



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

**"PROPUESTA DE UN NUEVO PROCESO DE CURTIDO EN
UN MEDIO SOLVENTE ORGANICO HIDROFOBICO Y
COMPARACION CON EL METODO TRADICIONAL"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A N :

**ENRIQUE HIDROGO MORALES
RAMIRO RIVERO RODRIGUEZ**

ASESOR: I.Q. GILBERTO ATILANO AMAYA VENTURA

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. MEXICO. 1990

7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA: Propuesta de un nuevo proceso de curtido en un medio solvente orgánico hidrofóbico y comparación con el método tradicional

que presenta el pasante: Ramiro Rivero Rodríguez
con número de cuenta: 8857182-1 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Químico ; en colaboración con :
Enrique Hidrogo Morales

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Mex., a 20 de Septiembre de 1996

PRESIDENTE M.enC. Adolfo Obaya Valdivia

VOCAL I.Q. Rafael Decelis Contreras

SECRETARIO I.Q. Gilberto Atilano Amaya Ventura

PRIMER SUPLENTE M.enC. Guillermo Fenieres Carrillo

SEGUNDO SUPLENTE M.enC. Ricardo P. Hernández García



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZADA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FEG-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Contreras
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Propuesta de un nuevo proceso de curtido en un medio
solvente orgánico hidrofóbico y comparación con el
método tradicional.

que presenta el pasante: Enrique Hidrogo Morales
con número de cuenta: 8857197-9 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Químico ; en colaboración con :
Ramiro Rivero Rodríguez

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 20 de septiembre de 1996

PRESIDENTE M. en C. Adolfo Obaya Valdivia

VOCAL I.Q. Rafael Decelis Contreras

SECRETARIO I.Q. Gilberto Atilano Amaya Ventura

PRIMER SUPLENTE M. en C. Guillermo Penierón Carrillo

SEGUNDO SUPLENTE M. en C. Ricardo P. Hernández García

DEDICATORIAS

A dios:

Por darme la oportunidad de recorrer el camino de la vida, por ser siempre mi mejor compañía y mi mejor consuelo.

A mis padres:

Sra. Teresa Morales Hernández, por su cariño y paciencia, por ser parte fundamental de mi desarrollo como persona, enseñarme los valores más bellos de la vida y sobre todo por enseñarme lo que es el amor.

Sr. Pedro Hidrogo Rodríguez, por su apoyo y comprensión, por su ejemplo de responsabilidad, por motivarme para lograr una de las metas más anheladas de mi vida.

Gracias por todo lo que me han brindado.

A mis hermanos:

Irma y Héctor, porque hemos compartido juntos muchos momentos alegres y tristes en nuestras vidas. Los quiero mucho.

A mis sobrinas:

Miriam e Iris Guadalupe, por darme muchos momentos de ternura y alegría. Las quiero mucho.

A mi cuñado:

Ramón Rodríguez, por ser una persona ejemplar y por estar pendiente de mi familia.

Al I.Q. Ramiro Rivero:

Por darme la oportunidad de realizar a su lado esta parte tan importante de nuestra profesión.

A mis amigos:

Rúben Alcántara, Sergio Samayoa y Fernando Rocha, por estar siempre conmigo y por el apoyo que me brindaron cuando lo necesite.

De manera muy especial a Evangelina Sánchez, por la ayuda y estímulo constantes que me permitieron terminar este trabajo.

A Francisco Valencia, Pedro Pineda y Gerardo Hernández, por su gran amistad.

Gracias a todas aquellas personas que me han impulsado en esta vida, para lograr que mis sueños se conviertan en realidad.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a los sinodales, por sus muchos y útiles comentarios y sugerencias.

Mi más sincero agradecimiento al I.Q Gilberto A. Amaya Ventura por su valiosa cooperación en la realización de esta tesis.

Deseo expresar mi reconocimiento a la U.N. A.M. y a la F.E.S.-Cuauttlán por darme la oportunidad de adquirir una formación profesional.

Estoy profundamente agradecido a la Cámara Nacional de la Industria de Curtiduría y muy en especial al I.M.E Armando Guevara por la buena voluntad mostrada al proporcionar información para el trabajo de tesis.

También quiero mostrar mi agradecimiento al personal de cómputo por tener la amabilidad y paciencia de responder a mis preguntas.

Enrique Hidrogo Morales

AGRADECIMIENTOS.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
EN ESPECIAL A LA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
POR HABERME BRINDADO UN ESPACIO DENTRO DE SUS AULAS DE ESTUDIO.**

**A TODOS Y CADA UNO DE MIS PROFESORES POR COMPARTIR CONMIGO UN
POCO DE SU CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA.**

**AL INGENIERO GILBERTO AMAYA POR SU AYUDA Y ORIENTACIÓN EN LA
REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.**

**A MIS SINODALES POR DEDICAR UN MOMENTO DE SU VALIOSO TIEMPO EN LA
REVISIÓN DE ESTE TRABAJO, POR SUS SUGERENCIAS Y OPINIONES PARA QUE EL
MISMO TUVIERA LA MEJOR PRESENTACIÓN.**

**AL LABORATORIO DE COMPUTO FUNDACIÓN UNAM Y A QUIENES AHÍ LABORAN,
POR SU AYUDA INCONDICIONAL EN LA TRANSCRIPCIÓN E IMPRESIÓN DE ESTE.**

**A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO, AMIGOS EN LA VIDA DIARIA COPARTÍCPES
DE LA MISMA AVENTURA , TODOS CON AMBICIÓN DE TRIUNFO:
INGENIEROS QUÍMICOS 15...GENERACIÓN.
INGENIEROS QUÍMICOS 16...GENERACIÓN
INGENIEROS QUÍMICOS 17...GENERACIÓN
INGENIEROS EN ALIMENTOS 12...GENERACIÓN
INGENIEROS EN ALIMENTOS 15... GENERACIÓN
QUÍMICOS FARMACÉUTICOS BIÓLOGOS 15...GENERACIÓN
QUÍMICOS FARMACÉUTICOS BIÓLOGOS 18... GENERACIÓN**

**POR ULTIMO PERO NO MENOS IMPORTANTE AL INGENIERO QUÍMICO ENRIQUE
HIDROGO MORALES . POR COMPARTIR CONMIGO UNO DE TANTOS LOGROS
DENTRO DE MI CARRERA UNIVERSITARIA
" MI TESIS PROFESIONAL ".**

RAMIRO RIVERO RODRIGUEZ

DEDICADO A.

MI PADRE.

**POR LOS PRINCIPIOS INFLEXIBLES QUE HAN GUIADO SU VIDA
EJEMPLO DE MADURES Y PERSEVERANCIA
LEALTAD Y RESPONSABILIDAD
AMIGO DE TODA LA VIDA**

MI MADRE.

**POR HABER GUIADO A SUS HIJOS POR CAMINOS DE INQUIETUD INTELECTUAL
EJEMPLO DE AMOR Y TERNURA
DEDICACIÓN Y PACIENCIA
AMOR HECHO MUJER**

MIS HERMANOS.

**POR DAR VALOR A TODAS LAS COSAS
RESPECTO Y LEALTAD A LA VIDA
TRABAJADORES Y EMPRENDEDORES
UNIDOS POR SIEMPRE**

RAMIRO RIVERO RODRIGUEZ

ÍNDICE

Introducción.....	2
Antecedentes.....	4

CAPITULO 1.

GENERALIDADES SOBRE LA INDUSTRIA CURTIDORA

1.1.0. Definición del producto comercial.....	9
1.2.0. Naturaleza y usos del producto.....	11
1.3.0. Comportamiento de la demanda de pieles de res.....	11
1.4.0. Comportamiento de la oferta de cueros de res y canales de distribución.....	14
1.5.0. Situación de la industria curtidora nacional.....	17
1.5.1. Calidad de las pieles.....	17
1.5.2. Precios y canales de distribución de la piel de res terminada	20
1.5.3. Características de la industria curtidora a nivel mundial.....	23
1.6.0. Comentarios.....	26

CAPITULO 2.

DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE CURTIDO.

2.1.0. Proceso tradicional.....	28
2.1.1. Reacciones.....	41
2.2.0. Proceso de curtido en un medio solvente orgánico hidrofóbico.....	44

2.2.1 Condiciones de operación	47
2.2.2. Variables de control del proceso propuesto	50
2.2.3. Reacciones involucradas	54
2.3.0. Materia prima	58
2.3.1. Pieles o cueros	58
2.3.2. Especificaciones	58

CAPITULO 3.

ASPECTOS ECOLÓGICOS

3.1.0. Contaminación ambiental	60
3.1.1. Control de la contaminación	63
3.2.0. Control de la calidad y la ecología	64
3.2.1. Procedimiento para el control	65
3.3.0. Comparación de descarga de cromo entre los métodos tradicional y medio solvente orgánico	69

CAPITULO 4

CAPACIDAD Y UBICACIÓN DE LA PLANTA

4.1.0.Capacidad de la planta	71
4.2.0. Ubicación de la planta	72
4.2.1. Espacio requerido	76
4.3.0. Distribución física de la planta	77

CAPITULO 5	
ANÁLISIS ECONÓMICO	79
CAPITULO 6	
CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFIA.....	87
ANEXO.....	89

Objetivos.

Demostrar la factibilidad técnica del curtido de cuero de res en un medio solvente orgánico hidrofóbico.

Mostrar los beneficios ecológicos y económicos que aporta el nuevo proceso a la industria del curtido.

Realizar una estimación económica preliminar que permita establecer la viabilidad del proceso propuesto.

INTRODUCCION

Desde hace mucho tiempo se ha considerado a las tenerías, como una de las industrias más contaminantes, por el hecho de producir residuos acuosos con alto contenido de cromo trivalente, el cual provoca graves daños a las tierras de cultivo.

La mayoría de las tenerías nacionales que se basan en procesos tradicionales de curtido, normalmente no se preocupan por la recuperación de las sales de cromo de sus efluentes, a pesar de que si se recuperasen, podrían traer altos beneficios económicos ya que es uno de los reactivos de mayor costo en una tenería.

El presente trabajo pretende contribuir a resolver el problema de la eliminación de cantidades considerables de los curtientes de cromo no aprovechados en el proceso de curtición y de esta manera ajustar a los requerimientos ecológicos, los efluentes provenientes de este tipo de industria. Lo anterior se realiza mediante el estudio de las distintas propuestas hechas en estos últimos años orientadas a minimizar la concentración del cromo residual, proponiéndose la que se considera como la más adecuada para las condiciones del proceso tradicional de curtido al cromo.

En este trabajo se propone un nuevo proceso de curtido llevado a cabo en un medio solvente orgánico hidrofóbico, con el cual se logra un elevado agotamiento de los agentes curtientes y se produce un cuero de alta calidad. Este es uno de los procesos que se encuentra en desarrollo en Europa, en donde se ha aceptado el proyecto de construcción de dos nuevas plantas de curtido usando sales de cromo en medio solvente orgánico hidrofóbico.

Lo anterior nos llevó a realizar el estudio de los factores técnicos y económicos para la aplicabilidad de este nuevo proceso en la industria curtidora nacional.

ANTECEDENTES

HISTORIA. Desde la prehistoria las pieles siempre han tenido una importancia especial para la humanidad; sus primeros usos eran principalmente de utilidad para la protección del cuerpo humano.

Las pieles fueron muy apreciadas por los antiguos egipcios, que fueron los primeros en usarlas para fabricar una extensa variedad de prendas de vestir ornamentales. Se han encontrado muchos artículos hechos de piel perfectamente conservados en tumbas egipcias de hace aproximadamente 3,000 años A. de C.

El cuero es una materia viva, que transpira y absorbe más del 30% de su peso en humedad, sin verse disminuidas sus cualidades de confort. Ha servido como símbolo único en todos los atavíos de mujeres y hombres. Los primeros materiales curtientes que se usaron fueron de origen vegetal, tales como las cortezas de pino, granada, zumaque, bellota, etc.

La curtiduría es una de las más antiguas artesanías que se conocen como tal. En ella se han logrado conservar, hasta la fecha, "curtidores que trabajan todavía con procesos y sistemas heredados de generación en generación como secretos de familia".

En México, la industria de la curtiduría, tiene gran arraigo y sus principios en su desarrollo como tal, datan del siglo XVII.

Aunque en forma rudimentaria y careciendo de maquinaria conveniente, esta rama industrial, tuvo una evolución paulatina en los años de 1806 a 1854, en cuyo período empezó a destacarse considerándola hoy como la más antigua del país. Por aquéllos años, el consumo de cuero curtido, estuvo encausado principalmente a guarniciones, sillas de montar, aperos y en general a toda clase de talabartería; y en menor proporción a la fabricación de calzado.

Hasta los años de 1854 a 1886, en que se establecieron las redes ferroviarias más antiguas del país, decayó el uso del cuero en los usos tradicionales del transporte animal; sin embargo, las calidades y cantidades aumentaron para proveer a la industria del calzado. A partir de 1890, año en que se empezó a usar en México el curtido al cromo, mismo que fue inventado por Denis en Francia en 1884, la industria curtidora mexicana comenzó a tecnificarse y a desarrollarse industrialmente.

HISTOLOGÍA DE LA PIEL ANIMAL. La piel de un animal se compone de células y fibras con algún material amorfo entre ellas. La piel arrancada del animal se compone de tres partes:

Piel superior o epidermis: esta es una capa delgada y blanda, compuesta de sustancias albuminoide y queratinas. Cuando se va a curtir una piel, esta capa superior se elimina juntamente con el pelo en la operación de encalado. Esta capa representa el 1% aproximadamente del espesor total.

Piel de curtido o cori3n: esta es la capa de la piel que se utiliza para curtir; adem3s, es el segmento con mayor espesor y de textura m3s firme, debido a que sus fibras forman un tejido entrelazado, compuesto en su mayor parte de col3geno. A la parte externa de la piel se le conoce como "capa de flor o grano" y representa aproximadamente el 85% del espesor.

Tejido conjuntivo: este tejido subcut3neo est3 entrelazado, constituido en su mayor parte de fibras grasas transversas el3sticas. Esta capa, al igual que la epidermis, no tiene valor alguno para el curtidor y se elimina en la operaci3n de descarnado con el auxilio de una m3quina de descarnar, en el curtido mecanizado.

QUIMICA DE LA PIEL ANIMAL. La piel se compone principalmente de prote3nas, pero como todas las materias biol3gicas, contiene tambi3n l3pidos, carbohidratos, sales inorg3nicas y agua. Las prote3nas de la piel son los componentes principales que conforman el cuero. El cori3n, principal constituyente del cuero, est3 formado por una red de bultos fibrosos entrelazados de col3geno. Esta prote3na fibrosa es por tanto, el componente m3s importante de las pieles animales, pues reacciona con los agentes curtientes para formar las pieles acabadas. En soluciones neutras, el col3geno es insoluble, y sin el uso de calor o degradaci3n bacterica, no se descompondr3 en soluci3n acuosa. Puede disolverse en 3cidos y 3lcalis fuertes. Es relativamente resistente a muchas enzimas proteol3ticas, pero no a una muy espec3fica la colagenasa, secretada por ciertas bacterias anaerobias.

El col3geno no es exclusivo del cuero, pero s3 la prote3na m3s abundante en 3l. La elastina, tambi3n una prote3na fibrosa, est3 en cantidad muy peque1a, principalmente en la regi3n de la flor o grano y en los vasos sangu3neos. La elastina

es muy resistente al agua, y más que el colágeno a los ácidos, álcalis y enzimas proteolíticas ordinarias, siendo su enzima característica la elastasa. La reticulina, que está adherida al colágeno, se diferencia de éste por su capacidad para combinarse fácilmente con las sales de plata. La reticulina existe en la piel formando redes de fibrillas finas, rodeando los conglomerados colaginosos y ayudándolos a mantenerse juntos.

Los músculos muy pequeños que producen la erección de los pelos están hechos de miosina, la proteína muscular, que se halla en cantidad muy pequeña.

Las proteínas globulares, albúmina, globulina y mucóide, son proteínas no fibrosas que por sí mismas no contribuyen a producir el cuero, pero su ausencia completa puede influir en las propiedades físicas del cuero terminado.

Las proteínas globulares, contrastando con las de tipo fibroso, son muy solubles en sistemas acuosos, en los cuales a veces cristalizan. Las albúminas son proteínas solubles en agua y soluciones salinas diluidas; las insolubles en agua, pero solubles en soluciones salinas, son las globulinas. Tanto las albúminas como las globulinas se coagulan por el calor.

Los mucóides probablemente sirven para proteger o lubricar los alrededores de las fibras colaginosas.

El grupo de los lípidos comprende triglicéridos situados en las células de grasa y pequeñas cantidades de ácidos grasos, fosfolípidos y vestigios de ceras en la región de la flor o grano. Los carbohidratos tienen poca importancia en la fabricación del cuero y sólo hay fracciones muy pequeñas asociadas con el colágeno y el mucóide.

Las sales son principalmente las sales fisiológicas usuales; menos del 1% de la piel . El agua en la piel fresca puede llegar hasta 80% del peso. En la piel curada se reduce hasta 40%, y en la piel terminada queda 10 -15% del peso.

CAPITULO 1

GENERALIDADES SOBRE LA INDUSTRIA CURTIDORA

1.1.0 Definición del producto comercial

En el desarrollo de este trabajo emplearemos algunos términos convencionalmente adoptados para definir los productos principales y materias primas en las industrias de curtido.

Pieles o cueros

Material proteico fibroso con flor (colágeno), que cubre al animal y que ha sido tratado químicamente con material curtiente para hacerlo estable bajo condiciones húmedas. Produciéndose además otros cambios asociados, tales como características físicas mejoradas, estabilidad hidrotérmica y flexibilidad.

A continuación damos una descripción detallada de los diferentes tipos de piel, por su tamaño y por su acabado.

Pieles de animal bovino o vacuno

Becerro nonato. Es la piel entera que proviene del animal en desarrollo, aún en el vientre, cuya superficie total es menor de 70 dm^2 (piel entera).

Becerro. Es la piel elaborada, procedente de animales menores de un año, cuya superficie total es de 55 a 150 dm^2 (piel entera)

Temera. Es la piel elaborada, procedente de animales de un año hasta dos años, cuya superficie es de 90 a 150 dm^2 (lado).

Res. Es la piel elaborada, procedente de animales mayores de dos años, cuya superficie es de 150 dm^2 en adelante (lado).

Se entiende por lado, al corte longitudinal por línea media, que divide una piel animal vacuno en dos partes.

Camaza. se entiende por camaza a la parte obtenida del lado de la carne, al dividir las pieles en una o varias capas, cualquiera que sea su acabado.

Acabado.

También es conveniente definir algunos procesos posteriores al curtido.

Se entiende por acabado el proceso que se le da a una piel curtida para cambiar su aspecto original, y que puede corresponder a cualquiera de los siguientes:

Huntin. Es el tacto afelpado por el lado de la carne que se le da a una piel de animal bovino o vacuno.

Charol. Es el barniz adherente que se le da a cualquier piel.

Buck. Es el tacto afelpado por el lado de la flor que se da a cualquier piel.

Nappta. Es la textura especialmente suave que se le da a una piel.

Grabado. Es el aspecto que se le da por el lado de la carne o de la flor, por medio de un prensado mecánico a una piel o camaza.

Corrugado. Es el aspecto arrugado que se le da a una piel, mediante un proceso químico.

Romaneado. Es el aspecto arrugado que se le da a una piel, mediante un proceso físico.

Ante. Es el tacto aterciopelado por el lado de la carne que se le da a una piel.

Gamuza. Es el tacto suave y afelpado por el lado de la carne que se le da a una piel de bovino.

1.2.0. Naturaleza y uso del producto.

Las aplicaciones de la piel de res son muy diversas, ya que es utilizada para manufacturar gran cantidad de artículos de alta calidad, cuya lista es interminable, puesto que esta piel distingue a los artículos elaborados con ella, destacando principalmente, ser muy apreciada para la confección de calzado; ya que proporciona gran confort y una transpiración adecuada.

El mercado de artículos de cuero es altamente refinado, donde la moda es un factor muy importante, la cual indica las tendencias de los diseños y colores sin descuidar su fina apariencia.

El beneficio principal del producto es el de satisfacer a la industria del calzado con pieles de excelente calidad y lograr así, ser competitivo con respecto al mercado de importaciones.

Se utiliza la piel de res, debido a que posee las características más ventajosas, tales como: resistencia, durabilidad y mayor superficie aprovechable.

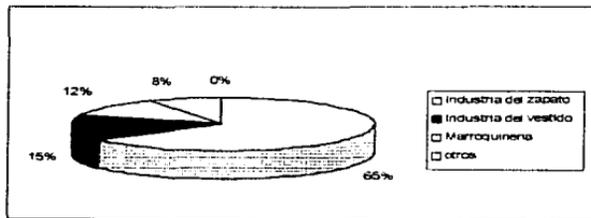
1.3.0. Comportamiento de la demanda de pieles de res.

En los últimos años, el sector agropecuario se ha enfrentado a los diferentes problemas que presenta la producción y el consumo de cueros de res. Concretamente estos problemas se dan en razón de falta de calidad, altos precios por la calidad existente y escasez de cueros frescos; donde México es deficitario en la producción de cueros crudos de res, en aproximadamente el 50% de las

necesidades de la industria curtidora mexicana. Estos problemas que se han agudizado año con año, han afectado directamente en la producción de pieles terminadas para la industria del calzado. La demanda interna de pieles de res, está compuesta por la suma de las demandas de la industria del calzado, del vestido, de la marroquinería y otras, como se muestra en la figura 1.

industria del zapato	65%
industria del vestido	15%
marroquinería	12%
otros	8%

FIGURA 1. DEMANDA DE PIEL DE RES POR SECTOR



Fuente: Cámara Nacional de la Curtiduría

La demanda de pieles de res que se presentó en la industria curtidora en los últimos años es la siguiente:

TABLA 1.

1990	1991	1992	1993	1994	1995
6500000	5500000	5000000	4750000	5000000	5800000

Fuente: Cámara Nacional de la Curtiduría.

La demanda se localiza básicamente en el área de León Guanajuato, seguido por el área metropolitana de la Ciudad de México, el área de Jalisco y el resto del país, tal como lo muestra la tabla 2.

TABLA 2. Demanda nacional estimada de cueros de res

Región	Porcentaje %
León Guanajuato	50
Área Metropolitana	18
Jalisco	18
Resto del país	14

Fuente: Cámara Nacional de la Curtiduría.

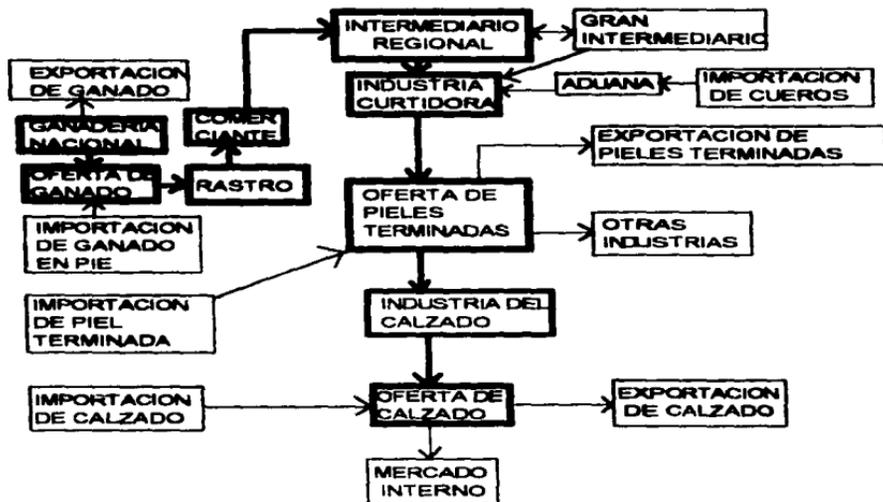
1.4.0. Comportamiento de la oferta de cueros de res y canales de distribución.

La producción de ganado y su sacrificio es la fuente principal de materia prima para la industria de la curtiduría nacional y se complementa con cueros de importación.

Indiscutiblemente uno de los principales problemas que se presentan actualmente en el país, tanto para la industria curtidora, como para la del calzado, es el que no se cuenta con abastecimiento de cuero nacional de calidad, y por lo tanto, de pieles terminadas con calidad. Esto es producto de la mala extracción del cuero y del mal manejo de comercialización por parte de los diferentes intermediarios, los cuales son altamente especulativos, situación que se ha agravado con el paso de los años.

En el diagrama 1 se visualizan con claridad las fuentes principales del aprovisionamiento de cueros para la industria de la curtiduría y del calzado, destacando lo que sería la ruta ideal del aprovisionamiento de cueros y las rutas alternativas que se presentan al momento de realizar el mismo.

DIAGRAMA 1. Aprovechamiento de cueros para las industrias de la piel y el zapato.



Fuente: Banco de México

La oferta nacional de pieles terminadas está constituida por la producción total de la industria de la curtiduría nacional, más la importación de este producto.

La producción total de la industria curtidora en el ramo que corresponde a la piel de res en los últimos años se muestra en la tabla 3.

TABLA 3.

1990	1991	1992	1993	1994	1995
6000000	5000000	4300000	4200000	4068000	4068000

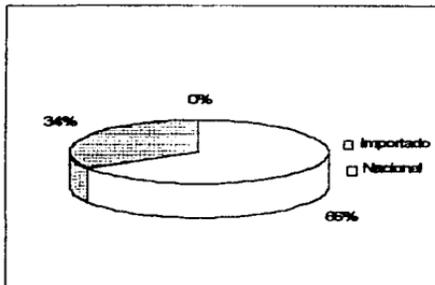
Fuente: Cámara Nacional de la Curtiduría.

Distribución de la producción total por región:

León, Guanajuato	58.05%
Guadalajara, Jalisco	20.43%
Valle de México	21.52%

De las 4,068,000 piezas producidas en el último año, 1,383,120 correspondieron a importaciones de cuero; por lo tanto, solamente 2,684,880 piezas corresponden al cuero nacional. Esto en porcentajes es un 34% de importaciones, contra un 66% de cuero nacional. (Figura 2).

FIGURA 2 . ORIGEN DEL CUERO DE RES



Fuente: Cámara Nacional de la Curtiduría.

Comparando la oferta con la demanda en lo que se refirió a piel de res en 1995 se encuentra que existe una demanda insatisfecha de 1,732,000 piezas por parte de la industria curtidora nacional.

1.5.0. Situación de la industria curtidora nacional.

1.5.1. Calidad de las pieles.

La calidad del cuero crudo, está determinada entre otros, por los siguientes factores: raza, edad y sexo del animal, porcentaje de fierros, lacras, araños,

parásitos y de manera especial por el cuidado en los ranchos y establos. También es necesario hacer mención de las diferentes operaciones por las que pasa, y éstas a su vez dependerán del tipo de animal, del lugar donde se sacrifican y de las operaciones de trabajo.

En muchos rastros la matanza del animal es llevada a cabo en patios con cuchillo, lo cual provoca angustia en los animales, demeritando la calidad de la carne y la efectividad de la matanza. El desuello se realiza en el suelo (en cama), sin técnica ni cuidado, lo que origina numerosas cortaduras en la piel.

Otra operación de importancia que determina la calidad, es la conservación; dado que es muy difícil procesar en una tenería todas las pieles inmediatamente después del desollado del animal. La conservación se hace por el proceso de salado, que hace que las pieles puedan conservarse durante períodos más o menos largos.

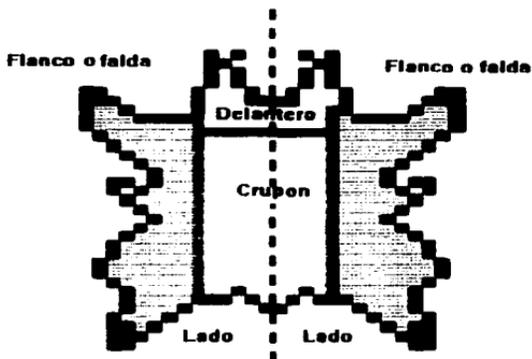
Existen varios métodos de conservación, el más común es el salado en blanco y en pila o salmuera; también en muchos casos se utiliza la adición de hielo.

En muchas ocasiones, la piel es mal salada debido a falta de cantidad de sal, sal contaminada o sucia por el reuso de sal, o porque no se da el tiempo debido de salado; presentando en estos casos, áreas del cuero con principios de putrefacción, llamadas comunmente "descalentamiento del cuero", lo que provoca un daño irreversible con el demerito correspondiente en el cuero terminado.

Se calcula que los cueros de producción nacional pierden hasta un 20% de su utilidad y valor, debido a lo anteriormente señalado; lo que ocasiona que el industrial curtidor no pueda producir un cuero de buena calidad para competir en los mercados internacionales.

Las pieles deben ser recortadas de a cuerdo al patrón que rigen los estándares de la norma CS-266-65 de los E.U.A. (Figura 3).

FIGURA 3. PATRON MODELO DE LA NORMA CS-266-66 DE LOS E.U.A.



Fuente: Cámara Nacional de la Curtiduría.

Crupón o centro. Es la sección de mayor calidad, debido a que su estructura fibrosa es compacta y uniforme, y es la de mayor espesor.

Delantero. Se considera de menor calidad por las arrugas naturales del cuello, principalmente en animales de edad avanzada.

Lado. Es la mitad de un cuero seccionado de la culata a la cabeza, siendo esta presentación la más usual en la comercialización.

Flanco o falda. Es la parte menos compacta de la piel y por lo tanto la región de menor valor.

1.5.2. Precios y Canales de distribución de la piel de res terminada.

Las pieles de res oscilan entre los 140 y 160 dm² por lado, siendo su promedio de 150 dm², y de 24 kg. su peso total.

El precio internacional del cuero varía según sus categorías, que entre otras son:

Novillo marcado por la culata (Butt Branded Steers) (BBS).

Novillo nacional de engorda (Heavy Native Steers) (HNS).

Vaca del suroeste con marca convencional (Branded Cows Southwestern Convetional) (BCSC).

Toro marcado (Branded Bull) (BB).

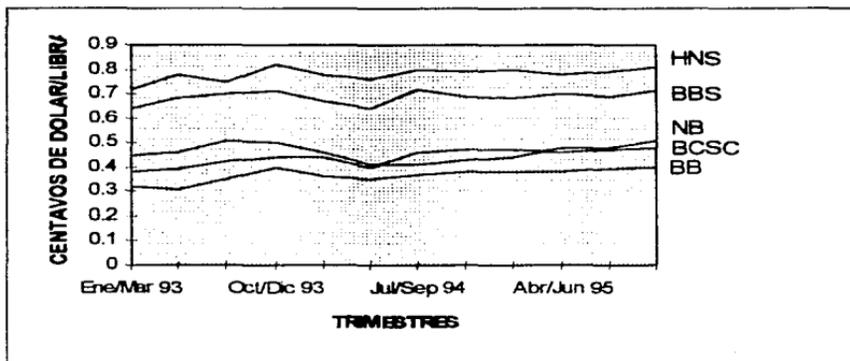
Toro nacional (Native Bull) (NB).

Su comportamiento trimestral promedio en el periodo de 1993 a 1995 fue el siguiente:

TABLA 4 . Precio internacional del cuero. Centavos de dólar /libra

Trimestre	BBS	BB	HNS	NB	BCSC
Ene/Mar 93	0.64	0.32	0.72	0.38	0.45
Abr/Jun 93	0.68	0.31	0.78	0.39	0.46
Jul/Sep 93	0.7	0.35	0.75	0.42	0.51
Oct/Dic 93	0.71	0.4	0.82	0.44	0.5
Ene/Mar 94	0.67	0.36	0.78	0.44	0.46
Abr/Jun 94	0.64	0.35	0.76	0.4	0.41
Jul/Sep 94	0.72	0.37	0.8	0.46	0.41
Oct/Dic 94	0.69	0.38	0.79	0.47	0.43
Ene/Mar 95	0.68	0.38	0.80	0.47	0.44
Abr/Jun 95	0.70	0.38	0.78	0.46	0.48
Jul/Sep 95	0.69	0.39	0.79	0.47	0.48
Oct/Dic 95	0.71	0.40	0.81	0.48	0.51

GRAFICA No.1 . PRECIO INTERNACIONAL DEL CUERO 1993-1995.

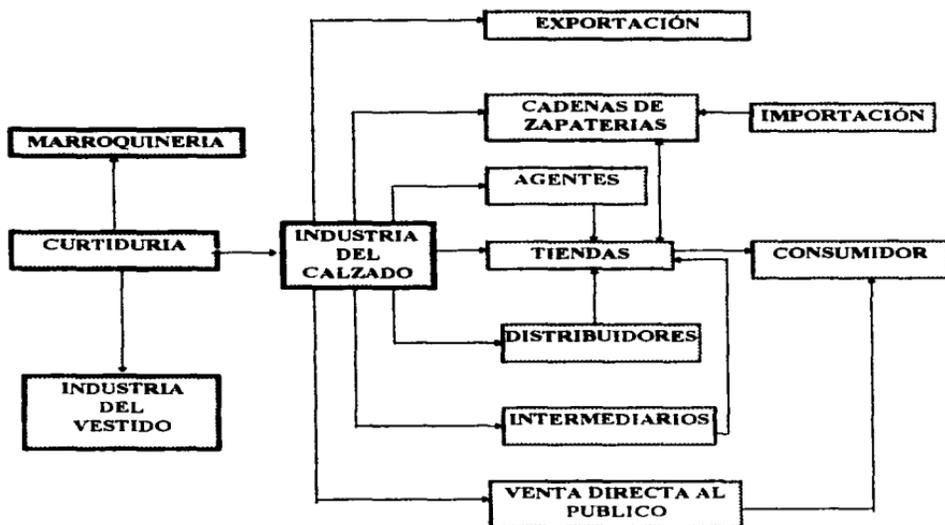


Fuente: SECOFL.

Los canales de comercialización de las pieles de res producidas por la industria curtidora son dirigidos hacia las industrias del calzado y del vestido, así como la marroquinería y otras.

En el diagrama 2 se pueden apreciar la participación de distintos protagonistas de la comercialización de los artículos hasta llegar finalmente al consumidor, que es finalmente sobre el que se enfoca toda esta cadena de transformación del cuero de los animales.

DIAGRAMA 2. Canales de comercialización de los cueros terminadas de res.



Fuente: SECOFI

1.5.3. Características de la industria curtidora a nivel mundial

En el mundo, la industria curtidora se comporta de maneras distintas, desde la calidad de la materia prima y mano de obra, hasta el tipo de problemas ecológicos y condiciones en que se encuentra la industria.

En la tabla 5, se realizó un estudio comparativo de las características de la curtiduría a nivel mundial.

TABLA 5. Análisis comparativo de la industria curtidora mundial.

Pais	Materia prima	Mano de obra	Problemas ecológicos	Tendencias en los últimos años	Condición de la industria	Observaciones
E.U.A	Exportador	Reducida y muy cara	Muy grandes	Mantienen producción	Gran importancia	Desarrollo de nuevas técnicas para evitar contaminación
Europa del este	Importador	Reducida pero a costo fijo	Aumentando	Gran expansión y grandes inversiones	Aumento de producción	Grandes importadores de pieles en pasta curtida y calado
Europa occidental Alemania Austria Escandinavia Francia Gran Bretaña	Importador y Exportador	Muy reducida y cara	Muy grandes	Decayendo	Emigrando a países con costos más bajos	Actualmente con problemas económicos debido a la crisis que atraviesa Europa
España Italia	Exportador	Adecuada a precios aceptables	Grandes	En aumento	Importante	Actualmente con problemas económicos debido a la crisis que atraviesa Europa
Argentina Brasil Colombia Uruguay	Exportadores. Toda la materia prima es curtida	Adecuada a precios aceptables	Existen pero sin problema	En aumento	Gran expansión	Su expansión tiene cada día a hacerse en artículos manufacturados
Chile Perú Venezuela	Importadores	Adecuada a precios aceptables	Existen pero sin problema	Volumen constante	En expansión	Sin influencia. En aumento su exportación en artículos manufacturados
México	Importador	Adecuada a buen precio	Muy grandes	Contracción de la producción	En contracción	Poca influencia. En aumento su exportación en artículos manufacturados
Japón Hong-kong Corea Taiwan Malasia	Importadores	Mucha y muy barata	Existen pero sin problemas	En expansión	En expansión	Grandes exportaciones de sus artículos manufacturados

Fuente: Landell Mills Commodities Studies.

El cuadro No. 1 nos muestra la balanza comercial del sector curtidería - calzado de 1989 a 1995, en donde se observa que el déficit en los últimos años ha ido disminuyendo.

**CUADRO 1. BALANZA COMERCIAL DEL SECTOR CURTIDURIA-CALZADO
1989-1995
(MILES DE DÓLARES)**

PERIODO	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
EXPORTACIONES DEFINITIVAS							
PIELES Y CUEROS SIN CURTIR	169	4518	1375	4967	3233	7831	11310
PIELES Y CUEROS PREPARADOS	22044	24918	29712	30955	11669	36114	47747
ARTÍCULOS DE PIEL	33456	33825	32911	34675	22091	36250	24569
CALZADO Y PARTES	71254	70364	106985	160625	90053	139478	93903
TOTAL	126923	133625	170893	231242	127046	219876	177528
IMPORTACIONES DEFINITIVAS							
PIELES Y CUEROS SIN CURTIR	78027	82036	133064	138608	104737	89262	28211
PIELES Y CUEROS PREPARADOS	18451	11732	34403	60565	37510	44477	19065
ARTÍCULOS DE PIEL	27418	34507	58373	76338	71620	80685	41976
CALZADO Y PARTES	88157	83295	131216	194601	217536	223762	98564
TOTAL	212063	211670	357056	470112	431402	438186	187816
BALANZA COMERCIAL	-85130	-77945	-186173	-238870	-304356	-218513	-10287

FUENTE. SECOFI

1.6.0. Comentarios.

El problema del agua se presenta de manera diferente para cada país o continente. Los recursos de agua, constituyen para ciertos países, dadas sus condiciones geográficas, la mayor preocupación. En los países industrializados el problema del agua se presenta ahora, en cuanto a la disponibilidad de este recurso, como en cuanto a la lucha contra su contaminación.

La industria curtidora a nivel mundial desarrolla un esfuerzo para luchar contra la contaminación de las aguas por medio de la instalación de dispositivos de tratamiento y también a través de la investigación de nuevos procesos con menor generación de contaminantes.

Actualmente, México es uno de los países más industrializados en Latinoamérica y su tasa de desarrollo no es superada por ningún otro país en la región. Esto tiene beneficios innumerables, pero también presenta grandes problemas para la protección del medio ambiente. Todas las proyecciones apuntan hacia un desarrollo más rico y más complejo en el futuro próximo. Esto, sin embargo, exige la necesidad de aumentar la concientización ambiental, a fin de evitar los escollos con que han tropezado tantos países en este mundo que se industrializa rápidamente.

Uno de los problemas que tiene que afrontar actualmente la industria curtidora mexicana, es el del limitado abastecimiento de pieles crudas de res, ocasionado por el insuficiente desarrollo de la actividad ganadera, siendo ésta la razón por la que se ha recurrido a la importación de piel cruda, como medio para satisfacer los requerimientos del mercado interno.

Además, la producción de pieles curtidas, ha demostrado poco dinamismo con respecto a la demanda nacional y al creciente comercio exterior que muestran las exportaciones de calzado.

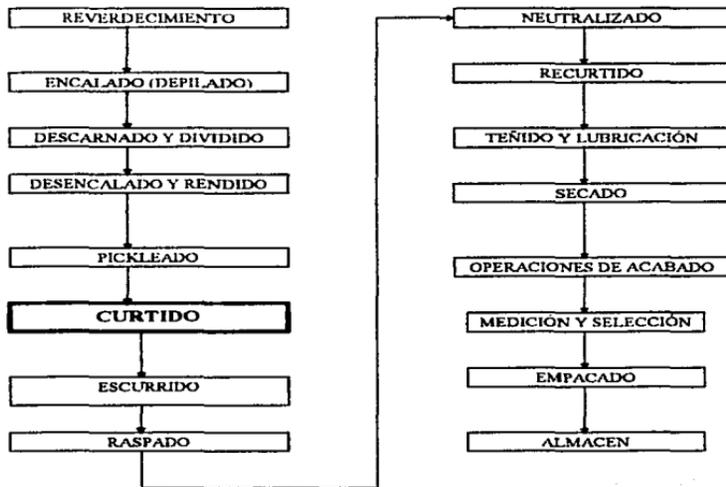
Aunque se ha logrado incrementar las exportaciones, el mercado interno sigue contraído y debido a la caída del poder adquisitivo, la industria curtidora sólo surte el 65% del mercado interno.

CAPITULO 2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE CURTIDO.

2.1.0. Proceso tradicional.

El proceso de transformación de las pieles crudas a cueros consiste en una serie de operaciones las cuales se muestran en el siguiente diagrama de bloques y que posteriormente serán descritas:

DIAGRAMA DE BLOQUES.



Reverdecimiento.

El fin fundamental del reverdecimiento es restaurar la humedad perdida durante la preservación y almacenamiento de la piel, así como limpiarlas de la sangre, suciedad y otras sustancias solubles.

Las pieles son introducidas en el tambor agregando agua limpia a 15°C. en igual cantidad que el peso de las pieles. El tambor se hace rotar durante 15 min. a 2 r.p.m., y después se elimina el agua empleada. Se realiza este procedimiento por tres ocasiones más. Transcurrido este tiempo se adiciona 200% de agua limpia con 0.5% de germicida (sobre el peso de la piel en base seca) y se deja reposar durante 12 hr., dando de 1 a 2 min. de movimiento a la mitad del tiempo.

Al término del reverdecimiento, se extraen las pieles para escurrirlas utilizando una máquina en la cual el cuero pasa entre dos rodillos cubiertos de fieltros, aplicándoles una elevada presión, luego se pesa el lote de piel que se va a curtir, éste es el peso que se tendrá de referencia en los procesos subsecuentes para definir los porcentajes correspondientes de agua y reactivos, que se emplearán en adelante.

Las operaciones que se describen a continuación, se realizan en tambor, aplicando rotaciones de 12 rpm.

Encalado (Depilado).

El encalado tiene por objeto eliminar del corión la epidermis con el pelo; separar e hinchar la estructura fibrosa del corión para facilitar el desprendimiento del pelo con raíz más interna.

Esta operación se inicia introduciendo en el tambor una solución de 200% de agua limpia y 1.5% de sulfuro de sodio. Después se introducen las pieles y se pone a rotar el tambor durante una hora. Terminado este período, se añade a la solución 8% de cal hidratada y se rota durante una hora, se para el tambor y se deja reposar con las pieles durante una hora. Después de este tiempo, se rota nuevamente el tambor durante 15 min. y se deja en reposo durante media hora. Se repite esta última operación por cinco ocasiones más y con ello se termina el encalado. Las pieles se dejan reposar toda la noche y al día siguiente se inspeccionan para verificar su depilación. Mediante este tratamiento el pelo se quema. Esta operación tiene una duración aproximada de 24 hrs.

Quando el pelo se ha soltado, se sacan las pieles del baño de cal y se depilan. La mayor parte del pelo es separado por medio del encalado y el resto se elimina en un trabajo posterior a mano o mecánicamente.

Antes de proseguir con el proceso, se drena la solución de encalado y se agrega al tambor agua limpia y suficiente para darles a las pieles un enérgico lavado rotándolo durante 10 min.

Dar piedra.

Su finalidad es eliminar el pelo fino o raíces y restos de la degradación de tejidos de la epidermis. Esta operación se puede efectuar a mano o con máquina. La industria curtidora nacional lleva a cabo esta operación a mano y para ello utilizan

bancos y cuchillos sin filo. La piel se extiende sobre el banco con el lado de la flor expuesto, y con el cuchillo se frota la piel siguiendo la dirección del pelo.

Descamado.

Aquí se elimina el tejido subcutáneo y adiposo adheridos durante el desollado. Dichos tejidos deben quitarse con el fin de facilitar la penetración de los productos químicos aplicados en las operaciones posteriores. Las pieles se pasan por la máquina de descamar, las cuales se someten por el lado de la carne, a la acción cortante de unas cuchillas, dándole a estas una mayor uniformidad y un mejor acabado.

Dividido.

Su finalidad es la de obtener un espesor semirregular deseado por el lado de la flor, separándola de la camaza, utilizando una máquina cuya acción se basa en seccionar la piel, apoyado entre dos cilindros, mediante una cuchilla en forma de cinta sin fin.

Después del descamado y dividido se pesa el lote de piel, ya que este dato sirve de base en el cálculo de los reactivos que se usan en las siguientes operaciones. A este peso se denomina "peso en tripa".

Desencalado.

Consiste en eliminar parte de la cal; reducir el hinchamiento de la piel y ajustar el pH para la operación posterior de rendido, a una condición óptima para la acción proteolítica del tipo particular de enzimas empleadas en el rendido.

En esta operación, las pieles se introducen al tambor y se adiciona 200% de agua y 2% de sulfato de amonio. Colocadas las pieles y la solución dentro del tambor, se hace rotar durante una hora y con ello se termina esta operación. Posteriormente se lavan con agua limpia.

En presencia de cal y sulfato de amonio el pH de la solución se amortigua hasta 7-8, con buena solubilidad de la cal, la cual es gradualmente eliminada por difusión con efectos mínimos de hinchamiento.

Rendido.

Consiste en eliminar gran parte de cal; ligera disminución del pH en la piel; así como eliminar algunas de las proteínas indeseables que han cementado las fibras de la piel, es decir, materia interfibrilar que permanece después del desencalado. Por lo tanto, el propósito del rendido es el de purificar más el colágeno y obtener ciertas características en la piel terminada. El rendido produce una separación interna de las fibras colaginosas en forma adecuada, asegurando una superficie reactiva máxima para los curtientes, sobre todo por la apertura de las fibrillas dentro del bufo fibroso.

En la operación anterior, las pieles desencaladas an quedado en el tambor sin agua. Se inicia esta operación preparando un baño en el tambor de proceso, con

200% de agua a 30-35°C., 1% de sulfato de amonio y 1% de enzima proteolítica. Una vez añadida las sustancias anteriores, se pone a rotar el tambor durante 3 hrs. para posteriormente enjuagar las pieles con agua limpia.

Para lograr un buen rendido, la piel tiene que tener flacidez y esponjosidad, siendo susceptibles a la impresión con el dedo pulgar y al paso de aire a través del poro, cuando es sometido a presión.

Pickleado.

Se le llama pickle al tratamiento de las pieles con sal y soluciones ácidas para colocarlos en el pH adecuado para el curtido sobre todo mineral. La finalidad del pickle es facilitar la penetración de los curtientes, acelerando así el proceso de curtidón. Además, impide la fijación demasiado rápido del cromo y favorece una penetración uniforme del mismo.

El método general de pickle consiste en colocar las pieles desenchaladas y rendidas en un tambor, añadir 200% de agua a menos de 27°C. con 3% de sal sobre la base de la solución y rotar durante 15 min. Después de este tiempo, se añade 1% de ácido sulfúrico sobre el peso de la piel en tripa y rotar el tambor durante 2.5 hrs. El pH del baño al concluir este tratamiento deberá ser de 3.8 a 4. Posteriormente se elimina el baño.

Las pieles pickleadas pueden conservarse así largo tiempo sin que experimenten ninguna alteración.

Curtido al cromo.

El término curtir se emplea para describir el proceso de conversión de la piel animal putrescible en un producto estable: el cuero terminado. Esta consiste de colágeno en estado curtido. El primer criterio para calificar un material como curtiembre lo da su capacidad para formar una combinación irreversible con el colágeno, resistente a la acción del agua. El segundo criterio es la estabilización del colágeno por el curtiembre, mejorando su resistencia al calor, las proteinasas y agentes promotores de hinchamiento, evitando un aglutinamiento de las fibras al secarse la piel.

Esta operación se lleva a cabo tradicionalmente agregando al tambor de proceso aproximadamente 70% de agua limpia y 3% de sal. Rotar el tambor durante 5 min. Enseguida se añade 4% de sal de cromo, procediendo a hacer rotar el tambor durante 1 hr. Transcurrido este tiempo, se para el tambor y se agrega 2% de formiato de sodio y 3% de sal de cromo, en seguida se acciona el tambor y se deja rotar durante 1 hr. Después se detiene nuevamente el tambor y se agrega otro 3% de sal de cromo y se rota durante 1.5 hrs.

Al término de este tiempo, se agrega 2% de bicarbonato de sodio muy lentamente (en un lapso de 30 min.), con el fin de basificar, para fijar la acción del curtiembre. Posteriormente, se hace rotar el tambor durante 1 hr. Las pieles se dejan reposar dentro de la solución durante 12 hrs. En seguida se mide el pH de la solución, que deberá ser de 3.8 aproximadamente, quedando así concluida la operación.

Para comprobar la verificación de ésta operación se practica la prueba de encogimiento, que consiste en cortar un pedazo de piel, sobre un papel se dibuja su

contorno y después se hierve durante 1 a 3 min., y al final se verifica con ayuda del dibujo que el trozo de piel no se haya encogido.

Hecho lo anterior, se sacan las pieles y se dejan reposar durante 48 hrs. colocándolas sobre tarimas. Durante este tiempo continúa la fijación del cromo.

Escurrido.

En esta operación se reduce la humedad del cuero y se alisa, utilizando una máquina de escurrir en la cual el cuero pasa entre dos rodillos cubiertos de fieltros, aplicándoles una elevada presión.

Raspado.

Mediante esta operación se obtiene el espesor uniforme del cuero curtido deseado, ya que posteriormente no se hace ningún otro ajuste al grosor. Se utiliza una máquina para raspar. Al final de la operación se pesa el lote de cueros, a este dato se le denomina peso de cuero raspado y sirve de base para el cálculo de los reactivos que se usan posteriormente.

Neutralizado.

Debido a la acidez remanente del cuero, es necesario elevar el pH para facilitar la penetración de los productos en las operaciones posteriores de recurtición, teñido y engrase.

Para esto, se depositan los cueros en el tambor agregando 200% de agua y posteriormente 1% de bicarbonato de sodio. Rotar por 1 hora. Después de este

tiempo medir el pH, que debe ser de 6. Al terminar esta operación se elimina el baño y se enjuagan los cueros con agua limpia.

Recurtido.

Se realiza con la finalidad de lograr uniformidad y llenura en el cuero, logrando así la firmeza deseada; y además, proporciona a los cueros una calidad superior a la obtenida con solo el curtido al cromo. Para ello se dispone de una gran variedad de recurtientes y se regula mediante el pH, tiempo de baño y tiempo de tamboreo. El recurtido se realiza en el tambor con un baño de 100% de agua, y se añade 10% de Taninos, y después se rota durante 2 horas. Todo esto para poder posteriormente someter a los cueros a teñido y engrase.

Teñido.

En esta operación se confiere a la piel curtida, una coloración determinada, para lograr tinturas uniformes y atravesadas; esto es, que abarquen todo el espesor del cuero. Esto se lleva a cabo mediante anilinas.

Esta operación se realiza únicamente en tambor. Consiste en preparar una solución de 100% de agua y 3% de anilina soluble en agua; posteriormente se introducen los cueros al tambor y se pone a rotar por 3 horas. Después de este tiempo se añade 1% de ácido fórmico y se rota 30 min. más, para obtener con esto colores de gran vitalidad y de gran solidez a la luz

Lubricación.

Es preciso que el cuero sea suave y tenga un tacto superficial liso. Mediante la incorporación de aceites, se lubrican las fibras del cuero, proporcionándole la suavidad deseada, impermeabilidad, resistencia al desgarro y a la rotura.

Al baño de teñido se agrega 6% de aceites sulfonados y se procede a rotar el tambor durante 45 minutos. Transcurrido este tiempo se extraen los cueros y se dejan reposar 12 horas.

Secado.

En esta operación se reduce el contenido de humedad del cuero, siendo de gran importancia el método que se utilice, pues influye en las características del cuero acabado. Para esto se utiliza un cuarto con circulación de aire caliente, mientras unos ventiladores adecuados aseguran la necesaria renovación del aire; que es removido a medida que se satura de la humedad que se extrae de las pieles.

La industria moderna exige un secado racional, lento y efectuado a temperatura baja, debido a que un secado demasiado rápido, podría dar lugar a depósito de tanino en la superficie del cuero, muy perjudicial para su aspecto final.

OPERACIONES DE ACABADO.

Se denomina acabado, al conjunto de operaciones efectuadas al cuero seco, tanto por el lado de la flor, como por el lado de la carne para corregir o resaltar defectos. Además estos tratamientos dan vida, personalidad y calidad a un artículo terminado mediante su aspecto, tacto y propiedades físicas. Los tratamientos de acabado son:

—Acondicionado o jugo.

Una vez secos los cueros, se rocían con agua por el lado de la carne para acondicionarlos para la siguiente operación. Se puede realizar con una pistola neumática. Esta operación tiene por objeto que el cuero recupere su flexibilidad. El contenido de humedad del cuero al final de éste paso es, en promedio del 15%.

—Aflojado o ablandado.

Es una operación mecánica cuya finalidad es proporcionar flexibilidad al cuero, mediante una acción mecánica que separa las fibras del cuero.

—Secado al vacío.

Terminada la operación mecánica de aflojado, es conveniente secar los cueros hasta alcanzar un contenido final de humedad adecuado. Esta operación consiste

en extender el cuero sobre una placa metálica caliente para evaporar el agua más rápidamente aplicando vacío.

—Pulido.

La acción de pulido se consigue por fricción de la superficie del cuero al pasar entre dos rodillos con una determinada presión. Sirve para resaltar el aspecto natural, dando tersura a la flor y al lado de la carne.

Después del pulido, los cueros se cepillan mecánica o manualmente, para eliminar el polvo residual.

—Pigmentado.

Mediante esta operación se embellece y protege la flor, aplicando pigmentos, colorantes y resinas.

Es la capa principal del acabado, es decir, la que debe igualar la superficie del cuero y darle el color deseado; además, hace más fino el cierre de la superficie del fondo, mejorando la resistencia al frote del acabado y aplicado en capa fina, para que permanezca elástico. El espesor de la capa se puede determinar tanto por la concentración empleada como por la forma de aplicación (felpa, cortina, pistola).

—Planchado y/o grabado.

Con esta operación se le comunica al cuero brillo y un tacto más suave y agradable, mediante máquinas que tienen una placa caliente lisa o con algún poro

para grabado y bajo presión, se funden capas aplicadas en el pigmentado, sellando la superficie y eventualmente, grabando un poro artificial.

—Laqueado.

Consiste en la aplicación de lacas, que al secar, forman películas más o menos duras. Influyen de forma determinante en el brillo, tacto, aspecto y solidez a los frotos de cuero acabado.

Medición.

Debido a que los cueros terminados o semiterminados con sus formas irregulares, se comercializan por medida. Para medir la superficie de los cueros, se utiliza una máquina especial para medir, en la cual se pone el cuero en la mesa de la máquina y ella registra el número de dm^2 que tiene cada piel, posteriormente el operario marca una de ellas por el reverso con la medida que indicó la máquina, quedando listas para ser empaçadas.

Selección.

Una vez medidos los cueros, se procede a su clasificación considerando su tamaño, calidad y aprovechamiento, en diversas fases de la producción del cuero, se seleccionan éstos según tamaño y espesor, para dirigirlos hacia los diversos artículos optimizando su utilidad.

Empaque.

La operación final antes de la entrega al cliente o el almacenamiento, es el empaque; el cual puede ser en bultos o en rollos de 20 medias hojas, debiendo realizarse con mucho cuidado a fin de no causar daños o marcas al cuero.

2.1.1. Reacciones.

Las etapas de la reacción en el proceso de curtido son:

1) Solución: el sulfato de cromo básico sólido se encuentra como complejo aniónico que al disolverlo cambia a la forma catiónica que es la más efectiva para curtir.



2) Enmascaramiento con formiato de sodio: el ion formiato es absorbido por el complejo de cromo, dando como resultado una estabilización en su estructura, produciendo un complejo de propiedades de curtido particularmente buenas.





3) Fijación: los complejos del cromo catiónico reaccionan con los grupos carboxilo de los aminoácidos ácidos de las proteínas del cuero en la reacción de curtido inicial. (P = proteína)



La fijación del cromo por la proteína se incrementa con el aumento de ionización del grupo carboxilo de las proteínas del cuero y la fijación crece desde prácticamente cero a pH = 2.0 hasta su máximo a pH = 4.0 (intervalo de ionización del grupo COOH).

Al irse elevando el pH del curtido, se incrementa la basicidad del complejo de cromo (entran mas OH⁻ al complejo); la afinidad del sulfato para la coordinación no varía. El agente enmascarante permanece coordinado al cromo en esta etapa; la reactividad de la proteína aumenta con el pH, y se efectúa así la reacción inicial de curtido. Al final de la basificación la basicidad es alta y el sulfato puede estar parcialmente desplazado del complejo. Los agentes enmascarantes pueden ser desplazados al ir ganando afinidad, la proteína por el complejo de cromo.

4) Basificación: al incrementarse el pH del curtido, el sulfato asociado al cromo va siendo desplazado por el hidróxido; estos grupos OH⁻ son compartidos por átomos

de cromo trivalente, por medio de la oxidación. Por efecto del secado, el curtido se estabiliza al ceder iones H^+ el complejo, y efectuarse la oxidación.

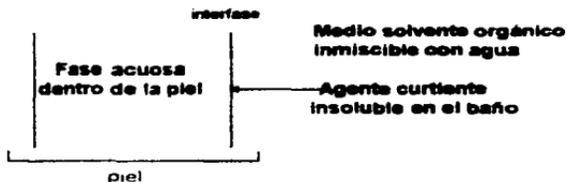
Al proseguir el curtido a las basicidades mas elevadas el tamaño del complejo crece, permitiendo la unión transversal, conduciendo ello a un curtido completo.

2.2.0. Descripción del proceso en medio solvente orgánico hidrofóbico.

El curtido es la operación principal que transforma pieles crudas en cuero. La operación de curtido se lleva a cabo tradicionalmente en un medio acuoso y tiene la desventaja de descargar cantidades considerables de cromo en el efluente. En un intento por adaptar esta industria tradicional a las prerrogativas tradicionales. F.SILVESTRE, C. ROCRELLE, A. GASET, N. CARUEL y A. DARNAUD investigaron un nuevo medio de reacción para minimizar la concentración de cromo en los residuos acuosos.

En este sistema, el curtido es llevado a cabo en un medio solvente orgánico hidrofóbico (hidrocarburos clorados) empleando pieles con un contenido de agua controlado. Los agentes del curtido (sales de cromo y basicantes) los cuales son insolubles en estos solventes, solo se disuelven en la fase acuosa dentro de las pieles. Este proceso es de esta manera una transferencia sólido/líquido en dos medios heterogéneos agente/solvente y fase acuosa/colágeno.

En este proceso, el solvente aparece para actuar como un vector para los agentes curtientes. El equilibrio en el medio acuoso entre agentes curtientes, fase acuosa y piel es desplazado. Los agentes curtientes los cuales son insolubles en la fase orgánica reaccionan en la fase acuosa dentro de la piel de acuerdo al siguiente diagrama.



Descripción del proceso.

(Ver diagrama de flujo de proceso).

Las pieles pickladas son tratadas previamente en un baño acuoso salino y después se exprimen en un prensa hidráulica para darles el contenido deseado de agua (250-300 % con respecto a la piel seca). Posteriormente las pieles son introducidas al reactor, el cual está construido de acero inoxidable, con sistemas para la carga de pieles, introducción de reactivos sólidos y recuperación del solvente. La parte interna del reactor está construida con dientes, los cuales provocan que las pieles roten conforme el reactor rota. El reactor es acondicionado con una chaqueta para la regulación de la temperatura.

En la primera fase, 6% de la sal de cromo y 1% de formiato de sodio se introducen junto con el solvente (Percloroetileno, 150-200% en volumen con respecto al peso de la piel picklada húmeda) dentro del reactor. La circulación de

reactivos se hará a través de uno de los dos ejes conectado al tanque que contiene los reactivos sólidos. El reactor se pone a rotar durante 4 horas con la ayuda de un motor eléctrico (5-12 r.p.m.).

Después de rotación por 4 horas, la siguiente fase consiste en añadir 4% de flúorato de sodio seguido por 0.5% de bicarbonato de sodio. Estas bases son dosificadas en un periodo mayor de 4 horas, y son introducidas en varias fracciones para dar un aumento aproximado de 0.6 unidades de pH por hora. El pH al final de esta fase debe ser de 4.5-5.

Tanto la sal de cromo como los agentes basicantes son llevados al reactor por el solvente y los porcentajes de estos están expresados con respecto al peso de las pieles pickladas. La duración global de esta operación es de aproximadamente 8 horas.

Las pieles se calientan durante 2 horas a la temperatura de 70 °C. El calentamiento se lleva a cabo con vapor de baja presión (3 atm.). El pH al final de esta fase debe ser de 4.3-4.8. Durante esta fase, el solvente es forzado fuera del reactor con aire comprimido (0.2 atm.) y es recuperado en el tanque FA-2.

Después de un análisis, los contenidos de FA-2 pueden ser reintroducidos al reactor para un posterior curtido o alimentados por gravedad en el tanque FA-3 para una regeneración de solvente por destilación. El solvente condensado se colecta en el tanque FA-4.

El reciclado del solvente está limitado por su contenido de grasa. Con un contenido de grasa alrededor de 25 g/l, las sales de cromo reaccionan con la grasa, la cual impide la difusión en las pieles.

Por último, las pieles se enfrían y se dejan reposar por 48 horas. Posteriormente las pieles son objeto de las operaciones tradicionales de acabado.

2.2.1. Condiciones de operación.

Rehumidificación.

- Solución acuosa de cloruro de sodio .
- Temperatura 25°C.
- Volumen 200%.
- Rotación 1 hr.

Las pieles son después exprimidas en una prensa hidráulica para darles el contenido deseado de agua (250 a 300% con respecto a la piel seca).

Curtido

- Introducción de pieles.
- Introducción del solvente proveniente del tanque FA-1 al interior del reactor.
- Volumen: 150 a 200% (porcentaje en volumen sobre el peso de pieles pickladas.

-Introducción de la sal de cromo (6%) y formiato de sodio (1%).

- Rotación por 4 hrs.

Basificación.

- Introducción de flato de sodio (Plenatol FA) seguido por bicarbonato de sodio, 4% y 0.5 respectivamente.

- Temperatura 25°C.

- pH final: 4.5-5.

-Duración 4 hrs.

- Duración global: 8 hrs.

El solvente utilizado es después vaciado en el tanque FA-2.

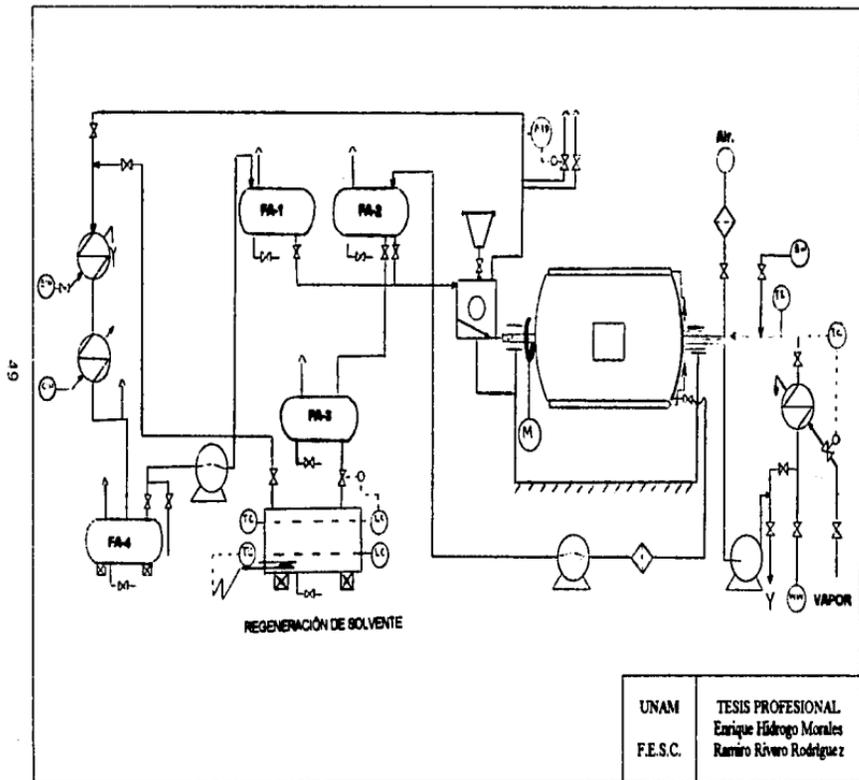
Calentamiento.

- Temperatura: 70°C.

- Duración 2 hrs.

- pH: 4.3-4.8

Diagrama No. 3 Diagrama de flujo de proceso en un medio solvente orgánico hidrofóbico



2.2.2. Variables de control del proceso propuesto.

Se consideran cuatro factores principales.

- A. Contenido de agua en la piel.
- B. Naturaleza del agente basicificante.
- C. Temperatura.
- D. pH al inicio y al final del curtido.

a . Contenido de agua en la piel.

Este es considerado un factor determinante para el curtido con solventes orgánicos hidrofóbicos. Resultados experimentales demuestran que:

. Un contenido de agua abajo del 300% en peso, presenta un agotamiento total de los baños, pero la calidad del cuero es pobre debido a la distribución heterogénea del cromo.

Con bajos contenidos de agua, el incremento en el nivel de agotamiento fue atribuido a un incremento en la concentración de las sales de cromo en la fase acuosa, la cual se ha encontrado que favorece el enlace de cromo.

Es también posible que un bajo contenido de agua afecte la porosidad, por lo tanto reduciendo la difusión de las especies reactivas en la piel.

. Con un contenido de 300% el agotamiento es completo con una buena calidad del cuero.

. Con un contenido arriba del 300%, la calidad del cuero es buena pero el agotamiento no es completo.

En contenidos altos de agua (mayor de 300%), el descenso en el agotamiento total de los baños es atribuido al hecho de que no toda el agua es absorbida por las pieles, produciéndose una fase acuosa fuera de estas. Esto afecta el equilibrio de la reacción, la cual debería ser normalmente llevada a cabo dentro de las pieles.

No todo el cromo fue adherido a las pieles. Algo de cromo se elimino con contenidos de agua arriba del 300% , mientras el contenido de agua aumenta, la eliminación se incrementa marcadamente.

La pobre distribución de cromo se estima a partir de la naturaleza de la base cuyo pka fue demasiado alto a bajos contenidos de agua. La naturaleza de la base se estimo que tuviera un papel crucial en la distribución/enlace del cromo en la piel.

b. Naturaleza del agente basificante.

Estudios preliminares en los que se probaron los efectos de varias bases (pka < pka del bicarbonato) llevaron a la selección de una combinación de dos bases:

- Un **ftalato**, el cual dio un aumento a la buena calidad de la piel,
- y **bicarbonato**, el cual minimiza la eliminación de cromo.

Los **resultados experimentales** demostraron que la combinación de dos bases produjeron cuero de buena calidad y redujeron la cantidad de cromo eliminado. Las

bases fueron añadidas en un periodo mayor de 4 horas, y fueron introducidas en varias fracciones para dar un aumento aproximado de 0.6 unidades de pH por hora. La temperatura al final de la operación de curtido también apareció para afectar el enlace del cromo con la piel.

c. Temperatura.

Los resultados experimentales muestran que un aumento constante en la temperatura de 25 °C a 50 °C reduce la eliminación de cromo. Una temperatura más alta (70 °C) lleva a mayores beneficios.

Un incremento en la temperatura acelera las reacciones de olación (polimerización) de los complejos de cromo, los cuales por turno incrementan su reactividad para enlazarse con el colágeno.

También se sugiere que el aumento en la temperatura favorece la difusión de los curtientes en la fase acuosa dentro de la piel y en toda la estructura del poro.

El calentamiento al final de la operación de curtido, el cual favorece el enlace de cromo, tiene otros beneficios ya que el solvente se puede recuperar más fácilmente en operaciones a gran escala.

Para el curtido en el medio acuoso tradicional, la experiencia ha mostrado que la reacción debe tener lugar a un pH inicial de 2.1 y 2.4, mientras que al final de la operación el pH debería estar entre 3.8 y 4.2. Una pobre calidad del cuero se obtiene generalmente fuera de estos rangos. Sin embargo, se investigó el efecto del pH en un medio solvente orgánico hidrofóbico.

d. pH al principio y al final del curtido.

Resultados experimentales mostraron que un incremento en el pH al final de la operación de curtido de 3.98 a 4.60 aumenta el enlace de cromo; y por lo tanto, disminuye la eliminación de cromo.

Algunos resultados indicaron que se obtiene cuero de alta calidad con un alto pH (5.44) al final de la operación de curtido. Estos resultados están en aparente discordancia con aquellos de otros investigadores. Sin embargo, algunos de esos experimentos fueron llevados a cabo sin hacer mención de altos valores de pH. Esto sugiere que el proceso en un medio solvente orgánico es de alguna manera diferente del que ocurre en el medio acuoso.

Se debe hacer mención que el pH desciende después de la fase de calentamiento y posteriormente aumenta durante la fase restante. Este descenso en pH puede ser debido al aceleramiento de la polimerización de los complejos de cromo en el calentamiento, liberando iones H^+ en el medio. Un pH de equilibrio, más bajo que el pH inicial, fue alcanzado después que la mezcla había sido reposada por dos días. También se notó que a la temperatura más alta (50 y 70°C) el pH disminuyó al final de la fase calentamiento.

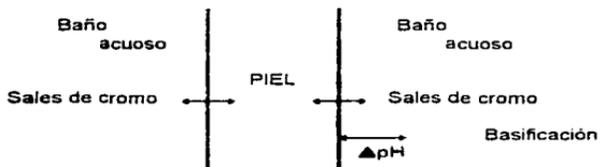
2.2.3. Reacciones involucradas.

Para tener más entendimiento de las reacciones involucradas, se comparó la operación de curtido en medio acuoso con el sistema en medio orgánico. La operación de curtido está diseñada para inducir un alto y uniforme entrecruzamiento del colágeno en las pieles. En medio acuoso la reacción es incompleta, y el enlace de los agentes curtientes es menor. Sin embargo en el medio solvente orgánico, la reacción es completa, aunque esta se lleve a cabo en la fase acuosa dentro de la piel, ya que las sales de cromo están en presencia del colágeno hidratado.

En ambas situaciones, el mismo proceso básico está involucrado, es decir:

- . Incremento en el tamaño de los complejos de cromo (olación).
- . Unión de los complejos de cromo a los sitios carboxílicos del colágeno.
- . Factores como temperatura, pH, etc. influyen en la unión de las sales de cromo.

Experimentos con pH al final del curtido de 4 o cercano a 5 indicaron que en medio acuoso, un aumento en el pH dirige incrementos en la unión de las sales de cromo, pero a expensas de la calidad del cuero debido a la distribución heterogénea. Esto fue observado con bicarbonato de sodio y ftalato. Debido a la modificación del equilibrio en el medio solvente orgánico se obtuvo un efecto significativo. (Ver diagrama siguiente).



En medio acuoso, la adición de una base incrementa el pH del baño e induce la formación de los complejos de cromo en solución. Por otra parte, cuanto más grande el complejo más difícil este se difunde en la piel. Por lo tanto, el gradiente de pH entre el baño acuoso y la piel favorece la reacción de los complejos de cromo en la superficie, la cual impide la posterior difusión de los complejos. Un alto pH de esta manera proporciona una pobre calidad de cuero, debido a una distribución heterogénea.

Procesos dirigidos a altos niveles de agotamiento pueden ser favorecidos por la reducción del gradiente de pH y por el empleo de agentes acomplejantes para mejorar la difusión. El pH final no debe permitirse que aumente arriba de 5.

En el medio solvente orgánico, no existe gradiente de pH entre el baño y la piel, aunque se presume que existe un gradiente en el interior de la piel. El bicarbonato de sodio solo, no proporciona una buena distribución del cromo como el producido a un pH alto. En la presencia de ftalato, la distribución mejorada del cromo fue

atribuida a una difusión mejorada en la piel. Enlaces más altos de cromo son favorecidos por el aumento del pH en la piel.

La difusión mejorada de los complejos de cromo se debe al hecho de que su afinidad por los colágenos disminuye cuando son acomplejados fuertemente por una base orgánica.

Un factor posterior es la difusividad intrínseca de las especies reactivas, la cual depende de la naturaleza de la base, que corresponde al medio donde se está llevando a cabo la reacción.

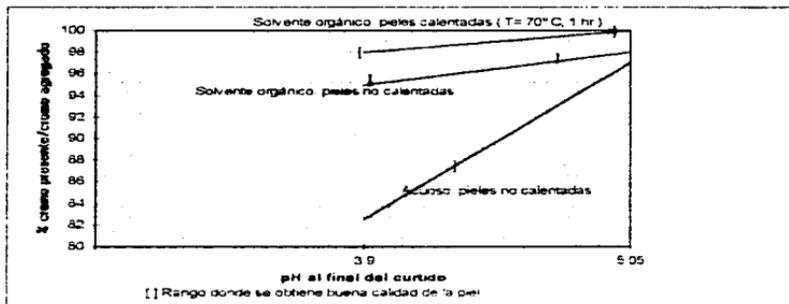
Dos factores principales aparecen para mejorar el enlace de cromo:

- La ionización más alta de los sitios carboxílicos en el colágeno a $\text{pH} = 5$ (alrededor de 90%) más que a $\text{pH} = 4$ (alrededor de 50 %).
- La formación de oligómeros, la cual es favorecida por una concentración más alta de cromo en el medio de reacción.

Gráficos del cambio de pH como una función de la unión de cromo en el solvente y medio acuoso indican que (gráfica No. 2):

- . El incremento en el pH favorece la unión de cromo.
- . Existen enlaces mayores de cromo en el medio solvente orgánico. Esto es acompañado por la producción de cuero de buena calidad en un amplio rango de pH.

GRÁFICA No.2 - CANTIDAD DE CROMO PRESENTE CONTRA pH AL FINAL DEL PROCESO DE CURTIDO ACUOSO Y SOLVENTE ORGÁNICO.



Sería de interés investigar los rangos de enlace de cromo en medio acuoso y orgánico, ya que como es conocido las reacciones involucradas en el curtido son lentas y están influenciadas por numerosos factores. Para una serie dada de condiciones de operación, durante la primera fase, la introducción de las sales de cromo, el grado de difusión tendería a ser principalmente influenciado por la estructura de la piel (porosidad y espesor). En la introducción de la base en la siguiente fase el grado de enlace estaría relacionado con el grado de basificación o aumento de pH, el cual afectaría la estructura de la piel. Resultados experimentales, omitiendo la etapa de basificación, mostraron que los dos procesos no están completamente independientes donde el cromo estuvo parcialmente enlazado a la

piel en ausencia de base. Esto es un reflejo de la complejidad del proceso involucrado.

2.3.0. Materia prima.

2.3.1. Pieles o cueros.

Definición. De acuerdo a las normas oficiales de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial se entiende por cueros o pieles, a la cubierta o protección del cuerpo de los animales, compuesta de pelo, fibras, músculos, folículos, glándulas, nervios y vasos sanguíneos. La integran: la capa exterior llamada epidermis (grano o flor) y la capa interior o dermis en conexión con los tejidos.

Clasificación. Atendiendo a su origen, edad y modo de conservación, las pieles se presentan y clasifican comercialmente en: cueros o pieles frescos, salados frescos, salados secos y secos dulces.

2.3.2. Especificaciones.

Las pieles o cueros de ganado bovino frescos, cuyo peso está comprendido entre 4 y 13 kg., se consideran pieles de ternera; si el peso está comprendido entre 14 y 20 kg. (vaquilla, vaca y novillo), se consideran pieles livianas; pieles medianas, cuyo peso no exceda de 24 kg. y sea mayor de 20 kg., y pieles pesadas, cuyo peso sea mayor de 24 kg. siempre que no sea de buey ni toro.

El cuero fresco de ganado bovino es el más utilizado en la industria de la curtiduría, sin embargo, este no se aprovecha en forma integral, pues algunos defectos reducen el área utilizable. La piel curtida y lista para la elaboración de artículos de ese material se corta en secciones; es en este proceso cuando se eliminan las partes dañadas.

CAPITULO 3. ASPECTOS ECOLÓGICOS

3.1.0 Contaminación ambiental.

Desde hace algunos años, la protección del medio ambiente ocupa un lugar preponderante en las preocupaciones mundiales. Las diversas formas de contaminación y perjuicios han alcanzado, con el rápido crecimiento industrial y demográfico, un nivel a veces peligroso para la población y nefasto para el medio ambiente.

Con el aumento acelerado de las aguas contaminadas urbanas e industriales, la contaminación de las aguas constituye uno de los problemas que más preocupa. Las aguas residuales tanto urbanas como industriales, están cada vez más cargadas de sustancias tóxicas que traen como consecuencia un empeoramiento paulatino de la contaminación de los ríos y de las aguas destinadas a la actividad agrícola.

Es la industria de la curtiduría, uno de los sectores industriales más importantes del país y además una fuente importante de contaminación debido a la cantidad y calidad de las descargas de aguas residuales.

El objetivo del capítulo es mostrar la situación real de este sector industrial en cuanto a las características de calidad de las aguas residuales; así como las normas que se tienen con respecto a este tipo de aguas.

Ante la imposibilidad de estudiar cada una de las industrias establecidas en el país, se procedió a tomar una muestra representativa de esta industria, basándose en datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua.

A continuación se muestra los diferentes tipos de impurezas que se encuentran presentes en las aguas residuales provenientes de una Planta de Curtido (Planta grande):

TABLA 6. Medición y caracterización de las aguas residuales.

Flujo: 800 m ³ /día	Concentración	Carga
Características	mg / l	Kg./día
DBO	4390	3513
DQO	4800	3838
SST	3125	2500
G y A	195	156
Cr ³⁺	78	62
NTK	86	69
S ⁻²	86	69
pH	8 unidades	
S. Sed.	80 ml / l	
T	23 °C	

Índice de descarga = 32 litros / Kg. de piel

En cuanto a la descarga de las aguas residuales de la Industria Curtidora, es necesaria la aplicación de los lineamientos referentes a los valores máximos tolerables enmarcados en la Norma Oficial Mexicana.

Norma Oficial Mexicana NOM - 021 - ECOL - 1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpo receptor, provenientes de la industria del curtido y acabado en pieles.

TABLA 7

PARAMETRO	Límites máximos permisibles	
	PROMEDIO DIARIO	INSTANTÁNEO
pH (unidades de pH)	6 - 9	6 - 9
DBO (mg/l)	200.0	240.0
Sólidos sedimentables (mg/l)	5.0	8.0
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	200.0	240.0
Grasas y aceites (mg/l)	30.0	40
Cromo total (mg/l)	1.0	1.5
Cromo hexavalente (mg/l)	0.1	0.2

Norma Oficial Mexicana NOM - 001 - ECOL - 1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residuales en aguas y bienes nacionales. Tablas 8 y 9.

La concentración de contaminantes básicos y tóxicos para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no deben ser superior al valor indicado como límite máximo permisible en las tablas 8 y 9 de esta Norma Oficial Mexicana. Las unidades del potencial de hidrógeno (pH) no deben ser mayores de 10 ni menores de 5.

3.1.1 Control de la contaminación.

La única posibilidad de abatir la toxicidad debida a productos químicos específicos tales como sulfuros y sales de cromo trivalente y a reducir la demanda bioquímica de oxígeno y la cantidad de sólidos suspendidos, provocada por la Industria curtidora, es mediante la implementación de plantas de tratamiento. De este modo se previene el grado de contaminación tan elevado de materia orgánica y productos químicos, pero definitivamente no se cuenta hasta la fecha con un sistema eficaz para el tratamiento de efluentes.

El consumo de agua en la industria curtidora es muy alto, por lo que contando con un eficiente tratamiento a sus aguas residuales, estas pueden emplearse en algunas de las operaciones del proceso, siempre y cuando su calidad se ajuste a los requerimientos de esas operaciones.

Como puede observarse en la tabla 6, las aguas residuales del proceso de curtido contiene diversos contaminantes siendo uno de los más problemáticos el cromo trivalente, que es el utilizado en la operación específica de curtido.

Una de las alternativas para reducir la concentración de cromo trivalente en el efluente es mediante la optimización de las variables que gobiernan la operación de curtido, a fin de lograr un mayor agotamiento del agente curtiente.

3.2.0. Control de la calidad y ecología.

Políticas para lograr óptima calidad en el cuero durante el proceso.

La calidad y productividad puede ser incrementada diariamente por medio de un mayor énfasis en todas las fases de nuestras operaciones del proceso de transformación del cuero:

a) En el encalado:

El baño debe tener una determinada densidad en grados Bé, que van de 2.2 a 2.5, esto quiere decir, tener una determinada concentración en gramos por litro de sulfuro de sodio

b) En el desencalado:

Se utiliza un indicador, que es una solución alcohólica de fenoltaleína al 1%, para verificar que se realizó el encalado.

c) En el pickle:

El baño debe tener un pH entre 3.8 y 4 controlado con un papel indicador, esto con la finalidad de que las sales en el curtido, penetren en el cuero.

d) En el curtido:

Se utiliza un indicador, que es una solución alcohólica de verde bromocresol al 1%, para verificar que se realizó adecuadamente el curtido.

e) En la neutralización:

El baño debe tener un pH de 6 controlado con un papel indicador, esto con la finalidad de detener el curtido y tener ese pH en el cuero para poder hacer el recurtido y el engrase.

3.2.1. Procedimientos para el control.

a) En el encalado:

Se toma una muestra del baño en una probeta. se introduce el densímetro graduado en grados Bé. y se lee la concentración del baño, la lectura es directamente un porcentaje de concentración. Se repite la operación las veces que sea necesario hasta ajustar el baño entre 2.2 y 2.5 grados Bé.

b) En el desencalado:

Se toma una muestra de un cuero haciéndole un corte con una navaja y se le pone unas gotas del indicador; la prueba es correcta si no da coloración, si da

coloración morada, es que el desencalado no está adecuadamente realizado. Se repite la prueba las veces que sea necesaria hasta que el desencalado se realice adecuadamente.

c) En el pickle:

Se toma un papel indicador de rango ácido y se sumerge en el baño, se compara con la escala hasta lograr un pH entre 3.8 y 4. Se repite la prueba si es necesario hasta que se logre esto.

d) En el curtido:

Se toma una muestra de un cuero haciendo un corte con una navaja y se ponen unas gotas del indicador, la prueba es correcta si presenta color, si no presenta color, es que el curtido no está adecuadamente realizado. Se repite la prueba las veces que sea necesario, hasta que el curtido se realice adecuadamente.

e) En la neutralización:

Se toma un papel indicador universal y se sumerge en el baño, se compara con la escala hasta lograr un pH de 6. Se repite la prueba si es necesario hasta que se logre esto.

TABLA 8.
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BASICOS.

PARAMETROS	RIOS				EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES		
	Uso publico urbano		Uso en riego agrícola		Uso publico urbano		Uso en riego agrícola		Recreación		Explotación pesquera, navegación y otros usos		Estuarios		Uso en riego agrícola				
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.			P.M.	P.D.
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)																			
Temperatura (°C)	40	40	NA	NA	40	40	NA	NA	40	40	40	40	40	40	NA	NA	40	40	
Grasas y aceites	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	
Materia floculante	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Sólidos sedimentables (ml)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Sólidos suspendidos totales	75	125	100	175	40	60	75	125	75	125	100	175	75	125	NA	NA	75	125	
Demanda de bioquímica de oxígeno T	75	150	100	200	30	60	75	150	75	150	100	200	75	150	NA	NA	75	150	
Nitrógeno total Kjeldahl	15	25	15	25	5	10	15	25	NA	NA	NA	NA	15	25	NA	NA	NA	NA	
Fósforo total	10	20	10	20	5	10	10	20	NA	NA	NA	NA	10	20	NA	NA	NA	NA	

P.D. = Promedio Diario

P.M. = Promedio Mensual

NA. = No es aplicable

TABLA 8.
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES TOXICOS.

PARAMETROS (*)	RIOS				EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		MUESTRAS NATURALES	
	Uso público urbano		Uso en riesgo agrícola		Uso público urbano		Uso en riesgo agrícola		Recreación		Explotación pesquera, navegación y otros usos		Estuarios		Uso en riesgo agrícola			
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.		
(miligramos por litro)																		
Arsénico	01	02	02	04	01	02	02	04	02	04	01	02	01	02	02	04	01	02
Cadmio	01	02	02	04	01	02	02	04	02	04	01	02	01	02	02	04	01	02
Cianuro	10	20	20	30	10	20	20	30	20	30	10	20	10	20	20	30	10	20
Cobre	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8
Cromo	05	10	10	15	05	10	10	15	05	10	05	10	05	10	05	10	05	10
Mercurio	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	02	04	05	10	02	04	05	10	05	10	02	04	02	04	02	04	02	04
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

(*) Medidos de manera total.

3.3.0 Comparación de descarga de cromo entre los metodos tradicional y medio solvente orgánico.

La descarga de las sales de cromo en efluentes de curtido han sido reducidas considerablemente (ver tabla 10) por medio de sistemas de recuperación y reciclaje de los baños residuales de la curtición al cromo, ya sea en la planta o en las estaciones de tratamiento de agua.

TABLA 10 . Descarga de cromo en los efluentes.

Publicación autorizada de análisis de muestras de plantas de tratamiento de agua.

Fecha	Total de cromo descargado al efluente (mg/lt)	Volumen de agua descargada (m ³ /día)	Cromo total descargado (Kg/día)
1989	85	8649	736
1989	39	13861	541
1990	77	-13000	-1000
1991(sitio 1)	17	-7000	119
1991 (sitio 2)	-100	-2000	170-200

En un sitio típico en el cual se trata un promedio de 26.4 Toneladas métricas por día de pieles curtidas con sales de cromo empleando 7000 m³ de agua por día.

se estima que el nuevo proceso debe de descargar entre 30 y 150 g. por tonelada métrica de pieles tratadas. Esto corresponde a una descarga global de cromo metálico entre 0.2 a 0.6 mg/lt. Esto esta dentro de las normas europeas para descarga y calidad de efluentes.

CAPITULO 4 CAPACIDAD Y UBICACIÓN DE LA PLANTA

4.1.0. Capacidad de la planta.

La importancia fundamental de la industria de la curtiduría, especialmente de ganado bovino, reside su papel clave, efectivo o potencial, como proveedor de materia prima a la industria del calzado. La cual consume, un poco más de las tres cuartas partes de la producción nacional de cueros curtidos, por lo que se le considera el principal cliente a satisfacer.

De los 5,000,000. de pieles anuales que en promedio demanda la industria nacional existe una demanda insatisfecha de unas 900,000 pieles que representa cerca del 18.5% en el cual tomará parte el estudio presente.

El tamaño de la planta es la capacidad instalada de producción de la planta industrial y se expresa en cantidad producida por unidad de tiempo. En este caso lo expresaremos en número de cueros procesados mensualmente y anualmente.

La producción real basada en la demanda del producto, es de 350 cueros diarios, 7700 cueros mensuales (tomando 22 días/ mes) y 92,400 cueros anuales, lo que representa el 1.8% de la demanda nacional.

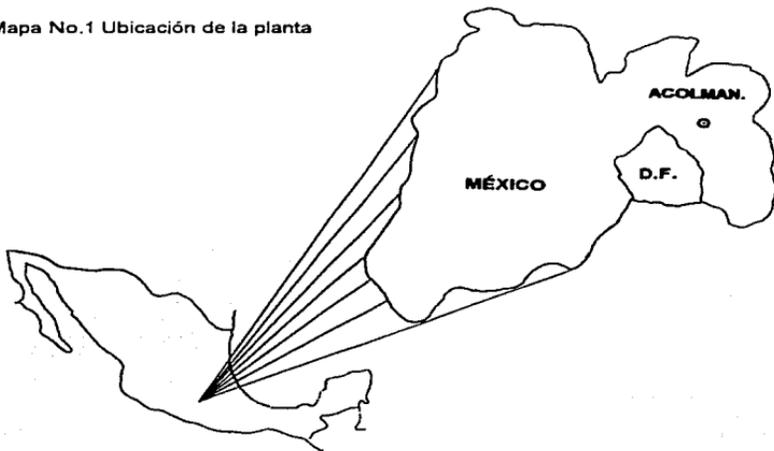
Como se podrá apreciar en el proceso, existen dos grandes cuellos de botella; uno es el remojo, cuyo tiempo de duración es de 12 hr. , y el otro el encalado, que dura aproximadamente 24 hr

Las demás máquinas tienen una capacidad holgada en referencia a nuestra producción debido a los prolongados tiempos en los tambores de proceso. Con esto podemos tener una ventaja importante; el lograr un crecimiento a futuro con mayor facilidad.

4.2.0. Ubicación de la planta.

Tomando en cuenta factores como materia prima y mano de obra disponible, así como la cercanía del mercado, la planta será ubicada en el Municipio de Acolman, Estado de México. (Ver mapa No.1).

Mapa No.1 Ubicación de la planta



Situación geográfica. El municipio de Acolman se ubica ligeramente al Nor-Este de la porción más meridional del Distrito Federal. Su cabecera, el pueblo de Acolman de Nezahualcóyotl se ubica a los 19° 38' 00" de Latitud Norte y a los 98°56' 00" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Comunicación y transporte. La cabecera municipal, Acolman de Nezahualcóyotl, se ubica sobre la carretera numero 85 estatal México-Teotihuacán-Otumba, a unos 25 min. de la Ciudad de México y dista 800 mts. de la carretera México-Tulancingo-Poza Rica. La estación de ferrocarril más cercana se encuentra en Tepexpan a 5 kilómetros de la cabecera.

Clima. De acuerdo con los datos suministrados por la estación meteorológica ubicada en Tepexpan, la zona posee un clima que puede catalogarse como: BS, KW; esto es templado, semiseco, con lluvias en verano.

El detalle de los fenómenos registrados es como se indica.

FENÓMENOS	VALOR
Temperatura media	15.4°C.
Temperatura máxima extrema	33.1°C.
Temperatura mínima extrema	-6°C.
Numero de días con lluvia	106
Vientos dominantes	S-SW; 20.3 m/s.
Vientos reinantes.	S-SE; 29.5 m/s.
Numero de días con niebla	43
Numero de días con rocío	28-61

Servicios.

A) Agua.

En este sector industrial el agua juega un papel muy importante en el proceso productivo, pero sus características, físicas, químicas y bacteriológicas no son tan importantes como lo es su volumen, debido principalmente a que la industria, por razones de calidad del producto terminado, se ve en la necesidad de utilizar dentro de sus operaciones de proceso, grandes volúmenes de agua.

El agua de proceso no es adaptada por el industrial mexicano para la manufactura de las diferentes clases de pieles que son demandadas en el mercado. Las plantas la utilizan tal y como les viene de las diferentes fuentes de suministro, ya se trate de suministro municipal o a través de pozos de alimentación, por lo cual se concluye que el tipo de agua y su calidad no ha afectado hasta la fecha la calidad del producto acabado.

La planta es abastecida por agua de pozo, teniendo un consumo de aproximadamente 150 m³/día.

B) Energía eléctrica.

La curtiduría cuenta con una subestación con una capacidad de potencia de 23 Kw, para sus propias necesidades, y un transformador que reduce la tensión a 440/220 volts. Estas características de energía eléctrica cumplen con los requerimientos necesarios para la implementación del proceso propuesto.

Por su ubicación geográfica el municipio de Acolman, recibe el fluido eléctrico de la Comisión Federal de Electricidad, por lo cual, dispone de la suficiente energía eléctrica para cubrir las necesidades que cualquier actividad industrial requiera.

Disponibilidad de materia prima. Para la adquisición de la piel de alta calidad, se recurra al mercado nacional y a la importación de la misma, ya que es necesario obtener una piel que este en buen estado y sin propensión a descomponerse, así como que el corte de la piel al momento de ser despojada del animal sea correcta, puesto que de ello depende el rendimiento de la piel y el aprovechamiento futuro que se tenga de la misma.

Por lo que respecta a las demás materias primas para realizar el proceso, diremos que son de fabricación nacional todas ellas, por lo que la localización de las mismas no es compleja, algunas de ellas son proporcionadas por distribuidores de productos químicos como PROVEQUIM,S.A., BASF Mexicana o BAYER de México, S.A. de C.V.

Estas organizaciones se encuentran ubicadas en el Área Metropolitana, mayormente en el Distrito Federal, por lo que el acceso a éstas es fácil y el servicio en la entrega de los productos es eficiente y rápida.

El volumen de producción de los químicos no es limitado y la disponibilidad y los tiempos de entrega de los mismos son aproximadamente de dos días en el D.F. durante todo el año.

4.2.1. Espacio requerido.

La superficie requerida para procesar 350 cueros diario, con una distribución ideal en las diferentes áreas, así como para obtener un flujo óptimo de proceso, es de 3500 m² incluyendo terreno adicional para futuras ampliaciones.

Las dimensiones de la curtiduría son las siguientes:

Área de proceso y almacenes	3100 m ²
Área administrativa	400 m ²
Altura de la nave	9.40 m

El área de proceso tendrá proyectada una superficie de 50 x 70 m., lo cual permitirá un mejor aprovechamiento de los espacios y por consiguiente, una amplia facultad de maniobrabilidad interior.

Se considera un área suficiente para la instalación de equipos adicionales al proceso, o bien, equipos de mayor capacidad que hagan el proceso más eficiente.

La techumbre será una cubierta de lámina de asbesto a dos aguas y con una altura máxima de 9.4 m., y una altura interior libre de 6.4m.

La eliminación de fluidez residual, está constituida por dos líneas principales que en el interior del edificio son en forma de canaletas con rejillas intercambiables de 30 cm. de ancho y una pendiente de 2%. La línea que cruza el área de proceso, recibe los escurrimientos que se producen por efecto de limpieza, escurrido de pieles, etc. ,

así como los escurrimientos de la zona de almacenes, mantenimiento y vestidores que al conectarse en un registro con la línea que recoge aguas blancas son desalojados por una tubería de 6 pulg. de diámetro con la misma pendiente. La otra línea recoge los residuos de los tambores de curtido, los conduce al exterior, pero por su alto grado de contaminantes, no se puede cargar al sistema de drenaje general, y se dirigen a la planta de tratamiento de agua residuales para su reutilización y descarga.

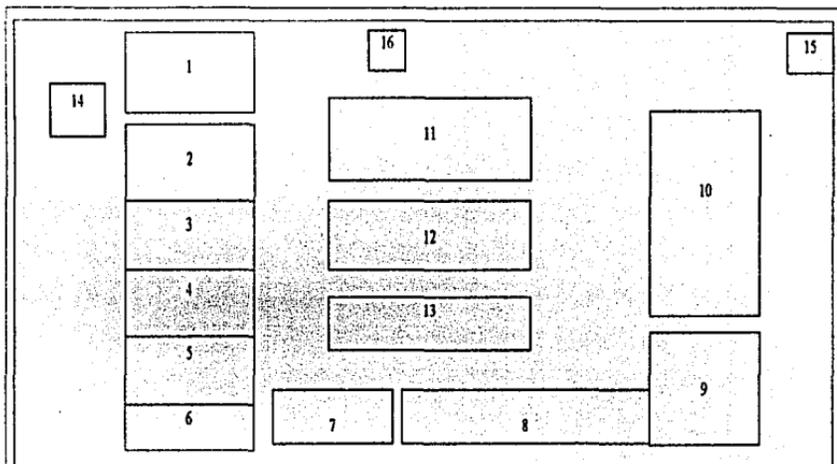
4.3.0 Distribución física de la planta.

Para la distribución de la planta, se ha tomado en cuenta el flujo del proceso, procurando que entre una operación y la siguiente haya la mayor fluidez y continuidad posible, evitando cruzamiento entre ellas.

En el diagrama 4 se muestra la distribución de las diferentes áreas de proceso, y ubicación de los servicios auxiliares requeridos. Como puede observarse, la planta está integrada por las áreas de almacén para pieles crudas; departamento de rivera, donde se lleva a cabo el reverdecimiento, el encalado y el lavado; posteriormente se encuentra el departamento de tenería (zona de curtición y recurción) y por último tenemos el departamento de acabado y el almacén de producto terminado.

Es importante destacar que dentro de la planta, existe una división entre áreas húmedas y secas del proceso por medio de una pared, para así evitar la contaminación del polvo, en dichas secciones.

Diagrama No 4. Distribución general de la planta.



- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Almacén de materia prima | 11. Oficinas |
| 2. Reverdecimiento y encalado | 12. Sanitarios y Vástagos |
| 3. Descamado y dividido | 13. Laboratorio y Mantenimiento |
| 4. Descamado, Remido, Pickleado, y Curido | 14. Cuarto de caldera |
| 5. Escurecido y Raspado | 15. Subestación eléctrica |
| 6. Neutralizado, Recurtido, Teñido y Lubricación | 16. Caseta de vigilancia |
| 7. Secado | |
| 8. Operaciones de acabado | |
| 9. Medición, Selección y Empaque | |
| 10. Almacén | |

UNAM

F.E.S.C.

TESIS PROFESIONAL
 Enrique Hábrego Morales
 Ramiro Rívero Rodríguez

CAPITULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO

En este renglón hemos de resaltar todos los gastos en los que se incurre para la implementación y puesta en marcha del proceso propuesto, tomando en cuenta únicamente los cambios que económicamente generan una diferencia representativa de un proceso con respecto al otro y dejando de lado todo aquello donde los gastos son completamente iguales y que por ende no es preciso mencionarlos.

Determinación de los costos

a) Materia prima

Insumos químicos	Costo unitario \$/Kg.	%	Proceso tradicional		%	Proceso propuesto		diferencias	
			Cantidad anual Kg.	Costo anual \$		Cantidad anual Kg.	Costo anual \$	cantidad Kg.	Costo \$
Curtido									
Agua	1.5	70	1,552,320	2380	--	--	--	-1,552,320	-2,380
Formiato de sodio	5.43	2.0	44,352	240,831	0.8	17,740	96,328	-26,612	-144,503
Sal de cromo	7.8	10	221,760	1,729,728	5.0	110,880	864,864	-110,880	-864,864
Sal coquín	0.74	3.0	66,528	49,230	--	--	--	-66,528	-49,230
Tetracloretileno	4.5	--	--	--	1.0	22,176	99,792	+22,176	+99,792
Basificación									
Bicarbonato de sodio	2.46	2	44,352	109,106	2.0	44,352	109,106	0.0	0.0
Plato de sodio	5.40	--	--	--	4.0	88,704	479,000	+88,704	479,000
Recurtido									
Agua	1.5	100	2,217,600	3,326	--	--	--	-2,217,600	-3,326
Tañines	2.5	10	221,760	554,400	--	--	--	-221,760	-554,700
TOTAL				2,689,001			1,649,090		1,039,911

b) Insumos químicos.

Glicol 4,500lt. con un costo de \$15/lt. para un costo de = \$ 67,500

c) Mantenimiento .

Hemos de considerar el mantenimiento del equipo instalado como el 2% del costo total del mismo. = \$ 20,100

Estimación de la inversión fija para la implementación del proceso de curtido en medio solvente orgánico hidrofóbico.

Inversión fija.

a) Costo de capacitación = \$ 25,000

b) Obra de servicios e instalación de equipo.

Es necesario contar con instalaciones y servicios correspondientes a la captación y distribución de agua, depósito para almacenar tetracloroetileno, suministro de energía eléctrica así como bases especiales para la instalación del nuevo equipo.

Se considera 5% del costo del equipo = \$ 50,250

c) Maquinaria y equipo.

Unidad	Costo \$
4 Recipientes	200,000
1 Intercambiador	100,000
1 Condensador	95,000
1 Enfriador	95,000
1 Reactor enchaquetado	310,000
1 Evaporador	165,000
3 Bombas	40,000

COSTO TOTAL DEL EQUIPO \$ 1,005,000

d) Costo del solvente 12.600 Kg.. = \$ 124,893

Inversión diferida.

e) Ingeniería del proyecto.

Se considera 3% del costo total del equipo = \$ 30,150

f) Supervisión del proyecto.

Se considera igual que la ingeniería del proyecto = \$ 30,150

Inversión fija (costos directos) \$ 1,205,143

Inversión diferida (costos indirectos) \$ 60,300

Total de la inversión fija del proyecto \$ 1,265,443

Se requiere de \$1,265,443 de inversión fija para llevar a cabo la implementación del proyecto.

Depreciación y amortización de la inversión

Concepto	Inversión inicial \$	Tasa de depreciación %	Depreciación \$
Obra de servicios e instalación de equipo	50,250	10	5,025
Maquinaria y equipo	1,005,000	9	90,450
Ingeniería del proyecto	30,150	10	3,015
Supervisión del proyecto	30,150	10	3,015
Total	1,085,550		101,505

Capital de trabajo.

Se le llama capital de trabajo a los recursos necesarios que se requieren para la operación de la planta, una vez que el proyecto es ya una realidad, los rubros que integran el capital de trabajo son: Cuentas por cobrar y cuentas por pagar.

	PROCESO TRADICIONAL	PROCESO PROPUESTO
ACTIVO CIRCULANTE		
Inventario de materia prima 30 días de materia prima	303,562	187,437
Inventario de producto en proceso 5 días de materia prima	50,927	31,239
Inventario de producto terminado 30 días del costo directo de producción	305,562	187,437
Cuentas por cobrar 30 días del valor de las ventas	10,857,000	10,857,000
PASIVO CIRCULANTE		
Cuentas por pagar 30 días de materia prima	305,562	187,437
CAPITAL DE TRABAJO	11,213,489	11,075,676

En el análisis económico realizado se puede apreciar una comparación practica en la que se puede apreciar una marcada ventaja que ofrece el proceso propuesto contra el proceso tradicional. Como son el ahorro en el consumo de agentes curtientes, así como la ausencia del proceso de recurtido. Una inversión que a simple vista se aprecia que puede ser recuperada con el simple ahorro de la sal de cromo que se dejaría de utilizar en un año de trabajo, y que después de cubierto este monto todo lo demás se traduciría en ventajas para la industria que acepta la implantación del proceso que se propone.

Por lo tanto, la factibilidad económica del proceso propuesto es justificada en función de la materia prima, ya que se reducen considerablemente los costos de operación.

Adicionalmente se ahorra 1,552.32 m³ de agua y no se envían al drenaje esa misma cantidad de agua. Cuyo tratamiento para que no contamine no está considerado en el anterior método. Y esta es una ventaja superior al ahorro como fue calculado de 2,380 pesos.

CAPITULO 6

CONCLUSIÓN

Los tiempos modernos exigen un desarrollo tecnológico altamente competitivo y una gran atención hacia las mejoras y cuidados al medio ambiente.

Las industrias de curtido que actualmente operan en nuestro país, utilizan procesos muy antiguos que producen efluentes que no están dentro de las normas ecológicas, dañando irreversiblemente las tierras de cultivo principalmente.

Algunos trabajos realizados por diversas instituciones, encaminados a la eliminación de cromo del agua residual del curtido de piel, han tenido gran aceptación pero con la limitante de generar gran cantidad de lodos, los cuales deberán ser sometidos a un proceso de tratamiento para espesarlos y reducir el volumen, así como producir un lodo el cual quede completamente estabilizado de tal forma que al desecharse no produzca otro tipo de contaminación.

En este trabajo se analizó, una nueva alternativa, la de utilizar solvente orgánico hidrofóbico como medio de reacción, con la finalidad de alcanzar un agotamiento casi total del agente curtiente logrando que el efluente este dentro de normas ecológicas.

El proceso que se propone para la industria curtidora nacional con miras a mejorar el alto índice de contaminación ofrece ser un proceso completamente

sencillo de operar y controlar así como de fácil implementación, donde las variables de control resultan ser el factor más importante para obtener un cuero de alta calidad. Debido a la sencillez de su control no requiere de un sistema sofisticado, además de que el personal que labora normalmente se le puede capacitar para que realice esta operación

Comparado con el método tradicional, el cual se realiza en medio acuoso y en el que la cantidad del agente curtiente es utilizado en exceso, el proceso propuesto ofrece la ventaja de que por llevarse a cabo en un medio solvente orgánico hidrofóbico, el consumo de Cr^{3+} es reducido hasta en un 50%. Logrando con este hecho que solamente sea adicionada al sistema la cantidad a utilizar garantizando además cuero de buena calidad.

Otras ventajas que ofrece el nuevo proceso es:

- * El de obtener cuero de buena calidad en un intervalo de pH más amplio que el proceso tradicional
- * Se evita la operación de recurtido utilizada en el proceso tradicional para mejorar la calidad del cuero.

Durante el desarrollo de este trabajo de tesis se logro identificar una serie de beneficios que pueden ser clasificados como

Beneficios ambientales.

- * Minimización de contaminación de cromo a partir del proceso de curtido debido a una reducción considerable en la descarga de sales de cromo en

efluentes acuosas.

- * Mejoramiento en la calidad del agua.
- * Ausencia de cromo en el sedimento después del tratamiento de efluentes de curtido
- * Regeneración y reciclaje de solvente, reduciendo costos.

Beneficios de seguridad.

- * Ausencia de derrames y riesgo de pisos húmedos por tener un sistema de cierre hermético.
- * Reducción de contacto entre operadores y agentes químicos.
- * Reducción de operaciones manuales por la automatización, permitiendo mejores condiciones de trabajo.

Beneficios económicos.

En términos generales la implementación del nuevo proceso resulta ser atractivo para los industriales de la curtiduría. Porque si bien es necesario invertir una fuerte cantidad para su instalación y puesta en marcha, existen los elementos suficientes para asegurar que la recuperación de la inversión se puede lograr en un periodo de tiempo muy corto dado que en los análisis económicos que se realizaron en este trabajo se puede apreciar que los costos de producción están muy por debajo de los del proceso tradicional aún sin tomar en cuenta los gastos ocasionados por el tratamiento de los efluentes.

Bibliografía.

- 1.- Aida, M. Frankel., "Tecnología del cuero", Albatros. Argentina, 1989
- 2.- Baca Urbina, G., "Evaluación de proyectos, Análisis y administración de riesgos". Mcgraw-Hill. México, 1993.
- 3.- Barcelo, José R. " Diccionario de terminología química". edí. Atlambra.
- 4.- Bogilliard Jacques. " Tannage et corroyage des currs et peaux". Paris, E y rolles 1945.
- 5.- Corporación Venezolana de fomento. " Industria de pieles y cueros". Caracas,1960.
- 6.- F.A.O. "Material para el curtido de cueros y pieles". Roma. 1952.
- 7.- F.A.O. " La economía mundial de los cueros, pieles, curtido y calzados". Roma,1970.
- 8.- Fideicomisos insttuidos en relación con la Agricultura. México. " La problemática de la industrialización de los cueros y pieles en México". FIRA-México,D.F., 1981
- 9.- Henglein, F.A " Tecnología Química". Segunda parte. Química técnica especial URMO. SA. España 1977.
- 10.- Howard, F. Rase y M.H. Barrow. " Ingeniería de proyectos para plantas de proceso". CIA editorial. S.A. de C.V. México, 1984.
- 11.- Kern, Donald. " Procesos de transferencia de calor. CIA. Editorial, S.A de C.V., México.
- 12.- King, C. Judson. " Procesos de separación". ediciones REPLA S.A.
- 13.- Kowalski, Zygmunt. " Treatment of chromic tannery wastes". Journal of Hazardous Materials. V. 37, n 1, aprí-1994. p 137-141.
- 14.- Laceria, Alberto M., "Curtición de cueros y pieles", Albatros, Argentina, 1988.
- 15.- López Soto, Hermes., " Manual de curtiduría" . Chapingo, México: UACH., Dirección de difusión cultural, 1988.
- 16.- Maxs., Peters. " Plant Desing. and Economics for chemical Engineers" Mcgraw-Hill Kogakush; A., LTD. TOKIO. JAPON. 1968.

- 17.- México. Dirección general para el desarrollo agroindustrial. "Cuero y piel; curtido y acabado".
- 18.-Orthmann, August C. "Tanning processes". Hide and Leather. 1945.
- 19.-Perry, Roberr H, "Manual del ingeniero químico. Macgrraw-Hill.
- 20.- Silvestre, f. Rocrelle, C. ; Gaset, A. ; Caruel, N. ; Darnaud, A.
"Clean technology for tannage with chromium salts part 1": development of a new process in hydrophobic organic solvent media". Journal of the society of Leather Technologies de chemists.
V. 78, n1 jan-feb 1994. p 1-7.
- 21.- Silvestre, f. Rocrelle, C. ; Gaset, A. ; Caruel, N. ; Darnaud, A.
"Clean technology for tannage with chromium salts part 2 : pilot scale development".
Journal of the society of Leather Technologies de chemists.
V. 7, n 2 mar-apri. 1994. p 46-49.
- 22.- Vazquez Cruz Jose Meliton; "Eliminación del cromo del agua residual del curtido de pieles". Tesis profesional, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, (UNAM). México 1995.
- 23.- Wilson, John Arthur., "Modern practice in leather manufacture" New York, Reinhold Publishing, 1941.

ANEXO

DISEÑO Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO.

REACTOR.

Para calcular el tamaño del reactor se realiza el siguiente calculo:

Peso del cuero X total de cueros = 24 X 350 = 8,400 Kg

Material	Densidad Kg/m ³	En %*	Cantidad	Volumen
Cuero	—	—	8,400 Kg	4,200 m ^{3**}
Percloroetileno	1,625	150	12,600 Kg	7,994 m ³
Sal de cromo	1,700	6.0	504 Kg	0.2964 m ³
Formiato de sodio	1,919	1.0	84 Kg	0.0437 m ³
Ftalato de sodio	1,900	4.0	336 Kg	0.1768 m ³
Bicarbonato de sodio	2,159	3.0	252 Kg	0.116 m ³

TOTAL

12.83 m³

*En base al peso de la piel

**1/2 del peso del total del cuero por el desplazamiento del solvente

El volumen total del reactor debe ser igual al doble del volumen de operación, por lo tanto

$$V = 12.83 \text{ m}^3 \times 2 = \mathbf{25.66 \text{ m}^3}$$

La relación L/D para este tipo de equipo es de 1.5 y las características específicas finales de reactor son:

$$V = \pi r^2 L$$

$$r = \sqrt[3]{V / \pi \cdot 3}$$

$$D = 2.8 \text{ m (9.18 pies)}$$

$$L = 4.2 \text{ m (13.78 pies)}$$

CALCULO DEL REACTOR ENCHAQUETADO

$$T_1 = 158 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 104 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 77 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 152.6 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Tiempo} = \emptyset = 2 \text{ hr.}$$

$$C_p \text{ SOLV} = 0.22 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

$$M = 9,576 \text{ Kg (21,115 lb)}$$

Superficie de transferencia de calor:

Tapas:

$$A = \pi r^2 = 66.27 \times 2 = 132.54 \text{ pie}^2$$

Envolvente:

$$P = \pi D = 28.84 \text{ pies}$$

$$A = P \times L = 397.64 \text{ pie}^2$$

$$St = 630.18 \text{ pie}^2$$

El coeficiente de transferencia de calor será:

$$U = [\ln T_1 - t_1 / T_1 - t_2] M C_p / A \emptyset$$

$$U = \ln [158 - 77 / 158 - 152.6] (21,115)(0.22) / (530.18)(2)$$

$$U = 11.86 \text{ Btu/h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Cantidad de transferencia de calor:

$$Q = U A \Delta T_r$$

$$\Delta T = (T_1 - t_2) - (T_2 - t_1) / \ln [(T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)]$$

$$Q = (11.86)(530.18)(75.6)$$

$$Q = 475,363.23 \text{ Btu/h}$$

Cantidad de agua:

$$Q = M_{H_2O} C_p (T_1 - T_2)$$

$$M_{H_2O} = 475,363.23 / (1.01)(3.6)$$

$$M_{H_2O} = 130,736.21 \text{ lb/h}$$

MOTOR DEL REACTOR.

DATOS:

$$M_{\text{CARGA}} = 22,176 \text{ Kg}$$

8 r.p.m

$$\text{Radio del reactor} = r = 1.4 \text{ m}$$

Momento de inercia de un cilindro rígido que gira sobre su propio eje:

$$I = \frac{1}{2} M r^2$$

$$I = \frac{[(22,176 \text{ Kg})(1 \text{ slug}/14.59 \text{ Kg})][(1.4 \text{ m})(1 \text{ pie}/0.3048 \text{ m})]^2}{2}$$

$$I = 16,032.86 \text{ slug pie}^2$$

Momento de torsión:

$$\tau = I \alpha$$

$$\tau = (16,032)(0.8377)$$

$$\tau = 13,421.751 \text{ lb pie}$$

Potencia del motor:

$$H = T \omega / 5250$$

$$H = (13,421.751)(8) / 5250$$

$$H = 20.4622 \text{ HP}$$

$$H = 15.261 \text{ Kw}$$

EVAPORADOR.

Tipo de evaporador: tubos horizontales.

Fluido: Percloroetileno.

$$T_1 = 347 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 298.4 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 82.4 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 249.8 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$U_{\text{diseño}} = 100 \text{ Btu/h pie}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$M_{\text{solv}} = 27,777.77 \text{ lb}$$

$$Cp_{\text{solv}} = 0.22 \text{ Btu/lb }^\circ\text{F}$$

$$\text{Tiempo} = \emptyset = 1 \text{ hr.}$$

Superficie de transferencia de calor:

$$\ln T_1 - t_1 / T_1 - t_2 = U A \emptyset / M Cp$$

$$A = \ln [(T_1 - t_1) / (T_1 - t_2)] [M Cp] / U \emptyset$$

$$A = \ln [(347 - 82.4) / (347 - 249.8)] [(27,777.7)(0.22)] / (100)(1)$$

$$A = 61.11 \text{ pie}^2$$

Cantidad de transferencia de calor:

$$q = U A \Delta T_M$$

$$\Delta T_M = (347 - 249.8) - (298.4 - 82.4) / \ln [(347 - 249.8) / (298.4 - 82.4)]$$

$$\Delta T_M = 148.78$$

$$q = (100)(61.11)(148.78)$$

$$q = 909,086.34 \text{ Btu/h}$$

Capacidad: 16 m³

CAMBIADORES DE CALOR.

EA-1

Tipo: tubo y coraza.

Coraza: Percloroetileno

$$T_1 = 249.8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 158 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$M_{\text{soln}} = 27,777.7 \text{ lb/h}$$

$$C_{p_{\text{soln}}} = 0.23 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

Tubo: Agua

$$t_1 = 86 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 118.4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Cantidad de transferencia de calor:

$$Q = M_{\text{soln}} C_{p_{\text{soln}}} \Delta T$$

$$Q = (27,777.7)(0.23)(91.8)$$

$$Q = 586,498.25 \text{ Btu/h}$$

Cantidad de agua:

$$M_{\text{agua}} = Q / C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} \Delta t$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 586,498.25 / (1)(32.4)$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,101.79 \text{ lb/h}$$

Superficie de transferencia de calor:

$$A = Q / U \Delta T_M$$

$$U_{\text{diseño}} = 130 \text{ Btu/pie}^2 \text{ h } ^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_M = (T_1 - t_2) - (T_2 - t_1) / \ln [(T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)] = 98.67$$

$$A = 586,498.25 / (130)(98.67)$$

$$A = 46 \text{ pies}^2$$

EA - 2

Tipo: tubo y coraza.

Coraza: Percloroetileno

$$T_1 = 158 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 68 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$M_{\text{solv}} = 27,777.7 \text{ lb/h}$$

$$C_{p_{\text{solv}}} = 0.23 \text{ Btu/lb }^\circ\text{F}$$

Tubo: Mezcla Etilenglicol - Agua

$$t_1 = 23 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 44.6 \text{ }^\circ\text{F}$$

Cantidad de transferencia de calor:

$$Q = M_{\text{SOLV}} C_{p_{\text{solv}}} \Delta T$$

$$Q = (27,777.7)(0.23)(90)$$

$$Q = 574,998.39 \text{ Btu/h}$$

Cantidad de Etilenglicol - Agua:

$$C_{p_{\text{MEZ}}} = X_{\text{H}_2\text{O}} C_{p_{\text{H}_2\text{O}}} + X_{\text{SOLV}} C_{p_{\text{SOLV}}} = (0.5)(1) + (0.5)(0.28) = 0.514$$

$$M_{\text{MEZ}} = Q / C_{p_{\text{MEZ}}} \Delta t$$

$$M_{\text{MEZ}} = 574,998.39 / (0.514)(21.6) = 51,801.65 \text{ lb/h}$$

$$50\% \text{ en peso de glicol} = (0.5)(51,801.65 \text{ lb/h}) = 25,900.82 \text{ lb/h}$$

$$50\% \text{ en peso de agua} = (0.5)(51,801.65 \text{ lb/h}) = 25,900.82 \text{ lb/h}$$

Superficie de transferencia de calor:

$$A = Q / U_{\text{dis}} \Delta T_M$$

$$U_{\text{dis}} = 110 \text{ Btu/pie}^2 \text{ h }^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_M = (T_1 - t_2) - (T_2 - t_1) / \ln (T_1 - t_2) / (T_2 - t_1) = 74 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$A = 574,998.39 / (110)(74)$$

$$A = 70.63 \text{ pies}^2$$

EA - 3

Tipo: tubo y coraza.

Coraza :Agua

$$T_1 = 68 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 158 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$C_{p\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 130,735.21 \text{ lb/h}$$

Tubo: Vapor saturado

$$\text{Presi3n abs.} = 5 \text{ lb/pulg}^2$$

$$t = 162 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Entalpia

$$\text{Liq. sat. } H = 130.13 \text{ Btu/lb}$$

$$\text{Vap. sat. } H = 1131.1 \text{ Btu/lb}$$

Cantidad de agua:

Considerando que el agua se refluja $T_1 = 111.2 \text{ } ^\circ\text{F}$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = M_{\text{H}_2\text{O}} C_p \Delta T$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = (130,735.21)(1)(158-111.2) = \mathbf{6,118,407 \text{ Btu/h}}$$

Cantidad de vapor:

$$W_{\text{VAP}} = Q / \Delta H$$

$$W_{\text{VAP}} = 6,118,407 / (1131.1 - 130.13) = \mathbf{6,112.6 \text{ lb/h}}$$

Superficie de transferencia de calor:

$$A = Q / U_{\text{dis}} \Delta T_M$$

$$U_{\text{dis}} = 450 \text{ Btu/pie}^2 \text{ h } ^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_M = 18.42$$

$$A = 6,118,407 / (450)(18.42) = \mathbf{738 \text{ pies}^2}$$

RECIPIENTE ACUMULADOR FA

Condiciones de operación:

Fluido: Percloroetileno (Tetracloroetileno).

Densidad: 1,625 Kg/m³

Temperatura: 25 °F

Presión: 14.7 lb/pulg²

Volumen: 8 m³

Dimensionamiento.

El volumen total del recipiente debe ser igual al doble del volumen de operación, excluyendo el volumen de las tapas:

$$V_{\text{tot}} = 2 \times 8 \text{ m}^3 = 16 \text{ m}^3 = 565 \text{ pies}^3$$

La secuencia de cálculo, así como las recomendaciones para el diseño de recipientes son extraídas del código A.S.M.E.

Tamaño óptimo del recipiente.

La relación óptima L/D puede hallarse mediante el siguiente procedimiento:

$$F = \frac{P}{CSE} \quad \text{donde: } P = \text{Presión de diseño (lb/pulg}^2\text{)}$$
$$C = \text{Margen de corrosión} = 0.125 \text{ pulg.}$$
$$S = \text{Valor del esfuerzo del material (lb/pulg}^2\text{)}$$
$$E = \text{Eficiencia de soldadura.}$$

Cálculo de la presión de diseño (P_D):

$$P_D = \text{Presión de operación max.} + 30 \text{ lb/pulg}^2 \quad \text{ó}$$
$$P_D = (1.1) \text{Presión de operación max.} \quad \text{ó}$$
$$P_D = 75 \text{ lb/pulg}^2 \quad \text{Mínimo}$$

Se utilizará la que resulte MAYOR

Temperatura de diseño:

$$T_D = \text{Temperatura de operación max.} + 50 \text{ } ^\circ\text{F}$$
$$T_D = (1.1) \text{Temperatura de operación max.}$$

La que resulte MAYOR

$$T_D = 127 \text{ } ^\circ\text{F}$$
$$P_D = 75 \text{ lb/pulg}^2$$

Esfuerzo del material.
Especificación ASME

No.
SA - 515

Grado
70

$$S = 17,500 \text{ lb/pulg}^2$$

Material: acero al carbón.

Eficiencia de soldadura:

Se considera un radiografiado por puntos $E = 0.85$

Calculo de F:

$$F = \frac{75}{(0.125)(17,500)(0.85)} = 0.04$$

De la gráfica

$$V = 565 \text{ pies}^3$$

$$F = 0.04$$

$$\longrightarrow D_{int} = 6 \text{ pies}$$

(Diámetro del recipiente)

Longitud del recipiente:

$$L = \frac{4 V}{\pi D^2}$$

donde:

V = Volumen del recipiente (pies³)

D = Diam. interior del recipiente
(pies)

$$L = \frac{(4)(565)}{\pi (6)^2} = 20 \text{ pies}$$

Características específicas del recipiente:

Longitud = 20 pies

Diámetro interior = 6 pies

Selección del tipo de cabeza:

Cabeza toriesferica

$$D < 15 \text{ pies}$$

$$P < 100 \text{ PSIG}$$

donde: D = Diámetro interior del tanque

P = Presión de diseño

Diseño de espesores por presión interna:

PLACA.

$$t = \frac{P R_{int}}{SE - 0.6 P} + C$$

t = Espesor del recipiente, pulg.
P = Presión de diseño (lb/pulg²)
R = Radio interno (pulg)
S = Esfuerzo del material (lb/pulg²)
E = Eficiencia de soldadura
0.6 = Factor de seguridad
C = Tolerancia a la corrosión

$$t = \frac{(75)(36)}{(17,500)(0.85) - 0.6 (75)} + 0.125 = 0.307 \text{ pulg}$$

$$t = 7/16 \text{ pulg} \quad (\text{espesor comercial})$$

TAPAS.

Tapa torisferica $t = \frac{P L M}{2SE - 0.2P} + C$

$M = (3 + (L/r)^{1/2})$
L = Radio interior
o de corona
 $L = 0.8122(D)$
r = Radio int.
de rodilla
 $r = 0.1584(D)$

$$L = 58.48 \text{ pulg.}$$

$$r = 11.40 \text{ pulg.}$$

$$M = 1.32$$

$$t = 0.32 \text{ pulg.}$$

$$t = 7/16 \text{ pulg.} \quad (\text{espesor comercial})$$

Dimensiones finales del recipiente:

$$\text{Perímetro del tanque} \quad C = \pi D = \pi (6) = 18.85 \text{ pies}$$

Redondear este valor al inmediato superior o inferior en base a la longitud comercial de algunas de las placas.

Por lo tanto, se pueden utilizar las siguientes combinaciones: 2 placas de 20 pies de longitud, 12 pies de ancho y 7/16 pulg. de espesor.

CARACTERÍSTICAS ESPECIFICAS FINALES DEL RECIPIENTE.

LONGITUD = 24 PIES (7.320 m)
DIÁMETRO INTERIOR = 6.37 PIES (1.55 m)
VOLUMEN TOTAL = 21.66 m³

Niveles de líquido.

Nivel máximo (HLL) = 5.10 pies

Nivel mínimo (LLL) = 0.5 pies

Nivel normal (NLL) = 3.26 pies

BOMBAS.

Ecuaciones:

Trabajo hidráulico: $w = (Z_2 - Z_1) g/g_c + h_f$

donde h_f = pérdidas por fricción = $\frac{f v^2 L_{TOT} / TP}{2 g_c D_{int}}$

f = factor de fricción
 v = velocidad (ft / seg)
 L = Long. total tramo recto. (ft)
 D = Diam. interior (ft)

Potencia hidráulica: $P_{hid} = (w)(Q_v)$ (densidad)

w = pies lb_r / lb_m

Q_v = pies³ / seg

Densidad = lb_m / pies³

P_{hid} = HP

Potencia al freno: $BHP = \frac{P_{hid}}{\text{eficiencia de bombeo}}$

Eficiencia de bombeo = 70%

Presión diferencial en la bomba:

$$P_S = \Delta P_{\text{real succ}} + P_1$$

$$P_D = \Delta P_{\text{real desc}} + P_2$$

$$\Delta P_{\text{BOMBA}} = P_D - P_S$$

Cabezal Neto de Succión Siempre Positivo:

$$NPSH_{\text{DISP}} = +/- S + (P_{\text{SIST}} - P_{\text{VAP}}) 2.31 / S_g - \Delta P_{\text{TOT SUCC}}$$

donde S = Elevación de la bomba (pies)

S_g = Peso específico

P_{SIST} = Presión del sistema (lb / pulg²)

P_{VAP} = Presión de vapor (lb / pulg²)

$$\Delta P_{\text{TOT SUCC}} = \Delta P_{\text{real succ}} \times 2.31 / S_g$$

GA - 1

DATOS

Fluido: Percloroetileno

Tubería = 2 pulg.

$D_{\text{int}} = 2.067$ pulg.

$Q_V = 60$ G.P.M.

$v = 5.37$ pies/seg.

$\Delta P_{100} = 4.38$ lb/pulg² (Caída de presión en 100 pies de tubería tramo recto)

$L = 37$ pies (Longitud total tramo recto)

Eficiencia de bombeo = 70 %

$\Delta Z = 29.5$ pies ($Z_2 = 26$ pies ; $Z_1 = -3.5$ pies)

Condiciones de succión:

$P_{\text{SIST}} = 14.7$ lb/pulg²

$P_{\text{VAP}} = 1.44 \times 10^{-6}$ lb/pulg²

$S_g = 1.63$

$S = -3.5$ pies

$L_{\text{TRAMO RECTO SUCC}} = 4$ pies \longrightarrow

$$\Delta P_{\text{real succ}} = 0.175 \text{ lb/pulg}^2$$

$L_{\text{TRAMO RECTO DESC}} = 33$ pies \longrightarrow

$$\Delta P_{\text{real desc}} = 1.445 \text{ lb/pulg}^2$$

$$Re = 1.064 \times 10^5$$

$$\varepsilon/D = 0.0009$$

$$f = 0.021$$

$$h_f = 2.299 \text{ ft lb}_f / \text{lb}_m$$

$$w = 31.799 \text{ ft lb}_f / \text{lb}_m$$

$$P_{\text{HIG}} = 0.779 \text{ HP}$$

$$\text{BHP} = 1.112 \text{ HP (Potencia al freno)}$$

$$\text{BHP} = 0.829 \text{ Kw}$$

$$\text{Presión diferencial en la bomba} = \Delta P_{\text{BOMBA}} = 1.270 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\text{Presión de succión} = P_S = 14.875 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\text{Presión de descarga} = P_D = 16.145 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\text{NPSH}_{\text{DISP}} = 17.083 \text{ pies}$$

GA -2

DATOS.

Fluido: Percloroetileno

Tubería = 2 pulg.

$D_{\text{int}} = 2.067$ pulg.

$Q_V = 60$ G.P.M.

$v = 5.37$ pies /seg.

$\Delta P_{100} = 4.38$ lb/pulg² (Caída de presión en 100 pies de tubería tramo recto)

$L = 61$ pies (Longitud total tramo recto)

Eficiencia de bombeo = 70 %

$\Delta Z = 32$ pies ($Z_2 = 32$ pies ; $Z = 0$ pies)

Condiciones de succión:

$P_{\text{SIST}} = 14.7$ lb/pulg²

$P_{\text{VAP}} = 1.44 \times 10^{-6}$ lb/pulg²

$S_G = 1.63$

$S = 1$ pie

$L_{\text{TRAMO RECTO SUCC}} = 7$ pies

$$\Delta P_{\text{Real succ}} = 0.306 \text{ lb/pulg}^2$$

$L_{\text{TRAMO RECTO DESC}} = 54$ pies

$$\Delta P_{\text{Real desc}} = 2.365 \text{ lb/pulg}^2$$

$$Re = 1.064 \times 10^5$$

$$w/D = 0.0009$$

$$f = 0.021$$

$$h_f = 3.791 \text{ ft lb./lb.}$$

$$w = 35\,791 \text{ ft lb./lb.}$$

$$P_{hid} = 0.877 \text{ HP}$$

$$\text{BHP} = 1.252 \text{ HP (Potencia al freno)}$$

$$\text{BHP} = 0.933 \text{ Kw}$$

$$\text{Presión diferencial en la bomba} = \Delta P_{BOMBA} = 2.059 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\text{Presión de succión} = P_S = 15.006 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\text{Presión de descarga} = P_D = 17.065 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\text{NPSH}_{DISP} = 21.398 \text{ pies}$$

GA - 3

DATOS

Fluido: agua.

$$w = 130,735.21 \text{ lb/h} = 0.582 \text{ pies}^3/\text{seg} = 261.219 \text{ G.P.M.}$$

$$\text{viscosidad} = \mu = 1.1 \text{ cP}$$

$$\text{Densidad} = 62.305 \text{ lb/pies}^3$$

Condiciones de succión:

$$P_{VAP} = 0.459 \text{ lb/pulg}^2$$

$$P_{SIST} = 14.7 \text{ lb/pulg}^2$$

$$S_G = 1$$

$$S = 1 \text{ pie}$$

$$\text{vel. recomendada} = 4-10 \text{ pies/seg} \longrightarrow \text{Diámetro} = 4 \text{ pulg.}$$

$$\text{vel. calculada} = 6.57 \text{ pies/seg.}$$

$$D_{int} = 4.026 \text{ pulg.}$$

$L_{TOTAL\ TRAMO\ RECTO} = 36\text{ pies}$

$L_{EQ\ TOT\ ACCESORIOS} = 2\text{ válvula globo}$

$$L_{EQ\ TOT\ ACC} = \sum(L/D)_{TOT\ ACC} D_{in} = 340 \times 2 (4.026/12) = 228.14\text{ pies}$$

$L_{EQ\ TOT} = L_{TOTAL\ TRAMO\ RECTO} + L_{EQ\ TOT\ ACCESORIOS}$

$$L_{EQ\ TOT} = 36\text{ pies} + 228.14\text{ pies} = 264.14\text{ pies}$$

$\Delta Z = 10\text{ pies}$ ($Z_1 = 10\text{ pies}$; $Z_2 = 0\text{ pies}$)

$$Re = 1.86 \times 10^5$$

$$c/D = 0.00044$$

$$f = 0.019$$

$$\Delta P_{100} = 1.64\text{ lb/pie}^2$$

$$L_{TRAMO\ RECTO\ SUCC} = 17\text{ pies}$$

$$\Delta P_{real\ succ} = 0.2788\text{ lb/pulg}^2$$

$$h_f = 10.026\text{ ft lb}_r/\text{lb}_m$$

$$W = 20.026\text{ ft lb}_r/\text{lb}_m$$

$$P_{hid} = 1.320\text{ HP}$$

BHP = 1.886 HP (Potencia al freno)

BHP = 1.408 Kw

DESCARGA:

$$L_{EQ\ TOTAL\ BOM\ -\ CC} = 122.07\text{ pies}$$

$$L_{EQ\ TOTAL\ CC\ -\ REACTOR} = 130.07\text{ pies}$$

$$\Delta P_{real\ bom\ -\ cc} = 2.0\text{ lb/pulg}^2$$

$$\Delta P_{real\ cc\ -\ reactor} = 2.13\text{ lb/pulg}^2$$

$$\Delta P_{cam\ calor} = 5\text{ lb/pulg}^2$$

$$\Delta P_{res.\ desc} = \Delta P_{real\ bom\ -\ cc} + \Delta P_{real\ cc\ -\ reactor} + \Delta P_{cam\ calor} = 9.13\text{ lb/pulg}^2$$

Presión diferencial en la bomba = $\Delta P_{BOMBA} = 8.85\text{ lb/pulg}^2$

Presión de succión = $P_s = 14.97\text{ lb/pulg}^2$

Presión de descarga = $P_D = 23.83\text{ lb/pulg}^2$

NPSH_{DISP} = 33.11 pies