
FACULTAD DE QUIMICA

- Sistema de Aire Acondicionado para la Fabricación de Charol a base de Poliuretano.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a:

JORG PAASCHE CLASEN

MEXICO, D. F.

1966





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.



**SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA FABRICACION
DE CHAROL A BASE DE POLIURETANO**

J O R G P A A S C H E C L A S E N

MEXICO, D. F.

1966

*A mis queridos padres con mi -
respetuoso agradecimiento, por
haberme sabido guiar en la vida.*

*Un recuerdo de gratitud a -
Farbenfabriken Bayer, A.G.
Químicas Unidas, S. A., y
Tenería Temola, S.A.,*

INTRODUCCION

La experiencia obtenida por el empleo del charol a base de poliuretano, ha mostrado que las propiedades físicas y químicas de éste, son muy superiores a las del charol de fabricación original y, debido a esto, se ha visto la posibilidad y conveniencia de cambiar el proceso original. Hay que hacer notar que en la fabricación de charol existe un problema crítico, que es el polvo. Debido a este problema se requiere que la aplicación del charol se efectúe en un cuarto hermético a prueba de polvo. En este trabajo se definirán las características de este cuarto hermético, así como el sistema de aire acondicionado, necesario para las condiciones de trabajo. Además, se calculará la inversión requerida, para cambiar el proceso, y, el costo de producción del producto terminado, fabricado por este nuevo procedimiento.

CAPITULO I

**DESCRIPCION SOMERA DE LAS MAQUINAS
EMPLEADAS EN CURTIDURIA**

Antes de describir la fabricación de charol, se dará una explicación somera de las máquinas empleadas en curtiduría. Cada máquina será además representada esquemáticamente. Las máquinas empleadas, son las siguientes:

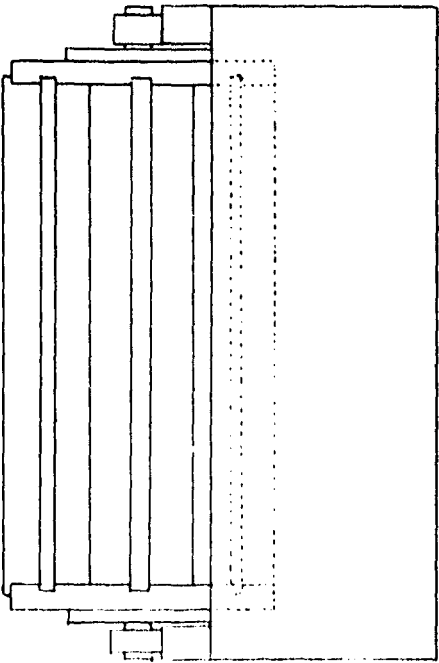
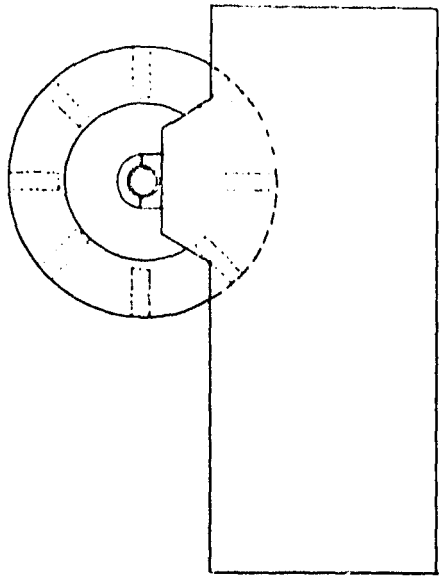
1 - Paleta

El paleta consta de una fosa, que contiene el agua y las pieles y una rueda de paletas, la cual, al estar en movimiento, - mantiene las pieles en un constante movimiento de traslación. La fosa tiene una capacidad de aproximadamente $8m^3$ y generalmente se construye de concreto. La rueda de paletas es de madera y tiene un diámetro de 1.40m y un ancho de 3m.

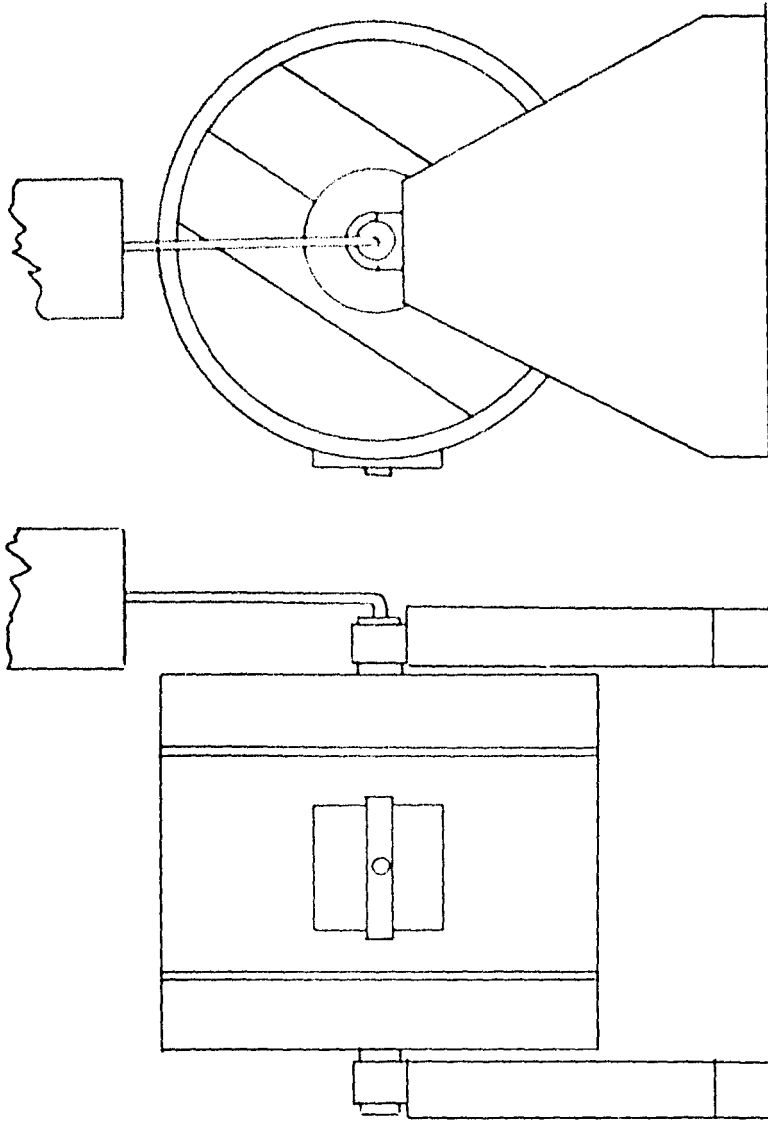
2 - Tambor

Los tambores son cilindros de madera horizontales. En su interior se mantienen las pieles con el baño empleado en la fase de la curtición que se esté llevando a cabo. Al ponerlos en movimiento, las pieles son levantadas por unas espigas cónicas, que se encuentran unidas a la pared interior del tambor, y, al llegar a la parte superior, caen las pieles otra vez al baño.

Las soluciones se cargan al tambor por el eje de rotación que es hueco. El eje está conectado por medio de una tubería a un barril, que se encuentra a un nivel superior al tambor. A este barril va una tubería de agua fría y una de vapor.



ESQUEMA DE UN PALETO



ESQUEMA DE UN TAMBOR DE
CURTICIÒN

Los cueros y las sustancias en polvo se introducen al tambor por una puerta que se encuentra en la superficie lateral del tambor. Cuando se trata de lavar las pieles, se deja entrar -- agua por el eje hueco, y la puerta se cambia por una reja, para que pueda salir el agua.

Los tambores generalmente tienen un diámetro de 3 metros y un ancho de 2 - 4 metros. Según para que fase de la curti-ción se utilicen, tienen diferente ancho y diferente velocidad de rotación, la cual varía de 4 - 16 rpm.

3 - Máquina de descarnar

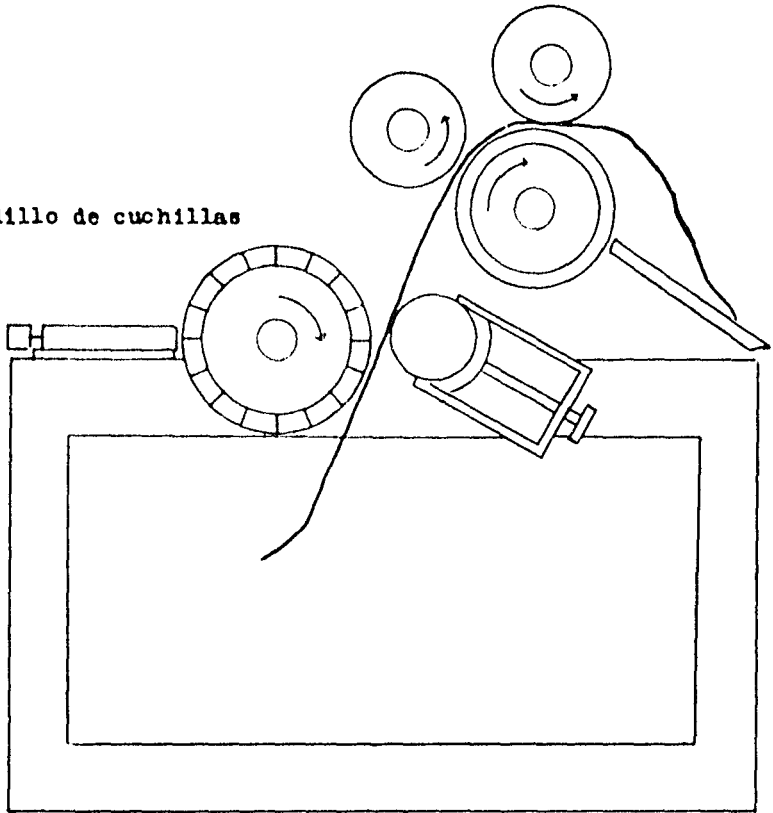
Las pieles se descarnan generalmente después del remojo, o sea, que se eliminan los restos de carne y grasa que contiene todavía la piel. Este paso se efectúa en la máquina de descarnar, jalando la piel por medio de dos rodillos acanalados contra un rodillo de cuchillas que gira a una velocidad de 1200-1500 rpm, y un rodillo elástico de hule. La piel va en dirección contraria a la rotación del rodillo de cuchillas, el cual, estando bien graduado, actúa con tal presión sobre la piel, que las cuchillas cortan únicamente - las fibras carnosas que cuelgan de la piel.

Las cuchillas que van en forma helicoidal alrededor del rodillo, se mantienen con filo por medio de un dispositivo para afilar, montado en la máquina.

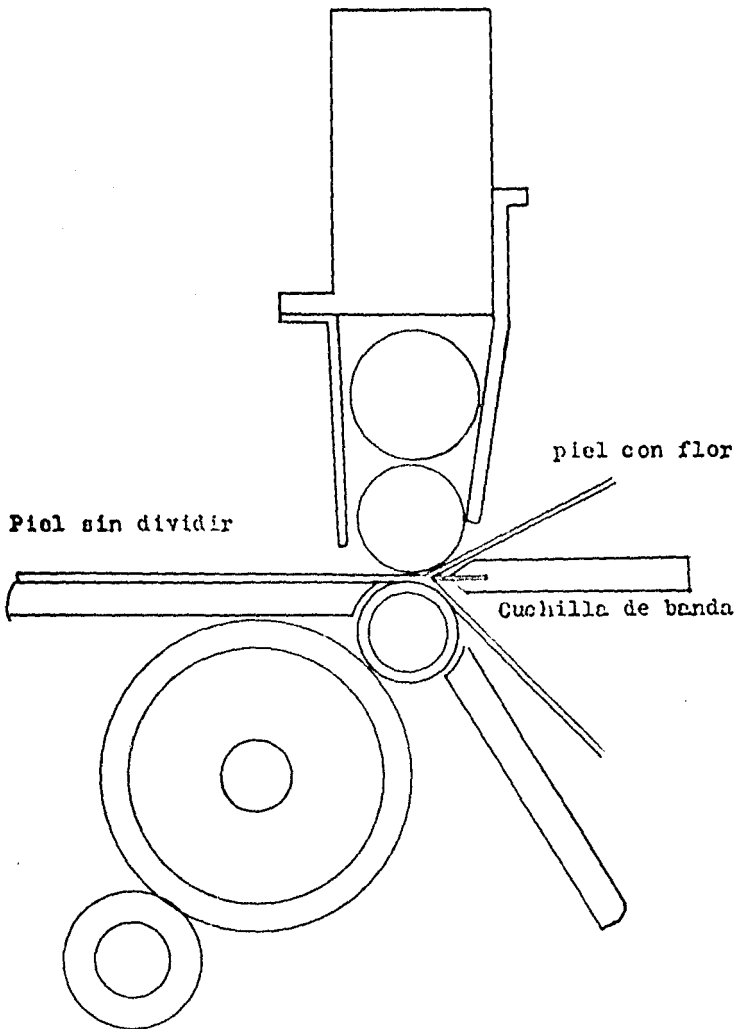
4 - Máquina de dividir

Como la piel de res es muy gruesa para hacer charol, - se divide a máquina. Generalmente se prefiere dividir después del -

Rodillo de cuchillas



ESQUEMA DE UNA MAQUINA DE DESCARNAR



ESQUEMA DE UNA DIVISION DE PIEL EN UNA MAQUINA
CON CUCHILLA DE BANDA

pelambre, para facilitar la curtiembre, debido a que el espesor de la piel es entonces más reducido. Para poder dividir perfectamente, las pieles deben tener un determinado grado de hinchamiento y, además, no deben tener una superficie demasiado lisa y resbalosa.

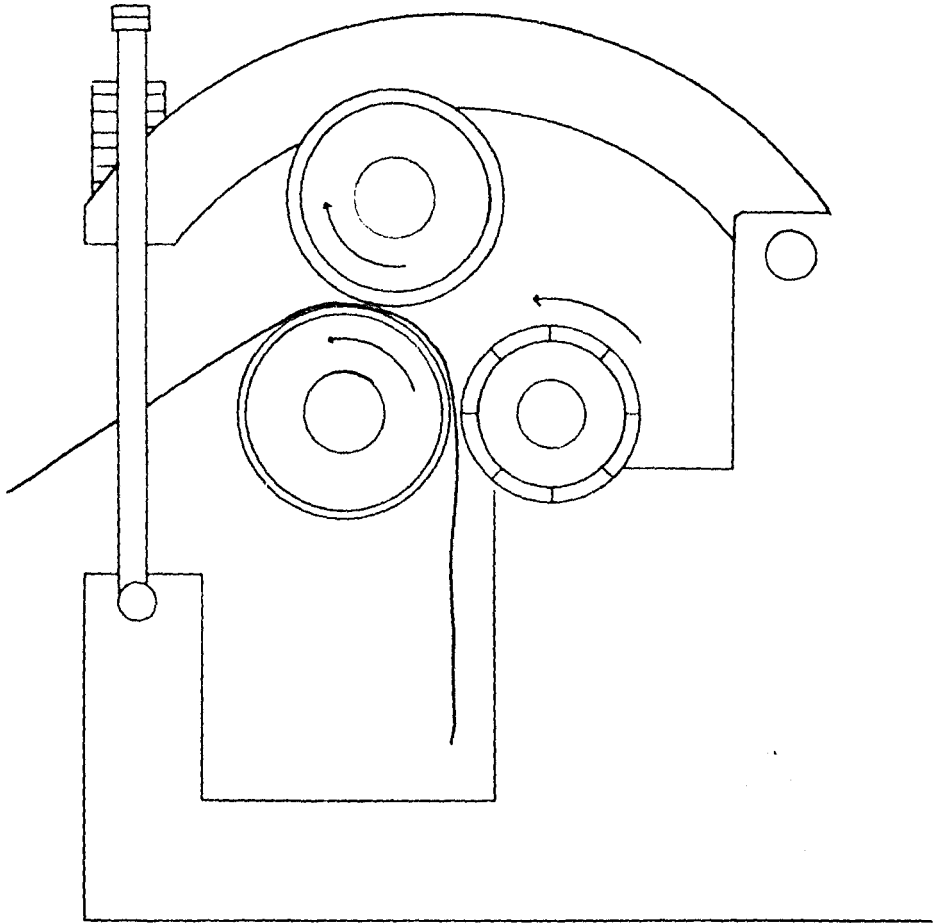
En la máquina de dividir se empuja la piel contra una cuchilla, por medio de unos rodillos acanalados, de los cuales, el inferior es algo flexible, mientras que al superior se le impide flexionar, aplicándole una presión con otro rodillo que actúa sobre él. La cuchilla tiene forma de banda y es movida por dos poleas. Esta cuchilla divide la piel en dos partes paralela a su superficie. El filo lo mantiene un dispositivo especial de afilar, montado en la máquina. Graduando la separación entre los dos rodillos de transporte, que empujan la piel contra la cuchilla, se puede regular el grueso de la parte superior de la piel. Siempre se divide con el lado de la flor hacia arriba.

5 - Máquina de escurrir

La máquina de escurrir se compone de dos o más rodillos con unas mangas de fieltro, entre los cuales se pasa el cuero. Los rodillos ejercen tal presión sobre éste, que lo exprimen.

Además tiene un rodillo con cuchillas sin filo, que oprime al cuero contra el rodillo de transporte. Estas cuchillas tienen el fin de extender el cuero antes de que se exprima, eliminando la posibilidad de formación de arrugas.

Por medio del escurrido se elimina gran parte de agua que contiene el cuero, de tal manera que éste queda con la humedad ideal para ser rebajado. Al mismo tiempo se eliminan los restos de curtiembre no fijados en las fibras.



ESQUEMA DE UMA MÁQUINA DE ESCURRIR ROTATORIA

6 - Máquina de rebajar

Con la máquina de rebajar se homogeniza el espesor del cuero al grueso que se quiera obtener. Al mismo tiempo se alisa la superficie de éste, obteniendo un ligero aflojamiento de su masa fibrosa.

La parte esencial de la máquina de rebajar, es un rodillo con cuchillas en espiral colocadas en su superficie, que forman una V en el centro, de donde parten hacia las orillas. Un rodillo oprime al cuero contra el rodillo de cuchillas, que rota a gran velocidad. La distancia entre este rodillo y el rodillo de cuchillas, se puede graduar.

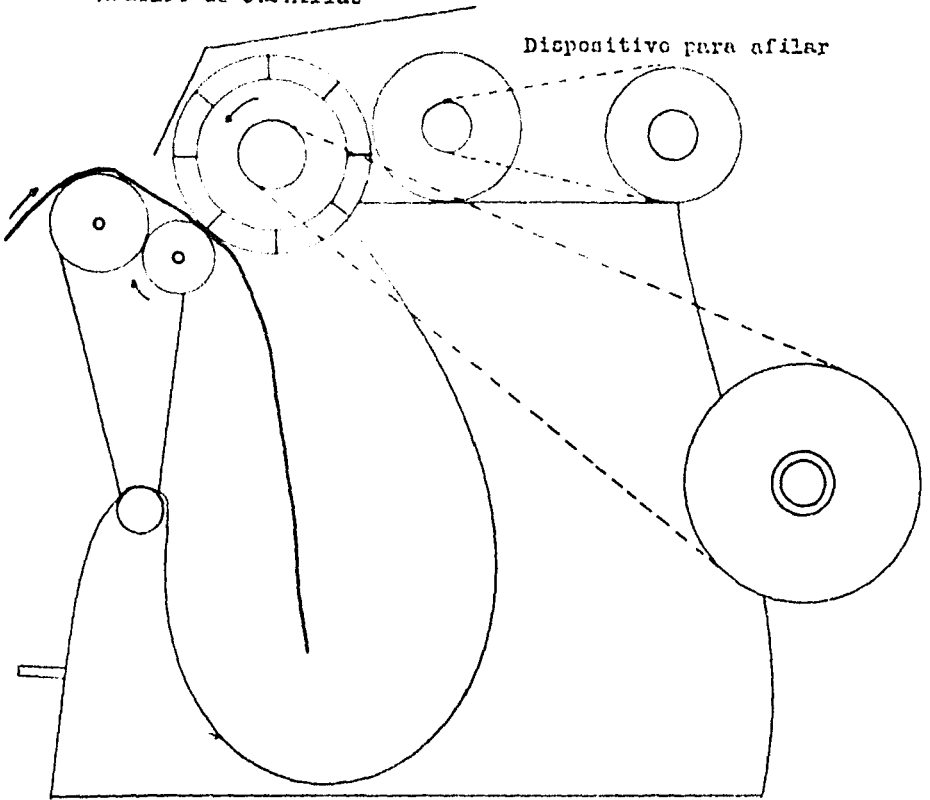
Debido a la posición en V de las cuchillas, el cuero se extiende hacia los lados durante el rebajado, evitando la formación de arrugas, que serían cortadas por éstas, siendo el cuero dañado seriamente. Las cuchillas se afilan con un esmeril que se traslada automáticamente de un extremo del rodillo de cuchillas al otro, rotando en la misma dirección que éste, pero con una mayor velocidad.

7 - Máquina de aflojar

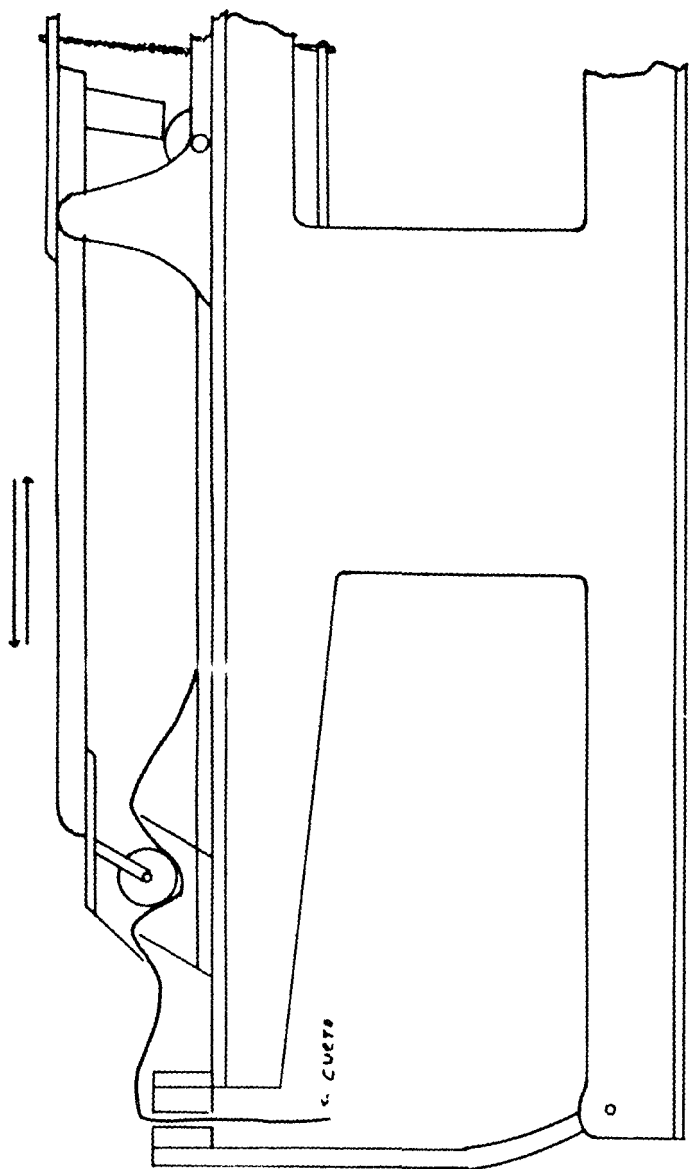
Para ablandar el cuero, se jala la estructura fibrosa de éste en diferentes direcciones, con el fin de aflojar los grupos de fibras. Esta operación se hace en una máquina de aflojar, que consiste de una mesa en cuya superficie siguen dos brazos un movimiento de vaivén. En el extremo delantero de los dos brazos van los dispositivos para aflojar. El brazo superior tiene una placa metálica ligeramente inclinada y un rodillo de hule, el cual, al cerrar los brazos, aprisiona el cuero entre dos placas metálicas ligeramente inclinadas que se encuentran sobre el brazo inferior. Cuando los brazos se mue-

Rodillo de cuchillas

Dispositivo para afilar



ESQUEMA DE UNA MAQUINA DE RESBAJAR



ESQUEMA DE UNA MAQUINA DE AFLOJAR

ven hacia atrás, se cierran, pasando el cuero, sujeto por un dispositivo especial, sobre los bordes agudos de las placas metálicas inferiores, de tal manera que se afloja su estructura fibrosa. Cuando los brazos se mueven hacia adelante, se abren, al mismo tiempo que se abre también el dispositivo que sujeta al cuero, de tal manera que éste se puede desplazar hacia un lado.

El grado de aflojamiento obtenido, depende de qué tan profundo entra el rodillo entre las placas, siendo posible graduar esta profundidad.

8 - Máquina de lijar

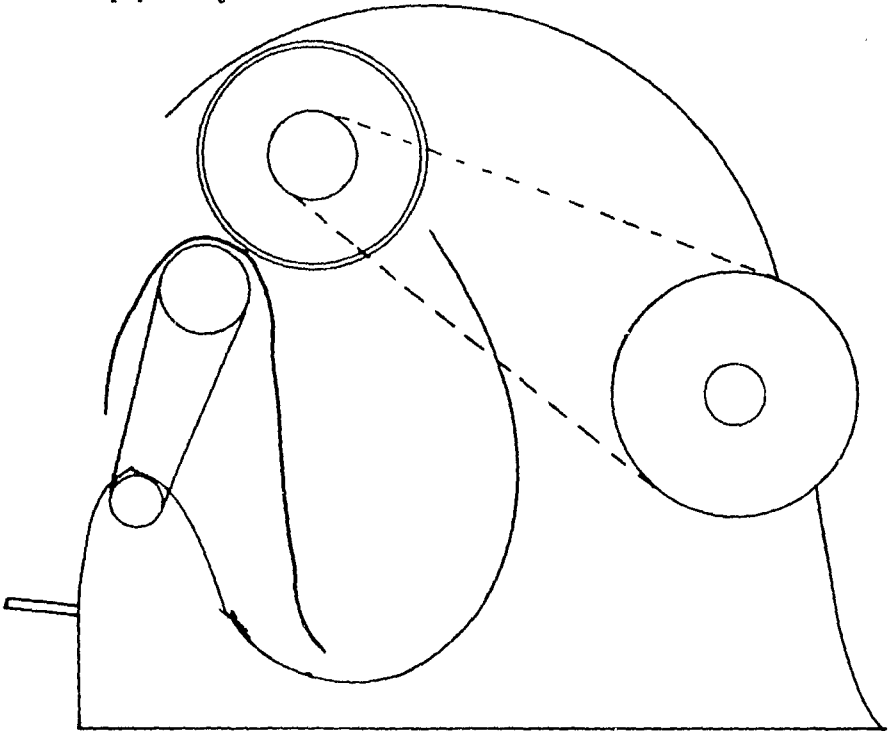
Con el fin de hacer menos apreciables los defectos del cuero en el charol terminado, se lija la flor de éste. Para ello hay una máquina especial, en la cual se oprime el cuero contra un rodillo rotatorio, el cual está cubierto con papel lija. Según el grado de lijado que se desee, se escoge el grano del papel de lija. Para impedir durante el lijado la obtención de rayas sobre el cuero, el rodillo con papel lija tiene además del movimiento de rotación, un movimiento oscilatorio de izquierda a derecha. El cuero se oprime contra el rodillo con papel lija por medio de un rodillo accionado por una palanca, de manera similar a la máquina de rebajar.

9 - Plancha hidráulica

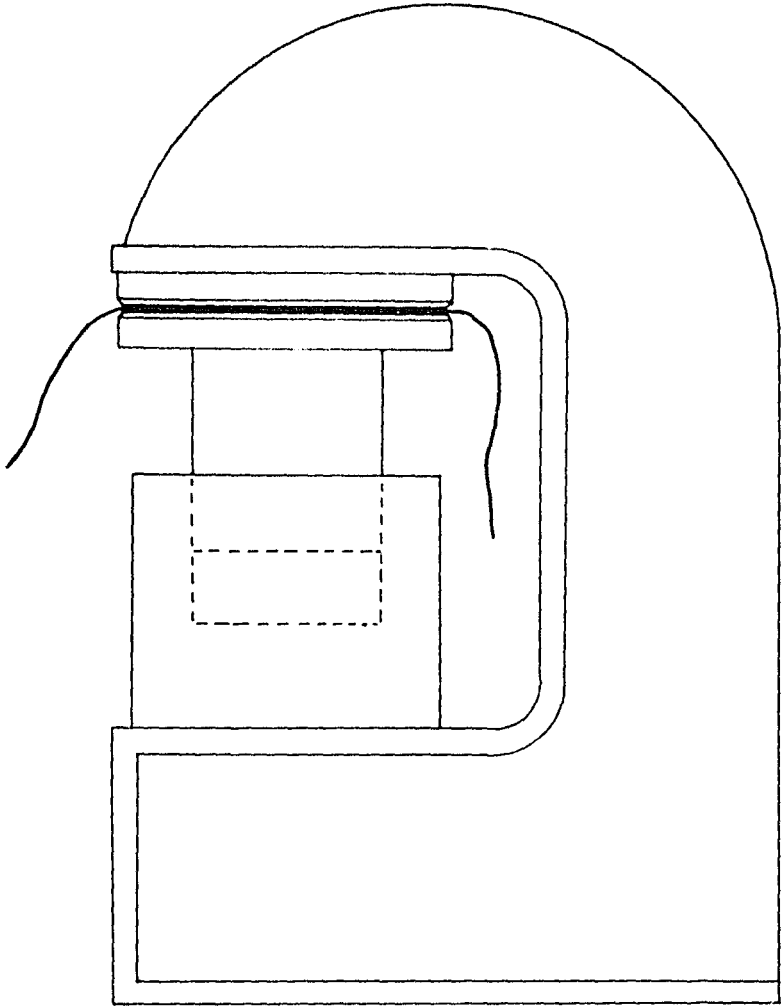
Después de dar el primer fondo del charol a base de poliuretano, se plancha para alisar la superficie, además de cerrar los poros, con el fin de que la laca no penetre al cuero.

Para planchar los cueros se emplea una plancha hidráulica, que consta de una placa superior fija, calentada por resistencias - -

Rodillo con
papel lija



ESQUEMA DE UNA MANGUERA DE LIJAS



ESQUEMA DE UNA PLANCHA HIDRAULICA

eléctricas o por vapor, y una placa inferior, cubierta de fieltro y hule. Esta se encuentra sobre uno o dos pistones. Después de poner el cuero que se va a planchar entre las dos placas, se accionan los pistones para que orpiman al cuero contra la placa superior con cierta presión graduable.

CAPITULO II

FABRICACION ORIGINAL DE CHAROL

La fabricación de charol se puede dividir en dos fases, a saber:

I - Curtición

II - Acabado

I - Curtición

a) Conservación de las pieles para el almacenamiento

Cuando llegan las pieles del rastro para ser almacenadas, se tienen que conservar, para que no se pudran. Para ello se priva a las bacterias de putrefacción de uno de sus medios de vida, eliminando la cantidad de agua necesaria para su desarrollo, por salazón. En la salazón, la sal común sustrae a las pieles una gran parte del agua que contienen, la cual escurre de las pieles en forma de salmuera. A la sal se le agrega generalmente 0.5-1% de un bactericida, por ejemplo, Preventol (Marca reg. Bayer) o Dovicide (Marca reg. Dow), para eliminar por completo el peligro de putrefacción.

b) Remojo

El remojo tiene como fin llevar la piel conservada al estado primitivo de natural morbidez y flexibilidad, y limpiarla de sangre y suciedad.

Primeramente se ponen los cueros en agua durante 24 -

horas, y se lavan después de este período durante 10 minutos. A continuación se pasan las pieles a un foso que contiene 0,5-1 Kg. de Cismollan BH (u otro humectante) por metro cúbico de agua, y se dejan remojando otras 24 horas.

El Cismollan BH es un producto humectante y bactericida, el cual paraliza los agentes de putrefacción y acelera el proceso de remojo.

c) Pelambre

Inmediatamente después del rémojo se procede al pelambre de las pieles, que tiene por objeto:

- 1o. - La eliminación de la piel superior (epidermis)
- 2o. - El relajamiento o la eliminación de los pelos, escamas, etc.,
- 3o. - El esponjamiento y relajamiento de la estructura fibrosa del corion (piel de curtido)
- 4o. - El emulsionado de la grasa de la piel.

El pelambre se efectúa en tambor o en paleta, empleando la siguiente fórmula:

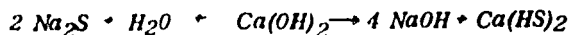
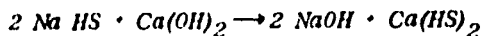
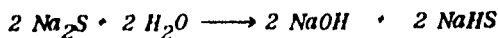
250-350% de agua

1,5-2,0% Sulfuro de sodio

2,0-3,0% de cal hidratada

El tambor o el paleta se mueve durante 20-30 minutos, al fin de los cuales se deja reposar 1-2 horas. A continuación, se agrega al baño de pelambre 1,5-2% de sulfuro de sodio disuelto en 5% de agua, se mueve durante 15 minutos, y finalmente cada hora 5 minutos, dejando reposar durante la noche. El día siguiente se lava durante 15 minutos.

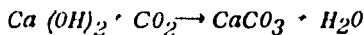
Como se emplea sulfuro de sodio junto con cal, el sulfuro de sodio se puede transformar de acuerdo con las siguientes reacciones:



formándose sulfhidrato de sodio y calcio, así como sosa cáustica. - El sulfhidrato provoca un fuerte relajamiento capilar, dañándose considerablemente los pelos (queratina), mientras que la sosa cáustica da lugar a un fuerte hinchamiento de la textura fibrosa de la piel, - saponificando al mismo tiempo la grasa de la piel.

d) Desencalado y rendido

Después del pelambre se hacen los trabajos de limpieza, tales como depilado y descarnado a máquina o a mano con el cuchillo de descarnar. Las pieles limpias y recortadas se dividen a máquina a 2,4 mm. Se debe tener cuidado de no exponer las pieles en tripa a una acción prolongada del aire, debido a que son especialmente sensibles al bióxido de carbono del aire y a la dureza temporal del agua, pudiéndose producir sombras calcáreas, por la siguiente reacción:



Como los alcalis del pelambre no se pueden eliminar de la piel en tripa por el solo lavado, se efectúan el desencalado y rendido, dos procesos que se compenetran mutuamente. El desencalado consiste en eliminar la cal contenida en la piel en tripa, formando sales fácilmente solubles. El rendido es una especie de proceso de digestión pancreática provocado por enzimas. En los productos moder

nos para el rendido, como son el Oropon y el Polyzim, se encuentran las enzimas generalmente dosificados en el aserrín y mezclados con sales amónicas de acción desescalante. La textura fibrosa se afloja y se hace más reactiva por la desintegración suave de sustancia piel ('peptización') que se realiza en el rendido.

Para evitar un rendido excesivo y por consiguiente una descomposición demasiado fuerte de la albúmina que es susceptible de originar saldas demasiado flojas, flor suelta y cueros vacíos, hay que parar el rendido en el debido momento. Como no existe hasta la fecha ningún método científico de control exacto para ello, debe el curtidor confiar en su propia experiencia, comprobando el "grado de caída" de las pieles por presión con los dedos, cuya huella no debe alterarse.

En la práctica se efectúan el desescalado y rendido en el mismo baño, en paleta o en tambor. Empleando la siguiente fórmula, después de lavar la piel en tripa dividida durante 15 minutos:

300 % agua a 36°C

0.2-0.4 % bisulfito de sodio

1.0-1.2 % sulfato de amonio

0.5 % Oropon R o Polyzim

El tambor se mueve durante 30 minutos, al final de los cuales, el pH deberá ser 8.0-8.2. Se hace la prueba de fenoltaleina, para ver si los cueros están por lo menos 2/3 partes del corte libres de cal, y el "grado de caída" para ver si el rendido es suficiente. Finalmente, se lava durante 10 minutos.

e) Piquelado

El piquelado tiene como fin conseguir el desencalado completo, acidificar la piel y adaptarla a la primera fase de la curtición, es decir, que la piel queda en condiciones de permitir un lento inicio del proceso de curtido. Con esta precaución se evita, en la curtición al cromo, el molesto encogimiento de la flor.

El piquelado se efectúa en un tambor que contiene además de las pieles en tripa, un baño con la siguiente fórmula:

30-50% agua

1% formiato de calcio

4-6 % sal común

Las pieles se tamborean primeramente 10 minutos, al cabo de los cuales se agregan en dos porciones, con 10 minutos de intervalo, 1.0-1.5% de ácido sulfúrico disuelto 1:10. El baño de piquel debe tener una concentración de 6^oBe. Se deja el tambor en movimiento durante 1 - 1½ horas, hasta que el piquel haya pasado de lado a lado. Momentos antes de la curtición se debe comprobar, en el corte de la piel y por medio de un indicador, si las pieles han sido bien penetradas por el piquel. El pH final debe ser aproximadamente 3.0-3.5 y se puede emplear como indicador el verde de bromocresol.

f) Curtido y basificación

Para el curtido se emplean de preferencia tambores estrechos y altos, con 16 - 18 rpm, en los cuales se obtienen durante la curtición temperaturas hasta 50^oC, lo cual ayuda considerablemente a que el cromo sea absorbido mejor por el cuero, obteniendo pieles llenas, lisas y suaves.

Por la puerta del tambor se agregan al baño de piquel 8% de Cromosal B, Cromitan B, Tanolin R o Koreon M en polvo. - Estas sales son sulfato básico de cromo, con una basicidad de 33,3% Schorlemmer y una concentración de 26% de óxido de cromo. Se pone el tambor en movimiento, y después de media hora se debe empezar a basificar con 0,5-0,8% de bicarbonato de sodio, hasta obtener un pH en el baño y en el corte del cuero de 3,6 a 3,8. El bicarbonato va disuelto en 20 veces su peso en agua, y se agrega en 4 o 5 porciones iguales, con intervalos de 10 minutos, entre cada adición. Después de la última adición, el tambor se deja en movimiento durante 2 - 3 horas. Las pieles se pueden dejar toda la noche - en el tambor en reposo. El siguiente día se ponen los tambores en movimiento durante 30 minutos, al cabo de los cuales se sacan las pieles y se dejan reposar durante 24 horas sobre caballete,

Antes de sacar los cueros del tambor, deben haber adquirido la resistencia a la ebullición. Esta prueba se realiza de la siguiente manera: de algunas de las pieles se hacen unos recortes y se dibujan sus contornos sobre un papel. A continuación se ponen exactamente 1 minuto en agua a ebullición, después de lo cual no deben mostrar un encogimiento superior al 5%.

g) Neutralización

Las pieles curtidas al cromo se exprimen y se rebajan a 2 mm, después que han reposado sobre un caballete durante 24 - horas. Para conseguir que los cueros al cromo se puedan teñir uniformemente, es necesario neutralizarlos bien, para eliminar los - ácidos libres, lo cual se efectúa generalmente con álcalis débiles.

Lo mejor es neutralizar las pieles en tambores, a temperaturas de 30 - 35°C, después de un lavado de 15 minutos a la misma temperatura, en un baño con la siguiente composición:

250-300% agua

1% formiato de calcio

al que se agrega a los 10 minutos de movimiento:

0,3-07% bicarbonato de sodio diluido 1:20

El tambor se deja en movimiento otros 30-45 minutos, al final de los cuales el baño debe tener un pH aprox. de 4,5.

h) Tintura, engrase y recurtición

Los cueros neutralizados se lavan 15 minutos, subiendo la temperatura lentamente a 60°C. Después de soltar todo el agua de lavado se adicionan:

150-200 % agua a 60°C.

y por el eje hueco se añaden en 2 porciones:

0.6-1.2 % negro directo con un poco de hematina

El colorante se empasta primero con un poco de agua destilada caliente, y se disuelve, vertiendo sobre este una cantidad 40-50 veces mayor de agua destilada a la ebullición, siendo recomendable hervir la solución durante corto tiempo.

Después de un tiempo de rotación de 30-45 minutos se engrasa en el mismo baño con aceite de ricino sulfonado, un poco de jabón y aceite de esperma sulfonado. La mezcla de engrase, diluida 1:3 con agua a 60°C, se añade a través del eje hueco del tambor.

Una vez absorbida la grasa, lo cual generalmente sucede

a los 30 minutos, se agrega al mismo baño por la puerta:

2% de un curtiente sintético para recurtición

2% de extracto de mimosa

Al cabo de 30 minutos se sacan los cueros del tambor, - se ponen sobre caballete, se escurren, se secan, se ponen en aserrín, se aflojan, se dejan reposar, se aflojan nuevamente, se clavan y se secan.

II - Acabado

a) Primer fondo

El primer fondo tiene la función de proporcionar una superficie lisa y homogénea, que impida la penetración de las capas finas al cuero. Generalmente se prepara de la siguiente manera:

Se hacen cargas relativamente pequeñas en reactores calentados a fuego directo, provistos de un agitador mecánico. Un reactor con una capacidad de 100 kg. se carga con:

42 kg de aceite de linaza

1.4 kg de lilargirio

0.45 kg de borato de manganeso

0.45 kg de Azul de Prusia

0.23 kg de umbra

El aceite de linaza debe ser de buena calidad y haber sido almacenado durante varios meses en tanques forrados de plomo. Los materiales sólidos deben ser finamente divididos, y se dispersan en una pequeña cantidad de aceite, antes de ser adicionados al total. La carga se calienta a 260°C, manteniendo esta temperatura durante --

6-8 horas, y a continuación se deja enfriar lentamente. Se recalienta a 260-275°C, manteniendo esta temperatura otro período de 4-5 horas, después del cual debe tener una consistencia de jarabe. A continuación se hace una prueba de secado sobre un vidrio plano. La película que se obtiene al secar, deberá ser blanda, dócil y elástica. Si no seca en 24 horas, se recalienta la carga a 260°C durante 4-6 horas. En caso que la carga se juzgue satisfactoria, se deja enfriar a 40°C y se diluye a la consistencia deseada, empleando generalmente no más de 7 kg de gasolina blanca.

El primer fondo se aplica con brocha sobre los cueros clavados en marcos de madera. A continuación se secan entre 30-40°C. Después de pulir la superficie fondeada con piedra póma, se aplica otra capa, que se vuelve a secar y pulir.

b) Segundo fondo

El segundo fondo se aplica con brocha o pistola, y se seca en posición horizontal durante 12 horas a 50-55°C. Después del secado, el segundo fondo permanece un poco pegajoso y, para endu-recerlo, se exponen los cueros al sol.

El barniz para el segundo fondo se prepara generalmente hirviendo 42 kg de aceite de linaza con 2,3 kg de azul de Prusia durante 12-14 horas a 315°C. A continuación se adicionan 1,4-2,3 kg de negro de humo, se hierve un rato más, y se diluye de manera similar al primer fondo. La consistencia del segundo fondo deberá ser menor a la del primer fondo.

c) Acabado final

El barniz para el acabado final se prepara hirviendo duran-

te 12 horas a 340-370°C 42 kg de aceite de linaza con 1 kg de azul de Prusia de alto grado de pureza, y 1 kg de borato de manganeso. Ya enfriado a 40°C, se diluye con gasolina blanca, y se aplica a pistola sobre los cueros previamente pulidos con piedra poma. A continuación se secan durante 24 horas a 40°C, y finalmente se exponen al sol durante varios días.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CHAROL A BASE DE ACEITE DE LINAZA

Ventajas

- 1 - *El Departamento de charolado necesita una inversión relativamente baja*
- 2 - *El costo del charol es bajo*
- 3 - *Tiene buena apariencia y buen brillo*

Desventajas

- 1 - *Se necesita mucha mano de obra*
- 2 - *Se necesita mucho tiempo para el acabado*
- 3 - *La producción está sujeta al estado climático*
- 4 - *Se necesita mucho espacio para exponer los cueros al sol*
- 5 - *La calidad de la materia prima (aceite de linaza) no es uniforme, debido a que es un producto natural*
- 6 - *Gran peligro de incendio en la preparación de los barnices, en el momento de diluir con gasolina blanca*
- 7 - *A temperaturas bajas pierde el charol su elasticidad, - siendo poco resistente*

CAPITULO III

**FABRICACION DE CHAROL A BASE DE
POLIURETANO**

1 - Curtición

La curtición se lleva a cabo de manera similar a la anteriormente descrita, con excepción a la tintura, engrase y recurtición. Estos últimos se llevan a cabo con las siguientes fórmulas.

Los cueros neutralizados se lavan durante 15 minutos, subiendo la temperatura lentamente a 60°C. A continuación se tiñen - los cueros con:

*150-200% de agua a 60°C
y 0.6-1.2% de algún colorante sólido especial para
cuero al cromo*

El colorante se agrega disuelto 1:10 en dos porciones al tambor por el eje hueco. Después de un tiempo de rotación de 30-45 minutos, se agregan al mismo baño 6% de aceite de ricino sulfonado diluido 1:3. Una vez absorbida la grasa, se agrega al mismo baño - por la puerta y en polvo:

*2% de un curtiente sintético para recurtición
2% de extracto de mimosa*

Al cabo de 30 minutos se sacan los cueros del tambor, se ponen sobre caballete, se escurren, se secan, se ponen en aserrín, - se aflojan, se dejan reposar, se aflojan nuevamente, se clavan y se - secan.

II - Acabado

Ya estando los cueros curtidos y secos, se lijan. Este lijado tiene como fin hacer menos notorios los defectos del cuero, y además, ayudar a una mayor fijación del acabado. Después de estar los cueros lijados y despolvados, se les da un primer fondo a pistola, con una presión de aprox. 40 psi. El primer fondo se prepara con la siguiente fórmula.

100 partes Negro Fondo Baygen (marca Reg. Bayer)

150 partes diluyente para fondo

El diluyente para fondo tiene la siguiente composición, estando sujeto a cambios, según la presión barométrica media del lugar y la temperatura de operación:

15 partes Xilol

45 partes Acetato de etilo

40 partes Acetato de butilo

El primer fondo se puede dar en el departamento de acabado sin ninguna instalación especial. Después de secar el primer fondo, se planchan los cueros en una prensa hidráulica, y se ponen en marcos. A continuación se les da el segundo fondo, con la misma mezcla que se empleó para el primer fondo. Tanto en las dos manos de fondo como en la mano de laca se aplican aprox. $30 \text{ gr/ft}^2 = 333 \text{ gr/dm}^2$. La laca se prepara con la siguiente fórmula:

50 partes Negro Laca Baygen N (marca reg. Bayer)

50 partes Laca Baygen 558 (marca reg. Bayer)

200 partes Diluyente para laca

52-55 partes Endurecedor Baygen nuevo (marca reg. Bayer)

El diluyente para laca tiene la siguiente fórmula, la cual se puede modificar según la presión atmosférica y la temperatura de operación:

25 partes Acetato de butilo

30 partes Ciclohexanona

45 partes Acetato de etilo

La laca se da sobre el cuero en posición horizontal, con una presión de 1-1,3 atm, manométricas. En esta posición horizontal se dejan secar bajo un extractor, y ya secos se introducen a un cuarto de secado que tenga una temperatura de aprox. 40°C, para eliminar el resto de solventes que pueda tener el cuero. Se debe prevenir durante el segundo fondo y la laca el contacto con polvo, porque el polvo perjudica el aspecto del charol.

Finalmente se retiran los cueros de los marcos, se recorran las partes donde se fijaron las pinzas, y se pule el charol con una franela impregnada con una emulsión en gasolina blanca de silicón y cera.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CHAROL A BASE DE POLIURETANO

Ventajas

- 1 - La producción es perfectamente reproducible, ya que las materias primas siempre tienen la misma composición química.*
- 2 - Se puede controlar perfectamente la dureza y elasticidad de la película de laca, sin el empleo de plastificantes, únicamente dosificando la cantidad de Endurecedor Baygen nuevo (marca reg. Bayer).*

- 3 - El proceso de charolado necesita mucho menos tiempo, así que se puede triplicar fácilmente la capacidad.
- 4 - El proceso es mucho más simple, al desaparecer el trabajo de pulir con piedra poma.
- 5 - El proceso es independiente del estado climático.
- 6 - Se ahorra aproximadamente 10% de energía, al desaparecer el gran número de pasos de secado. Además no se pierde superficie del cuero, al no haber el secado forzado al que está sujeto el charol a base de aceite de linaza.
- 7 - Teniendo la película de laca un espesor de 30 micras, el charol a base de poliuretano resiste el doble de dobleces, antes de quebrar.
- 8 - Guarda sus propiedades físicas y químicas aún a -40°C mientras que el charol a base de aceite de linaza - generalmente ya se quiebra a 0°C .
- 9 - El charol a base de poliuretano es más brillante
- 10 - Se puede hacer en un gran número de colores y matices, lo cual no sucede con el charol a base de aceite de linaza.
- 11 - La fabricación de zapatos es más sencilla, debido a la mayor elasticidad de la película de poliuretano.
- 12 - El capital de trabajo invertido en materiales en proceso se amortiza más rápido, debido al menor tiempo de elaboración.

Desventajas

- 1 - El costo de producción sale ligeramente más caro, - que el del charol a base de aceite de linaza.
- 2 - El departamento de charolado debe ser totalmente libre de polvo, por lo cual se necesitan inversiones relativamente grandes.
- 3 - El engrase de los cueros se tiene que hacer con aceite rojo turco muy puro, porque de lo contrario se obtienen manchas de grasa, que dan muy mal aspecto.

CAPITULO IV
QUIMICA DE LOS POLIURETANOS

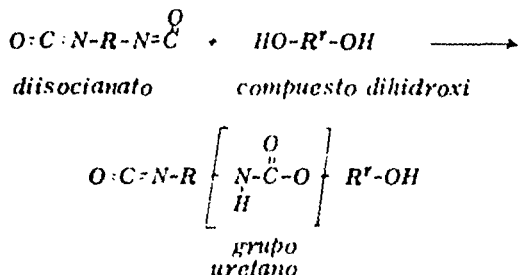
*Las reacciones que se efectúan sobre la superficie del -
cuero con un acabado de charol a base de poliuretano, se basan en -
los principios del proceso de poliadición-diisocianato, descubierto
en 1937 en el laboratorio científico de las Farbenfabriken Bayer, -
A.G. Se siguió investigando, hasta que en 1954 salió al mercado la
gama de productos Baygen, materias primas para fabricar charol a -
base de poliuretano. Debido a que estos productos siguen el proce-
so de poliadición-diisocianato, se explicará éste a continuación.*

*Lacas con un mecanismo de reacción basado en este pro-
ceso, corresponden a la clase de lacas de dos componentes, o sea, -
dos componentes de bajo peso molecular suministrados separadamen-
te, que por si solos no forman una película adecuada, y que se mez-
clan poco antes de ser aplicados. La película de laca de alto peso mo-
lecular se forma a continuación como resultado de una reacción quími-
ca entre los dos componentes. Las lacas de este tipo también son de-
nominadas lacas de reacción.*

*En el caso de las lacas a base de poliuretano, un compo-
nente es un isocianato bi- o polifuncional (Endurecedor Baygen nuevo),
el otro un material que contiene dos o más grupos hidroxilo alcoholí-
cos libres por molécula, por ejemplo, un poliéster con grupos OH li-
bres (Lacas Baygen).*

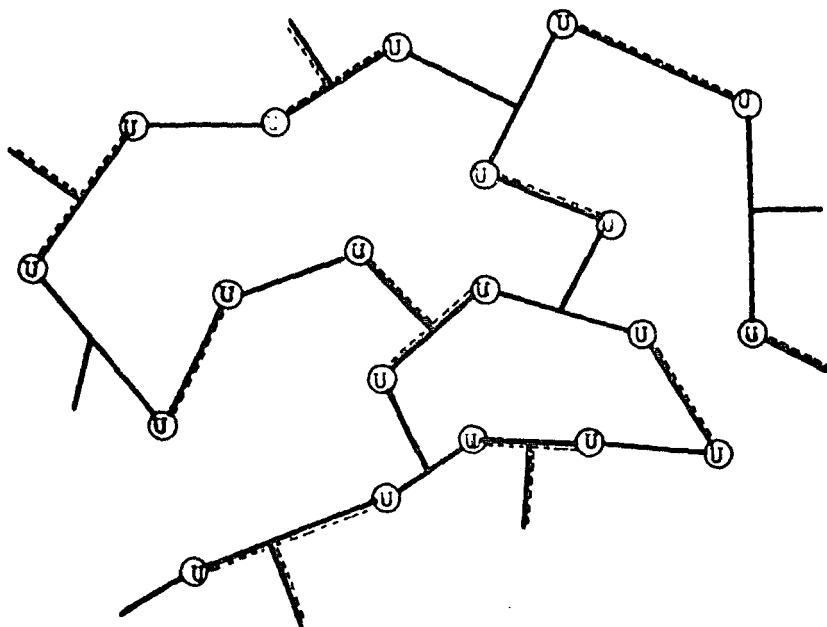
Los isocianatos son compuestos altamente reactivos, que reaccionan con grupos alcohólicos OH, agua, aminas y ácidos carbónicos, aún a temperaturas ordinarias y sin alguna acción catalítica,

El mecanismo de reacción del procedimiento de poliadi - ción-disocianato se puede ilustrar por medio de la siguiente reacción:



Los dos compuestos de bajo peso molecular se unen formando el grupo $-\text{NHCOO}-$, éster del ácido carbámico, o grupo uretano. Esta reacción se efectúa sin producir productos secundarios, un factor importante, para obtener una película de laca satisfactoria. El uretano producido, aún contiene grupos isocianato e hidroxilo libres, aptos para volver a reaccionar de la misma manera con otras moléculas, formando así un plástico lineal de alto peso molecular, caracterizado por un número de grupos uretano, o sea un poliuretano. Si se parte de compuestos hidroxilo e isocianato con más de 2 grupos funcionales, se obtiene un poliuretano ramificado con una estructura parecida a una red, como la muestra la figura.

Mientras más grupos reactivos tengan las moléculas de las que se parte, más cerradas resultan las mallas, y mientras más cerradas sean las mallas, más rígidas y duras serán las películas de laca. De lo contrario, se obtienen películas de laca suaves y flexi-



Ⓢ grupo uretano

— componentes isocianato

- - - componentes polihidroxi

ESQUEMA DE UN POLIURETANO RAMIFICADO

bles con un grado menor de ramificaciones, lo cual significa, que la red tiene una malla más amplia.

El empleo de componentes base con un diferente grado de grupos reactivos, con un mínimo de dos por molécula, hace posible formular cualquier grado de dureza de la película de laca. Además, también es posible modificar las propiedades mecánicas de la película, aumentando o disminuyendo la proporción de isocianato polifuncional, o sea que se obtiene una ramificación más o menos completa.

Esta naturaleza especial de las lacas de reacción a base de poliuretano es muy valiosa para el caso del charol, ya que la flexibilidad y la porosidad del cuero exige ciertos requerimientos de durabilidad del acabado. Las películas que provienen de lacas de reacción pueden ser adaptadas a la flexibilidad del cuero sin agregar plastificantes. Así no hay riesgo de que los plastificantes emigren, al almacenar el cuero, como sucede con los acabados a base de nitrocelulosa. La película formada en la reacción, no sufre cambios posteriores, y mantiene su blandura y flexibilidad durante largo tiempo, aún a temperaturas elevadas. Otras propiedades valiosas de las lacas a base de isocianatos, que han sido ampliamente demostradas en la fabricación de charol, son el alto brillo, la buena elasticidad, además de la característica resistencia a la abrasión, como también su flexibilidad y, finalmente, su alta resistencia a los solventes.

La reacción de poliadición anteriormente descrita, requiere ciertas condiciones de reacción, para progresar correctamente. El grupo isocianato no solamente reacciona con grupos hidroxilo alcohólicos, sino también con agua, aminas y ácidos carboxílicos, como lo muestran las siguientes reacciones:

CAPITULO V

**PROPIEDADES FISIOLÓGICAS Y PRECAUCIONES
NECESARIAS EN LA APLICACION DEL PROCEDI
MIENTO DE CHAROLADO A BASE DE POLIURE -
TANO.**

A los gases y vapores dañinos generalmente se les da un valor MAC (Maximum allowable concentration), el cual da aquella concentración en ppm (cm^3/m^3 de aire a 25°C y 760 mmHg) que el cuerpo humano puede soportar, sin que cause algún daño a la salud, durante un período de trabajo continuo de 8 horas en ese ambiente.

Endurecedor Baygen nuevo

Los isocianatos de bajo peso molecular, como por ejemplo el toluilendiisocianato, son isocianatos volátiles, los cuales, - - siendo compuestos altamente reactivos, tienen un efecto irritante sobre las mucosas y el sistema respiratorio. El Endurecedor Baygen nuevo es un aducto no volátil de toluilendiisocianato, que contiene acetato de etilo, y pequeñas cantidades de unos productos auxiliares. Este aducto contiene como máximo, 0.5% de toluilendiisocianato, - - siendo esta cantidad tan pequeña, que no produce irritación alguna en el sistema respiratorio. El valor MAC para el toluilendiisocianato fue fijado en 1 ppm.

Negro Fondo Baygen y Lacas Baygen

Estos productos, que son esencialmente una mezcla de diferentes poliésteres con dos y más grupos OH libres, son fisiológicamente inactivas.

Acetato de etilo

El acetato de etilo no es tan inactivo fisiológicamente, - como se ha considerado, siendo capaz de producir irritación en la piel (eczemas) y, además, un narcótico algo más fuerte que el acetato de metilo. Se han reportado como síntomas de la exposición al acetato de etilo, inflamaciones de las mucosas y una producción de nebulosas en la córnea. Se ha asignado al acetato de etilo un valor MAC de - 400 ppm.

Acetato de butilo

El acetato de butilo causa irritaciones mucho más promun - ciadas, que los acetatos de peso molecular más bajo, pero se cree, - que no produce daño crónico. Se le ha asignado un valor MAC de -- 200 ppm.

Xilol

Como un agente narcótico, el xilol es algo más fuerte que el benceno, pero se cree que su efecto crónico es menos severo que - de éste último. La irritación que provoca el xileno se puede observar a tiempo en los ojos y mucosas. Los síntomas de nerviosismo cróni - co parecidos a los producidos por el tolueno, se atribuyen a las prepa - raciones comerciales que contienen tolueno y otros solventes, no al - xilol puro. La recuperación del envenenamiento con xileno es más - lenta que del envenenamiento con benceno. El envenenamiento cró - nico afecta principalmente al siste na intestinal. Los síntomas princi - pales de un envenenamiento con xilol son: dolor de cabeza, pérdida de coordinación muscular, confusión mental, acompañada por vómitos y náuseas. El hígado puede crecer y se puede producir una anemia. Al

xilol se le ha asignado un valor MAC de 200 ppm.

Ciclohexanona

En general, las cetonas son narcóticos e irritantes. Se ha reportado que la ciclohexanona ha causado daño al riñón y a otros órganos. Los síntomas son náuseas, salivación y dolor de cabeza. A la ciclohexanona se le ha asignado un valor MAC de 100 ppm.

**EQUIPO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL DEL CUAL DEBE ESTAR
• PROVISTO EL OBRERO Y EL DEPARTAMENTO
DE CHAROLADO**

El obrero debe estar provisto de guantes de hule resistentes a los solventes, y una máscara que tiene un filtro especial, para operar con solventes. Para ello conviene emplear la mascarilla -- Wilson con filtro No. 41, especial para vapores orgánicos. Además, el obrero debe tener botas de hule, ya que conviene que el piso siempre esté mojado, para que se adhiera el polvo que generalmente se trae en la suela de los zapatos.

El departamento de charolado debe estar provisto de un extinguidor de espuma, y el aire se debe cambiar las veces por hora que sean necesarias, para que no llegue a la concentración máxima de solventes, especificada por el valor MAC. Las instalaciones eléctricas deben ser a prueba de explosión.

CAPITULO VI

**CALCULO DEL TIEMPO DE SECADO
DEL SEGUNDO FONDO Y DE LA LACA**

Para calcular el tiempo de secado, se partirá de la ecuación general para el transporte de masa:

$$\frac{\partial c_A}{\partial \theta} = D \left[\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c_A}{\partial z^2} \right]$$

en la que " c_A " es la concentración, " D " el coeficiente de difusividad, " θ " el tiempo, y " x ", " y " y " z ", las distancias del centro a cualquier punto en las tres direcciones.

Como el flujo del solvente sólo va en una dirección (hacia la superficie), esta ecuación se reduce a la siguiente expresión:

$$\frac{\partial c_A}{\partial \theta} = D \cdot \frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2}$$

despejando se obtiene la ecuación (1):

$$\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} = \frac{1}{D} \cdot \frac{\partial c_A}{\partial \theta} \quad (1)$$

Ya que $c_A = f(x, \theta)$, la $f(x, \theta)$ puede ser expandida con respecto a θ , para un valor fijo de x , por medio de las series de Taylor:

$$c_A(x, \theta + \Delta \theta) = c_A(x, \theta) + \Delta \theta \frac{\partial c_A}{\partial \theta} + \frac{\Delta \theta^2}{2} \frac{\partial^2 c_A}{\partial \theta^2} + \frac{\Delta \theta^3}{6} \frac{\partial^3 c_A}{\partial \theta^3} + \frac{\Delta \theta^4}{24} \frac{\partial^4 c_A}{\partial \theta^4} + \dots$$

Siempre que se mantenga el valor de $\Delta \theta$ suficientemente pequeño, los términos del orden de $\Delta \theta^2$ y mayores pueden ser des-

preciados, resultando que la primera aproximación de $\frac{\partial c_A}{\partial \theta}$ es:

$$\frac{\partial c_A}{\partial \theta} = \frac{c_A(x, \theta + \Delta \theta) - c_A(x, \theta)}{\Delta \theta} \quad (2)$$

Para obtener la primera aproximación de $\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2}$ se necesita expandir la función con respecto a x , para un valor fijo de θ :

$$c_A(x + \Delta x, \theta) = c_A(x, \theta) + \Delta x \frac{\partial c_A}{\partial x} + \frac{\Delta x^2}{2} \frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} + \dots$$

$$c_A(x - \Delta x, \theta) = c_A(x, \theta) - \Delta x \frac{\partial c_A}{\partial x} + \frac{\Delta x^2}{2} \frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} + \dots$$

Sumando las dos ecuaciones y despejando $\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2}$, se obtiene:

$$\frac{\partial^2 c_A}{\partial x^2} = \frac{c_A(x + \Delta x, \theta) - 2c_A(x, \theta) + c_A(x - \Delta x, \theta)}{\Delta x^2} \quad (3)$$

Sustituyendo las ecuaciones (2) y (3) en la ecuación (1) - resulta:

$$\frac{c_A(x + \Delta x, \theta) - 2c_A(x, \theta) + c_A(x - \Delta x, \theta)}{\Delta x^2} = \frac{1}{D} \frac{c_A(x, \theta + \Delta \theta) - c_A(x, \theta)}{\Delta \theta}$$

Despejando, se obtiene:

$$c_A(x, \theta + \Delta \theta) = \frac{c_A(x + \Delta x, \theta) + \left[\frac{\Delta x^2}{D \Delta \theta} - 2 \right] c_A(x, \theta) + c_A(x - \Delta x, \theta)}{\frac{\Delta x^2}{D \Delta \theta}}$$

$$\text{Si } M = \frac{\Delta x^2}{D \Delta \theta} \quad \dots \dots (4)$$

se obtiene:

$$c_A(x, \theta + \Delta \theta) = \frac{c_A(x + \Delta x, \theta) + [M - 2] c_A(x, \theta) + c_A(x - \Delta x, \theta)}{M} \quad (5)$$

Para $M = 2$ resulta la siguiente ecuación:

$$c_A(x, C \cdot \Delta t) = \frac{c_A(x + \Delta x, 0) - c_A(x - \Delta x, 0)}{2} \quad (6)$$

a) Cálculo del tiempo de secado para el 2o. fondo

Para calcular el tiempo de secado, se emplearán las ecuaciones "4" y "6", y se dispone de los siguientes datos:

1 - El coeficiente de difusividad medio de la mezcla de solventes a través del 2o. fondo oscila entre $2,5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{seg.}$ y $3,7 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{seg.}$, dependiendo de la composición de la mezcla de solventes.

2 - El espesor de la película del 2o. fondo aproximadamente es de 40

3 - Composición del 2o. fondo:

100 partes Negro Fondo Baygen

150 partes Diluyente para fondo

El Negro Fondo Baygen se surte con un contenido de sólidos del 30%.

La concentración inicial de solvente es por lo tanto:

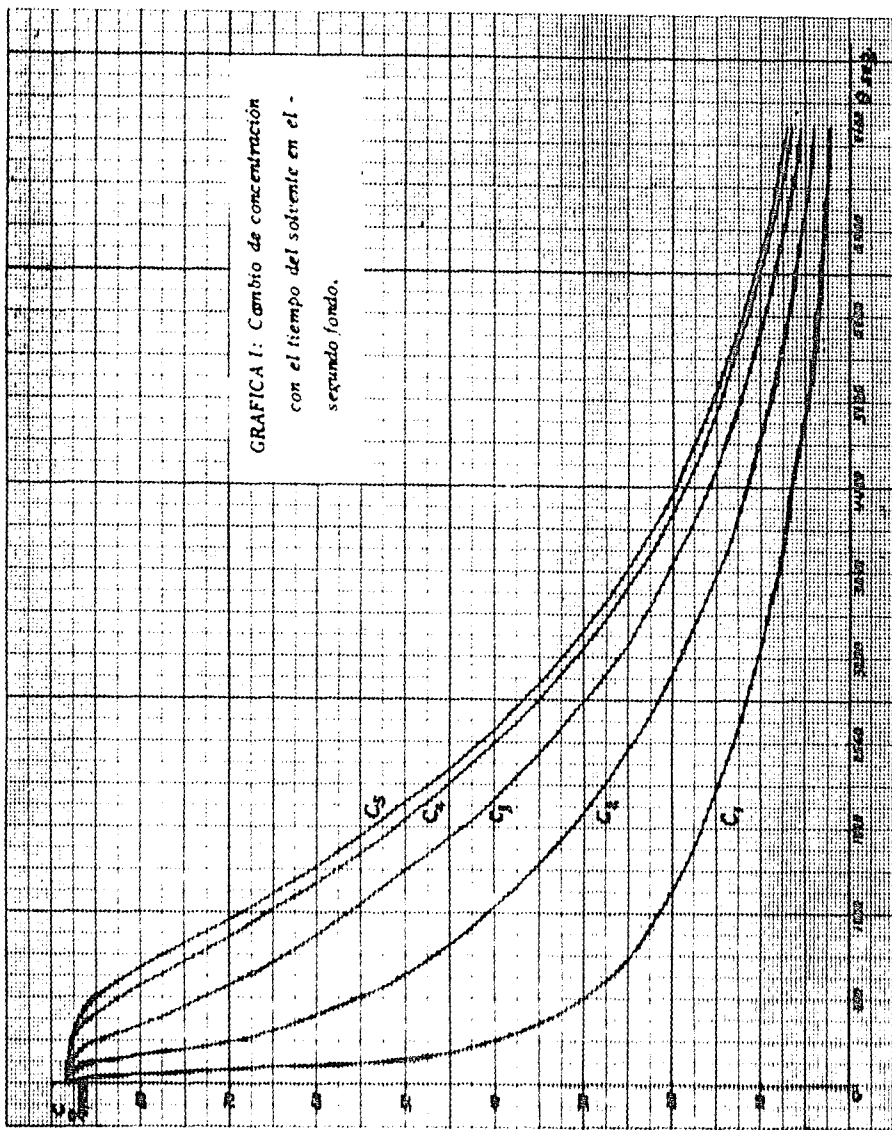
$$c_{A_0} = \frac{150 \cdot 100 \cdot 0,70}{250} \times 100$$

$$c_{A_0} = 88\%$$

El espesor de la película se va a dividir en 5 incrementos iguales, o sea que cada incremento será de 8 micras.

Para calcular θ , se escoge como coeficiente de difusividad el valor de $2,5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{seg.}$, para tener un margen de seguridad. De ecuación "1":

$$\theta = \frac{(8 \times 10^{-4})^2}{2,5 \times 10^{-9} \times 2} \quad \theta = 128 \text{ seg.}$$



GRAFICA 1: Cambio de concentración
con el tiempo del solente en el -
segundo fondo.

De la Gráfica I, resulta que el tiempo de secado es 7168 seg. o sea casi 2 horas.

b) Cálculo del tiempo de secado de la laca

Para este cálculo también se emplean las ecuaciones "4" y "6". Como datos se tienen:

- 1 - El coeficiente de difusividad oscila entre 1.2×10^{-9} y 1.8×10^{-9} $\text{cm}^2/\text{seg.}$
- 2 - El espesor de la laca debe ser aprox. de 50
- 3 - La composición de la laca es:

50 partes Negro Laca Baygen N
50 partes Laca Baygen 558
200 partes Diluyente para Laca
55 partes Endurecedor Baygen nuevo

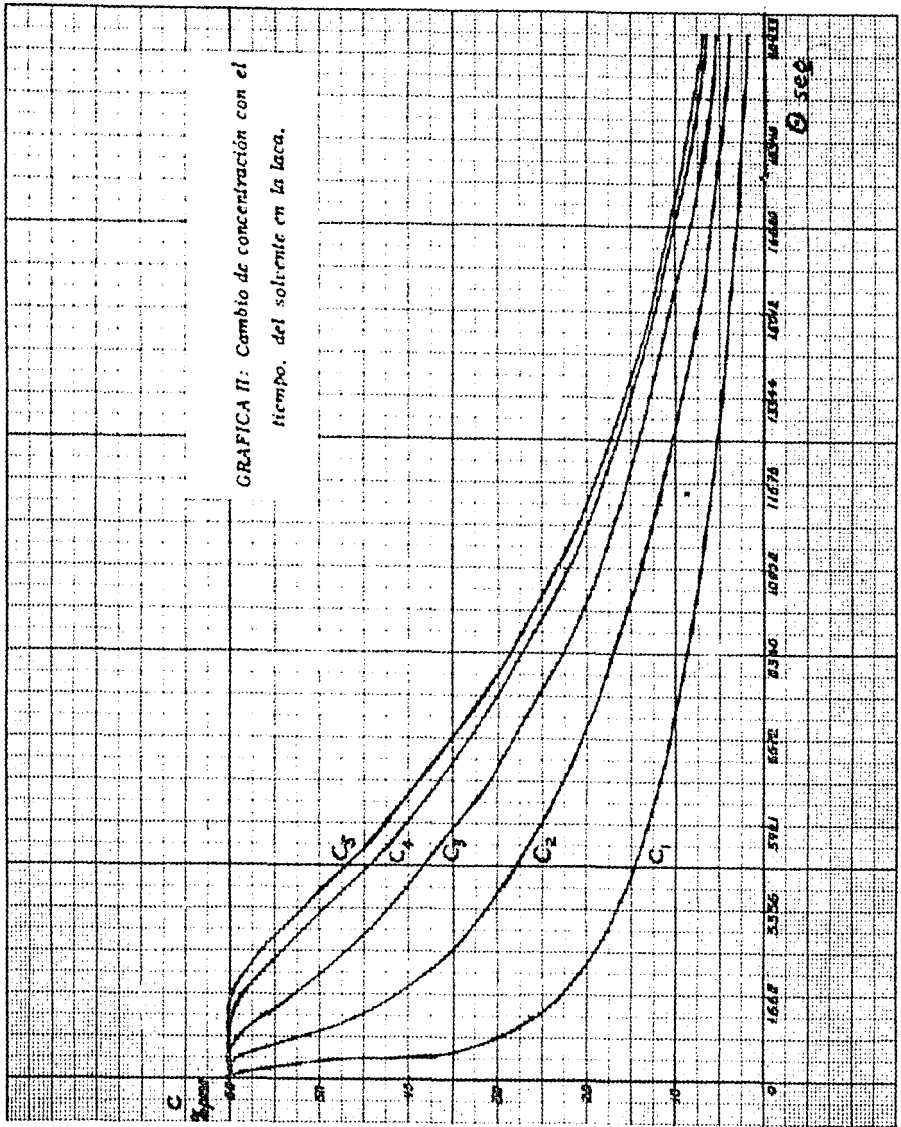
Los productos Laca Baygen no contienen solventes, mientras que el endurecedor Baygen nuevo contiene 75% de sólidos. La concentración inicial de solvente en la laca es por lo tanto:

$$C_{A_0} = \frac{200 + 55 \times 0.25}{355} \times 100$$

$$\underline{C_{A_0} = 60.22\%}$$

El espesor de la película se va a dividir en 5 incrementos

GRAFICA II: Cambio de concentración con el tiempo, del solvente en la laca.



iguales, o sea que cada incremento será de 10 micras. Para calcular θ , se escoge como coeficiente de difusividad el valor de - - $1.2 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{seg}$, para tener un margen de seguridad. De ecuación "4":

$$\Delta \theta = \frac{(10^{-3})^2}{1.2 \times 10^{-9} \times 2}$$

$$\Delta \theta = 417 \text{ seg.}$$

De la Gráfica II, resulta que el tiempo de secado es de - 20433 seg, o sea casi 6 horas.

CAPITULO VII

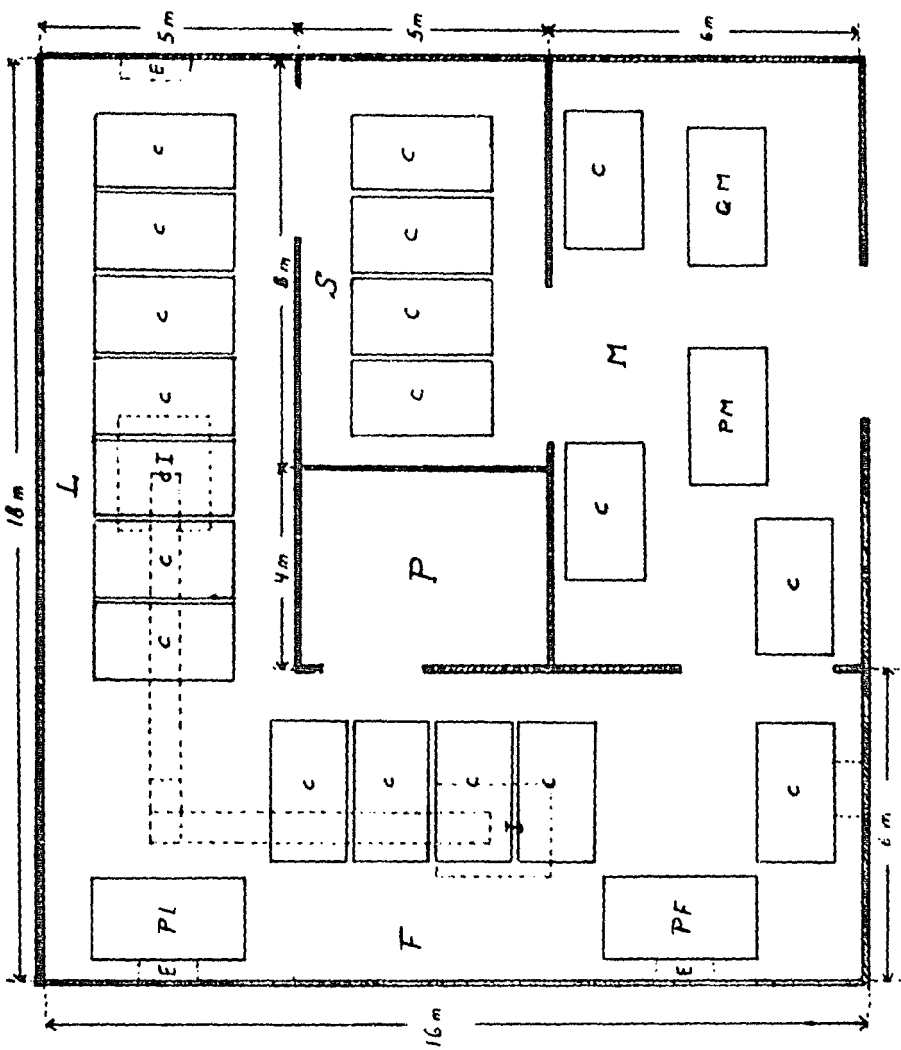
**DISEÑO Y EXPLICACION DEL ESQUEMA
DEL DEPARTAMENTO DE CHAROLADO**

El espacio requerido para el departamento de charolado, se especifica para una producción por turno de 8 horas, de 200 hojas de charol (100 cueros). Esto equivale a una producción de 25 hojas - por hora.

Las hojas se sujetan a unos marcos, por medio de unas pinzas, extendiendo ligeramente su superficie, por la tensión que se aplica. Los marcos requieren tener las siguientes dimensiones: 2,70 m x 1,50 m. Apilando 25 marcos sobre un carrito, y dejando un espacio de 7 cm entre cada marco, se obtiene una altura aproximada de 2 m.

Después de sujetar los cueros en los marcos (sección M, espacio PM) pasan a la sección "F", en donde se les aplica a pistola el 2o. fondo en el gabinete de pintar "PF". Como el 2o. fondo - tarda 2 horas en secar, se requiere un espacio para 4 carritos (C) entre los gabinetes en los cuales se da el 2o. fondo "PF" y la laca - "PL". Después de aplicar la laca en el gabinete "PL" se deja secar el charol durante 6 horas, siendo necesario un espacio para 7 carritos "C".

Para eliminar los últimos vestigios de solvente existentes en el charol, se da un secado posterior a 40°C en el secador -



ESQUEMA DEL DEPARTAMENTO DE CHAROLADO

"S". A continuación se quitan los cueros charolados de los marcos en el espacio marcado con "QM", se recortan, y se pulen con una franela humedecida con lavador de charol. Este lavador de charol es una solución de una cera y un aceite silicón en gasolina blanca.

En la sección "P" se preparan las mezclas para el 2o. fondo y la laca. Las secciones "F", "L" y "P" se deben mantener rigurosamente limpias, debido a que cualquier partícula de polvo que cae sobre la superficie fresca de charol, disminuye la calidad de éste. Además, se debe filtrar el aire, e inyectar al departamento de charolado, produciendo una ligera sobrepresión, para que cuando se abra una puerta, no entre aire arrastrando polvo.

Las paredes se van a recubrir con mosaico y el techo se va a pintar con pintura de aceite, para que se pueda tener una limpieza absoluta.

Las líneas punteadas indican los ductos de aire, y los cuadros punteados marcados con la letra "I" son los espacios por donde se inyecta el aire, y se encuentran debajo del techo.

Los espacios punteados marcados con "E" son extractores, que conviene tenerlos a una altura de 80 cm a 1 m, ya que los vapores de los solventes son más pesados que el aire.

CAPITULO VIII
BALANCE DE MATERIA

La producción de charol, para la cual se hará el diseño del departamento de charolado, es de 25 hojas por hora. Cada hoja tiene en promedio 120 dm² de superficie. Para obtener un charol con propiedades adecuadas, se deben aplicar aproximadamente - - 30 gr/ft², tanto de segundo fondo, como de laca. Así se aplican por hora, tanto de segundo fondo como de laca:

$$25 \frac{\text{hojas}}{\text{hr}} \times \frac{120 \text{ dm}^2}{1 \text{ hoja}} \times \frac{30 \text{ gr}}{\text{ft}^2} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{9.29 \text{ dm}^2} = 9700 \text{ gr/hr}$$

Segundo fondo

La composición del segundo fondo es la siguiente:

100p Negro Fondo Baygen

150p Diluyente para fondo

El Negro Fondo Baygen es una solución al 30% de un poliéster y pigmento negro en acetato de etilo. El diluyente para fondo tiene la siguiente composición:

15 p Xilol

45 p Acetato de etilo

40 p Acetato de butilo

Laca

La composición de la laca es la siguiente:

50 p Negro Laca Baygen N

50 p Laca Baygen 558

200 p Diluyente para laca

55 p Endurecedor Baygen nuevo

El Endurecedor Baygen Nuevo es una solución al 75% de un poliisocianato en acetato de etilo. Los dos productos laca Baygen no contienen solventes. El Diluyente para laca tiene la siguiente composición:

25 p Acetato de butilo

30 p Ciclohexanona

45 p Acetato de etilo

Acetato de etilo

La cantidad de acetato de etilo que se desprende por hora en trabajo continúa es por lo tanto: el acetato de etilo contenido en el Negro Fondo Baygen, más el contenido en el diluyente para fondo, más el contenido en el endurecedor Baygen nuevo, más el contenido en el diluyente para laca:

$$9700 \left[\frac{100}{250} \times 0.70 + \frac{150}{250} \times 0.45 + \frac{55}{355} \times 0.25 + \frac{200}{355} \times 0.45 \right]$$

Se desprenden 8170 gr/hr de acetato de etilo durante el trabajo -- continuo.

Acetato de butilo

Tanto el diluyente para el fondo, como el diluyente para la laca contienen acetato de butilo, o sea, que la cantidad de acetato de butilo que se desprende es la siguiente:

$$9700 \left[\frac{150}{250} \times 0.40 + \frac{200}{355} \times 0.25 \right] = 3695 \text{ gr/hr}$$

Xilol

El xilol que se desprende, se debe únicamente al xilol - empleado para la preparación del diluyente para el fondo, y es el siguiente:

$$9700 \times \frac{150}{250} \times 0.15 = 872 \frac{\text{gr}}{\text{hr}}$$

Ciclohexanona

Únicamente el diluyente para la laca contiene ciclohexanona, desprendiéndose:

$$9700 \times \frac{200}{355} \times 0.30 = 1640 \text{ gr/hr}$$

CAPITULO IX

**CALCULO DEL VOLUMEN DE AIRE REQUE-
RIDO POR HORA, PARA OBTENER UNA -
ATMOSFERA DE TRABAJO ADECUADA.**

Para calcular el volumen de aire que se debe remover del departamento de charolado, para obtener una atmósfera de trabajo - adecuada, se tomarán como base los valores MAC fijados por la Sociedad Americana de Seguridad e Higiene Industriales. Debido a - que las condiciones atmosféricas son muy cercanas a las condiciones normales, se considerarán los gases como gases ideales.

a) Volumen de aire/hora necesario, para remover el acetato de etilo:

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{8170}{88} \times 298 \times 0,08205 \frac{\text{gr/hr}}{\text{gr/gr mol}} \times 0_K \times \frac{1 \text{ atm}}{0_K \text{ gr mol}}$$

$$\text{Volumen de acetato de etilo por hora} = 2270 \text{ lt/hr}$$

El valor MAC para el acetato de etilo es $\text{MAC} = 400 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ de aire

$$V = \frac{\text{Volumen acetato de etilo}}{\text{MAC}}$$

$$\underline{V = 5675 \text{ m}^3/\text{hr de aire}}$$

b) Volumen de aire requerido para remover el acetato de butilo

$$V = \frac{3695}{116} \times 298 \times 0,08205 \frac{\text{gr/hr}}{\text{gr/gr mol}} \times 0_K \times \frac{1 \text{ atm}}{0_K \text{ gr mol}}$$

Volumen de acetato de butilo por hora = 778 lt/hr

El valor MAC para el acetato de butilo es $200 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ de aire

$$V = \frac{V \text{ acetato de butilo}}{\text{MAC}}$$

$$V = \underline{3890 \text{ m}^3/\text{hr de aire}}$$

c) Volumen de aire requerido para remover el xilol

$$V = \frac{872}{106} \times 298 \times 0.09205 \frac{\text{gr/hr}}{\text{gr/gr mol}} \times {}^{\circ}\text{K} \times \frac{\text{lt atm}}{{}^{\circ}\text{K gr mol atm}}$$

Volumen de xilol por hora = 201 lt/hr

El valor MAC para el xilol está fijado en $200 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ de aire

$$V = \frac{V \text{ xilol}}{\text{MAC}}$$

$$V = \underline{1005 \text{ m}^3/\text{hr de aire}}$$

d) Volumen de aire requerido para remover la ciclohexanona:

$$V = \frac{1640}{98.14} \times 298 \times 0.08205 \frac{\text{gr/hr}}{\text{gr/gr mol}} \times {}^{\circ}\text{K} \times \frac{\text{lt atm}}{{}^{\circ}\text{K gr mol atm}}$$

Volumen de ciclohexanona por hora = 408 lt/hr

El valor MAC para la ciclohexanona está fijado en $100 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ de --
aire

$$V = \frac{V \text{ ciclohexanona}}{\text{MAC}}$$

$$\underline{V = 4080 \text{ m}^3/\text{hr de aire}}$$

e) El volumen total de aire requerido será la suma de los volúmenes de aire requeridos por cada solvente:

$$V = 14650 \text{ m}^3/\text{hr de aire a } 25^\circ\text{C y } 760 \text{ mmHg}$$

Empleando un factor de seguridad del 30% y corrigiendo para las condiciones de México, se obtiene:

$$\underline{\underline{V = 21900 \text{ m}^3/\text{hr de aire}}}$$

CAPITULO X

SELECCION DEL EQUIPO DE FILTRACION DE AIRE.

En el departamento de charolado se debe ventilar con aire libre de polvo. Cualquier partícula de polvo que se deposita sobre la superficie fresca del charol, le da a éste un mal aspecto, por el cual baja la calidad.

Los filtros electrostáticos son los filtros más eficientes que hay en el mercado. Para este caso específico se empleara un filtro Electromatic modelo "F" construido por American Air Filter Company Inc.

El principio electrónico para limpiar el aire se basa en que primeramente pasa el aire cargado de polvo por un ionizador en el cual adquiere cada partícula de polvo una polaridad determinada. Este ionizador consiste de alambres finos de tungsteno, que tienen un diámetro de 0,008 pulgadas, centrados entre electrodos paralelos. - El campo de ionización se produce aplicando a los alambres una corriente directa con una diferencia de potencial de 12000 volts, y conectando los electrodos a tierra.

A continuación entra el aire con las partículas ionizadas a un campo electrostático producido en el elemento colector delantero. Este elemento colector consiste de dos juegos de placas entrelazadas, uno estacionario, y el otro montado sobre una cadena sin fin, así que puede rotar. Las placas estacionarias tienen la misma carga que adquirieron las partículas de polvo ionizadas, y el juego -

de placas movible, está conectado a tierra, a través de la cadena -
sinfin, que lo soporta. Cualquier partícula de polvo que no precipi-
ta en la unidad colectora delantera, tiene que pasar por una unidad
colectora similar trasera. Este diseño dobla la probabilidad de que
se precipiten todas las partículas de polvo.

Las partículas de polvo precipitadas en las placas movi -
bles, se pegan a ellas, debido a que están impregnadas de un líqui-
do viscoso especial, denominado "Viscosine". Las placas movibles
pasan cada 24 horas por un baño de Viscosine, donde se lavan. El
polvo se asienta en el fondo del recipiente de Viscosine en forma de
lodo, y se debe remover, cuando estos lodos hayan adquirido una -
altura de 5-7 cm, la cual se adquiere entre 1-4 meses.

Los voltajes necesarios para el ionizador y las placas -
colectoras, se obtienen por una unidad electrónica que transforma -
la corriente alterna de 115 volts a los voltajes requeridos, y a conti-
nuación la convierte en corriente directa por medio de rectificadores
de selenio o bulbos rectificadores al vacío.

Para una capacidad de 24900 m³/hr, equivalente a - -
14650 ft³/min, se emplea el filtro Electromatic modelo "F" con un -
ancho de 6 ft y una altura total de 10 ft y 4 in. Este filtro tiene una
eficiencia del 90%, y el flujo volumétrico de 14650 ft³/min produce
una caída de presión de 0.32 in H₂O.

El costo del filtro con accesorios es de 5540 dólares más
un 25% de derechos aduanales.

CAPITULO XI

**CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION EN
LOS DUCTOS DE AIRE Y SELECCION DEL
VENTILADOR**

a) Selección del ventilador

Para una capacidad de 24900 m³/hr de aire, se puede emplear el ventilador centrífugo LHB 60 doble, dispositivo 5 de SF de México, S. A. Este ventilador contiene dos rodetes montados sobre un eje común. La envoltura tiene dos entradas, y en ellas están colocadas los cojinetes para el eje. La entrada es circular y no tiene bridas de conexión, por lo cual, debe colocarse el ventilador en una cámara de succión. Este ventilador tiene una salida rectangular de 120 cm. por 60 cm.

El rodete está provisto de paletas curvadas hacia atrás, y se construye de chapa de acero.

b) Cálculo de la caída de presión en los ductos

A la salida del ventilador se conectarán 2 ductos iguales por medio de dos codos. Cada ducto tiene 6 m de largo, y es cuadrado de 60 cm por 60 cm. Se considerará una sobrepresión de 1 in H₂O en el departamento de charolado, para evitar la entrada de polvo por rendijas, o al abrir la puerta de entrada,

Para calcular la caída de presión en cada ducto, se empleará la ecuación 74 del libro Unit Operations de Brown & Asociados pg.

$$P_2^2 - P_1^2 = - \frac{f L W^2 z RT}{D g_c M A^2}$$

en la cual " P_1 " y " P_2 " son respectivamente las presiones de entrada y descarga del ducto, " f " es el factor de fricción, " L " la longitud equivalente del ducto, " W " el flujo en masa del aire, " z " el factor de compresibilidad para corregir la desviación del comportamiento ideal de los gases, " R " la constante ideal de los gases, " T " la temperatura absoluta del aire, " D " el diámetro del ducto, " g_c " un factor de conversión igual a 32,17 ft-lb masa/(lb fuerza) (seg) (seg), " M " el peso molecular del aire y " A " el área transversal de flujo.

Se puede considerar $z = 1$, ya que las condiciones del aire están muy cercanas a las normales. Con:

$$\left. \begin{array}{l} R_e = 2.7 \times 10^5 \text{ y} \\ \frac{\epsilon}{D} : 0.00035 \text{ (hierro galvanizado)} \end{array} \right\} f = 0.0176$$

$$P_2 = 582 \text{ mm Hg} \times \frac{2.785 \text{ lb/ft}^2}{\text{mm Hg}} + 1 \text{ in H}_2\text{O} \times \frac{5.204 \text{ lb/ft}^2}{\text{in H}_2\text{O}}$$

$$P_2 = 1626.07 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

Sustituyendo los datos en la ecuación y despejando P_1 , se obtiene:

$$1616.07^2 - P_1^2 = - \frac{0.0176 \times 149.65 \times 6.55^2 \times 1 \times 1545 \times 537}{1.965 \times 32.17 \times 29 \times 3.87^2}$$

$$P_1 = 1627.12$$

$$\Delta P_1 = 1627.12 - 1626.07$$

$$\Delta P = 1.05 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

En los ductos se produce una caída de presión de 1.05 lb/ft²

c) Cálculo de la potencia necesaria para mover al ventilador

Para calcular la potencia del motor que debe mover al ventilador, se necesita contar con el dato de la caída total de presión en el sistema, y la cantidad de aire que se debe hacer circular por hora. La caída total de presión del sistema de aire acondicionado estará compuesta por:

- 1 - La caída de presión en el filtro electrostático, que es igual a 0.32 in H₂O.
- 2 - La caída de presión al pasar el aire por el serpentín de vapor instalado para calentar el aire, que se supondrá 0.1 in H₂O
- 3 - La caída de presión en los ductos de aire, que es de 1.05 lb/ft²
- 4 - El diferencial de presión de diseño, que habrá entre el departamento de charolado y el exterior, para impedir la entrada de polvo a éste, al abrir la puerta de entrada, etc. Este diferencial de presión de diseño será 1 in H₂O

Así la caída total de presión es:

$$P_t = 0.32 \times 25.4 + 0.1 \times 25.4 + 1.05 \times 12 \times 0.01602 \times 25.4 + 1 \times 25.4$$

$$P_t = 41.2 \text{ mm H}_2\text{O}$$

El flujo volumétrico de aire es $V = 24\,900 \text{ m}^3/\text{hr}$ a 25°C y 582 mm Hg. Como el ventilador es de 2 rotores, se divide el volumen de aire entre 2. Para poder emplear las gráficas hechas por los fabricantes de los ventiladores, se tiene que corregir el volumen para una presión de 760 mm Hg:

$$V = 24900 \cdot \frac{582}{760} \cdot \frac{1}{2}$$

$$V = 9550 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Con este dato y el dato de la caída de presión $P = 41.2$ mm H_2O se encuentra en la gráfica, que el ventilador debe rotar a 790 rpm, y se necesita para cada rotor una potencia de 1.9 HP al nivel del mar. Corrigiendo para la altura de México, la potencia requerida será:

$$3.8 \times \frac{582}{760} = 2.82 \text{ HP}$$

El motor comercial más cercano a la potencia requerida es de 3 HP.

El costo del ventilador con motor y accesorios es:

Ventilador centrífugo LHB 60 doble, dispositivo 5.....	\$ 7 610.00
Motor ASEA 3 HP, 4 polos	2 466.00
Transmisión (poleas, bandas, etc.).....	625.00
Rieles	225.00

Así, el costo del ventilador con motor y accesorios es de \$10 926.00

CAPITULO XII

***BALANCE DE CALOR Y CALCULO DEL
SERPENTIN DE VAPOR DE CALENTA-
MIENTO***

El departamento de charolado debe tener una temperatura aproximada de 25°C, por lo cual se hará el balance de calor basado en esta temperatura.

I - Balance de calor

El calor que se deberá suministrar por el serpentín de vapor, más el calor desarrollado por el motor que mueve al ventilador, más el calor desarrollado por la iluminación, es igual al calor latente para evaporar al solvente, más el calor sensible necesario para elevar la temperatura del aire a 25°C.

a) Calor desarrollado por el motor

Generalmente los motores tienen un factor de potencia del 85%, y este se tomará como base para calcular el calor desarrollado por el motor. Debido a que el motor es de 3 HP, el calor desarrollado por éste será:

$$Q_m = 3 \text{ HP} \times 0.15 \times 10640 \frac{\text{cal/min}}{\text{HP}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}}$$

b) Calor desarrollado por la iluminación

Para calcular la iluminación necesaria, se dividirá el departamento de charolado en dos secciones, que serán:

A.- La sección de segundo fondo, que tiene una superficie de 6 x 11 m², y

B.- La sección de laca, que tiene una superficie de 18x5 m²

Para salones de pintura, se recomienda tener una intensidad luminosa de 20 lúmen/ ft^2 , y la intensidad luminosa necesaria se calculará con la siguiente fórmula:

$LN = \frac{AF}{UD}$ (Perry: Chemical Engineering Handbook, pág. 1758) en la cual "L" es el número de lúmen por unidad luminosa, "A" el área del piso en ft^2 , "N" el número de unidades luminosas, "F" la intensidad luminosa por ft^2 requerida, "U" el coeficiente de utilización, y "D" la eficiencia promedio de las unidades luminosas.

A) Sección de 2o. fondo:

$$A = 6 \times 10 \text{ m}^2 \times \frac{10.76 \text{ ft}^2}{\text{m}^2} = 710 \text{ ft}^2$$

$$F = 20 \text{ lúmen/ft}^2$$

$$\text{altura de las lámparas} = 4 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.305 \text{ m}} = 13.11 \text{ ft}$$

$$\text{ancho de la sección} = 6 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.305 \text{ m}} = 19.67 \text{ ft}$$

$$\text{largo de la sección} = 11 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.305 \text{ m}} = 36 \text{ ft}$$

con los tres últimos datos, se obtiene un índice de cuarto, para luz indirecta de 2.0 (Tabla 14, Perry, pág. 1756). Para el cuarto en condiciones claras y la lámpara de vidrio blanco cubriendo el foco, se obtienen $D = 0.80$ y $U = 0.42$ (para sello claro, paredes claras) (Tabla 16, Perry, pág. 1757)

$$LN = \frac{710 \times 20}{0.42 \times 0.80} = 42\,250$$

B) Sección de laca:

$$A = 5 \times 18 \text{ m}^2 \times \frac{10.76 \text{ ft}^2}{\text{m}^2} = 968 \text{ ft}^2$$

$$F = 20 \text{ lúmen/ft}^2$$

$$\text{altura de las lámparas} = 4 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.305 \text{ m}} = 13.11 \text{ ft}$$

$$\text{ancho de la sección} = 5 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.305 \text{ m}} = 16.4 \text{ ft}$$

$$\text{largo de la sección} = 18 \text{ m} \times \frac{1 \text{ ft}}{0.305 \text{ m}} = 59 \text{ ft}$$

Siguiendo los mismos pasos como en el inciso "A", el índice de cuarto es 2.0, $D=0.80$ y $U=0.42$

$$LN = \frac{968 \times 20}{0.42 \times 0.80}$$

$$LN = 57\,550 \text{ lúmen}$$

La iluminación total del departamento de charolado será $57\,550 \cdot 42\,250 = 99\,800$ lumen, siendo necesarios 10 focos incandescentes de 500 watt. Así, el calor desarrollado por la iluminación será:

$$Q_I = 5000 \text{ watt} \times 14.33 \frac{\text{cal/min}}{\text{watt}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hr}}$$

$$Q_I = 4\,300\,000 \frac{\text{cal}}{\text{hr}}$$

c) *Calor latente para evaporar los solventes:*

Dentro del departamento de charolado se efectúa el secado del 2o. fondo y de la laca, debiéndose suministrar el calor latente suficiente para evaporar los solventes. Estos solventes tienen que difundir de las capas inferiores a la superficie del charol en proceso, antes de poder evaporarse. Durante la difusión de la mezcla de solventes se produce una variación de la concentración con la posición -

y con el tiempo, según lo muestran las Tablas I y II del Capítulo VI. Al final del tiempo de secado queda en promedio un residuo - de solventes del 4.98% en el 2o. fondo y 4.85% en la laca. Se supondrá que estos residuos están formados únicamente por el solvente menos volátil de cada composición, o sea para el 2o. fondo y la laca - respectivamente el xilol y la ciclohexanona.

Como el cuero permanece 8 horas en el departamento de charolado, para que seque el 2o. fondo (2 horas) y la laca (6 horas), se tiene que calcular el calor latente para cuando haya un máximo de evaporación, o sea cuando se trabajan 3 turnos diarios de 8 horas. - En esas 8 horas se evapora todo el solvente que se aplica, menos el residuo final que queda en las capas del 2o. fondo y de la laca.

A) Calor latente necesario para evaporar al acetato de - etilo: El calor latente del acetato de etilo a 0°C es 102.01 cal/gr. - Para hacer la corrección por temperatura, ya que la temperatura base es 25°C, se empleará la ecuación y la gráfica de Watson (Perry: Chemical Engineers' Handbook, pág. 300):

$$\left(\frac{\Delta}{T}\right)_2 = \frac{Y_2}{Y_1} \left(\frac{\Delta}{T}\right)_1$$

siendo $\left(\frac{\Delta}{T}\right)_1$ y $\left(\frac{\Delta}{T}\right)_2$ las fracciones del calor latente entre las temperaturas respectivas, "Y₁" y "Y₂" las ordenadas correspondientes a las temperaturas reducidas "Tr₁" y "Tr₂". La temperatura crítica del acetato de etilo es 250.1°C, obteniéndose para las temperaturas reducidas los valores de:

$$Tr_1 = \frac{273}{250.1 + 273} = 0.522 \longrightarrow Y_1 = 28.7$$

$$Tr_2 = \frac{273 \cdot 25}{250.1 \cdot 273} = 0.568 \longrightarrow Y_2 = 25.6$$

Así:

$$\left(\frac{\Delta}{T}\right)_2 = \frac{25.6}{28.7} \times \frac{102.01}{273}$$

$$\left(\frac{\Delta}{T}\right)_2 = 0.334$$

$$\Delta_{25^\circ C} = 0.334 \times 298 = 99.4 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$$

Para evaporar los 8170 gr/hr de acetato de etilo, que se aplican en el 2o. fondo y la laca, se deben suministrar:

$$Q = 99.4 \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \times 8170 \frac{\text{gr}}{\text{hr}}$$

$$Q = 812\,000 \frac{\text{cal}}{\text{hr}}$$

B) Calor latente necesario para evaporar el acetato de butilo: El calor latente del acetato de butilo a 124°C es 73.82 cal/gr. Haciendo las mismas correcciones como en el inciso A), y siendo la temperatura crítica del acetato de butilo 306°C, se obtiene:

$$Tr_1 = \frac{273 \cdot 124}{273 \cdot 306} = 0.685 \longrightarrow Y_1 = 18.1$$

$$Tr_2 = \frac{273 \cdot 25}{273 \cdot 306} = 0.515 \longrightarrow Y_2 = 28.8$$

$$\left(\frac{\Delta}{T}\right)_2 = \frac{28.8}{18.1} \times \frac{73.82}{397}$$

$$\left(\frac{\Delta}{T}\right)_2 = 0.285$$

$$\Delta_{25^\circ C} = 0.285 \times 298 = 84.8 \text{ cal/gr}$$

Si se tienen que evaporar 3695 gr/hr de acetato de butilo, se necesitan:

$$Q = 84.8 \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \times 3695 \frac{\text{gr}}{\text{hr}}$$

$$Q = 313\,500 \frac{\text{cal}}{\text{hr}}$$

C) Calor latente necesario para evaporar el xilol: El calor latente del xilol a 25°C es de 96 cal/gr. Se tiene que suministrar el calor latente para evaporar 872 gr/hr que se aplican con la mezcla del 2o. fondo, menos la cantidad que queda en el cuero. El xilol - que queda en el cuero será:

$$25 \frac{\text{hojas}}{\text{hr}} \times \frac{120 \text{ dm}^2}{\text{hoja}} \times \frac{30 \text{ gr}}{\text{ft}^2} \times \frac{\text{ft}^2}{9.29 \text{ dm}^2} \times 0.0498 = 483 \text{ gr/hr}$$

Para evaporar 872 - 483 gr/hr de xilol, se deben suministrar:

$$Q = (872 - 483) \times 96$$

$$Q = 37\,350 \text{ cal/hr}$$

D) Calor latente necesario para evaporar la ciclohexanona: Debido a que no se dispone de datos, se calculará éste a partir de la ecuación de Kistiakowsky:

$$\frac{\Delta v}{T_s} = 8.75 + 4.571 \log T_s$$

en donde Δv es el calor latente a la temperatura de ebullición (T_s), siendo esta 155°C para la ciclohexanona.

Sustituyendo:

$$\Delta v = (155 + 273) \left[8.75 + 4.571 \log (155 + 273) \right]$$

$$\Delta v = 91.6 \text{ cal/gr a } 155^\circ\text{C}$$

Debido a que no se dispone de la temperatura crítica de

la ciclohexanona para hacer las mismas correcciones como en el inciso C), se puede estimar por la siguiente relación:

$$\frac{T_b}{T_c} \approx 0.6 \quad (\text{S. Glasstone: Textbook of Physical Chemistry pg. 456})$$

en donde "T_b" es la temperatura de ebullición del líquido y "T_c" la temperatura crítica, ambas absolutas. Así:

$$T_c \approx \frac{428}{0.6}$$

$$T_c \approx 715^\circ\text{K}$$

$$Tr_1 = \frac{425}{715} = 0.6 \quad \longrightarrow \quad Y_1 = 22.7$$

$$Tr_2 = \frac{298}{715} = 0.417 \quad \longrightarrow \quad Y_2 = 35$$

$$\left(\frac{\Delta}{T}\right)_2 = \frac{35}{22.7} \times \frac{91.6}{428}$$

$$\left(\frac{\Delta}{T}\right)_2 = 0.329$$

$$\Delta_{25^\circ\text{C}} = 0.329 \times 298 = 98.2 \text{ cal/gr}$$

Se tiene que suministrar el calor para evaporar 1640 gr/hr que se aplican con la mezcla de la laca, menos la cantidad que se queda en el cuero, y que es:

$$25 \frac{\text{hojas}}{\text{hr}} \times \frac{120 \text{ dm}^2}{\text{hoja}} \times \frac{30 \text{ gr}}{\text{ft}^2} \times \frac{\text{ft}^2}{9.29 \text{ dm}^2} \times 0.0485 = 470 \text{ gr/hr}$$

Para evaporar 1640 - 470 gr/hr de ciclohexanona, se deben suministrar:

$$Q = (1640 - 470) \times 98.2$$

$$Q = 115\,000 \text{ cal/hr}$$

E) **Calor sensible para elevar la temperatura del aire a 25°C:** Como factor de seguridad se considerará como temperatura del aire ambiente la temperatura mínima del año 1964, que se registró el 10. de enero, habiendo sido ésta 1.2°C. La humedad del aire en esa fecha fue 0.00266 gr de agua/gr de aire.

Para esta humedad, el calor sensible es:

$$c_s = 0.24 + 0.46 H$$

$$c_s = 0.24 + 0.46 \times 0.00266$$

$$c_s = 0.24122 \text{ cal/gr}^\circ\text{K}$$

y el calor sensible necesario para elevar la temperatura del aire de 1.2°C a 25°C es:

$$Q = 0.24122 \frac{\text{cal}}{\text{gr}^\circ\text{C}} \times 6.55 \frac{\text{lb}}{\text{seg}} \times 3600 \frac{\text{seg}}{\text{hr}} \times \frac{453 \text{ gr}}{\text{lb}} \times (25 - 1.2)^\circ\text{C}$$

$$Q = 61\,400\,000 \frac{\text{cal}}{\text{hr}}$$

Del balance de calor resulta:

$$Q = 287\,000 + 4\,300\,000 = 812\,000 + 313\,500 + 37\,350 +$$

$$115\,000 + 61\,400\,000$$

$$Q = 57\,090\,850 \text{ cal/hr}$$

El calor que se le debe suministrar al aire es en números redondos 57 091 K cal/hr.

II - Cálculo del serpentín de vapor de calentamiento

El serpentín de vapor para calentar al aire a la temperatura necesaria, se colocará a continuación del filtro electrostático. El filtro electrostático tiene una salida de 6 ft x 10 ft 4 in, a la cual se conectará un ducto, el cual se reducirá hasta que tenga unas dimension

nes de 2,5 ft x 4 ft.

Dentro del ducto de estas dimensiones, se construirá un serpentín de vapor. Este serpentín será hecho de tubos de bronce de 14 BWG de un diámetro exterior de 1 in, y la superficie será extendida por medio de aletas transversales de bronce de 20 BWG. Estas aletas tendrán una altura de 3/8 in y estarán separadas entre sí 1/8 in. Los tubos se acomodarán horizontalmente en un arreglo triangular, habiendo una distancia de 2½ in. entre sus centros. En el ducto se pueden acomodar 21 tubos de 2,5 ft de largo en un banco, y 20 en el banco que alterna.

Para calentar se empleará vapor saturado con una presión manométrica de 5 psi. Se considerará un factor de ensuciamiento de 0.003.

a) Balance de calor:

Aire a 582 mm Hg

$$Q = 57\,090\,850 \frac{\text{cal}}{\text{hr}} \cdot 0.24122 \frac{\text{cal}}{\text{gr } ^\circ\text{C}} \times 6.55 \frac{\text{lb}}{\text{seg}} \times 3600 \frac{\text{seg}}{\text{hr}} \times 453.6 \frac{\text{gr}}{\text{lb}} \times (t_2 - 1.2)$$

$$t_2 = 23.3^\circ\text{C} = 74.0^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 1.2^\circ\text{C} = 34.16^\circ\text{F}$$

$$\text{Vapor } p = 5 \text{ psig} + 582 \text{ mm Hg} \times \frac{0.01934 \text{ psi}}{\text{mm Hg}}$$

$$p = 16.27 \text{ psia}$$

El vapor a 215^oF tiene una presión de 15.591 psia y un calor latente de 968.3 Btu/lb, y a 220^oF tiene una presión de 17.188 psia y un calor latente de 965.2 Btu/lb. Interpolando, se encuentra - que para una presión de 16.27 psia, el vapor saturado tiene una temperatura de $t = 217.13^{\circ}\text{F}$ y un calor latente de $\wedge 967 \text{ Btu/lb}$

$$57\,090\,850 \frac{\text{cal}}{\text{hr}} \times \frac{\text{Btu}}{252 \text{ cal}} = W \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 967 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

$$W = 234.5 \text{ lb vapor/hr}$$

$$W = 106.5 \text{ Kg vapor/hr}$$

b) Cálculo de la diferencia media de temperatura entre el vapor y el aire (Δt)

Vapor		aire	diferencia
217.1	temperatura mayor	74.0	143.1
217.1	temperatura menor	34.2	182.9
0	diferencia	39.8	39.8

$$\Delta t = \text{LMTD} = \frac{182.9 - 143.1}{\ln \frac{182.9}{143.1}}$$

$$\Delta t = \text{LMTD} = 148.5^{\circ}\text{F}$$

c) Cálculo del diámetro equivalente y área libre de flujo:

Diámetro equivalente:

$$de = \frac{2 (\text{área de las aletas} - \text{área libre del tubo})}{\pi (\text{perímetro proyectado})}$$

$$\text{área de las aletas } A_f = \frac{\pi}{4} (1.75^2 - 1^2) \times 2 \times 8 = 25.8 \text{ in}^2/\text{in}$$

$$\text{área libre del tubo } A_o = \pi \times 1 - \pi \times 1 \times 8 \times 0.035 = 2.27 \text{ in}^2/\text{in}$$

$$\text{perímetro proyectado} = 2 \times \frac{3}{8} \times 2 \times 8 + 2 (1 - 8 \times 0,35) = 13,45 \text{ in/in}$$

$$d_c = \frac{2 \times (25,8 - 2,27)}{\pi \times 13,45} = 1,33 \text{ in}$$

$$D_c = \frac{1,33}{12} = 0,11 \text{ ft}$$

Área de flujo: para calcular el área de flujo se tomará el mínimo, el cual deja el banco de 21 tubos.

$$a_s = 2,5 \times 4 \times 144 - 21 \times 1 \times 2,5 \times 12 - 21 (2 \times 0,035 \times \frac{3}{8} \times 8 \times 3 \times 12)$$

$$a_s = 652 \text{ in}^2 = 4,53 \text{ ft}^2$$

d) Cálculo del coeficiente de transmisión de calor para el fluido frío (aire en el ducto):

Con:

$$Re_s = \frac{D_c G_s}{\mu} = \frac{0,111 \times 5200}{0,0423} = 13\ 630$$

$$j_f = 8,4 \text{ fig (16.18a) Kern: Process Heat transfer)}$$

$$a \text{ t prom} = 54,4; \quad K = 0,0149 \quad \text{Btu/hr ft}^2 \text{ (}^\circ\text{K/ft)}$$

$$h_f = j_f \left(\frac{k}{D_c} \right) \left(\frac{c \mu}{k} \right)^{1/3}$$

Sustituyendo:

$$h_f = 8.8 \left(\frac{0.0149}{0.111} \right) \left(\frac{0.2413 \times 0.0423}{0.0149} \right)^{1/3}$$

$$h_f = 9.95$$

corrigiendo por el factor de ensuciamiento:

$$Rd_o = 0.003, \quad hd_o = 333$$

$$h_f^1 = \frac{hd_o \times h_f}{hd_o + h_f} = \frac{333 \times 9.95}{333 + 9.95} = 9.65 \frac{\text{Btu}}{\text{hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

corrigiendo por la superficie extendida: (fig. 16. Ba) Kern

$$y_b = \frac{0.035}{2 \times 12} = 0.00146 \text{ ft}$$

k para latón : 60 Btu/hr ft² (°F/ft) Tabla 3, Kern

$$(r_e - r_b) \sqrt{h_f^1 / k y_b} = 0.328$$

$$\frac{r_e}{r_b} = 1.75$$

$$\Omega = 0.95$$

sustituyendo en la ecuación:

$$h_{f_i}^1 = (\Omega \times A_f + A_o) \frac{h_f^1}{A_i}$$

se obtiene:

$$h'_{fi} = (0.95 \times 2.15 + 0.1892) \frac{9.65}{0.2183}$$

$$h'_{fi} = 98.7$$

e) Cálculo del coeficiente de transmisión de calor para el fluido caliente (vapor)

Para vapor se puede considerar un coeficiente de transmisión de calor de $h_i = 1500 \text{ Btu/hr (ft}^2 \text{)} (^{\circ}\text{F)}$

$$R_{di} = 0.003 \quad \therefore \quad h_{di} = 333$$

$$h_i = \frac{333 \times 1500}{333 + 1500} = 273$$

f) Cálculo del coeficiente total de transmisión de calor

$$U_{Di} = \frac{h'_{fi} \times h_i}{h'_{fi} + h_i}$$

$$U_{Di} = \frac{98.7 \times 273}{98.7 + 273} = 72.4 \frac{\text{Btu}}{\text{hr ft}^2 \text{ } ^{\circ}\text{F}}$$

g) Cálculo del número de bancos

$$\text{Area necesaria: } A_i = \frac{57090850}{72.4 \times 148.5 \times 252} = 20.90 \text{ ft}^2$$

$$\text{Superficie interna/banco} = (21 + 20) \times 2.5 \times 0.2183 = 22.4$$

$$\text{No. de bancos} = \frac{2090}{22.4} = 0.933 \text{ bancos}$$

o sea, 1 banco

h) Cálculo de la caída de presión producida por el aire al pasar por el serpentín de vapor:

Para calcular la caída de presión, se dispone de la siguiente ecuación:

$$\Delta P_s = \frac{f \times G_s^2 \times L_p}{5.22 \times 10^{10} \times D'_{ev} \times S \times \phi_s} \left(\frac{D'_{ev}}{S_T} \right)^{0.1} \left(\frac{S_L}{S_T} \right)^{0.6} \quad (\text{fig. 16.18, Kern})$$

en la cual "f" es el factor de fricción, "G_s" la masa velocidad, - "L_p" la longitud de fricción, "S" la gravedad específica del aire, - "S_T" es la distancia entre los centros de los tubos en un banco transversal, "S_L" es la distancia centro a centro al tubo más cercano del siguiente banco, y "D'_{ev}" el diámetro equivalente que se puede definir como:

$$D'_{ev} = \frac{4 \times \text{volumen libre neto}}{\text{superficie de fricción}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen libre neto} &= 2.5 \times 4 \times \frac{1.95}{12} - \frac{1}{2} (21 + 20) \frac{\pi}{4} \times \frac{1^2 \times 2.5}{144} - \\ &= \frac{1}{2} (21 + 20) \frac{\pi}{4} \times (1.75^2 - 1^2) - \frac{0.035}{144} \times 8 \times 2.5 = 1.184 \text{ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Superficie de fricción} = \frac{1}{2} \times 41 \times \frac{28.07}{12} \times 2.5 = 1.20 \text{ft}^2$$

$$D'_{ev} = 4 \times \frac{1.184}{1.20} = 0.0395 \text{ft}$$

$$\text{con: } Re = \frac{0.0395 \times 5200}{0.0423} = 4850$$

$$f = 0.0027 \text{ft}^2/\text{in}^2 \quad (\text{fig. 16.18 b, Kern})$$

sustituyendo:

$$\Delta P_s = \frac{0,0027 \times 5200^2 \times 0,1625}{5,22 \times 10^{10} \times 0,0395 \times 0,00119 \times 1} \times 0,538 \times 1,0$$

$$\Delta P_s = 0,072 \text{ in } H_2O$$

La caída de presión causada por el serpentín de vapor es de 0,072 in H_2O . Para calcular el ventilador, se supuso una caída de presión de 0,1 in H_2O , que es muy parecida a la caída de presión calculada.

CAPITULO XIII

**SELECCION DEL EQUIPO PARA EL CONTROL
DE TEMPERATURA**

Para controlar la temperatura dentro del departamento de charolado, se tendrá un termostato que controla una válvula motorizada. Esta válvula deja pasar más o menos cantidad de vapor al serpentín de calentamiento, regulando así la temperatura del aire.

a) - Termostato: Se empleará un termostato modelo - T921A fabricado por Minneapolis - Honeywell Regulator Company. - Este termostato provee un control proporcional a una válvula motorizada, para mantener la temperatura deseada. Consiste esencialmente de un potenciómetro protegido por una caseta de acero. Además tiene un termómetro en el cual se puede leer la temperatura ambiente. La escala más apropiada para las necesidades del departamento de charolado va de 13 a 29°C, y tiene una banda proporcional que abarca 1,5°C.

b) Válvula: La válvula que se empleará, deberá proveer un control exacto de flujo al serpentín de vapor, el cual requiere - como máximo 108.2 kg de vapor por hora. La presión de entrada a la válvula es de 5 psig y la mínima de salida que puede haber, será la presión ambiente.

La fórmula para calcular el coeficiente de flujo (C_v) es:

$$C_v = \frac{Q \sqrt{V}}{63.5 \sqrt{h}}$$

en la cual "Q" es la cantidad de vapor en lb/hr que pasa a través de

la válvula, "V" es el volumen específico del vapor a la entrada de la válvula en ft^3/lb , y "h" el diferencial de presión. Para el cálculo siempre se emplea el valor menor entre "h" que se define como:

$$h = 80 \% (P_m - P_r)$$

y " $h_{\text{crítica}}$ ", que se define como:

$$h_{\text{crítica}} = 50\% \times P_1$$

siendo " P_m " la presión de entrada, " P_r " la presión en la salida de la válvula en psig o psia y " P_1 " la presión absoluta del vapor en la entrada a la válvula en psia.

$$h = 0.8 \times (5 - 0)$$

$$h = 4 \text{ psi}$$

$$h_{\text{crítica}} = 0.5 \left(5 - \frac{582}{760} \times 14.7 \right)$$

$$h_{\text{crítica}} = 0.50 \times 16.35$$

$$h_{\text{crítica}} = 8.175 \text{ psia}$$

Para calcular el volumen específico del vapor a 5 psig - (16.35 psia), se tiene que interpolar entre los siguientes valores:

$$a \quad p : 15.591 \text{ psia} , \quad V : 25.37 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$p : 17.188 \text{ psia} , \quad V : 23.16 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

resultando $V = 24.32 \text{ ft}^3/\text{lb}$

Sustituyendo en la fórmula, se obtiene:

$$C_v = \frac{106.5 \times \sqrt{24.32}}{63.5 \times 0.4536 \times \sqrt{4}}$$

$$C_v : 9.10$$

Para este coeficiente de flujo, la válvula más apropiada - es la Válvula Motorizada Modulante K944C de Honeywell, S. A. de - C. V., de 1 in de diámetro.

c) Costos del equipo de control:

<i>Termostato T921A gama modulante</i>	<i>\$ 580.00</i>
<i>Válvula motorizada modulante K944C</i>	
<i>Motor modelo M905F</i>	<i>1,800.00</i>
<i>Transformador Modelo AT72D</i>	<i>80.00</i>
<i>Acoplamiento Modelo Q455F</i>	<i>500.00</i>
<i>Válvula de 1 in Cv 10 Modelo V5011A</i>	<i>430.00</i>
	<hr/>
<i>Costo total del equipo de control</i>	<i>\$ 1,690.00</i>

CAPITULO XIV
SISTEMA DE INYECCION Y EXTRACCION
DE AIRE

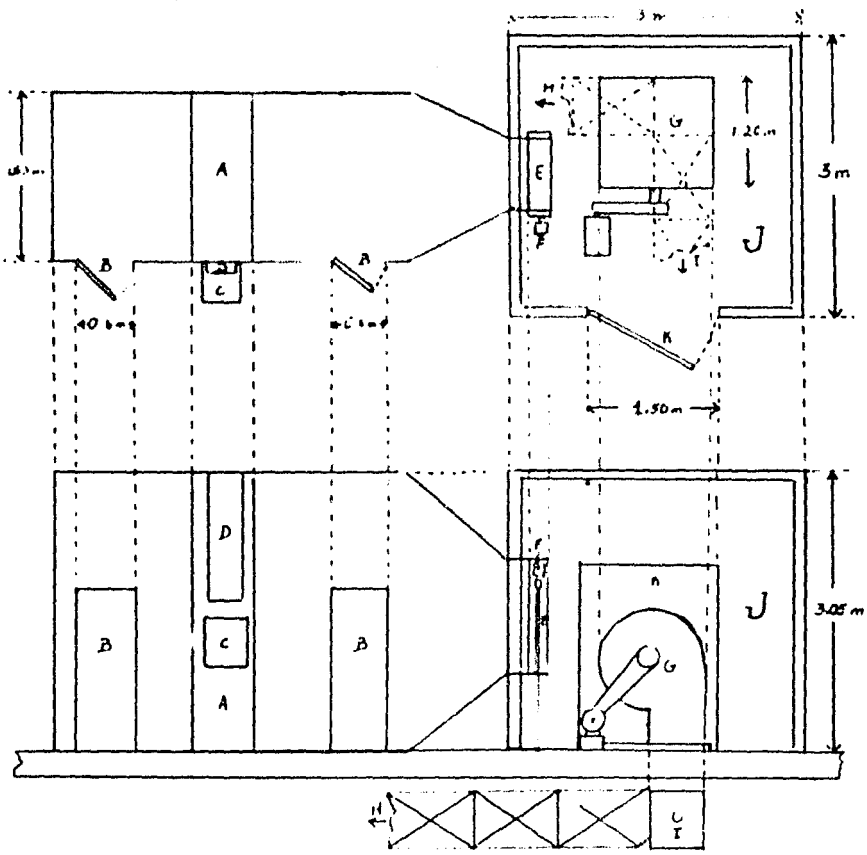
I - Sistema de Inyección de aire

En conjunto, el sistema de inyección de aire tiene el aspecto como lo muestra la gráfica. Las letras indican:

- A - Filtro electrostático**
- B - Puertas de acceso al ducto por ambos lados del filtro, para el mantenimiento del filtro**
- C - Unidad transformadora y rectificadora para proveer los voltajes necesarios al ionizador y a las placas colectoras.**
- D - Mecanismo motriz automático para rotar la cortina que sujeta las placas negativas, y pasarlas intermitentemente por el baño de viscosina**
- E - Serpentín de vapor para calentar el aire**
- F - Válvula de control para controlar el flujo de vapor al serpentín**
- G - Ventilador centrífugo**
- H - Ducto que conduce el aire a la sección del segundo fondo "F"**
- I - Ducto que conduce el aire a la sección de la laca "L"**
- J - Cámara de Succión**
- K - Puerta de acceso a la cámara de succión**

II - Sistema de extracción de aire

El departamento de charolado tendrá tres extractores, - dos de los cuales extraen el aire por los gabinetes de pintar "PF" y "PL", y el otro lo extrae en el extremo derecho de la sección de -



SISTEMA DE INYECCION DE AIRE

la sección de secado de la laca "L".

a) Volumen de aire que se tiene que extraer:

El volumen de aire que se tiene que extraer está compuesto por el volumen del aire inyectado, más el volumen que ocupan los vapores de los solventes, o sea:

$$V_t = V \text{ aire inyectado} + V \text{ acetato de etilo} + V \text{ acetato de butilo} +$$

$$V \text{ xilol} + V \text{ ciclohexanona}$$

$$V_t = 24\ 900\ 000 \text{ lt/hr} + 2\ 270 \text{ lt/hr} + 778 \text{ lt/hr} + 201 \text{ lt/hr} + 408 \text{ lt/hr}$$

$$V_t = 24\ 903\ 657 \text{ lt/hr}$$

El volumen de aire que se tiene que extraer será en metros redondos $24\ 904 \text{ m}^3/\text{hr}$

b) Volumen a extraer por cada uno de los gabinetes de pintar, y selección de los ventiladores:

Los gabinetes tienen las siguientes medidas: ancho 1.50 m, largo 3 m y altura 2 m. El área libre de extracción es de 2.80 m x 1.20 m. Para que la extracción sea efectiva, se recomienda tener una velocidad del aire de 45 m/min. Por lo tanto se tienen que extraer por cada gabinete de pintar:

$$V = 2.80 \times 1.20 \times 45 \times 60$$

$$V = 9070 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Para extraer el aire se van a emplear ventiladores axiales modelo PMCA-3 de SF de México, S. A., que tienen el motor fuera del ducto. Con el fin de poder usar las gráficas de S.F. de México, S. A., se tiene que corregir el volumen para las condiciones al nivel del mar:

$$V_c = 9070 \times \frac{582}{760}$$

$$V_c = 6950 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Para remover este volumen con el ventilador modelo - PMCA-3 50 M, se necesita una potencia de 0.55 HP al nivel del mar, que equivale a:

$$0.55 \times \frac{582}{760} = 4.22 \text{ HP}$$

El motor comercial más cercano a este valor es de 0.5 HP, y el costo de esta unidad extractora es de \$ 2 850.00

c) Por el tercer extractor se tienen que extraer:

$$V = 24\ 903 - 2 \times 9070$$

$$V = 6773 \text{ m}^3/\text{hr}$$

corrigiendo por la altura de México, se obtiene:

$$V_c = 6763 \times \frac{582}{760}$$

$$V_c = 5175 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Para remover este volumen de aire por el ventilador PMCA-3 45 M, se necesita un motor de 0.3 HP al nivel del mar.

Corrigiendo se obtiene:

$$0.3 \times \frac{582}{760} = 0.23$$

El motor comercial más cercano a este valor es de 0.25 HP, y el costo de esta unidad extractora es de \$ 2 350.00

CAPITULO XV

**I - CALCULO DE LA INVERSION FIJA
REQUERIDA**

**II - COSTO DE PRODUCCION DEL CHAROL
A BASE DE POLIURETANO**

I - CALCULO DE LA INVERSION FIJA REQUERIDA

a) *Construcción:* Se puede considerar un costo promedio de 400 pesos por m² de paredes, piso y techo, teniendo en cuenta, que las paredes y el piso van a ser recubiertos con mosaico. - Así, el costo de construcción será de:

2 paredes laterales 2 x 16 m x 4.50 m x 400 \$/m ²	\$ 57 600.00
2 paredes del frente y del fondo 2 x 18 m x 4.50 m x 400 \$/m ²	64 800.00
la otra pared de la sección "F" 11 m x 4.50 m x 400 \$/m ²	19 600.00
la otra pared de la sección "L" 12 m x 4.50 m x 400 \$/m ²	21 630.00
la otra pared de la sección "M" 12 m x 4.50 m x 400 \$/m ²	21 630.00
la pared entre las secciones "P" y "S" 5 m x 4.50 m x 400 \$/m ²	9 000.00
piso y techo 2 x 16 m x 18 m x 400 \$/m ²	231 400.00
4 paredes y techo de la cámara de succión 5 x 3 m x 3 m x 400 \$/m ²	18 000.00

Sumando, se obtiene que la inversión en la construcción es de \$ 443 660.00

b) Sistema de inyección de aire

Ducto en el cual se encuentra el filtro electrostático, con puertas de acceso	\$ 13 000.00
---	--------------

<i>Filtro electrostático</i>	\$ 86 500,00
<i>Serpentín de vapor</i>	1 500,00
<i>Sistema de control de temperatura</i>	1 690,00
<i>Ventilador con accesorios</i>	10 926,00
<i>Los ductos de 60 x 60 cm², de lámina galvanizada, con un soporte cada 3 m, tienen un costo incluyendo mano de obra, de \$30/cada 90 cm, o sea,</i>	
$30 \times \frac{12}{0,90}$	400,00
<i>2 campanas con mamparas para la distribución del aire en los extremos de los ductos 2 x 359</i>	700,00

Sumando, se obtiene la inversión en el sistema de inyección, que es de \$ 114 716 pesos

c) Inversión en el equipo para pintar y el sistema de extracción.

<i>2 gabinetes de pintar: 2 x 4 800</i>	\$ 9 600,00
<i>1 unidad extractora en cada gabinete: 2 x 2850</i>	5 700,00
<i>1 unidad extractora en la sección "L"</i>	2 350,00
<i>ductos de lámina galvanizada para las unidades extractoras</i>	200,00
<i>3 persianas de gravedad: 3 x 1300</i>	3 900,00
<i>2 pistolas de aire De Vilbiss MBC: 2 x 890</i>	1 780,00
<i>2 filtros con reguladores para las pistolas de aire: 2 x 500</i>	1 000,00
<i>2 tanques de presión de 5 galones: 2 x 3000</i>	6 000,00
<i>1 compresora de 7,5 HP</i>	20 000,00
<i>16 carritos para los marcos: 16 x 1000</i>	16 000,00

25 marcos para 14 carrilos: 25 x 14 x 180	\$ 63 000.00
20 pinzas por cada marco: 20 x 25 x 14 x 10	70 000.00
Cordón varilla con alma de nylon, para sujetar las pinzas, 50 cm por pinza 20 x 25 x 14 x 0.50 x \$0.60/m	2 100.00

Sumando se obtiene que la inversión en este renglón es de 201 630 pesos

d) Inversión en la iluminación, conexiones eléctricas y tomas de agua

10 lámparas a prueba de explosión 10 x 200	\$ 2 000.00
Conexiones eléctricas	1 000.00
3 tomas de agua para la limpieza del departamento de charolado	600.00

Sumando, se obtiene: 3 600 pesos

e) La inversión fija total será de:

Construcción	\$ 443,660.00
Sistema de inyección de aire	114,716.00
Equipo para pintar y sistema de extracción de aire	201,630.00
Iluminación, conexiones eléc- tricas y tomas de agua	3,600.00

Así, la inversión fija que se requiere es de

\$ 763,606.00

**II - COSTO DE PRODUCCION DEL CHAROL
A BASE DE POLIURETANO**

a) Costo por concepto de materias primas en la curtición

Base: 1 cuero salado de 12 kg. que en promedio tiene una superficie de 240 dm².

<i>Cueros salados:</i>	<i>6.00 x 12 x 0.60</i>	<i>---</i>	<i>\$ 43.200</i>
<i>Sulfuro de sodio:</i>	<i>1.75 x 12 x 0.60 x 0.04</i>		<i>0.503</i>
<i>Cal hidratada:</i>	<i>0.17 x 12 x 0.60 x 0.02</i>		<i>0.024</i>
<i>Bisulfito de sodio:</i>	<i>4.50 x 12 x 0.60 x 0.002</i>		<i>0.065</i>
<i>Sulfato de amonio:</i>	<i>0.75 x 12 x 0.60 x 0.01</i>		<i>0.054</i>
<i>Oropon R:</i>	<i>5.00 x 12 x 0.60 x 0.005</i>		<i>0.180</i>
<i>Formiato de calcio:</i>	<i>1.75 x 12 x 0.60 x 0.01</i>		<i>0.126</i>
<i>Sal común</i>	<i>0.30 x 12 x 0.60 x 0.06</i>		<i>0.130</i>
<i>Acido sulfúrico:</i>	<i>0.45 x 12 x 0.60 x 0.012</i>		<i>0.038</i>
<i>Bicarbonato de sodio:</i>	<i>1.15 x 12 x 0.60 x 0.008</i>		<i>0.066</i>
<i>Formiato de calcio</i>	<i>1.75 x 12 x 0.40 x 0.01</i>		<i>0.084</i>
<i>Bicarbonato de sodio:</i>	<i>1.15 x 12 x 0.40 x 0.007</i>		<i>0.039</i>
<i>Negro directo:</i>	<i>33.00 x 12 x 0.40 x 0.007</i>		<i>1.110</i>
<i>Aceite rojo turco:</i>	<i>6.40 x 12 x 0.40 x 0.06</i>		<i>1.845</i>
<i>Curtiente sintético:</i>	<i>6.00 x 12 x 0.40 x 0.02</i>		<i>0.576</i>
<i>Extracto de mimosa:</i>	<i>3.42 x 12 x 0.40 x 0.02</i>		<i>0.329</i>
	<i>Total:</i>		<i>\$ 48.369</i>

La primera columna indica los precios de las materias primas, la segunda el peso del cuero salado, la tercera el porcentaje del cuero que se va a emplear para el charol y, la cuarta, el -

porcentaje de materias primas empleado. El 0.60 de la tercera - columna indica que sólo el 60% del cuero salado es aprovechado para el charol. El 40% restante se emplea para la fabricación de carnaza, y su costo lo absorbe la carnaza. El 0.40 en dicha columna, es el porcentaje del cuero salado que queda después de haber escurrido y rebajado el cuero.

El costo por concepto de materias primas en la curtición es por cuero 48.37 pesos. Dividiendo esta cantidad entre 240 se - obtiene el costo por dn.², siendo este 20.13 centavos.

b) Costo del acabado de charol:

Base: 1 m² de cuero sin acabar:

primer y segundo fondo:

Negro Fondo Baygen:	$27.54 \times 0.666 \times \frac{100}{250}$	\$ 7.325
Xiloi	$1.64 \times 0.666 \times \frac{150}{250} \times 0.15$	0.098
Acetato de etilo:	$6.77 \times 0.666 \times \frac{150}{250} \times 0.45$	1.218
Acetato de butilo	$6.40 \times 0.666 \times \frac{150}{250} \times 0.40$	1.023
	Total:	\$ 9.664

laca:

Negro Laca Baygen N:	$34.62 \times 0.333 \times \frac{50}{355}$	\$ 1.625
Laca Baygen 558	$33.36 \times 0.333 \times \frac{50}{355}$	1.565
Acetato de butilo:	$6.40 \times 0.333 \times \frac{200}{355} \times 0.25$	0.298
Ciclohexanona:	$10.55 \times 0.333 \times \frac{200}{355} \times 0.30$	0.593

Acetato de etilo:	$6.77 \times 0.333 \times \frac{200}{355} \times 0.45$	\$ 0.571
Endurecedor Baygen nuevo:	$27.87 \times 0.333 \times \frac{55}{355}$	1.452
Total:		\$ 6.104

La primera columna indica el costo de las materias primas, la segunda, la cantidad que se aplica en Kg/m^2 , la tercera y cuarta en conjunto, el porcentaje en la mezcla.

Así, se obtiene un costo por concepto de materias primas y productos químicos (incisos a y b) de:

$$20.13 + 15.76 = 35.89 \text{ centavos por } \text{dm}^2$$

c) Costo por concepto de mano de obra:

Para un turno de 8 horas, se necesita..

8 peones con un salario de 1500 pesos/mes (incluyendo prestaciones)	12 000.00
2 maestros para dar el 2o. fondo y la laca, con un salario de 3000 (incluyendo pres- taciones) pesos/mes	6 000.00
Total:	18 000.00/mes

La supervisión la va a efectuar el jefe de producción de la tenería, que ya recibe sueldo.

d) Mantenimiento

En este caso se puede considerar un costo de mantenimiento, materiales y mano de obra del 2% anual de la inversión fija, o sea:

$$0.02 \times 763\,600 \times \frac{1}{12} : 1\,273 \text{ pesos/mes}$$

e) Servicios

Agua: $60 \text{ m}^3/\text{mes} \times 0.70 \text{ \$/m}^3$	\$	42.00
Energía eléctrica: $5 \times 8 \times 30 \text{ Kw-h/mes}$ $\times 0.12 \text{ \$/Kw-h}$		144.00
Vapor: se pueden suponer		100.00
Total servicios:	\$	286.00/mes

f) Depreciación

Edificio al 5% anual (incisos a y d del Capítulo anterior): $0.05 \times 447\,266 \times 1/12$	\$	1 860.00
Equipo al 10% anual: (incisos b y c del Capítulo anterior): $0.1 \times 316\,346 \times 1/2$		2 630.00
Total depreciación:	\$	4 390.00/mes

g) Impuestos y seguros

Se pueden considerar como el 1.5% anual de la inversión fija:

$$0.015 \times 763\,606 \times \frac{1}{12} \quad \$ \quad 9\,550.00/\text{mes}$$

h) Gastos de fábrica

Se pueden considerar un 50% de la mano de obra de operación:

$$0.5 \times 18\,000 \quad \$ \quad 9\,000.00/\text{mes}$$

i) Costo total

Sumando los resultados de los incisos c), d), e), f), g) y h), se obtiene $\$ \quad 42\,599.00/\text{mes}$

Si se trabaja un turno diario, la producción en 26 días laborables por mes, es de:

$$25 \text{ hojas/hr} \times 8 \text{ hr/día} \times 26 \text{ días/mes} \times 120 \text{ dm}^2/\text{hoja} = \\ 624\,000 \text{ dm}^2/\text{mes}, \text{ o sea que el costo de producción} \\ \text{total por } \text{dm}^2 \text{ sale en:}$$

$$\$ 0.3589 \times \frac{42\,599}{624\,000} \quad 0.3589 \times 0.0682 = 0.4271 = 42.71 \text{ centavos/dm}^2$$

CAPITULO XVI

ESTIMACION APROXIMADA DEL COSTO DE PRODUCCION DEL CHAROL A BASE DE ACEITE DE LINAZA, PARA EFECTOS DE COMPARACION CON EL CHAROL A BASE DE POLIURETANO

1 - Costo de producción

a) Costo por concepto de materias primas para la curtición: Este costo es igual al obtenido para el charol a base de poliuretano, o sea 20.13 centavos/dm²

b) Costo del acabado de charol:

1a. mano: Se hacen dos aplicaciones de aprox. 2 gr/dm²

aceite de linaza	$\frac{42}{44.53}$	x	0.004	x	6.20	\$	0.02340	
litargirio:	$\frac{1.4}{44.53}$	x	0.004	x	3.90	\$	0.00049	
borato de manganeso:	$\frac{0.45}{44.53}$	x	0.004	x	10.00	\$	0.00040	
Azul de Prusia:	$\frac{0.45}{44.53}$	x	0.004	x	18.90	\$	0.00076	
Umbra:	$\frac{0.23}{44.53}$	x	0.004	x	4.00	\$	0.00008	
Total:							\$	0.02513

2a. Mano: Se hace una aplicación de aprox. 3 gr/dm²

aceite de linaza:	$\frac{42}{46.6}$	x	0.003	x	6.20	\$	0.01680	
Azul de Prusia:	$\frac{2.3}{46.6}$	x	0.003	x	18.90	\$	0.00280	
Negro de humo:	$\frac{2.3}{46.6}$	x	0.003	x	12.00	\$	0.00178	
Total:							\$	0.02138

3a. Mano: Se aplican a pistola aprox. 3 gr/dm²

$$\text{aceite de linaza } \frac{.12}{.44} \times 0.003 \times 6.20 \quad \$ 0.01680$$

$$\text{Azul de Prusia: } \frac{1}{.44} \times 0.003 \times 18.90 \quad \$ 0.00129$$

$$\text{Borato de manga-} \frac{1}{.44} \times 0.003 \times 10.00 \quad \$ 0.00068$$

neso:

$$\text{Total:} \quad \$ 0.01975$$

La primera columna indica el porcentaje de cada producto en las mezclas que se aplican, la segunda, la cantidad que se aplica en - Kg/dm², y la tercera el precio del producto en \$/kg.

Sumando los costos de las 3 manos, se obtiene el costo del acabado de charol:

$$0.02513 + 0.02138 + 0.01975 = 0.06626 \text{ pesos/dm}^2$$

Por concepto de materias primas y productos químicos (íncisos a y b), el costo es: $20.13 + 6.62 = 26.85$ cen. avos/dm²

c) Costo por concepto de mano de obra:

5 peones con un salario de \$ 1 500 por mes
(incluyendo prestaciones) \$ 7 500.00/mes

1 maestro con un salario de \$3 000 por mes,
(incluyendo prestaciones) 3 000.00/mes

Total: \$ 10 500.00/mes

d) Gastos de fábrica

Se pueden considerar como un 50% de la mano de obra de operación: $0.5 \times 10 500$ \$ 5 250.00/mes

e) Se considerara que el equipo y la construcción ya no está sujeta a depreciación, debido a que este procedimiento ya se ha estado aplicando más de 20 años. Entre mantenimiento, servicios, impuestos y seguros, se estimará un costo mensual de \$ 2 000.00

f) Costo total del charol a base de aceite de linaza:

Sumando los resultados de los incisos c), d) y e), se obtiene

\$ 17 750.00 /mes

Considerando una producción de 50 hojas diarias, o sea:

50 hojas/día x 26 días mes x 120 dm²/hoja = 156 000 dm²/mes, el costo total de producción sería:

$$0.2685 \cdot \frac{46\ 500}{156\ 000} = 0.2685 \cdot 0.1140 = 0.3825 \$/dm^2$$

2 - Estimación y comparación de las ganancias y el % de recuperación de la inversión en los 2 procedimientos de charolado:

a) Charol a base de aceite de linaza:

El charol a base de aceite de linaza se cotiza en el mercado a 50 centavos/dm². Así la ganancia sería:

Ganancia = producción (precio de venta - costo de producción)

Ganancia = 156 000 (0,50 - 0,3825)

Ganancia = \$ 18 300/mes

El porcentaje de recuperación se calculará con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ recuperación} = \frac{\text{Ganancia}}{\text{Inversión total}}$$

La inversión total está representada por la inversión fija, más el capital de trabajo. La inversión fija se estimará en 50 000 pesos.

El capital de trabajo está compuesto por:

1) Inventario de materias primas para un mes de producción (26 días al costo de materias primas y productos químicos):

$$6000 \text{ dm}^2/\text{día} \times 26 \text{ días} \times 0.2685 \$/\text{dm}^2 = \$ 41\ 900$$

2) Materiales en proceso (14 días para la curtición y 12 días para el acabado de charol, al costo de materias primas y productos químicos):

$$6000 \text{ dm}^2/\text{día} \times 26 \text{ días} \times 0.2685 \text{ \$/dm}^2 = \$:41\ 900$$

3) *Inventario de producto terminado (1 semana a costo de producción):*

$$6000 \text{ dm}^2/\text{día} \times 7 \text{ días} \times 0.3825 \text{ \$/dm}^2 = \$ 16\ 700$$

4) *Crédito (3 meses a precio de venta):*

$$6000 \text{ dm}^2/\text{día} \times 90 \text{ días} \times 0.50 \text{ \$/dm}^2 = \$ 270\ 000$$

5) *Efectivo (se supondrá un mes de salarios):* \$ 10 500

Sumando, se obtiene el capital de trabajo, que es:

$$41\ 900 + 41\ 900 + 16\ 700 + 270\ 000 + 10\ 500 = \$ 381\ 000$$

Así, el % de recuperación es:

$$\% \text{ de recuperación: } \frac{18\ 300}{50\ 000 + 381\ 000} \times 100 = 4.25\%$$

b) *Charol a base de poliuretano:*

El charol a base de poliuretano se cotiza en el mercado entre 70 y 90 centavos por dm^2 , según la calidad. Considerando un promedio de 80 centavos por dm^2 , la ganancia sería

$$\text{Ganancia} = 624\ 000 (0.80 - 0.4271)$$

$$\text{Ganancia} = \$ 232\ 700/\text{mes}$$

Para calcular el % de recuperación, se tiene que estimar el capital de trabajo, estando este compuesto por:

1) *Inventario de materias primas para 1 mes de producción (26 días - al costo de materias primas y productos químicos):*

$$24\ 000 \text{ dm}^2/\text{día} \times 26 \text{ días} \times 0.3589 \text{ \$/dm}^2 = \$ 224\ 000$$

2) *Materiales en proceso (14 días para la curtición y 2 días para el acabado de charol, al costo de materias primas y productos químicos):*

$$24\ 000 \text{ dm}^2/\text{día} \times 16 \text{ días} \times 0.3589 \text{ \$/dm}^2 = \$ 138\ 000$$

3) *Inventario del producto terminado (1 semana al costo de producción):*

$$24\ 000\ \text{dm}^2/\text{día} \times 7\ \text{días} \times 0.4271\ \$/\text{dm}^2 \quad \$\ 71\ 700$$

4) *Crédito (3 meses al precio de venta):*

$$24\ 000\ \text{dm}^2/\text{día} \times 90\ \text{días} \times 0.80\ \$/\text{dm}^2 \quad \$\ 1\ 727\ 000$$

5) *Efectivo (se supondrá un mes de salarios):* \$ 18 000

Sumando, se obtiene el capital de trabajo, que es:

$$244\ 000 + 138\ 000 + 71\ 700 + 1\ 727\ 000 + 18\ 000 = \$\ 2\ 198\ 700$$

Así, el % de recuperación de la inversión es:

$$\frac{232\ 700}{763\ 606 + 2\ 198\ 700} \times 100 = 7.85\%$$

CONCLUSIONES

- I - *Las propiedades físicas y químicas del charol a base de poliuretano son muy superiores a las del charol a base de aceite de linaza.*
- II - *El procedimiento nuevo tiene la ventaja de ser perfectamente reproducible y mucho más simple, siendo así posible tener un mejor control de producción y obtener siempre una calidad uniforme.*
- III - *En el mismo espacio disponible, se puede aumentar fuertemente la producción de charol, cambiando de procedimiento.*
- IV - *Con una inversión fija de 763 606 pesos y un capital de trabajo de 2 198 700 pesos, se puede tener una producción de 200 hojas diarias de charol, que aportarían unas ganancias antes de impuestos de 232 700 pesos al mes. Comparando con la producción de charol a base de aceite de linaza de 50 hojas por día, que requiere una inversión total de 431 000 pesos, las ganancias antes de impuestos sólo son de 18 300 pesos al mes. Así, cambiando de procedimiento, el capital se recupera en casi la mitad del tiempo.*
- V - *Antes de hacer la inversión en el Departamento de Charolado, conviene hacer un análisis de mercado. Esta inversión generalmente les conviene a las tenerías que ya fabrican varios tipos de cuero, ya que el consumo de charol está sujeto a la moda y a la época del año.*

B I B L I O G R A F I A

Libros:

Perry, J.H.: *Chemical Engineers' Handbook*
Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York, 1950

Treybal, R.E.: *Mass Transfer Operations*
Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York, 1955

Kern, D.Q.: *Process Heat Transfer*
Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York, 1950

Mickley, H.S., Sherwood, T.K., Reed, C.E.
Applied Mathematics in Chemical Engineering
Mc Graw-Hill Book, Co. Inc., New York, 1957

Glasstone, S.: *Textbook of Physical Chemistry*
2a. Edición D. Van Nostrand Company, Inc., 1958

Mills, M.R.: *An Introduction to drying oil technology*
Pergamon Press LTD. London, 1952

Publishers of Occupational Hazards:
Industrial Safety and Health Handbook
The Industrial Book Co., Cleveland, Ohio, 1952

Revistas:

Das Leder, 4o. a.1o, No.10, 1953
Eduard Roether Verlag, Darmstadt

Reprint from Soc. Leather Trades Chemists
No. 45, 1964

Bayer Farben Revue
No. 1, 1962
Farbenfabriken Bayer A.G., Leverkusen

Bayer Vorträge auf dem Fatipex Kongress 62
Farbenfabriken Bayer, A.G., Leverkusen

Folletos:

Desmodur/Desmophen für Polyurethanlacke LK 5173
Farbenfabriken Bayer, A.C.,

Electro-Matic Model F, Automatic Electronic Precipitator
Bulletin No. 250-1, y Bulletin No. 250x7-A
American Air Filter Company, Inc.,

Ventilador Centrifugo LHB - SP 334.32 B-1b, E 334.32 A-1b
SF de México, S. A.,

Ventilador Helicoidal Tipo PMCA - SFM 324.5
SF de México, S. A.,

I N D I C E

	<i>Pág.</i>
INTRODUCCION	1
CAPITULO I <i>Descripción somera de las Máquinas empleadas en curtiduría</i>	2
CAPITULO II <i>Fabricación original de charol</i>	8
CAPITULO III <i>Fabricación de charol a base de poliuretano</i>	18
CAPITULO IV <i>Química de los poliuretanos</i>	22
CAPITULO V <i>Propiedades fisiológicas y precauciones necesarias en la aplicación del proce- dimiento de charolado a base de poliure- tano</i>	26
CAPITULO VI <i>Cálculo del tiempo de secado del segundo Fondo y de la laca</i>	29
CAPITULO VII <i>Diseño y explicación del esquema del - departamento de charolado</i>	36
CAPITULO VIII <i>Balance de materia</i>	38
CAPITULO IX <i>Cálculo del volumen de aire requerido por hora para obtener una atmósfera de trabajo adecuada</i>	41
CAPITULO X <i>Selección del equipo de Filtración de aire</i>	44
CAPITULO XI <i>Cálculo de la caída de presión en los ductos de aire y selección del ventilador</i>	46

	<i>Pág.</i>
CAPITULO XII <i>Balance de calor y cálculo del serpentín de vapor de calentamiento</i>	51
CAPITULO XIII <i>Selección del equipo para el control de temperatura</i>	66
CAPITULO XIV <i>Sistema de inyección y extracción de aire</i>	69
CAPITULO XV <i>I - Cálculo de la Inversión fija requerida</i> <i>II - Costo de producción del charol a base de poliuretano</i>	72
CAPITULO XVI <i>Estimación aproximada del costo de producción del charol a base de aceite de linaza, para efectos de comparación con el charol a base de poliuretano</i>	79
CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFIA	85