

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

GENERALIDADES Y DISEÑO DE UN HOMBRE PARA PRENDAS
"PLANCHADO PERMANENTE"

ROBERTO VERNON CARTER

INGENIERO QUIMICO

MEXICO

1967



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 AUTONOMA
DE MEXICO

"FACULTAD DE QUIMICA"

T E S I S

ROBERTO VERNON CARTER

**"JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE"
SEGUN EL TEMA**

Presidente

Ing. Jesús Vázquez Rojas

Vocal

Ing. Herbert Schmidt Moelder

Secretario

Ing. Héctor Sobol Zaslav

**Sitio donde se desarrolló
el tema**

DISEÑO Y MAQUILA, S. A.

Nombre completo y firma

del sustentante



Roberto Vernon Carter

Nombre del asesor de tesis

Ing. Jesús Vázquez Rojas

A MIS PADRES,

PATRICIA

Y MIS COMPAÑEROS:

Jorge Sosa Negrata

Herbert Scheffler H.

Manuel Gutiérrez S.

Alberto San Vicente A.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION

CAPITULO I Generalidades

Historia
Fibras Usadas
Mecanismo de Formación y Recuperación
Mezcla de Fibras y Tipo de Telas

CAPITULO II Agentes Químicos

Agentes químicos
Reactantes Lineales
Reactantes Cíclicos
Aditivos

CAPITULO III Pruebas de Laboratorio

CAPITULO IV Métodos de Fabricación

Postcurado
Precurado Parcial
Precurado
Impregnación de la Prenda

CAPITULO V Prendas Planchado Permanente

Selección de Componentes
Diseño
Costura

CAPITULO VI Cálculo de un Horno para Curar Prendas "Planchado Permanente"

Tipo de Hornos Usados
Características Básicas Requeridas por el Horno
Bases de Diseño
Cálculo de las Dimensiones del Cuerpo Principal del Horno
Cálculo de la Velocidad del Gas de Combustión
Cálculo de la Velocidad Mínima del Gas de Combustión
Cálculo Calor Perdido por Irradiación, convección y
Conducción
Cálculo del Calor Perdido Mediante la Prenda y el Trans-
portador de Cadena

INTRODUCCION

Actualmente es imposible leer una revista americana o europea sin ver anuncios sobre un nuevo tipo de prendas llamadas "planchado permanente", "planchado durable", "planchado para toda la vida", etc. Mucha gente cree que es una cosa parecida al famoso acabado "lavar y usar" (Wash and Wear). En realidad es la evolución lógica del "lavar y usar".

Desde antes de la segunda guerra mundial se empezaron a hacer experimentos para fabricar prendas que no necesitaran plancharse y aparecieron prendas hechas de 100% fibras sintéticas tales como el Nylon, pero resultaron muy incómodas. A mediados de 1954 aparecieron las primeras prendas "lavar y usar". Este proceso consiste en tratar una tela con resina urea-formaldehído y polimerizar dicha resina en la planta de acabado. Las prendas hechas con estas telas nunca tuvieron un comportamiento realmente adecuado, siempre fué necesario retocar las prendas con la plancha después de lavarlas. El motivo de esto es sencillo, la resina al polimerizarse reacciona con la celulosa dando a la fibra celulósica una memoria de regresar a su posición original, o sea a la forma plana; es decir, cualquier prenda hecha con este tipo de tela tiende a regresar a una forma plana. Además, los pliegues a su vez tienden a desaparecerse y las costuras pierden nitidez en sus dobleces, desarrollándose un aspecto fruncido alrededor de las bolsas y costuras, debido a diferentes tensiones en los hilos de coser.

Para resolver este problema se desarrollaron y perfeccionaron nuevas resinas, las cuales tienen mejor recuperación de forma tanto en húmedo como en seco, además se desarrolló un nuevo concepto que posteriormente fué llamado "planchado permanente".

En las prendas "planchado permanente" la resina es polimerizada después de que la prenda se hace, o sea que se le da a la prenda una "memoria" de regresar a la forma original de la prenda y no a la forma de la tela, como en las prendas "lavar y usar".

El éxito alcanzado por el proceso "planchado permanente" es debido a que se han seguido programas de control de calidad sumamente estrictos. Desde las pruebas físicas de la tela hasta la fabricación.

Se considera que los siguientes puntos son la razón del éxito del "planchado permanente":

1. Mejoras en los sistemas de mezclado de las fibras de poliéster con algodón.
2. Reducción de defectos debido a tensiones diferenciales en el tejido.
3. Mejor control en el mercerizado, blanqueo y termofijado de las telas antes de teñir.
4. Mejoras en los sistemas de control de teñido con termosol.
5. Aumento en la penetración de los tintes tanto en el algodón como en el poliéster.
6. Mejoras en la uniformidad de las telas teñidas, lo cual da lugar a mejor uniformidad de la penetración de las resinas.
7. Mejoras en los sistemas de impregnación.
8. Mejoras en los sistemas de control de tensiones y de temperatura en las secadoras.
9. Mejor control de enfriamiento, empaclado y almacenado de las telas.
10. Mejores sistemas de corte para evitar arrugas, sobre todo en el sistema de postcurado.

11. Cuidadosa selección de material de poquetón y entretelas para evitar encogimiento diferencial.

12. Cuidadoso control en las tensiones de los hilos de coser.

13. Mejores métodos y equipos para el planchado y curado de las prendas.

En resumen, el éxito de las prendas "planchado permanente" se debe a:

1. Mayor concentración de los productos químicos.
2. Nuevas secuencias y técnicas para polimerizar la tela.
3. Mejoras en las técnicas de fabricación de las prendas.

Las características de una buena prenda "planchado permanente" son las siguientes:

- a) Magnífica textura de la tela (libre de arrugas) después de repetidas lavadas ya sea en máquina o a mano.
- b) Poco o nada de fruncimiento a lo largo de las costuras de la prenda.
- c) Buena resistencia de los pliegues y rayas después de repetidas usas y lavadas.
- d) Durabilidad sobresaliente a la abrasión plana y en orilla.

El "planchado permanente" también tiene sus defectos. El principal de éstos es que es muy difícil alterar las prendas, por lo que los fabricantes de prendas tienen que tener mayor número de tallas para poder satisfacer a los consumidores. Otro problema es la dificultad de obtener telas que den buenos contrastes de colores sin tener problemas de pérdida de color en las rayas y pliegues y otros puntos que sufren abrasión.

CAPITULO X

GENERALIDADES

Historia

Desde tiempos inmemoriales los dos grandes defectos de las telas domésticas hechas con fibras tradicionales son: que la lana encoge y el algodón se arruga.

Desde principios del siglo se han encontrado varios métodos para evitar que la lana encogiera.

Las telas celulósicas (algodón, rayón, etc.) inarrugables aparecieron por los años de 1932 en Inglaterra. En realidad el principio de las telas inarrugables no ha cambiado desde entonces, y consiste en impregnar la tela celulósica con una resina y posteriormente polimerizar dicha resina. La reacción se efectúa entre la resina y la celulosa, pero no se ha comprobado si la estabilidad del sistema se debe únicamente a la unión química o si también hay una unión fisicoquímica.

Podemos decir que los primeros intentos de hacer inarrugables las telas (mas bien resistencia al arrugamiento) fueron hechos con almidón (800 a. de J.), pero no fué sino a principios de este siglo cuando en realidad empezaron a hacer experimentos (1919). Con estos experimentos (Foulds, Marsh & Wood en los laboratorios Tootal Broadhurst Lee Co.) llegaron a la conclusión de que había que impregnar la tela con resinas sintéticas favorables y luego polimerizarlas.

La resistencia a la tracción de las telas de celulósicas estabilizadas dimensionalmente que se obtiene en estas telas estabilizadas dimensionalmente a la tela; se dice, que las telas tratadas con bajas concentraciones de estas resinas encogen mucho menos que sin el tratamiento; además de presentar otras características favorables y, hasta la fecha, el mercado principal de estas resinas es como estabilizador y no para dar efectos incurvables.

Además de su resistencia al arrugamiento se observó que las telas así tratadas eran aún fáciles de planchar. En 1944 T. D. Reeves sugirió que las prendas hechas con esta tela se pusieran a secar sin exprimir y dándoles su forma aún mojada, pero no fué tomado en consideración.

Después de la segunda guerra mundial, al transferir la industria del Nylon de fines militares a cívicos, aparecieron las primeras prendas 100% Nylon, las cuales tenían excelente resistencia al arrugamiento (1948). El éxito de estas prendas fué tal que se empezó con un arduo programa de investigación para hacer que las telas celulósicas pudieran tener las mismas propiedades que las 100% Nylon, y por fin en el año 1954 salieron a la venta en los Estados Unidos las primeras prendas "lavar y usar". Para 1955 había por lo menos cincuenta fabricantes de telas "lavar y usar".

Estas telas "lavar y usar" tenían buena recuperación en húmedo, lo cual significa que al humedecerse la tela tiende a relajarse y recuperar su forma plana y tersa. Además, estas telas también tienen buena recuperación en seco.

El defecto principal de las prendas "lavar y usar" era que siempre era necesario darles una retocada con la plancha y que se borraban las rayas y pliegues, puesto que las telas eran polimerizadas en forma plana y siempre tendían a regresar a su forma original, lo cual causaba fruncimientos en las costuras. Además, como las resinas reaccionan con la celulosa se debilita la tela, lo cual causaba que se tuviera que utilizar concentraciones más bajas de resinas para no debilitar demasiado la tela.

El siguiente paso fueron las prendas denominadas "planchado permanente". En estas telas se eliminaron los problemas que tuvo el "lavar y usar", como fué mencionado con anterioridad, gracias a la mayor diversidad de fibras termofijas y en especial a las fibras poliestéricas, las cuales al mezclarse con las fibras celulósicas permiten usar concentraciones más elevadas de resinas sin mermar las propiedades físicas de la tela.

En un futuro no lejano se espera poder obtener nuevos métodos y resinas que permitan obtener los mismos efectos del planchado permanente en telas 100% algodón o viscosa. Las nuevas investigaciones se discutirán en otro capítulo más adelante.

Fibras Usadas

Para que una tela sea resistente al arrugamiento es necesario que tenga dos propiedades, fibras resilientes y tela estabilizada. Es obvio que la realización de estas propiedades no es fácil; el factor principal desde luego es la recuperación plástica de las fibras, para lo cual hay varios métodos mecánicos para estabilizar las telas.

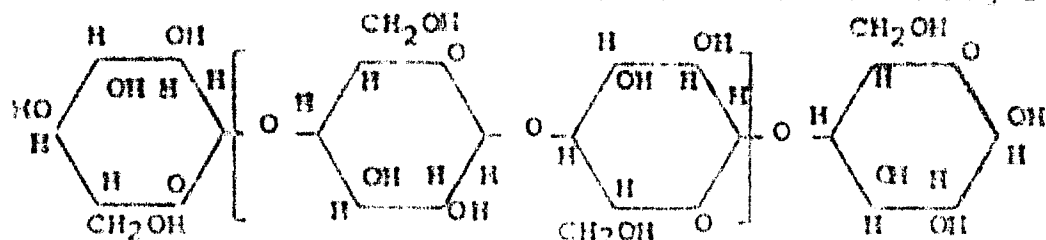
La mayor parte de las fibras sintéticas se puede termofijar; es decir, mediante la aplicación de calor se eliminan las tensiones en las fibras y se aumenta el orden cristalino de la fibra, mejorando su estabilidad a la deformación. Se recomienda termofijar el Nylon entre los 185-190°C (P.F. 215°C) por 20 segundos y en el poliéster entre 200-220°C dependiendo del tiempo y grueso de la tela.

En las fibras celulósicas, aparte de los métodos mecánicos el más común es impregnando la fibra con un compuesto de metilol en presencia de un catalizador ácido.

El mecanismo de deformación y recuperación se tratará más adelante, pero primero es necesario ver las propiedades de las fibras que se van a utilizar.

Celulosa

La celulosa es una cadena molecular teniendo la siguiente fórmula:



Para la celulosa natural puede ser entre 5,000 y 10,000 unidades, pero en la celulosa regenerada es entre 200 y 700 unidades.

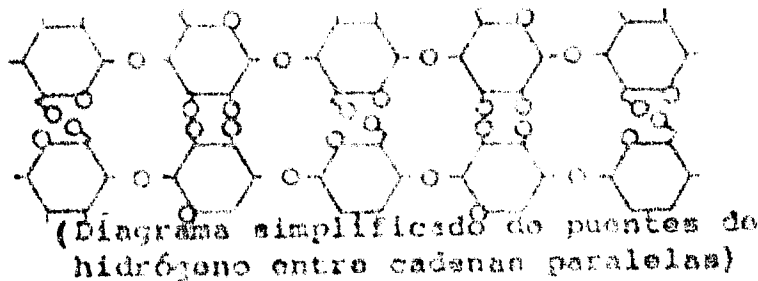
En la naturaleza la celulosa tiene dos maneras de arreglo de sus cadenas moleculares, en la primera las cadenas son paralelas formando miscelas (crystallite), en la segunda las cadenas están en completo desorden, o sea en estado amorfo. Hay además combinaciones de estos dos arreglos. Muchas de las cadenas moleculares son lo suficientemente largas como para pasar a través de dos o más regiones; de esta manera toda la estructura se mantiene unida.

La fuerza de la fibra se debe a las miscelas, pero la flexibilidad y elasticidad se debe a las regiones amorfas.

Cuando las propias miscelas se encuentran alineadas paralelas, unas con otras, a lo largo de un eje, se dice que están orientadas. También pueden estar esparcidas en desorden o desorientadas.

Uno de los factores de la celulosa que más asombro ha causado es que estando con tanto grupo hidroxílico sea insoluble en agua. La razón es que entre dos cadenas moleculares y sobre todo en las miscelas se forman puentes de hidrógeno entre estas, haciendo que

Los grupos oxhidrilo son inaccesibles al agua. Aunque un puente de hidrógeno individual no es muy fuerte, un grupo numeroso cerca uno de otro si lo es, y por lo tanto un número suficientemente grande de puentes de hidrógeno hace que los grupos oxhidrilo sean inaccesibles y por consiguiente que la celulosa sea insoluble en agua.



La celulosa nativa generalmente contiene un 30% de material amorfo y la celulosa recuperada contiene un 60%, o sea el doble. Como la proporción de material amorfo es alta, es de suponerse que las cadenas moleculares de la celulosa que forman parte de la región amorfa se cruzan de vez en cuando, se cree que en estos puntos de acercamiento o de contacto se forman puentes de hidrógeno creando así una estructura tridimensional un cuanto compleja. La existencia de puntos de unión mediante puentes de hidrógeno se puede comprobar mediante el efecto de la humedad sobre la resistencia a la fuerza tensil.

(Tela 100% rayón sin acabado alguno)

MUESTRA	PIE		TRAMA	
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO
A	60.5	30	46	19
B	46	20	34.5	16
C	74	28	64.5	25.5
D	69.5	29	59.5	26

Algodón

El algodón es la palusa que recubre una semilla y es unicelular terminando en punta su extremo.

La fibra individual en su etapa de crecimiento consiste de una célula tubular, un extremo de la cual está adherido a la semilla y el otro está cerrado; es más o menos circular y tiene un canal central. Cuando se separa la fibra de la semilla, ésta sufre un colapso tomando la forma de un listón, y tiene de 150 - 300 convulsiones por pulgada en forma de espiral, pero en varias direcciones. Esta propiedad facilita mucho el hilado de la fibra.

La longitud de la fibra puede ser de 0.75 a 2.5 pulgadas, dependiendo de la variedad, su diámetro es generalmente de 15 - 20 u. Por lo general las fibras más largas tienen menor diámetro que las más cortas.

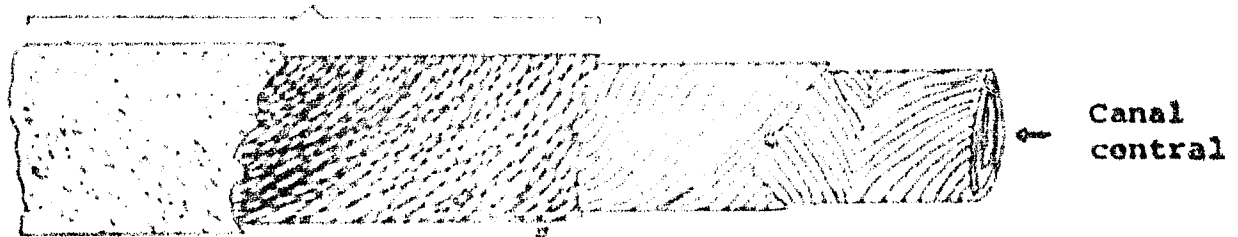
La fibra en sí consiste de varias capas. (Ver esquema). La primera capa se denomina pared primaria, la cual tiene 0.1 u. de grosor y está formada por un enrejado de celulosa (54%) impregnado con cera y material pástico. Esta capa es impermeable y generalmente se trata de eliminar para mejorar la penetración de los agentes utilizados en el acabado de la tela.

Abajo de la capa primaria se encuentra una capa que consiste de un enrejado de celulosa de 0.1 u. de grosor. Esta envoltura presenta un

Ángulo de orientación del fibrado en relación al eje de la fibra. Abajo de esta capa viene el cuerpo de la fibra, o capa secundaria, la cual consiste de una serie de capas (25 a 40) concéntricas, las cuales forman el 95% de la fibra y tienen de 1 a 3 u. de grosor. Las cadenas moleculares de celulosa en esta capa están enrolladas en forma de espiral a un ángulo de 30°. El sentido de la espiral cambia frecuentemente a lo largo de la fibra.

Pared primaria (0.1 u. grueso)

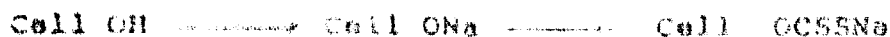
Pared secundaria (4 u. grueso)



Enrejado (0.1 u. grueso)

Viscosa

La viscosa se manufactura principalmente partiendo de pulpa de madera. El primer proceso es la purificación de los troncos, hirviéndolos en una solución de bisulfito de calcio o magnesio, con lo cual se eliminan impurezas tales como el lignito, resinas, etc. Posteriormente la pulpa de madera se blanquea y después se comprime formando planchas. En seguida se cortan las planchas y se empacan en unos recipientes especiales en los cuales son tratadas con una solución alcalina y luego se exprime y se deja añejar un par de días (esto sirve para reducir la longitud de las cadenas moleculares). Después de añejar se forma el xantato con el bisulfito de carbono.



El xantato resultante se disuelve con una solución diluida formando la viscosa, se deja reposar para aclarar la solución, posteriormente se fuerza a través de una boquilla y se recibe en un baño coagulante que consiste de ácido sulfúrico y sulfato de sodio. El filamento de viscosa se pasa bajo tensión al embobinado.

La viscosa producida de esta forma tiene una sección transversal circular aserrada y consiste de dos partes, el centro, compuesto de masa amorfa en un 60% o más y la piel, la cual tiene cristalitas en mayor cantidad y de menor tamaño.

Poliéster

Esta fibra se obtiene a partir del ácido ftálico y del etilén glicol, ya sea por esterificación directa o por catálisis. Los filamentos se obtienen mediante un estirado en caliente, dando una fibra con estructura bien orientada y de gran fuerza. Se hace la fibra tanto en filamento, como en fibra corta.



La sección transversal del filamento es circular y es transparente. Tiene alta resistencia a la acción del calor seco, a los microorganismos, agentes oxidantes y reductores, a los ácidos (con excepción del

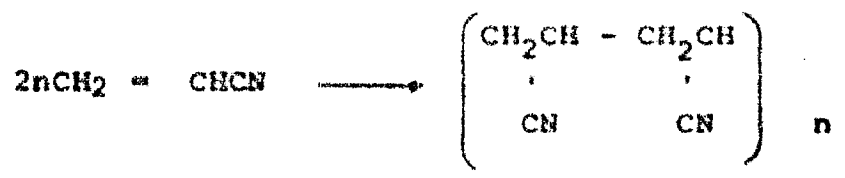
ácido sulfúrico, ácido nítrico concentrados).

Tiene alta resistencia tensil y a la abrasión, pero muchos tipos de esta fibra tienden a formar pelusa, aunque ya se encuentran fibras poliéstericas en el mercado que resisten la formación de pelusa.

Presenta además excelente estabilidad dimensional, retención de pliegue y de planchado, tanto en húmedo como en seco y resistencia al lavado.

Acrílico

Se hace a base de acrilonitrilo, se disuelve el acrilonitrilo en soluciones especiales y se pasa a través de un dado, posteriormente se estira en frío formando una estructura bien orientada.



Las fibras acrílicas tienen excepcional estabilidad dimensional tanto en seco como en húmedo. Muy buena resistencia a la luz, microorganismos ácidos y solventes. Tienen poco pilling, buena resistencia a la abrasión, etc.

Poliámidas

El Nylon se obtiene a partir del hexametilendiamina y del ácido adípico.

Se obtiene pasando la masa fundida a través de un dado y luego estirando en frío, formando así una estructura bien orientada.

Tiene buena estabilidad dimensional, excelente resistencia a la abrasión y a la tensión, además tiene muy buenas propiedades elásticas.

Mecanismo de formación y recuperación

Desde la invención del proceso para dar características de inarrugabilidad a las telas, por Marsh, Foulds and Wood (Tootal Broadhurst Lee Co.), han sido de interés general las teorías que tratan de explicar la razón del por qué algunas fibras son más resistentes al arrugamiento que otras y también cuál es el mecanismo de recuperación de las fibras tratadas químicamente.

Es evidente que cuando una tela se arruga se doblan muchas fibras, dicho doblez causa un esfuerzo de tensión en la parte superior y un esfuerzo de compresión en la parte inferior de la fibra, además de otras tensiones causadas por la torsión dada a la fibra.

Mediante los experimentos hechos por varios investigadores se ha comprobado que el grado de recuperación de la fibra depende mucho de la recuperación elástica a la tensión de la fibra y no a la compresión.

En las siguientes tablas se darán datos de grado de recuperación, en la primera tabla se da el grado de recuperación elástica después de estirar las fibras, en la segunda se relaciona la resiliencia de la

fibra con el por ciento de recuperación elástica.

Fibra	2% ext.	5% ext.
Algodón	74%	45%
Viscosa	82%	52%
Acetato	94%	73%
Seda	92%	70%
Lana	99%	89%
Nylon	100%	98%

Fibra	Resiliencia	Recupe- ración
Algodón	38%	45%
Viscosa	31%	52%
Acetato	47%	73%
Seda	52%	70%
Lana	56%	89%
Nylon	53%	98%

Por lo anterior muchos autores consideran que el grado de recuperación de una tela se debe a propiedades inherentes de las diferentes fibras; se ha encontrado una relación lineal entre el ángulo de recuperación después de un estiraje del 3% de la fibra y la inarrugabilidad de la tela. Se ha encontrado que un ángulo de recuperación de 125 - 130°Cda una propiedad de inarrugabilidad satisfactoria.

Una tela de algodón generalmente tiene un ángulo de recuperación de 80 - 85°, la viscosa de 90 - 95°, acrilonitrilo 125°, poliéster 150°, lana de 135 - 145°, etc. (Todos los datos son con el método Monsanto)

El efecto de la humedad sobre el ángulo de recuperación de diversas telas se ha estudiado ampliamente y se han obtenido los siguientes datos:

Tela	65% hr	90% hr	Cambio
Viscosa	91°	39°	- 57%
Algodón	89°	39°	- 55%
Lana	141°	127°	- 10%
Poliester	131°	133°	+ 1.5%
Poliester/ Lana 55/45	139°	134°	- 3.5%

O sea, de estos datos se puede decir que cualquier fibra con una buena recuperación a 65% de humedad relativa tendrá una buena resistencia al arrugamiento bajo cualquier condición de humedad relativa normal.

Se ha observado que el grado de arrugamiento de una tela depende de dos factores: La fuerza de deformación y el tiempo; es decir, una fuerza pequeña durante un período prolongado puede causar el mismo grado de arrugamiento que una fuerza mayor durante un tiempo menor.

Se ha encontrado que durante la extensión de una fibra habrá cierto movimiento de las cadenas moleculares de la fibra, dependiendo de la estructura y arreglo de las mismas.

Por ejemplo: La seda tiene un arreglo helicoidal de sus moléculas, lo cual permite cierto movimiento al rotar sobre los ejes de átomos adyacentes de la cadena. La lana tiene todavía más movimiento puesto que tiene la queratina (keratin) dos formas, dando un arreglo molecular similar a un acordeón, permitiendo extender la cadena fácilmente, además como tiene cadenas laterales que unen las diversas cadenas moleculares, ayudan a regresar a la molécula extendida a su posi-

ción original.

En la celulosa las cadenas moleculares están prácticamente extendidas en su totalidad, lo cual hace que una extensión de la fibra solamente se pueda hacer mediante el deslizamiento de las cadenas moleculares. En el estado seco, los grupos OH evitan el deslizamiento mediante su valencia secundaria. Cuando se arruga una tela de celulosa lo que pasa es que al estirar la fibra se rompen los enlaces secundarios los cuales sufren un nuevo arreglo, que permite un relajamiento de la tensión sobre la fibra, haciendo que las moléculas juntas queden en su nueva posición sin tener una tendencia a regresar a su antigua posición; es decir, la extensión es permanente permitiendo que la fibra quede arrugada.

En la lana, en cambio, al ceder la fuerza de deformación las fuerzas intermoleculares determinarán la recuperación elástica.

Como se ha dicho con anterioridad la orientación de las moléculas tiene mucha influencia sobre la arrugabilidad de una fibra. Generalmente existen dos categorías de orientación: En la primera podemos considerar a los grupos de moléculas orientadas ordenadamente formando bultos o miscelas. En el segundo grupo las moléculas están en desorden y se conocen como grupos amorfos.

Esto nos indica que en una fibra las regiones cristalinas son las que dan fuerza a la fibra mientras que las amorfas le dan la elasticidad y flexibilidad.

También influyen en las propiedades de la fibra el grado de ordenamiento de las miscelas (crystallitos) puesto que también pueden estar orientadas a lo largo de un eje o bien en estado caótico. Por ejemplo, la viscosa tipo alta tenacidad tiene grupos altamente orientados sobre su eje y se arrugan con mayor facilidad que la viscosa normal.

Uno de los factores más importantes que influyen en las propiedades elásticas de una fibra es el grado de humedad; a medida que la fibra absorbe humedad, la extensibilidad aumenta. En agua actúa como un lubricante, permitiendo mayor movimiento de las cadenas moleculares.

La arrugabilidad de las fibras es sumamente afectada por la humedad, puesto que fibras que son deformadas en estado húmedo y luego secadas, generalmente se quedan en dicho estado de deformación. Parece ser que al irse secando la fibra las fuerzas intermoleculares sufren un rearreglo y mantienen a las moléculas en dicha posición, pero al humedecer la fibra de nuevo las fuerzas intermoleculares pueden sufrir un nuevo arreglo y así regresar a su posición original.

De lo anterior se deduce que las fibras tendrán mejor resistencia al arrugamiento mientras más secas estén.

Antes de explicar el objetivo de las resinas dentro de las fibras para aumentar la inarrugabilidad, es conveniente explicar la hipótesis del enredamiento.

La hipótesis del enredamiento nos dice que la elasticidad de una fibra será mejor mientras más enredadas estén las cadenas moleculares. La escuela holandesa nos explica esto de la siguiente manera:

En las fibras existe una estructura general que consiste de dos tipos de regiones, unas amorfas y otras miscelas. En las regiones amorfas existen "puntos de unión"; es decir, las cadenas moleculares en desarreglo al cruzarse con otra cadena se unen por medio de uniones de hidrógeno o fuerzas valenciales secundarias en el punto de cruce, formando así una estructura tridimensional con las características típicas de la elasticidad de dicho tipo de estructura. Los puntos de unión se rompen fácilmente con la humedad. Al secarse se formarán nuevos puntos de unión.

Indudablemente la naturaleza de las cadenas moleculares influirá ampliamente sobre la elasticidad de la estructura general. En la celulosa las cadenas moleculares son extendidas y por lo tanto contribuirán poco en la elasticidad de la estructura amorfa, en cambio

el Nylon o la seda tienen cadenas moleculares mucho más elásticas, las cuales contribuirán grandemente en la elasticidad de sus regiones amorfas.

El efecto causado por el uso de una resina para impartir inarrugabilidad a una fibra celulósica es punto de muchas discusiones, pero se puede explicar de la siguiente manera: Al impregnar la tela con la resina, ésta sufre un hinchamiento, causando el rompimiento de muchos enlaces de hidrógeno, los cuales se vuelven a formar la deshincharse la fibra durante el secado y el curado, al mismo tiempo la resina con el calor reacciona con la celulosa formando enlaces entre las cadenas moleculares; es decir, con este proceso se forman tres tipos de enlaces entre las moléculas: a) Enlaces debidos a la resina, b) Enlaces de hidrógeno en los puntos de unión de la región amorfa y c) Enlaces de hidrógeno en los puntos de unión, más fuertes que los normales, debido a las altas temperaturas.

Es la combinación de estos tres tipos de enlaces la que produce una estructura elástica que hace posible la recuperación del arrugamiento y deformación, resistencia al deslizamiento molecular, estabilidad dimensional y evita el hinchamiento de la fibra.

Es indudable que el grado de inarrugabilidad dependerá del balance que existe entre las uniones de hidrógeno y los enlaces resinosos,

entre menor cantidad de resina menos inarrugabilidad existirá, debido a que los enlaces de hidrógeno se pueden romper con la humedad, al secarse de nuevo los enlaces de hidrógeno pueden contrarrestar y vencer la resistencia dada por los enlaces resinosos, pero al mismo tiempo, entre mayor sea el número de enlaces resinosos más se debilita la fibra celulósica. El debilitamiento de la fibra celulósica se debe a que entre mayor sea el número de enlaces resinosos mayor será la rigidez de la fibra.

Mezclas de fibras y tipo de telas

Existe una amplia gama de mezclas que hoy en día se emplean en telas destinadas a procesos de planchado permanente. La mezcla de fibra más utilizada es la de poliéster/algodón en las proporciones 65/35 y 50/50. Se usan también mucho las mezclas de poliéster/viscosa o avril en las mismas proporciones que las mezclas poliéster/algodón.

Además de las mezclas poliéster/fibra celulósica, se han utilizado muchas otras combinaciones de fibras, por lo que presentamos a ustedes una tabla a continuación.

El arreglo de las fibras en el hilo de la tela puede afectar la recuperación al arrugamiento de manera notoria. En general al construir una tela debe tenerse en mente que entre menos esfuerzos existan en la tela mejor recuperación al arrugamiento se obtendrá. Por ejemplo, un gran número de torsiones por pulgada, en un hilo, bajará la elasticidad del hilo y por lo tanto es más difícil obtener el efecto de inarrugabilidad, además al dar muchas torsiones la penetración de la resina se dificulta también.

En el proceso planchado permanente se ha notado que es más fácil obtener buenos resultados con telas algo burdas debido a que hay menos esfuerzos en la tela. Desgraciadamente las telas se venden por su apariencia y no por sus propiedades mecánicas.

Debido a lo anterior algunas compañías que venden fibras recomiendan las siguientes mezclas: En telas que pesan hasta de 140 g/m² (ligeras) se recomienda la mezcla 65/35% mientras que en las telas de más de 140 g/m² se pueden usar mezclas 50/50%. Este criterio se puede ampliar al número inglés del hilo. Para hilos gruesos hasta el número inglés 35/1 (un cabo o dos) mezclas 50/50%, para hilos delgados del número inglés 35/1 en adelante mezcla 65/35%.

Mezcla de fibras que se emplean en telas de planchado permanente

<u>Fibras</u>	<u>Porcentajes</u>		
Poliéster/algodón	65/35	50/50	35/65
Poliéster/rayón	65/35	50/50	
Poliéster/acrílicas	75/25	50/50	
Poliéster/algodón/spandex			
Poliéster	100% (entretelas)		
Rayón/acetato nylon	68/17/15		
Rayón/nylon stretch	70/30		
Algodón/nylon	75/25	85/15	
Acrílicas/rayón/acetato	55/37/8		
Acrílicas/nylon stretch	55/45		
Acrílicas/rayón	50/50		
Algodón	100%		
Algodón/nylon stretch	75/25	71/29	54/16
Algodón/rayón/nylon	55/30/15		
Rayón/algodón/nylon stretch	38/28/24		

Según un estudio hecho por Du Pont en los Estados Unidos una prenda que contiene la mezcla 65% poliéster 35% algodón, tiene una vida útil 35% mayor que las hechas 50/50% poliéster/algodón.

En seguida se darán algunas construcciones típicas para prendas
planchado permanente:

Pantalones gabardina

108 X 48 p.p.p.

Pie: Ni 14/1 Mezcla: 50/50% poliester/
algodón

Trama: Ni 9/1 Mezcla: 50/50% poliester/
algodón

Pantalones popelina

76 X 66 p.p.p.

Pie: Ni 48/2 Mezcla: 65/35% poliester/
algodón

Trama: Ni 40/2 Mezcla: 65/35% poliester/
algodón

Camisas de Vestir

66 X 50 p.p.p.

Pie: Ni 35/1 Mezcla: 50/50% poliester/
algodón

Trama: Ni 16/1 Mezcla: 50/50% poliester/
algodón

Blusas batista

88 X 54 p.p.p.

Pie: Ni 50/1 Mezcla: 65/35% poliester/
algodón

Trama: Ni 35/1 Mezcla: 65/35% poliester/
algodón

Vestidos

108 X 56

Pie: Ni 35/1 Mezcla: 50/50% poliester/
algodón

Trama: Ni 35/1 Mezcla: 50/50% poliester/
algodón

Impermeables

98 X 48 p.p.p.

Pie: Ni 22/1 Mezcla: 50/50% poliester/
algodón

Trama: Ni 16/1 Mezcla: 50/50% poliester/
algodón

CAPITULO II

AGENTES QUIMICOS

Agentes Químicos

A partir del año de 1919 cuando F. L. Barrett encontró por primera vez que se podría impartir resistencia al arrugamiento a las fibras celulósicas mediante la impregnación con resinas sintéticas y/o catalizadores respectivos, se han sacado al mercado más de 150 productos químicos manufacturados por más de 40 compañías químicas.

La mayor parte de los agentes químicos reactantes (que reaccionan con la celulosa o con almidones para formar polímeros insolubles) caen en el grupo o resina urea-formaldehído y resina urea-formaldehído modificada. Este grupo cuenta con el 75% del mercado, mientras que el grupo de melamina-formaldehído cuenta con el 20% y el 5% restante está compuesto de los demás tipos de resina.

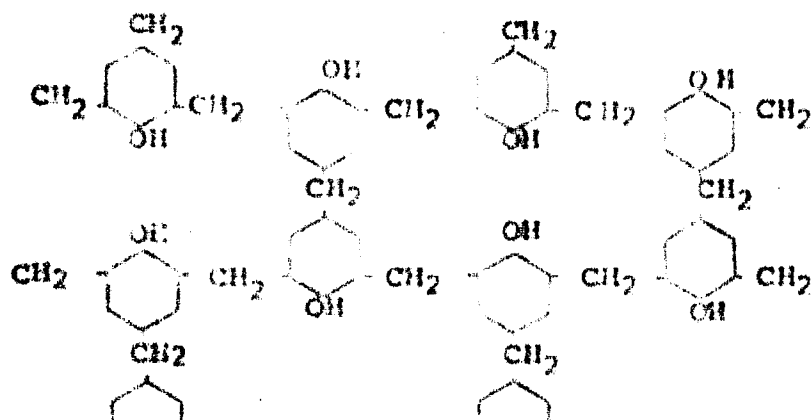
Otra forma de clasificar los compuestos químicos sería la siguiente:

a) resinas termo-fijas, b) resinas reactantes lineales y c) resinas reactantes cíclicas.

a) Resinas termo-fijas

1. Las primeras resinas utilizadas para dar propiedades inarrugables y estabilidad dimensional fueron del tipo formaldehído-fenol (1926). Un gran número de productos se pueden obtener mediante la reacción entre el fenol y el formaldehído dependiendo de la razón molecular, tipo de catalizador y del grado de condensación.

Para que sirva para dar propiedades de inarrugabilidad es necesario formar una resina termo-fija; es decir, tridimensional (Bakelita), o sea:

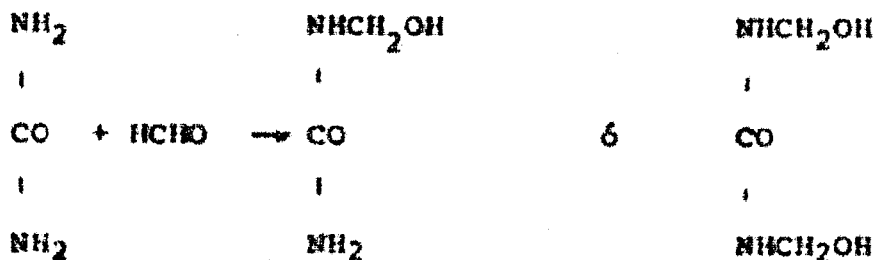


Este tipo de resinas tiene dos grandes defectos: Siempre tienen cierto color que con exposición a la luz oscurece aún más y además conservan un olor a feno lo cual es molesto.

Actualmente ya no se usan, pero todavía son de interés teórico, puesto que como la reacción entre estos compuestos y la celulosa es sumamente improbable no sufre la celulosa igual debilitamiento que con las resinas reactantes.

- Después de aparecer las resinas fenol-formaldehído, aparecieron las resinas urea-formaldehído, las cuales desplazaron a las primeras del mercado textil (1932), debido a que presentaban excelente resistencia al lavado, mayor estabilidad en colores, etc.

La urea es capaz de producir dos tipos de compuestos bien definidos mediante su reacción con formaldehído, dependiendo de la cantidad de formaldehído presente:

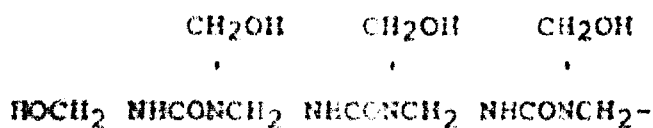


y se conocen como metilol ureas (hidrosí metil urea).

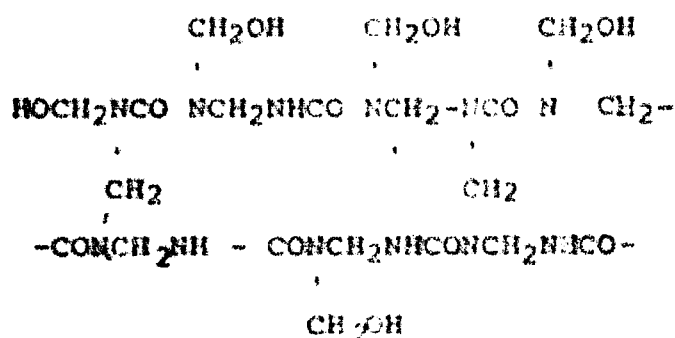
Tanto el mono metilol urea (P.f.111°C) como el dimetilol urea (P.f.126°C) son algo inestables tanto en solución o al secarse, por lo que telas impregnadas con estos compuestos no se pueden almacenar sin curarse antes. Para mejorar la estabilidad de estos compuestos se tapa el grupo oxidrónico mediante la metilación formando el dimetil eter correspondiente (P.f.101°C).



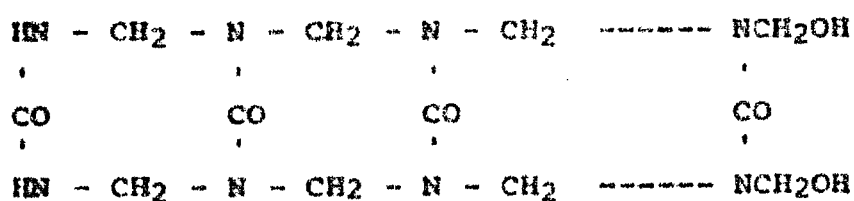
La reacción de polimerización no se conoce con exactitud, pero se cree que se forma de la siguiente manera:



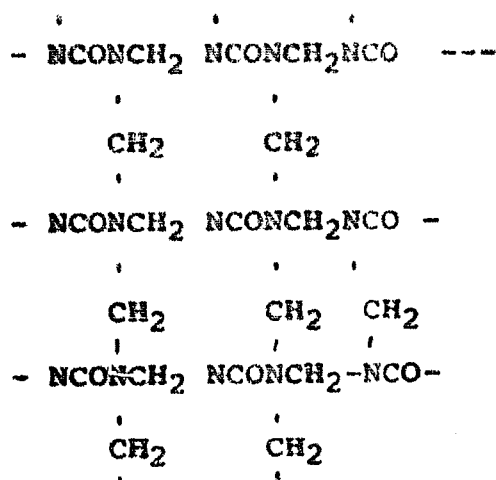
para luego formar



Bajo condiciones adecuadas de temperatura y acidez se cree que se forma el siguiente tipo de estructuras poliméricas:

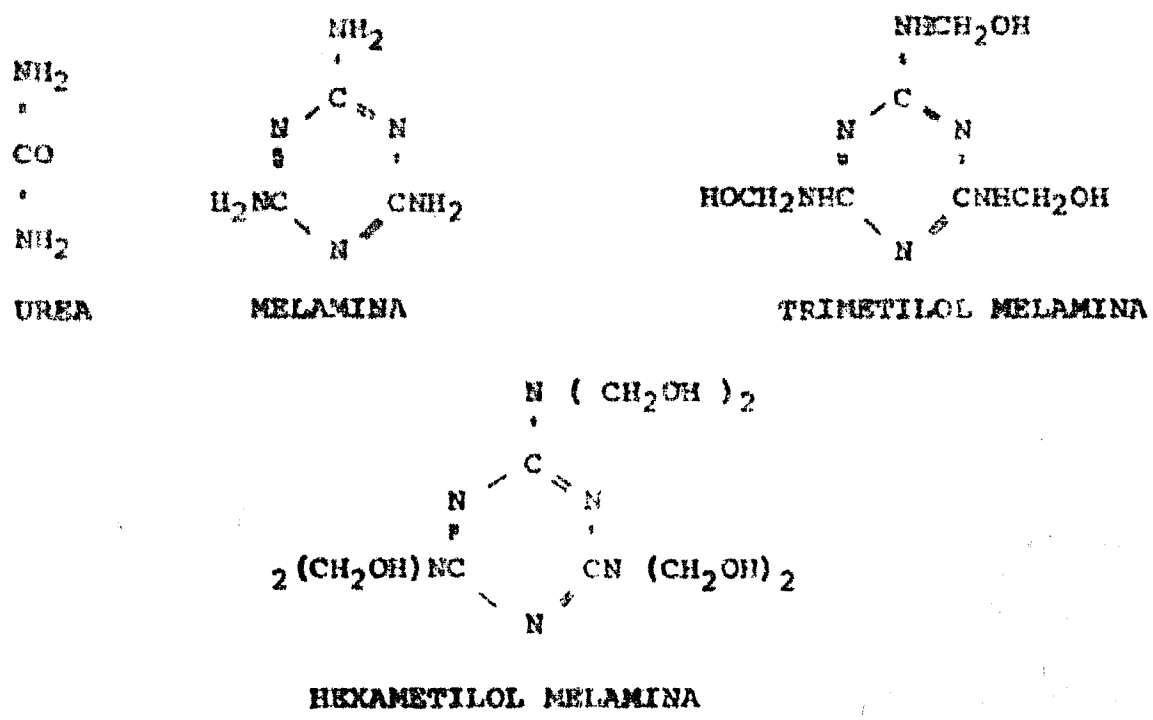


o bien se puede representar como:



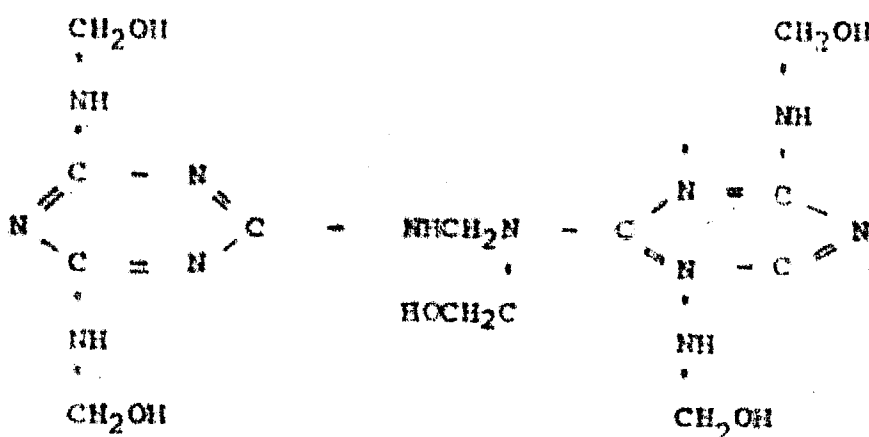
Se han hecho muchas otras sugerencias sobre el tipo de estructura que se forma, pero las anteriores son las más sencillas, lo más seguro es que la estructura no sea tan sencilla, presentando lagunas en las cuales haya grupos libres, los cuales sirven como puntos de ataque del cloro proveniente de los blanqueadores.

3. Melamina.- Químicamente es muy parecida a la urea, con la excepción de que se pueden substituir todos los hidrógenos del grupo amino, o sea que se puede obtener el hexametilol melamina.

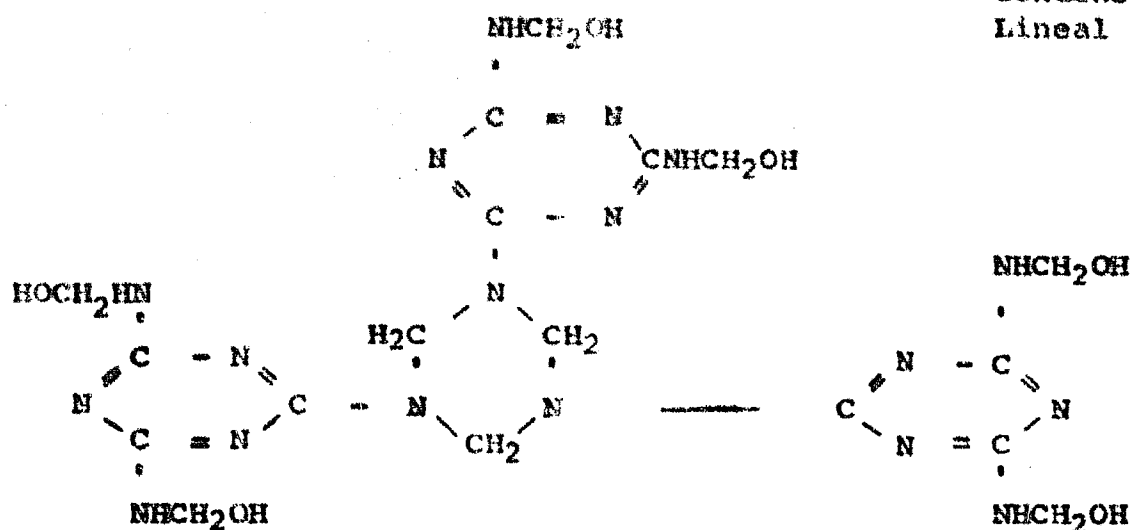


El trimetilol urea es el derivado más común en el uso comercial, pero frecuentemente se metila para aumentar su solubilidad y estabilidad.

Su reacción de condensación se cree que es similar a la del urea formaldehído.



Condensación Lineal



Condensación cíclica

b) Reactantes Lineales

1. El más sencillo es el formaldehído solo. Aún si en la práctica no se usa por sus propiedades de inarrugabilidad debido a que debilita demasiado a la fibra celulósica, sí se utiliza para dar estabilidad dimensional.

Se cree que el formaldehído reacciona con la celulosa y es bifuncional, para explicar esto se acume que la acción del formaldehído HCHO es en realidad la del metilén glicol $\text{CH}_2(\text{OH})_2$.

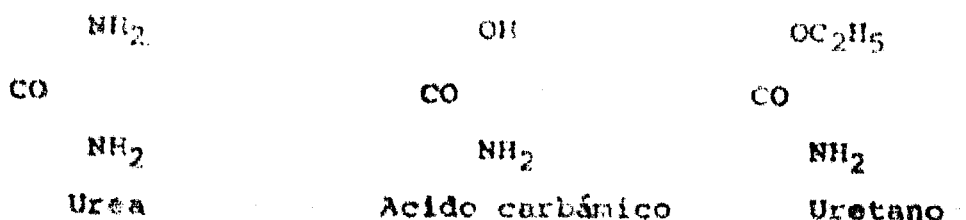
2. Diamidas: En la práctica es difícil utilizar los dialdehídos, por lo que se ha puesto más atención a las diamidas, las cuales se convierten con facilidad a los metiloles ($-\text{CH}_2\text{OH}$).

Es obvio debido al éxito de las resinas urea-formaldehído para dar propiedades de inarrugabilidad que se han estudiado otras diamidas. En un principio estos estudios se hicieron con diamidas metiladas que polimerizaban consigo mismas para formar la resina, pero recientemente se han hecho investigaciones más bien con compuestos que aunque tengan residuos de metilolamida demuestran tendencia de reaccionar con la celulosa y no consigo mismos.

La terminal metilol amida ($-\text{CONHCH}_2\text{OH}$) debe su gran reactividad al hidrógeno libre junto al grupo metilol, lo cual es también causante de absorción de cloro.

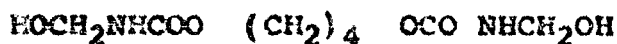
Pero el efecto de inarrugabilidad obtenido no fue tan bueno como el obtenido con las resinas urea-formaldehido.

3. Uretanos: Estos productos se llaman así debido a su relación con urea (carbámid) y son derivados del ácido carbámico.

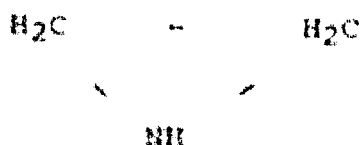


Hay muchos uretanos (acil carbamatos), algunos de los cuales han tenido uso para impartir inarrugabilidad a las telas.

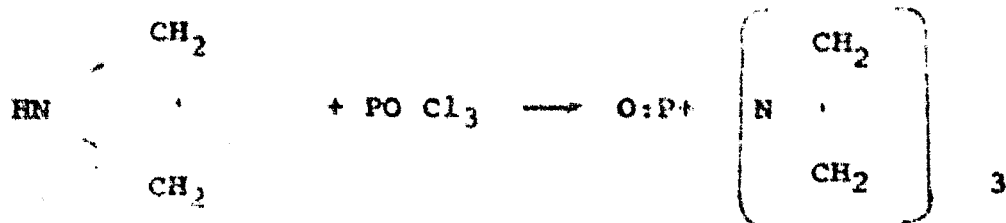
Quando el grupo terminal -NH₂ es reemplazado con el grupo altamente reactivo NH - CH₂OH hay una tendencia de formar una estructura tridimensional (esto depende de la longitud de la cadena que existe entre los grupos terminales). Pero al mismo tiempo se ha encontrado que ciertos derivados metilol de los diuretanos de dialcoholes primarios, tal como el 1:4 Butandiol y el 1:6 Hexadiol tienen mayor tendencia de reaccionar con la celulosa que entre sí mismos. El producto comercial que ha tenido éxito es el dimetilol butadio diuretano.



4. Compuestos etilén amino: Estos compuestos son muy conocidos por su gran reactividad, la cual es difícil de controlar en la industria textil.



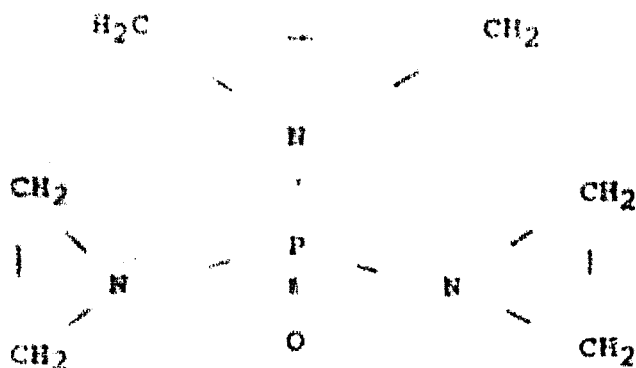
Los primeros estudios hechos para ver el grado de inarrugabilidad que producen estos compuestos (1958) dieron excelentes resultados, sobre todo el Triaziridinylphosphine oxide obtenido mediante la reacción del etilén amino con el cloruro de fosforilo en presencia de un receptor ácido tal como el trietanolamina en solución bencénica.



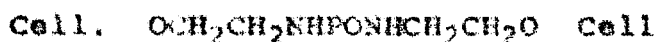
Este producto funde a 41°C y es soluble en agua.

La resistencia a la arrugabilidad de muestras tratadas con este compuesto resultan mejor que las obtenidas con dimetilol etilén urea. Además resultaron extraordinariamente resistentes al lavado.

No se sabe con toda certeza si la reacción es entre el compuesto y la celulosa, o bien si se polimeriza consigo mismo; como demuestra la fórmula que hay tres grupos reactivos:



Si la reacción ocurre con la celulosa se cree que es de la siguiente naturaleza:



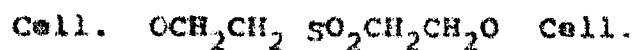
En su aplicación se utiliza el fluoroborato de zinc como catalizador. La tela se seca primero a 80°C y luego se polimeriza durante cinco minutos a 140°C.

Su aplicación industrial se ha restringido sobre todo debido a su alto costo.

5. Divenil sulfona: El divenil sulfona ($\text{CH}_2\text{:CHSO}_2\text{CH:CH}_2$) se ha recomendado para usos textiles en los últimos años y parece ser que ha llamado la atención debido a sus propiedades.

El D.V.S. es un monomero reactivo, es relativamente estable en solución acuosa. Los primeros usos textiles fueron recomendados por SCHONE & CHAMBERS (1958) que encontraron que al humedecer una tela en D.V.S. y luego en una solución alcalina y dejándola reposar por media hora, daba a la tela excelente estabilidad dimensional. Posteriormente se encontró que tenía excelente recuperación húmeda a temperatura ambiente, en cambio cuando se seca y luego se calienta produce buena recuperación al arregamiento en seco.

Parece ser que la reacción más probable con la celulosa es la siguiente:



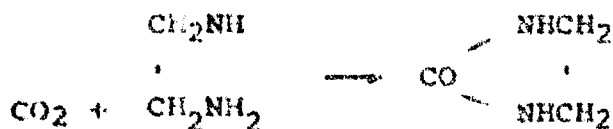
c) Reactantes Cíclicos

A partir de 1949 se han encontrado toda una serie de compuestos cíclicos que imparten propiedades de teñurugabilidad a las fibras celulósicas; estas resinas son del tipo reactante.

Las resinas reactantes son compuestos bifuncionales, que no forman resinas termofijas, generalmente no reaccionan consigo mismas, pero en caso de que así lo hacen forman resinas termoplásticas. Además, los miembros importantes de este grupo contienen ningún o pocos grupos -OH libres, o sea la absorción de cloro es muy baja.

1. Ciclo ureas: Hay dos compuestos de utilización comercial que son los dimetilol etilén urea cíclico y los dimetilol triazonas.

a) Etilén urea.- Es uno de los compuestos conocidos, el etilén urea cíclico es un compuesto cristalino (P.F. 133°C) y se prepara del dióxido de carbono con etilén diamina.



Imidazolidona (etilén urea cíclico)

En la práctica se prepara partiendo calentando urea con etilén diamina.

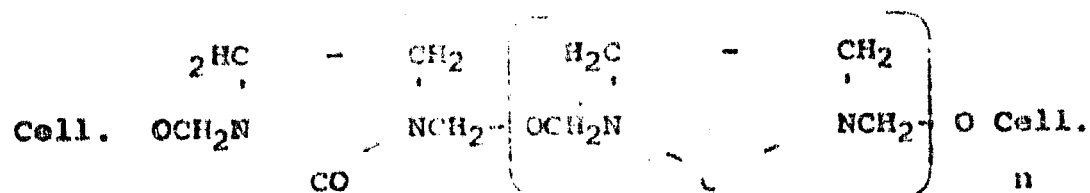
El etilén urea tiene solamente dos grupos reactivos y es capaz de formar el derivado dimetilol correspondiente con el formaldehído, pero no puede polimerizar para formar una resina termofija.



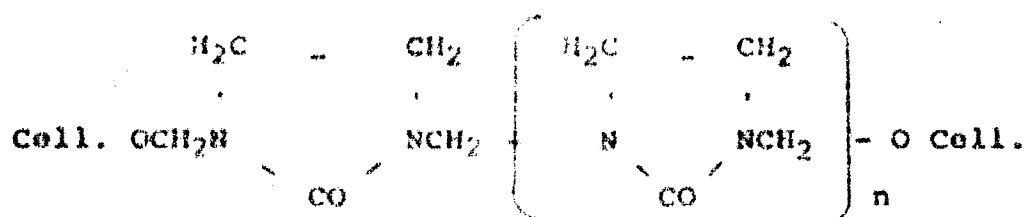
Dimetilol etilén urea cíclico

Comparando el etilén urea cíclico (CEU) con compuestos de la urea formaldehído (UF) y con melamina formaldehído (MF) vemos que hay varios puntos interesantes. El dimetilol etilén urea (DMEU) es sumamente estable en solución, no forma precipitados que acorten la vida del baño, además al calentar la solución no hay una polimerización, lo cual facilita su uso.

La reacción del DMEU con la celulosa da un producto insoluble y se cree que es del siguiente tipo:



La naturaleza precisa del tipo de unión no se conoce, puesto que la estructura anterior podría perder el grupo CH_2O para dar el siguiente arreglo, en el cual la unión metilénica sería más estable que la unión metilón éter.



De las grandes ventajas que produce el DMEU es su eficiencia, puesto que no reacciona consigo mismo sino directamente con la celulosa, la principal. Se ha encontrado que para efectos de inarrugabilidad en telas de algodón una solución con 4% de DMEU da buenos resultados; y corresponde a menos cantidad que la requerida de MF y considerablemente menos que la UF necesaria para dar el mismo efecto.

Igual que otras resinas DMEU demuestra una relación lineal entre resistencia al rasgado y ángulo de recuperación (conc. usado) y también su esfuerzo tensil y ángulo de recuperación; es decir, entre mayor es la concentración de la resina mejor efecto de inarrugabilidad se obtiene, pero también mayor es la disminución de las propiedades físicas de la tela.

El éxito comercial del DMEU ha sido considerable para impartir efecto de inarrugabilidad a las telas y en unos cuantos años logró alcanzar el 25% del consumo de las resinas utilizadas en la industrial textil.

Entre algunas de sus ventajas tenemos las siguientes: Buena reactividad química, buena resistencia al lavado, poca absorción del cloro y buena eficiencia o rendimiento.

Es posible obtener varios otros derivados del etilén urea cíclico a partir de diaminas, pero ninguno de estos compuestos ha revalidado con el DMEU, aún si algunos de los derivados de cadenas alquílicas más largas sirven para impartir repelencia al agua cuando este efecto es requerido.

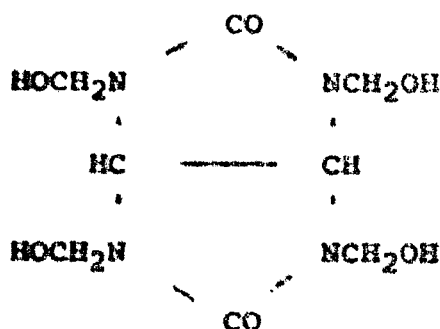
Aún si las resinas derivadas del etilén urea cíclico dan buenas propiedades en general, tienen ciertos defectos; por ejemplo, bajo ciertas condiciones sufren de hidrólisis ácida en la cual se rompe el anillo cíclico formándose grupos amino activos los cuales pueden absorber cloro formando cloramina, la cual puede descomponerse con calor para formar ácido clorhídrico, el cual puede dañar a la tela.

El tipo de catalizador utilizado para estas resinas son nitrato de zinc, que da excelentes resultados en cuanto al efecto de enarrugabilidad y menor absorción de cloro, pero causa cierto decoloramiento (al cual se puede mitigar usando temperatura de curado más baja) cuando el clorato es más fuerte que causa menos decoloramiento pero una mayor absorción de cloro.

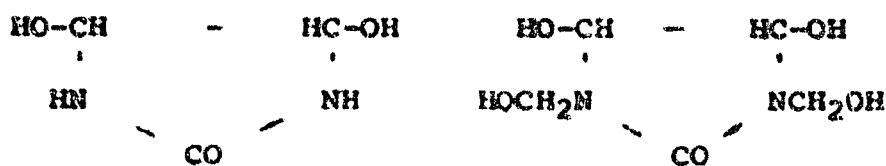
La resina de etilén urea y este compuesto ya mencionado cierto porcentaje, tiene cierta relación con el dimetilol etilén urea,

pero como es un compuesto tetra funcional puede formar una resina termofija, pero en presencia de celulosa parece tener una tendencia mayor hacia la celulosa que consigo mismo.

No tiene propiedades excelentes de inarrugabilidad, pero en cambio tiene excelente resistencia al lavado y al cloro.



c) Dimetil dihidroxi etilén urea. Si reaccionamos el glicoxal con urea obtenemos el dihidroxi imidazolidona y posteriormente reaccionamos este con formaldehído obtenemos el dimetilol dihidroxi etilén urea.

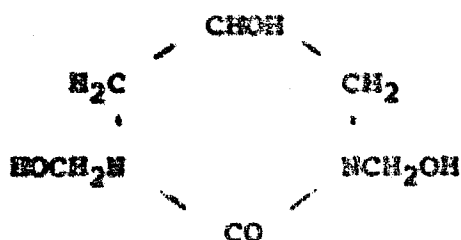


Dihidroxi imidazolidona

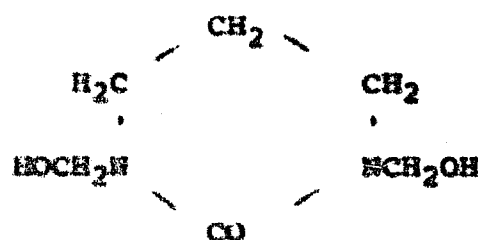
Este compuesto es muy parecido al tetrametilol acetilén diurea, puesto que ambos se obtienen mediante la reacción del glicoxal urea y formaldehído pero en diferentes proporciones.

El DMDHEU tiene excelente resistencia al arrugamiento y al lavado. Las propiedades físicas decaen linealmente con la concentración usada. Se condensa a una temperatura de 150°C. Tiene una propiedad sumamente favorable que es que afecta muy poco a la solidez a la luz de los colorantes en general; propiedad sobresaliente si la comparamos al DMEU que es tan dañino en este aspecto.

d) Propilén urea cíclico.- Dos compuestos de esta naturaleza han llamado la atención y son el dimetilol propilén urea y el dimetilol cinco hidroxipropilén urea, ambos tienen una cadena de seis componentes, o sea que pueden considerarse como trimetilén ureas.



Dimetilol hidroxipropilén urea



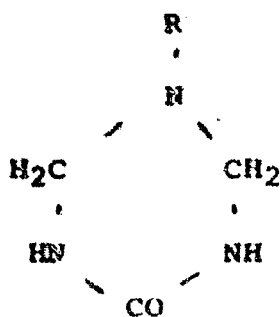
Dimetilol propilén urea

Las propiedades exhibidas por estos compuestos en general son muy semejantes a las del DMEU, pero presentan ciertas mejoras. Son menos susceptibles a hidrólisis ácida, no son susceptibles a la retención de cloro aún después de repetidas lavadas en medio alcalino.

No amarillontan a los productos al calentarse ni con el tiempo. En muchos aspectos el dimetilol propilón urea es el mejor de los amino aldehidos para impartir inarrugabilidad a las telas, pero presenta la desventaja de que cuesta un 30% más que el DMEU.

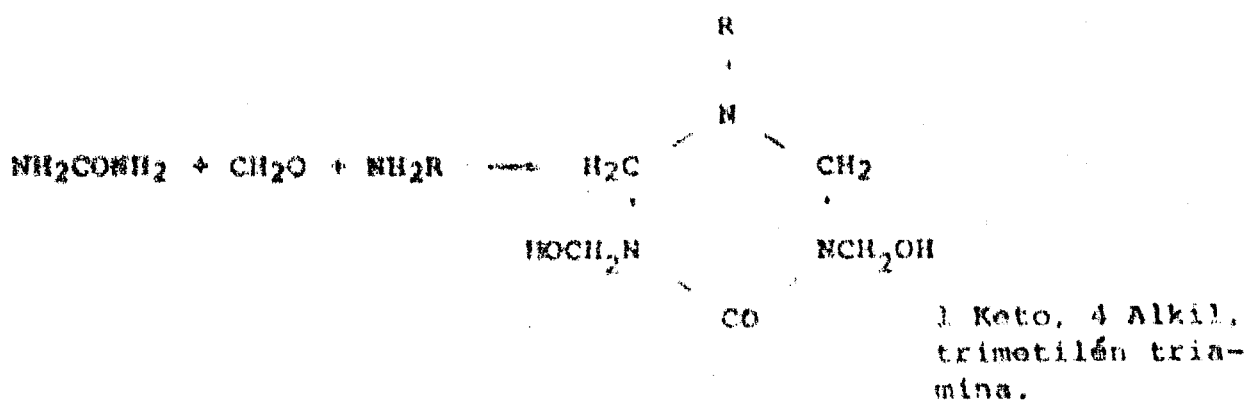
c) Triazonas.- Para mejorar la sensibilidad del DMEU se hicieron varios experimentos y uno de ellos fué el introducir un nitrógeno terciario a la cadena cíclica de cinco elementos, esto aumentó la basicidad del compuesto y ayudó a neutralizar el ácido clorhídrico producido por el calentamiento de la tela después de haber absorbido algo de cloro.

Las triazonas se obtienen fácilmente y son relativamente baratas debido a que provienen de la reacción de una amina alifática, un aldehido y urea.



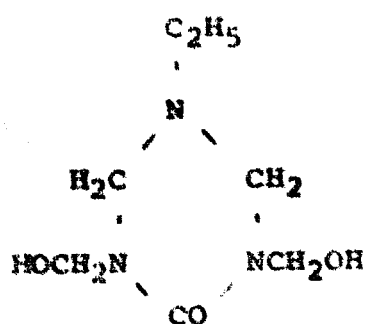
1 Keto, 4 Alkil, trimetilén triamina.

Si el compuesto anterior se reacciona con formaldehido, se obtiene el trimetilol derivado, o sea 1 Keto, 4 Alkil, trimetilén triamina.

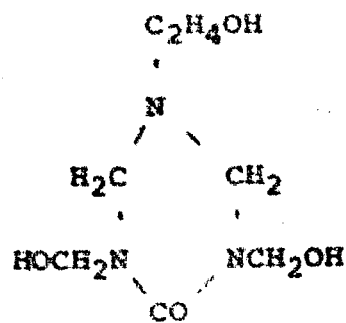


No sólo son las triazonas fáciles de preparar, sino también presentan ventajas sobre las imidazolidonas en la posibilidad de variar la naturaleza del grupo alquílico R y así variar la basicidad del compuesto y por lo tanto eliminar el problema de retención del cloro completamente.

En general se ha visto que el grupo etilénico es el más común (R) pero también se utilizan mucho el grupo hidroxietilénico.



Dimetilol etil triazona



Dimetilol hidroxil etil triazona

Como se dijo anteriormente la más popular de las triazonas en uso es el dimetilol etilén triazona. El DMET se obtiene tratando el

dimetilol urea con etilamina. Como el producto comercial generalmente no es purificado y tiene algo de amina libre, la cual neutraliza en parte el catalizador ácido, por lo que es necesario utilizar concentraciones o cantidades mayores de catalizador para obtener buenos resultados. Además es necesario lavar las telas tratadas y curadas para eliminar el olor a pescado que producen las aminas libres.

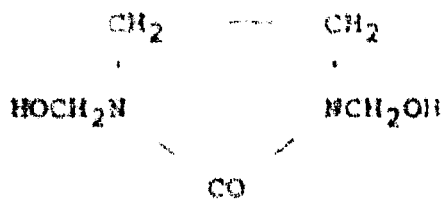
En general las triazonas no dan efectos de inarrugabilidad tan buenos como las ureas cíclicas y su durabilidad es menor. Su mejor cualidad es su excelente resistencia a la absorción de cloro.

La disminución en las propiedades físicas de las telas tratadas con las triazonas es semejante a las disminuciones obtenidas con las ureas cíclicas para un efecto de inarrugabilidad semejante.

Como resumen podemos decir que de todas las resinas que hemos mencionado solamente cinco son las que se utilizan actualmente:

1. Precurado.- Para el proceso precurado se están utilizando carbonatos del tipo $R-COON \begin{matrix} -CH_2OH \\ -CH_2OH \end{matrix}$ el cual presenta las siguientes ventajas: Se obtienen excelentes blancos, no retiene al cloro, pero necesita condiciones elevadas de temperatura para su curado.

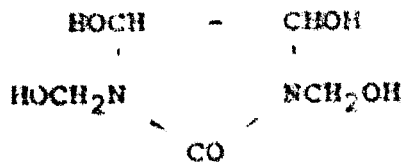
Para precurado también se utiliza el etilén urea,



Bajo costo, afecta solidez a la luz de los colorantes, se amarillenta ligeramente en el curado, excelente efecto de inarrugabilidad.

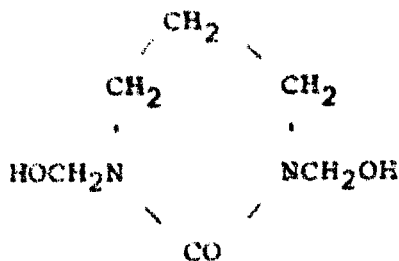
Las triaronaas también se utilizan para este proceso. Tienen excelente resistencia a la retención de cloro, se amarillentan ligeramente en el curado, desagradable olor a pescado si no se lavan las telas después del curado.

2) Postcurado.- (DMEU)



Tiene poca tendencia a curarse por sí sola, poco efecto sobre solidez a la luz de los colorantes, excelente efecto de inarrugabilidad.

Propilén urea.-



Excelentes propiedades en general, aunque es algo costoso.

Es necesario mencionar aquí que la resina que más se está utilizando para planchado permanente es el perma fresh 183 de la Sun Chemical, y viene patentada (U.S. Patent 3,049,446), en la cual describen un producto obtenido a partir de formaldehído glixal y urea en propor-

ción molarde 2-2,5:1:1 respectivamente a un pH de 4-6 preferiblemente a 5-2 y a una temperatura entre 25-95°C. por un tiempo que varía entre 30 minutos y 72 horas dependiendo de la temperatura. En esta patente no mencionaron cual es el compuesto químico obtenido, posiblemente sea de la naturaleza del diacetilol de hidroxietilén urea. En la patente atribuyen a este producto excelente inarrugabilidad, poca retención de cloro, afecta muy poco a los colorantes, no amarilienta con el calor y no emana olores desagradables después de curado.

Según las estadísticas, las resinas utilizadas en planchado permanente incrementaron su uso en un 150% en un año (1964-1965) y se utilizaron cinco millones de kilogramos en el año de 1965, (en los Estados Unidos) y se cree que habrá un mercado de doce millones de kilogramos en 1970 en los Estados Unidos solamente. El principal freno que tiene al uso de planchado permanente es la disminución de las propiedades físicas de las fibras celulósicas, lo que hace imposible el usar telas 100% algodón o viscosa. En la actualidad se están haciendo muchas investigaciones para tratar de vencer este obstáculo, las cuales mencionamos a continuación.

1. Doble polimerización.- En este proceso primero tratan la tela con una resina que forma un polímero termofijo, (del tipo melamina formaldehído) y luego una resina reactante del tipo del

DH DMEU y se polimeriza la resina MF sin polimerizar el DHDMEU dando buena recuperación húmeda, posteriormente se neutraliza la tela y se lava y se seca, a continuación se impregna la tela con catalizador (nitrato de zinc o cloruro de magnesio) y otros agentes auxiliares (suavisantes, modificadores de tacto, etc) y se vuelve a secar. Después de cortadas y hechas las prendas, se planchan y se curan a temperaturas de 300 - 320°F por 8 minutos. Da prendas de buena calidad, pero la pérdida de resistencia de la tela es alta (35-40%). Hay una fábrica que ya utiliza este método.

2. Otro método en plena experimentación es el de tratar las telas con resinas en estado gaseoso, lo cual permite obtener excelentes resultados en cuanto a la inarrugabilidad de la tela mediante concentraciones mucho más bajas de resinas. Pero tiene este proceso el inconveniente de que se necesitaría equipo sumamente costoso y los resultados aún si son buenos (se ha recuperado las propiedades físicas de las telas en un 50%) no son lo suficientemente alentadores todavía).
3. Se ha descubierto varios carbonatos que parecen tener excelentes propiedades ya que afecta las propiedades físicas de las telas menos que las resinas en usos actuales, tiene excelente resistencia a la retención de cloro, se puede almacenar tela sin curar por períodos prolongados sin que la resina tienda a curarse, etc.

4. En este proceso se trata la tela con un alcohol de tres carbonos (1:3 dicloro 2 propanol) o sus ésteres respectivos. Este compuesto reacciona con la celulosa sirviendo como un especie de lubricante y así mejora considerablemente las propiedades físicas de la tela.

La tela se trata con el éster esteárico del DCP al 5% disuelto en tetracloruro de carbono y luego se trata con una solución al 20% de álcali y se deja reposar durante 4 horas a temperatura ambiente. Esto da excelente recuperación en húmedo. Después se lava y se seca cuidando que la neutralización sea completa y posteriormente se trata con una resina tipo planchado permanente.

Los resultados obtenidos son muy alagadores y no se sabe si tendrá éxito comercial o en el proceso.

Las investigaciones están tomando muchos caminos más y se cree que dentro de dos o tres años se podrá obtener buenos resultados con telas 100% algodón en el proceso planchado permanente.

Aditivos

Aún cuando los ingredientes fundamentales del baño de impregnación son la resina reactante y su catalizador, es necesario agregar otros materiales para mejorar las propiedades de la tela según el uso final al cual se va a dedicar. Los aditivos se pueden clasificar en varias categorías: Polímeros termoplásticos, suavizantes, lubricantes, modificantes del tacto, repolantes, etc. En general estos aditivos son materiales que reaccionan con la celulosa, o bien se depositan sobre la superficie de la tela.

Los aditivos termoplásticos mejoran la resistencia al arrugamiento y la pérdida de resistencia al rasgado. Además hay una marcada mejoría en la tersura de la tela cuando se utilizan este tipo de aditivos, debido a que estos incrementan las propiedades de recuperación en húmedo. Estos aditivos afectan de muy diversas maneras el tacto de la tela, y en lo general son resistentes al lavado. Los principales aditivos termoplásticos usados comercialmente son polímeros acrílicos, polietileno, copolímeros butadién-acrilo nitrilo, y resinas polivinílicas. Estos compuestos son materiales poliméricos y tienen una solubilidad pobre en agua y se usan en forma de emulsiones o dispersiones acuosas. Dependiendo del método de preparación estas emulsiones o dispersiones pueden ser aniónicas, catiónicas o no-iónicas.

Es muy necesario tener cuidado en seleccionar todos los componentes del baño de impregnación debido a que los catalizadores a base de sales metálicas tienden a romper algunas emulsiones precipitándolas.

Los suavizantes son de tres tipos diferentes: Sustantivos, fugitivos y reactivos. Generalmente en planchado permanente se utilizan los reactivos, este tipo de suavizantes reacciona con la celulosa e imparte propiedades resistentes al lavado y solamente se pueden quitar rompiendo el enlace químico.

Los lubricantes son muy importantes en el planchado permanente porque mejoran la resistencia al rasgado, sirven como suavizantes y facilitan el cosido de las prendas. La mayor parte de los lubricantes son silicones.

Como modificantes de tacto, para mejorar el cuerpo de la tela, se utilizan en planchado permanente las resinas termoplásticas, pero a veces también utilizan el alcohol polivinílico.

CAPITULO III

PRUEBAS DE LABORATORIO

Pruebas de laboratorio y método de evaluar prendas "planchado permanente".

En el laboratorio se pueden medir ciertas propiedades de las telas que son afectadas por las resinas utilizadas en los procesos planchado permanente.

Como se ha comentado con anterioridad, las propiedades físicas de las telas usadas en este proceso son disminuidas de manera considerable, dependiendo el grado de disminución de la mezcla de fibra y de la cantidad de resina aplicada a la tela. Entre mayor sea la cantidad de resina aplicada, mejores resultados se obtendrán en cuanto a retención de rayas y pliegues, tersura de la tela, etc., y mayor será la pérdida de propiedades físicas. Es obvio que la mezcla de fibras tendrá que ver mucho en el grado de disminución, digamos que en una tela 100% algodón tendrá una pérdida entre 50 y 60% de sus propiedades físicas mientras que una tela 65% poliéster 35% algodón, del mismo peso y construcción que la anterior tendrá una pérdida de sólo 10 - 15% de sus propiedades físicas. Es importante señalar que las propiedades físicas no varían en la misma intensidad. En telas 100% algodón la resistencia a la abrasión plana a veces disminuye en un 2,000% y aún más, mientras que la resistencia a esfuerzos tensil disminuye solamente 35 -40% y la resistencia al rasgado en un 35-50%.

A continuación se nombrarán las pruebas físicas necesarias y el método utilizado:

<u>Prueba</u>	<u>Método</u>
1. Anulo de recuperación	A.S.T.M. - D1295-60T
2. Resistencia al esfuerzo tensil	A.S.T.M. - D1682-59T
3. Resistencia al rasgado	A.S.T.M. - D1424-59T
4. Resistencia a la abrasión	A.S.T.M. - D1175-61T

Además de las pruebas anteriores se recomienda la siguiente:

5. Resistencia a la formación de motas.	Colanese APD-EI-9C
---	--------------------

En realidad no tiene caso el reproducir los métodos por seguir en este trabajo para las pruebas físicas.

Además de las pruebas físicas es necesario comprobar la calidad de los pigmentos y colorantes utilizados para telas planchado permanente. En general es necesario utilizar colores con un alto punto de sublimación debido a las altas temperaturas a las cuales se someten las prendas. Las casas comerciales que venden colorantes han hecho estudios selectivos de sus colorantes y en general dan buenos resultados, pero es necesario comprobar la exactitud de dichos estudios. Las pruebas más comunes son las siguientes:

1. Solidez a la luz tubo Xanon
2. Solidez a los gases

3. Cambio de apariencia abrasión plana
4. Cambio de tono y manchado al lavado húmedo
5. Cambio de tono al curarse la tela (sublimación)

La única de las pruebas que realmente es necesaria es la última, debido a que las demás nos indican la calidad del colorante y muchas veces es imposible en prendas de bajo precio dar buena calidad y precio al mismo tiempo, en cambio la última prueba es de vital importancia debido a que no importando la calidad de la prenda, si al curarse la resina cambia completamente de tono la muestra puede haber varios tonos diferentes en la misma prenda causando un mal aspecto y haciéndolo invendible.

Todas las pruebas de solidez y cambios de tono de los colorantes se califican con la escala gris según el método A-A-T.CC. 16-A.

El método para evaluar prendas "planchado permanente" fué determinado por la A-A-T-C-C- y se describe a continuación:

La AATCC divide la evaluación en tres partes: a) Apariencia de la tela después de cinco lavadas, AATCC Tentative Test Method 88A-1964T b) Apariencia en las costuras después de cinco lavadas, AATCC Tentative Test Method 88-B-1964T y c) Apariencia de rayas y pliegues después de cinco lavadas, AATCC Tentative Test Method 88C-1964T.

Las tres pruebas se pueden hacer al mismo tiempo en una prenda y consisten de lo siguiente:

<u>Lavado</u>	<u>Secado</u>	<u>Tipo de alumbrado</u>
I. A mano	Tendedero en húmedo	1. Angulo pequeño
II. Máquina (41°C)	Tendedero en húmedo	2. Luz por arriba
III. Máquina (60°C)		

La prenda debe ser lavada por cualquiera de los tres métodos indicados en la tabla.

La alternativa de métodos de lavado y secado sirve para determinar las condiciones bajo las cuales la prenda da, o bien su mejor aspecto, o bien el peor. En general el método II es el mejor y más comúnmente utilizado en nuestro medio y en México.

Las dos condiciones de alumbrado sirven para evaluar mejor la prenda. El alumbrado con ángulo pequeño sirve sobre todo para determinar la tersura de la tela, mientras que la luz por arriba sirve para determinar los otros dos factores.

Para estas determinaciones es necesario hacer un cuarto especial con el aparato demostrado en el esquema.

Las especificaciones están dadas en forma de fotografías comparativas con excepción de la tersura de la tela que son réplicas de plástico. Dichas réplicas o fotografías se ponen en ambos lados de la muestra por evaluar y se coloca el evaluador a metro y medio viendo a cual de

las fotografías se parece más. Para cada una de las tres evaluaciones hay cinco fotografías o réplicas enumeradas del uno al cinco, siendo el número uno la peor y el cinco la mejor.

Para facilitar la evaluación de una prenda generalmente se divide la prenda en varias partes; por ejemplo, para un pantalón se podrán hacer las siguientes evaluaciones:

<u>Pantalón</u>	<u>Falda</u>	<u>Camisa</u>
Torsura	Torsura	Torsura
Costuras laterales	Pliegues	Retención de pliegues y rayas.
Retención de la raya	Costura lateral	Costura frente
Area cintura	Area cintura	Costura hombros
Area cierre	Area cierre	Costuras mangas
Bolsas delanteras	---	Cuello
		Pufios
		Aspecto bolsa

Es importante señalar que quizás las prendas estén muy bien en todo los aspectos menos en uno o dos, pero en sólo una o dos áreas o aspectos que estén mal le puede dar un aspecto malo a toda la prenda.

CAPITULO IV

METODOS DE FABRICACION

Descripción de los principales métodos de fabricación de prendas planchadas permanentemente.

Hay dos métodos básicos para la fabricación de prendas planchadas permanentemente, habiendo otros métodos que son variaciones o mezclas de los dos métodos básicos.

1. Precurado. - En este método la tela es impregnada y curada en la planta de acabado, mandándose al confeccionista el cual manufactura sus prendas y después se someten a un planchado de alta presión y temperatura. Dicha presión y temperatura actúa sobre la fibra termostática, la cual con la alta temperatura es reblandecida y la presión sirve para dar la forma deseada a la prenda. En este método la fibra celulósica no sufre ningún cambio desde la planta de acabado, y como fué curada estando completamente plana la tela, siempre hay una tendencia de la fibra celulósica a regresar a su forma plana.
2. Postcurado. - En la planta de acabado se impregna la tela con la resina y se seca a baja temperatura sin permitir que la resina se polimerice. Posteriormente la tela se manda a los confeccionistas, termofijan la fibra no celulósica con planchado de alta presión y temperatura, el cual sirve también para empezar la polimerización de la resina contenida en la fibra celulósica.

Posteriormente las prendas son curadas (polimerizadas) en un horno, dentro del cual la resina se polimeriza completamente y al mismo tiempo las fibras de celulósicas también se ajustan a la forma de la prenda.

A continuación enumeramos los principales métodos comerciales existentes y se describirá brevemente cada uno de ellos:

- I. Postcurado (Koratron)
- II. Precurado parcial (Dun-press, Super Crease, etc.)
- III. Precurado (Ever press, cone press, etc.)
- IV. Impregnación de la prenda (Williamson Dickie)

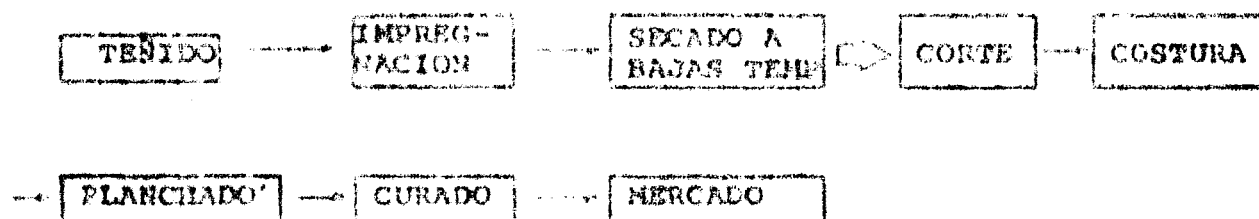
I. POSTCURADO (KORATRON)

Hasta la fecha este es el método que más éxito ha tenido debido a un severo sistema de control de calidad. En realidad esta compañía fué la que empezó el proceso "planchado permanente" al patentar su proceso de postcurado y ante el éxito que obtuvo en años de 1953 y 1954 las demás compañías americanas empezaron a buscar métodos de obtener los mismos resultados sin infringir la patente antes mencionada.

Esta compañía en sí no fabrica tela ni hace prendas, sino que se dedica exclusivamente a la explotación de su patente mediante el licenciamiento de su patente y posteriormente mediante el

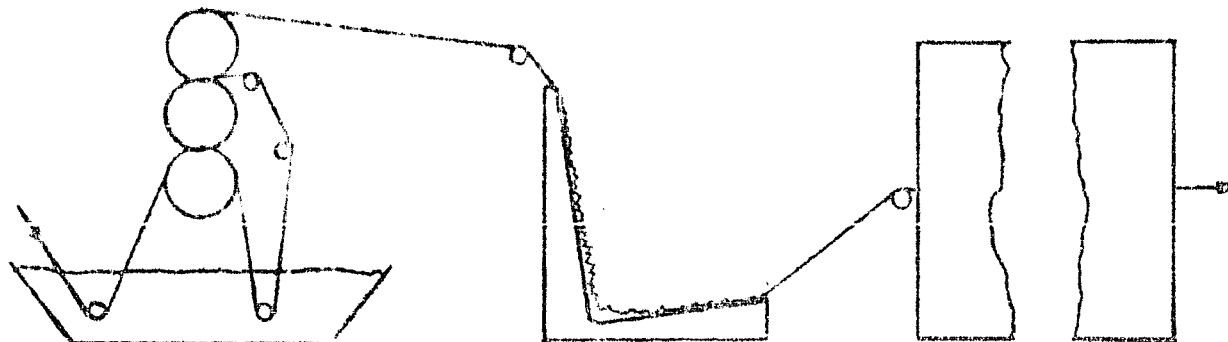
de tributos por cada metro de tela que se produce y también por cada prenda que sale al mercado.

El proceso por seguir se puede ilustrar de la siguiente manera:



Después de ser teñida la tela se seca e inmediatamente se impregna con la resina. Este paso es de extrema importancia debido a que la preformancia de las prendas hechas con esta tela se deberá exclusivamente a este paso. Debido a que se utilizan altas concentraciones de resina, se necesita un tiempo de impregnación mayor que las utilizadas para telas tratadas con resinas del tipo urea-formaldehído. Si la resina no penetra a la fibra celulósica debidamente se forma una capa superficial sobre la tela dando un acartonado en las prendas finales y pobre preformancia.

En seguida se ilustrará el equipo de impregnación recomendado para este proceso.



El secado de la tela no recomienda hacerse a la más baja temperatura posible y siempre a una temperatura menor de 130°C para evitar cualquier polimerización. Se recomienda que la humedad al salir del secado sea entre 5 y 10% dependiendo del tipo de fibra celulósica que hay en la tela.

La tela debe enrollarse fría al salir del secador por lo que se recomienda pasar la tela primero por encima de tambores enfriados con agua. Esta precaución es necesaria para evitar que algo de calor quede atrapado dentro del rollo, lo cual podría provocar la polimerización de la resina.

A continuación daremos una formulación típica para este proceso.

Absorción en húmedo 60% sobre peso de la tela. Telas ligeras
65/35% algodón/poliéster.

X% Dimetilol dihidroxi etilén urea
Y% Catalizador Nitrato de zinc
2-3% Suavizante polietilénico
1/4% Agente humectante

Para telas más pesadas de 65/35% algodón/poliéster con 60% de absorción en húmedo de resina se puede dar la siguiente formulación. (los porcentajes son basados en el peso del baño).

X% Resina dimetilol dihidroxi etilén urea
Y% Catalizador nitrato de zinc
1-2% Suavizante polietilénico
1-2% Suavizante no iónico o catiónico
2% Emulsión acrílico para dar cuerpo
.25% Humectante

X y Y valer igual que en la formulación anterior. Para otros tipos de fibras celulósicas se recomienda aumentar la concentración de resinas en un 30-40% y la del catalizador en un 20%.

Como en este proceso se exige un encogimiento máximo de 1.5% es necesario que en el secado (trata) se permita que la tela encoga lo máximo que se puede y no se regule su ancho; es decir, que se trate de evitar que se formen tensiones dentro de la tela, las cuales causarían encogimiento posteriormente.

La tela al salir del secado se empaca y se manda a los confabacionistas, los cuales transforman la tela en prendas hechas.

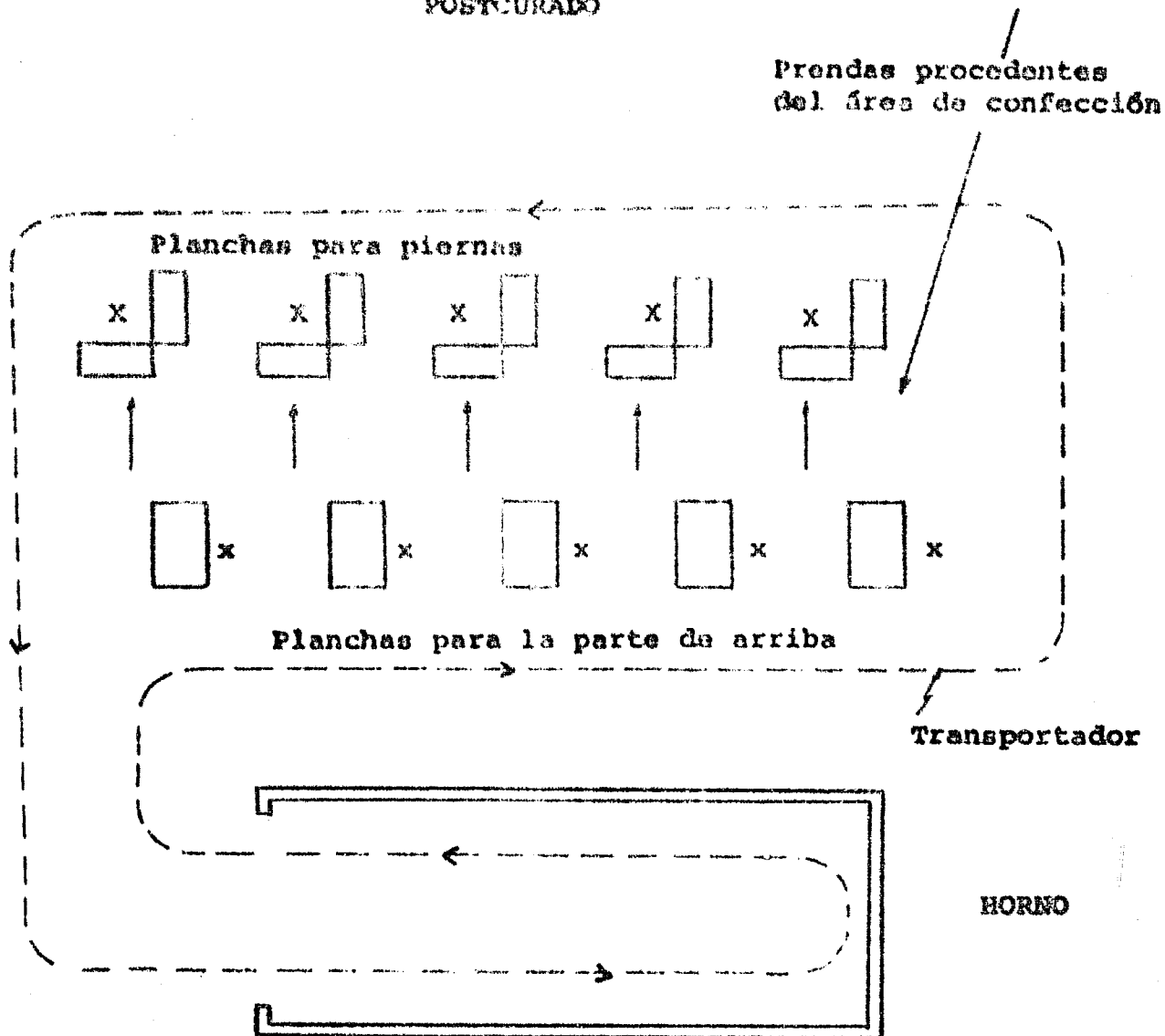
En este proceso es necesario que todos los demás componentes de la prenda tales como entretelas, bolsas, cierres, etc. también sean tratados de la misma manera que el casco, para que de esta forma todos los componentes sean compatibles y así se evite fruncimiento y abolsamientos en la prenda posteriormente.

Las recomendaciones para el corte y costura de las prendas las daremos en un capítulo aparte.

Una vez hecha la prenda se pasa al planchado y horneado, después del cual sale al mercado.

A continuación haremos un esquema típico del arreglo de prensas para planchado y el horno.

**"ESQUEMA PARA UNA PLANTA PARA CURAR PRENDAS"
POSTCURADO**



El planchado de las prendas es quizás el paso crítico en el proceso de "planchado permanente", actualmente se han diseñado equipos nuevos para planchado que reúnen los requisitos necesarios. Este paso del proceso es tan importante debido a que aquí se le da a la prenda el aspecto de recién planchada que va a conservar aún después de numerosas lavadas, cualquier arruga u otros defectos que se omitan de eliminar serán imposibles de eliminar posteriormente.

El equipo necesario son planchas de cabeza caliente de alta temperatura y alta presión con controles automáticos.

A continuación nos referimos a los ciclos típicos para el planchado de pantalones. La temperatura a la cabeza de la plancha debe ser de 320-325°F, o sea una presión de vapor arriba de 100 psi.

La presión de aire a la cabeza de la plancha debe ser de 80 psi (el aire acciona un sistema de cierre a la cabeza de la plancha) dando una presión en la plancha de aproximadamente 4,500 psi.

Para pantalones generalmente se necesitan dos tipos de planchas, una para la parte de arriba del pantalón y otra para las piernas, generalmente se necesitan dos planchas para las piernas por cada plancha de la parte de arriba (ver diagrama).

Generalmente también se tienen unas planchas de mano para eliminar cualquier arruga que se haya quedado en la prenda.

El ciclo típico para planchado de pantalones es el siguiente:

Piernas: a) 5 segundos de vapor en la cabeza
b) 5 segundos sin vapor
c) 5 segundos con vacío
d) Se levanta la cabeza y continúa el vapor por 3-5 segundos.

O sea que el ciclo total dura 20 segundos para cada pierna.

Generalmente se recomienda para que los ciclos sean iguales, pedir junto con las prensas, controles automáticos a los cuales generalmente se puede programar el ciclo que se desea.

Se recomienda también que la cabeza de las planchas lleve un protector de tela la cual sirve para evitar abrillantamiento de la tela que se está planchando.

Parte de arriba.-

La presión de la cabeza de la plancha no debe ser mayor de 2,000 psi, o sea que la presión de aire que llega a la plancha debe ser de unos 40 psi, la presión se regula de tal manera que no queden impresiones sobre la tela debido a las bolsas o cierres.

a) 1 segundo de vapor en la cabeza
b) 1 segundo sin vapor
c) 1 segundo con vacío
d) Se levanta la cabeza y continúa el vapor por 1-2 segundos.

Al igual que las otras planchas, se recomienda tener reguladores automáticos para tener una calidad uniforme en la producción.

Después de ser planchadas correctamente las prendas se cuelgan, utilizando ganchos diseñados para cada tipo de prenda y se hornean las prendas.

Los hornos utilizados para este proceso generalmente son continuos, pero también hay del tipo intermitente. Hay hornos continuos para producciones de 100-25 docenas/hora.

El calor está producido, en la gran mayoría de los hornos comerciales en los Estados Unidos, mediante el contacto directo de los productos de combustión de gas natural.

El sistema de transporte es por cadena del cual se cuelgan las prendas, generalmente tiene una velocidad variable, para que haya un tiempo de permanencia dentro del horno entre tres y dieciocho minutos, para el proceso Moratón generalmente se regula la velocidad para que las prendas tengan un tiempo de permanencia de entre 15-18 minutos, dependiendo del tipo de tela de la cual está hecha la prenda.

Generalmente el control automático de temperatura funciona entre los 100-450°F, pero la temperatura adecuada para este proceso está entre los 320-350°F.

Para telas de manos de 30% de sintéticos con algodón, telas de rayón acetato, rayón 100%, mezclas de fibra acrílica con más de 30% de fibra celulósica, se recomienda una temperatura de 310°F por 10 minutos en la superficie de la tela, lo cual corresponde a una temperatura de 320°F y 15 minutos del horno mínimo.

En cuestión de costos no hay en la literatura mucha información, pero conseguimos daremos unos datos.

El acabado de la tela el costo aumenta en un 100% o más, esto se debe en primer lugar a que los colorantes utilizados tiene que ser cuidadosamente seleccionados para tener la solidez a la luz y lavado adecuado además de tener una alta temperatura de sublimación, en segundo lugar el costo de la resina y otros aditivos resulta un 100% más caro. Por ejemplo para una tela dacrón algodón 65/35% el costo de un acabado común están en el rango de \$0.40 a \$0.50 por metro lineal de tela doble ancho 1.45 Mts. mientras que el costo para tela Koratrón resulta en el rango de \$0.80 a \$0.90. Para el confeccionista el único aumento de costo resulta en el cuidado que es necesario tener para la fabricación de estas prendas, el cual baja su producción fácilmente en un 10 a 20%. Además se recomienda que los confeccionistas adquieran equipo nuevo para coser adecuadamente estas telas. En el planchado el tiempo es prácticamente igual que para prendas comunes. Por

ejemplo, para pantalones, un mismo operario puede trabajar dos planchas para piernas al mismo tiempo, o sea una producción de 40-50 pantalones por hora por plancha. Una plancha para la parte de arriba produce igual que dos planchas para piernas.

El hornado en realidad casi no tiene aumento de costo sobre la prenda.

En resumen podemos decir que hay un aumento sobre el costo de la prenda de un 10 a 20%, pero en cambio el comerciante puede aumentar el precio de venta de la prenda en un 30-50% y a veces aún más.

En los Estados Unidos hicieron una estimación de costos comparando el proceso Koratrón contra el proceso de precurado para la manufactura de camisas de vestir, observando los resultados, resulta ser más barata la manufactura de estas prendas por el proceso Koratrón, aún si en la estimación no se consideró el amortizaje de equipo ni el pago de tributos por la licencia (Ver figura).

La inversión de un centro de curado para este proceso es considerable, considerando que cada plancha cuesta \$35,000.00 para las piernas y \$24,000.00 para la parte de arriba.

Un horno para una producción de 300 pantalones por hora cuesta alrededor de \$150,000.00 trayéndolo de los Estados Unidos. O sea que el costo de un centro de planchado para 300 pantalones por hora es de \$350,000.00 (10 planchas para piernas) + \$120,000.00 (5 planchas para la parte de arriba) + \$150,000 (horno) + \$620,000.00. Sin considerar el costo de la caldera, compresor y sistema de vacío, más la instalación, o sea que el costo aproximado es de 3/4 de millón de pesos.

En México actualmente no existe ningún fabricante que tenga la producción necesaria para instalar una planta de curado, por lo que actualmente la propia compañía Koratrón está instalando centros de curado en los principales centros manufactureros (México, Guadalajara y Monterrey) en los cuales planchan y curan las prendas cobrando una cuota por el servicio que para pantalones de hombre es de \$2.50 por prenda.

Ventajas y Desventajas.-

El proceso Koratrón según las estadísticas hechas (Ver capítulo sobre comportamiento de prendas planchado permanente) produce las prendas de mejor calidad y comportamiento.

Como desventajas podemos señalar, excelente aspecto de las prendas aún después de repetidas lavadas, buena resistencia a la retención de color, pueden ser enviadas a la tintorería, sumamente resistentes al arrugamiento, lo cual permite utilizar la prenda por más tiempo sin tener que lavarse.

La única desventaja grande de estas prendas es el no poder alterarlas; es decir, es difícil subir las valencianas o abrir la cintura, etc. Aún si actualmente están empezando a sacar en los Estados Unidos un líquido que borra la "memoria" de la resina haciendo posible alterar las prendas, la memoria se puede recuperar planchando la región en la cual se aplicó el líquido con una plancha caliente.

Problemas Comunes al Proceso.-

Es muy común contrar los siguientes problemas:

1. Cambio de tono de los colores durante el curado. Este problema se pueda eliminar en gran parte haciendo una selección muy cuidadosa de los colorantes utilizados en especial de sus temperaturas de sublimación.

2) Abrasión diferencial. Como la fibra celulósica es debilitada por la resina, es frecuentemente encontrar que hay un cambio de color sobre la raya del pantalón y en las bolsas, esto es debido a que con las lavadas hay abrasión, la cual desgasta la fibra celulósica quedando más visible el poliéster o el nylon.

El método más común de eliminarlo es tratando de igualar el tono de las dos fibras lo más que sea posible; es decir, evitando los colores jaspeados. Otro método de eliminar este problema es el de utilizar dos fibras poliestéricas; por ejemplo, tificando el dacrón 54 de un color claro, el dacrón 64 más oscuro y la fibra celulósica de un color intermedio.

3) Encogimiento durante el curado. Se puede eliminar sanforizando la tela antes de impregnar con resina, o bien mediante cualquier otro método mecánico para establecer el ancho y largo de la tela.

4) Problemas de mal olor. Esto se presenta sobre todo con el confeccionista al hacer la prenda. El olor de la resina es irritante y molesto para los empleados, la forma más fácil de eliminar el problema es agregar un desodorizante a la fórmula de impregnación, o bien aireando mejor el lugar donde se almacena la tela.

Precurado parcial.-

Este método es muy semejante al postcurado con la excepción de que en este proceso hay una polimerización de parte de la resina antes de salir de la planta de acabado.

La impregnación de resina en este método se tiene que hacer de manera análoga que en el proceso de postcurado utilizando el mismo equipo. La absorción de resina en húmedo debe ser entre 50-65% sobre el peso de la tela, lo cual equivale a una 6-8% de aumento de peso de la tela en seco.

La formulación típica para este proceso es la siguiente:

20 - 25%	resina dihidroxi dimetilol etilén urea
3-3.5%	catalizador de nitrato de zinc o cloruro de zinc.
2%	Suavizante polietilénico
0.1%	Agente humectante

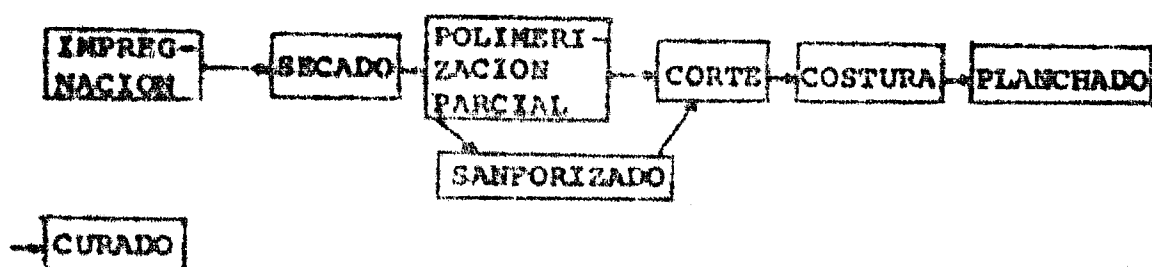
Después de la impregnación se seca la tela completamente dejando un 0.5 - 1% de humedad solamente. (La temperatura de secado debe ser menor a 135°C).

Tan pronto como se seca la tela, se polimeriza durante 70 segundos a 285°F en una polimerizadora, este paso es el crítico para este método y de suma importancia es seguir todas las instrucciones al pie de la letra. Es necesario para este proceso que haya tambores enfriados con agua a la salida de la polimerizadora para detener la reacción de polimerización inme-

diatamente enfriando la tela.

Esta tela puede ser sanforizada después de haber sido parcialmente curada.

Como diagrama de flujo para el proceso podemos poner el siguiente:



Al igual que el método de postcurado, después de inspeccionar y empacar se envía la tela a los confeccionistas, los cuales hacen su corte de manera convencional, es importante señalar que todos los demás componentes necesitan tener las mismas características que el casco de la tela, y sobre todo necesitan haber sido tratados con una formulación similar a la tela. El cierre y botones necesitan poder resistir temperaturas hasta de 350°F durante 18 minutos.

El equipo para coser las prendas se recomienda que sea nuevo, siguiendo las sugerencias hechas en el capítulo correspondiente.

En el planchado y el curado todo es igual que el proceso de postcurado.

Básicamente la única diferencia entre este proceso y el postcurado es la polimerización parcial de la resina, lo cual tiene ciertas ventajas, tales como que no hay necesidad de pagar tributos a la compañía Koratrón por desviarse de la patente. En el cosido de las prendas se evitan ciertos problemas que tiene el postcurado, (es frecuente que en el postcurado haya migración de resina hacia el hilo de coser, si este es de algodón se debilita mucho causando posteriormente rotura de la costura con el uso de la prenda).

La calidad de las prendas producidas por este proceso están un poco por abajo de la calidad de las prendas postcurado, pero hay que señalar que las prendas hechas mediante este proceso tienen la calidad suficiente para pasar las especificaciones impuestas por La Celanese para "rendas " planchado permanente ".

Precurado (Ever prest, cone prest, etc.)

Este método se diferencia de los métodos anteriores completamente, puesto que la resina es curada en la planta de acabado.

La impregnación de la resina se hace en equipo análogo a los otros métodos, procurando que la impregnación de la tela sea adecuada, la absorción en húmedo de la resina debe ser de 50 a 65% sobre el peso de la tela, lo que equivale a un aumento de 6-8% en peso de la tela en seco.

La resina utilizada en este proceso es también diferente a la utilizada en los métodos anteriores. A continuación se darán unas formulaciones típicas del proceso:

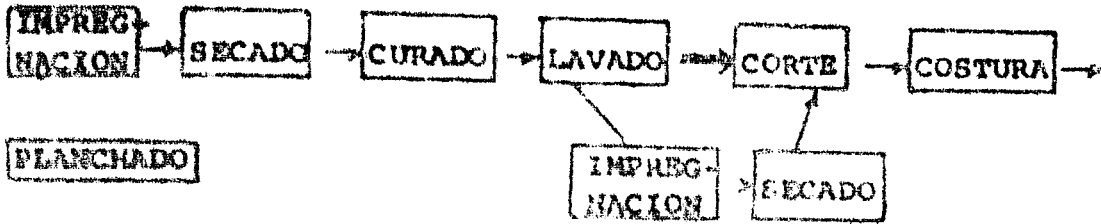
- 20 - 25% Resina tipo triazina
- 3% Catalizador
- 2% Suavizante polietilénico
- 2 - 3% Emulsión acrílica
- 0.1% Humectante

Otra fórmula propicia para tela de camisas blancas hechas de 65/35% poliéster/algodón:

- 25% Resina tipo carbamato
- 5% Catalizador cloruro de magnesio
- 1% Suavizante hecho con siliconas
- 3/8% Blanqueador óptico para poliéster (no iónico o catiónico)
- 1/4% Blanqueador óptico para algodón (no iónico o catiónico)
- 1/4% Humectante

Después de secar la tela se procede a polimerizarla a una temperatura de 330 - 440°F durante 60 - 90 segundos, posteriormente se lava y se vuelve a secar la tela. En alguno de los procesos de precurado se recomienda agregar posteriormente 3% de catalizador y 1% de suavizante y secar a baja temperatura, para asegurar que cuando se planche la prenda en las planchas de cabeza caliente haya un rearrreglo adecuado de los enlaces resina-celulosa.

Diagrama del flujo



El corte y la costura de las prendas es igual en todos los métodos, ver capítulo aparte.

El planchado de las prendas hecho por este método varía con respecto a los otros procesos, en primer lugar las planchas no son iguales; es decir, tienen sistema de calefacción eléctrico en la cabeza de la plancha, además del sistema convencional de vapor, esto hace posible desarrollar temperaturas más elevadas, las cuales son necesarias para este proceso, en seguida pondremos un cuadro que relaciona temperatura con el tiempo de planchado:

Condiciones típicas para curar y planchar tela de 6 onzas 50/50 poliéster/algodón usando el método de cone prest.

<u>SISTEMA DE CALENTAMIENTO</u>	<u>TEMPERATURA °F</u>	<u>TIEMPO DE PLANCHADO PARA LA PIERNA DE UN PANTALON (SEGUNDOS)</u>
Vapor 120 lb/in ²	350	45
Eléctrico	375	35
Eléctrico	400	25

La presión de la cabeza de la plancha debe ser mayor en este proceso y se recomienda presiones entre 6000 y 10000 psi.

Las condiciones máximas que desarrollan estas prensas son presiones hasta 14000 psi y temperaturas hasta 450°F.

Como se puede ver en la figura, el tiempo de planchado para este proceso es el doble que para el postcurado, lo cual significa un aumento considerable en la inversión de planchar.

El uso principal de este proceso es en la fabricación de camisas para vestir, aún si el alumno tiene noticias el proceso de postcurado se está implantando rápidamente para este artículo. En los demás tipos de prendas la calidad de este proceso está muy por debajo de los anteriores y generalmente no pasa las condiciones de control de calidad impuestas por la Calanese.

Los problemas que se presentan en este proceso por lo general son más difíciles de resolver y todo se debe a las altas temperaturas necesarias en el planchado, algunos de estos problemas son los siguientes: Abrillantamiento de la tela, cambios de color, (de lado a lado o de arriba a abajo) fruncimiento en las costuras, etc.

Impregnación de la prenda (Williamson Dickie).-

En este proceso la tela es teñida y sanforizada, pero no se aplica la resina en la acabadura sino que la tela sanforizada se manda al confeccionista, el cual corta y hace la prenda, tomando en cuenta que no se necesitan entretelas, cierros y poquetía especiales. Una vez que está hecha la prenda se procede a impregnarla con resina en una máquina de lavandería especial, el tiempo recomendado de impregnación es de 30 a 90 segundos, dependiendo del peso de la tela y el contenido de fibras de esta. Una vez impregnada la tela se pasa a una centrifuga, la cual extrae el sobrante de resina, dejando solamente un 30-40% de aumento de peso de la prenda seca, lo cual corresponde a un aumento en seco de 3-7%. Saliendo de la centrifuga se colocan las prendas en un cuarto de secado, el cual consiste en unos anaqueles donde se cuelgan las prendas y el cuarto tiene ventiladores para formar corrientes de aire. Una vez secas las prendas se planchan y se hornean de igual forma que el proceso postcursado. Los hornos recomendados para este proceso son del tipo intermitente.

A continuación diremos una formulación típica para este proceso.

3% de absorción en húmedo, tela 65 poliéster/35 algodón
3-4% Catalizador
14-20% Resina de hidroxil dimetilol urea
2-4% Suavizante etilénico
1-4% Emulsión acrílica para dar cuerpo
.5% Humectante

El diagrama de flujo del proceso es el siguiente:



Este proceso tiene ventajas sobre los otros, sobre todo para un manufacturero grande de pantalones, la inversión total de equipo es similar a la necesaria para el proceso postcurado, pero es más factible, sobre todo para un país como el nuestro, empezar la producción mediante este proceso que por cualquier otro.

Generalmente en este proceso se producen prendas con un comportamiento muy similar al que se obtiene en el método de postcurado, o sea, excelente, tiene una sola desventaja y ésta es que hay cierta diferencia entre el comportamiento de diferentes prendas en un mismo lote, esto se debe muchas veces al agotamiento de la solución de impregnación.

El costo de resina en este método es más barato que en el postcurado, en un 50%-100%; es decir, la absorción de resina en este método es del 35-40%, mientras que para el postcurado es de 60-65%. Esto también tiene importancia en la resistencia física de la tela, puesto que hay menor cantidad de resina en este método, hay un debilitamiento menor en la fibra celulósica dando mayor resistencia física que en el otro método.



CAPITULO V

PRENDAS PLANCHADO
PERMANENTE

Prendas Planchado Permanente.-

A. Selección de componentes.- Todos los componentes de una prenda deben ser compatibles; es decir, todas las entretelas, poquetín, cierres, etc., deben tener propiedades de estabilidad dimensional semejantes a las del cuerpo de la prenda. Se recomienda para el proceso postcurado que absolutamente todos los compuestos sean tratados con resina, y secados sin curar y que tengan un encogimiento semejante. En algunas fábricas han usado con éxito entretelas y poquetines de 100% nylon, desde luego esta tela no está tratada con resina.

En cuanto al hilo de coser por usar, en un principio se utilizó hilo 100% algodón mercerizado, pero estos presentaron el problema de tener generalmente 3-5% de encogimiento y además en el caso de postcurado e impregnación de la prenda resultaba que la resina sin curar de la tela migraba hacia el hilo de coser, y al curar la tela venía como consecuencia un debilitamiento del hilo, causando con cierta frecuencia costuras que se rompían al utilizar la prenda.

Por lo general se recomiendan hilos de coser con alma de poliéster y entorchado con hilo de algodón mercerizado, esto sirve para fortalecer el hilo sin perder las ventajas del hilo de algodón.

B. Diseño. - Como las prendas planchadas permanentemente requieren altas especificaciones de control de calidad, hay que tener especial cuidado en el diseño de las prendas. Gran cantidad de las telas postcuradas encogen más que las telas normales, este encogimiento es generalmente en dirección del pie de la tela, por lo tanto se recomienda evitar la unión del pie de la tela con la trama. En los procesos precurados no existe este encogimiento y no es necesario tener precauciones de esta índole.

Los fabricantes de telas frecuentemente hacen las siguientes sugerencias para obtener prendas planchadas permanentemente de buena calidad.

- Se deben hacer prendas como muestras, lavándolas para determinar si es necesario modificar el diseño de la prenda debido al encogimiento.
- Costuras cortadas diagonalmente dan menos fruncimiento que aquellas que son cortadas a lo largo o a lo ancho de la tela.
- Costuras cortadas a lo ancho de la tela presentan menos fruncimientos que las cortadas a lo largo.
- Quitar tantas costuras como sea posible.
- Ocultar las costuras cuando sea posible.
- Dar cierta amplitud a prendas ajustadas para reducir en cuanto sea posible la necesidad de alteraciones.

C. CORTE. - Se deben extender las telas sobre mesa de corte con la máxima uniformidad, evitando crear tensiones cuando sea posible. Marcar con la mayor precisión posible, cualquier falla no se puede corregir posteriormente en la costura o planchado.

Al cortar se recomienda tener cuchillas bien afiladas para evitar maltratar la tela, para evitar fricciones excesivas se recomienda utilizar papel lubricante entre cada 10-15 capas de tela, además se debe lubricar con frecuencia la cuchilla con ceras y lubricantes a base de silicónes. También es recomendable reducir el número de capas en todo lo que sea posible.

Costura de las telas planchado permanente. -

Las condiciones en que se efectúa la operación de costura determinan la apariencia de las costuras en cualquier prenda. Las técnicas que se utilizan, así como los ajustes de la máquina, deben seleccionarse adecuadamente, de acuerdo con las características del tejido que se está cosiendo. El tipo y construcción de la misma influyen frecuentemente en el aspecto de las costuras. Es más difícil obtener costuras lisas y planas en el tejido tieso y apretado de un tafetán, que en un género suave de estructura abierta. A continuación se dará la técnica más adecuada para dar buen aspecto a una tela.

1. Acortamiento de la línea de puntadas.-

a) Tensión del hilo.- La tensión que se aplica al hilo al formar las puntadas, tiende a recoger o fruncir el tejido. Cuanto más elevada sea la tensión, más marcado será el efecto.

Se debe reducir al mínimo el efecto de la tensión del hilo disminuyéndola hasta donde permitan los requisitos de una operación de cosido satisfactoria. Para lograr una tensión adecuada en equipo de doble despunte se recomiendan las siguientes medidas:

Ajustar la tensión de la bobina hasta que ésta y su caja se deslicen apenas a lo largo del hilo.

Volver a colocar la bobina y la caja en la máquina y hacer una costura de prueba.

Ajustar el dispositivo tensor superior del disco hasta obtener una costura equilibrada.

b) Encogimiento del hilo que se debe al planchado o lavado produce el mismo tipo de fruncido que la tensión elevada en el hilo de coser.

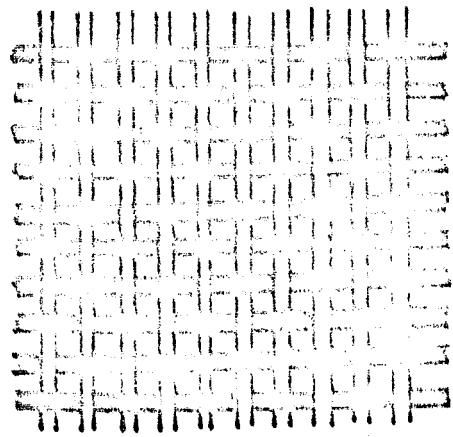
Para la costura de tejidos que contengan fibras sintéticas se recomienda el uso de filamento de poliéster entorchado. Estos hilos son adecuadamente elaborados y termofijados para que no encojan a consecuencia del lavado o planchado de la prenda.

c) **Desviación del hilado.**- Los puntos en que se entrecruzan los hilos empujan hacia los lados o desvían los hilados de tejido que se encuentran a lo largo de las costuras. Esto hace que los hilados sigan una línea irregular en el tejido y reducen su longitud total.

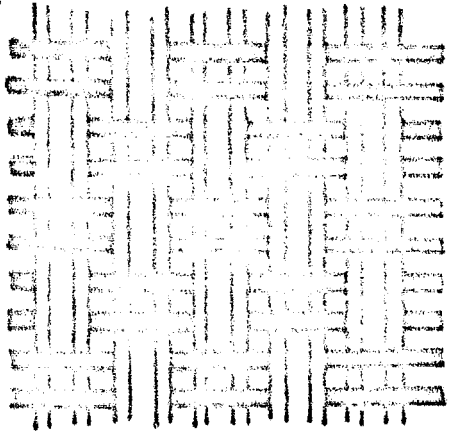
Para remediar lo anterior, se recomienda usar menos puntadas por centímetro. Reduciendo el número de puntos de entrelaces, se reducirá también la desviación de los hilados y por lo tanto, el fruncido de las costuras. Aunque cada fabricante tiene determinadas preferencias en cuanto al tamaño de las puntadas, el número de las mismas por centímetro debe ser bajo, en la mayor medida compatible con las normas de calidad, a fin de obtener costuras de buen aspecto. Como guía se ha encontrado que de 4-5 puntadas por centímetro es lo recomendable para pantalones y faldas, mientras que 6-7 puntadas por centímetro es lo recomendado para blusas, camisas y vestidos.

Conviene utilizar un título de hilo bajo, para reducir al mínimo la desviación del hilado. Se recomienda el empleo de hilos debidamente hechos de poliéster, porque su gran resistencia permiten usar un hilo más fino sin sacrificar la solidez de la costura.

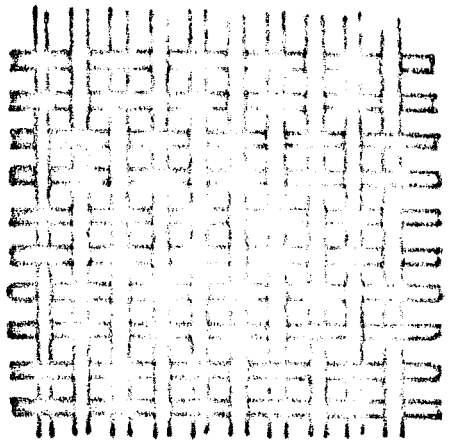
CONSTRUCCIONES USADOS EN P.P



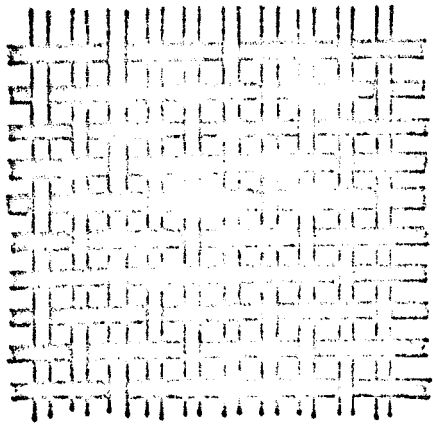
sencillo 1 x 1



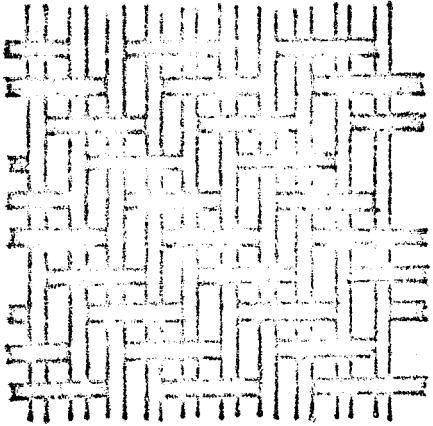
canasta 2 x 2



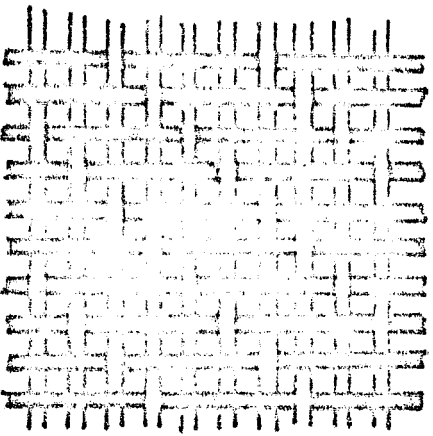
oxford



sarga 2 x 1



sarga 2 x 2



sarga 3 x 1

El tamaño de la aguja afecta también la desviación del hilado, por lo cual debe usarse la aguja más fina posible para la operación que se realice. El agujero de la placa de garganta debe ser siempre pequeño.

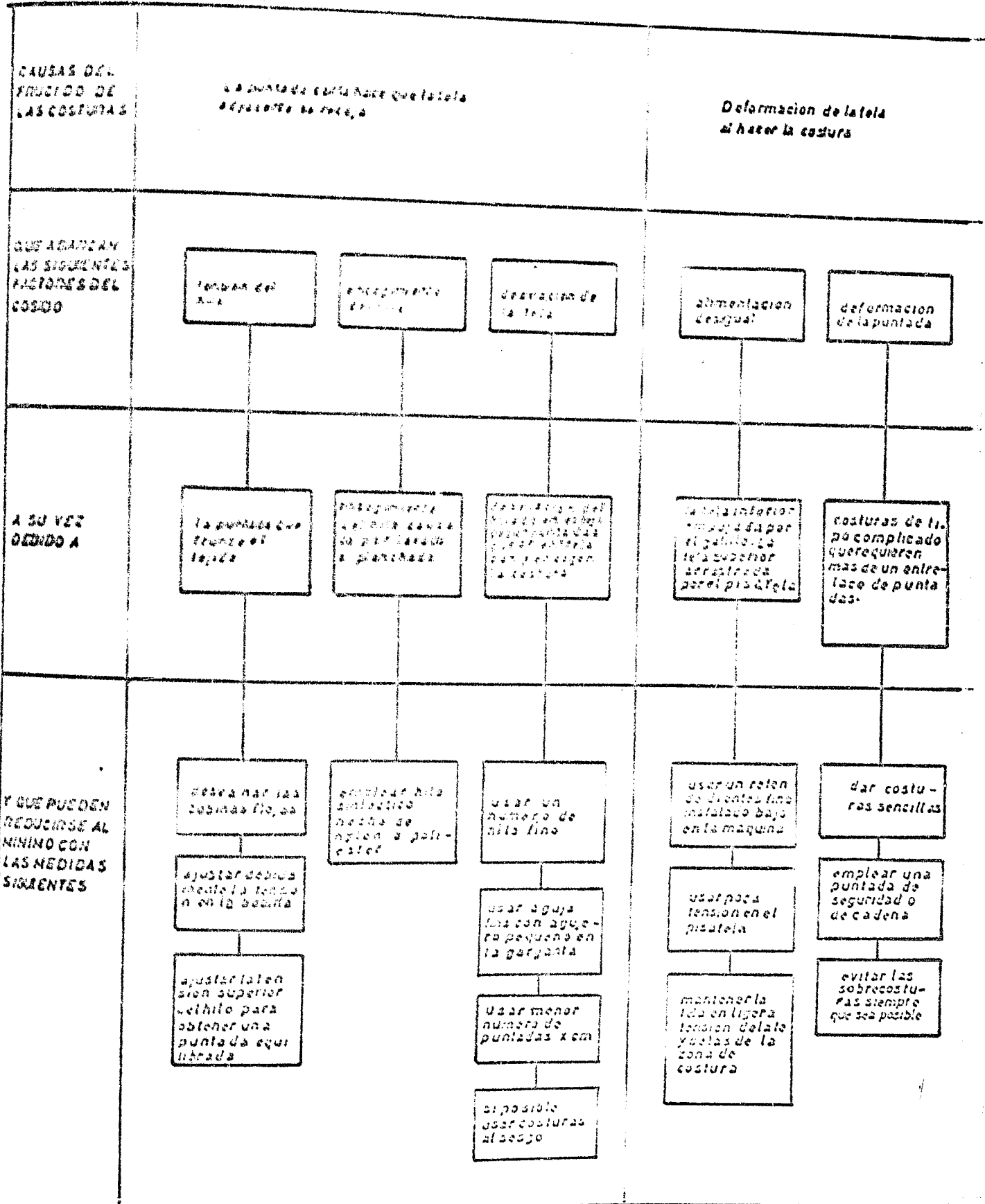
Resulta también igualmente útil construir la prenda de tal modo que las costuras estén cortadas al sesgo; esta técnica reduce el fruncimiento aún cuando la costura no esté más que ligeramente sesgada.

2. Deformación del tejido. -

a) Alimentación desigual. - Durante la operación de costura el retón o gatillo de avance empuja la pieza de tela inferior hacia adelante, mientras que la superior es retenida por el pisatela. Este efecto tiende a alimentar más tela inferior que superior, causando así el fruncimiento de la costura.

La alimentación puede mejorarse mediante el uso de un gatillo de avance de dientes finos para sujetar la tela (9 a 10 dientes por centímetro). Para las telas finas conviene ajustar el gatillo de tal modo que los dientes se extiendan encima de la superficie de la placa de garganta, hasta una altura de tres cuartos de diente o un diente en la posición más alta.

COSTURA DE TELAS P.P.



Si se observa el fruncimiento en la pieza de tela superior, aflojar el resorte del piastela hasta el punto más bajo que permita la buena costura, con objeto de reducir el mínimo el fruncimiento de las costuras, causado por la retención excesiva de la pieza de tela superior.

- b) Deformación de la puntada.- Las costuras que tienen más de una puntada de unión tienden a deformar el tejido y a fruncirlo. Este es el caso, por ejemplo, con las sobrecosturas sencillas o dobles.

En la mayoría de los casos es preferible usar máquina de una sola aguja para hacer la costura de unión de tejidos que contengan fibras sintéticas. En muchos casos en que se emplea doble costura, este método puede substituirse por costuras de seguridad o de cadena. Estos tipos de puntadas producen menos deformación de la tela y a su vez menos fruncimiento. Conviene evitar las sobrecosturas, o en el caso en que la prenda requiera costuras de sobrepuntada, se recomienda ejercer tensión a lo largo de la línea de costura.

"COSTURA DE TELAS PLANCHADO PERMANENTE"

Causas del fruncido de las costuras	La puntada corta hace que la tela adyacente se recoja.				Deformación de la tela al hacer la costura
que abarcan los siguientes factores de la costura	Tensión del hilo	Encogimiento del hilo	Desviación de la tela	Alimentación desigual	Deformación de la puntada
A su vez debido a	La puntada que frunce el tejido	Encogimiento del hilo causado por lavado o planchado	Desviación en el tejido por puntadas que se entrelazan y encogen la costura	La tela inferior empujada por el garrillo o la tela superior arrastrada por el pisatela	Costuras de tipo complicado que requieren más de un enlace de puntadas como sobre costuras sencillas o dobles.
Reducir la tensión	Emplear hilo debidamente hecho de filamento de poliester.	Usar un número de hilo fino	Usar un retén de dientes finos	Dar costuras sencillas	
Devanar las bobinas flojas		Usar agujas finas con agujero pequeño en la placa de garganta	instalarlo bajo la máquina	Emplear una puntada de seguridad o de cadena	
Ajustar debidamente la tensión en la bobina		Usar menos puntadas por centímetro	Usar poca tensión en el pisatela	Evitar las sobre costuras siempre que sea posible	
		Usar costuras sesgadas.	Mantener la tela en ligera tensión delante y detrás de la zona de costura		

CAPITULO VI

CALCULO DE UN HORNO PARA CURAR PRENDAS

"FLANCHADO PERMANENTE"

Cálculo de un horno para curar prendas "Planchado Permanente"

Tipos de hornos usados

Los hornos para curar prendas "planchado permanente" obtenibles comercialmente, generalmente caen en dos grupos:

a) Continuos

Los hornos continuos obtenibles vienen con capacidad de 15 - 200 docenas/hora, y usan como medio de calentamiento gas natural. Estos hornos tienen usualmente un medio de transporte de las prendas de velocidad variable.

b) Intermitentes

Los hornos intermitentes son usualmente de baja capacidad, 1 - 15 docenas/hora, y generalmente usan como medio de calentamiento la electricidad. Las prendas van colgadas en carretillas que se mueven manualmente.

Los centros de curado, y las fábricas de prendas textiles de tamaño mediano o grande generalmente usan hornos continuos por su mejor distribución y mayor versatilidad. El suscrito ha optado diseñar un horno de este tipo por las razones antes mencionadas.

Características básicas requeridas por el horno

Los problemas más comunes durante el "curado" de las prendas "planchado permanente", son los siguientes:

- a) Cambios de tono de color y sublimación de los colorantes.
- b) Debilitamiento de las fibras por el calor.

c) Arrugas permanentes en las prendas causadas por movimiento de las prendas dentro del horno debido a las turbulencias de los gases.

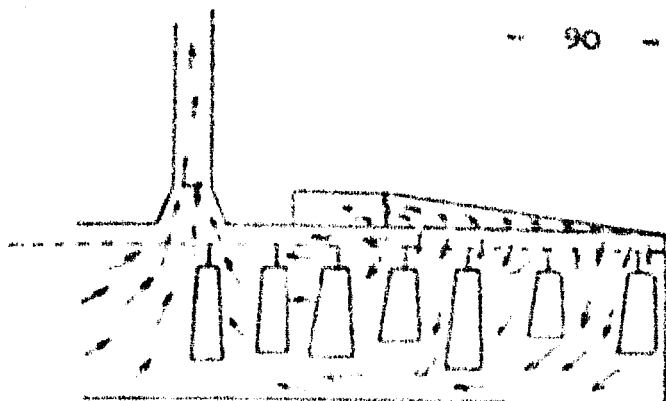
Todos los problemas están relacionados, o bien a un control de temperatura defectuoso, un tiempo de residencia de la prenda mal calculado, una mala distribución del gas dentro del horno, o bien turbulencias excesivas que causan movimientos en las prendas.

La compañía Koratron recomienda que se use un horno con un flujo continuo y constante de gas para evitar que haya cambios en las condiciones a las que está sujeta la prenda, además recomienda que la velocidad del gas dentro del horno no exceda de 6 ft/seg.

Bases de diseño

Los únicos datos concretos que se tienen para el diseño del horno son la temperatura a la que se quiere someter las prendas, (340°F) y el tiempo de residencia (3 minutos). Además el suscrito tomará como base de diseño que el flujo de gas a través del horno se mantendrá constante y que se utilizará gas natural como medio de calentamiento. Todos los cálculos se harán en unidades inglesas por haber mayor cantidad de datos en la literatura en esas unidades que en las decimales.

El horno en sí estará dividido en dos partes básicas, el cuerpo principal, por donde pasan las prendas, y el ducto donde fluye el gas de combustión, el cual está pegado al cuerpo principal.



Vista lateral

Los gases de combustión entran por el ducto superior y posteriormente pasan al cuerpo del horno mediante unas rejillas en el techo divisorio de las secciones del horno.

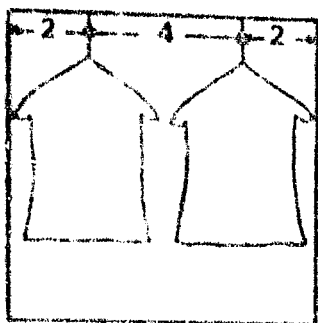
Cálculo de las dimensiones del cuerpo principal del horno

Las prendas más comunes fabricadas en el proceso planchado permanente son pantalones y camisas para hombres, pero también hay un mercado creciente para vestidos, faldas y blusas para mujer y gabardinas y chamarras.

Una camisa tiene aproximadamente 2 ft x 2 ft de dimensión, dando una área de 4 ft². Un pantalón tiene 0.75x3 ft de dimensión, dando un área de 2.25 ft². Un vestido o una gabardina tienen 2 x 3.5 ft de dimensión, dando un área de 7 ft².

Como las prendas van colgadas sobre ganchos, tienen cierto movimiento, por lo que es necesario dar cierta holgura al espacio.

Las prendas generalmente tendrán un ancho de aproximadamente 2 ft.; debido a que las prendas viajan en ambos sentidos, se necesitará aproximadamente un ancho de 8 ft., para acomodar las prendas con holgura.



La longitud del horno debe ser estimada en relación de las siguientes variables. Velocidad de la prenda, espaciamento entre prendas, velocidad del medio de calentamiento (gas de combustión), y tiempo de permanencia deseado.

El tiempo de permanencia para la mayor parte de las prendas es entre 2.5 y 3 minutos. El espaciamento de las prendas debe ser un mínimo de 4 pulgadas para evitar la formación de bolsas de aire y evitar enredamiento de las prendas que causarían se arrugaran, o que se cayeran.

Nomenclatura

A continuación se pondrá la nomenclatura, los símbolos y unidades que se utilizarán:

Q	=	Flujo
V	=	Velocidad
A	=	Area
D _e	=	Diámetro equivalente
ρ	=	Densidad
ν	=	Viscosidad cinemática
μ	=	Viscosidad
F	=	Fuerza
L	=	Longitud
Re	=	Número de Reynolds
f	=	Coefficiente de fricción de Darcy
g _c	=	Fuerza gravitacional
h	=	Coefficiente de transferencia de calor
k	=	Conductividad térmica
T	=	Temperatura
C _p	=	Calor específico
β	=	Coefficiente de expansión volumétrica
ρ	=	Densidad
Q	=	Calor perdido
ϵ	=	Emisibilidad
K	=	Coefficiente de resistencia

La velocidad de la prenda está íntimamente ligada con la velocidad del gas de combustión. Lo más importante es obtener una combinación entre ambas velocidades, de tal manera que se obtenga la mejor distribución posible y que la prenda sufra la menor cantidad de movimiento para evitar formación de arrugas permanentes en la misma.

Capacidad requerida, 6.000 prendas por hora (50 docenas).

Tiempo residencia promedio: 2.75 minutos.

Distanciamiento entre prendas: 4.5 in.

La longitud del camino de recorrido de la cadena será:

$$6,000 \text{ prendas/hora} \times \frac{4.5''}{12 \text{ in/ft}} = 2250 \text{ ft/hr}$$

Dividiendo esta longitud entre 60, tenemos:

$$\frac{2250}{60 \text{ min/hr}} = 37.5 \text{ ft/min}$$

Como el paso de la prenda por el horno será doble, tenemos que:

$$\frac{37.5 \text{ ft/min} \times 2.75 \text{ min}}{2} = 51 \text{ ft}$$

O sea, que consideraremos que la longitud del horno será de 50 ft, y que la velocidad de las prendas será de 37.5 ft/min = .62 ft/seg.

Cálculo de la velocidad del gas de combustión

a) Cálculo de la velocidad máxima permisible del fluido

La velocidad del gas de combustión está fijada en su límite alto por su momento; es decir, a mayor velocidad la fuerza que ejerce el gas de combustión sobre las prendas es mayor, hasta llegar a causar resistencias en las prendas, lo cual puede causar arrugas. Como se vio visto anteriormente, una camisa tiene un área aproximada de 4 ft² y un peso de 200 gr.

La fuerza del fluido que actúa sobre la prenda se puede calcular de la siguiente manera:

$$F = \frac{f \cdot q \cdot v}{gc} \quad (1)$$

Pero como $q = VA$, tenemos que:

$$F = \frac{f \cdot V \cdot A \cdot v}{gc} = \frac{f \cdot A \cdot v^2}{gc}$$

de donde:

$$v^2 = \frac{F \cdot gc}{f \cdot A}$$

Tenemos todos los valores:

$$F = \frac{200 \text{ gr}}{454 \text{ gr/lb}} = .44 \text{ lbs} \quad gc = 32.17 \text{ lb/seg}^2$$

$$A = 4 \text{ ft}^2 = .0808 \text{ lb/ft}^3 \text{ a } 32^\circ\text{F y } 1 \text{ atm} =$$
$$.0385 \text{ lb/ft}^3 \text{ a } 586 \text{ mm de Hg y } 340^\circ\text{F}$$

$$v^2 = \frac{2.46 \text{ lb} \times 12.17 \text{ ft/seg}^2}{.0385 \text{ lb/ft}^3 \times 4 \text{ ft}^2} = \frac{3.53}{.0385} \frac{\text{ft}^2}{\text{seg}^2} = 91.9 \text{ ft}^2/\text{seg}^2$$

$$v = 9.58 \text{ ft/seg}$$

$$v = 2.98 \text{ ft/seg}$$

b) Cálculo de la velocidad mínima del gas de combustión

La velocidad mínima del gas de combustión estará dada por el balance de calor del horno en ducto, el calor perdido a través de las paredes del horno debe ser repuesto por calor cedido por los gases de combustión, el mínimo flujo permisible será determinado por dicha pérdida de calor a través de las paredes del horno. La pérdida de calor a través de las paredes se puede calcular con las siguientes fórmulas:

$$Q = \frac{Q_c}{A} = \frac{4r}{2 \frac{x_a}{k_a} + \frac{x_b}{k_b}} \quad (2)$$

$$Q = \frac{q_c}{A} + \frac{q_r}{A} = h_c(t_s - t_n) + Hrb$$

$$c \left[\left(\frac{t_n + 460}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_s + 460}{100} \right)^4 \right] \quad (3)$$

Como en ambas ecuaciones hay dos incógnitas, Q y t_s , se pueden sacar los valores de Q suponiendo varios valores de t_s y graficando los valores obtenidos de las ecuaciones (2) y (3) se obtendrán dos curvas, una para cada ecuación, las cuales se cortarán en un solo punto, dicho punto indicará la temperatura verdadera de la superficie del horno.

En la ecuación (2) tenemos una incógnita adicional que es el valor del coeficiente superficial de transferencia de calor por convección combinada h_c . El valor de h_c se puede sacar de la fórmula dada por Lorenzi:

$$\frac{h_c L}{k} = C \left[\frac{v^2 \mu \rho \Delta t}{g \beta \Delta t} \left(\frac{C_p \mu}{k} \right) \right]^n \quad (4)$$

Esta ecuación corresponde al tipo $y = Cx^n$ donde C y n dependen del valor que tiene L.

Cálculo de los valores de h_c

Para sacar el valor de h_c es necesario determinar el valor de X y ver cuáles son los valores de C y n que corresponden a nuestras condiciones.

Los valores de las diferentes propiedades, necesarias para resolver las ecuaciones (4), (3) y (2), están resumidos en la siguiente tabla.

t_a	t_b	L	μ	M		$C_p \mu$	k_a	k_b	k_b
				BTU	ρ				
$^{\circ}F$	$^{\circ}F$	ft	lb/ft^2	$^{\circ}F/ft$	lb	BTU	hr ft^2	$^{\circ}F/ft$	$^{\circ}F/ft$
90	85	12	.0564	.0154	.0458	.24	26	.034	.023
100	85	12	.0577	.1557	.0459	.24005	25	.034	.023
115	85	12	.0583	.0158	.0463	.2401	26	.035	.024
130	85	12	.0583	.0161	.047	.2403	26	.036	.024
145	85	12	.058	.0164	.0478	.2404	26	.037	.025
200	85	12	.051	.0167	.0486	.2406	26	.038	.025

Ref: Perry, pág. 371, Mc Adams, págs. 445 y 483

α	$\frac{h_c}{k_f}$	$\left(\frac{C_p}{k}\right) \rho$	$X^2 \times 10^{10}$	C	n
.40	.00237	.71	1.492	.13	1/3
.40	.00237	.71	2.613	.13	1/3
.40	.00237	.7036	6.618	.13	1/3
.40	.00237	.701	9.99	.13	1/3
.40	.00237	.700	12.73	.13	1/3
.40	.00237	.7004	15.14	.13	1/3

Cuando $t_a = 90^\circ$

$$X = \frac{1.3 \beta (q_c \rho \Delta t)}{k_f} \left(\frac{C_p}{k}\right) \rho = \frac{1728 \text{ ft}^3 \times .00483 \text{ lb}^2/\text{ft}^2 \times 24.17 \times .0019 \text{ lb}^2/\text{ft}^2 \text{ hr}^2}{10^8 \text{ ft/hr}^2 \times .002359 \text{ }^\circ\text{F} \times 5^\circ\text{F} \times .71}$$

$$X = 1.462 \times 10^{10}$$

Para este valor de X los valores de C y n son C = 0.13 y n = 1/3.

Una vez obtenidos los valores de C y n se puede sacar el valor de hc.

$$\frac{h_c L}{k_f} = 0.13 \cdot 1.462 \times 10^{10} \cdot 1/3$$

$$\frac{h_c L}{k_f} = 294 \text{ despejando tenemos que:}$$

$$h_c = \frac{294 \times .0154}{12} = .377 \qquad h_c = .377$$

Obtenido el valor de hc se puede obtener el valor de Q mediante la ecuación (3).

$$Q = .377 (90-85) + 0.171 \times .40 \left[\left(\frac{550}{100}\right)^4 - \left(\frac{554}{100}\right)^4 \right]$$

$$Q = q_c/A + q_r/A = h_c (t_s - t_a) + 0.171 \epsilon_s \left[\left(\frac{t_s}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_a}{100}\right)^4 \right]$$

$$Q = 1.885 + 2.245 = 4.13$$

El valor de Q obtenido mediante la ecuación (2) es como sigue:

Para $t_a = 90^\circ F$ y grosor aislante de fibra de vidrio = 2"

$$Q = \frac{t}{2 \frac{x_a}{k_a} + \frac{x_b}{k_b}} = \frac{(340 - 90)}{2 \frac{1/8}{12 \times 26} + \frac{2}{12 \times .034}} = \frac{250}{4.9008} = 50.9$$

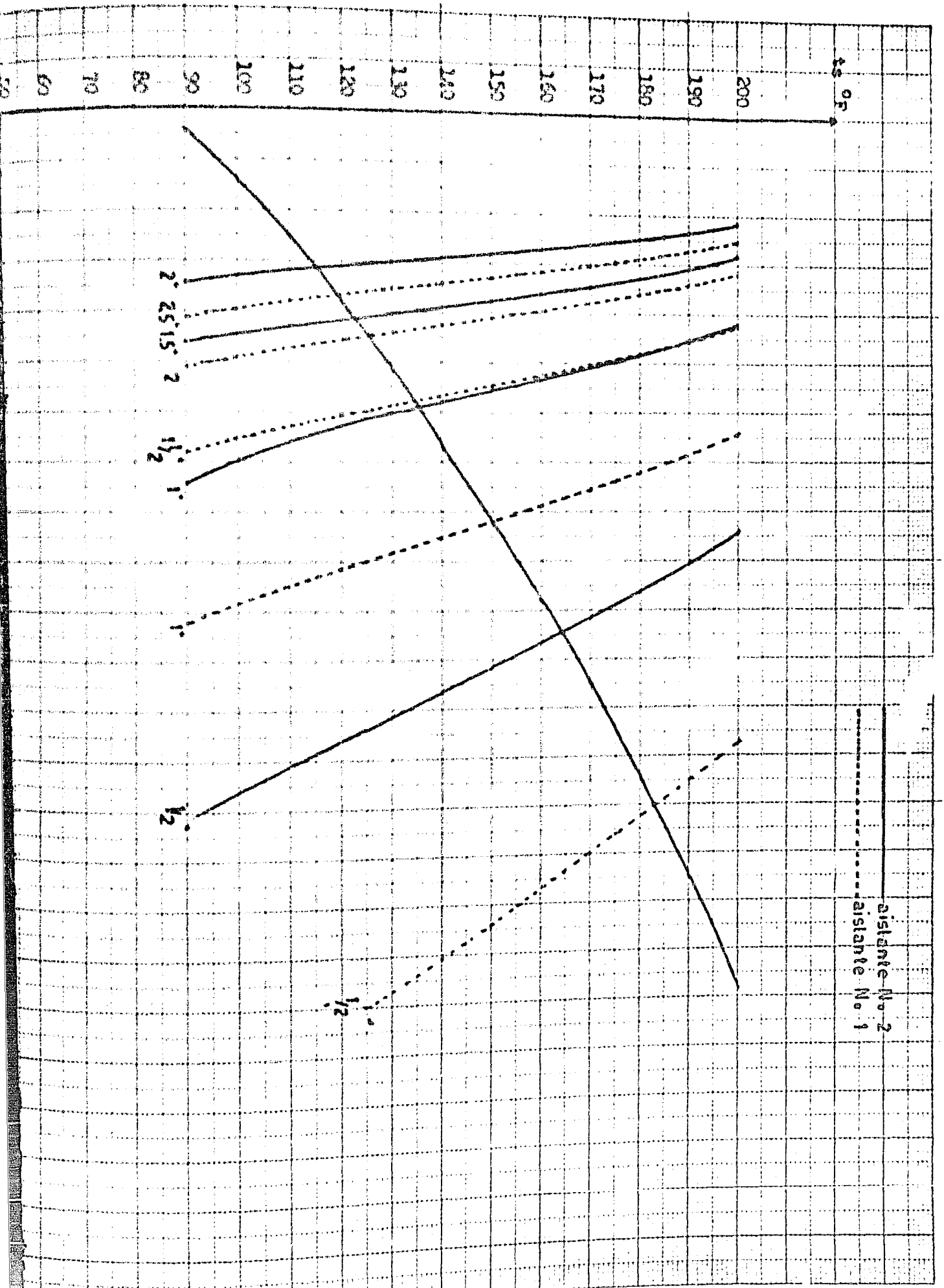
$Q = 50.9$

Aparte de obtenerse para varias t_a se deberá calcular para varios grosores de pared (Aislante de fibra de vidrio).

Los cálculos hechos con el mismo procedimiento que se demostró anteriormente están resumidos en la siguiente tabla:

t_a	$^\circ F$	X_a	Q_1	h_c	Q_c	s	Q	Q_2
90		8.56×10^9	51	.338	1.69	.40	2.745	3.93
125		6.6187×10^{10}	45.1	.637	25.4	.40	19.7	45.1
150		9.996×10^{11}	41.04	.744	48.3	.40	34.3	82.6
275		1.2733×10^{11}	36.62	.8207	73.7	.40	51	124.7
200			31.9	.949	109.0	.40	69.4	178.4
100		2.613×10^{11}	48.95	.4937	7.4	.40	6.85	14.25

Graficando los datos expuestos en la tabla, la gráfica No. en la cual encontramos los siguientes resultados de t_a y Q para diferentes grosores de aislamiento.



Aislante No. 1

Aislante No. 2

e	ta	Q	n	ta	Q
1/2"	163°F	141 BTU ft ² /hr	1/2"	164°F	105 BTU ft ² /hr
1	150	62.2	1	135	59
1 1/2	134	59	1 1/2	123	41.2
2	125	45	2	106	32
2 1/2	119	37			

Una vez obtenidos los datos anteriores, es conveniente hacer un cálculo para encontrar el grueso de pared óptimo para el horno, esto se pueda encontrar graficando la curva del costo de la pérdida de calor a través de la pared para varios gruesos de pared contra la curva del costo del aislante para varios gruesos de pared.

Cálculo de pérdida de calor a través de la pared.-

Nuestro horno tiene las siguientes dimensiones:

Longitud - 50 ft

Ancho - 8 ft

Largo - 11 ft

O sea que nuestra área de transmisión será de:

$$A = 2 \times 50 \times 11 + 8 \times 50 + 8 \times 11 = 1100 + 400 + 88 = 1588 \text{ ft}^2$$

Las pérdidas de calor para el aislante No. 1 son:

Grueso aislante

S	Q	A X Q
1/2"	105	105 X 1588 = 163500 BTU/hr
1	61	61 X 1588 = 97000
1 1/2	41.2	41.2 X 1588 = 65600
2	32	32 X 1588 = 50800

Las pérdidas de calor para el aislante No. 2 son:

S	Q	A X Q
1/2"	141	141 X 1588 = 224000 BTU/hr
1	82.5	82.5 X 1588 = 131000
1 1/2	63	63 X 1588 = 100000
2	45	45 X 1588 = 71500
2 1/2	37	37 X 1588 = 58800

El gas natural de Pemex cuesta \$0.12/m³ con un poder calorífico de 8450 KCal/m³ que equivale a 33600 BTU/m³. Suponiendo que el horno trabajara 16 horas y nuestro año es de 300 días, se trabajarán 4800 hrs/año.

El costo del calor perdido por año será de:

Aislante No. 1

Grueso pared

$$1/2" \quad 163500 \text{ BTU/hr} \times 4800 \text{ hrs/año} \times \frac{.12 \text{ \$/m}^3}{33600 \text{ BTU/m}^3} = 2804 \text{ \$/año}$$

1	97000 BTU/hr x .01715	$\frac{\text{difer } \$}{\text{BTU año}}$	=	1663 \$/año
1/2	65600 BTU/hr x .01715		=	871 \$/año

Aislante No. 2

1/2"	224000 BTU/hr x .01715	$\frac{\text{difer } \$}{\text{año BTU}}$	=	3841 \$ /año
1	131000 BTU/hr x .01715	"	=	2247 \$/año
1 1/2	100000 BTU/hr x .01715	"	=	1715 \$/año
2	71500 BTU /hr x .01715	"	=	1226 \$/año
2 1/2	58800 BTU /hr x .01715	"	=	1008 \$/año

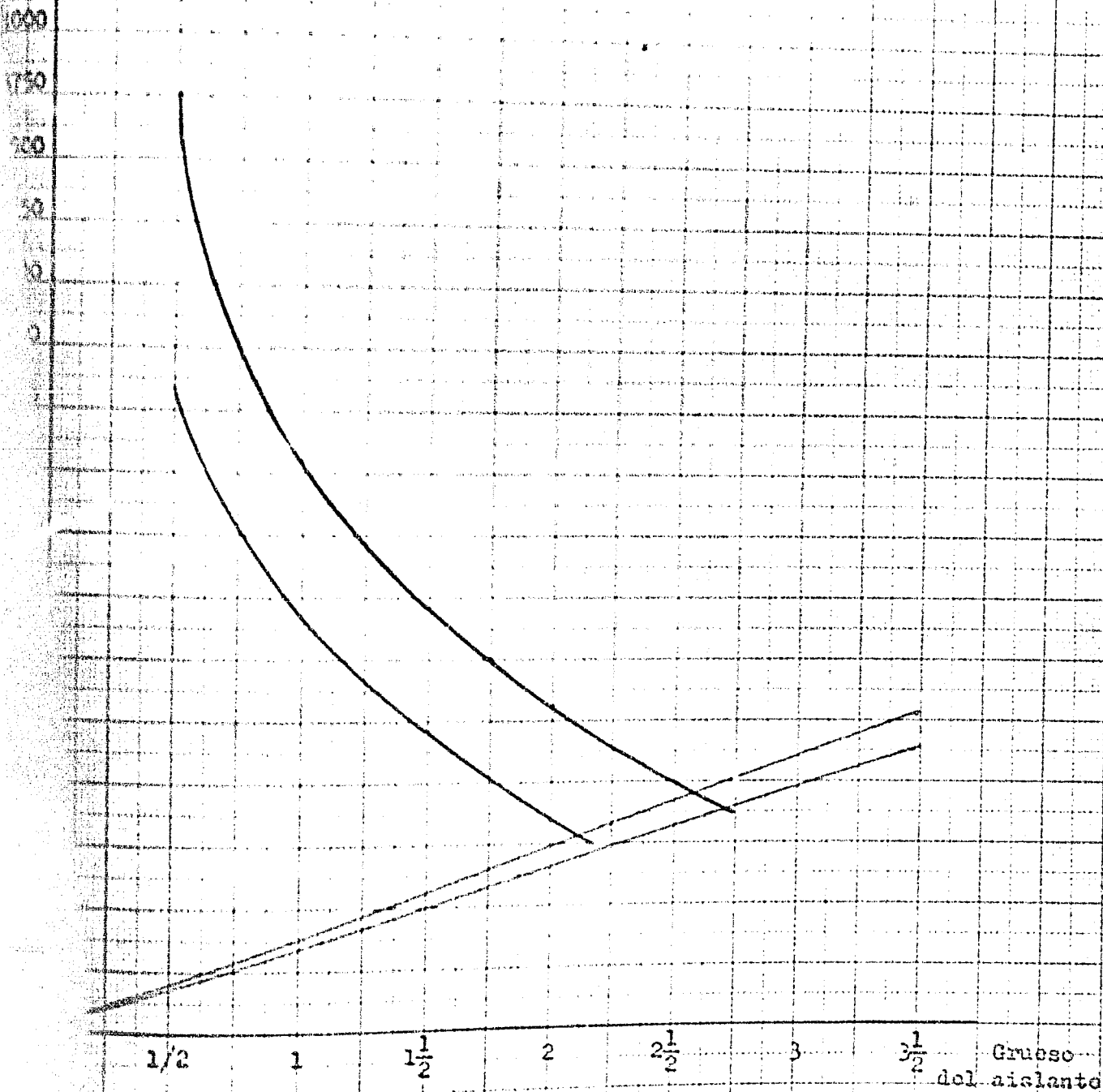
El aislante No. cuenta 1.15 \$/ft² de 1/2" de grueso, además se incluye la depreciación en un periodo de 10 años

Ancho aislante	A	Costo	Costo total
1/2"	1588 ft ²	x 1.15 \$/ft ²	= \$1826 = \$182 \$/año
1	1588 ft ²	x 1.15 \$/ft ²	= \$3655 = \$365 \$/año
1 1/2	1588 ft ²	x 1.15 \$/ft ²	= \$5480 = \$548 \$/año
2	1588 ft ²	x 1.15 \$/ft ²	= \$ 7300 = \$730 \$/año

El Aislante No. 2 cuenta 1.021 \$/ft² de 1/2" de grueso.

1/2"	1588 x 1.021	= \$1620	= \$162 \$/año
1	1588 x 1.021 x 2	= \$3240	= \$324 \$/año
1 1/2	1588 x 1.021 x 3	= \$4860	= \$486 \$/año
2	1588 x 1.021 x 4	= \$6480	= \$648 \$/año
2 1/2	1588 x 1.021 x 5	= \$8100	= \$810 \$/año

Espesor Pared	Aislante No. 1		Aislante No. 2	
	S/año plant	S/año plant nig	S/año plant	S/año plant nig
1/2	1004	112	3241	152
1	1063	365	2247	524
1 1/2	1125	548	1715	486
2	1171	710	1226	648
2 1/2	-	-	1003	810



GRAFICA NO. 2

Graticando los valores del costo del calor perdido por año para diferentes gruesos de aislantes y el costo del aislante para los diferentes gruesos de pared, obtenamos el grueso de pared óptimo. De la gráfica No. 2 vemos que para el aislante No. 1 el grueso óptimo sería de 1.12 pulgadas con un costo por año de \$775.00. Para el aislante No. 2 el grueso óptimo sería de 2.85 pulgadas con un costo por año de \$910.00; de lo anterior podemos concluir: que el aislante No. 1 de 2 pulgadas de grueso es lo óptimo para nuestro horno; es decir, que se está perdiendo 50800 BTU/hr a través de las paredes, lo cual equivale a $50800 \text{ BTU/hr} / 33600 \text{ BTU/m}^3 = 1.51 \text{ m}^3/\text{hr}$ de gas natural para proporcionar el calor perdido a través de las paredes del horno.

Cálculo del calor perdido mediante las prenda y el transportador de cadena.

Como primera estimativa considerar que el transportador de cadena está hecho con cadena de 3/8" con un peso aproximado de 0.8 lb/ft y que la cadena recorre 2250 ft/hr, o sea que la cantidad de calor perdido por hora mediante la cadena se pueda calcular según la siguiente fórmula:

$$Q = WC_{p\Delta t}$$

dónde:

W = peso de la cadena

C_p = Calor específico del acero al carbón = 107 BTU/lb °F

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 340 - 35 = 255 \text{ °F}$$

$$Q = 2250 \text{ ft/hr} \times 0.8 \text{ lb/ft} \times 0.107 \text{ BTU/lb} \cdot ^\circ\text{F} \times 255^\circ\text{F} = 49200 \text{ BTU/hr}$$

$Q = 49200 \text{ BTU/hr}$ calor perdido por la cadena de transmisión.

Si consideramos que nuestra producción tiene un peso aproximado de 250 gr/prenda = 0.55 lb/prenda, y se procesan 6000 prendas por hora, tendremos que:

$$Q = W C_p \Delta t \quad \text{donde:} \quad \begin{array}{l} W = \text{peso prendas} \\ C_p = \text{calor específico algodón} \\ \Delta t = t_1 - t_a = 340 - 85 = 255^\circ\text{F} \end{array}$$

$$Q = 6000 \text{ prendas/hr} \times 0.551 \text{ lb/prenda} \times 0.32 \text{ BTU/lb} \cdot ^\circ\text{F} \times 255^\circ\text{F}$$

$$Q = 270000 \text{ BTU/hr}$$

O sea, que el calor perdido mediante las prendas y el transportador es aproximadamente igual a 319200 BTU/hr, lo que equivale a 319200 BTU/hr / 33600 BTU/m³ = 9.51 m³ de gas natural.

La pérdida total de calor perdido por el sistema será igual a:

$Q =$ Calor perdido por conducción-convección y radiación a través de las paredes del horno + calor absorbido por las prendas y la cadena.

$$Q = 50800 \text{ BTU/hr} + 319200 \text{ BTU/hr} = 370000 \text{ BTU/hr}$$

Lo que equivale a 370000 / 33600 = 11.012 m³/hr de gas natural.

Cálculo del volumen de gases de combustión resultante de la combustión de 11.012 m³/hr de gas natural.

El gas natural proveniente de Petróleos Mexicanos tiene el siguiente análisis:

Compuesto	Composición PH	
Metano	93.4%	16
Etano	5.4%	30
Propano	1.2%	44

Los pesos específicos de los componentes del gas natural serán:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

$$\text{Metano} = \frac{16}{22.4} = .716$$

$$\text{Etano} = \frac{30}{22.4} = 1.341$$

$$\text{Propano} = \frac{44}{22.4} = 1.97$$

Los pesos específicos individuales nos sirven para calcular el peso específico del gas natural, es decir la suma del resultante del peso específico por su proporción en el gas natural.

Peso específico %

Metano $.716 \times .934 = .6687$

Etano $.054 \times 1.341 = .0724$

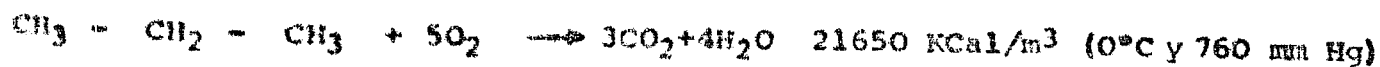
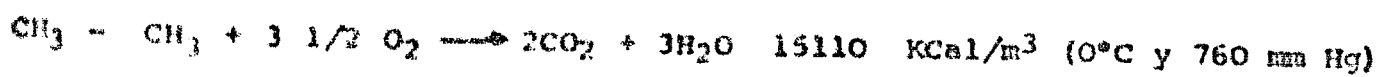
Propano $.012 \times 1.97 = .0236$

Peso específico gas natural = .7647 a 0°C y atmósfera de presión.

Peso específico a 586 mm de Hg y 0°C = $.7647 \times \frac{586}{760} = 0.595$

Peso específico a 0° y 586 mm de Hg = .595

El poder calorífico del gas natural se puede calcular de la siguiente manera:



8560 KCal/m³ x .934% = 7995.04

15110 KCal/m³ x .054% = 815.94

21650 KCal/m³ x .012% = 259.80

9070.78 KCal/m³

Poder calorífico calculado de un metro cúbico de gas natural a 0°C y 760 mm de Hg = 9070.78 KCal/m³ = 6993.6 KCal/m³ a 0°C y 586 mm de Hg.

Como los pesos moleculares de cualquier gas ideal ocupan 22.4 m³ de volumen a condiciones estándar, entonces calculamos el volumen de gas de combustión resultante al quemar 1 m³ de gas natural con pro-

porción estequiométrica de aire.

Reacción	O ₂	CO ₂	H ₂ O
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.868	0.934	1.868
$\text{C}_2\text{H}_6 + 3 \frac{1}{2} \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	0.189	0.108	0.162
$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \longrightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	0.060	0.036	0.050
	<u>2.117</u>	<u>1.078</u>	<u>2.080</u>

La cantidad teórica de O₂ necesario es de 2.117 m³ a 0°C y 586 mm de Hg o sea, serán necesarios 2.177/0.21 = 10.08 m³ de aire, de los cuales 7.863 m³ son de nitrógeno.

El vol. en de aire necesario para enfriar los gases de combustión para que estén a 171°C (340°F) se puede calcular de la siguiente manera:

$Q = V C_m \Delta t$ donde Q = Contenido de calor en calorías a t °C.

C_m = Calor específico medio de los gases entre 0°C y t °C.

V = Volumen de los gases de combustión

Los calores específicos medios pueden calcularse según la fórmula del tipo $C_m = A + Bt$. E.D. Eastman dió las siguientes valores para A y B:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 0.406 + .00009 t \\ \text{H}_2\text{O} &= 0.373 + .00005 t \\ \text{O}_2 \text{ y } \text{N}_2 &= 0.302 + .000022 t \end{aligned}$$

Si consideramos que t es la temperatura máxima alcanzable y Q es el poder calorífico del gas obtenemos una ecuación de segundo grado que se pueda resolver obteniendo el valor de $t^{\circ}\text{C}$.

Para proporción estequiométrica tenemos:

$$6993.6 = 1.078 (.400 + 0.00039 t)t + 2.03 (.373 + 0.00005 t)t + 7.863 (.102 + 0.000022 t)t =$$

$$9993.6 = 0.000374 t^2 + 3.588 t$$

$$t = \frac{-3.588 \pm \sqrt{3.588^2 + 4 \times 9993.6 \times .000347}}{2 \times .000347}$$

$$t = 1700^{\circ}\text{C}$$

Si repetimos esta operación variando los valores del volumen de C_2 y H_2 según la cantidad de aire en exceso, obtenemos la siguiente tabla:

% de aire en exceso	Volumen de los gases de combustión	Temperatura de los gases de combustión
0	11.021 m ³	1700°C
50	16.062	1225
100	21.001	974
150	25.991	806
300	40.961	520
500	60.921	364
750	85.870	260
900	100.841	232
1200	130.781	172
1500	160.721	140

Si graficamos el prociesto de aire en exceso contra la temperatura y también la temperatura contra el volumen de gases de combustión obtenemos las curvas demostradas en la gráfica No. 3. Si fijamos las condiciones de entrada y de salida de los gases de combustión al horno en $t = 350^{\circ}\text{F}$ a la entrada y $t = 330^{\circ}\text{F}$ a la salida, y tomamos un volumen medio ($t = 340^{\circ}\text{F}$), podemos calcular cual es el volumen de aire necesario para proporcionar los 370000 BTU/hr = 92600 KCal/hr necesarios para compensar el calor perdido en el proceso.

$$Q = V C_m t$$

$$V = \frac{Q}{C_m t}$$

donde V = Volumen de gases de combustión necesario para compensar el calor perdido por el horno.

Q = Calor perdido por el horno.

t = Caída de temperatura de los gases de combustión.

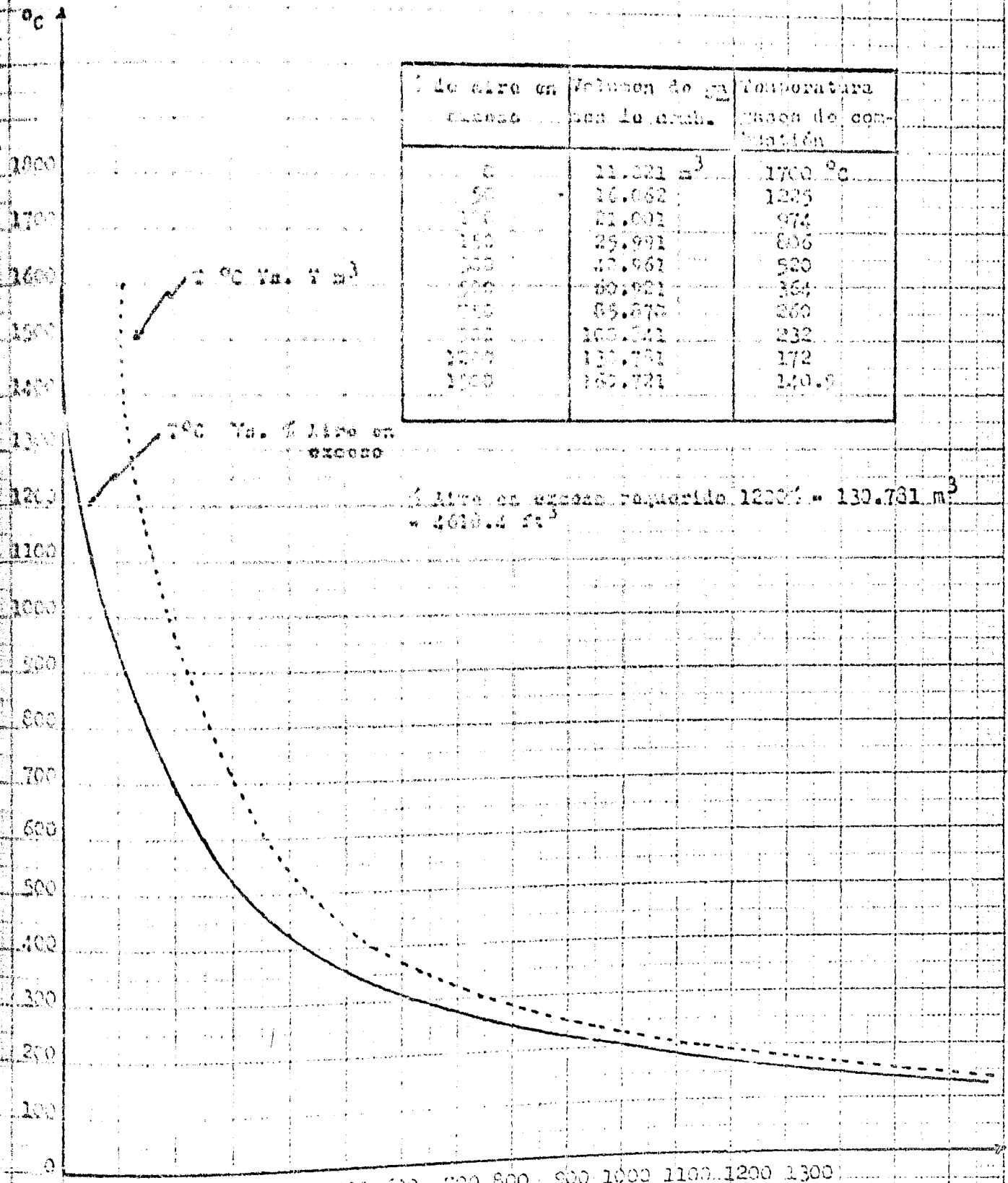
C_m = Calor específico de los gases de combustión (se puede considerar de aire).

$$C_m = .302 + 0.000022 t = .302 + .00748 = .30948$$

$$V = \frac{92600 \text{ KCal/hr}}{.30948 \text{ KCal/m}^3\text{C} \times 20^{\circ}\text{C}} = 15000 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Cálculo de Temperatura de Gases de Combustión Vs. % de Aire en exceso.

% de aire en exceso	Volumen de gas con la comb.	Temperatura gases de combustión
0	11.321 m ³	1700 °C
50	16.062	1235
100	21.001	974
150	25.991	806
200	30.961	680
300	40.921	564
400	50.871	460
500	60.841	382
600	70.781	322
700	80.721	272
800	90.721	232
900	100.721	192
1000	110.721	160.0



Aire en exceso requerido 1235% = 139.781 m³
 = 4610.4 ft³

100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300
 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 Volumen gas de combustión

$V = 15000 \text{ m}^3/\text{hr} = 250 \text{ m}^3/\text{min} = 8827.5 \text{ ft}^3/\text{min} = 147.2 \text{ ft}^3/\text{seg}$
a 32°F y 506 mm de Hg = $240 \text{ ft}^3/\text{seg}$ a 340°F y 560 mm de Hg.

El área de la sección inferior del horno es de:

$A = \text{Ancho} \times \text{alto} = \text{área ocupada por las prendas} =$

$$6 \times 8 = 48 \text{ ft}^2$$

La velocidad mínima permisible es de:

$$V = \frac{240 \text{ ft}^3/\text{seg}}{48 \text{ ft}^2} = 5 \text{ ft/seg}$$

Es decir, nuestro rango permisible de velocidad de los gases de combustión en el horno será entre 5 y 9 ft/seg.

Cálculo de la sección superior del horno.-

La manera en que se vayan a introducir los gases de combustión es de gran importancia debido a que se requiere que haya una uniformidad de temperatura a lo largo de todo el horno y que las corrientes de aire no causen movimiento en las prendas.

Los métodos para introducir gases de combustión al horno son los siguientes:

A) Gases introducidos por la parte posterior del horno.-

Este método haría que hubiese una pobre distribución de temperatura a lo largo de todo el horno, estando más caliente la parte posterior y más fría la parte de enfrente del horno.

b) Entrada de gases por el fondo a lo largo de todo el horno.-
Este método causaría que hubiera mucho movimiento en las prendas, causando caídas de las mismas o la formación de arrugas permanentes. Como durante la polimerización de la resina se volatiliza parte de la resina, la cual muchas veces se condensa y se deposita sobre el fondo, si los gases de combustión se introducen por el fondo se agitaría este polvo causando ensuciamiento de las prendas.

c) Entrada de gases por los lados y a lo largo de todo el horno.-
Este método causaría mucho movimiento en las prendas y además aumentaría considerablemente los costos de construcción.

d) Entrada de gases por el techo y a lo largo del horno.-
Este método es el más conveniente debido a que causaría la menor cantidad de movimiento en las prendas, debido a que están sujetadas precisamente por la parte superior, además habría una buena distribución sin causar agitación en los polvos depositados sobre el piso.

Las dimensiones de la parte superior dependerán de la velocidad de aire requerida para que los chorros de aire que entran a la parte interior del horno no alcancen velocidades lo suficientemente grandes como para causar movimientos en las prendas.

Para poder mantener una temperatura constante dentro del horno es necesario que los gases de combustión entren a lo largo del horno.

Según los cálculos hechos con anterioridad, el horno deberá tener una longitud de 50 ft; pero como es necesario instalar una chimenea de tiro forzado sobre la entrada al horno, y además instalar el soplador y quemador para producir los gases de combustión, consideraremos que los primeros 15 ft serán necesarios para dichas instalaciones. A lo largo de los 35 ft restantes se distribuirán uniformemente las entradas de gas de combustión al interior del horno, estas entradas serán aberturas transversales. La distancia entre aberturas y el ancho del mismo serán determinadas a continuación:

R.D. Madison y W. R. Elliot obtuvieron las siguientes fórmulas en sus estudios sobre el tiro de chorros isotérmicos de aire.

$$D_e = 1.13 \sqrt{A_e} \quad \text{Donde } D_e = \text{diámetro equivalente y}$$

$$A_e = \text{Area equivalente}$$

Además obtuvieron la figura No. mediante la cual se puede calcular el diámetro efecto de cualquier abertura con orillas rectas, considerando que la razón de área libre a área total $R_a = 1.00$, que el coeficiente de descarga (Cd) de 0.6 y un factor de velocidad de acercamiento de (1.0) Para cualquier condición diferente se

deberá modificar la figure No. mediante la fórmula siguiente:

$$D_e = D_a (fig) \sqrt{R_a C_d / .06}$$

Los valores de R_a y C_d los obtuvieron experimentalmente para varios tipos de aberturas.

Tabla No. 1

Tipo de abertura	R_a	C_d			
Entradas redondeadas	1.00	0.99	Use valores	tabla No.2	
Orificios con orillas ángulo recto	1.00	0.60	"	"	
Aberturas ductos rectos normales	1.00	1.00	Mult.Valor	Tab.2 x 1.05	
Aparillados	0.84	0.66	"	"	por 0.86
Aparillados	0.74	0.78	"	"	por 0.72
Paneles perforados	0.40	0.83	"	"	por 0.89
Paneles perforados	0.09	0.75	"	"	por 0.64
Efecto de razón de diámetros alto	-	-	"	"	por 0.42

Tabla No. 2

V_r tp	V_o fp					
	1000	2000	3000	4000	5000	6000
500 ó más	4.5	5.3	5.5	5.7	6.0	3.6
400	4.4	5.0	5.2	5.5	5.8	3.5
300	4.3	4.6	4.8	5.0	5.3	3.2
200	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	2.9
100	3.3	3.3	3.4	3.5	3.5	2.2

La velocidad efectiva, o sea la velocidad en la vena contracta V_o , se obtiene mediante el flujo q y el área efectiva A_o .

$$V_o = \frac{q}{A_o R_a C_d} = \frac{q}{A_o}$$

La velocidad residual V_r es función del tiro (X) del diámetro efectivo (D_e) y de V_o :

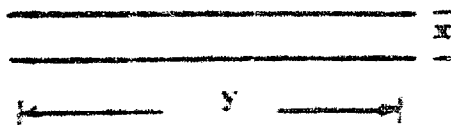
$$\frac{X}{D_e} = K \frac{V_o}{V_r}$$

K es una constante proporcional y se obtiene mediante la tabla No. 2

El factor de arrastre R_g es la razón del flujo de material total (Q_t) y del flujo en la vena contracta (q_j).

$$R_g = \frac{Q_t}{q_j} = 0.314 \frac{V_r}{V_o} (1.12 + 0.395 K \frac{V_o}{V_r})^2 - 1$$

Los únicos datos directos con que contamos es $q = 240 \text{ ft}^3/\text{seg}/n$ y que $A = nA_1$, donde A = área del ducto, n = número de aberturas y A_1 = área individual de las aberturas. $y = 5 \text{ ft}$. Además tenemos de la tabla No. 1 que $R_a = 1.0$ y $C_d = .99$ y que hay que multiplicar el valor de K de la tabla No. 2 por 0.86.



Como el cálculo del tiro es individual para cada abertura, y el flujo a través de cada abertura dependerá del área de la misma, el efecto del número de aberturas va a tener poco efecto sobre el tiro del chorro de aire, por lo que vamos a considerar que hay 20 aberturas a lo largo de nuestro horno.

Con los datos anteriores podemos calcular el tamaño de la parte superior. Primero tenemos que suponer una altura de la parte superior con la cual podamos calcular el área del ducto. Con el área podemos calcular A_1 y velocidad del gas en el ducto. Con A_1 podemos obtener (Z) , (V_0) y (q) . Con (Z) se puede obtener (D_0) . Si se supone un valor para V_r se obtiene el valor de K de la tabla No. 2 y se calcula X . Para $X = 2$ ft, el valor de V_r no deberá ser mayor de 9 ft/seg = 540 ft/min.

Ejemplo:

Para una altura de la parte superior = 2 ft

$$A = 2 \times 8 = 16 \text{ ft}^2$$

$$q = 240 \text{ ft}^3/\text{seg}/n = 12 \text{ ft}^3/\text{seg} = 720 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$R_a = 1.0$$

$$C_d = .99$$

$$n = 20$$

$$A_1 = A/n = 16/20 = .8 \text{ ft}$$

$$Z = A_1/y = .8/8 = .1 \text{ ft.} = 1.2''$$

$$A_e = A R_a C_d = .8 \times .99 \times 1.0 = .792 \text{ ft}^2$$

$$V_o = q/A_e = 720/.792 = 910 \text{ ft/min}$$

$$D_e = 1.13 A_e = 1.01 \text{ ft}$$

Si suponemos $V_r = 540 \text{ ft/min}$

$$K = 4.4 \times .86 = 3.78$$

$$X = K D_e V_o/V_r = 3.78 \times 1.01 \times 910/540 = 6.4 \text{ ft}$$

Como X salió muy grande repetiremos los cálculos para una altura de la parte superior de 3 ft

$$A = 8 \times 3 = 24 \text{ ft}^2$$

$$q = 720 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$R_a = 1.0$$

$$C_d = .99$$

$$n = 20$$

$$A_1 = 24/20 = 1.2 \text{ ft}^2$$

$$Z = 1.2/8 = .15 \text{ ft} = 1.8^\circ$$

$$A_e = 1.2 \times .99 \times 1 = 1.19 \text{ ft}^2$$

$$V_o = 720/1.19 = 606 \text{ ft/min}$$

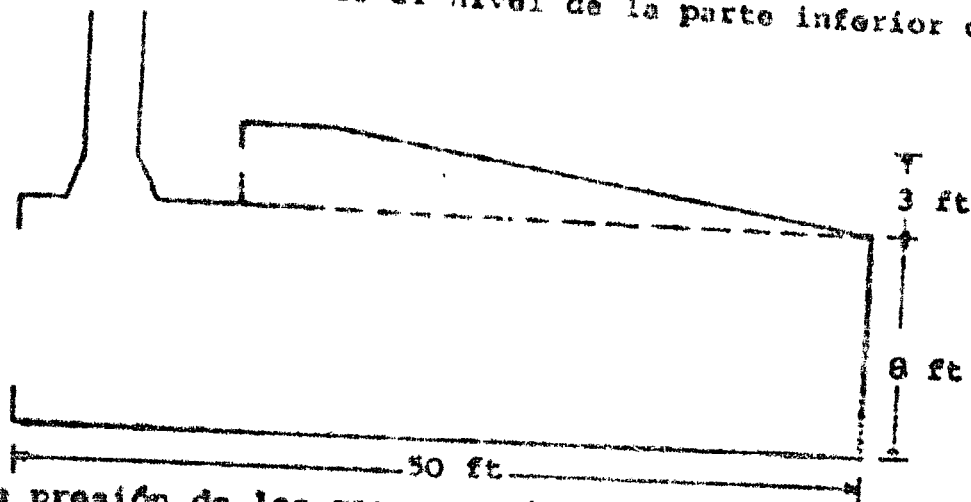
$$D_e = 1.13 \times 1.19 = 1.23$$

Si $V_r = 540 \text{ ft/min}$

$$K = 36 \times .42 = 1.51$$

$$X = 1.51 \times 1.23 \times 606/540 = 2.07 \text{ ft}$$

El valor de 3 ft de alto nos da un valor bastante acertado por lo que consideramos a nuestro horno en su parte superior de 8 ft de ancho y 3 ft de alto. En su parte inferior para disminuir uniformemente hasta alcanzar el nivel de la parte inferior del horno.



Caída de presión de los gases en el horno.-

a) Caída de presión en el ducto superior

$$\text{Flujo} = 240 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$\text{Area} = 8 \times 3 = 24 \text{ ft}^2$$

$$V = 10 \text{ ft}/\text{seg} = 600 \text{ ft}/\text{min}$$

$$L = 35 \text{ ft}$$

$$De = 2 \times 8 \times 3/11 = 4.36$$

$$\mu = 3.2 \frac{\text{ft}^2}{\text{seg}} \times 10^6$$

$$\epsilon = .0005 \text{ ft}$$

$$= .0385 \text{ lb}/\text{ft}^3 \text{ a } 586 \text{ mm de Hg y } 340^\circ\text{F}$$

$$\text{Re} = \frac{4.36 \text{ ft} \times 10 \text{ ft}/\text{seg}}{3.2} \times 10^6 = 13.62 \times 10^6$$

$$\epsilon/D = \frac{.0005}{4.36} = .00011$$

De la gráfica Fig. 22, Pan Engineering, Buffalo, Pg. 62

Factor de Fricción de Darcy = $f = 0.014$

$$P = \frac{fL}{144 D 2g} \frac{v^2}{2g} = \frac{.0385 \text{ lb/ft}^3 \times .014 \times 35 \text{ ft} \times 100 \text{ ft}^2/\text{seg}^2}{144 \times 4.36 \times 2 \times 32.17} =$$

$$\frac{1.8860}{40,395} = .000046 \text{ lb/in}^2$$

1 lb/in² = 27.7 in. de agua

$$P = .000046 \times 27.7 = 0.00013 \text{ pulgadas de agua}$$

b) Caída de presión en el ducto inferior.-

$$\text{Plujo} = 240 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$\text{Area} = 40 \text{ ft}^2$$

$$V = 6 \text{ ft/seg}$$

$$D_o = 6.85 \text{ ft}$$

$$L = 40 \text{ ft}$$

$$\text{Nre} = 6.85 \times 6/3.2 \times 10^6 = 12.8 \times 10^6$$

$$\epsilon/D_o = .0005/6.85 = .000073$$

Factor de fricción de Darcy = 0.014

$$P = \frac{.0385 \times 0.014 \times 40 \times 36}{144 \times 6.85 \times 2 \times 32.17} = \frac{0.777}{63465} = 0.000012 \text{ lb/in}^2$$

$$P = .000012 \times 27.7 = .00033 \text{ pulgadas de agua}$$

c) Caída de presión a través del orificio.-

$$q = CA \sqrt{2g P}$$

donde C = Coeficiente de flujo para orificios

$$P = \left(\frac{q}{CA}\right)^2 / 2g$$

$$C = 1.3$$

$$A = 24 \text{ ft}^2$$

$$P = \frac{\left(\frac{240}{1.3 \times 24}\right)^2}{2 \times 32.17} = \frac{.0385}{64.34}$$

$$P = 7.69^2 \times \frac{.0385}{64.34} = \frac{2.27}{64.34} = 0.035 \text{ lb/ft}^2$$

$$P = 0.035 \times .192 \text{ in agua/lb/ft}^2 = 0.00672 \text{ pulgadas de agua}$$

d) Caída de presión por expansión brusca.-

En la gráfica Pg. A-26 del Crane está graficado el coeficiente de resistencia K contra la relación de diámetros d_1/d_2 .

$$d_1 = 4.36 \text{ ft} \quad d_1/d_2 = 4.36 / 6.85 = 0.64$$

$$d_2 = 5.85 \text{ ft}$$

De la gráfica tenemos que $K = 0.32$

$$K = f L/D$$

$$P = K \frac{V_2^2}{144 \times 2g} = 0.32 \frac{.0385 \times 100}{144 \times 64.34} = 0.00013 \text{ lb/in}^2$$

$$P = 0.00013 \text{ lb/in}^2 \times 27.7 = 0.0036 \text{ pulgadas de agua}$$

La caída de presión total será equivalente a la suma de caídas de presión anteriores más un factor de seguridad. Este factor

de seguridad incluye la pérdida de presión debido a:

- a) Cambios de dirección del gas al pasar de la sección superior a la inferior.
- b) Turbulencias causadas por las prendas en movimiento.
- c) Otras pérdidas por factores diversos.

$$P = .00013 + 0.00033 + 0.00672 + 0.0036 = 0.01 \text{ pulgadas de agua}$$

Se considera una caída de presión total de 1.0 pulgadas de agua para todo el sistema, se estará cubriendo todos los factores que pudieran causar una caída de presión adicional dentro del horno.

Cálculo de los Ventiladores.-

En el horno se necesitan dos ventiladores; uno que impulsa los gases de combustión a través del horno y el segundo para impulsar los gases de combustión salientes del horno a la atmósfera, al igual que al'viar la carga térmica en el cuarto donde está colocado el horno.

El ventilador impulsor de los gases sería del tipo axial debido a los pequeños cambios de presión, y se considera que el gas es un fluido incompresible.

Se necesitan mover 8827.5 ft³/min de gases, o sea 8827.5 ft³/min x 0.0385 lb/ft³ = 340 lb/min. La cabeza que necesita vencer el sistema es de 0.2 pulgadas de agua a 80°F.

La potencia del motor necesaria para impulsar los gases será de:

$$HP = \frac{W H_c}{n \cdot 33,000}$$

donde: W = lb/min de aire

H_c = Cabeza medida mediante una columna del mismo gas.

$$H_c = H_a = \frac{H_w \rho_w}{\rho_a} \text{ ft aire}$$

n = Eficiencia del ventilador = 70%

$$H_c = H_a = \frac{1 \times 1/0.1608}{(12) (.0385)} = 1/.00742 = 134.58$$

$$a = P/RT = \frac{11.4 \times 144}{53.3 \times 800} = \frac{1641.6}{42640} = .0385$$

$$W = 340 \text{ lb/min}$$

$$Hp = \frac{134.58 \times 340}{.7 \times 33000} = \frac{45757}{23100} = 1.98$$

Es decir, se necesita un motor de 2 Hp

Debido a que es muy difícil de calcular con exactitud la caída de presión que va haber dentro del horno, la práctica más común en estos casos es probar varios motores de diferente calibaje en el ventilador escogido y probar el amperaje tomado por los motores para ver exactamente cual es el caballaje más adecuado.

El segundo ventilador, tiene el objeto de evitar que los gases de combustión entren al cuarto donde se encuentra el horno y a su vez impulsar estos para que sean descargados a la atmósfera. Se consideró que el 40% de la carga será tomada del cuarto y el 60% serán gases salientes del horno. Es decir:

$$q = 8827.5 \text{ ft}^3/\text{min} / .60 = 14650 \text{ ft}^3/\text{min} \text{ a } 340^\circ\text{F y } 586 \text{ mm de Hg}$$

El ducto tiene una altura de 20 ft y un diámetro de 4 ft con un área de:

$$A = r^2 = 12.5 \text{ ft}^2$$

La temperatura media la podemos calcular como:

$$n_1 t_1 + n_2 t_2 = .4 \times 85 + .6 \times 340 = 34 + 204 = 238^\circ\text{F}$$

$$238^\circ\text{F} = \frac{11.4 \times 144}{53.3 \times 698} = 0.041 \text{ lb/ft}^3$$

$$q = 14650 \times \frac{.0385 \text{ lb/ft}^3}{.041 \text{ lb/ft}^3} = 13400 \text{ ft}^3/\text{min} = 223 \text{ ft}^3 / \text{seg}$$

Teniendo el gasto de aire se puede calcular la velocidad:

$$v = \frac{223 \text{ ft}^3/\text{seg}}{12.5} = 17.8 \text{ ft/seg}$$

La caída de presión se deberá básicamente a la expansión brusca a la salida del ducto, se puede depreciar la fricción de las paredes del ducto, además se debe considerar la diferencia de altura del ducto que es de 15 ft.

K = 1 Gráfica Pg. A-26 Del Crane

$$P = K \frac{v^2}{144 \times 2 \text{ g}} = 1 \frac{.041 \times 17.8^2}{144 \times 2 \times 32.17} = .0014 \text{ lb/in}^2$$

La caída de presión por diferencia de alturas es de 30 ft.

$$P = ZP = 30 \text{ ft} \times .041 \text{ lb/ft}^3 = 1.23 \text{ lb/ft}^2$$

$$P = .615 \text{ lb/ft}^2 \times 0.192 \text{ " agua/lb/ft}^2 = 0.236 \text{ in. de agua}$$

$$P \text{ total} = 0.238 \text{ de agua } 0.3 \text{ " de agua}$$

Teniendo la caída de presión podemos calcular la potencia del motor requerido para el ventilador:

$$H_t = \frac{A H_a}{n} = \frac{17w}{n} = \frac{0.3}{(12) (0.01608) (.041)} = \frac{0.3}{.07911} = 25.28$$

$$w = \text{lb/min de aire} = 134.00 \times 0.041 = 549.4$$

$$HP = \frac{W H_t}{n \times 33000} = \frac{594.4 \times 25.28}{.7 \times 33000} = \frac{13888.8}{23100} = .60 \text{ HP}$$

Es decir, se necesitará un motor de 3/4 HP.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Conclusiones. -

1. El método postcurado (Koratrón) es el método más versátil de los existentes actualmente.
2. El método de postcurado solamente se podría utilizar para una compañía de manufactura de ropa grande, o bien estableciendo un centro en el cual solamente se efectuaría el planchado y el curado de las prendas de las compañías manufactureras.
3. Un horno para 50 docenas de prendas por hora tendría las siguientes características:

Longitud - 51 ft

Ancho - 8 ft

Altura del cuerpo - 8 ft

Altura máxima ducto superior - 3 ft

Altura mínima ducto inferior - 0 ft

Longitud a través de donde entran los gases - 35 ft

Número de las ranuras a través de las cuales entran los gases a la base - 20

Dimensiones de la ranuras - 8 x .15 ft

Velocidad máxima permisible del aire - 9.58 ft/seg

Velocidad mínima permisible del aire - 6.00 ft/seg

Gasto de gas de combustión = 240 ft³/seg a 340°F y 586 mm Hg

Calor perdido en el horno - 370,000 BTU/hora

Consumo de gas natural - 11.01 m³/hora

Aislante usado - Fibra de vidrio K .024

Grueso del aislante - 1.5 pulgadas

Temperatura pared exterior del horno - 134°F

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía.-

1. American Association of Textile Chemists and Colorists, Evaluating Wash-and-Wear and Permanent Press, Durham, N.C., 1964.
2. American Fabrics Magazine, "Permanent Press" the ultimate in Wash-and-Wear, Pgs. 1 - 8.
3. Buck G., and Gatchell W., Process of inducing a crease into crease proofed cellulose fabrics by treating with an acid catalyst and not pressing a crease in the treated area, U.S. Patents 2957746, Oct. 26, 1960.
4. Calderón P.A., Proceso Industrial para el Acabado Inarrugable y Repelente al agua en tela de Acetato-Viscosa, Tesis, 1958.
5. Celanese, Technical Bulletin T D 65, Fabrication of 50/50 Blend Fortrel Polyester/Cotton Permanent Press Trousers.
6. Crane, Flow of Fluids, Technical Paper No. 410, 1957, Pages 2-3, 3-3, A-26 y A-27.
7. Delcrón de México, Costura de telas de fibra poliéster "Delcrón", Boletín Técnica D-13, Agosto de 1965.
8. Dupont, Technical Information Bulletin X-202, A Technical Approach to Durable Press, Nov. 1965.
9. Faires, Thermodynamics of Heat Power, Mc Millan Co., New York, 1962, Pgs. 376-379.

10. Figuera, H., Planchado permanente o durable en prendas y la aportación del poliéster a estos procesos, Pgs. 1-31 (Copia de la conferencia suscitada el día 25 de marzo de 1966 para la Asociación Mexicana de Coloristas y Químicos Textiles, A.C.
11. Goldstein, H. y Silvestri, M., Process for the manufactures of Urea, Glyoxal and Formaldehyde reaction, product useful for improving cellulose textile materials.
12. González, E y Gutierrez, J., The Crosslinking of cotton cellulosa with gaseous formaldehyde in the presence of various compounds, American Dye Stuff Reporter, Vol.54, Pg. 66, Septiembre 13, 1966.
13. Jorgensen R., Pan Engineering, 6th. Edition, Pgs. 60-72, 151-158, Buffalo Forge Co., Buffalo, New York, 1961.
14. Lynn, J. E. and Press J.J., Advances in textile processing, Vol. I, Pgs. 39-67, Textile Book Publishers Inc., 1961, New York.
15. McAdams, W., Heat Transmission, 3rd. Edition, Pgs. 4, 170-174, 65, McGraw Hill Book Co. Inc., McGraw Kuchta Co. L.T.D.
16. Marsh, J. T., Self Smoothing Fabrics, Pgs. 16-29, 29-35, 50-136 190-195.
17. Mizell, L., Process for improving crease retention properties of cotton garments.
18. Morelos, R. A., y Zaragoza, Summary of Methods of Processing Fabrics and Garments to Produce "PermanentePress" Results, Pgs. 1-25, Celanese, U. S. A.

19. Perry, Chemical Engineers Handbook, 4th Edition, 1963, Pgs. 5-17, McGraw Hill Book Co. Inc., Kogakusha Co. L. T.D.
20. Pinault, R. W., The durable press race, Vol. 116 No. 6, Pgs. 64-92, Textile World, Junio 1966.
21. Wainock, H. K. y Hubener, F., Press free crease retaining garments and method of manufacture there of, U. S. Patent 2,974,432 Marzo 14, 1961.
22. Zepeda O. J., Apuntes de hilatura de algodón, Primer Curso, Politécnico, 1958.

