegaba a una temperatura aproximada de 90°C lo cual permitía la correcta unión de la mezcla con la tela, posterior a usar el horno la tela era sometida a una flama controlada en la que se medía la temperatura alcanzada por dicha flama y se veía el comportamiento de la tela.

INTRODUCCIÓN

Aun en nuestros días, después de un gran avance en la ciencia de la protección contra incendios, siguen ocurriendo trágicos episodios causados por estos alrededor del mundo.

Solo en la segunda mitad del siglo XX, la ciencia de la protección contra incendio se ha definido como una ciencia de ingeniería discreta ^[1], enriquecida con análisis teórico, adelantos en la química y física del fuego, ensayos en laboratorios especializados, investigaciones en universidades y con el desarrollo de programas de simulación, donde los escenarios de incendios pueden ser analizados más eficientemente. ^[2]

Pero son las tragedias las que más han impulsado el desarrollo de la seguridad contra incendio. Bajo este preámbulo es importante mencionar que la industria química es una de las industrias más peligrosas que pudieran existir debido a los compuestos que se usan, a los equipos de proceso y a las condiciones en general de la plantas, hay un sin número de accidentes suscitados en las plantas de proceso y la prevención exhaustiva es lo único que podemos realizar, ya que la eliminación de los accidentes es imposible. ^[3]

La seguridad y protección contra incendios, es un campo multidisciplinario que abarca muchos ámbitos: la física y química del fuego, estabilidad de las estructuras, el control del calor y evacuación de humos, selección y diseño de instalaciones mecánicas y eléctricas, el comportamiento humano frente a las emergencias, investigaciones de incendios, gerencias de riesgos, etc.

Existen dos formas de protección contra el fuego, la activa y la pasiva. Los sistemas pasivos contra incendios proveen de variada protección contra el fuego, lo cuales no requieren de intervención humana o mecánica para operar. Generalmente la protección pasiva no provee una protección inherente por sí misma y normalmente es efectiva solo durante un cierto periodo de tiempo. De este tipo de protección pasiva es de donde parten las investigaciones de los productos y formulaciones de artículos retardantes a la flama.

En los incendios un minuto puede ser la diferencia entre la vida y la muerte, pero ¿cómo hacernos de esos minutos que nos den la ventaja?, es por eso que los productos resistentes al calor, a las flamas o que provoquen menos humos tóxicos se encuentran en un auge que se especializa cada día más. Bajo este contexto la generación de nuevas alternativas que sean definidas de forma más particular a diferentes ámbitos laborales se ha vuelto una necesidad. Entre estos ámbitos encontramos por ejemplo a la industria textil, la cual está dedicada a la producción de ropa, tela, hilo, fibra y productos relacionados. Los textiles son productos de consumo masivo que se venden en grandes cantidades, y para darnos cuenta de su alcance en la vida diaria basta con ponernos a pensar en que traemos puesto y que tenemos en casa. Dentro de los artículos textiles podemos encontrar telas con acción retardante a la flama, ya sea porque la fibra con la cual está hecha la tela es retardante ^[4], o porque se le ha agregado algún compuesto químico a la tela después de ser tejida ^[5].

El desarrollo de nuevos compuestos químicos que aplicados sobre tejidos textiles den como resultado una tela retardante a la flama se ha vuelto todo un reto para la salvaguarda de la vida humana y para el desarrollo tecnológico, el cual tiene una gran campo de aplicación en muchas disciplinas y ámbitos.

CAPÍTULO I

La historia de los productos retardantes del fuego comienza en el año 360 A.C., cuando las maderas eran cubiertas con vinagre para protegerse contra el fuego. En el año 83 A.C., las torres de madera estaban cubiertas por un cristal blanco (sulfato doble de aluminio). Nicholas Sabbatini, en 1638, recomendó una combinación de arcilla donde tal mezcla se aplicaba a los soportes pintados como lienzos.

Abdías Wyld recibió la primera patente en Gran Bretaña por el desarrollo de una mezcla retardante de flama hecha de alumbre, sulfato ferroso, y el bórax en 1735. En 1820, el químico francés Gay-Lussac recomendó el uso de mezclas de fosfato de amonio, cloruro de amonio y el bórax para reducir la inflamabilidad de los textiles utilizados en Francia.

A mediados del siglo XIX, los retardantes de flama se hacían en numerosas pruebas de textiles. La combinación más eficaz resulto del fosfato de amonio, sulfato de amonio y una mezcla de fosfato de amonio con cloruro.

A principios del siglo XX, William Henry Perkin se convirtió en la primera persona en estudiar sistemáticamente los mecanismos de resistencia al fuego. Retardantes de flama modernos para textiles, papeles y telas se basan en sus investigaciones fundamentales, incluido el descubrimiento en 1953 de Cloruro de Fosfonio Tetra (hidroximetil) (THPC). THPC es un líquido amarillo claro y transparente aplicado como retardante de flama para las fibras de algodón, plástico, papel, pintura, revestimiento, mobiliario y materiales de construcción. Con el tiempo, THPC ha sido modificado y mejorado.^[6]

1.1 HISTORIA DE LAS FIBRAS TEXTILES

Durante miles de años, el uso de las fibras estaba limitado a aquellas disponibles en el mundo natural. Apenas hace un siglo, se desarrolló la primera fibra artificial, lo que dio inicio a una gran revolución en la fabricación de nuevas telas.

Se considera que la fibra textil más antigua es el lino, conocido desde hace aproximadamente 7,000 años. El lino más fino se usaba para los sudarios con los que enterraban a los faraones egipcios. El algodón fue usado hace 5,000 a 7,000 años. Los egipcios usaban ropa de algodón desde entonces. La lana fue utilizada desde hace 5,000 años por diversos pueblos. Existen 40 diferentes razas de ovejas, que producen aproximadamente 200 tipos de lana de diversos grados. La seda se conoce desde hace 5,600 años y se cree que fue descubierta por una princesa china, los secretos de su cultivo y fabricación fueron guardados celosamente por los chinos durante cerca de 3,000 años. ^[7]

El químico francés Hilaire de Charbonnet inventó la “seda artificial”, a partir de la celulosa, en 1884. Cinco años después, sus telas causaron sensación en la exhibición de París, lo que le permitió construir la primera planta comercial para producir la nueva tela, el rayón, en Francia. En 1893, el estadounidense Arthur Little inventó otro producto de celulosa, el acetato, el primer uso de la fibra de acetato para fabricar productos textiles fue desarrollado por la Compañía Celanese, en 1924.

En 1931, el químico estadounidense Wallace Carothers trabajaba en los laboratorios de la Compañía DuPont, y descubrió unas moléculas gigantes llamadas polímeros. Enfocó sus esfuerzos en una fibra llamada simplemente “66”, un número derivado de su estructura molecular. El Nylon, la “fibra milagrosa” había nacido.

En 1952 se empezaron a producir nuevas fibras, como las metalizadas y el acrílico, un producto similar a la lana. La comercialización del poliéster al año siguiente fue acompañada de la introducción del triacetato. La mayoría de las fibras básicas manufacturadas en el Siglo XX habían sido descubiertas y los ingenieros de la industria textil se dedicaron a refinarlas y mejorarlas.

Aparecieron telas más durables y con colores más permanentes gracias a las fibras mejoradas. Se lograron nuevos efectos de teñido y los tejidos que mantenían su forma ofrecieron un mayor confort y estilo. Las nuevas fibras fueron modificadas para ser resistentes a las flamas, desmancharse con facilidad, alcanzar una mayor blancura o brillo y secarse más fácilmente.

Se introdujeron nuevos productos como Spandex^R, una fibra elástica que puede estirarse hasta en un 100 por ciento y volver a su tamaño normal.

En los setentas se trabajó en el desarrollo de fibras textiles más seguras, especialmente para los pijamas de niños y bebés, con telas retardantes a la flama. Este tipo de fibras se utilizaron después para hacer alfombras y tapices para muebles, que ofrecieron mayor seguridad en los hogares.

La innovación continuó siendo una constante en la industria de las fibras artificiales, destacando el desarrollo de las microfibras. Se trata de fibras extremadamente finas, cien veces más delgadas que un cabello humano.

En 1970, después de años de experimentación, el Doctor Miyoshi Okamoto de las Industrias Toray en Japón consiguió crear la primera microfibra del mundo. Ese mismo año, su colega el Doctor Toyohiko Hikota perfeccionó un nuevo proceso capaz de convertir la invención de Okamoto en una sorprendente tela, un material no tejido que combinaba un gran lujo con un excelente desempeño. La tela, llamada Ultrasuede^R, ofrece un tacto como de ante, pero con beneficios que no ofrece la piel animal, ya que es resistente a manchas y decoloración y puede lavarse en la lavadora o en seco.

Desde los noventa, las microfibras se utilizan también en la fabricación de nuevos tipos de poliéster, Nylon, acrílico y otras telas, que pueden ser firmes o suaves, según se requiera.^[8]

1.2 TEORÍA DEL FUEGO

El fuego es una reacción química continua con generación de luz y calor, que combina agentes reductores (elementos combustibles) con agentes oxidantes (oxígeno del aire), en presencia de calor.

Teoría del Triángulo del Fuego

Si se deja un trozo de hierro a la intemperie, su color cambia y pierde sus características originales, porque se produce oxidación. Esto significa que el oxígeno del aire se combina con el hierro para producir óxido de hierro. Un fuego es un fenómeno similar: el oxígeno del aire se combina con los materiales que arden, pero en forma violenta. A esta oxidación rápida la llamamos combustión.

Para que un material entre en combustión se necesitan ciertas condiciones:

- Una de ellas es contar con suficiente oxígeno; normalmente esto no es problema, porque el aire que nos rodea lo contiene.
- Una segunda condición es que exista material combustible.
- La tercera condición es que tengamos suficiente calor como para que la combustión se inicie.

Estas tres condiciones, en conjunto, forman lo que se conoce como el Triángulo del fuego: oxígeno, combustible y calor, en proporciones adecuadas. Si uno de estos elementos falta o no está en la proporción conveniente, no tendremos fuego.

Por otra parte, para que se inicie la combustión, es necesario que los materiales se encuentren en forma de gases o vapores. La gasolina, que desprende vapores a temperatura ambiente, se inflama con mucha facilidad, pero los materiales sólidos deben primero calentarse para que desprendan vapores que puedan inflamarse. Sin embargo, esto no quiere decir que se vayan a inflamar por sí solos. En efecto, se requiere una mayor temperatura para que se inflamen.

En consecuencia, podemos diferenciar, para cada material:

- Una temperatura a la cual el material se gasifica (temperatura de gasificación).
- Una temperatura a la cual el material ya gasificado se enciende (temperatura de ignición).

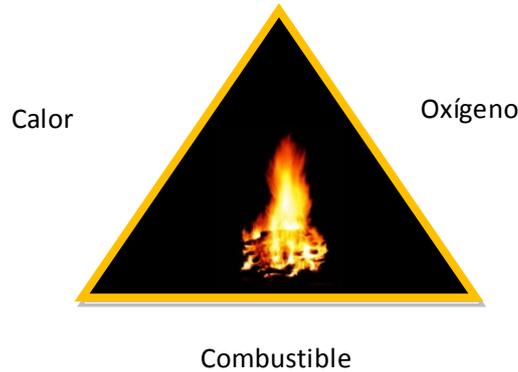


FIGURA 1 Triangulo del Fuego
Creación propia con datos del Curso de Protección Contra Fuego de la Empresa ICA Fluor

Teoría del Tetraedro del Fuego

Cuando se ha logrado encender un fuego, con frecuencia puede mantenerse por sí solo, sin apagarse, hasta que sólo quedan cenizas.

Para explicar este aspecto del fuego, la ciencia actual agrega un cuarto elemento a los tres que ya hemos visto: la reacción en cadena. Cuando el fuego es suficientemente intenso, aparecen llamas y se libera mucho calor. Esto facilita que el oxígeno y los combustibles se combinen, con lo cual hay nuevas llamas y más calor.

Esta reacción en cadena se repite mientras quede oxígeno y combustible, a menos que algo interrumpa este circuito.^[9]



FIGURA 2 Tetraedro del Fuego
Creación propia con datos del Curso de Protección Contra Fuego de la Empresa ICA Fluor

CAPÍTULO II

La clave para la prevención de Incendios consiste en manejar los elementos que generan y dan continuidad al fuego (combustible, comburente, energía de activación y reacción en cadena). Cuando estos factores se combinan en la proporción adecuada, el fuego se desencadena. Por otra parte, es igualmente posible prevenir o atacar un fuego eliminando uno de ellos.

Cuando se inicia un proceso de combustión pasa a un primer plano la protección de las personas por lo que un aspecto importante de la protección es la resistencia al fuego o efecto de retardante de flamas. Actualmente y de acuerdo a numerosas regulaciones de seguridad se usan en muchísimos materiales los productos retardantes a las flamas.

Los aditivos o productos químicos retardantes de flama son de naturaleza orgánica o inorgánica, su mecanismo de acción puede clasificarse en:

1. Dilución de gases de combustión con gas inerte por debajo de su límite inferior de inflamabilidad (LII), usando materiales que generen gases no combustibles (hidróxidos o sales metálicas).
2. Disipación térmica, mediante el uso de materiales que presentan descomposiciones endotérmicas (hidróxidos o sales metálicas y compuestos nitrogenados).
3. Formación de Capa protectora de carbón (Costra) que limita el contacto del material en combustión con el aire y es una capa aislante para evitar la transferencia de calor de las flamas al material.
4. Rellenos Inertes (fibras de vidrio y micro esferas) y minerales (talco, $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$) actúan como drenaje de calor para aumentar la capacidad calorífica del material o reducir el contenido de combustible.
5. Los Halógenos y algunos retardantes de flama de fósforo actúan por interacción química. El retardante se disocia en radicales libres que inhiben con la propagación de las reacciones en cadena.^[10]

2.1 TIPOS DE RETARDANTES

En la actualidad los retardantes de flama se agregan a diferentes productos de uso cotidiano como el plástico, las maderas, los papeles y textiles, los electrodomésticos, línea blanca, etcétera. Por lo menos deben reunir algunas de las siguientes características:

- Los retardantes de flama no deben ser tóxicos para los humanos ni para el ambiente.
- No deben migrar, es decir, no deben ser liberados a partir del producto acabado por evaporación. Esto se consigue mediante productos retardantes que reaccionan dentro del polímero o material a proteger.
- No debe liberar otros gases tóxicos, corrosivos o humo durante un incendio.
- Los retardantes de flama deben ser respetuosos del medio ambiente, es decir, neutral o biodegradables.

Los Retardantes de flama son una variedad muy extensa de productos químicos que pueden clasificarse de varias formas:

1. En función de los materiales que deben proteger. Dichos materiales pueden ser madera virgen, hule espuma, lonetas sin plastificar, textiles, alfombras, seda, plástico, papel tapiz, concretos, estructuras metálicas, columnas, muros, tabla roca, pastas, látex, etc.
2. Por el medio de la acción para disipar el calor:
 - a. Algunos compuestos se descomponen en una primera etapa que despiden supresores de humo que eliminan a los mismos en un 50% de los 150 a los 250 °C, el producto suprime o neutraliza la toxicidad de gases producidos por la combustión de fibras sintéticas. A los 500°C, en su última etapa de descomposición, el producto despiden agentes humectantes que mezclados con el aire común causan una capa de vapor que sofoca la flama.
 - b. Existen aquellos con la propiedad de expandirse, generando una barrera física con características térmicas y químicas que evitarán la propagación del fuego.
 - c. Hay compuestos que ofrecen resistencia al fuego directo. Ejemplo, algunos retardantes se electrolizan con las superficies metálicas formando parte de la misma estructura, y como consecuencia se cierra cualquier penetración de humedad y evita la degradación del material aplicado.
3. Por su composición química (los más usados)
 - a. En los Compuestos Inorgánicos se usan los:
 - i. Compuestos Nitrogenados
 - ii. Compuestos Fosforados
 - b. En los Compuestos Orgánicos se usan los:
 - i. Compuestos Bromados
 - ii. Compuestos Clorados

4. Por las formas de aplicación a los materiales
 - a. Hay compuestos que se aplican internamente en los materiales durante la preparación o manufactura
 - b. Hay compuestos que se aplican sobre los materiales, equipos o construcciones ya hechas.
5. Por su efecto residual en el ambiente
 - a. Matrices Bióticas
 - b. Matrices Abióticas
 - c. Biodisponibilidad y bioacumulación^[11]

A lo largo de este trabajo se usará la clasificación de acuerdo a la composición química.

2.1.1 COMPUESTOS INORGÁNICOS

Compuestos agregados internamente a las estructuras del material durante su manufactura o preparación; como el Hidróxido de Aluminio y de Magnesio, Ácido Bórico, Sales de Bórax, Sales de Amonio (Fosfato, Polifosfato, Sulfato) y Trióxido de Molibdeno. Dichos compuestos funcionan por medio de la descomposición térmica mediante el consumo de energía y la formación y liberación de vapor de agua. Entre los compuestos más comunes se encuentran los compuestos nitrogenados y fosforados.

Compuestos Nitrogenados

El grupo de los compuestos nitrogenados incluye la Melamina y los derivados de la Melamina, por ejemplo, el Cianurato de Melamina y el Polifosfato de Melamina. Las sales amoniacaes del Ácido Ortofosfórico son conocidas como retardantes de flama de fibras de madera, papel y algodón. También se usan en pinturas intumescentes¹ y espuma de poliuretano, está aumentando su aplicación en otros polímeros. La razón de este desarrollo podría explicarse por las características específicas que contribuyen a la formación de barreras físicas de carbono como consecuencia de los efectos de “costra” del Polifosfato de Amonio.

Compuestos Fosforados

Los ésteres fosfóricos y pirofosfóricos son intermediarios bioquímicos, tanto en célula animal como vegetal, en la transformación de los alimentos en energía combustible (en forma de ATP). Los fosfatos orgánicos también son componentes estructurales importantes de los fosfolípidos, ácidos nucleicos, coenzimas e insecticidas. La fosfina es el análogo fosforado del amoníaco. La fosfina es un gas venenoso que arde espontáneamente en el aire debido a la presencia de impurezas. Los ésteres de los ácidos fosfórico y pirofosfórico son los compuestos organofosforados que se encuentran con más frecuencia. Las sales sódicas de los ácidos trifosfóricos se emplearon en grado considerable en detergentes para ayudar a la suspensión de las partículas de mugre.^[12]

¹ La pintura intumescente es aquella pintura con la capacidad de hincharse al calentarse creando una capa aislante alrededor de los elementos que recubren

2.1.2 COMPUESTOS ORGÁNICOS

Compuestos orgánicos combinados con Nitrógeno, Cloro, Bromo, y Fósforo; HFR (Halogenated Flame Retardant), BFR (Brominated Fire Retardant). Los más usados son los compuestos Bromados y Clorados.

Compuestos Bromados

Los retardantes de flama bromados (BFR), son usados en polímeros y textiles, materiales de construcción, muebles y equipos electrónicos.

Estos retardantes pueden encontrarse en plásticos de equipos electrónicos y eléctricos, juguetes, envases de comida, muebles tapizados, computadoras, ropa, y otros productos. Los BFR de mayor producción son Polibromodifeniléteres (PBDE) actualmente en desuso por sus efectos a largo plazo en el ambiente, el Tetrabromobifenol (TBBP-A) y el Hexabromociclododecano (HBCD).

Compuestos Clorados

Presentan una notable eficiencia pero producen gran cantidad de gases irritantes y humos tóxicos. Algunos de estos compuestos son el Dodecacloropentaciclooctadecadieno y las Parafinas Cloradas.^[13]

2.2 RETARDANTES PARA MATERIALES TEXTILES

La situación de los tejidos para ropas retardantes de flama tienen diversas variantes dentro de la tecnología de los Retardantes de flama y abarca desde ropa de uso laboral o cotidiano, decoración interna (cortinas), tapicerías (autos y muebles) y alfombras. El efecto de retardante de flama en el caso de productos textiles también incluye además la reducción de la formación de materiales fundidos que gotean y la generación de humos y gases tóxicos.

Las fibras para uso textil tienen dos grandes grupos, las naturales y las sintéticas; entre las naturales se encuentran las fibras animales y vegetales, de modo que las fibras naturales de origen animal (lana, seda, cerdas, pelo) presentan una alta temperatura de ignición (500-600° C), superior a las de origen vegetal (yute, algodón, papel, cáñamo, lino) cercano a los 250-350 °C, con la ventaja adicional de que se carbonizan pero no se funden.

La adopción de las fibras sintéticas (acrílicas, poliéster, nylon, rayón, polietileno, polipropileno, etc.) no mejora las condiciones en los incendios ya que si bien tienen un punto de ignición de 500-600° C, arden con facilidad e intensidad, se funden, gotean y generan gases y humos más tóxicos.^[14]

TABLA 1 Retardantes para Diferentes Fibras

FIBRA	PRODUCTO QUÍMICO RETARDANTE
Algodón	Sal de Fosfonio insolubilizada con gas de Amoníaco
Algodón, Rayón (sin tejer o tejido no duradero)	Fosfato Diamónico/Sulfato de Amonio/Compuestos de Boro
Rayón (fibra modificada)	Hexapropoxifosfaceno
Poliéster (fibra modificada)	Fosfato Oligomérico
Poliéster, Acetato, Nylon	Decabromo-difenil éter, Óxido de Antiamonio
Nylon (No duradero)	Tiourea/Compuestos de Titanio y Circonio/Ácido Dibromuro-tereftálico
Modacrílicos (Fibras modificadas)	Cloruro de Vinilo, Cloruro de Vinileno, Bromuro de Vinilo

FUENTE: www.epicsa/publicaciones/retardantesdeflama

2.2.1 PRENDAS CON RETARDANTES

La ropa con retardantes está diseñada para proteger al usuario del calor, del fuego y de las salpicaduras de metal fundido. El uso de ropa con retardante implica que en caso de un incendio el usuario dispone de unos minutos adicionales (alrededor de 3-5) para ponerse a salvo o tomar las acciones de control pertinentes.

El uso de retardantes de flama en algunas fibras sintéticas demoran la inflamabilidad, incluso algunas pueden ser auto extinguidas (la combustión se detiene cuando no hay presencia de una flama externa). Sin embargo, una vez que se encienden los tejidos sintéticos, producen más materiales fundidos y generan productos de combustión adicionales.

Las fibras naturales normalmente no se funden; se queman lentamente (lana, seda, algodón, lino, bagazo de caña), son difíciles de encender y el calor generado se acumula dificultando la extinción, el tratamiento de retardante de flama se concentra en la disipación de ese calor (enfriamiento).

Las fibras naturales, incluido el algodón, pueden tratarse localmente con un retardante de flama que reduce la inflamabilidad de la tela, dando como resultado un producto muy difícil de quemar. Durante un incendio, el retardante de flama reacciona con los gases y alquitranes, transformando los gases en material carbonáceo y formando una costra que limita el contacto con el oxígeno del aire.

Algunos tejidos de poliéster son considerados permanentemente retardantes de flamas porque las fibras se fabrican incorporando a la estructura molecular las sustancias retardantes. En otros casos, los tejidos sintéticos pueden tratarse con productos químicos después de la fabricación del tejido o de la prenda de vestir (igualmente en fibras naturales como el algodón), mediante un proceso de impregnación o recubrimiento, esta protección es temporal.

Las características de resistencia a las flamas dependen también de factores como la combinación de telas que incluyen fibras naturales y sintéticas, tales como la mezcla

de poliéster-algodón, los factores de ignición y combustión se ven afectados también por el peso y tejido de la tela, también la textura de la superficie del tejido afecta la inflamabilidad.

La ropa retardante puede calificarse como "inherentemente retardante" con una duración de la protección durante la vida útil de la prenda; "permanente con retardante" cuando es resistente a los productos de limpieza usados para efectos de lavandería, o "duradera" cuando la protección de la tela se pierde con el tiempo, o con cierto número de lavadas.^[15]

El tratamiento para las telas retardantes a la flama se logra por medio de alguno de los siguientes métodos:

- Impregnación (por saturación, por absorción, y a presión)
- Recubrimiento

La impregnación consiste en disolver o dispersar un material ignífugo en un disolvente, generalmente agua. Luego se empapa o satura el elemento a tratar, por aspersión o inmersión. La impregnación a presión (casi siempre en maderas) se realiza al vacío o en autoclave.

Los recubrimientos retardantes de flama pueden aplicarse durante la fabricación del producto, como por ejemplo en materiales no absorbentes de la construcción, piezas decorativas, y sobre textiles.

2.2.2 TOXICIDAD

La tecnología que rodea a la industria de los derivados de la madera, tejidos textiles y del plástico o polímeros involucra una diversa y numerosa variedad de sustancias químicas que van desde el monómero mismo hasta los aditivos que deben agregársele para darle las propiedades que observamos, estas sustancias son colorantes, elastómeros, absorbentes de luz UV, sustancias preservativas, estabilizadores, plastificadores, retardantes de flama entre otros.

El proceso de combustión genera una cantidad considerable de productos de combustión con alta toxicidad, que además se vuelven más peligrosos si el material que se quema contiene aditivos o sustancias agregadas, ya que la toxicidad se complica por la descomposición de estos materiales a causa del calor del fuego y frecuentemente los subproductos reaccionan entre sí y generan productos adicionales, afectando e incrementando la toxicidad de los productos de combustión, y como ejemplo se pueden citar a los retardantes de flama.

La principal causa de muerte durante incendios declarados es la exposición a elevadas concentraciones de gases, humos y vapores tóxicos generados durante la combustión. Los siguientes compuestos son los retardantes de flama menos tóxicos: Hexabromociclododecane, Óxido de Decabromodifenil, Alúmina Hidratada, Hidróxido de Magnesio, Borato de Zinc, Molibdatos de Calcio y Zinc, Trióxido de Antimonio, Pentóxido de Antimonio, Antimoniato de Sodio, Polifosfatos de Amonio, Ácido Fosfórico, 3-(hidroximetil-amino)-3-oxopropil-dimetilester, Fosfonatos Orgánicos, Tris

(monocloropropil) Fosfato, Fosfatos Plastificadores Aromáticos y Parafinas Cloradas o Bromadas.

El uso de compuestos halogenados (Cloro o Bromo) presenta un riesgo importante ya que incrementan las cantidades de humos y productos de descomposición tóxicos que se desprenden durante la combustión del polímero, más el efecto de los gases corrosivos producto de la combustión de los polímeros.

Las resinas fenol-formaldehido tienen buena resistencia térmica, son excelentes aislantes eléctricos, tienen baja inflamabilidad y generan pocos humos tóxicos en su combustión.

Aunque no existan condiciones de fuego, la sola exposición a los retardantes de flama en prendas de vestir o textiles tiene efectos potenciales por contacto con la piel, ingestión, inhalación de partículas generadas durante la corrosión o roce de las fibras superficiales y la inhalación de los vapores desprendidos por la tela tratada.

Algunos efectos a la salud por la exposición son:

- Neurotoxicidad retardada aguda, por sustancias organofosforadas.
- Inmunotoxicidad.
- Mutaciones genéticas.
- Cancerígeno.
- Afectación al desarrollo prenatal.
- Efectos sobre reproducción/desarrollo y fertilidad.^[16]

CAPÍTULO III

A lo largo de la historia se usaron en la elaboración de telas ciertos instrumentos para hilar, tejer y bordar, como husos, telares y agujas. Por estudios etnográficos sabemos que las mujeres eran las que tejían en los tradicionales telares de cintura y de suelo mientras que los hombres eran los encargados de fabricar cordones, sogas y hondas.

Las telas mejoraron cuando se aplicó el uso de tintes de origen vegetal, mineral y animal, al inicio los tintes tenían que ver con tradiciones culturales y se lograron combinar armónicamente los hilados, con diferentes matices de colores. En otros casos las telas fueron teñidas e incluso pintadas para lograr diseños realmente excepcionales.

Las telas fueron creadas a partir de la necesidad de protegerse en el aspecto físico, político e incluso psicológico y social, de modo que el hombre descubrió y fue creando fibras textiles de origen natural. Sus orígenes se remontan hace cientos de años antes de Cristo. Las telas son creadas por fibras textiles que son la base de éstas y mediante tejido o trenzado se van creando los diferentes tipos de telas.^[17]

3.1 TELAS Y MATERIALES MÁS COMUNES EN EL MERCADO

Existen certificaciones para los tejidos retardantes a la flama.

El tejido ignífugo que está certificado como FR ha sido tratado en un proceso de inmersión con un producto químico retardante del fuego después de que el tejido se ha tejido.

La tela que ha sido certificada como IFR (inherentemente retardante de fuego) o PFR (retardante al fuego permanente) ha sido tejida con fibras que no son inflamables.

A continuación se mencionan algunos de los productores nacionales y extranjeros más comunes que ofrecen acabados retardantes a la flama en México.

Productores en México

- Textiles Térmicos
- Textiles de Lib
- Carolina Protects
- Tejidos decorativos S.A de C.V
- Bayer
- Los reyes industrial

Productores en el Mundo

- American Tex S.A (Argentina)
- Textil Alena SAIC (Argentina)
- Textiles Tala S.A. (Argentina)
- Sotexprolberica S.L. (España)
- Textil Batavia S.L. (España)
- Confecciones García (España)

Las telas retardantes a la flama usualmente comprenden las telas de tapicería (teatros, cines, hospitales, bancos, etc.), lonas y prendas que aseguren la seguridad del personal.

3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS TELAS

Existen diferentes tipos de telas, a continuación se mencionan las principales con sus características más destacadas.

Brocado

Es el nombre que recibían los tejidos fabricados con hilos de metales preciosos (oro o plata), sustituidos en la actualidad por fibras sintéticas.

Características: Muy resistente. De su confección se obtienen atractivos dibujos en relieve de diferentes colores. Usos: Tapicería y cortinas.



FIGURA 3 Tela estilo Brocado

FUENTE: [www.bambalinarticulosreligiosos.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Chenille

Lleva el nombre del tejido que la compone, formando una trama (hilos horizontales de la tela) de hilos pequeños cortados que le otorgan aspecto aterciopelado.

Características: Puede ser de algodón, lana o lino, aunque lo habitual es la mezcla de fibras sintéticas y naturales para garantizar resistencia y pocas arrugas. Usos: Tapicería y cubrecamas.



FIGURA 4 Tela estilo Chenille

FUENTE: [www.en.wikipedia.org] Fecha de consulta: 06/04/2013

Chintz

Puede ser grueso o fino, con una cara satinada con resina sintética para darle brillo, aunque éste se pierde con el lavado. Los hay de diversos materiales pero lo habitual es que estén tejidos de algodón de hilado fino. Lisos o estampados generalmente con motivos florales o de hojas. Usos: Tapicería, cortinas y almohadones.



FIGURA 5 Tela estilo Chintz

FUENTE: [www.threadsmagazine.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Corderoy

Tejido con bastones y canaletas, de pelo cortado. Los bastones pueden ser gruesos o finos. Usos: tapicería.



FIGURA 6 Tela estilo Corderoy

FUENTE: [www.weavolution.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Cretona

Aunque originalmente estaba compuesta de un lino de hilos gruesos, hoy se denomina cretona a las telas inglesas de inspiración clásicas.

Características: Son muy resistentes y variadas en diseño. Usos: Tapicería, cubrecamas y fundas.



FIGURA 7 Tela estilo Cretona

FUENTE: [www.tejidos-siles.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Damasco

Parecido al brocado, pero más fino y menos pesado por no tener relieve. Tejido de algodón o seda, con efecto brillante o mate obtenido mediante el ligamento. Se mezclan como máximo dos colores. Usos: Tapicería, cortinas o almohadones.



FIGURA 8 Tela estilo Damasco

FUENTE: [www.james-hare.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Espolinado

El espolín es una lanzadera que se usaba para hacer bordados florales. Hoy podemos encontrar telas parecidas de fabricación moderna, también en motivos florales.



FIGURA 9 Tela estilo Espolinado

FUENTE: [www.textilesdelib.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Gasa

De algodón o mezclas con poliéster. Características: Fina, transparente y vaporosa. Gran variedad de telas y colores. Usos: Cortinas.



FIGURA 10 Tela estilo Gasa

FUENTE: [www.lightinthebox.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Jaquard

Lleva el nombre de la máquina con la que se realiza (El Jacquard es un telar inventado por el tejedor francés Joseph Marie Jacquard). Características: Posibilidad de utilizar gran variedad de colores, dibujos y motivos. Tejido muy grueso. Usos: Tapicería.



FIGURA 11 Tela estilo Jacquard

FUENTE: [www.wikipedia.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Lona

Tela fuerte y de hilado denso, normalmente de algodón o lino. Características: Muy resistente. Usos: Tapicería y fundas.



FIGURA 12 Tela estilo Lona

FUENTE: [www.es.made-in-china.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Loneta

Tejido fuerte y rígido, hecho con hilos desiguales de algodón. Parecido a la lona pero más ligero. De colores sólidos y brillantes. Muy resistente. Usos: Tapicería y fundas.

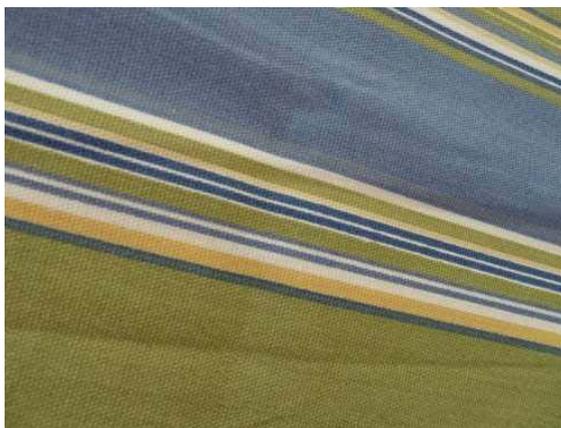


FIGURA 13 Tela estilo Loneta

FUENTE: [www.articulo.mercadolibre.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Madrás

Originario de la ciudad del mismo nombre ubicada en Oregon, Estados Unidos. Estrictamente es un otomán (tejido acanalado), pero el madrás es más rústico e irregular. Se obtiene al combinar varias fibras naturales o mezclas sintéticas. Usos: Tapicería y cortinas.



FIGURA 14 Tela estilo Madrás

FUENTE: [www.telasambar.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Moaré

Se reconoce fácilmente por las marcas onduladas del tejido. Original de lino y seda, aunque en la actualidad se fabrica de poliéster y otros materiales mezclados. Características: Muy fuerte. Usos: Cortinas y entelado de paredes.



FIGURA 15 Tela estilo Moaré

FUENTE: [www.creaciones-alaune.es] Fecha de consulta: 06/04/2013

Muselina

Algodón fino, de hilado suelto y algo áspero. Usos: Forros de tapicería y sábanas.



FIGURA 16 Tela estilo Muselina

FUENTE: [www.waydn.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Organza u Organdí

Tejido de algodón muy fino y transparente, al que se le aplica un tratamiento para que adquiera rigidez y transparencia. Usos: Cortinas. Es un tejido ideal para bordar.



FIGURA 17 Tela estilo Organza u Organdí

FUENTE: [www.james-hare.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Otomán

Tejido generalmente de seda grueso (aunque se utilizan también otros materiales), con una trama acanalada en sentido horizontal, de un solo color y brillante (similar a las vetas de la madera). Características: Muy fuerte. Usos: Tapicería.



FIGURA 18 Tela estilo Otomán

FUENTE: [www.lapipadelindio.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Pana

Algodón gordo de hilado fino con pequeñas nervaduras aterciopeladas que varían en grosor. Usos: Tapicería, cortinas y ropa.



FIGURA 19 Tela estilo Pana

FUENTE: [www.es.made-in-china.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Percal

Tela normalmente mezcla de algodón y poliéster, suave y de hilado fino. Usos: Sábanas.



FIGURA 20 Tela estilo Percal

FUENTE: [www.mercadolibre.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Piqué

Es un tejido de algodón que se distingue por sus dibujos en relieve, como un nido de abeja. Usos: Tapicería, cubrecamas, colchas y manteles.



FIGURA 21 Tela estilo Piqué

FUENTE: [www.farreizados.com] Fecha de consulta: 06/04/2013

Shangtung

Tejido originario de la región de Shangtung, China, realizado en seda salvaje de distinto grosor, que le otorga una textura irregular y con tornasoles. Usos: Cortinas y Almohadones.



FIGURA 22 Tela estilo Shangtung

FUENTE: [www.decocasa.com.mx] Fecha de consulta: 06/04/2013

Terciopelo

Tejido de algodón, aunque originalmente de seda. Generalmente grueso, los hay en diferentes variedades dependiendo del corte del pelo. Características: Se caracteriza por absorber mucho la luz del ambiente. Usos: Tapicería, cortinas y cubrecamas.



FIGURA 23 Tela estilo Terciopelo

FUENTE: [www.freepik.es] Fecha de consulta: 06/04/2013

3.3 FIBRAS

En el ámbito de la industria textil, se denomina fibra o fibra textil al conjunto de filamentos o hebras susceptibles de ser usados para formar hilos o telas, bien sea mediante hilado, tejido o mediante otros procesos físicos o químicos. Así, la fibra es la estructura básica de los materiales textiles. Se considera fibra textil cualquier material cuya longitud sea muy superior a su diámetro y que pueda ser hilado.



FIGURA 24 Hilo Vortex mostrando los filamentos para formar la fibra

FUENTE: [www.textilespanamericanos.com] Fecha de consulta: 08/05/2013

En la fabricación del hilo para textiles se suelen utilizar dos tipos de fibra:

1. Fibra corta: hebras de hasta 6 cm de longitud. Se considera de mayor calidad cuanto más larga y más fina sea.
2. Filamento: hebras continuas. El filamento de alta calidad es más suave y resistente.

Tradicionalmente las fibras textiles se han clasificado en tres grupos:

1. De origen natural (vegetal, animal y mineral)
2. Artificiales (como los rayones)
3. Sintéticas (poliamidas, poliéster, acrílicas)^[19]

3.3.1 FIBRAS NATURALES

Las fibras naturales de origen animal generalmente son fibras proteicas. Arden en general con flama viva desprendiendo un olor característico (como a cuero quemado) y dejando cenizas oscuras. El ser humano las ha utilizado desde tiempos prehistóricos.

- Pelos: la más importante es la lana de oveja, cabra, (el mohair es de cabra de Angora; el cachemir es de cabra de Cachemira), de diversos camélidos (llama, camello, vicuña, alpaca), conejo, por ser bueno para el hilado (capacidad para formar hilos).
- Seda: el único filamento continuo producido por la naturaleza es elaborado por la larva del gusano de seda. En la actualidad se investiga sobre la seda de araña, en particular sobre la araña de la seda de oro.
- Cuero: el pellejo de un animal destinado al curtido.

Las fibras naturales de origen vegetal son generalmente celulósicas. Son o bien de una sola fibra (como el algodón), o se componen de haces de fibras (como el lino, cáñamo, yute, etc.). Arden con flama luminosa despidiendo un olor característico a papel quemado y dejando cenizas blanquecinas en pequeña cantidad.

- Fruto: algodón, cocotero, ceiba (o kapok, en países angloparlantes).
- Tallo: lino, yute, cáñamo, ramio.
- Hoja: henequén o sisal, formio, abacá, esparto, miraguano.
- Raíz: Agave tequilana.

Las fibras naturales de origen mineral son inorgánicas como el amianto o asbesto (prohibido debido a las propiedades cancerígenas de sus fibras), fibra de vidrio y fibra de metales preciosos, como el oro y la plata.

3.3.2 FIBRAS ARTIFICIALES

La materia prima es un componente natural, pero el filamento es artificial.

- Proteicas. Pueden ser derivadas de proteínas animales como el lanital de caseína de la leche; o de fibras vegetales como la vicara (del maíz o choclo) y el ardil (del cacahuete o maní).
- Celulósicas. Recibe el nombre genérico de rayón. Hay diversos tipos: rayón nitrocelulosa (o seda Chardonnet), rayón cuproamonio (o cupro), rayón viscosa, rayón acetato y rayón triacetato (o acetatos), rayón HWM (o modal) y ellyocell.
- Algínicas: rayón alginato.

3.3.3 FIBRAS SINTÉTICAS

Se obtienen a partir de productos fabricados por el ser humano, son enteramente químicas. Las primeras fibras sintéticas se clasificaban por la forma de obtención.

- Por policondensación: poliamida como Nylon^R, Perlon^R, Enkalon^R, PET como Mylar^R, Melinex^R y poliéster como Tergal^R, Terlenka^R, Terylene^R, Trevira^R, Dacron^R.
- Por polimerización: fibras acrílicas como Acrylan^R, Orlon^R, Leacril^R, Crilenka^R; fibras polivinílicas como el Rhovyl^R, Thermovyl^R, Courlene^R; fibras olefínicas, o del polietileno, como Saran^R, o del polipropileno; fibras de poliuretano, como el elastano o Lycra^R.

Las modernas fibras sintéticas pertenecen a diversos grupos:

- Aramidas: como el Kevlar y el Nomex.
- Microfibras: fibras ultra finas de poliéster y poliamida, obtenidas por procesos especiales.
- Fibra de carbono: utilizada principalmente en la fabricación de composites², también tiene aplicaciones en el sector de los textiles.^[20]

3.4 PRODUCCIÓN DE TELAS

Los textiles comúnmente se componen de hilos, los cuales a su vez son una serie de fibras entrecruzadas o, como en el caso de los textiles sintéticos, de uno o más filamentos entrecruzados, los cuales se pueden obtener tanto de la misma naturaleza como por procesos de síntesis química. El proceso habitual de producción de telas implica una serie de procesos productivos que transita por las siguientes fases o etapas como se muestra en la Figura 25:

1. Producción de fibras naturales o sintéticas
2. Procesado de las fibras
3. Fabricación de hilos a partir de las fibras (hilado)
4. Fabricación de los textiles con los hilos de la etapa anterior (tejido), y
5. Acabado. De acuerdo a la variedad de la tela y materia prima, el tipo y número de procesos implicados varía.

² Los composites o resinas compuestas son materiales sintéticos que están mezclados heterogéneamente y pueden ser para cohesión o para refuerzo mejorando notablemente las propiedades de las materias primas de las que procede.

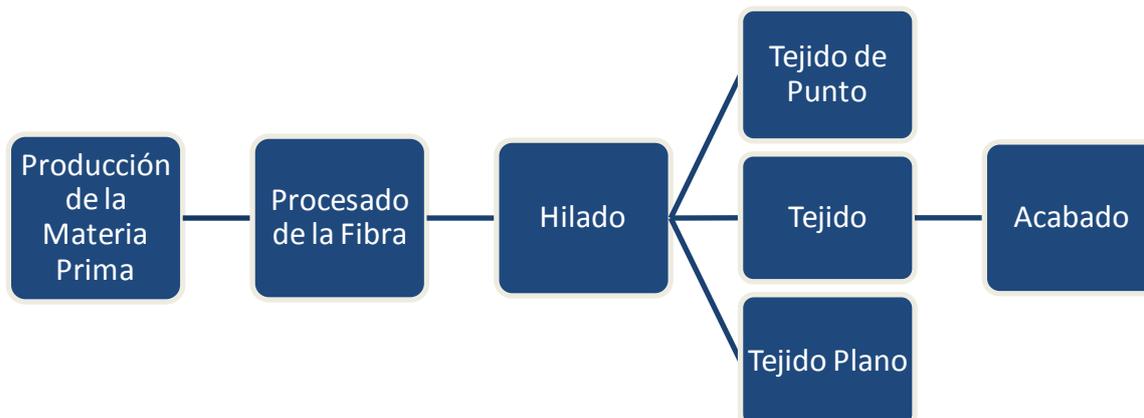


FIGURA 25 Producción de Telas

FUENTE: [www.revista.unam.mx/vol.9/num11] Fecha de consulta: 03/04/2013

3.4.1 PRIMERA FASE PARA LA PRODUCCIÓN DE TELA

La primera fase es la producción de la materia prima, la cual puede ser de origen natural o artificial, para la obtención de las fibras. La materia prima de origen natural puede ser, dependiendo el tipo de fibra, cultivada (algodón, lino u otras plantas), criada (ovejas, gusano de seda) o generada a partir de producción química (nylon, celulosa).^[21]



FIGURA 26 Cultivo de Algodón



FIGURA 27 Cultivo de Capullos de Gusanos de Seda

FUENTE: [www.unipymes.com] Fecha de consulta: 02/04/2013

FUENTE: [www.dreamstime.com.es] Fecha de consulta: 02/04/2013

3.4.2 SEGUNDA FASE PARA LA PRODUCCIÓN DE TELA

Una vez obtenida la fibra es necesario procesarla. Para el caso de las fibras de origen natural significa eliminar impurezas, clasificarla, lavarla y, en algunos casos, agruparla en hebras, ya que cada tipo fibra requiere un manejo distinto. Para el caso de las

fibras de origen sintético, se refiere a ciertos procesos que pueden dar determinadas propiedades físicas o químicas a las fibras. En el caso de algunos materiales sintéticos, no se lleva a cabo este proceso, pues desde su fabricación se genera un único filamento que será el que tome el nombre de hilo. ^[22]

La forma en la que se trabajan las fibras se muestra en la Figura 28.

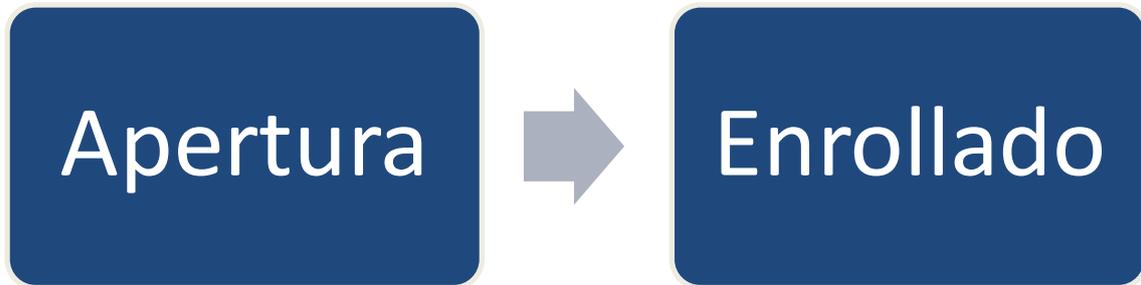


FIGURA 28 Pasos en la Segunda Fase

FUENTE: Propia con datos de la revista UNAM volumen 9

APERTURA

El primer paso en la apertura es eliminar las impurezas que se entrelazan íntimamente con las fibras, además se tiene una proporción de fibras cortas que es inadecuada para el hilado y que también debe separarse.

La maquinaria de esta parte del proceso es muy variada y depende en gran medida de las fibras que se quieran transformar. Las características principales que se consideran para elegir maquinaria son la finura y el grado de coloración. Es necesario realizar una clasificación la cual servirá para compararlo con patrones universales, los cuales varían según el tipo de fibra ^[23]

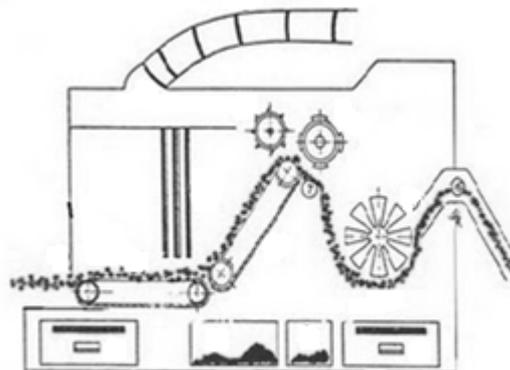


FIGURA 29 Máquina de Apertura

Fuente: [<http://paocam.blogspot.mx>] Fecha de consulta: 02/04/2013

ENROLLADORA

El objetivo de la enrolladora es sacar las materias extrañas y motas pesadas que aun no han sido posibles extraer del material. El material es entregado por el batán, en forma de un rollo de napa con una determinada masa por longitud. La limpieza y el mezclado continúan en la enrolladora a medida que la metería prima es transportada uniformemente. Una masa de fibras es transportada por una estera horizontal, detrás de la sección del batán golpeador, ésta recoge la fibra y se encarga de abrir y golpear el material contra un emparrillado colocado debajo de él, para sacar las impurezas y materias extrañas.^[24]

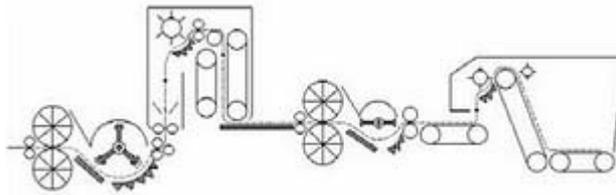


FIGURA 30 Enrolladora

Fuente:[<http://paocam.blogspot.mx>] **Fecha de consulta:** 02/04/2013

3.4.3 TERCERA FASE PARA LA PRODUCCIÓN DE TELA

El tercer paso corresponde al hilado. En este proceso, para el caso de las fibras naturales, las fibras son combinadas en una estructura constante mediante el cardado, se estiran las fibras largas y se tuercen hasta formar hebras continuas mediante el devanado. Para el caso de las fibras sintéticas, se entretrejen los filamentos de materiales muy dúctiles o se combinan las fibras de materiales que producen fibras cortas. Estas fibras combinadas, trenzadas o entretrejidas forman lo que se conoce como hilo. En algunos textiles, los denominados “non-woven (no tejidos)” no se lleva a cabo este proceso pues no se requiere de la formación de hilos para fabricar dichos textiles ^[25]

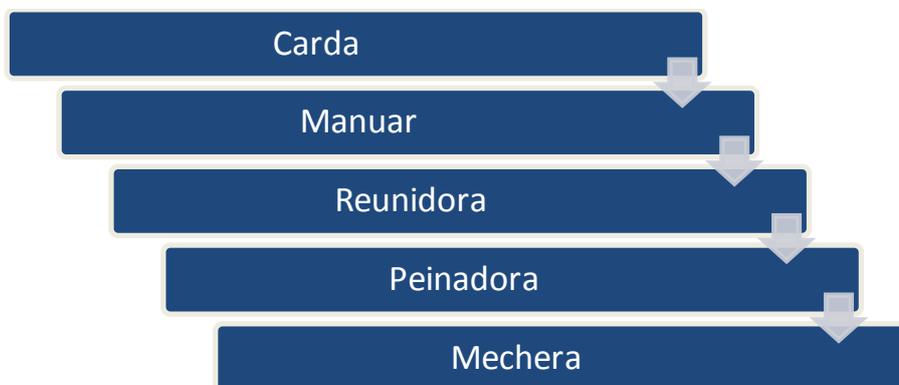


FIGURA 31 Pasos en la Tercera Fase

FUENTE: Propia con datos de la revista UNAM volumen 9 número 11

CARDA

Su objetivo es separar las fibras entre sí, eliminando las más cortas; hacer una última limpieza eliminando los desperdicios por medio de rejillas y chapones, y entregar el material en forma de cinta, con una determinada masa por longitud. El rollo de napa es transformado en velo en la parte delantera de la máquina, comprimiéndolo posteriormente para dar origen a una cinta de masa por longitud estándar y debidamente acomodada en un tarro.

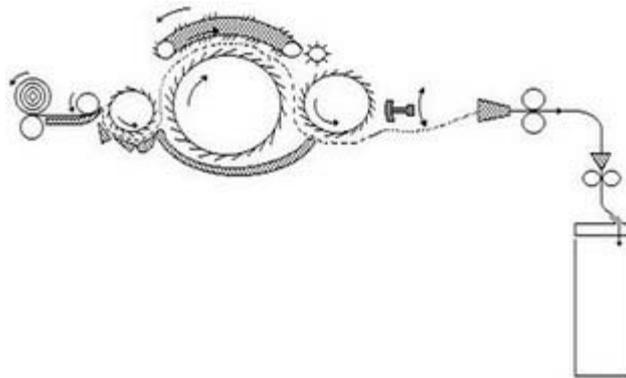


FIGURA 32 Carda

Fuente:[<http://paocam.blogspot.mx>] Fecha de consulta: 02/04/2013

MANUAR

El proceso de manuar cumple con la función de paralelizar las fibras mediante el estiraje de la cinta. El estiraje es un proceso de adelgazamiento de la masa por longitud del material alimentado, haciendo deslizar las fibras progresivamente sin romper la continuidad de la cinta. El estiraje además de reducir la masa por longitud del material alimentado, permite un enderezamiento y poner en paralelo las fibras.

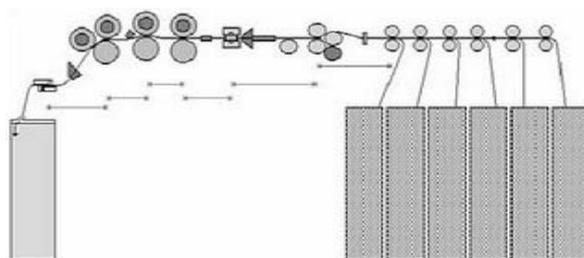


FIGURA 33 Manuar

Fuente: [<http://paocam.blogspot.mx>] Fecha de consulta: 02/04/2013

REUNIDORA

Su objetivo es reunir varias cintas en una carreta. Están destinadas a la fabricación de un rollo de cintas de longitud determinada; la alimentación es de 16 a 20 cintas. Éstas son entregadas a una mesa formando una capa de material, luego pasan a un par de cilindros calandrades y posteriormente a los tambores formadores del rollo. La cinta recibe una tensión.

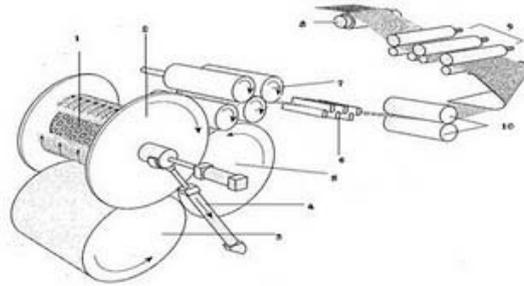


FIGURA 34Reunidora

Fuente: [<http://paocam.blogspot.mx>] **Fecha de consulta:** 02/04/2013

PEINADORA

Su objetivo es separar las fibras largas de las cortas, paralelizándolas y removiendo los desperdicios presentes en la napa.

La peinadora es alimentada con los rollos de napa que vienen de la reunidora. La máquina, por medio de peines circulares y rectos, separa las fibras cortas de las fibras largas de cada una de los rollos de napas. Las fibras largas convertidas en finos velos, son condensadas en cintas, las cuales son dobladas y sometidas a un proceso de estiraje; de nuevo son condensadas para entregar una cinta envuelta en un bote para el proceso siguiente.

Peinar es un proceso altamente especializado. El peinado se hace mediante un peine circular y uno recto; con el peinado se pueden fabricar hilos más delgados, finos, suaves y lustrosos. Las fibras más largas se controlan con mayor facilidad en el último proceso de hilatura que corresponde a la hiladora, y tienen menor tendencia a producir hilos peludos.

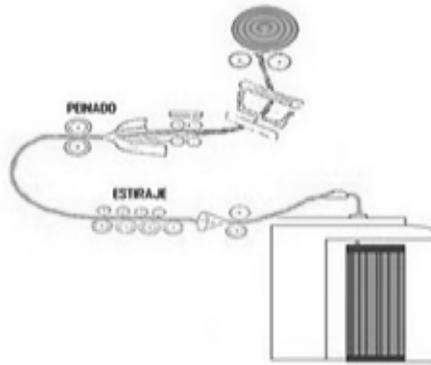


FIGURA 35 Peinado

Fuente: [<http://paocam.blogspot.mx>] Fecha de consulta: 02/04/2013

MECHERA

Mediante el proceso de la mechera se transforma la cinta proveniente de la peinadora o de la estiradora, en un pabilo con un título determinado.

El objetivo de la mechera es transformar la cinta que proviene de reunidoras o estiradoras en pabilo considerando todos los requisitos establecidos previamente. Peso, título y estiraje determinado.

El material saliente de la mechera es un pabilo con un título determinado (NE). Este pabilo se enrolla en una carreta plástica, la cual mide 395 mm de longitud y 61 mm de diámetro. La carreta tiene estrías en la base para la tracción y una pestaña para asegurar la punta del pabilo.

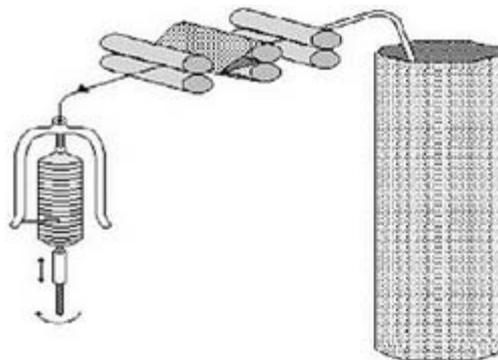


FIGURA 36 Mechera

Fuente: [<http://paocam.blogspot.mx>] Fecha de consulta: 02/04/2013

HILADORA DE ANILLOS

La hiladora transforma el pabalo en hilo mediante estiramiento y torsión, para entregarlo al cliente interno cumpliendo los requisitos especificados según el tipo de tela.

El objetivo del hilado y de los procesos que lo preceden es transformar las fibras individuales en un hilo continuo cohesionado y manejable. Los procesos aplicados a las fibras varían según el tipo empleado. El algodón, la lana, el lino, el yute y otras fibras naturales se hilan cada una de forma diferente. Algunas fibras procedentes de cortezas pueden hilarse de dos formas distintas, que dan lugar a hilos con propiedades diferentes. En las fibras naturales el proceso implica básicamente la apertura, mezcla, cardado (en algunos casos también peinados), estirado y torcido para producir el material de los telares.

La transformación del pabalo en hilo produce diferentes títulos de hilo en NE. Cuando hablamos de título se está haciendo relación de longitud y peso y se determina por el NE (numero de madejas de 840 yardas de cada una, contenidos en una libra inglesa.).

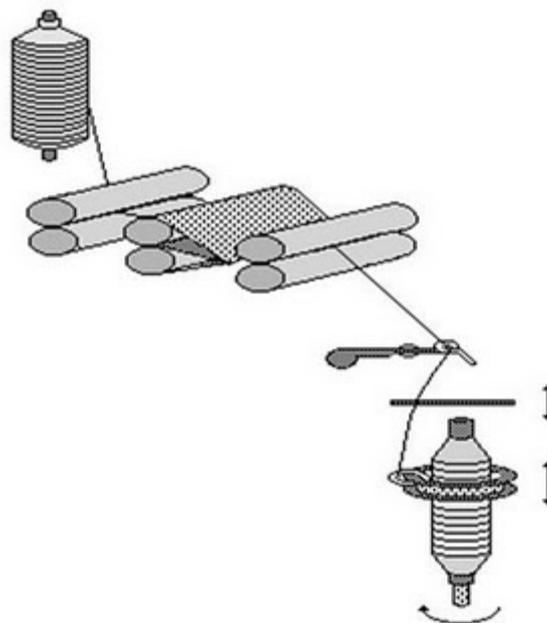


FIGURA 37 Hiladora

Fuente: [<http://paocam.blogspot.mx>] Fecha de consulta: 02/04/2013

Las materias primas utilizadas durante los procesos anteriores son fibras naturales y sintéticas, aceites minerales, aprestos emulsionantes y espumantes, entre otros.

Previo al tejido, las fibras se recubren con aprestos, los productos químicos empleados para esto son principalmente almidones, gomas, ablandadores, penetrantes y preservativos. Cada fabricante tiene su propia formulación. También son usados materiales más económicos como los adhesivos, almidones formadores de película y alcoholes ^[26]

3.4.4 CUARTA FASE PARA LA PRODUCCIÓN DE TELA

Ya que se tiene el hilo, se procede a la elaboración de los textiles. El proceso de tejido consiste en entrelazar los hilos correspondientes a la trama (hilos que se entrelazan horizontalmente) y al urdimbre (hilos que se entrelazan verticalmente), con el objetivo de transformar las fibras o hilos en telas. Dependiendo del artículo que se desee, se desarrolla el diseño (dibujos), la proporción de la fibra y la estructura de la tela.

El proceso de producción de telas se puede subdividir en las siguientes etapas:

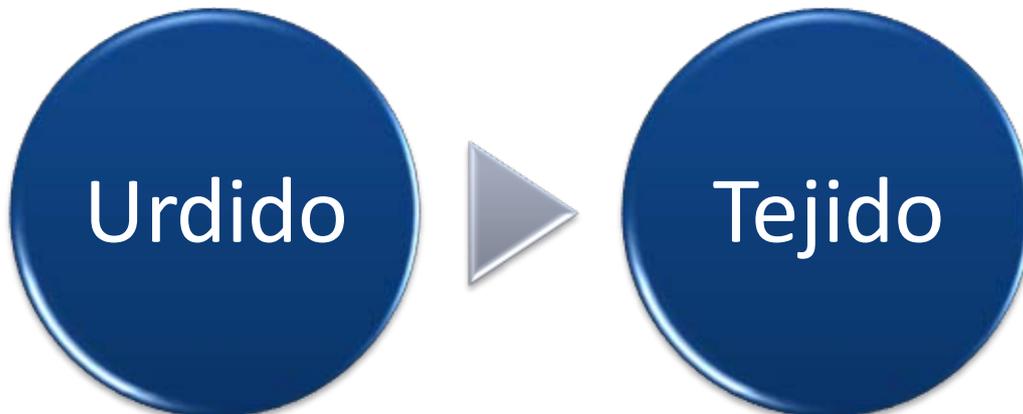


FIGURA 38 Pasos en la Cuarta Fase

FUENTE: Propia con datos de la revista UNAM volumen 9

URDIDO

En el proceso de urdido, los carretes de hilo se reúnen en un solo carrete (a este carrete se le conoce comúnmente como julio) con una longitud y número determinado de hilos. Por ejemplo, para obtener un carrete de tejido (julio) se monta una fileta, que en promedio consta de 1,200 hilos.

Si la materia prima llega a la planta en carretes de tejido (julios) este proceso no será necesario, aunque esto es poco común que ocurra.



FIGURA 39 Máquina de Urdido Indirecto

Fuente: [www.textilesindustriales.com] Fecha de consulta: 17/05/2013



FIGURA 40 Máquina de Urdido Directo

Fuente: [www.zentrix.com.mx] Fecha de consulta: 17/05/2013

TEJIDO

El tejido es un proceso continuo que se divide en dos categorías: tejido plano y tejido de punto.



FIGURA 41 Tipos de Tejido

Fuente: [www.textilescachicadan.com] Fecha de consulta: 17/05/2013

En el tejido plano, el julio con hilaza (con hilos) gira alimentando al telar con la urdimbre bajo tensión, los hilos son guiados por los agujeros de los lizos en el bastidor del atalaje y se separan en dos juegos de hilos. Un juego pasa por los atalajes con sus lizos pares y otro por los impares, de modo que la separación del atalaje con sus lizos crea en la hoja de la hilaza (hilos) una abertura llamada paso. Por otro lado, la hilaza de trama se coloca dentro de la lanzadera, la cual va soltando hilo conforme se mueve

alternativamente a través del paso de un lado a otro del telar. De este modo, los hilos se entrelazan en ángulo recto para formar la tela.

En el tejido de punto, se elaboran las telas mediante la elaboración de gasas de hilo y enlazándolas con otras formadas con el mismo hilo, a esta estructura que se le denomina punto o calceta. La fabricación de géneros de puntos con máquinas requiere multitud de agujas, porta agujas y elementos portadores de la hilaza. El orden de entrelazado, el modo en que se forma la gasa y los tipos de agujas e hilaza determinan el tipo de tejido resultante. Un rasgo importante de este tejido es su capacidad de estirarse en cualquier dirección.

Se distinguen dos tipos de tejidos de punto:

- Tejidos por urdimbre: En este tipo de tejido miles de hilos entran en la máquina simultáneamente, cada uno con su propia aguja y todos forman una gasa al mismo tiempo.
- Tejidos por trama. En el tejido de trama, la hilaza entra directamente a la máquina desde un cono, canilla u otra forma de empaque, de modo que el hilo se entrelaza en una fila de gasas previamente hecha a lo largo del tejido. La hilaza puede entrar desde uno o más puntos de la alimentación, por lo que se pueden formar una o más filas de gasas en el tejido.^[27]



FIGURA 42 Tipos de Tejido de Punto

Fuente: [www.textilespanamericanos.com] **Fecha de consulta:** 17/05/2013

3.4.5 QUINTA FASE

En el proceso de acabado se asignan propiedades al textil que le permiten responder a determinados usos. El acabado abarca procesos de pretratamiento, blanqueado, teñido, fijado, estampado, post-tratamiento (algunas de estas operaciones incluyen teñido, estampado, resistencia a las arrugas, resistencia al encogido, a las manchas, a

la suciedad o resistencia contra los daños provocados por el moho) [28]



FIGURA 43 Máquina de Acabado

Fuente: [www.midamaquinaria.com] Fecha de consulta: 17/05/2013

CAPÍTULO IV

Existen tres formas de generar telas retardantes a la flama:

Método A: Proceso por pasta. El proceso por pasta conlleva el agregado de varios compuestos que tienen que ser mezclados para después aplicarse sobre la tela en donde se debe tomar en cuenta el espesor de la pasta aplicada, posteriormente se mete en un horno para terminar el proceso.

Método B: Proceso por inmersión. El proceso por inmersión se obtiene formando una mezcla muy líquida para poder sumergir dentro de esta la tela, y posteriormente quitar los excesos para pasarla al horno.

Método C: Tela hecha a base de fibras que ya son resistentes a la flama. En este proceso la tela es elaborada de la misma forma que la tela tradicional pero utilizando fibras que ya son resistentes a la flama (Tecnología patentada por Dupont)

A continuación se muestra una tabla comparativa entre los Métodos A y B:

TABLA 2 Comparación de los procesos de inmersión y pasta

Proceso	Por pasta	Por inmersión
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">• Es un recubrimiento muy eficiente y se va desgastando junto con el desgaste propio de la tela• Resiste más temperatura que el proceso por inmersión• Evita en un área menor la extensión de la llama• Es para exigencias más altas	<ul style="list-style-type: none">• Es más rápido que el de pasta• Usa menos materias primas• Es más cómoda al usarse en prendas por ser más ligero
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">• Se necesitan controlar más variables.• Usa más materias primas• Es más rígido que el terminado de la tela por inmersión	<ul style="list-style-type: none">• Este proceso tiene la desventaja que el recubrimiento se va eliminando conforme se lavan las prendas o por el mismo calor y no por el desgaste de la tela• Resiste una menor temperatura

FUENTE: Propia, desarrollada con base a los datos públicos disponibles sobre procesos de acabado

4.1 METOLOGÍA

El experimento se llevó a cabo de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:

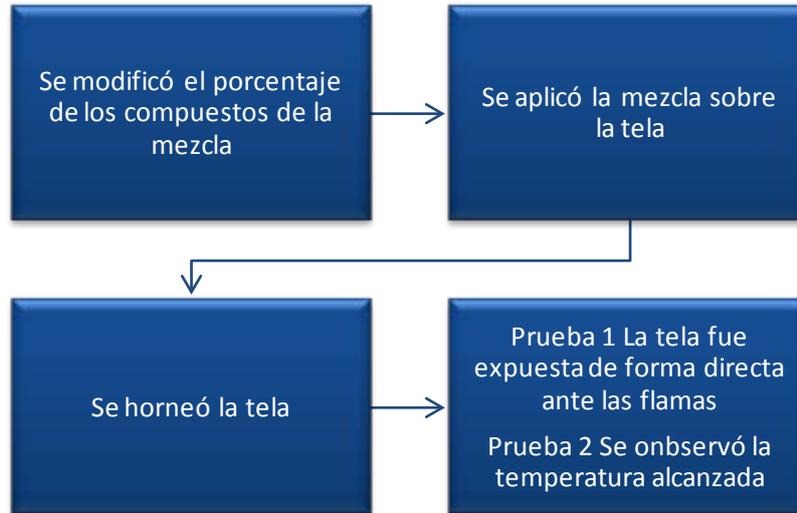


FIGURA 44 Metodología del Experimento

Consideraciones hechas antes de realizar las pruebas

- Para este trabajo se siguió el Método A debido a que este proporciona mejores propiedades de resistencia y durabilidad comparado con el Método B.
- Se usaron telas de la categoría de tapicería y decoración, y dentro de las telas de tapicería se eligieron las Plianas de 40 hilos por pulgada cuadrada ya que esta característica es algo típico de las telas de esta categoría.
- Las pruebas se hicieron partiendo no de la etapa de tejido sino de la etapa de acabado.
- Se diseñó y construyó una máquina para aplicar a la tela el retardante.
- El horneado se hizo en un pequeño horno en el que se podía modular la temperatura de 50 hasta 200°C
- Las muestras de telas que se usaron fueron de 15 cm de ancho por un metro de largo.
- No se midieron las emisiones de gases producidas durante la combustión, esto debido a que no fue uno de los objetivos, sin embargo para no dejar totalmente de lado este aspecto de toxicidad se usaron retardantes catalogados dentro de los menos perjudiciales a la salud. (Revisar la sección 2.2.2)
- Para poder realizar la mezcla retardante fue necesario formular un compuesto muy parecido al baquin (compuesto de acabado para dar resistencia y cohesión a la tela), y ya que el baquin involucra un proceso también en pasta, este proceso se usó como proceso base para las pruebas y la formulación.
- Cada prueba realizada se llevó a cabo tres veces para obtener resultados más precisos.
- Las pruebas se llevaron a cabo aplicando la mezcla a tres diferentes espesores: 0.3 mm, 0.5 mm y 1 mm.

Los recubrimientos (al decir recubrimiento nos referimos al tipo de acabado que se le quiere dar a la tela) deben cumplir ciertas cualidades tales como:

- La tela no debe verse opaca y no se deben notar cambios en el color original de la tela por la aplicación del retardante.
- Es importante que la tela no quede rígida ya que esto genera incomodidad en cualquier tipo de tela al usarse.

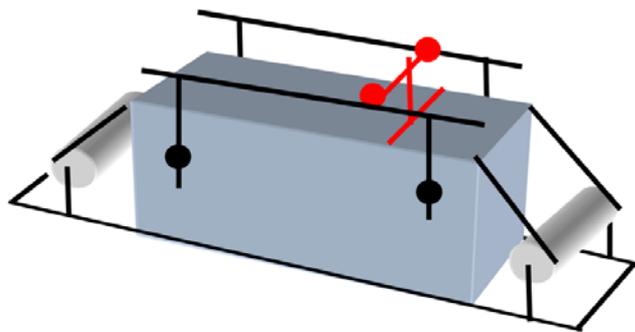
4.2 DISEÑO DEL EQUIPO

Fue necesario diseñar un equipo semi industrial que permitiera aplicar el retardante de manera manual y precisa; posteriormente se evaluó cada muestra.

El equipo semi industrial se construyó de modo que permitiera dosificar la pasta con diferente espesor sobre la tela.

La escala del diseño y el tamaño de las muestras está en relación con el horno al que se tuvo acceso, el cual tenía dimensiones aproximadas de 150 cm de largo por un 100 cm de ancho, y que podía modular temperaturas desde 50 hasta 200°C.

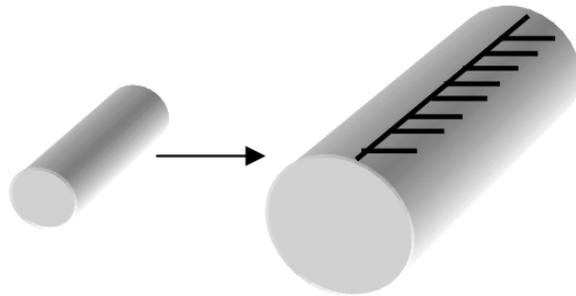
En la Figura 45 se muestra el esquema del diseño del aparato para aplicar el retardante.



Este equipo semi industrial permite mantener tensa la tela para poder aplicar el retardante y distribuirlo sobre toda la tela a diferentes espesores.

FIGURA 45 Equipo para Aplicar la Pasta en Telas

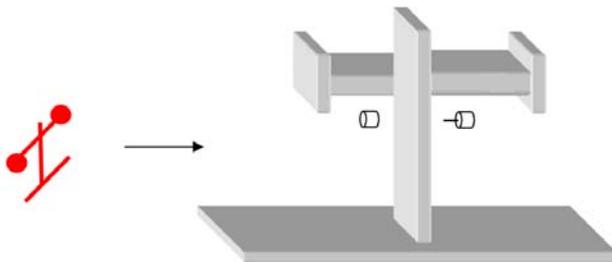
Diseño y Fabricación llevada a cabo por Gibran Huerta Renteria



El rodillo contiene unos pequeños ganchos para ajustar la tela y unos seguros para que no se recorra la tela.

FIGURA 46 Rodillo para ajustar la tela

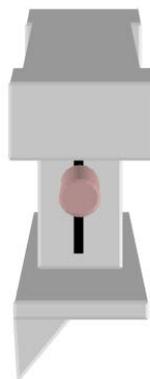
Diseño y Fabricación llevada a cabo por Gibran Huerta Renteria



La pasta después de mezclarse se aplica manualmente sobre la tela y el riel la distribuye de forma uniforme.

FIGURA 47 Riel para mantener la capa uniforme de pasta

Diseño y Fabricación llevada a cabo por Gibran Huerta Renteria



El riel visto de forma lateral muestra en la parte inferior una cuchilla, dicha cuchilla es la responsable de mantener la correcta distribución de la pasta y con el espesor deseado.

FIGURA 48 Riel para mantener uniforme la capa de pasta visto de forma lateral

Diseño y Fabricación llevada a cabo por Gibran Huerta Renteria

4.3 EXPERIMENTOS

El objeto del presente trabajo es buscar una formulación de acabado retardante a la flama, y de entre estas seleccionar la que ofrezca mejores cualidades ante la presencia de fuego.

Los recubrimientos retardantes a la flama por pasta contienen los siguientes elementos con las siguientes características:

- Resina
 - Líquido blanco
 - Emulsión Vinil-Acrílica
 - 48% de sólidos suspendidos
 - Buena estabilidad
 - La resina formada es suave
- Agua
 - Incoloro e inodoro
 - pH entre 6.5 y 7.5
- Lubricante
 - Líquido viscoso
 - Contenido activo menor al 28%
 - pH al 10% entre 6 y 8
 - Sólidos totales 29% (máximos)
- Espesante
 - Polímero de dispersión
 - Estado líquido
 - Olor ligero
 - Color blanco
 - pH entre 7.8 y 8.4
 - miscible con agua
- Retardante
 - Densidad 3.9 g/cm³
 - Resistencia a la compresión 2200-2600 (MPa)
 - Resistencia de Cizalla 330 MPa
 - Buena resistencia ante ácidos concentrados y diluidos
 - Color amarillo claro
 - Inodoro
 - Líquido viscoso

Para las formulaciones de acabado se seleccionaron algunos de los compuestos más comúnmente usados en los procesos textiles.

PRUEBAS CON 0.3 mm DE ESPESOR DE PASTA

Los procesos por pasta conllevan entre las resinas y el producto base un 90% aproximadamente de la formulación total. El 90% equivale básicamente a la formula retardante a la flama y el otro 10% es la parte que da consistencia a la formula.

Las formulaciones de este estilo están conformadas por:

- Agua
- Resina
- Retardante
- Espesante
- Lubricante

El primer paso para conformar la formula fue variar los porcentajes del producto base y resina pero de tal forma que siempre sumara 90%.

El primer porcentaje usado fue de 45% de producto base (retardante) y 45% de resina, y el 10% faltante se dividió a partes iguales entre los otros compuestos. Aquí se presento el primer problema debido a que la formula quedo con una consistencia que no permitía su apropiado manejo para ser aplicado en las telas, de modo que se prosiguió a ajustar los porcentajes de espesante, agua y lubricante hasta que se definieron los siguientes: 1% para el espesante, 7% para el agua y 2% para el lubricante.

Ya con un porcentaje fijo para el agua, espesante y lubricante el paso consecuente fue variar las cantidades de resina y retardante.

TABLA 3 Variación de los Porcentajes de resina y retardante

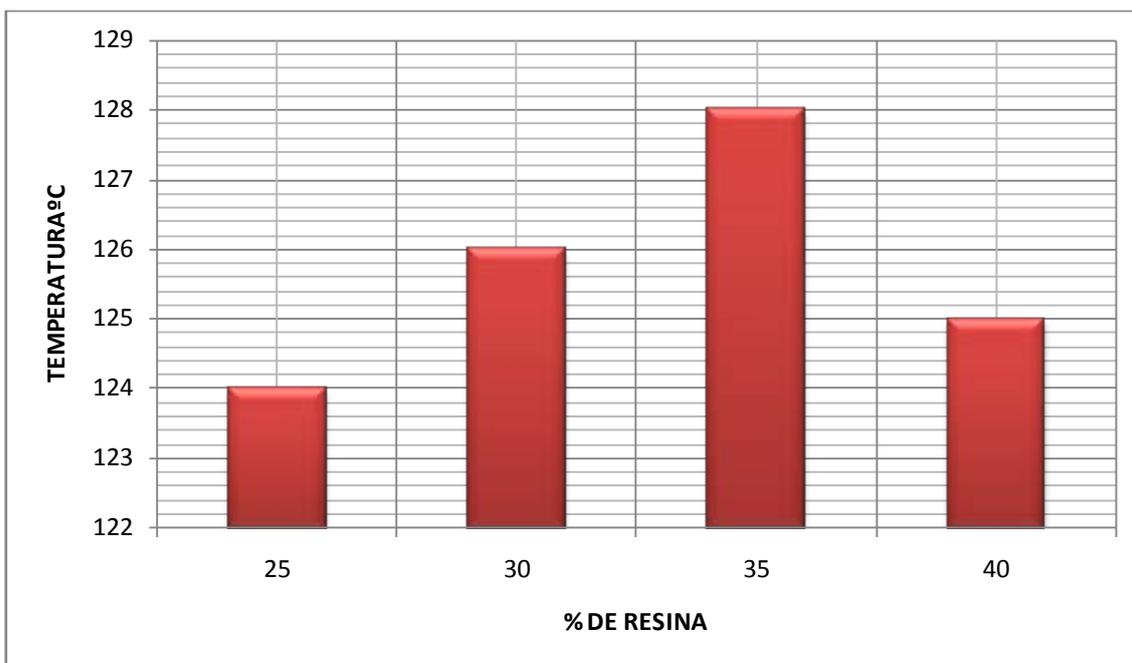
Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
40%	50%	7%	1%	2%
35%	55%	7%	1%	2%
30%	60%	7%	1%	2%
25%	65%	7%	1%	2%
20%	70%	7%	1%	2%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Se pudo observar a la hora de estar aplicando las pastas sobre la tela que los elementos que más afectaron la correcta aplicación de las mezclas son la resina y el espesante, pero mayormente el espesante.

Estos porcentajes se usaron para ser probados en la tela. Ya aplicados en la tela y pasados posteriormente por el horno, descartamos automáticamente los que contenían 40% y 20% de resina debido a la apariencia que generaban en la tela era mala (tela rígida y opaca). Los que contenían 35%, 30% y 25% de resina ofrecían una buena y muy parecida apariencia, así que el siguiente paso fue analizar cuál podía soportar mayor temperatura.

Gráfica 1: Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina
Autor: Gibran Huerta Renteria



Se puede apreciar que el porcentaje que obtuvo mejor respuesta ante temperaturas cercanas a los 130 °C fue el que contenía 35% de resina.

En base a la práctica en procesos de acabado se pudo observar que este tipo de proceso puede tener una variación de más menos 3% en el porcentaje de resina, por lo que se varió este porcentaje para ir ajustando la mezcla del proceso de acabado. El agua, el espesante y el lubricante se ajustaron de modo que siempre mantuvieran la misma base. Los porcentajes quedaron de la siguiente forma:

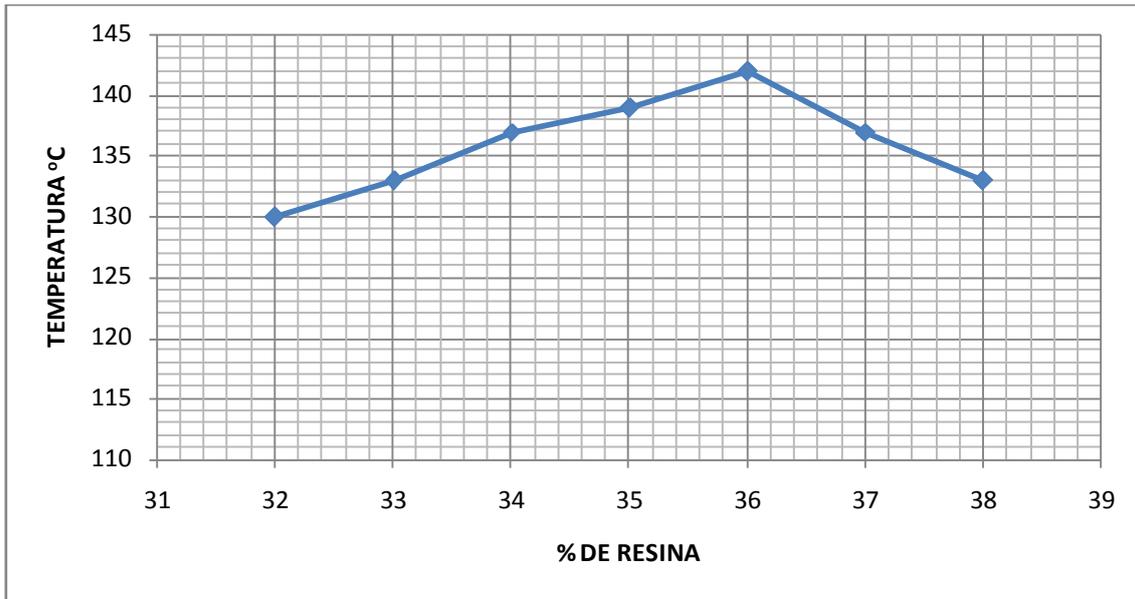
TABLA 4 Variación de los Porcentajes de resina

Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
32%	55%	9.1%	1.3%	2.6%
33%	55%	8.4%	1.2%	2.4%
34%	55%	7.7%	1.1%	2.2%
35%	55%	7%	1%	2%
36%	55%	6.3%	0.9%	1.8%
37%	55%	5.6%	0.8%	1.6%
38%	55%	4.9%	0.7%	1.4%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Se aplicaron en la tela las mezclas mostradas en la Tabla 4 y posteriormente se probó su efectividad ante temperaturas de entre 100-160 °C.

Gráfica 2 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina usada
Autor: Gibran Huerta Renteria



Con base a estos resultados se pudo apreciar que existe una mejor respuesta a las altas temperaturas cuando el porcentaje de resina es de 36%.

Ya que quedo definido el porcentaje de resina y retardante se prosigue a ajustar el agua, el espesante y el lubricante.

Al ir preparando variaciones en las mezclas de agua espesante y lubricante se noto que el que tenía mayor efecto sobre la consistencia era el espesante, así que el paso siguiente fue variar el porcentaje del espesante en las mezclas, dejar fija la cantidad de agua y variar el porcentaje de lubricante en base a la cantidad variada de espesante.

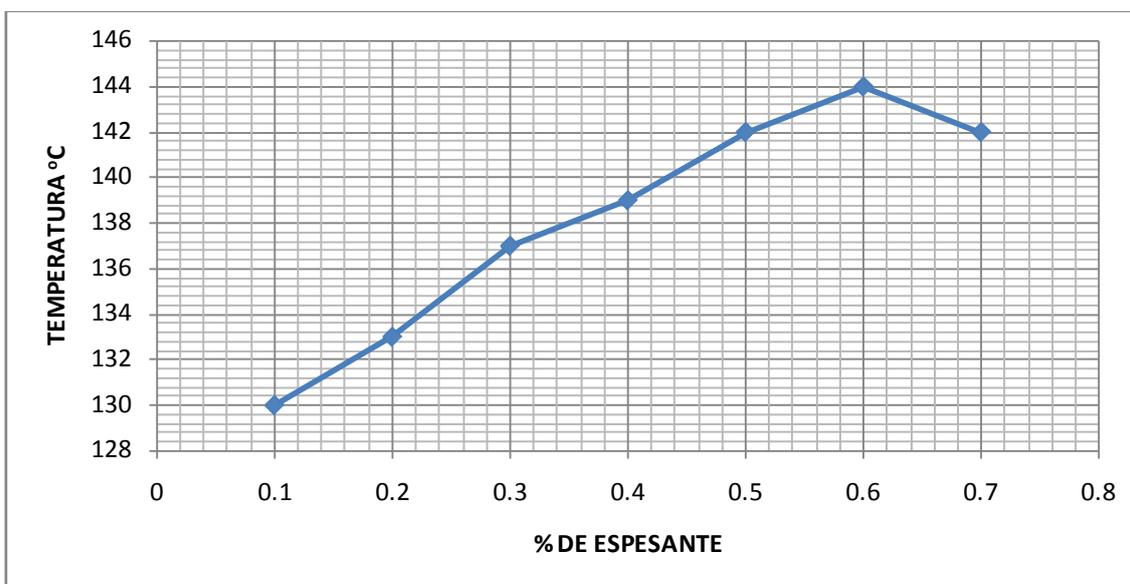
TABLA 5 Variación de los Porcentajes de Retardante

Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
36%	55%	7%	0.1%	1.9%
36%	55%	7%	0.2%	1.8%
36%	55%	7%	0.3%	1.7%
36%	55%	7%	0.4%	1.6%
36%	55%	7%	0.5%	1.5%
36%	55%	7%	0.6%	1.4%
36%	55%	7%	0.7%	1.3%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Se probaron todas las mezclas en la tela y se obtuvieron los siguientes resultados.

Gráfica 3 Temperatura Soportada variando el % de espesante
Autor: Gibran Huerta Renteria.



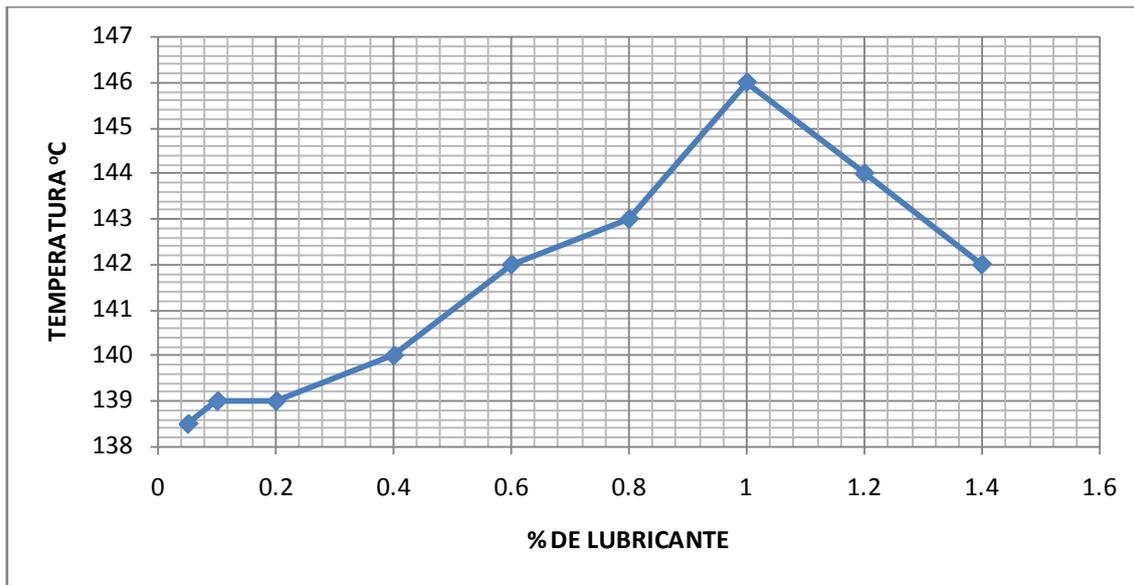
El siguiente paso fue ajustar la cantidad de lubricante y agua.

TABLA 6 Variación de los Porcentajes de agua y lubricante

Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
36%	55%	7%	0.6%	1.4%
36%	55%	7.2%	0.6%	1.2%
36%	55%	7.4%	0.6%	1%
36%	55%	7.6%	0.6%	0.8%
36%	55%	7.8%	0.6%	0.6%
36%	55%	8%	0.6%	0.4%
36%	55%	8.2%	0.6%	0.2%
36%	55%	8.3%	0.6%	0.1%
36%	55%	8.35%	0.6%	0.05%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Gráfica 4 Temperatura Soportada variando el % de lubricante
Autor: Gibran Huerta Renteria



En este caso la mezcla que obtuvo una mayor resistencia a la flama (146°C) fue la que tenía un porcentaje de lubricante del 1%.

PRUEBAS CON 0.5 mm DE ESPESOR DE PASTA

Los procesos por pasta conllevan entre las resinas y el producto base un 90% aproximadamente de la formulación total. El 90% equivale básicamente a la formula retardante a la flama y el otro 10% es la parte que da consistencia a la formula.

Las formulaciones de este estilo están conformadas por:

- Agua
- Resina
- Retardante
- Espesante
- Lubricante

El primer paso para conformar la formula fue variar los porcentajes del producto base y resina pero de tal forma que siempre sumara 90%.

En base a la experiencia adquirida de las corridas realizadas a 0.5 mm de espesor se definieron los siguientes porcentajes: 1% para el espesante, 7% para el agua y 2% para el lubricante.

Ya con un porcentaje fijo para el agua, espesante y lubricante el paso subsecuente fue variar las cantidades de resina y retardante.

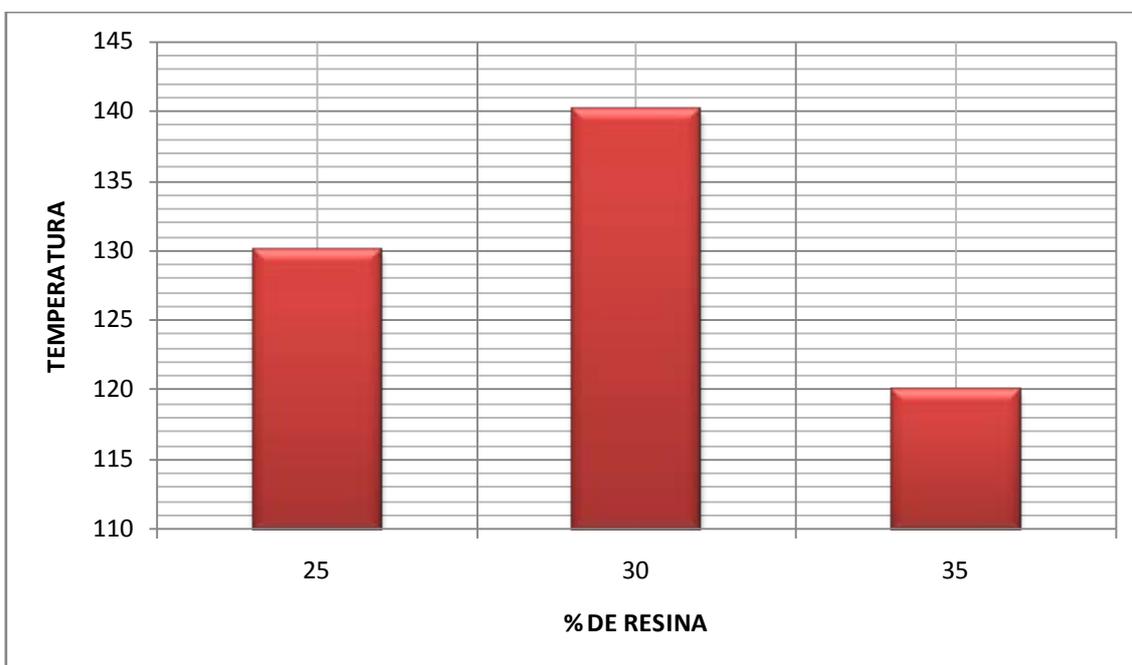
TABLA 7 Variación de los Porcentajes de resina y retardante

Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
40%	50%	7%	1%	2%
35%	55%	7%	1%	2%
30%	60%	7%	1%	2%
25%	65%	7%	1%	2%
20%	70%	7%	1%	2%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Las mezclas se formaron a partir de los porcentajes mencionados. Las mezclas se aplicaron en la tela y se pasaron inmediatamente después por el horno. Los porcentajes que contenían 40% y 20% de resina mostraron rigidez y colores opacos por lo que se descartaron. Los que contenían 35%, 30% y 25% de resina ofrecían una buena y parecida consistencia, así que el siguiente paso fue analizar cuál podía soportar mayor temperatura.

Gráfica 5 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina
Autor: Gibran Huerta Renteria



Se puede apreciar que el porcentaje que obtuvo mejor respuesta ante temperaturas cercanas a los 140°C fue el que contenía 30% de resina.

Los procesos de acabado pueden tener una variación de más menos 3% en el porcentaje de resina, por lo que este porcentaje se varió para ir ajustando la mezcla del proceso de acabado. El agua, el espesante y el lubricante se ajustaron de modo que siempre mantuvieran la misma base. Los porcentajes se muestran en la Tabla 8.

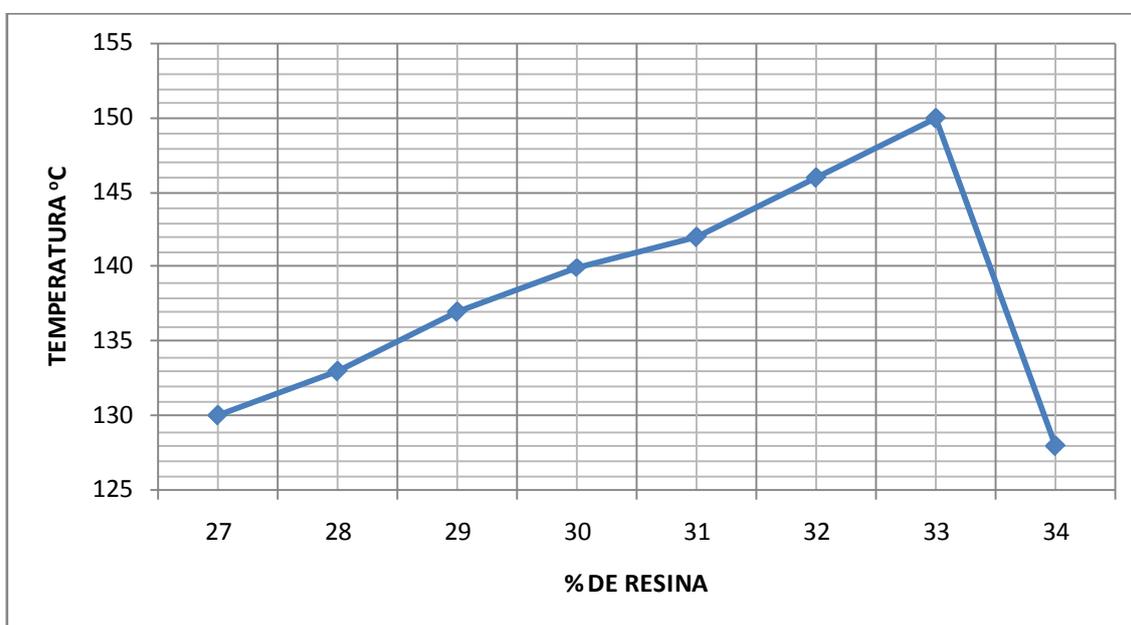
TABLA 8 Variación de los Porcentajes de Resina

Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
27%	60%	9.1%	1.3%	2.6%
28%	60%	8.4%	1.2%	2.4%
29%	60%	7.7%	1.1%	2.2%
30%	60%	7%	1%	2%
31%	60%	6.3%	0.9%	1.8%
32%	60%	5.6%	0.8%	1.6%
33%	60%	4.9%	0.7%	1.4%
34%	60%	4.2%	0.6%	1.2%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Se aplicaron las mezclas en la tela y posteriormente se probaron ante temperaturas de entre 100-160 °C.

Gráfica 6 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina
Autor: Gibran Huerta Renteria



En base a estos resultados se pudo apreciar que existe una mejor respuesta ante altas temperaturas cuando el porcentaje de resina es de 33%. Después de los 150 °C la tela sufría daños y se incendiaba.

Ya que quedo definido el porcentaje de resina y retardante se prosigue a ajustar el agua, el espesante y el lubricante.

Al ir preparando variaciones en las mezclas de agua espesante y lubricante se noto que el que tenía mayor efecto sobre la consistencia era el espesante, así que el paso siguiente fue variar el porcentaje del espesante en las mezclas, dejar fija la cantidad de agua y variar el porcentaje de lubricante en base a la cantidad variada de espesante.

TABLA 9 Variación de los Porcentajes de Agua, Espesante y Retardante

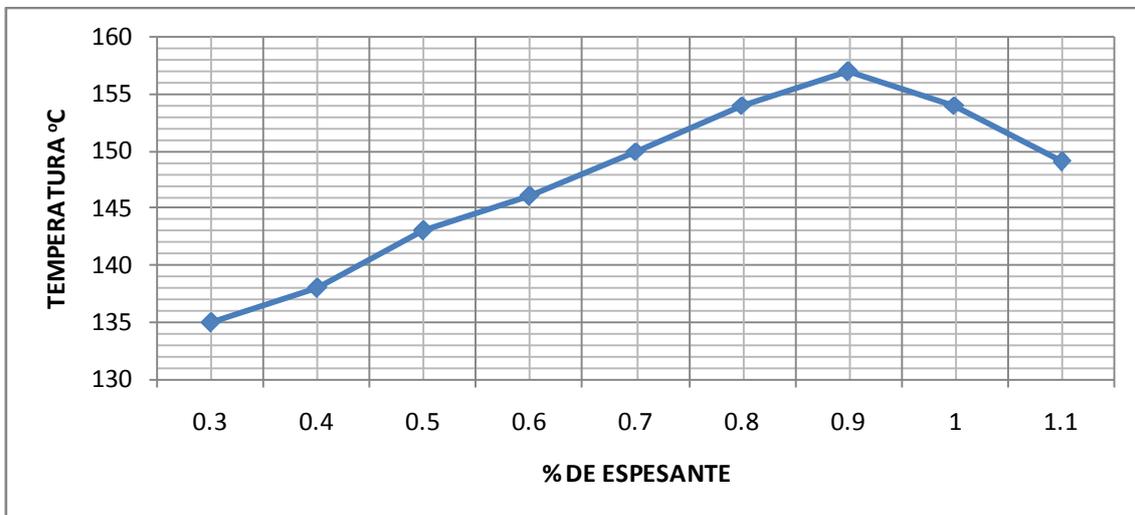
Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
33%	60%	5%	0.3%	1.4%
33%	60%	5%	0.4%	1.3%
33%	60%	5%	0.5%	1.2%
33%	60%	5%	0.6%	1.1%
33%	60%	5%	0.7%	1%
33%	60%	5%	0.8%	2%
33%	60%	5%	0.9%	2%
33%	60%	5%	1%	2%
33%	60%	5%	1.1%	2%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Se probaron todas las mezclas en la tela y se obtuvieron los siguientes resultados.

Gráfica 7 Temperatura Soportada variando el % de espesante

Autor: Gibran Huerta Renteria



De la gráfica anterior se puede concluir que el espesante influye sustancialmente en la resistencia a las altas temperaturas.

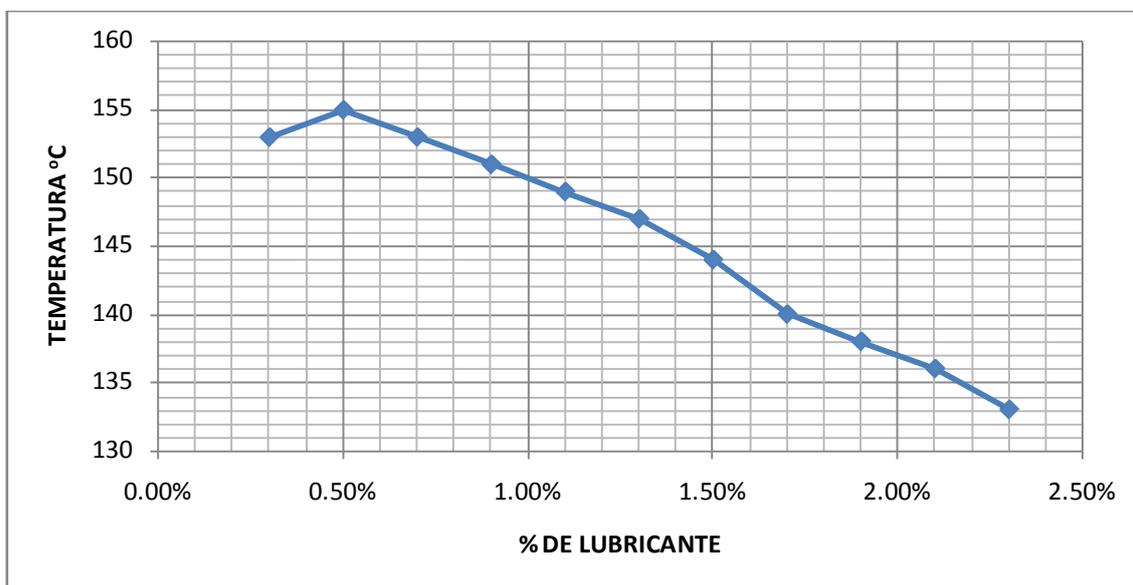
El siguiente paso fue ajustar la cantidad de lubricante y agua.

TABLA 10 Variación de los Porcentajes de lubricante y agua

Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
33%	60%	6%	0.7%	0.3%
33%	60%	5.8%	0.7%	0.5%
33%	60%	5.6%	0.7%	0.7%
33%	60%	5.4%	0.7%	0.9%
33%	60%	5.2%	0.7%	1.1%
33%	60%	5%	0.7%	1.3%
33%	60%	4.8%	0.7%	1.5%
33%	60%	4.6%	0.7%	1.7%
33%	60%	4.4%	0.7%	1.9%
33%	60%	4.2%	0.7%	2.1%
33%	60%	4%	0.7%	2.3%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Gráfica 8 Temperatura Soportada variando el % de lubricante
Autor: Gibran Huerta Renteria



En este caso la mezcla que permitió mejor aplicación fue el que tenía un porcentaje de lubricante del 0.5% alcanzando 155°C.

PRUEBAS CON 1 mm DE ESPESOR DE PASTA

Las pruebas partieron del conocimiento de que los procesos por pasta conllevan entre las resinas y el producto base un 90% aproximadamente de la formulación total. El 90% equivale básicamente a la formula anti flama y el otro 10% es la parte que da consistencia a la formula.

Las formulaciones de este estilo están conformadas por:

- Agua
- Resina
- Retardante
- Espesante
- Lubricante

El primer paso para conformar la formula fue variar los porcentajes del porcentaje de producto base y resina pero de tal forma que siempre sumara 90%.

Lo primero fue mantener fijo el espesante al 1%, con agua al 7% y lubricante 2%.

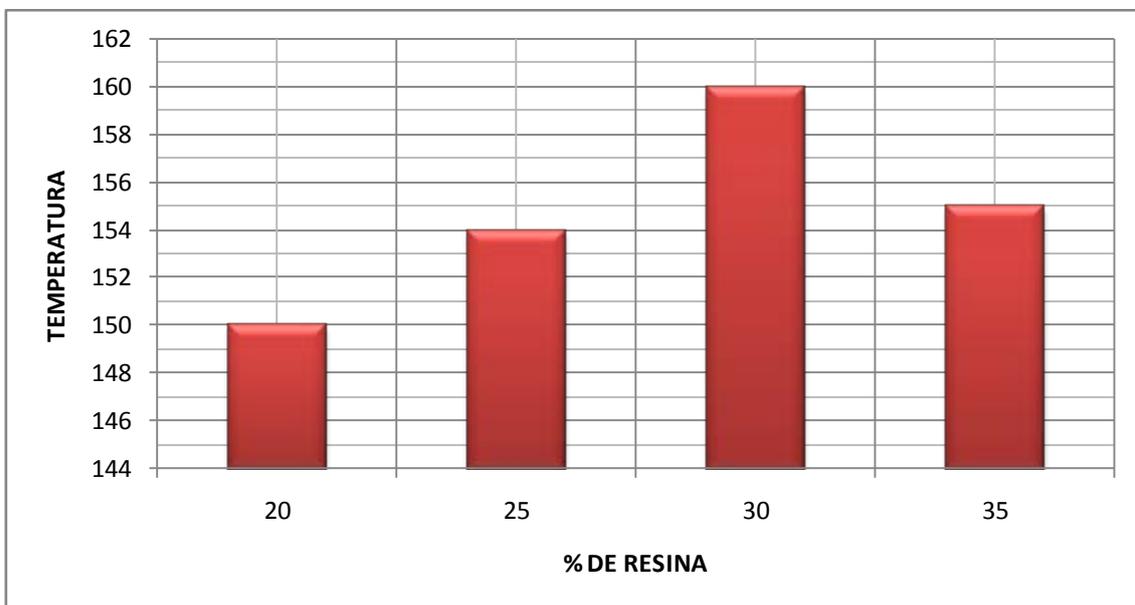
TABLA11 Variación de los Porcentajes de resina y retardante

Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
40%	50%	7%	1%	2%
35%	55%	7%	1%	2%
30%	60%	7%	1%	2%
25%	65%	7%	1%	2%
20%	70%	7%	1%	2%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Estos porcentajes se usaron para ser aplicados en la tela y posteriormente horneados, descartamos automáticamente los que contenían 40% y 35% de resina debido a la apariencia que generaban en la tela era mala. Los que contenían 30%, 25% y 20% de resina ofrecían una buena y muy parecida apariencia, así que el siguiente paso fue analizar cuál podía soportar mayor temperatura.

**Gráfica 9 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina
Autor: Gibran Huerta Renteria**



Se puede apreciar que el porcentaje que obtuvo mejor respuesta ante temperaturas cercanas a los 160°C fue el que contenía 30% de resina, ya que después de esta temperatura sufría daños hasta incendiarse.

Se infirió con la práctica que este tipo de procesos pueden tener una variación de más menos 3% en el porcentaje de resina, por lo que se varió este porcentaje para ir ajustando la mezcla del proceso de acabado. El agua, el espesante y el lubricante se ajustaron de modo que siempre mantuvieran la misma base. Los porcentajes quedaron de la siguiente forma:

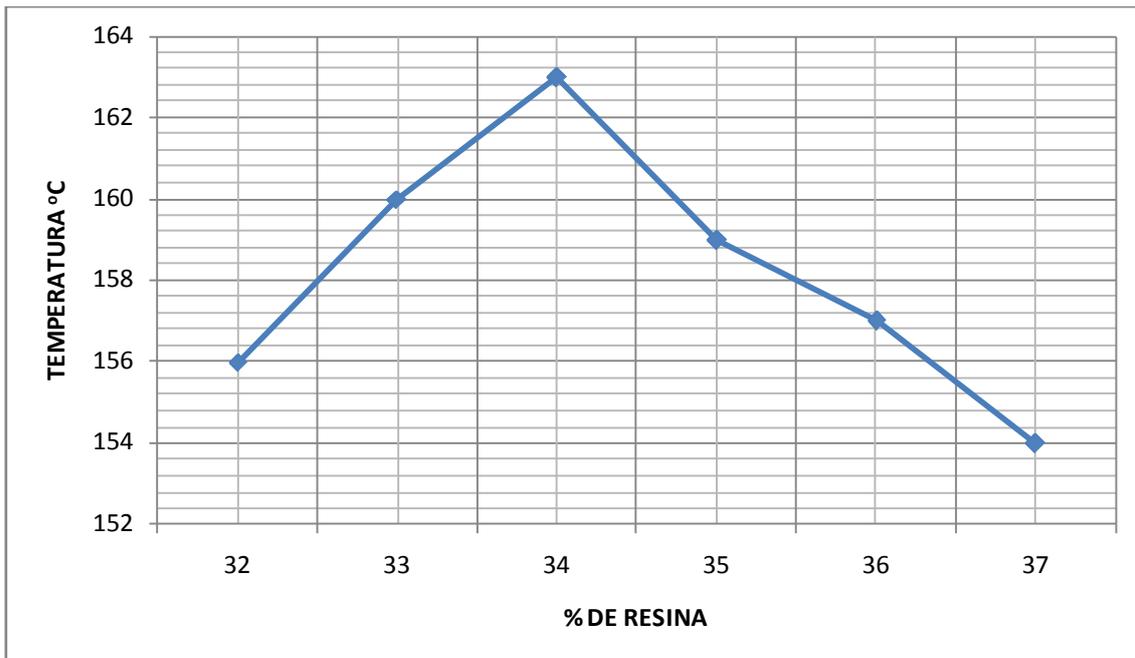
TABLA 12 Variación de los Porcentajes de resina

Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
32%	60%	5.6%	0.8%	1.6%
33%	60%	4.9%	0.7%	104%
34%	60%	4.2%	0.6%	102%
35%	60%	3.5%	0.5%	1%
36%	60%	2.8%	0.4%	0.8%
37%	60%	2.1%	0.3%	0.6%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Se aplicaron las siguientes mezclas en la tela y posteriormente se probó su efectividad ante temperaturas de entre 100 y 170 °C.

Gráfica 10 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina
Autor: Gibran Huerta Renteria



En base a estos resultados se pudo apreciar que existe una mejor respuesta a las altas temperaturas cuando el porcentaje de resina es de 34%.

Ya que quedo definido el porcentaje de resina y retardante se prosigue a ajustar el agua, el espesante y el lubricante.

Al ir preparando variaciones en las mezclas de agua espesante y lubricante se noto que el que tenía mayor efecto sobre la consistencia era el espesante, así que el paso siguiente fue variar el porcentaje del espesante en las mezclas, dejar fija la cantidad de agua y variar el porcentaje de lubricante en base a la cantidad variada de espesante.

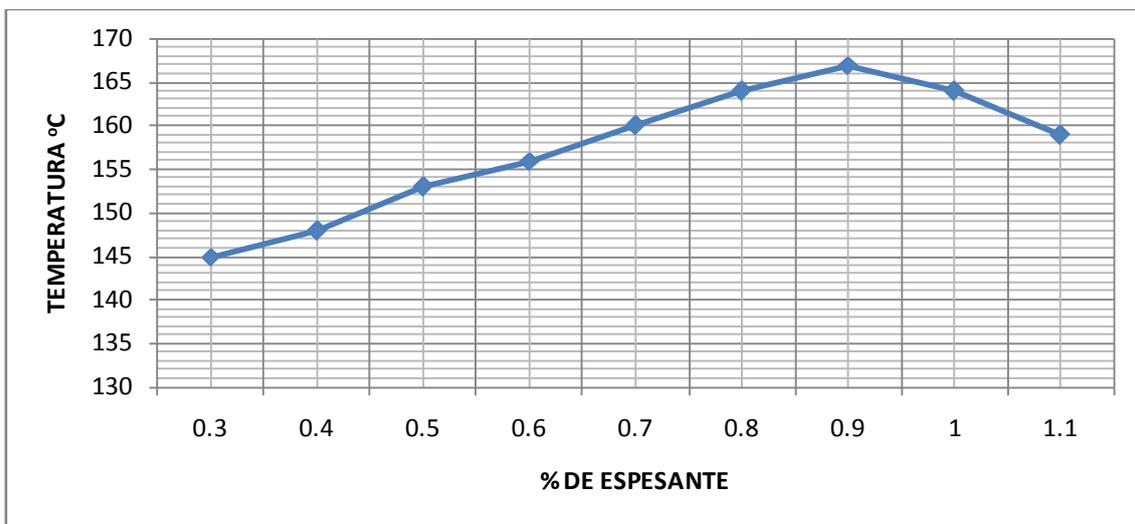
TABLA 13 Variación de los Porcentajes de espesante y lubricante

Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
34%	60%	5%	0.3%	1.4%
34%	60%	5%	0.4%	1.3%
34%	60%	5%	0.5%	1.2%
34%	60%	5%	0.6%	1.1%
34%	60%	5%	0.7%	1%
34%	60%	5%	0.8%	2%
34%	60%	5%	0.9%	2%
34%	60%	5%	1%	2%
34%	60%	5%	1.1%	2%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Se probaron todas las mezclas en la tela y se obtuvieron los siguientes resultados.

Gráfica 11 Temperatura Soportada variando el % de espesante
Autor: Gibran Huerta Renteria



El siguiente paso fue ajustar la cantidad de lubricante y agua.

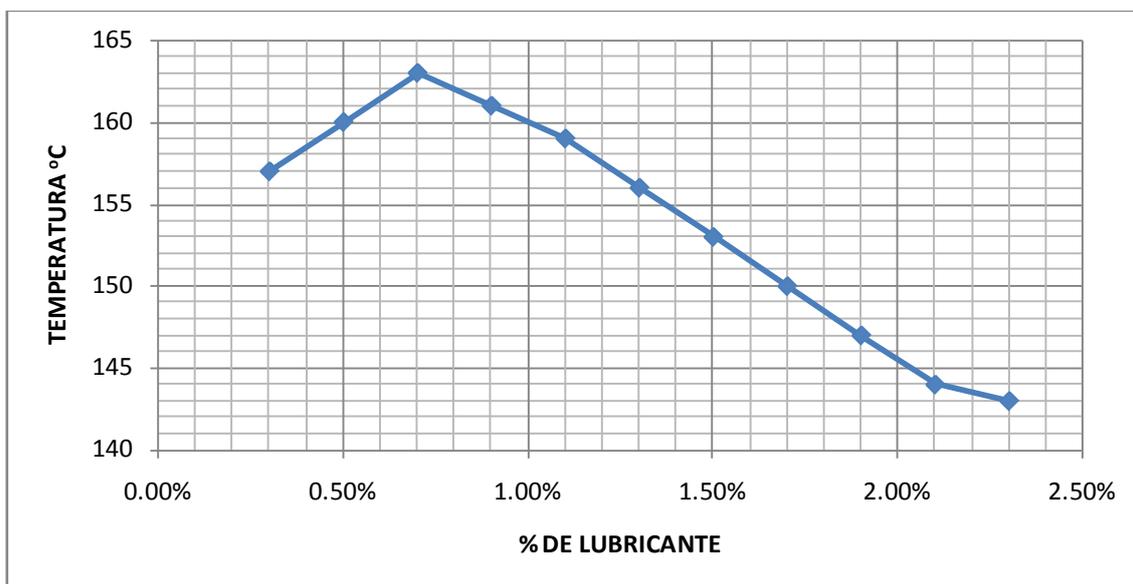
TABLA 14 Variación de los Porcentajes de lubricante y agua

Resina	Retardante	Agua	Espesante	Lubricante
34%	60%	6%	0.7%	0.3%
34%	60%	5.8%	0.7%	0.5%
34%	60%	5.6%	0.7%	0.7%
34%	60%	5.4%	0.7%	0.9%
34%	60%	5.2%	0.7%	1.1%
34%	60%	5%	0.7%	1.3%
34%	60%	4.8%	0.7%	1.5%
34%	60%	4.6%	0.7%	1.7%
34%	60%	4.4%	0.7%	1.9%
34%	60%	4.2%	0.7%	2.1%
34%	60%	4%	0.7%	2.3%

FUENTE: Propia con datos obtenidos experimentalmente

Gráfica 12 Temperatura Soportada variando el % de lubricante

Autor: Gibran Huerta Renteria



En este caso la mezcla que permitió mejor aplicación fue el que tenía un porcentaje de lubricante del 0.7% alcanzando una resistencia hasta una temperatura máxima de 163°C

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Cada mezcla contuvo lo siguiente:

- Agua
- Resina
- Retardante
- Espesante
- Lubricante

Originalmente se pensó que los elementos que más afectarían la correcta aplicación de las mezclas serían la resina y el espesante, sin embargo el que afecto mayormente fue el lubricante.

Para la aplicación a 0.3 mm de espesor los porcentajes quedaron de la siguiente manera 36% de resina, 55% de retardante, 7.4% de agua, 0.6% de espesante y 1% de lubricante y alcanzó una resistencia de 146°C.

Para la aplicación a 0.5 mm de espesor los porcentajes quedaron de la siguiente manera 33% de resina, 60% de retardante, 5.8% de agua, 0.7% de espesante y 0.5% de lubricante y alcanzó una resistencia de 155°C.

Para la aplicación a 0.1 mm de espesor los porcentajes quedaron de la siguiente manera 34% de resina, 60% de retardante, 5.6% de agua, 0.7% de espesante y 0.7% de lubricante y alcanzó una resistencia de 163°C.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se cumplió el objetivo de desarrollar una formulación química retardante a la flama aplicable a las telas, sin embargo el mayor problema se presentó a la hora de la aplicación, ya que sin la técnica correcta la formula puede variar su desempeño.

Se manejaron diferentes porcentajes en los compuestos de la mezcla para determinar cuál era la más adecuada y eficiente dependiendo del uso final

Las variables que más afectan la aplicación de la mezcla es la correcta aplicación, la cual depende de dos cosas fundamentalmente: de la cantidad de lubricante y de la técnica.

Se construyó un pequeño equipo para tensar la tela el cual incluía una cuchilla para distribuir y dosificar adecuadamente la mezcla.

La aplicación a 1 mm de espesor del proceso de acabado ofrece una superior resistencia a las temperaturas llegando hasta 163°C. No obstante una aplicación de 1mm en tela genera rigidez y poca suavidad.

El lubricante afecta en pocos grados la resistencia ante el fuego (1 o 2 °C), pero sí afecta de forma considerable cuando se trata de la aplicación de la mezcla en las telas.

En el proceso de acabado, el espesor más adecuado cuando se trata de telas de tapicería corresponde a 1 mm.

En el proceso de acabado, el espesor más adecuado cuando se trata de telas para ropa corresponde a 0.5 mm por comodidad.

Se puede lograr que la tela soporte temperaturas superiores a los 163 °C, pero esto se refleja ya no solo en la comodidad, sino también en la toxicidad que se genera por la combustión de los compuestos.

Este proyecto se trabajó con el fin de cubrir una necesidad social, como es el de diseñar un proceso para hacer una tela retardante a la flama ya que cada días es más importante la seguridad en todo ámbito social o industrial.

Cabe destacar que el diseño del proceso se realizó tomando en cuenta materia prima sin olor, libre metales pesados y disolventes.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. Curso de Sistemas de Protección Contra el Fuego 2 de la empresa ICA FLUOR
2. Curso de Sistemas de Protección Contra el Fuego 1 de la empresa ICA FLUOR
3. <http://osha.europa.eu/es/publications/factsheets>
4. <http://www.dupont.com>
5. <http://ww.ignifuga.com.mx>
6. <http://resursostic.educacion.es>
7. <http://radioredam.mx>
8. http://issuu.com/mayratsanchez/docs/historia_de_las_fibras_textiles
9. Antoine Laurent Lavoisier, El Investigador del Fuego, Autor Horacio García, Editorial Pax México, L.C.C., S.A.
10. EPSICA, Retardantes de Llama Parte 1, Mauro F. Balarezo R. Páginas 1-3
11. EPSICA, Retardantes de Llama Parte 2, Mauro F. Balarezo R. Páginas 1-4
12. SUSAN L. LEVAN; "Chemistry of Fire Retardancy", U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI 53705, USA
13. SUSAN L. LEVAN; "Chemistry of Fire Retardancy", U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI 53705, USA
14. EPSICA, Retardantes de Llama Parte 3, Mauro F. Balarezo R. Páginas 1-3
15. EPSICA, Retardantes de Llama Parte 3, Mauro F. Balarezo R. Páginas 1-3
16. EPSICA, Retardantes de Llama Parte 5, Mauro F. Balarezo R. Páginas 1 y 2
17. http://www.uta.cl/masma/patri_edu/textiles.htm
18. <http://operatextil.blogspot.mx/2010/07/clasificacion-de-las-telas.html>
19. <http://es.wikipedia.org>
20. <http://es.wikipedia.org>
21. <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num11/art93/int93-1.htm>
22. <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num11/art93/int93-1.htm>
23. <http://isa-sistemasdecalidad.blogspot.mx>
24. <http://isa-sistemasdecalidad.blogspot.mx>
25. <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num11/art93/int93-1.htm>
26. <http://isa-sistemasdecalidad.blogspot.mx>
27. <http://quiminet.com> y <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num11/art93/int93-1.htm>
28. <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num11/art93/int93-1.htm>

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Althey R. Shaw. The problem with fire, European Coatings Journal, 10, 428-431, 1999.
- Levin, B.C. Gann R. G. Toxic potency of the fire smoke, Fire and Polymers. G. Nelson Ed., American Chemical Society Symposium Series, Washington, USA, 3-12, 1990.
- Manahan, S. E. Environmental Chemistry, 4 th ed. Lewis Pub., Boston USA, 1991.
- Addleson L. Heat an fire and their effects. Materials for buiding, vol. 4, Newnes and Butterworth Ed., London, UK, 151-159, 1976.

- Fire Protection Association. Fire terms explained. Fireprevention (282) 33, 1995.
- Barrow G. M. Química física, Editorial Reverté, 3ra ed., Barcelona, España, 255-284, 1978.
- Atkins C. Química física, Ed. Addison Wesley, 3ra ed., México, 109-155, 1999.
- Levine I. Fisicoquímica, Ed. Mc Graw-Hill, Tomo I, México, 1991.
- Chang, R. Química, Ed. Mc Graw-Hill Co, 6ta ed., México, 1999.
- Castellan G. Fisicoquímica, Ed. Addison Wesley, 2da ed., México, 107-161, 1987.
- Cote, Arthur Edit. all "Manual de protección contra incendios". NFPA, Ed.4 (Español) Ed. 17 (Inglés). España 2001.
- Colonia, G.R. ed. "Introduction to Employee Fire Life Safety" NFPA, Quincy, MA, 2001
- Fluor. "Procedimiento 000.653.8702. Fire Protection Design- Passive system" Febrero 2009.
- Neira Rodríguez, Jose Antoni. "Instalaciones de protección contra incendios" Fundación Confemetal, España, 2008.
- Guerra G, Paula; "Análisis de retardantes de llama halogenados emergentes y su impacto en el medio ambiente y en humanos" Tesis doctoral, Universidad de Barcelona, España, Departamento de Química Analítica, 2011.
- Informe del Comité de Examen de los contaminantes orgánicos persistentes sobre la labor realizada en su tercera reunión, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 19 a 23 de noviembre de 2007.
- Javier Eduardo Hernández Jara, Tesis De Ingeniería Civil, "Recopilación De Información Sobre El Comportamiento Al Fuego De Elementos De Construcción Para Viviendas", Universidad De Chile, Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas, Departamento De Ingeniería Civil , Santiago De Chile. 2008.

ANEXO A GLOSARIO

Abacá	Es una planta herbácea, bastante parecida al plátano y su fibra le confiere una especial valía económica, por su utilidad para la industria textil.
Alquitranes	Compuestos que se obtienen de la destilación destructiva de algunos elementos orgánicos, está conformado por muchas sustancias químicas, las cuales pueden ser cancerígenas o están clasificadas como residuos tóxicos.
Aprestos	Se llama apresto a la operación en la que se lustra, pule y da firmeza a telas, géneros de algodón, etc.
Baquin	Compuesto aplicado a las telas para dar acabado en la tela.
Calandrador	Máquina que se emplea en los telares o fábricas de tejidos para sacar a éstos el brillo y más principalmente cuando se trata de telas de algodón.
Canilla	Carrete metálico en el que se devana (enrolla) el hilo en las máquinas de coser:
Cardado	Instrumento parecido a un cepillo con puntas de alambre para cardar (cepillar) los tejidos
Chapones	Parte de las maquinarias en donde se montan las cardas (cepillos de alambre)
Fileta	Pared metálica para colocar los conos de hilo
Formio	Planta textil que de sus hojas se extraen fibras utilizadas para trenzar, hacer cestos, canastas, telas, etc.
Julio	Es un carrete de hilo con dimensiones cercanas a 1.5 metros de ancho que se coloca sobre los telares
Kapok	Material algodonoso que se trabaja en la elaboración de rellenos de almohadas, salvavidas, aislante, material para fabricación de fibras originario de la región de Mesoamérica.
Lienzos	Trozos de tela que superan el metro lineal, y que normalmente sirven de muestra.
Lino	El lino es una planta herbácea de la familia de las lináceas cuyo tallo se utiliza para confeccionar tela.
Lizos	El lizo es un término usado entre los tejedores y otros operarios que trabajan con lanzadera que significa cuerda.
Material Ignifugo	Es aquel material que posee o proporciona índices de inflamabilidad y propagación relativamente bajos.
Material resistente al fuego	Es aquel que sometido a un ensayo de incendio durante un período determinado (expresado en minutos), mantienen su capacidad resistente o funcional.
Napa	Piel de algunos animales tratada industrialmente que se utiliza para fabricar prendas de vestir.
Plianas	Tela estilo tapicería
Retardantes de Flama	Son materiales que han sido sometidos a un tratamiento químico, por motivo del cual no se inflaman con facilidad ni la llama se propaga rápidamente cuando están sometidos a fuegos pequeños o moderados.

Sisal	Es una planta utilizada para fines comerciales, cultivada en regiones semiáridas que se usa principalmente para fabricar cuerdas, cordeles, sacos, telas y tapetes.
Yute	Es una planta herbácea fibrosa lo que le permite ser utilizada en la fabricación de fibras textiles.

ANEXO B ÍNDICE DE IMÁGENES

FIGURA	PÁGINA
FIGURA 1 Triangulo del Fuego	8
FIGURA 2 Tetraedro del Fuego	8
FIGURA 3 Tela estilo Brocado	18
FIGURA 4 Tela estilo Chenille	18
FIGURA 5 Tela estilo Chintz	19
FIGURA 6 Tela estilo Corderoy	19
FIGURA 7 Tela estilo Cretona	20
FIGURA 8 Tela estilo Damasco	20
FIGURA 9 Tela estilo Espolinado	21
FIGURA 10 Tela estilo Gasa	21
FIGURA 11 Tela estilo Jaquard	22
FIGURA 12 Tela estilo Lona	22
FIGURA 13 Tela estilo Loneta	23
FIGURA 14 Tela estilo Madrás	23
FIGURA 15 Tela estilo Moaré	24
FIGURA 16 Tela estilo Muselina	24
FIGURA 17 Tela estilo Organza u Organdi	25
FIGURA 18 Tela estilo Otomán	25
FIGURA 19 Tela estilo Pana	26
FIGURA 20 Tela estilo Percal	26
FIGURA 21 Tela estilo Piqué	27
FIGURA 22 Tela estilo Shangtung	27
FIGURA 23 Tela estilo Terciopelo	28
FIGURA 24 Hilo Vortex mostrando los filamentos para formar la fibra	28
FIGURA 25 Producción de Telas	31
FIGURA 26 Cultivo de Algodón	31
FIGURA 27 Cultivo de Capullos de Gusanos de Seda	31
FIGURA 28 Pasos en la Segunda Fase	32
FIGURA 29 Máquina de Apertura	32
FIGURA 30 Enrolladora	33
FIGURA 31 Pasos en la Tercera Fase	33
FIGURA 32 Carda	34
FIGURA 33 Manuar	34
FIGURA 34 Reunidora	35
FIGURA 35 Peinado	36
FIGURA 36 Mechera	36
FIGURA 37 Hiladora	37
FIGURA 38 Pasos en la Cuarta Fase	38
FIGURA 39 Máquina de Urdido Indirecto	38
FIGURA 40 Máquina de Urdido Directo	39
FIGURA 41 Tipos de Tejido	39
FIGURA 42 Tipos de Tejido de Punto	40
FIGURA 43 Máquina de Acabado	41

FIGURA 44 Metodología del Experimento	43
FIGURA 45 Equipo para Aplicar la Pasta en Telas	44
FIGURA 46 Rodillo para ajustar la tela	45
FIGURA 47 Riel para mantener la capa uniforme de pasta	45
FIGURA 48 Riel para mantener uniforme la capa de pasta visto de forma lateral	45

ANEXO C ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
TABLA 1 Retardantes para Diferentes Fibras	13
TABLA 2 Comparación de los procesos de inmersión y pasta	42
TABLA 3 Variación de los Porcentajes de resina y retardante	47
TABLA 4 Variación de los Porcentajes de resina	48
TABLA 5 Variación de los Porcentajes de Retardante	49
TABLA 6 Variación de los Porcentajes de agua y lubricante	50
TABLA 7 Variación de los Porcentajes de resina y retardante	52
TABLA 8 Variación de los Porcentajes de Resina	53
TABLA 9 Variación de los Porcentajes de Agua, Espesante y Retardante	54
TABLA 10 Variación de los Porcentajes de lubricante y agua	55
TABLA 11 Variación de los Porcentajes de resina y retardante	56
TABLA 12 Variación de los Porcentajes de resina	57
TABLA 13 Variación de los Porcentajes de espesante y lubricante	58
TABLA 14 Variación de los Porcentajes de lubricante y agua	59

ANEXO D ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA	PÁGINA
Gráfica 1 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina	48
Gráfica 2 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina usada	49
Gráfica 3 Temperatura Soportada variando el % de espesante	50
Gráfica 4 Temperatura Soportada variando el % de lubricante	51
Gráfica 5 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina	52
Gráfica 6 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina	53
Gráfica 7 Temperatura Soportada variando el % de espesante	54
Gráfica 8 Temperatura Soportada variando el % de lubricante	55
Gráfica 9 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina	56
Gráfica 10 Temperatura Soportada de acuerdo a la cantidad de Resina	57
Gráfica 11 Temperatura Soportada variando el % de espesante	58
Gráfica 12 Temperatura Soportada variando el % de lubricante	59