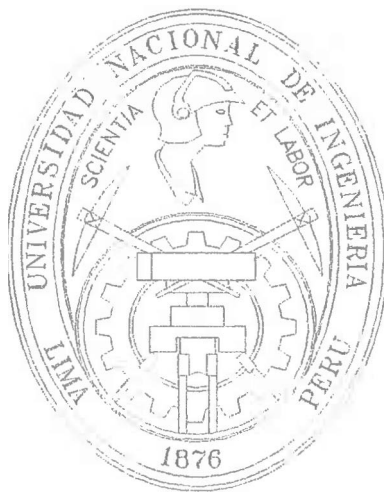


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y MANUFACTURERA



INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
QUÍMICA

"ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO EN
RESIDUOS DE CURTIEMBRES"

PRESENTADO POR:
YSABEL EMELINA APARICIO MANRIQUE
PROMOCIÓN 98-I

LIMA - PERÚ

2002

DEDICATORIA

A mis padres y hermano Jorge.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento más sincero al Ingeniero José Huapaya Barrientos por su ayuda en la preparación de este trabajo.

Gracias a Dios, por el amor que me da. Además, gracias especiales a mis padres, por su valioso apoyo; a mis profesores de la facultad por enseñarme todo lo aprendido; a mis amigos y a mi pareja Alejandro, por estar cerca de mí y animarme a seguir siempre adelante. Asimismo, gracias al señor Carlos Diez Gallo, gerente de la Corporación de Cuero y Calzado de la Sociedad Nacional de Industrias.

RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo principal evaluar las alternativas de tratamiento en residuos de curtiembres para pieles vacunas con curtido al cromo y que desechan sus efluentes al alcantarillado. Se busca incentivar a los responsables de las curtiembres a minimizar y/o tratar sus residuos, mejorando su competitividad y su desarrollo ambiental.

Una gestión ambiental adecuada de los procesos involucrados en la transformación de la materia prima, es una herramienta clave para la prevención de la contaminación de este tipo de industrias, que incluye la implementación de medidas orientadas a modificar el proceso de producción, proponiendo estrategias de reducción de uso de agua, segregación y/o reutilización de corrientes, recuperación de reactivos y otras medidas que permitan reducir el impacto ambiental generado por los residuos líquidos de las curtiembres, sin comprometer la calidad del producto final. Para ello resulta indispensable caracterizar cada etapa del proceso y los efluentes generados para luego proponer alternativas de tratamiento de dichos residuos.

El gobierno puede enfocar sus acciones en un número menor de curtiembres, donde la contaminación pueda ser controlada de una manera económica, a la vez que se mejora la producción. La contaminación es detrimento no sólo a la salud y al ambiente sino que además, representa producto perdido y una baja eficiencia y competitividad.

Dentro del proceso de producción, los curtidores deberán:

- Remover cada gramo de sólidos posible de los flujos residuales.
- Hacer una separación estricta de los residuos líquidos en 3 flujos diferentes.
- Re-usar y reciclar el cromo.
- Realizar cambios en forma incremental y aceptar el hecho de que no hay soluciones inmediatas.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	3
TABLA DE CONTENIDO	4
I. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Antecedentes	6
1.2 Objetivos del informe	7
1.3 Organización del informe	7
II. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LA INDUSTRIA DEL CUERO EN EL PERÚ	9
III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CURTIDO DEL CUERO	13
3.1 Pretratamiento y almacenamiento	13
3.2 Etapa de ribera	15
3.3 Etapa de curtido	15
3.4 Etapa de recurtido, teñido y engrase (RTE)	19
3.5 Etapa de acabado	21
IV. GENERACIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DEL CUERO	24
4.1 Etapa de ribera	25
4.2 Etapa de curtido	29
4.3 Etapa de recurtido, teñido y engrase	29
4.4 Etapa de acabado	30
V. PLANTEAMIENTOS PARA LA MINIMIZACIÓN Y VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR LA INDUSTRIA DEL CUERO	35
5.1 Prácticas de operación recomendables para minimización de residuos	35
5.2 Recuperación y aprovechamiento de subproductos	45

VI.	TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES DE LA INDUSTRIA DEL CUERO	48
6.1	Métodos generales de tratamiento empleados en los efluentes líquidos de curtiembres: Alternativa para micro y pequeñas empresas	48
6.2	Métodos específicos de tratamiento empleados en los residuos líquidos de las curtiembres	49
6.3	Opción de tratamiento para el caso peruano	54
VII.	MANEJO DE RESIDUOS EN LAS CURTIEMBRES	63
VIII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
8.1	Conclusiones	71
8.2	Recomendaciones	72
IX.	BIBLIOGRAFÍA	75
X.	APÉNDICES	78
A.	ESTÁNDARES DE DESCARGA DE EFLUENTES DE CURTIDURÍAS EN EL MUNDO	79
A.1.	Estándares recomendados por el Banco Mundial ...	79
A.2.	Límites máximos propuestos en Perú	80
A.3.	Estándares para efluentes de curtiembres en otros países	80
B.	PLAN DE MONITOREO DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS	82
B.1.	Selección de los parámetros	82
B.2.	Muestreo y mediciones	82
B.3.	Procesamiento de datos e informes	87
C.	GLOSARIO DE TÉRMINOS RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN Y LA INDUSTRIA DEL CUERO	88
C.1.	Generales	88
C.2.	Proceso de Fabricación	91

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La contaminación de los cursos de agua comúnmente es atribuída a la industria. Si bien esto es cierto, también lo es que las aguas servidas domiciliarias son vertidas a los cuerpos de agua sin un tratamiento previo, lo cual agrava la situación. (1)

Los efluentes líquidos, en su mayoría, contienen residuos de las materias primas empleadas en los procesos productivos y no aprovechadas adecuadamente. Un caso típico y muy tradicional es el de las curtiembres; por otro lado, se han realizado estudios donde se demuestra que se puede aminorar este problema introduciendo mejoras a los procesos productivos.

Las operaciones de curtiembres convierten las pieles de los animales en cueros acabados. Se emplean una serie de pasos que se inician con la remoción de la carne y grasa de las pieles crudas y concluyen con tratamientos químicos para estabilizar el cuero.

A pesar de la gran tecnología presente en el mundo, las condiciones que hicieron colocar a las curtiembres en esa indeseable posición todavía existen parcialmente y han dado motivo al cierre de muchas de ellas, las cuales por su localización urbana resultan ser las más perjudicadas. (2)

A las curtiembres que subsisten y a las que surjan, les corresponde enfrentar y remediar ese problema, buscando mejorar la imagen que de ellas se tiene. Este sector requiere de urgente atención para minimizar la generación y el impacto de sus desechos.

La cantidad de agua consumida por unidad de producción es uno de los aspectos importantes. También se requiere conocer la calidad de los efluentes. Otro factor, es que generalmente las curtiembres producen olores desagradables que afectan a la comunidad, que se ubican en plena

zona urbana, y sus residuos líquidos son descargados, mayoritariamente, a la red de alcantarillado público, produciendo obstrucciones, corrosión o incrustaciones.

1.2 Objetivos del informe

El objetivo de este informe es presentar el estudio de alternativas de tratamiento de residuos líquidos y sólidos en una curtiembre de pieles vacunas con curtido al cromo, en Lima, que desecha sus efluentes a la red de alcantarillado. O sea, buscaremos mejoras de procesos que sean simples de implementar, que puedan reducir costos y ayudar a las curtiembres a operar de manera más limpia. Este estudio se llevó a cabo para:

- a) Evaluar la recuperación de los efluentes de los procesos de pelambre y curtido en una curtiembre.
- b) Proporcionar pautas a los dueños y operadores de curtiembres sobre cómo minimizar la generación de residuos en la industria curtidora, mediante un manejo seguro de residuos.
- c) Plantear algunas alternativas de tratamiento que permitan reducir la generación de residuos.
- d) Minimizar los costos por disposición, responsabilidad legal, manejo y costos de insumos químicos.

1.3 Organización del Informe

El informe consta de 9 capítulos: En el capítulo II se presenta un diagnóstico de la situación actual de la industria del cuero en el Perú. En el capítulo III describiremos brevemente el proceso de curtido del cuero “al cromo”. En el capítulo IV se reseña la generación de residuos en la industria del cuero, o sea, qué problemas se presentan en el proceso, adjuntando para ello el diagrama de proceso del curtido. En el capítulo V se plantean diversos métodos, tanto de minimización como de valorización

de los residuos generados. Las alternativas de tratamiento de los efluentes de la industria del cuero se detallan en el capítulo VI, diferenciándose dos tipos, sean éstas típicas o específicas. Posteriormente, en el capítulo VII hablaremos sobre el manejo de los residuos de las curtiembres. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de este estudio en el capítulo VIII.

II. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LA INDUSTRIA DEL CUERO EN EL PERÚ

A nivel nacional, a Septiembre del 2000, las empresas registradas formalmente suman 438, de las cuales: el 30,1% se concentra en Lima, el 29,5% en Arequipa, el 24,2% en La Libertad, el 3,2% en Cusco, el 2,7% en Junín y el 10,3% en el resto del país. (3)

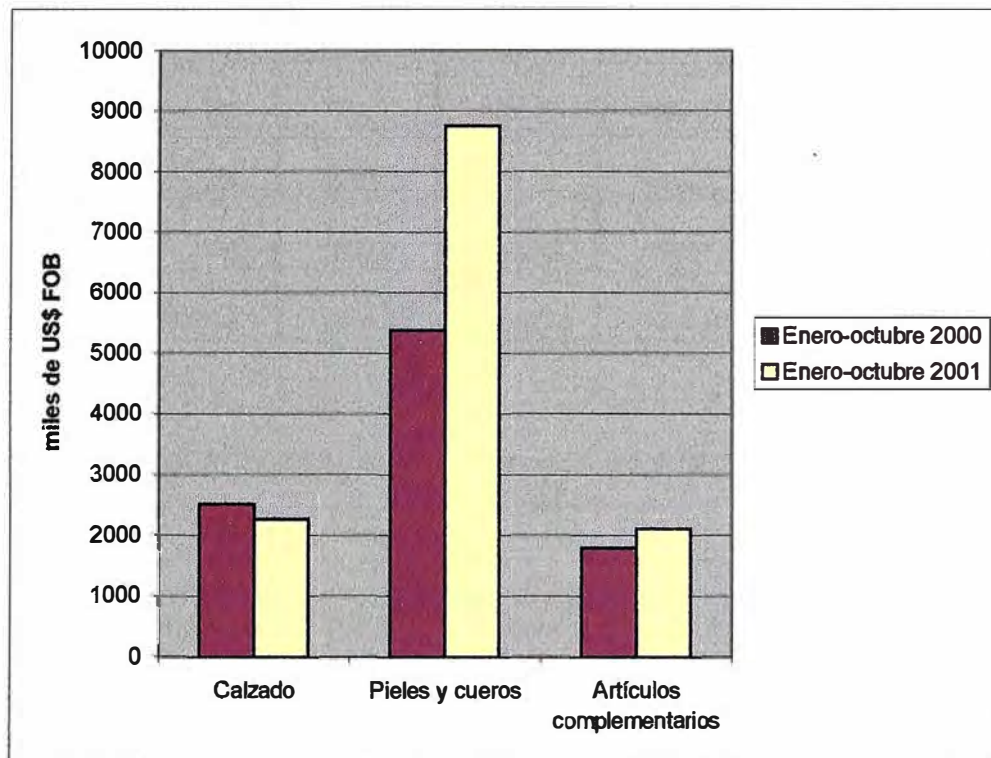
Este subsector procesa en mayor volumen pieles vacunas. La producción de pieles caprinas y ovinas es inferior. La mayor parte de lo producido se destina al mercado interno, siendo vendidos al mercado externo las pieles de carnero, cabra y sajino. Una proporción considerable de la producción se destina a la industria del calzado, la que actualmente sufre una recesión debido a las desmedidas importaciones asiáticas.

Haciendo una evaluación según subsectores (Cuadro y Figura 2.1), observamos que el subsector de mayor crecimiento es Pieles y Cueros (62,64%), seguido de artículos complementarios (17,08%), sin embargo las exportaciones de calzado muestran una tendencia negativa (-10%). Esto es ocasionado por la caída que en el mes de octubre del 2001 se tuvo en el mercado norteamericano de 91% ocasionado por los sucesos de Nueva York. (4)

SECTOR	Enero-octubre 2000	Enero-octubre 2001	% Variación
Calzado	2522,53	2267,85	-10,09
Pieles y cueros	5380,15	8750,2	62,64
Artículos complementarios	1800,38	2107,92	17,08

Fuente: Boletín N° 10-2001 del Sector Cuero, Calzado y Complementarios- PROMPEX

Cuadro 2.1: Evaluación según subsectores (en miles de US\$)



Fuente: PROMPEX

Figura 2.1: Exportaciones del sector cuero, calzado y complementarios (Enero- Octubre)

La SNI¹ ha señalado que el Perú es deficitario en pieles vacunas, por lo que si nuestra situación económica fuera normal se requeriría importar una gran cantidad de pieles. Además, la industria nacional no puede competir con los productos importados porque el arancel que se paga por los insumos en otros países de la región oscila entre 0 y 5%, mientras que en Perú se paga el 15% de arancel. (3)

Las curtiembres se sustentan en la producción de cueros diversos, cuyo volumen promedio anual alcanzó entre los años 1995 y 1999 a 11 millones de pies cuadrados, ocupando el segundo lugar la producción de suela quebracho con 669 TM anuales en el mismo período. (Cuadro 2.2)

¹ SNI: Sociedad Nacional de Industrias

PRODUCTO	U.M.	1995	1996	1997	1998	1999
Suelá quebracho	TM	759,19	850,45	702,12	561,20	473,00
Camaza de quebracho	TM	439,13	373,70	194,06	112,98	119,00
Grupón de suela	TM	180,92	140,72	69,22	-	-
Cueros diversos	Miles.pie ²	13234,85	11739,58	11227,89	10014,20	8882,00

Fuente: OGIER

Cuadro 2.2: Volumen de producción de principales productos de curtiembres

Actualmente en el Perú, la creciente tendencia hacia el informalismo en las curtiembres ha resultado en menos ingresos económicos para el gobierno, menos protección y seguridad para el trabajador, y una mayor, ampliamente dispersa, contaminación con serias consecuencias ambientales y para la salud pública. Muchas curtiembres formales han cerrado. Frecuentemente, los operadores y empleados de una curtiembre formal que cierra han reaparecido como curtiembres informales. Muchas de estas curtiembres informales están subcapitalizadas, gozando de una ventaja competitiva significativa con relación a los curtidores formales quienes cumplen con las leyes y regulaciones.

El crecimiento de la población ha expandido las ciudades. Las curtiembres formales, que alguna vez estuvieron lejos de las zonas residenciales, ahora se encuentran rodeadas de casas. Los residentes están indignados por el agua sin tratar y los desechos sólidos que generan las curtiembres vecinas y los malos olores. Muchos curtidores informales operan dentro de sus propias casas, rodeados de sus vecinos que sufren las consecuencias.

Las pieles de vaca son relativamente baratas en comparación con el precio en los Estados Unidos (S/ 90 vs. S/ 200). Pero las pieles disponibles en el Perú son de calidad más baja que las disponibles en los Estados Unidos. La oferta anual de ganado vacuno en el Perú para beneficio actualmente es de aproximadamente

700 000. En la mayoría de casos, las curtiembres deben comprar cueros pobremente preservados y desollados. En las áreas remotas, los carniceros sin capacitación debida, utilizan pedazos de vidrio o las tapas de latas de metal en lugar de cuchillos para desollar y quitar la piel del ganado. Si no se cuenta con un cuchillo apropiado, en manos de un carnicero adecuadamente capacitado, para desollar, las pérdidas a lo largo del resto del proceso son considerables. (5)

La baja calidad de las pieles hace peligrar las esperanzas del curtidor de cumplir con los estándares exigentes de los mercados de exportación. Los curtidores pierden el valor agregado de la parte carnosa del cuero.

El proceso de curtido para obtener wet blue usa muy poca mano de obra. Las pequeñas y micro empresas de curtiembres pueden obviar los pasos altamente contaminantes en la producción (pelambre y curtido al cromo) y seguir generando empleos para las etapas con intensiva mano de obra como son las de recurtido, teñido, engrasado y acabado del proceso.

Dentro de la problemática del sector curtiembre, se tienen factores internos y externos:

Factores internos:

El subsector está conformado básicamente por pequeñas y microempresas (PYMES) con una alta tasa de informalidad.

Obsoleta tecnología.

Ubicación de la planta en zonas urbanas.

Falta de capacitación (principalmente en las PYMES), tanto en materia ambiental como en gestión empresarial.

Baja calidad del producto.

Déficit en el abastecimiento de pieles.

Factores externos:

Importación formal e informal de cueros más baratos.

Baja calidad de cueros, lo que no permite cumplir con los estándares internacionales de exportación.

III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CURTIDO DEL CUERO

A continuación se describe cada operación de las etapas involucradas en la curtición del cuero (Figura 3.1): “pretratamiento y almacenamiento” y “ribera”. El “curtido al cromo” es utilizado por casi todas las empresas. Asimismo, se describen por separado las etapas de: “reurtido, teñido y engrase” (RTE) y “acabado”. (6)

3.1 Etapa de Pretratamiento y Almacenamiento

El procesamiento del cuero puede empezar poco después del sacrificio del animal, pero en muchos casos, se almacenan las pieles durante un tiempo prolongado. Cuando ellas son almacenadas, deben recibir un tratamiento para impedir el desarrollo de microorganismos y putrefacción de las mismas.

3.1.1 Pieles saladas.- La preservación se realiza inicialmente por inmersión en salmuera. Las pieles se apilan, intercalándolas con una capa de sal. En estas condiciones se pueden guardar por meses previos al proceso de curtido, ya que saladas presentan una fuerte resistencia a los microorganismos. Por otro lado, salar le permite a la empresa tener un stock que no es afectado por problemas de escasez o por ciclo de estación.

3.1.2 Pieles verdes.- Cuando el tiempo entre el sacrificio del animal y el procesamiento de la piel es corto, la curtición se puede iniciar sin ningún pretratamiento. En este caso, las pieles se denominan "pieles verdes".

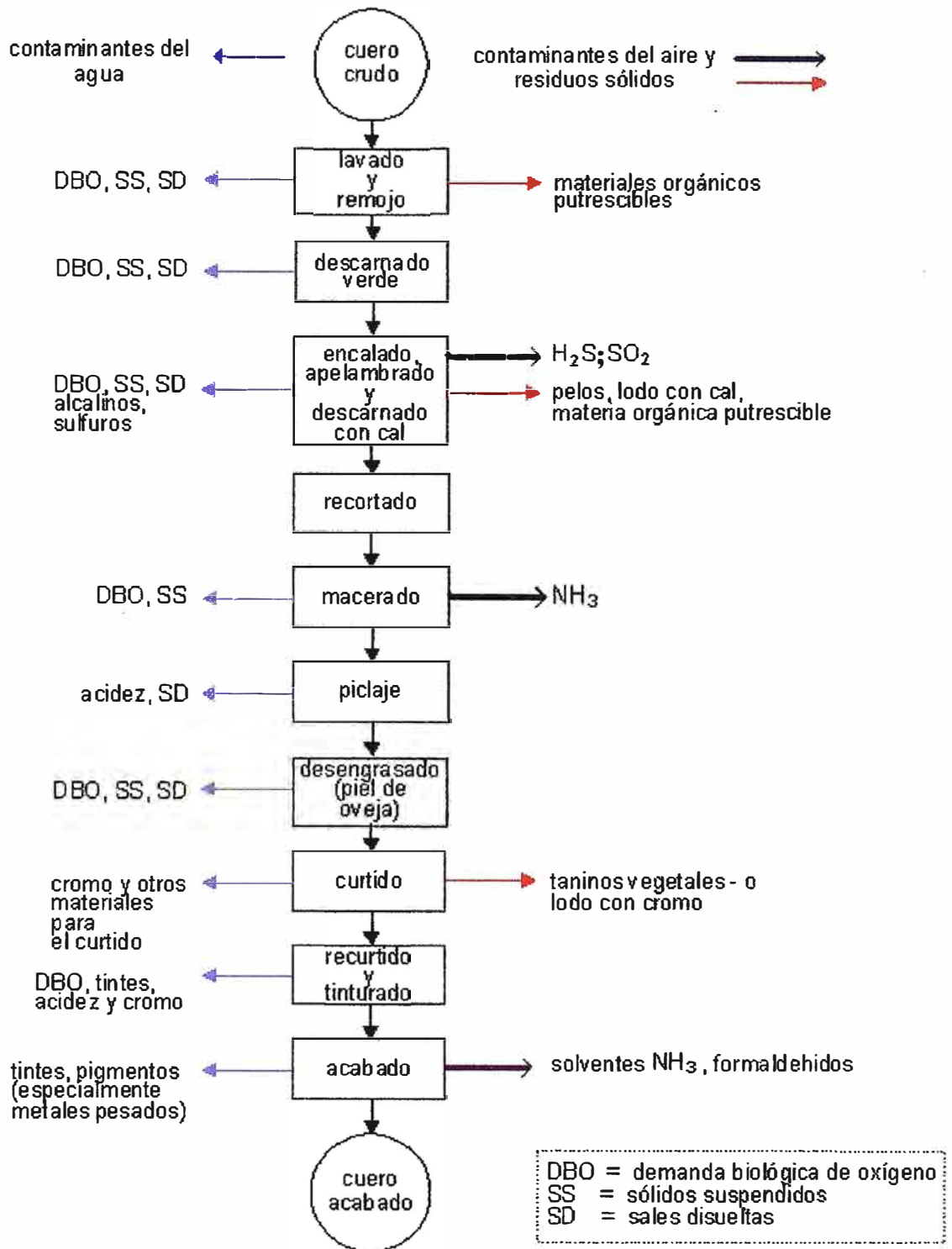


Figura 3.1: Esquema del proceso de curtido al cromo

3.2 Etapa de Ribera

Su objetivo es limpiar y preparar la piel para facilitar la etapa de curtido. La piel se hidrata, se le quita el pelo y la endodermis (formada por proteínas y grasa), se aumenta el espacio interfibrilar y se eliminan las impurezas presentes. Las operaciones se describen en los cuadros 3.1 y 3.2. El fulón utilizado en el remojo se puede observar en la figura 3.2.

3.3 Etapa de Curtido

Su objetivo es evitar que las proteínas de la piel se pudran. El primer paso lo constituye el acondicionado que se conoce como “pickle” o piquelado. Esta operación es un complemento del desencalado, además de detener las reacciones enzimáticas que se llevan a cabo durante el “rendido” y prepara la piel para el curtido. La cal que se elimina al pH de la solución del “desencalado” y “rendido” (aproximadamente 8,3), es la que no ha reaccionado y se encuentra alojada en los espacios interfibrilares, sin afectar al calcio unido al colágeno. Durante el “pickle” se adicionan ácidos orgánicos e inorgánicos (generalmente sulfúrico), que disminuyen el pH hasta un valor entre 1,8 y 3,5, dependiendo del tipo de artículo de cuero que se quiere fabricar, lo que libera el calcio que se combinó con el colágeno.

Una vez piquelada la piel se adicionan sustancias orgánicas (sintéticas o naturales); o inorgánicas (minerales) para que reaccionen con las proteínas de la piel.



Figura 3.2: Botal o fulón empleado en las operaciones húmedas.

Piel verde, salada, en sangre o seca



Operación		Descripción y observaciones
1.1 Recepción	rutinaria	Operación de descarga y almacenaje temporal. Los camiones son descargados estibando las pieles para posteriormente ser cargadas en los tambores. En algunas curtiembres las pieles se parten por la mitad. Cuando la piel llega en sangre debe ser procesada de inmediato.
1.2 Preremojo	opcional	Operación de hidratación y limpieza de la piel, para eliminar vestigios de estiércol, sangre, productos empleados en la conservación, etc. La piel en sangre solamente requiere un lavado. En caso de piel de cerdo se realiza un desengrasado. La piel que se recibe mal conservada o seca se remoja con agua que contiene bactericidas y tensoactivos para reducir la velocidad de descomposición bacteriana. En la solución salina se disuelven parcialmente proteínas.
1.3 Remojo	rutinaria	
1.4 Descame en pelo	opcional	Operación mecánica para separar la endodermis, básicamente constituida por proteínas y grasa, de la piel con pelo.
1.5 Pelambre (encalado y depilado)	rutinaria	Ataque químico para eliminar el pelo y la epidermis, aumentar la separación entre fibras de colágeno con la piel, destruir proteínas no estructurales así como nervios, vasos sanguíneos, etc. Si se realiza el "inmunizado" se desprende el pelo, ya que el ataque es selectivo para el folículo piloso y se puede recircular el agua.
1.6 Lavado	rutinaria	



Piel en tripa

Cuadro 3.1: Etapa de RIBERA (hasta producción de piel en tripa)

Piel en tripa



Operación		Descripción y observaciones
1.7 Descame en cal (en piel en tripa)	opcional	Operación mecánica o manual, mediante la cual se retira de la piel la endodermis, formada por tejido proteico y grasa.
1.8 Dividido en cal	opcional	Separación de la capa "flor" (tejido papilar) de la camaza, mediante una cuchilla sinfin.
1.9 Reencalado	opcional	Adición de cal para lograr mayor apertura interfibrilar para dar a la piel una mayor suavidad.
1.10 Lavado	opcional	Lavado con agua para eliminar los residuos de la cal y otras impurezas.
1.11 Desencalado	rutinaria	Eliminación de la cal y productos alcalinos del interior de la piel utilizando ácidos orgánicos e inorgánicos, sales de amonio y bisulfito de sodio.
1.12 Rendido o "purga enzimática"	rutinaria	Eliminación con enzimas proteolíticas (como la tripsina) de las impurezas y sustancias que no son parte del material que se curte (colágeno), da una mayor flexibilidad al cuero y limpia los poros de la piel.
1.13 Lavado	rutinaria	Lavado con o sin tensoactivos para frenar la acción de las enzimas y eliminar residuos de cal, grasa, sales y otras impurezas.



Piel en tripa limpia



Curtido al cromo

Curtido vegetal

Cuadro 3.2: Etapa de RIBERA (limpieza de piel en tripa)

Los curtientes orgánicos más usados son: acacia, mimosa, quebracho, castaño y cascalote, los que contienen compuestos orgánicos aromáticos conocidos como taninos. Los curtientes inorgánicos son sales que liberan metales solubles que se hidrolizan y se mantienen en solución. Cuando estos se introducen en la piel, reaccionan con las proteínas formando compuestos de coordinación muy estables y la temperatura de contracción de la piel aumenta. El metal más utilizado es el cromo; también se usan aluminio y hierro, aunque en forma limitada ya que sus propiedades curtientes son más débiles. El proceso se realiza en menos de 24 horas en botaes, que son cilindros de madera rotatorios, equipados con estacas que levantan y dejan caer las pieles a medida que giran. En ocasiones se llevan a cabo el curtido con cromo y vegetal en forma combinada, con el objeto de impartir al producto características específicas.

En el cuadro 3.3 se describe cada paso del curtido con cromo.

3.4 Etapa de Recurtido, Teñido y Engrase: “RTE”

El recurtido imparte suavidad, elasticidad, llenura y cuerpo al cuero, mediante el empleo de curtientes que pueden ser de origen inorgánico, generalmente sales de cromo y aluminio, o de origen orgánico. Como en la etapa anterior, la principal diferencia entre el recurtido mineral y el vegetal, la constituye el tipo de curtiente utilizado. En el cuadro 3.4 se describe el recurtido, indicando si se realizan en forma rutinaria u opcional.

Piel en tripa limpia



Operación		Descripción y observaciones	
2.1 Pickle o acondicionado	rutinaria	Operación en la que se adicionan ácidos y sales que interrumpen las reacciones enzimáticas del rendido, eliminan la cal combinada con el colágeno y preparan al cuero para el curtido y/o para grandes períodos de almacenaje. El pH final varía entre 1,8 y 3,5 dependiendo del tipo de cuero que se fabrica.	
2.2 Curtido	rutinaria	Se adiciona a la solución ácida (pickle), sulfato básico de cromo u otra sal curtiente. Esta sal se hidroliza manteniendo cromo trivalente en solución para que penetre en la piel y reaccione con los componentes orgánicos, formando complejos bioinorgánicos.	
2.3 Fijación o basificado	rutinaria	Adición de sales alcalinas que aumentan el pH de la solución y facilitan la reacción del cromo trivalente con los ligantes orgánicos.	
2.4 Lavado y embancado	opcional	W E T B L U E	* Quitar sales. * El cuero apilado se deja en reposo para que siga reaccionando.
2.5 Ecurrido	opcional		* Operación mecánica de exprimido.
2.6 Dividido "en azul"	opcional		* Operación mecánica para separar la flor de la camaza.
2.7 Raspado	opcional		* Operación mecánica que iguala el espesor del cuero.



Cuero curtido azul

Cuadro 3.3: Etapa de CURTIDO "al cromo"

El teñido es un proceso químico que imparte color al cuero y se lleva a cabo en el botal o fulón. El teñido puede dar color solamente a nivel superficial o al pasar a través del espesor de todo el cuero. Se utilizan colorantes aniónicos directos y básicos sin necesidad de adicionar previamente mordientes.

El engrase en el que se utilizan aceites de origen natural o sintético, lubrica las fibras e imparte al cuero propiedades físicas que le aportan características como: elasticidad, suavidad o dureza, hidrofobicidad, textura, elongación, conductividad térmica, peso específico, etc. El escurrido y estirado son operaciones mecánicas para extraer el excedente de agua interfibrilar que se acumuló durante las operaciones anteriores, así como estirar y alisar los cueros utilizando una máquina que funciona con una cuchilla helicoidal. Finalmente, la última operación de esta etapa es el secado, para evaporar el agua que contiene el cuero hasta alcanzar valores de humedad entre 14 y 16%. El cuero recurtido se conoce como “cuero en crust”.

3.5 Etapa de Acabado

Comprende operaciones mecánicas que se realizan para impartir las características específicas que el mercado impone a cada tipo de producto, como puede ser el grabado, laqueado, etc. (Cuadro 3.5)

Las vaquetas acabadas con el curtido al cromo reciben otro tipo de acabado diferente al de la suela. Después del curtido tienen que descansar en húmedo por algunas horas o hasta el día siguiente para fijar el cromo en el tejido del cuero. Luego hay que escurrir y como puede haberse formado arrugas, se les pasa por una máquina de estirar. Estas operaciones son llevadas a cabo por vía seca o húmeda, que confiere al cuero el aspecto y las propiedades requeridos según su uso final.

Piel curtida al cromo



Operación		Descripción y observaciones
3.1 Desengrase y lavado	opcional	Lavado de impurezas de sustancias hidrofóbicas y/o hidrofílicas.
3.2 Recurtido catiónico	rutinaria	Se acidifica, se adiciona la sal de cromo, imparte elasticidad y suavidad y lo prepara para las próximas operaciones.
3.3 Neutralizado	rutinaria	Se aumenta el pH para eliminar la acidez del cuero.
3.4 Lavado	opcional	Se quitan las impurezas.
3.5 Recurtido vegetal y/o sintético	opcional	Operación opcional en la cual se adicionan taninos o curtientes sintéticos como acrílicos, vegetales, etc.
3.6 Teñido	opcional	Imparte color al cuero ya sea superficial o totalmente (en el interior).
3.7 Engrasado	rutinaria	Lubrica fibras con aceites.
3.8 Escurrido y desvenado	opcional	Escurre y estira la piel mediante rodillos, para eliminar arrugas de la piel por el lado de la flor.



Cuero en crust

Cuadro 3.4. Etapa de RECURTIDO “al cromo”, TEÑIDO Y ENGRASE (RTE)

Cuero en crust



Operación	"flor corregida"	Descripción y observaciones	"flor entera"
4.1 Secado en pinzas, por vacío, celdas o clavado	rutinaria	Elimina humedad al cuero	rutinaria
4.2 Desorillado en crust	rutinaria	Se eliminan las orillas y las partes indeseables: "recorte en crust"	rutinaria
4.3 Acondicionado	opcional	Humecta el cuero preparándolo para aflojar, impartir suavidad al cuero mecánicamente.	opcional
4.4 Aflojado	rutinaria		
4.5 Pulido o esmerilado	rutinaria	Se eliminan imperfecciones de la superficie de la piel, utilizando rodillos recubiertos de lija y caucho.	no se efectúa
4.6 Sacudido	rutinaria	Se elimina el polvo del pulido.	no se efectúa
4.7 Impregnación	opcional	Se aplican uniformemente resinas y penetrantes.	opcional
4.8 Secado por colgado	rutinaria	Los cueros son colgados en ganchos y varas.	opcional
4.9 Afinado (pulido)	opcional	Lijado de los cueros.	opcional
4.10 Sacudido	opcional	Desprendimiento del polvo del afinado.	opcional
4.11 Pigmentado	opcional	Pintado de la superficie por diferentes métodos.	opcional
4.12 Planchado y grabado	rutinaria	Se prensa el cuero en una placa caliente que puede ser lisa o tener figuras.	opcional
4.13 Laqueado	rutinaria	Se aplica laca para lograr un terminado de calidad que protege al acabado.	opcional
4.14 Medido	rutinaria	Determinación del área del cuero.	rutinaria
4.15 Almacenado	rutinaria	Depósito de cuero terminado para su protección, uso o comercialización.	rutinaria



cuero con "flor corregida"



cuero con "flor entera"

Cuadro 3.5. Etapa de ACABADO

IV. GENERACIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DEL CUERO

Las operaciones y procesos de las curtiembres generan residuos líquidos y sólidos que se distinguen por su elevada carga orgánica y presencia de agentes químicos que pueden tener efectos tóxicos, como es el caso del sulfuro y el cromo. Los procesos de pelambre y curtido al cromo constituyen las dos áreas de mayor preocupación: alto nivel de DQO², alto DBO₅³, alto contenido de sólidos y cromo en solución.

Los componentes indeseables más importante presentes en los residuos industriales de curtiembres son: (7)

- *Sólidos sedimentables.*- Si se descargan a la red de alcantarillado, al sedimentar reducen la capacidad de conducción de los ductos.
- *Temperatura.*- Al aumentar, disminuye la concentración de saturación de oxígeno del cuerpo receptor, pudiendo impedir la vida acuática. Además, acelera la acción bacteriana, con lo cual se corre el riesgo de llegar a condiciones anaeróbicas. Acelera las reacciones químicas, que en el alcantarillado pueden producir corrosión del fierro y concreto.
- *Aceites y grasas.*- Un cuerpo de agua que presenta aceites y grasas puede verse imposibilitado de reoxigenación, dado que éstas se sitúan en la superficie.
- *pH.*- Se produce corrosión de ductos al tener líquidos ácidos.
- *Materia orgánica.*- Valores altos de DBO₅ indican la presencia de gran cantidad de materia orgánica. Al existir esta materia orgánica en el agua, se produce una disminución del oxígeno disuelto ya que éste es consumido en la degradación.
- *Cromo.*- Es tóxico para los organismos acuáticos. A los microorganismos los inactiva, disminuyendo su crecimiento.

² DQO: Demanda Química de Oxígeno

³ DBO₅: Demanda Biológica de Oxígeno (5 días)

En el Perú, los residuos líquidos provenientes de los efluentes de los diferentes procesos de producción del cuero, son desechados a la red de alcantarillado después de la sedimentación, normalmente realizada en pozos construidos sin ningún dimensionamiento. Los desagües de las curtiembres ubicadas en la zona industrial del Cercado de Lima son recolectados por los alcantarillados y descargados directamente a orillas del mar y sin ningún otro tratamiento. En el Cuadro 4.1 se aprecia una evaluación rápida de las fuentes de contaminación de las industrias de curtido de cuero en la zona industrial de Lima, tomado de un Estudio de Minimización de desechos de curtiembres del año 1992 (8). Como se puede apreciar, hace 10 años ya se sabía de la gran carga contaminante de las curtiembres. Actualmente la situación no ha mejorado.

Las etapas y operaciones de mayor importancia por la generación de residuos son:

4.1 Etapa de ribera (9)

Las operaciones comunes a la mayoría de las pieles, independientemente del proceso de curtido posterior o al tipo de producto son: reverdecimiento o remojo, calado y pelambre, descarte y división (Cuando se producen vaquetas).

La mayor cantidad de los efluentes líquidos generados en curtiembres proviene de los procesos de ribera (remojo, pelambre, descarte y división), ya que aquí se presenta el mayor consumo de agua. El resto proviene del curtido, lavado final y de la limpieza de la planta. En la ribera, los efluentes líquidos presentan altos valores de pH, considerable contenido de cal y sulfatos libres, así como sulfuros y una elevada DBO₅, debido a la presencia de materia orgánica y grasas animales provenientes de los sólidos suspendidos generados durante este proceso. (Figura 4.1)

- 4.1.1 Recorte en recepción.- Cuando la piel animal llega a la curtiembre, se procede al recorte de partes correspondientes al cuello, la cola y las extremidades. Los restos de piel que se desechan contienen carnazas, grasas, sangre y excrementos que aportan carga orgánica a los residuos de curtiembres.
- 4.1.2 Remojo.- Se lleva a cabo en tambores rotatorios o en botales donde se generan los efluentes líquidos que contienen sal, sangre, tierra, heces, sebo y grasas que aumentan la DBO₅. La operación dura de 6 a 24 horas, los efluentes se desechan de manera intermitente.
- 4.1.3 Pelambre.- Las aguas residuales de esta operación son las más concentradas de todas las generadas en el proceso de la fabricación del cuero y representan un 70% a 80% de toda la contaminación de la carga originada en los efluentes principalmente como DQO, sólidos suspendidos y sulfuros. Presentan valores elevados de pH (superiores a 11) y restos de sebo, carnaza, pelo, sulfuros y proteínas solubles. El sulfuro de sodio, en medio alcalino, no libera ácido sulfhídrico. Sin embargo, a pH bajo (efluente ácido) hay fuerte desprendimiento de ácido sulfhídrico con el olor característico y un gran poder de corrosión. Con un pH por debajo de 8,0 se inicia el desprendimiento de ácido sulfhídrico en suficiente cantidad que causa incomodidad por su fuerte olor a huevos podridos. Es importante mantener el pH por encima de 8 para que esto no suceda. Una forma alternativa de lograr esto consiste en diluir el caldo con otros efluentes para bajar su concentración.

Esta etapa del proceso aporta la totalidad de los sulfuros residuales, el 45% de los residuos sólidos sin cromo, el 35% del nitrógeno total y representa el 50% del volumen del efluente.

Curtiembre	Producción (Tn piel / año * 10⁻³)	pH	Volumen de desecho (m³/día)	DBO₅ (Tn/año)	DQO (Tn/año)	S.S* (Tn/año)	Cromo (Tn/año)	Sulfuro (Tn/año)
La Colonial	7.30	8.5	321.0	649.70	1883.40	1007.40	25.55	51.10
La Unión	4.01	9.5	128.0	356.89	1034.58	553.38	14.04	58.07
Cocodrilo	5.01	9.2	162.0	445.89	1292.58	691.38	17.54	35.07
Tres Bocas	2.40	12.2	40.0	213.60	619.20	331.20	8.40	16.80
Perla del Pacífico	6.60	6.0	64.0	587.40	1702.80	910.80	23.10	46.20
Vermi	2.50	10.5	90.6	222.50	645.00	345.00	8.75	17.50
El Diamante	4.60	10.8	140.0	409.40	1186.80	634.80	16.10	32.20
El Aguila	5.60	11.0	150.0	498.40	1444.80	792.80	19.60	39.20
Export. Peruana	1.70	10.5	45.0	151.30	438.60	234.60	5.95	11.90
Rímac de Mauricel	4.98	9.8	60.0	443.22	1284.84	687.74	17.43	34.86
PROMEDIO	4.11	9.7	148.42	366.19	1061.55	567.81	4.40	28.80

* S.S: Sólidos suspendidos

Fuente: Perales, W. UNI.1992

Cuadro 4.1: Evaluación rápida de las fuentes de contaminación de las industrias de curtido de cuero en la zona industrial de Lima.

- 4.1.4 Descarne.- Los efluentes líquidos resultantes del descarne presentan concentraciones altas de sólidos en suspensión y pH ácido, debiendo ser tamizados para incorporarse al efluente del pelambre. Los sebos y piltrafas resultantes son utilizados por los fabricantes de cola después de un lavado de la cal ya que contienen colágeno y grasas.
- 4.1.5 Dividida.- Se puede hacer en la ribera, después del pelambre o después del curtido con el cuero en "wet-blue". Consiste en dividir en dos capas la piel hinchada y depilada separando la flor, que es la parte de la piel que está en contacto con la carne. Aquí, además de partir el cuero en dos capas, también se generan piltrafas además de los recortes de la parte inferior o carnaza.
- Si esto se da en la etapa del pelambre, el subproducto que son piltrafas y retazos pueden ser entregados a las fábricas de cola o gelatina. Si ya los cueros están curtidos y contienen sales de cromo, entonces se procesan con las piltrafas de la máquina rebajadora.
- 4.1.6 Desencalado.- El desencalado es la preparación de las pieles para la curtición, mediante lavados con agua limpia, tratando de reducir la alcalinidad y removiendo los residuos de cal y sulfuro de sodio. Se utilizan aguas que contienen sulfato de amonio, bisulfito de sodio, peróxido de hidrógeno y ácidos (sulfúrico o clorhídrico). Esta operación se lleva a cabo en tambores rotatorios, lo que genera parte del efluente con cargas de cal y sulfuro de sodio que deberán ser procesados en el efluente posteriormente.
- 4.1.7 Purga.- Se emplean enzimas proteolíticas (tripsina) y cloruro de amonio. Sus efluentes contienen estos productos y tienen pH neutro.

4.2 Etapa de curtido (3, 9)

Comprende las operaciones y procesos que preparan la piel para ser curtida y transformada en cuero, generando un efluente con pH bajo al final de la etapa. El consumo de agua no es tan alto como en la etapa de ribera y su efluente tiene pH neutro. Los procesos que consumen el menor volumen de agua son: el piquelado y el curtido wet-blue. (Figura 4.2)

- 4.2.1 Piquelado.- Esta operación no se lleva a cabo en el curtido vegetal. Por su contenido ácido puede ser utilizado con fines de neutralización en un efluente alcalino. Los ácidos más utilizados son el sulfúrico y el fórmico. El efluente presenta alta salinidad.
- 4.2.2 Curtido.- Existen tres tipos de curtido, según el curtiente empleado: curtido vegetal (taninos), curtido mineral (sales minerales) y curtido sintético (curtientes sintéticos). En el curtido mineral típicamente se usan sales de cromo trivalente (por ejemplo, óxido crómico Cr_2O_3), con una concentración que varía de 1,5% a 8% de Cr_2O_3 . Bajo ningún concepto, si se utiliza cromo como agente curtiente, se recomienda el cromo hexavalente: solo se utiliza el trivalente (Cr_2O_3) porque el empleo de sales de cromo hexavalente conduce a la generación de residuos sólidos de carácter peligroso.
- 4.2.3 Escurrido.- Esta operación mecánica quita gran parte de la humedad del "wet blue". El volumen de este efluente no es importante, pero tiene un potencial contaminante debido al contenido de cromo y bajo pH.

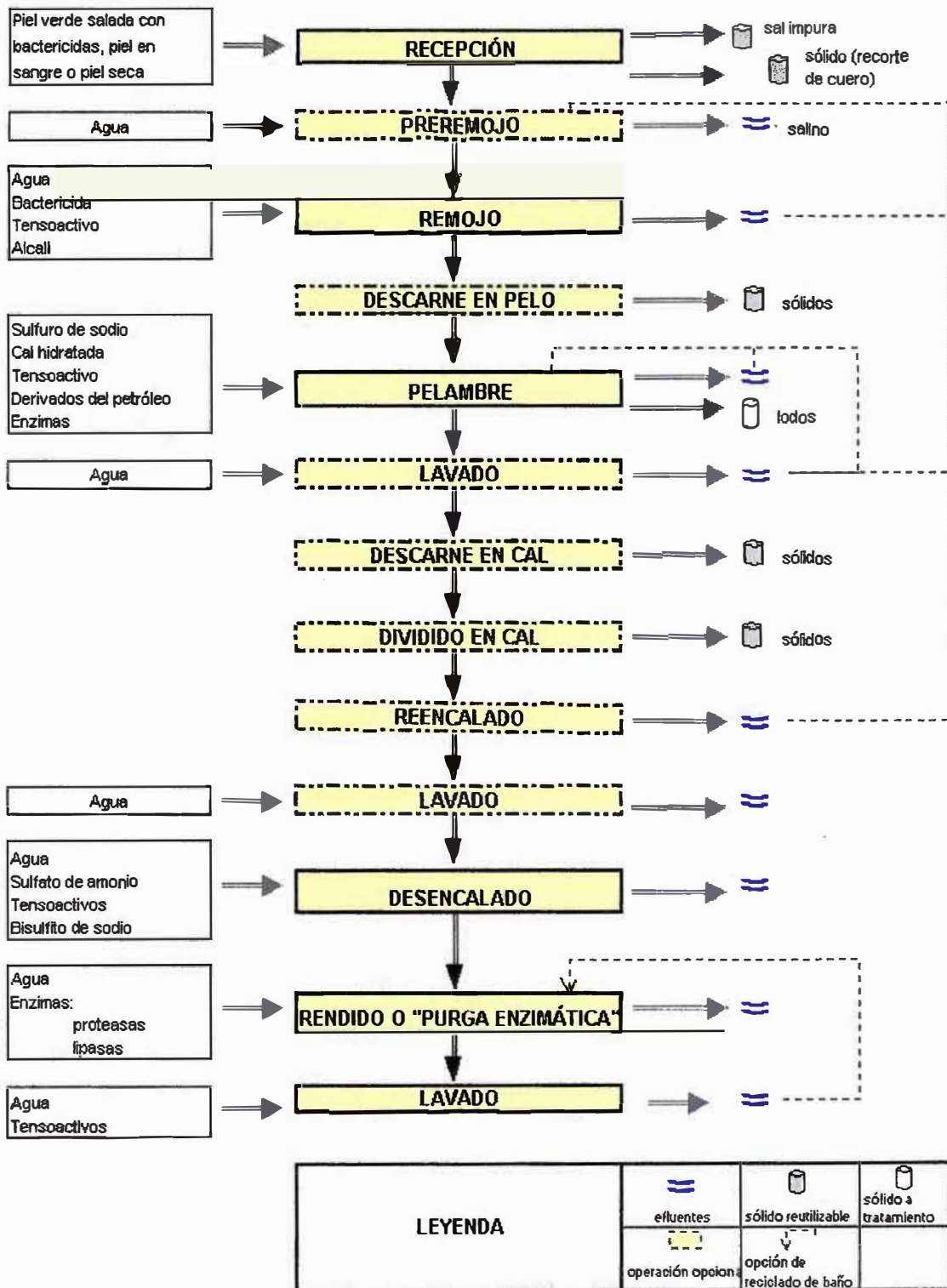
4.3 Etapa de recurtido, teñido y engrase (9)

- 4.3.1 Recurtido y teñido.- Aquí se utilizan sales minerales diferentes al cromo y curtientes sintéticos como los sintanos. Para el teñido se emplean tintes con base de anilina. Estos baños presentan

temperatura elevada y color. Los efluentes en esta etapa del proceso son mínimos en comparación al del pelambre y no justifica acción alguna de tratamiento. Los ácidos que contienen sirven para neutralizar el efluente general. (Figura 4.3)

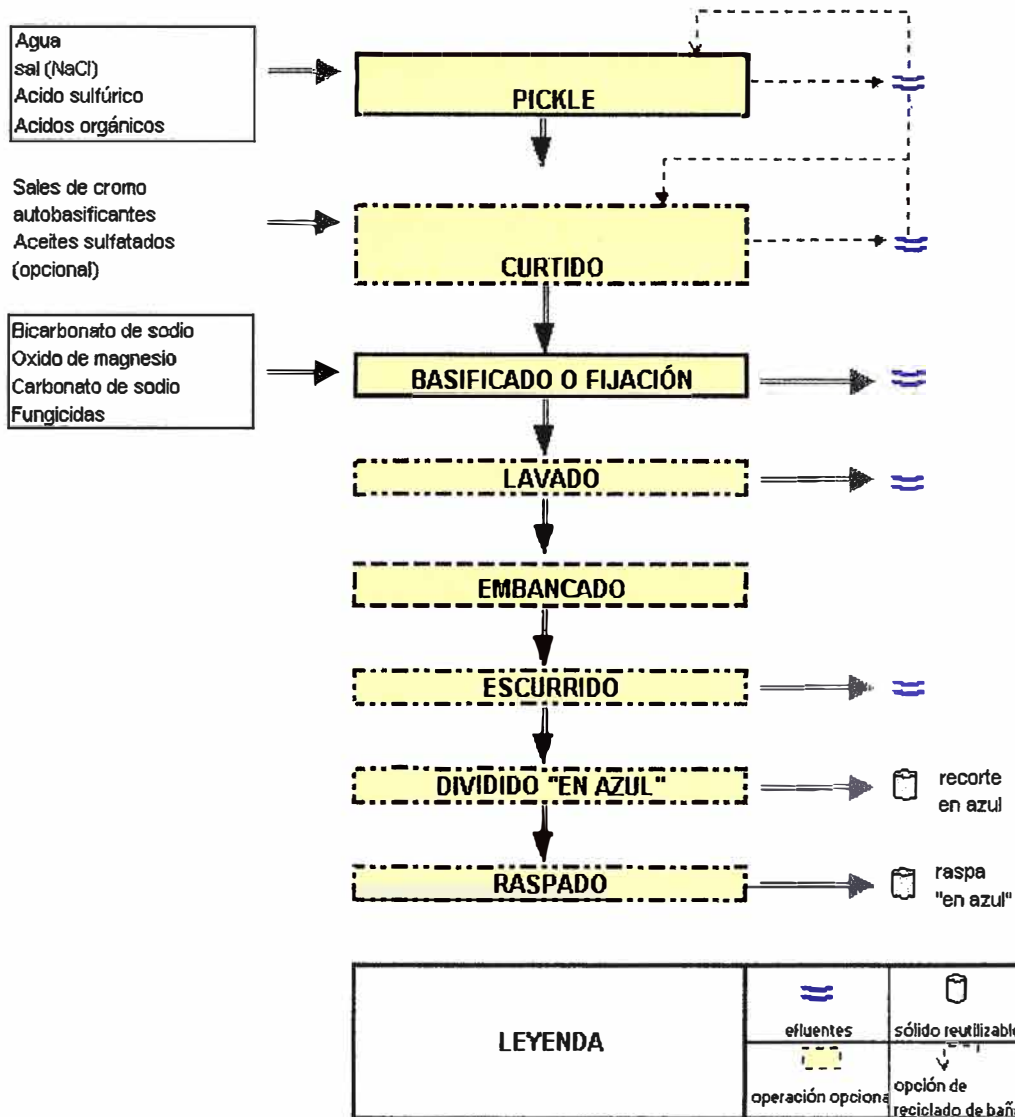
4.4 Etapa de acabado (3) (Figura 4.4)

- 4.4.1 Rebajado.- Esta operación mecánica que uniformiza el grosor del cuero, produce un aserrín o virutas que contienen cromo del curtido, en aquellos cueros que han tenido un curtido mineral. Esta viruta se utiliza para fabricar falsas o para recuperar el cromo. Representa la mayor generación de residuos sólidos con alto contenido de humedad.
- 4.4.2 Recorte.- Esta operación genera restos de cuero terminado, los que aportan retazos de cuero con contenido de cromo cuando el curtido ha sido mineral.
- 4.4.3 Afinado.- Las vaquetas de calidad inferior deben lijarse para corregir los defectos eventuales, pasando previamente por un humedecimiento y suavizado. Pueden recibir acabados, como diseños en relieve; tales acabados son realizados en las máquinas de estampado y pintado, mediante la aplicación de tinta y barnices. Aquí se genera polvo en cantidades, la habitación donde se encuentra esta máquina debe de estar bien aislada, tener extractores y el personal debería usar máscaras. El polvo se desecha quemándolo y aún no se ha encontrado una solución práctica para su eliminación.



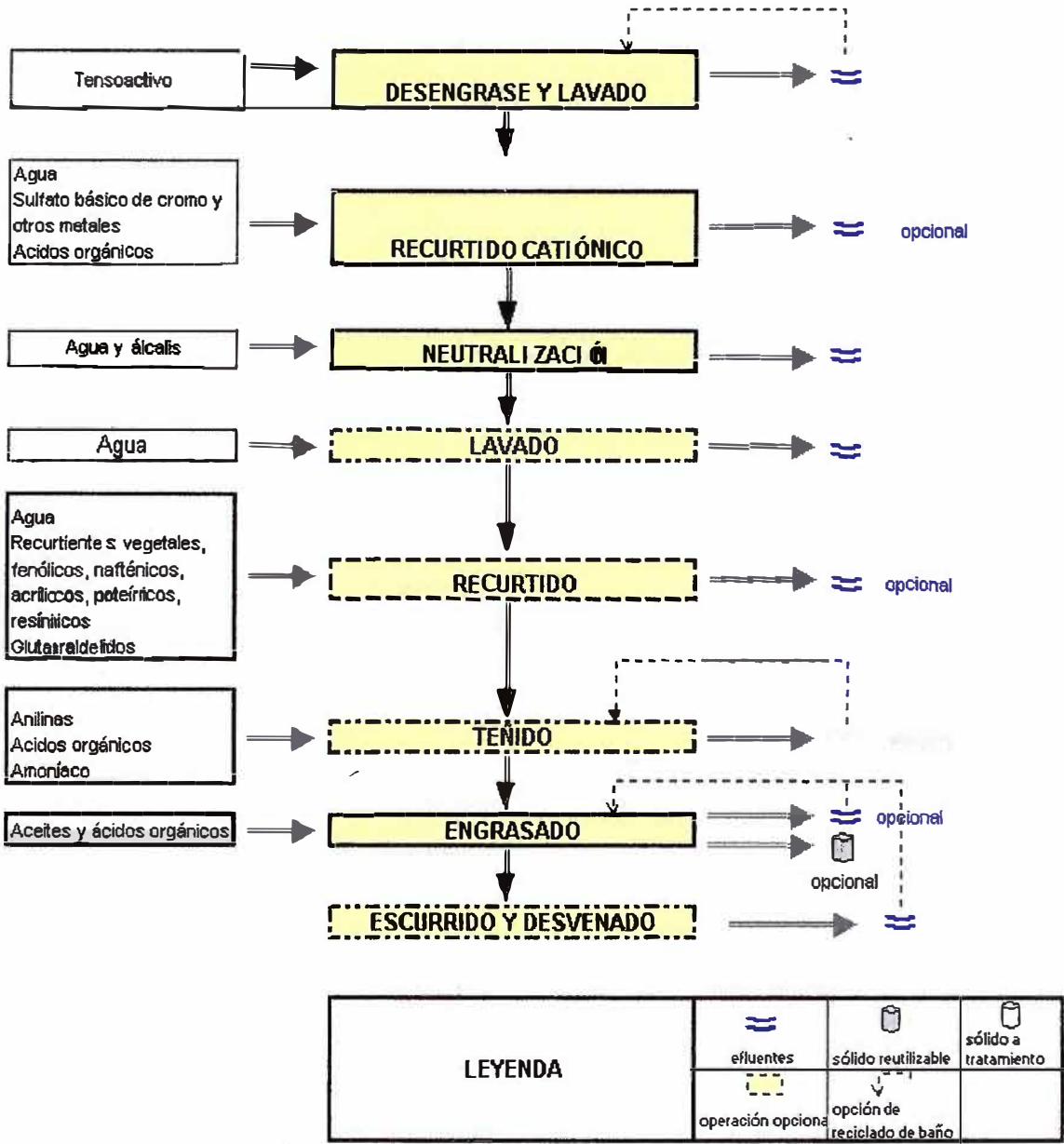
Fuente: Referencia bibliográfica N°6.

Figura 4.1: Etapa de Ribera



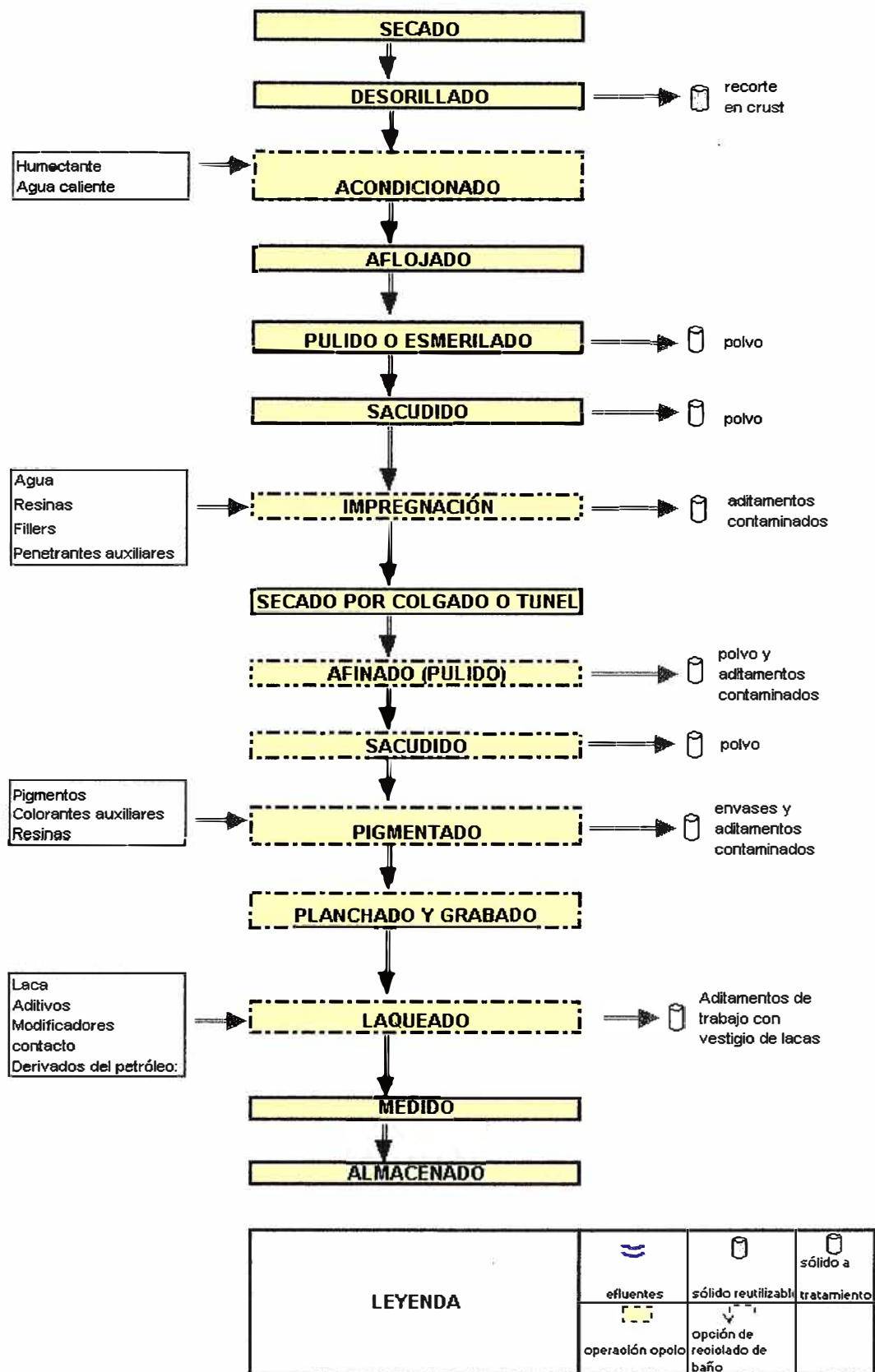
Fuente: Referencia bibliográfica N°6.

Figura 4.2: Etapa de Curtido "al cromo"



Fuente: Referencia bibliográfica N°6.

Figura 4.3: Etapa de Recurtido, Teñido y Engrase



Fuente: Referencia bibliográfica N°6.

Figura 4.4: Etapa de Acabado

V. PLANTEAMIENTOS PARA LA MINIMIZACIÓN Y VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR LA INDUSTRIA DEL CUERO

La minimización de residuos puede entenderse como una estrategia gerencial tendiente a reducir el volumen y la carga contaminante de los residuos generados por un proceso productivo, y que además rinde beneficios económicos e incluso disminuye el costo del tratamiento de efluentes si éste es requerido.

5.1 Prácticas de operación recomendables para minimización de residuos (10)

5.1.1 **Materia prima.-** Las principales materias primas para esta actividad son las pieles crudas provenientes de diferentes animales, en nuestro caso, pieles de vacuno.

El acondicionamiento de la piel antes de ingresar al proceso de curtido es fundamental para poder obtener buenas calidades de cuero y que tengan uniformidad. Las calidades de piel cruda en el país son bajas, esto proviene desde que los animales no son bien alimentados, generalmente han sufrido enfermedades o ataque de garrapatas, etc., que debilitan la calidad del cuero. Independiente de todos esos factores, se deben tener los siguientes criterios para el manejo de pieles:

- Realizar un adecuado curado: utilizar eficientemente los insecticidas, las sales para el deshidratamiento.
- Los recortes y materiales de sangre seca, y otros componentes, evitar mezclarlos con otras basuras, como la basura doméstica, o descargarlos en los efluentes líquidos. Disponer separadamente.

- Mantener un ambiente adecuado para el almacenamiento de pieles, que no tenga excesiva humedad, para facilitar la deshidratación de la piel.

- Registrar adecuadamente los pesos antes y luego del curado.

5.1.2 Uso racional del agua.- Menor consumo de agua implica disponer de plantas de tratamiento más pequeñas, al mismo tiempo disminuye el consumo de reactivos y, por tanto, los costos operativos, incluyendo el costo de energía.

Un consumo de agua de 50 l/ kg de piel es aceptable. La conservación de agua debe darse mediante las siguientes acciones:

- Controlar el consumo de agua fresca en los procesos.

- Evaluar la conveniencia de “lavados por lotes” versus “lavados continuos”, en los casos que corresponda.

- Reutilizar el agua en procesos menos críticos.

- Reciclar los licores individuales de proceso.

En la mayoría de las curtiembres el agua se utiliza solamente en un 50% en los procesos y el resto se consume extensivamente como agua de lavado, lavados de pisos, cañerías abiertas y lavado de equipos. Para el mejor control del consumo de agua, instalar medidores de flujo y concientizar al operador para el buen uso de este recurso mediante capacitaciones.

Se pueden hacer reducciones en el consumo de agua al aplicar lavados por lotes, por ejemplo:

- Primer lavado: 20 minutos, luego drenar

- Segundo lavado: 20 minutos, luego drenar.

Si se utilizan calderos para generación de vapor, el consumo de agua puede ser afectado debido a:

- Fugas por tuberías y válvulas del sistema de abastecimiento y distribución de agua a los diferentes procesos debido a un deficiente mantenimiento.
- Falta o deterioro de aislamiento en la línea de vapor, que permite el mayor consumo de vapor.
- Falta o equipos de control en mal estado.
- El vapor condensado debe ser recuperado y ser reutilizado en el sistema o en otro proceso. Se puede recuperar energía de purgas y gases de combustión.

5.1.3 Operaciones y procesos.-

5.1.3.1 Retener sólidos del efluente del pelambre.

Es prioritario retener la mayor cantidad de sólidos posibles para reutilizar el efluente y al mismo tiempo quitarle estas impurezas.

El objetivo es instalar una criba tipo cuña de una malla de 0,5 a 0,2 mm. Este sistema se puede instalar a los procesos que requieran retener este tipo de sólidos. Para su adecuado funcionamiento se debe considerar:

- Limpiar las cribas según sea necesario.
- Recolectar los sólidos para su secado y disposición.
- Instalar cribas en las canaletas, en los lugares apropiados y limpiar al menos una vez al día.
- Mantener las pozas de sedimentación limpias y retirar los sólidos sedimentados semanalmente o de acuerdo a la intensidad de producción puede ser más frecuente.

5.1.3.2 Re-utilizar los residuos concentrados del pelambre

- Una vez retirados los sólidos mediante la criba, se puede reutilizar este efluente. Generalmente un uso eficiente de la criba hace que el consumo de sulfuros se reduzca hasta en 20-50% y la cal hasta 40-60%.

- La solución puede ser colectada en un sistema para ser reutilizada en el próximo lote de producción. Para ello se debería implementar un tanque de recepción y su sistema de bombeo.

- Sin embargo, esta operación se puede realizar unas 5 veces antes de que la solución presente saponificación.

- Se ahorraría por lo menos un tercio del costo de los productos químicos típicamente utilizados en esta operación.

5.1.3.3 Mejora en la Fijación de Cromo

La mayoría de las tecnologías de curtido son ineficientes debido a la baja fijación de cromo en el baño de curtido, unido a la pérdida de cromo en los procesos subsecuentes. La reducción de las emisiones de cromo se basa en aplicar las siguientes acciones:

- Mayor fijación de cromo
- Reciclo de cromo del curtido
- Precipitación de Cromo y Recuperación

La fijación de cromo se incrementa mediante:

- Aumento de la temperatura
- Incremento del tiempo de curtido

■ Incremento de la basificación

La temperatura de curtido debería estar alrededor de 38°C, y los equipos como los motores y correas de transmisión de los botaes no deben estar sobre o subdimensionados.

Con una combinación de estas técnicas, y utilizando compuestos de cromo de propia basificación y ácidos carboxílicos puede incrementarse la fijación en hasta 90%. Se deben evaluar y considerar el uso de agentes de fijación de acuerdo a sus costos y ventajas económico-ambientales.

Se estima que la fijación de cromo en el Perú es tan baja como 50%. Basándonos en una fórmula típica de curtido al cromo para un cuero vacuno de 22 kg, el curtidor debe añadir aproximadamente S/.5 de sales de cromo (de acuerdo a costos promedio). Entonces, con este nivel de fijación, el curtidor no solo está contaminando el agua residual, sino que también está perdiendo S/.2,50 en sales de cromo por unidad de cuero. (5)

5.1.3.4 Precipitación del cromo y recuperación

Esta alternativa es relativamente costosa y no sería factible de implementar en la actualidad, pero como referencia podemos decir que entre los sistemas más conocidos en la recuperación de cromo en la industria se encuentran: (11)

a) Reciclado directo de los baños de curtido.

b) Precipitación en clarificadores o tanques igualadores como hidróxido de cromo a un pH de 8,5 a 10,5. (Figura 5.1)

5.1.3.5 Mantenimiento de Planta

El mantenimiento de la planta debe ser realizado de manera efectiva. Los programas de mantenimiento deben realizarse con la periodicidad que requiere cada equipo y en concordancia con el proceso. Debe procurarse en lo posible reemplazar equipos obsoletos.

5.1.3.6 Monitorear Efluentes

Se deben monitorear de manera periódica los efluentes principalmente en los siguientes parámetros: Temperatura, sólidos suspendidos, pH, DBO/ DQO, OD⁴. Esto permitirá evaluar el progreso de las acciones implementadas en las prácticas limpias respecto a otras oportunidades de prevención.

5.1.3.7 Productos Químicos

Deben ser almacenados de manera segura debido a sus riesgos potenciales. Un almacenamiento seguro de químicos requiere:

- Segregar en el almacén los químicos incompatibles, especialmente los sulfuros, ácidos y álcalis.
- Separar el almacenamiento de desechos químicos de cualquier proceso químico.
- Mantener en lugares seguros y cerrados con condiciones de conservación apropiadas.

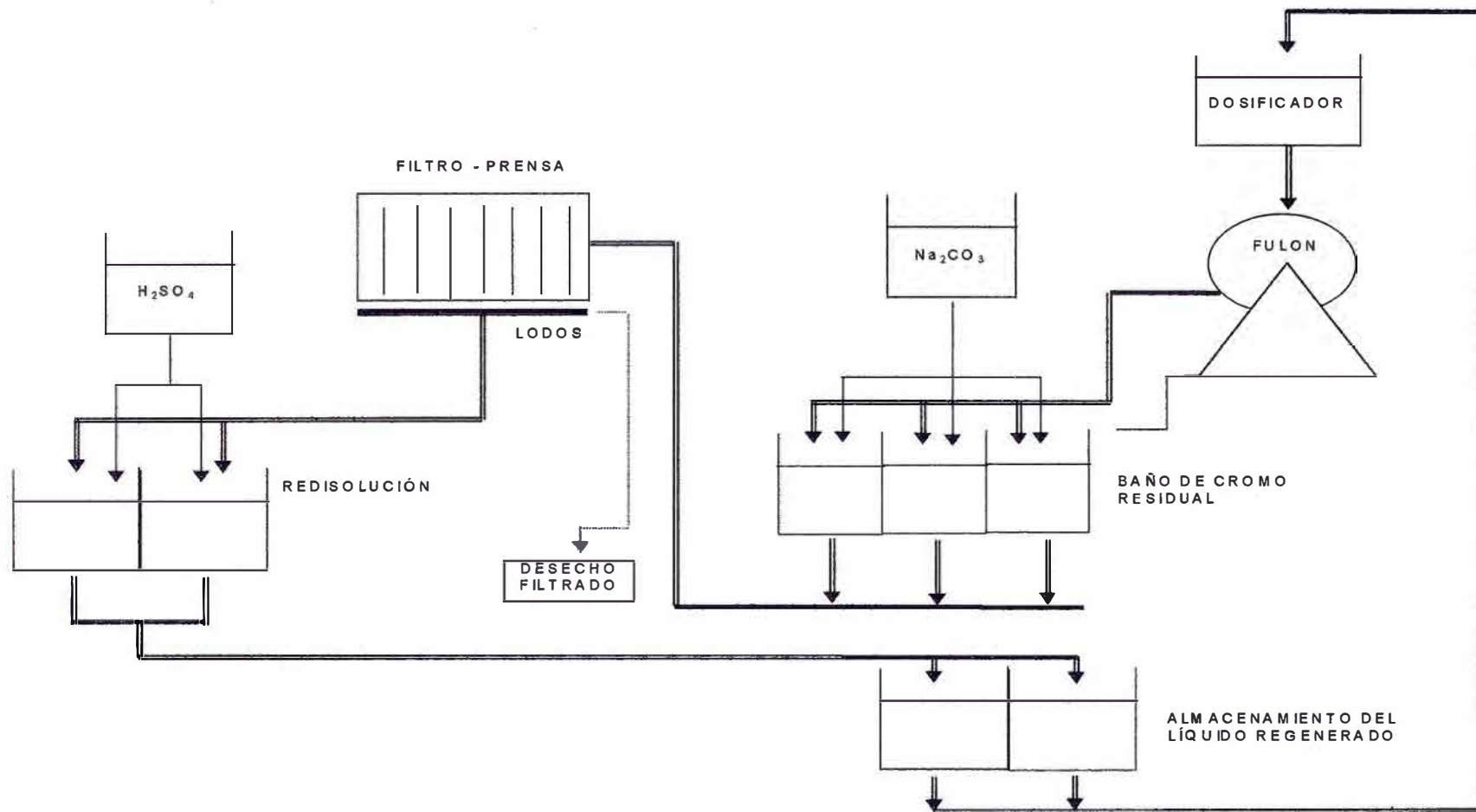
⁴ OD: Oxígeno Disuelto (sólo en cuerpos de agua receptores: mar, ríos, lagos)

- Etiquetar adecuadamente los químicos y los lugares de almacenamiento.
- Capacitar al personal que tiene acceso al almacén.
- Disponer de equipos de primeros auxilios.
- Disponer de materiales para limpieza de químicos derramados.
- Tener procedimientos escritos de emergencia y asistencia médica.
- Los recipientes vacíos de los reactivos deben ser adecuadamente dispuestos. Enjuagar, agujerear y compactar para evitar su reutilización.
- Preparar el MSDS⁵ de los productos químicos.

5.1.3.8 Desechos Sólidos

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales de curtiembres generan grandes cantidades de lodo. Las características de los lodos están directamente relacionadas al tipo de piel procesada, tecnología utilizada para el curtido (al cromo o vegetal), o sistema de tratamiento de efluentes líquidos y equipos utilizados.

⁵ MSDS: Hoja de datos de seguridad de cada material (siglas en inglés)



Fuente: Referencia bibliográfica N° 11

Figura 5.1: Instalación industrial para recuperar cromo por precipitación

El proceso de curtido al cromo genera lodos de mayor toxicidad. Se deben considerar aspectos técnicos en el tratamiento de los residuos sólidos, tales como: Manipuleo, acondicionamiento, almacenamiento, colección, transporte, tratamiento y disposición final.

La disposición de los residuos sólidos en rellenos sanitarios que no son apropiados son objetables, los lodos tienden a lixiviar con el riesgo potencial de contaminar los acuíferos, el cromo lo hace más crítico.

5.1.3.9 Efluentes líquidos. Descargas al desagüe

Generalmente se requiere un pre-tratamiento menor que para descargas a aguas superficiales. Sin embargo cuando los efluentes son fuertes pueden deteriorar los ductos del alcantarillado.

Para evitar o mitigar los impactos que ocasionan los efluentes al cuerpo receptor deben considerarse: Caracterización adecuada del efluente, reducción del volumen, tratamiento/ neutralización y disposición final del efluente.

Las operaciones de reciclaje y reutilización del licor en las diferentes etapas del proceso contribuyen a disminuir la generación de los efluentes finales.

5.1.3.10 Emisiones Gaseosas

Principalmente se concentran a los malos olores que genera esta actividad debido al cuero y los tratamientos de aguas residuales. Otro componente que causa problemas de salud ocupacional es la emisión no

intencionada de H₂S y la emisión de calderos que tengan un funcionamiento deficiente.

Una adecuada higiene industrial del área de almacenamiento de pieles, así como el mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, tratamiento y disposición adecuados del lodo y residuos sólidos, son formas de control de estas emisiones.

5.1.3.11 Emisión de Ruido/ Vibraciones

Los puntos donde se generan estas emisiones son principalmente en: Recibo y despacho (movimiento vehicular de carga y descarga), tambores rotativos y generación de vapor.

En general, este aspecto no es tan crítico ambientalmente, una forma de control es una adecuada localización de las operaciones ruidosas en la planta (revisar layout).

En resumen, si se implementan solo los procesos de reciclaje de baños de pelambre y curtido al cromo, se disminuirá el volumen de efluente descargado de la siguiente manera (Cuadro 5.1):

PROCESO	CONVENCIONAL	CON RECICLAJE	REDUCCIÓN
Depilado	757 m ³ /mes	284 m ³ /mes	62%
Curtido	2650 m ³ /mes	994 m ³ /mes	61%

Fuente: Castillo, E; Casas, W y Herrera, C. "Optimización de Procesos Industriales del Sector Curtiembres". 1992.

Cuadro 5.1: Reducción del volumen de efluente descargado utilizando las recomendaciones de reciclaje de baños.

5.2 Recuperación y aprovechamiento de subproductos

Las diferentes vías de valorización de residuos permiten devolver al proceso de fabricación sustancias que de otra forma serían desechadas y, por tanto, desaprovechadas.

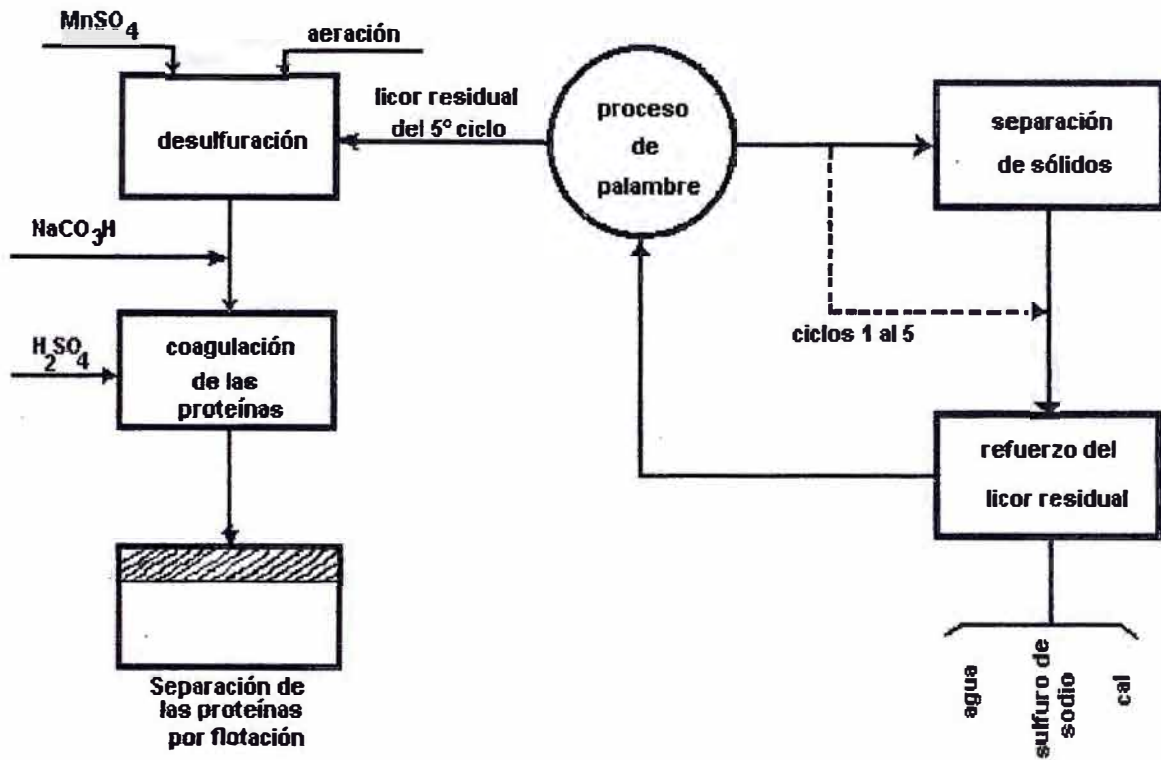
5.2.1 Proteínas recuperadas de líquidos residuales del pelambre: su utilización en tecnología agropecuaria (11).- Los líquidos residuales del pelambre se pueden aprovechar para la producción de “harina de pelo”, utilizada como:

- Componente en la formulación de alimento balanceado para animales. (especialmente aves)
- Fertilizante para suelos sometidos a agricultura permanente. Se descarta su uso en suelos salinos.

La harina de pelo se puede obtener con el siguiente procedimiento: (Figura 5.2)

- El líquido residual del pelambre se desulfura mediante oxidación catalítica con sulfato de manganeso.
- El licor residual del pelambre desulfurado se acidifica hasta alcanzar un pH alrededor de 4, con carbonato ácido de sodio, con lo cual se forma una capa compacta proteínica en la superficie del licor residual.
- Separación de las proteínas contenidas superficialmente en el licor residual, por el sistema de flotación.

La cantidad de harina producida es de 40 a 50 gramos por cada kilogramo de piel salada.



Fuente: Referencia bibliográfica N° 11

Figura 5.2: Recirculación y separación de proteínas de licores en el pelambre de pieles vacunas

5.2.2 Recuperación de otros subproductos.- (11)

5.2.2.1 Subproductos del descarte y dividido

Se producen residuos sólidos conformados por grasa y pedazos de piel, los cuales constituyen la materia prima para la elaboración de jabones y gelatinas respectivamente.

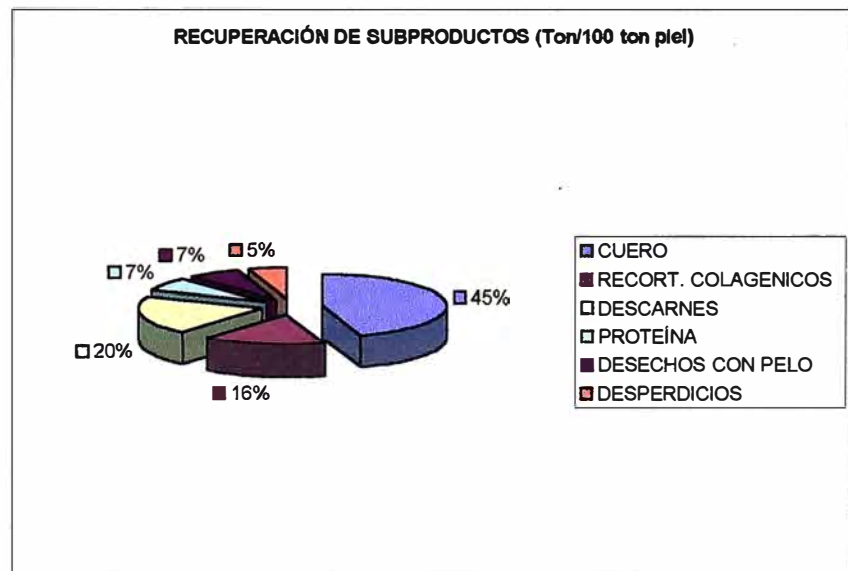
5.2.2.2 Subproductos de escurrido y rebajado (11)

Estos sólidos pueden ser recuperados y empleados en la industria de la construcción y en el servicio doméstico en la limpieza de pisos. Estos sólidos tienen propiedades eléctricas apropiadas para aislante térmico.

5.2.2.3 Otros subproductos

Se pueden elaborar: gelatinas, colas, pegantes y productos similares para usos industriales y domésticos.

En la figura 5.3 se muestra la cantidad de los diferentes subproductos que se pueden obtener. Las cantidades se presentan en toneladas por cada 100 toneladas de piel que entran en el proceso.



Fuente: Referencia bibliográfica N° 11

Figura 5.3: Cantidad de subproductos obtenidos en el proceso de producción

VI. TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES DE LA INDUSTRIA DEL CUERO

6.1 Métodos generales de tratamiento empleados en los efluentes líquidos de curtiembres: Alternativa para micro y pequeñas empresas (3)

Una alternativa que no necesariamente significa una gran inversión para las pequeñas y micro empresas, es la implementación de un sistema de tratamiento para el efluente total de la curtiembre. En esta alternativa se mezclan los efluentes del cromo y del sulfuro tamizados en un pozo para su homogenización, la cual produce una cierta neutralización con precipitación mutua. La descarga total de las diferentes etapas del proceso poseen una alta alcalinidad que se origina en el empleo (en los procesos de ribera) de cal y sulfuro de sodio. La hidrólisis del sulfuro en solución aumenta la alcalinidad propia del baño de pelambre y la presencia de ácidos provenientes de otras secciones, logra sólo parcialmente neutralizar dicha alcalinidad, obteniéndose en definitiva siempre un baño con notable alcalinidad.

La presencia de la cal en los baños de pelambre determina, a causa de su poca solubilidad, depósitos que neutralizan los baños ácidos y producen la floculación del cromo en forma de hidróxido. Cualquier cantidad de cromo presente se precipitará por acción de los álcalis del pelambre y parte de las proteínas solubles podrán coagularse. Es necesario obtener una buena mezcla para que la coagulación y la precipitación ocurran al máximo.

En este caso, la alternativa consistiría en:

- Separación de sólidos groseros
- Homogenización (mezcla total)
- Floculación
- Decantado

Las medidas que se tomen durante el proceso para minimizar la carga contaminante contribuirán notablemente a la simplificación del tratamiento final, pero aún en el caso en que no se apliquen, los resultados del mismo serán igualmente eficaces.

De acuerdo a Aloy (1976), las adiciones de 400 mg de alumbre logran reducciones en el orden del 70% del DBO₅, del 80% del DQO y del 98% de sólidos en suspensión. Otros autores mencionan una reducción del 50% del DBO y DQO, y del 70% de sólidos suspendidos, utilizando floculantes.

La principal restricción es el espacio del que pueda disponer la planta para instalar un pozo de sedimentación de dimensiones adecuadas.

6.2 Métodos específicos de tratamiento empleados en los residuos líquidos de las curtiembres:

6.2.1 Tratamiento avanzado de residuos (12).- Los métodos de tratamiento avanzado de residuos incluyen procesos fisicoquímicos, tratamiento biológico con carbón activado, filtración múltiple y columnas de carbón activado granular.

a) Procesos fisicoquímicos

■ Proceso de remoción ("Chappel process").- El proceso "chappel" se considera muy efectivo para remover sustancias tóxicas convencionales y no convencionales. Durante este proceso, los efluentes de la curtiembre se dividen en dos grupos y reciben tratamiento químico separado; el primer grupo es tratado con una solución ácida (ácidos minerales, sulfato de aluminio y compuestos químicos oxidantes) y el segundo grupo se trata con una solución alcalina (hidróxido de sodio, aluminio disuelto y compuestos químicos oxidantes). Después de que los

grupos se reúnen, se envían a una serie de tanques de sedimentación con agitadores que producen la mezcla del lodo con las aguas residuales y promueven la floculación y sedimentación de los contaminantes. Por lo general, las aguas residuales del tanque de sedimentación final se filtran en un filtro múltiple o de arena y se descargan; sin embargo, el exceso de lodo que no se reusa en los tanques de sedimentación requiere disposición.

■ **Remoción del color.**- Los agentes de curtido con tintes vegetales contribuyen significativamente al contenido de sustancias orgánicas y coloración de las aguas residuales del curtido. Durante la remoción del color, los licores vegetales del curtido se extraen de las aguas residuales y se tratan mediante la aplicación de diversas técnicas de control del pH (es decir, el uso de ácido sulfúrico para reducir el pH a 3,0) y la adición de polielectrolitos catiónicos. Después que los agentes de curtido se han sedimentado, el sobrenadante tratado se decanta y el lodo se retira para ser deshidratado (si fuera necesario) y dispuesto.

b) **Mejoramiento del tratamiento biológico con carbón activado**

La adsorción del carbón puede ser sumamente efectiva para remover pequeñas cantidades de impurezas de las aguas residuales y emisiones de aire. En este proceso, el carbón activado en polvo (CAP) se mezcla con las aguas residuales para formar una pasta aguada. Posteriormente, esta pasta se agita para lograr el contacto de las partículas de carbón con los contaminantes de las aguas residuales. El carbón agotado, que contiene impurezas removidas del efluente, se

filtra o se sedimenta. Se pueden obtener mejores eficiencias de remoción al emplear sistemas de múltiples etapas y de contra corriente.

El uso de CAP en conjunción con técnicas tradicionales de tratamiento biológico también puede ser efectivo para incrementar la remoción de contaminantes. La adición de carbón en polvo mejora la remoción de sustancias tóxicas y contaminantes orgánicos, disminuye los sólidos del efluente (que conllevan a menores costos en la disposición de lodos) y proporciona una calidad más uniforme y consistente que el tratamiento biológico por sí solo.

c) Filtración múltiple

Después del tratamiento biológico, la filtración puede emplearse para remover sólidos suspendidos y separar sólidos residuales biológicos e inertes (es decir, CAP con compuestos tóxicos absorbidos y metales pesados insolubles). Durante la filtración, las aguas residuales que contienen sólidos suspendidos pasan a través de un filtro que contiene material granular. Los filtros múltiples utilizan materiales con diferentes densidades que varían desde partículas de gran tamaño con las más bajas densidades en la parte superior del filtro hasta partículas pequeñas con altas densidades en el fondo del filtro. Este arreglo proporciona al filtro la capacidad de almacenamiento que le permite operar por largos períodos de tiempo.

d) Columnas de carbón activado granular (CAG)

El tratamiento con CAG es similar al tratamiento con CAP; sin embargo, en lugar de mezclarse directamente con el

efluente para formar una pasta aguada, las aguas residuales se filtran a través de lechos o columnas llenas de CAG. Durante el tratamiento con CAG, cada capa sucesiva de carbón actúa para remover impurezas, con una mayor adsorción en las primeras etapas de contacto y con una disminución progresiva cuando la solución viaja a través de la columna. Siempre que el filtro sea suficientemente profundo, se logrará un efluente purificado después del tratamiento. En algunos casos la materia suspendida y los contaminantes disueltos pueden removerse simultáneamente. A menudo, este proceso es considerado más práctico que el tratamiento biológico ya que no se ve afectado por sustancias tóxicas, es menos sensible a los cambios de temperatura y logra una remoción mayor de DBO, DQO y COT⁶. Lamentablemente, el tratamiento con CAG exige gran inversión de capital.

- 6.2.2 Remoción y recuperación de iones Cr (III) en efluentes de curtiembres (13).- Entre las diversas tecnologías utilizadas para eliminar el cromo de las aguas residuales de curtiembres, la adsorción tiene particular relevancia debido a la posibilidad de recuperar el cromo para su reutilización en el proceso productivo. El gel de sílice modificado (APG) ha sido investigado como adsorbente para soluciones acuosas de sulfato de cromo con resultados altamente satisfactorios (Baricelli y De Sousa, 1993; Fuentes y colaboradores, 1996; Lujano y Acevedo, 1999).

Basado en estos estudios, se ha desarrollado un proceso para la remoción y recuperación de iones cromo (III) mediante la adsorción en columnas de lecho fijo utilizando APG en forma de pellets como adsorbente. El diseño de las columnas se realizó

⁶ COT: Carbono Orgánico Total

siguiendo el método de la longitud de lecho no utilizada (LUB) de acuerdo con Treybal (1988)(19); este método supone una capa de sólido que adsorbe rápida y efectivamente el soluto de la solución entrante. El soluto remanente es eliminado a su paso por el lecho, formándose una zona de adsorción en la cual la concentración varía rápidamente; la zona de adsorción se mueve a lo largo del lecho hasta alcanzar el tope del mismo. La concentración de soluto en el efluente inicialmente es cero y se incrementa lentamente hasta alcanzar un valor de 10 % de la concentración inicial; a partir de este punto denominado ruptura, la concentración de soluto comienza a aumentar apreciablemente.

De todo esto se concluye que:

- El APG funciona eficientemente como adsorbente de iones de cromo (III) en soluciones acuosas de sulfato de cromo, salmuera y licor de curtiembre precipitado y redisolto.
- Es factible la desorción y recuperación del cromo adsorbido por el APG.
- La fuerza iónica ejercida por la presencia de otros iones en solución no afecta significativamente el comportamiento del adsorbente.
- Se puede determinar el tiempo de ruptura de la columna a partir del pH de los efluentes.

Como conclusión podemos decir que, si bien es cierto estos tratamientos específicos existen, además de muchos otros, no podemos negar que para nuestra realidad, no se pueden aplicar, pues requieren de un alto costo en su implementación.

6.3 Opción de tratamiento para el caso peruano (10)

Los procesos aplicables a las curtiembres pueden ser:

- Pre-tratamiento: separación de material grueso y remoción de grasas.
- Tratamiento fisicoquímico: oxidación de sulfuros; eculización y homogenización; coagulación, floculación y sedimentación primaria.
- Tratamiento Secundario: Lagunas aireadas de mezcla completa; lodos activados (convencional) y lodos activados (aireación prolongada).

6.3.1 Pre- tratamiento.-

6.3.1.1 Separación de material grueso

Es común encontrar en las aguas residuales: carnazas, pelos, pedazos de piel, etc., provenientes de las operaciones de descarnado, división y rebajamiento del cuero, los que son retirados mediante rejillas metálicas con limpieza manual o mecánica, también pueden realizarse mediante cedazos estáticos, vibratorios o rotativos.

6.3.1.2 Remoción de grasas

En la remoción de grasas, la separación se lleva a cabo en los tanques de retención donde el material flotante se retiene. La operación de remoción de grasas sólo debe realizarse con las aguas del remojo, antes de mezclarse con las demás aguas de curtimiento. Su remoción, además de reducir la carga orgánica de efluente, también hace posible el aprovechamiento de este material.

6.3.2 Tratamiento fisicoquímico.-

6.3.2.1 Oxidación de sulfuros

Para evitar el desprendimiento de H_2S , el sulfuro existente en los efluentes de las operaciones de reverdecimiento, deben ser retirados antes de ser mezclados con otros efluentes. Para esta remoción las principales técnicas conocidas son:

- Oxidación catalítica con oxígeno o aire;
- Separación de sulfuros para recuperación y re-uso;
- Oxidación química con peróxido de hidrógeno;
- Carbonatación de los efluentes (el CO_2 de los calderos pueden utilizarse);
- Tratamiento químico con: cloruro férrico o sulfato ferroso.

El tratamiento químico con sulfato ferroso es la técnica más antigua para retirar el sulfato de las aguas residuales. La adición de este producto provoca la precipitación de sulfato de hierro e hidróxido ferroso. La precipitación del hidróxido también produce la disminución del pH, y la cal libre se deposita al fondo en forma de sulfato de calcio.

La oxidación catalítica con el oxígeno del aire es actualmente el proceso más económico y el más utilizado, que consiste en inyectar oxígeno al baño residual, con equipos y en condiciones de operación adecuadas. La operación es acelerada utilizando un catalizador como sulfato de manganeso o el cobalto, siendo el primero el más empleado. Con el uso del

catalizador se puede reducir la operación de 20 a 8 horas.

El sulfuro de sodio presente se oxida con el oxígeno a tiosulfato y en menores cantidades a sulfato. El tiosulfato a su vez se descompone a azufre o sulfito.

La oxidación química mediante el peróxido del hidrógeno (agua oxigenada) es el único proceso por el cual se obtiene una oxidación completa e irreversible de los sulfuros, sin embargo, raramente es utilizado por el costo del producto.

6.3.2.2 Ecuilización y homogenización

La ecualización de los efluentes de las curtiembres es una operación aconsejable, teniendo en cuenta que es un proceso discontinuo, el volumen tiene concentraciones variadas en los baños desechados. Esto permite regular el flujo y uniformar la carga orgánica de las aguas residuales de la fábrica, haciéndolas más aptas para el tratamiento continuo de los efluentes y evitando cargas excesivas en el sistema de tratamiento.

La homogenización de los efluentes ácidos y alcalinos, provoca la neutralización y floculación de una parte de los sólidos presentes en estos efluentes y propicia la precipitación de hidróxido de cromo, cal, proteínas, colorantes, etc.

El proceso debe ser proyectado de la manera que no permita la sedimentación de sólidos y genere fermentaciones anaerobias en el tanque de homogeneización, debiendo estar provistos de

mezcladores mecánicos, difusores o aireadores superficiales para optimizar la mezcla de efluentes y también para uniformizar los residuos.

6.3.2.3 Coagulación y floculación de materia orgánica

Además de la floculación provocada por la mezcla de los efluentes ácidos y alcalinos, pueden utilizarse, coagulantes para acelerar la coagulación de la materia orgánica que se encuentra en suspensión coloidal.

En las operaciones de coagulación y floculación, los coagulantes principales usados son: sulfato de aluminio, sulfato ferroso, CO_2 y polielectrolitos aniónicos.

6.3.2.4 Decantación (o sedimentación) primaria

Tiene por objeto permitir la deposición de sólidos en suspensión de los efluentes. La eficiencia de sedimentación depende de varios parámetros siendo la relación de carga volumétrica de la alimentación y el tiempo de retención los parámetros más importantes en el dimensionamiento de decantadores, expresándose en: $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{día}$ y horas respectivamente.

La decantación primaria, debe ser debidamente proyectada y operada; puede remover hasta 96% de los sólidos sedimentables, hasta 62% de DBO y 80% de cromo contenido en los efluentes. El lodo generado en este proceso es de difícil secado por medios naturales, como los lechos de secado, debiendo utilizarse los procesos mecánicos.

Estos lodos, luego de los procesos de concentración, deshidratación y secado, recién son aptos para su disposición final, generalmente, en rellenos sanitarios apropiados.

La figura 6.1 ilustra el sistema de tratamiento fisicoquímico.

- Este sistema retira hasta 95% de SST⁷ y cerca del 70% de DBO.
- La coagulación se puede realizar con sulfato de aluminio o sulfato de hierro.
- La eficiencia de la coagulación se puede mejorar mediante la adición de polielectrolitos aniónicos, en concentraciones de 1-10 mg/l.
- Los dosajes óptimos y el pH se consiguen ensayando en la práctica.

6.3.3 Tratamiento Secundario o Biológico.- La purificación biológica de las aguas residuales incluye diferentes procesos que conducen a la disminución de la carga orgánica, gracias a la intervención de los microorganismos.

Los procesos aeróbicos biológicos son los más utilizados y sirven principalmente para retirar la carga orgánica de los efluentes, aunque también pueden oxidarse ciertos elementos inertes e inorgánicos o floculados y ser removidos.

El proceso se desarrolla por vía bioquímica en presencia de oxígeno, donde se cultiva microorganismos, que degradan la materia orgánica del efluente, transformando la masa celular y los productos metabólicos. Los componentes finales oxidados son:

⁷ SST: Sólidos suspendidos totales

CO₂, nitratos y sulfatos. Es el tratamiento mejor adaptado a las curtiembres, toda vez que la presencia de azufre es la fuente del mal olor.

Existen varios tipos de tratamientos biológicos. Entre los principales se distinguen:

- Lodos activados
- Lagunas aireadas de mezcla completa o aeróbica.

6.3.3.1 Lodos activados

Es un sistema en el que una masa biológica que crece se flocula, la cual es continuamente recirculada y puesta en contacto con la materia orgánica del líquido que ingresa al sistema, en presencia de oxígeno molecular. El oxígeno se genera en las burbujas de aire inyectado mediante difusores dentro de la mezcla lodo/ líquido, bajo condiciones de turbulencia o mediante aireadores mecánicos de superficie o con otros equipos de aireación.

El proceso posee una unidad de aireación seguido por una decantación secundaria, de donde el lodo separado es casi totalmente retornado al tanque de abstracción para ser mezclado con las aguas residuales y el remanente de este lodo es desechado del sistema.

6.3.3.2 Lagunas aireadas de mezcla completa o aeróbicas

En general, las lagunas aireadas de los estanques son tanques con taludes de tierra, con profundidades de 2,5 a 5 metros, provistos de equipos de aireación.

El efluente bruto, luego de pasar por la retención de material grueso y decantación primaria, se introduce en el estanque por un lado y sale por el lado opuesto después de permanecer en ella el tiempo suficiente para su biodegradabilidad. La población microbiana es similar al de lodos activados. Puede decirse que las lagunas aireadas corresponden a las unidades de lodos activados operando sin el reciclo del lodo.

La oxigenación es normalmente realizada mediante aireadores superficiales o equipos para suministrar aire comprimido. La agitación debe ser suficiente para mantener la masa biológica en suspensión, para evitar su decantación en cualquier parte de la laguna.

Las materias en suspensión presentan excelentes condiciones de decantación, cuyos procesos posteriores son la decantación secundaria, tratamiento, y por último la disposición adecuada de los lodos desechados.

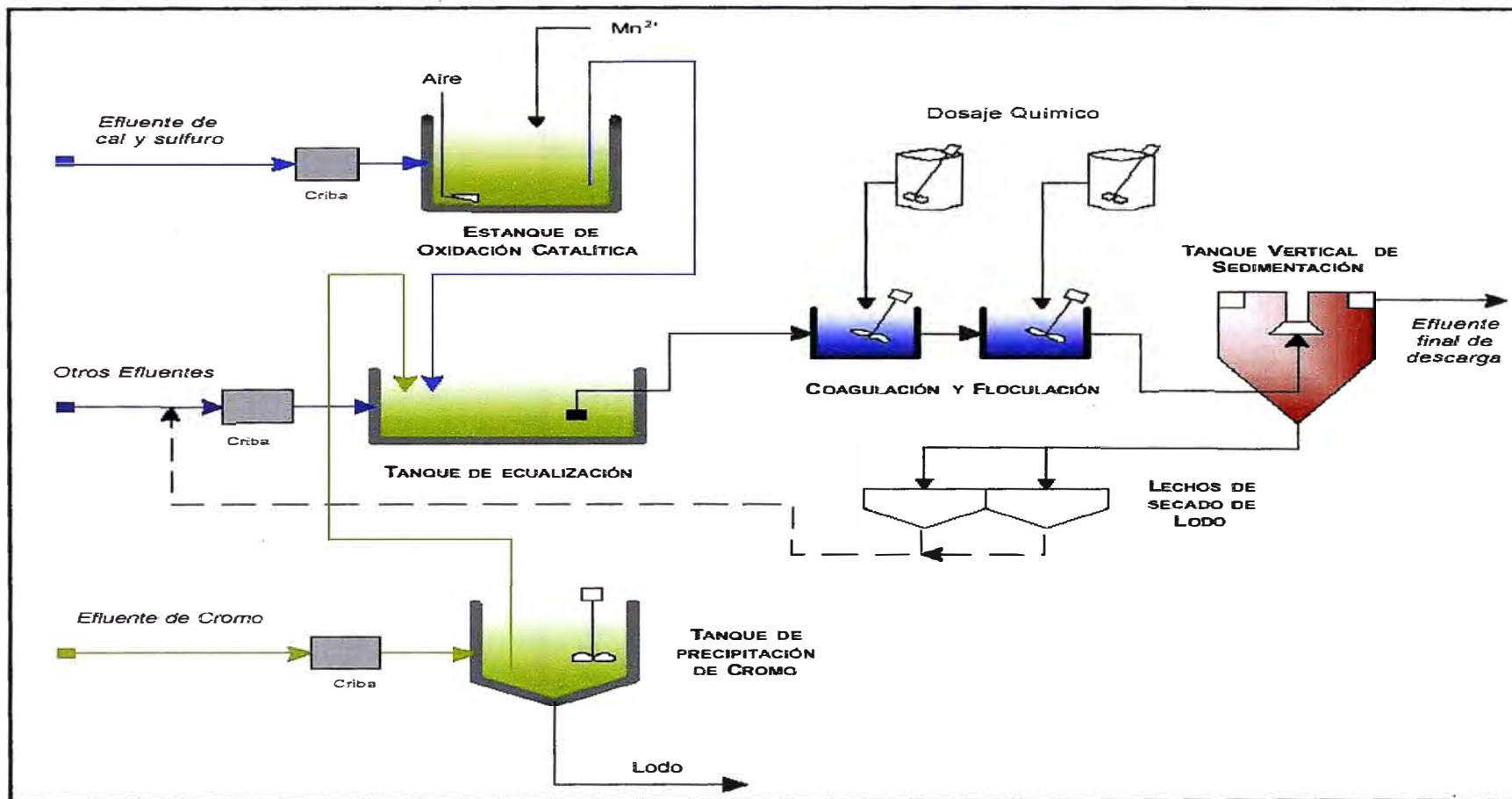
A continuación, se presenta un resumen de eficiencias de tratamiento de aguas residuales de curtiembres (Cuadro 6.1) juntamente con varias alternativas de tratamiento:

Parámetro	DQO		DBO ₅		Sólidos suspendidos		Cromo		Sulfuro		N (Kjeldahl)		Lodos kg lodo seco / t cuero crudo
	% ó mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l		
PRETRATAMIENTO													
Remoción de grasa (flotación por aire disuelto)	20 - 40												
Oxidación de sulfuros (licores de encalado y enjuague)	10								10				
Precipitación del cromo							5 - 10						
TRATAMIENTO PRIMARIO													
Equalización + Sedimentación	25 - 35		25 - 35		50 - 70		20 - 30				25 - 35		80
Equalización + Tratamiento Químico + Sedimentación	50 - 65		50 - 65		80 - 90		2 - 5		2 - 10		40 - 50		150 - 200
Equalización + Tratamiento Químico + Flotación	55 - 75		55 - 75		80 - 95		2 - 5		2 - 5		40 - 50		150 - 200
TRATAMIENTO BIOLÓGICO													
Primario o químico + Aereación extendida	85 - 95	200 - 400	90 - 97	20 - 60	90 - 98	20 - 50	< 1		< 1		50	150	130 - 150
Primario o químico + Aereación extendida con nitrificación y denitrificación	85 - 95	200 - 400	90 - 97	20 - 60	90 - 98	20 - 50	< 1		< 1		80 - 90	30 - 60	130 - 150
Primario o químico + Laguna facultativa aireada	80 - 90	300 - 500	85 - 95	60 - 100	85 - 90	80 - 120	< 1		< 1		50	80	100 - 140
Tratamiento anaerobio (Lagunas o UASB* con 66% de efluente doméstico)	65 - 75	500 - 700	60 - 70	150 - 200	50 - 80	100 - 200	< 2				20 - 30		60 - 100

* UASB: Upward Anaerobic Sludge Blanket: Proceso anaerobio de manto de fango de flujo ascendente

Fuente: Referencia bibliográfica N° 17

Cuadro 6.1: Resumen de Eficiencias de tratamiento en aguas residuales de curtiembre



Fuente: Referencia bibliográfica N° 17

Figura 6.1: Esquema típico de tratamiento fisicoquímico

VII. MANEJO DE RESIDUOS EN LAS CURTIEMBRES (6)

Para que estas opciones de manejo puedan cumplirse, se requiere un programa que establezca las actividades calendarizadas a realizar por cada empresa y que deben complementarse con el establecimiento de la infraestructura necesaria de manejo de residuos, la investigación y desarrollo tecnológico, así como con la formación de los recursos humanos que brinden el apoyo técnico apropiado. Aspectos estos últimos en los que deben colaborar tanto instituciones gubernamentales, como de investigación y educación técnica y superior, entre otros.

La clasificación de un residuo como no peligroso, condicionada a que se le dé un manejo adecuado, requiere del establecimiento de mecanismos de verificación del cumplimiento de los programas compromiso establecidos por las empresas en los tiempos acordados, así como, del establecimiento de indicadores de desempeño y de resultados ambientales. La falla en este cumplimiento implicará que existe riesgo ambiental en el manejo de los residuos, en cuyo caso se deberán corregir las desviaciones.

A continuación, se presenta la información del tipo de residuos y alternativas para su manejo de todas las operaciones en las curtiembres (Cuadros 7.1 al 7.7). Estas condiciones no tienen que cumplirse en su totalidad sino que las empresas seleccionarán aquellas que consideren más adecuadas.

Conceptos generales	Tipo de desecho	Alternativas de manejo
Drenaje	Efluentes salinos, alcalinos y ácidos	Contar con un sistema interno de drenaje que evite la mezcla de descargas salinas, efluentes alcalinos y efluentes ácidos. Durante el tratamiento interno de los efluentes del proceso no deben formarse sustancias tóxicas que contaminen la atmósfera, por ej
Fosas	Lodos	Cada efluente debe contar con fosas de decantación o sistemas para retener sólidos. Las fosas deben limpiarse periódicamente y los lodos tratarse de acuerdo a los procedimientos específicos.
Envases y aditamentos	Recipientes vacíos que contuvieron sustancias orgánicas solubles en	Triple lavado a bidones.
	Recipientes vacíos y aditamentos que contuvieron sustancias tóxicas insolubles en agua.	Los recipientes podrán ser entregados al proveedor o reutilizados para ser llenados con el mismo producto. En este último caso, la operación de llenado no debe contaminar el ambiente ni poner en riesgo a los operarios. Enviar a confinamiento controlado.
Seguridad	No aplica	En términos generales se deben utilizar mascarillas en las áreas que los operarios están en contacto con sulfuros o sales de amonio, o se manejan residuos que los contengan.
Almacenaje	No aplica	Establecer un área específica para almacenar los desechos sólidos que no sean enviados directamente a tratamiento, protegida de la intemperie, lejos de cualquier drenaje o alcantarillado, con piso aplanado e impermeable. Todos los recipientes que se utili

Cuadro 7.1: Alternativas generales para el manejo de residuos de curtiduría

Etapa Ribera	Tipo de desecho	Alternativas de manejo
1.1 Recepción	Sal impura	<p>A.1 De ser posible, debe utilizarse piel conservada sin sal.</p> <p>A.2 Las pieles deben descargarse en un área que no tenga desagüe.</p> <p>A.3 Sacudir las pieles saladas para recuperar la sal sólida, evitando que sea arrastrada a los desagües internos</p> <p>A.4 Almacenar la sal temporalmente en recipientes que permitan mantenerla seca, para su posterior reuso (s) o confinamiento, por ejemplo con saladeros o minas de sal.</p> <p>A.5 Una opción al reuso de la sal la conforma su confinamiento en minas de sal siempre que se cuente con el medio de transporte necesario o entregarla a saladeros</p>
	Recorte de cuero salado	A.6 Reuso: comercializar con industrias que cuenten con las autorizaciones correspondientes de acuerdo con la legislación vigente.
1.2 Preremoyo 1.3 Remoyo De piel "verde salada"	Solución de sal con sangre, bactericidas, tensoactivos y vestigios de tierra, polvo, etc.	<p>A.7 Optimizar el consumo de agua, reciclar los baños de lavado al prelavado, optimizar el uso de bactericidas y tensoactivos, preferenciando el uso de formulaciones con agentes biodegradables.</p> <p>A.8 Tratar el efluente salino dentro de la tenería por evaporación u otros métodos alternativos y manejar la sal adecuadamente.</p> <p>A.9 El efluente salino puede enviarse a drenaje especial conectado a una planta de tratamiento externa preparada para tratar estas aguas residuales. El transporte puede realizarse mediante pipas.</p>
	Sangre y bactericidas pH básico	<p>A.10 Si cumple con las condiciones de descarga, este efluente puede enviarse al drenaje municipal.</p> <p>A.11 Esta descarga puede unirse al drenaje alcalino para su tratamiento dentro de la tenería o enviarse a tratamiento a una planta general externa.</p>
De piel "en sangre"		

Cuadro 7.2: Alternativas para el manejo de residuos en las operaciones de recepción y remojo

Etapa Ribera	Tipo de desecho	Alternativas de manejo
1.4 Descame "en pelo" (opcional)	Sólidos con MOA* rica en proteína y grasa	A.12 Reuso: comercializar con empresas autorizadas.
1.5 Pelambre - Encalado - Depilado	Agua residual alcalina con alta concentración de sólidos suspendidos y disueltos: MOA, sulfuros, SH- y sulfatos de sodio, pelo, cal y carbonatos.	A.13 Si es posible, implantar el inmunizado y comercializar el pelo o enviarlo a relleno sanitario. A.14 Si no se implanta el inmunizado, minimizar el uso de sulfuros de sodio, reducir el volumen del baño y de ser posible implementar el descame en pelo. A.15 Enviar el efluente del baño de pelambre al drenaje alcalino. A.16 Se puede optar por un reciclado del baño de pelambre considerando un pretratamiento y el manejo de purgas y lodos. A.17 No mezclar los lodos de pelambre con materiales o efluentes ácidos y mantener el pH arriba de 8. Se pueden mezclar efluentes previamente neutralizados que tienen un pH arriba de 7. A.18 Los lodos pueden oxidarse previamente o recuperar el sulfuro. Los lodos alternativamente pueden ser tratados por métodos anaeróbicos o pirolíticos.
- Lavado (opcional)	Agua residual de pH básico, con vestigios de sulfuros, bicarbonatos, sulfatos de sodio, OH- y MOA soluble.	A. 19 Enviar el efluente al drenaje alcalino para su posterior tratamiento.

* MOA: materia orgánica animal

Cuadro 7.3: Alternativas para el manejo de residuos en las operaciones de descarte en pelo y pelambre

Etapa Ribera	Tipo de desecho	Alternativas de manejo
1.6 Descarnado en cal 1.7 Dividido en cal o tripa	Recortes con grasa y cal, S ²⁻ y Na ⁺ , con pH=12,5	A.20 Reusar, comercializar con empresas autorizadas, considerando la oxidación de los sulfuros se recomienda evitar usar agua oxigenada, permanganato de potasio o cualquier oxidante cuya producción tenga un costo ambiental muy alto.
1.8 Reencalado 1.9 Lavado	Efluente que contiene cal, vestigios de sulfuro y materia orgánica.	A.21 Enviar el efluente al drenaje alcalino para su posterior tratamiento dentro de la tenería o en una planta general. A.22 Se puede optar por un reciclado considerando el manejo de purgas y lodos.
1.10 Desencalado 1.11 Rendido o purga enzimática	Efluente con enzimas, proteínas, grasas emulsionadas, tensoactivos, sales de calcio, amonio, sodio y, en ocasiones, vestigios de pelo y aserrín.	A.23 Reemplazar el sulfato de amonio por CO ₂ , bisulfito de sodio o ácidos dicarboxílicos. Optimizar el proceso para utilizar menores cantidades de desencalante, considerando la solubilidad de los reactivos químicos. A.24 Utilizar en la purga, enzimas puras y mezclas con bajo contenido de sulfato de amonio. A.25 Enviar el efluente alcalino y tratar dentro de la tenería o en una planta general. Si cumple con los parámetros de la normatividad vigente puede enviarse al drenaje.
1.12 Lavado (opcional)	Agua con presencia de cal y vestigios de compuestos orgánicos, enzimas y sal.	A.26 Se puede optar por un reciclado si se utilizan enzimas selectivas. A.27 Si la concentración de los contaminantes es baja, especialmente de sales y cumple con las normas federales y estatales vigentes para el control de la calidad del agua, puede enviarse al drenaje municipal o utilizarse para riego. A.28 Puede unirse al efluente alcalino para su tratamiento dentro de la tenería o en una planta general.

Cuadro 7.4: Alternativas para el manejo de residuos en las operaciones de tratamiento de la piel en tripa antes del curtido

Etapa Curtido	Tipo de desecho		Alternativas de manejo
2.1 Pickle (acondicionado)	Efluente con ácidos minerales, orgánicos y sales (separación opcional)		A.29 Es posible reciclar el baño separando el efluente en este punto o en el siguiente, utilizando este baño para el curtido. A.30 Se puede sustituir el uso de ácido fórmico, sal y ácido sulfúrico por mezclas de ácidos sulfónicos que no requieren sal.
2.2 Curtido	Efluente que contiene ácidos y sales de cromo y sodio (separación opcional)		A.31 Agotar los baños de cromo mediante el control de pH, temperatura y tiempo de reacción. Probar productos para la curtición que permiten un mejor agotamiento. A.32 No mezclar con efluentes alcalinos sin neutralizar previamente hasta un pH mayor a 7.
2.3 Fijación o basificado	Efluente con sólidos solubles y suspendidos: sales de sodio, cromo III y magnesio, ácidos minerales y orgánicos.		A.33 Precipitar el cromo y enviar los lodos a empresas que lo recuperen. Alternativamente el precipitado puede acidificarse para reutilizarse en los baños de pickle.
2.4 Lavado (opcional) 2.5 Escumido	W E	Pequeñas cantidades de efluente de fijación	A.34 Unirlo al efluente de las operaciones anteriores (curtido).
2.6 Recorte en azul 2.7 Raspa en azul	T B L U E	Material orgánico con cromo	A.35 Reuso: Pueden comercializarse con empresas autorizadas para alimento de mamíferos carnívoros, por ejemplo perros gatos, cuidando que la dosis sea adecuada, o recuperación de cromo y proteínas, para fabricar cuero sintético, recurtientes proteínicos, u otros usos. También puede confinarse en sitios autorizados que cumplan con la normatividad vigente.

Cuadro 7.5: Alternativas para el manejo de residuos en las operaciones de curtido al cromo

Etapa "Acabado en Húmedo" (RTE)	Tipo de desecho	Alternativas de manejo
3.1 Desengrase y lavado (opcional) 3.2 Recurtido catiónico (opcional) 3.3 Neutralización 3.4 Lavado (opcional)	Efluente con cromo, sales de sodio y sustancias orgánicas. También puede continuarse sin sacar el efluente.	A.36 Unir la descarga con el baño de curtido para su reciclado y recuperación de cromo. A.37 El efluente de lavado se puede filtrar y reusar, también puede ser tratado por evaporación para eliminar sales.
3.5 Recurtido vegetal y/o sintético 3.6 Teñido 3.7 Engrasado	Efluente opcional Efluente con grasas emulsificadas, ácidos orgánicos, anilinas Sobrantes de cuero (camiche)	A.38 Enviar a drenaje de RTE hasta que se determinen los límites. A.39 Estimular el uso de taninos sintéticos sin formaldehído. A.40 Control de pH durante el teñido y emplear agotadores. A.41 El efluente se puede reciclar y/o se deben enviar a tratamiento junto con el drenaje alcalino para ser tratado en la tenería o en una planta general. A.42 El camiche puede ser comercializado con empresas autorizadas o mandarlo a relleno sanitario.
3.8 Escurrido y desvenado	Efluente con grasas emulsificadas, ácidos orgánicos, anilinas Recortes cuando se engrasa la piel sin desorillar Licor de engrase	A.43 Estos efluentes pueden reciclarse y las purgas neutralizarse y enviarse a drenaje alcalino.

Cuadro 7.6: Alternativas para el manejo de residuos en las operaciones de recurtido, teñido y engrase (RTE)

Etapa Acabado	Tipo de desecho	Alternativas de manejo
4.1 Acondicionado		
4.2 Secado en pinzas		
4.3 Desorillado	Recorte en crust	A.44 Enviar a empresas autorizadas.
4.4 Pulido o esmerilado	Polvo y aditamentos contaminados (lijas y filtros)	A.45 Mejorar la eficiencia del sistema de recolecta de los polvos. A.46 Enviar para su reuso o confinamiento a empresas autorizadas o a celdas especiales de confinamiento en el relleno sanitario. A.47 Pirolyzar cuando se implante un sistema en el país. A.48 Almacenar en recipientes tapados y etiquetados y enviar a confinamientos autorizados
4.5 Sacudido	Polvo y aditamentos contaminados	A.49 Seguir instrucciones de la etapa 4.4
4.6 Impregnación		
4.7 Secado por colgado		
4.8 Afinado (pulido)	Polvo y aditamentos contaminados (lijas y filtros)	A.50 Seguir instrucciones de la etapa 4.4
4.9 Sacudido		
4.10 Pigmentado	Recipientes que contuvieron pigmentos, lacas y disolventes.	A.51 Se pueden reusar rellenándolos, entregándolos al proveedor o a empresas que los utilicen con los mismos materiales o mandarlos a A.52 Pirolyzar cuando se implante un sistema en el país.
4.11 Planchado y grabado	No hay residuos	
4.12 Laqueado	Aditamentos y residuos que contienen sustancias tóxicas en estado sólido	A.53 Confinarse en celdas especiales en el relleno sanitario.

Cuadro 7.7: Alternativas para el manejo de residuos en las operaciones de acabado

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

■ Se plantean 3 alternativas como sistemas de tratamiento de residuos de curtiembres que descargan al alcantarillado. Los costos por construcción y por reactivos, así como por personal técnico involucrado en el tratamiento, definirá en última instancia, la mejor opción.

■ Los vertidos generados en el proceso de curtiembre que producen un mayor impacto ambiental provienen principalmente de las etapas de remojo, pelambre, curtido y recurtido. Todas las corrientes contienen una alta carga orgánica y de sales. Además, las corrientes de pelambre se caracterizan por contener sulfuros y las corrientes de curtido y recurtido contienen importantes concentraciones de cromo.

■ De acuerdo al tipo de curtido utilizado, se tienen niveles de contaminación más o menos tóxicos y de elevada carga orgánica por DBO; relacionando esta carga orgánica con los valores de población equivalente en términos de DBO, se puede apreciar que pueden alcanzar valores desde 782 hasta 86 626 personas, tomando como referencia una carga de 0,055 Kg DBO/ hab-día.

■ Se puede considerar que muchos materiales generados como subproductos tienen un valor comercial y pueden ser recuperables con ventaja económica, lo que conlleva una merma del aporte contaminante de sus aguas residuales, contribuyendo a que los sistemas de tratamiento sean menos costosos y soportables.

■ Es de gran importancia el mejoramiento de las tecnologías tradicionales y disponer de alternativas que favorezcan el medio ambiente, con el objetivo de reducir la contaminación durante el proceso. El reciclaje de los baños, la recuperación del cromo y la utilización más eficiente de

los productos químicos, tales como el alto agotamiento del cromo, son actualmente los medios más adecuados para tal fin. (14)

■ Al hacer un análisis de los sistemas de tratamiento vigentes, se puede ver que no existen sistemas uniformes aplicables en forma general. La elección del método de tratamiento de efluentes más eficiente depende de las condiciones imperantes y debería diseñarse de acuerdo a cada caso particular.

■ La combinación apropiada de tratamientos fisicoquímicos y biológicos, adecuadamente diseñados, instalados y manejados produciría un efluente que debería ser aceptable.

■ El tratamiento de los efluentes por bloque de operación (efluentes de la misma naturaleza) tiene las siguientes ventajas: el reuso implica la disminución del consumo de reactivos; se economiza agua por la reutilización de licores; el reuso parcial o total de sustancias químicas disminuye su presencia en el efluente final. (8)

8.2 RECOMENDACIONES

■ Se debe empezar con una estrategia de minimización y reciclaje, que permita aprovechar al máximo todos los componentes presentes en la elaboración del producto. Para ello, teniendo en cuenta que las concentraciones de sulfuro y de cromo en los licores de pelambre y curtido son altas, se podrían recircular, previa reposición de cal y Na_2S (primer caso) y precipitar como $\text{Cr}(\text{OH})_3$ para luego redissolver con H_2SO_4 (segundo caso). Otra alternativa para el primer caso es la recuperación de sulfuro por formación y desprendimiento de H_2S y posterior absorción en soluciones de NaOH .

■ Para reducir los efectos de la contaminación, en la mayoría de los países se está tratando que las operaciones de ribera (las que representan aprox. el 65% del volumen generado) sean realizadas en los mataderos, debido a que éstos tienen mejores condiciones de recuperación de pelos, carnaza, fibra muscular, sebo, etc.

■ El sebo debe ser recuperado en todas las curtiembres, ya que es el subproducto de mayor valor comercial, se utiliza en la fabricación de jabón, grasa y velas. El mismo criterio se usa con la carnaza, que sería la materia prima para la fabricación de cola.

■ A largo plazo, sería recomendable trasladar todas las curtiembres, agrupándolas en una zona lejos de los centros urbanos, que tuviese la infraestructura adecuada para el funcionamiento de estas industrias. Tal medida permitirá por una parte, evitar problemas con la comunidad y, sería factible tratar los residuos en conjunto de varias empresas.

■ La frecuencia de recolección de los residuos sólidos debiera ser mayor, para evitar problemas de descomposición.

■ En lugares donde actualmente no se practica ningún tratamiento, la primera consideración sería instalar y observar el grado de mejoría obtenido con el tratamiento primario antes de considerar los procesos secundarios. Si varias curtiembres se encuentran próximas, estas plantas deben considerar el tratamiento común para reducir el costo unitario del tratamiento.

■ Debido a las características microbiológicas y fisicoquímicas de los desechos orgánicos y sólidos de las curtidurías, como son el pelo y lodo residual, no se recomienda su almacenamiento indefinido sin tratamiento. Es necesario someter a algún tipo de tratamiento a estos desechos antes de su uso o disposición.

■ El gobierno debería: controlar la venta de químicos importados para curtiembres; encontrar recursos y capital para actualizar los parques industriales en Arequipa y Trujillo, teniendo en consideración la producción limpia; apoyar y fomentar el desarrollo de un mercado para cuero wet-blue producido solo por curtiembres formales; promover la exportación de wet-blue y de productos de cuero terminado mediante el otorgamiento de un “sello de calidad” a aquellos productores que utilizan producción limpia.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Arce G., O. “Alternativas de tratamiento de RIL de curtiembres que descargan al alcantarillado”. Presentado en Congreso Bolivariano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Paz (Bolivia). 1991. pp 2.
- (2) Posada R., E. “Presente y Futuro de la Contaminación en la Curtiembre”. Revista Contaminación Ambiental, año 6, N° 9. Medellín (Colombia). 1982. pp 29.
- (3) Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales. Dirección de Asuntos Ambientales. “Propuesta de Límites Máximos Permisibles- Subsector Curtiembre”. Lima (Perú). 2001. pp 5.
- (4) PROMPEX. Boletín N° 10-2001: “Boletín mensual sector cuero, calzado y complementarios”. Lima (Perú). 2001.
- (5) Miller, S.; Gagnet, A.; Worden, R. “Reporte Técnico para la Industria de las Curtiembres en el Perú”. Informe para el MITINCI. Lima (Perú). 1999. pp 9.
- (6) Instituto Nacional de Ecología. “Manual de procedimientos para el manejo adecuado de los residuos de la curtiduría”. 1era edición. México. 1999. pp 4.
- (7) Schnettler R., C. Tesis: “Estudio de soluciones al problema de residuos líquidos de la industria del cuero en el área metropolitana”. Santiago (Chile). 1981. pp19.
- (8) Perales, W. y Morales, L. Tesis: “Influencia de la Minimización en la Industria de Cuero- Zona Industrial de Lima”. FIA- UNI. Lima (Perú). 1992. pp 88.

- (9) Zárate, M. y Rojas, C. "Guía técnica para la minimización de residuos en curtiembres". Edición revisada. CEPIS. Lima (Perú). 1995. pp 4.
- (10) Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales. Dirección de Asuntos Ambientales. "Guía de Prácticas Limpias: Industria de Curtiembres". Lima (Perú). 1999. pp 11.
- (11) Castillo, E.; Casas, W. y Herrera, C. "Optimización de procesos industriales en el sector de curtiembres". Bogotá (Colombia). 1992. pp 21.
- (12) Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Organización Mundial de la Salud, Banco Mundial. "Guía para el tratamiento, almacenamiento y disposición de residuos de curtiembres". USA. 1991. pp 19.
- (13) Sánchez J, Lujano E., Baricelli P., Romero C., Bolivar C., Pardey A. "Desarrollo de un proceso para la remoción y recuperación de iones cromo (III) en efluentes de tenerías", trabajo presentado al XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Carabobo (Venezuela). 2000. pp 2.
- (14) Valencia G, L. "Resumen de las memorias: I Seminario Latinoamericano de Efluentes de Curtiembre". Revista Contaminación Ambiental, año 11, número 20. Medellín (Colombia). 1988. pp. 31.
- (15) Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales. Resolución Ministerial N° 026-2000-ITINCI/DM: "Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas". Lima (Perú). 2000. pp 3.

- (16) World Bank Group. "Pollution Prevention and Abatement Handbook: Tanning and Leather Finishing". Washington, D.C. (Estados Unidos). 1998. pp 404.
- (17) European Commission. Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies (Seville). "Reference Document on Best Available Techniques for the Tanning of Hides and Skins". Sevilla (España). 2001. pp 143.
- (18) Albert, L; López-Moreno, S; Flores, J. Centro de Ecología y Desarrollo. "Diccionario de la Contaminación". México. 1994.
- (19) Treybal, R. Operaciones de Transferencia de Masa. 2da edición. Editorial Mc Graw- Hill. México. 1988. pp 625.

x. APÉNDICES

APÉNDICE A: ESTÁNDARES DE DESCARGA DE EFLUENTES DE CURTIDURÍAS EN EL MUNDO

A.1. Estándares recomendados por el Banco Mundial: (16)

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO (kg/ t materia prima)
DBO	40
DQO	140
Nitrógeno	7
Cromo	6 (apuntar hacia 1,5)
Sulfuro	1
Desechos sólidos	500
Ratio de descarga de efluente	30 000 (apuntar hacia 15 000)

Fuente: UNEP, 1991 and Indian Standards Institution, 1977.

Cuadro 10.1: Descargas ideales por unidad de producción

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO (mg/ l, excepto para pH y coliforme)
pH	6 - 9
DBO	50
DQO	250
SST	50
Aceites y grasas	10
Sulfuros	1
Cromo Hexavalente	0.1
Cromo Total	0.5
Nitrógeno (NH ₄ - N)	10
Fósforo (Total)	2
Bacteria coliforme	400 NMP*/ 100 ml

*NMP: Número más probable

Cuadro 10.2: Efluentes líquidos de los procesos de curtido y acabado de cuero

A.2. Límites máximos propuestos en Perú: (3)

Parámetros	Límites Máximo Permisibles	
	ACTIVIDADES EXISTENTES	ACTIVIDADES NUEVAS
Temperatura, °C	35	35
Aceites y Grasas, mg/l	100	50

Fuente: Referencia bibliográfica N° 3

Cuadro 10.3: Límites máximos propuestos para el subsector curtiembre (descargas al alcantarillado)

Parámetros	Valores de Tránsito
	ACTIVIDADES EXISTENTES
Grado de Acidez o Alcalinidad (pH)	6,5 – 9,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO ₅), mg/l	1000
Demanda Química de Oxígeno(DQO), mg/l	2500
Sólidos Suspendidos Totales(SST), mg/l	1000
Sulfuro, mg/l	10
Cromo + 6, mg/l	0,5
Cromo Total, mg/l	5
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₄), mg/l	50

Fuente: Referencia bibliográfica N° 3

Cuadro 10.4: Valores de tránsito propuestos para el subsector curtiembre (descargas al alcantarillado)

A.3. Estándares para efluentes de curtiembres en otros países: (12)

Parámetro (mg/l u otro)	Brasil	Dinamarca	Francia	Alemania	Hungría	India	Italia	Países Bajos	Suiza	Reino Unido	EEUU	Japón
pH	5-9	6,5-8,5	5,5-8,5	6,5-9,5	5-10	5,5-9	6,5-9,5	6,5-8,5	5,5-8,5	6-9	6-9	5-4
Temperatura °C	40	30	30	35	.	.	30	25	30	25	.	.
DBO ₅	120	.	40-200	20-25	.	30	40	50	20	20-130	40	160
DQO	360	.	.	200-250	.	250	160	.	.	.	.	160
Sólidos suspendidos	130	30	30-100	.	50-150	100	80	80	20	30-80	60	200
Sulfuro	1	2	2	1	0,01-5	2	1	.	0,1	.	.	.
Cromo (III)	.	1	1	1	2-5	2	2	.	2	2-5	.	.
Cromo (IV)	.	0,1	0,1	0,5	0,5-1	.	0,2	.	0,1	0,1	.	.
Cromo total	0,5	.	.	.	.	.	.	0,05	.	.	1	2
Cloruro	.	.	.	.	.	.	1200	1200	200	.	4000	.
Sulfato	.	300	.	.	.	1000	1000	150	.	.	.	.
Amoniaco	1,5	2	15-80	5-10	2-3	15	.	.	.	100	.	.
Fósforo	1	.	.	.	.	100	.	.	.	.	.	10
Aceites /grasa	30	5	.	.	8-50	200	.	.	20	.	.	30

Fuente: ICT/Leather

Cuadro 10.5: Comparación de las normas de descarga de efluentes de curtiembres en diversos países

APÉNDICE B: PLAN DE MONITOREO DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS

Para caracterizar fisicoquímicamente los vertimientos de manera representativa, se tendrá en cuenta la R.M. N° 026-2000-ITINCI/DM del 23/02/2000: “Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas”: (15)

B.1. Selección de los parámetros:

Para los monitoreos preliminares, cuando aún no se conocen los parámetros importantes, se debe utilizar el cuadro 10.6 donde figuran muchas industrias, entre ellas, la de curtiembres. En tanto no se aprueben guías específicas para cada subsector, en monitoreos posteriores podrán seleccionarse solo los indicadores más importantes (Cuadro 10.7).

El cuadro 10.7 muestra los parámetros que deben ser monitoreados para la caracterización de efluentes industriales y cuerpos receptores, que incluirá además por lo menos 02 parámetros específicos de esta industria y, la Autoridad Competente podrá requerir la inclusión de parámetros adicionales.

Los mismos parámetros que se determinen para la fuente se aplicarán en el medio receptor. Además se analizarán los mismos parámetros en muestras aguas arriba y aguas abajo.

B.2. Muestreo y mediciones:

- a) Frecuencia.- Como mínimo se llevarán a cabo dos muestreos al año a máxima carga. Asimismo, se debe monitorear después de producido un derrame de reactivo, fallas en equipo o fugas. También se debe monitorear antes, durante y después de algún cambio en el proceso,

manejo de agua o cuando se observe un impacto en la calidad del agua receptora.

- b) Muestreo.- Comprende: Observaciones en la estación, mediciones de campo, toma de muestras, filtrado, almacenamiento de las muestras, conservación, etiquetado, embalaje, transporte y logística. Se distinguen 03 etapas: Pre- muestreo, recolección de la muestra y post-muestreo.
- c) Actividades de pre- muestreo.- Se debe definir:
- Equipos e instrumentos.- Los instrumentos de medición *in situ* deben estar limpios y calibrados antes de ir al campo, dejándolos en igual estado al final del muestreo.
 - Tipo de botella o recipiente de muestreo.- Se puede utilizar botellas de polietileno, vidrio o material especial.
 - Volumen de muestra.- Se requieren de 1 a 2 litros para análisis químicos simples y de 0,25 a 1 litro para análisis bacteriológico. Para metales se necesita 1 litro de muestra.
 - Método de preservación.- Para garantizar la certeza de los resultados analíticos se deben conservar las condiciones físicas, químicas y biológicas. Cuando es imposible analizar inmediatamente las muestras deberán refrigerarse o añadirse un preservante químico.
 - Tiempo máximo de almacenamiento.- Las muestras deben almacenarse solo por un tiempo limitado.

En el cuadro 10.8 se describe los criterios de recolección, preservación y almacenamiento para algunos parámetros analíticos.

Asimismo, se confeccionará una lista de equipos, materiales, reactivos, hojas de datos de campo, etc., los que se llevarán al campo.

- d) Actividades de muestreo y mediciones *in situ*.- La medición de algunos parámetros se realiza *in situ*, mediante instrumentos o equipos portátiles. Entre ellos resaltan: el conductímetro (conductividad), el oxímetro (oxígeno disuelto), el potenciómetro (pH), etc.

El caudal se puede calcular conociendo el área y la velocidad del flujo que fluye en determinada tubería o canal, así:

$$Q = V_m * A \quad ; \text{ donde:} \quad \begin{array}{l} Q = \text{Caudal} \\ V_m = \text{Velocidad media} \\ A = \text{Área} \end{array}$$

	1,1,1 Tricloroetano	HCl	Acido Sulfúrico	Aceites y grasas	Acetona	Aluminio	Amoniaco	Arsénico	Benceno	Butadieno	Cadmio	Cianuros	Cobre	Coliformes	Cromo Total	Cromo VI	DBO	DQO	Estireno	Fenoles	Fluoruro de Hidrógeno	Fluoruros	Formaldehido	Mercurio	Metanol	Metil Etil Ketona	Niquel	pH	Plomo	SST	Sulfuros	Temperatura	Tolueno	Xileno	Zinc	
Cemento, cal y yeso																												X	X	X						
Cerveza y malta				X													X	X										X	X	X						
Hilo, tela y acabado				X										X	X	X	X	X		X								X	X	X	X					
Indust. Básica del Hierro y Acero				X		X				X	X			X	X		X	X		X			X					X	X	X	X			X		
Indust. Básica del Metal no ferroso				X	X	X				X	X									X	X		X			X	X	X	X	X				X		
Indust. de madera, papel y cartón				X													X	X										X	X	X						
Indust. del metal acabado	X			X			X			X	X	X		X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Resinas sintéticas, materiales plásticos y fibras artificiales	X			X	X	X										X	X	X			X			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Sustancias y productos químicos				X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Curtiembres				X		X								X	X	X	X	X									X	X	X	X	X	X	X	X	X	

*SST: Sólidos suspendidos totales

Fuente: EPA (1997)

Cuadro 10.6: Contaminantes seleccionados en efluentes de algunas industrias

PARÁMETROS	EFLUENTE INDUSTRIAL	CUERPO RECEPTOR
Caudal	SI	SI
Temperatura	SI	SI
Demanda Bioquímica de Oxígeno- DBO ₅	SI	SI
pH	SI	SI
Sólidos en Suspensión	V	V
Aceites y grasas	SI	V
Otras según el tipo de industrias		
V= Variable. La medición de estos parámetros depende del tipo de proceso.		

Cuadro 10.7: Parámetros para monitoreo de efluentes líquidos y cuerpos receptores

PARÁMETROS FISICO- QUÍMICOS	VOLUMEN MÍNIMO	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Temperatura	25 ml	P ó V		Inmediato
pH	100 ml	P ó V		Análisis inmediato
Sólidos Totales en suspensión	100 ml	P ó V	Refrigerar	2 - 7 días
Sólidos Sedimentables	100 ml	P ó V	Refrigerar	2 - 7 días
DBO ₅	1000 ml	P ó V	Refrigerar	48 horas
DQO	100 ml	P ó V	Refrigerar / H ₂ SO ₄ a pH<2	28 días
Fenol	500 ml	P ó V	Refrigerar / H ₂ SO ₄ a pH<2	28 días
Aceites y grasas	500 ml	V	Refrigerar / H ₂ SO ₄ a pH<2	28 días
Detergentes	250 ml	P ó V	Refrigerar	48 horas
Fósforo total	100 ml	P ó V	Refrigerar / H ₂ SO ₄ a pH<2	28 días
Cromo total	100 ml	V	HNO ₃ a pH<2	6 meses
Coliformes Totales	100 - 500 ml	P ó V	Refrigerar	Máximo 24 horas
Color	500 ml	P ó V	Refrigerar	48 horas

Fuente: Referencia bibliográfica N° 15

Cuadro 10.8: Recolección, preservación y almacenamiento de muestras.

Las muestras serán tomadas a máxima carga y de tipo compuesto, cada 4 horas durante la jornada de trabajo. Es importante identificar la muestra mediante una etiqueta numerada, rotulándose el frasco y no la tapa y debe contener: nombre de la planta, fecha de muestreo, estación y número de muestreo, preservación y código del análisis.

Se preservará la muestra a 4° C sin olvidar la preservación química. El transporte de los envases se hará en cajas térmicas aislantes. Deberán mantenerse en el contenedor fresco y oscuro, verticalmente.

- e) Actividades post- muestreo.- Se deberá chequear que los equipos mantengan la calibración establecida.

En los análisis deberá intercalarse los blancos entre cada grupo de muestras (un blanco por cada 10 muestras). Se pueden utilizar los procedimientos estándar dados en el cuadro 10.9.

PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS	NORMA EPA	STANDARD METHODS APHA	MÉTODOS	EQUIPOS
Caudal			Volumétrico y flotante	Caudalímetro Correntómetro
Temperatura	170.1	2550- B	Termométrico	Termómetro
pH	150.1	4500- H+ - B	Electrométrico	Medidor de pH
Sólidos Totales en suspensión	160.2	2540- D	Sólidos totales en suspensión secados a 103- 105°C	Balanza analítica
Sólidos Sedimentables	160.5	2540- F	Vol. Cono de Imhoff	Cono Imhoff
DBO ₅	405.1	5210- B	DBO ₅ , (5 días, 20°C)	Incubadora
DQO	410.1	5520- B	Volumétrico Reflujo abierto	Laboratorio
Fenol	420.1	5530- C	Colorimétrico	Espectrofotómetro
Aceites y grasas	1664	5520- B	Gravimétrico - Extracción Ácido ascórbico	Peras extractoras
Fósforo total	365.3	4500 P- E		Espectrofotómetro
Cromo total	218.1	3111- B	Aspiración directa	Absorción atómica
	218.2	3113- B	Horno grafito	Horno grafito
Coliformes Totales		9221- B	Técnica fermentación	Laboratorio

Fuente: Referencia bibliográfica N° 15

Cuadro 10.9: Metodología y equipos para monitoreos de efluentes líquidos.

B.3. Procesamiento de datos e informes:

- a) Procesamiento de los datos.- Deben compararse los resultados de los parámetros medidos en el campo con los analizados en el laboratorio, así como revisar las muestras de garantía de calidad. Se implementará un archivo del monitoreo de efluentes líquidos que contenga: Información básica de la planta (incluye mapa de área, ríos, estaciones de muestreo), descripción de la red de monitoreo y la ubicación de cada estación de muestreo, hoja de registro de datos de campo y reportes de laboratorios.
- b) Elaboración de informes.- Los informes serán trimestrales, semestrales o anuales, según lo disponga el MITINCI⁸. El informe debe presentarse de manera clara, concisa y debe contener: objetivos, metodologías y procedimientos empleados para lograr los objetivos, resultados del monitoreo, conclusiones derivadas de la interpretación de los resultados, recomendaciones y anexos.

⁸ MITINCI: Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales

APÉNDICE C: GLOSARIO DE TÉRMINOS RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN Y LA INDUSTRIA DEL CUERO (6, 18)

C.1. Generales:

- 1) **AMBIENTE.-** El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo.
- 2) **AGUAS RESIDUALES.-** Cualquier tipo de agua generada en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permite usarla de nuevo en el proceso o actividad que la generó.
- 3) **CARNAZA.-** Es la parte obtenida del lado de la carne, al dividir las pieles en una o varias capas, cualquiera que sea su acabado. Se obtiene generalmente de pieles vacunas.
- 4) **COLÁGENO.-** Proteína principal de la piel susceptible de curtirse.
- 5) **COLIFORMES FECALES.-** Son bacterias unicelulares encontrados en los tractos intestinales de los humanos y otros animales de sangre caliente. Su presencia en el agua es un indicador de posible contaminación con desechos humanos o animales, entonces, el agua puede contener bacteria, virus u otros organismos que causen enfermedades.
- 6) **CONTAMINACIÓN.-** La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

- 7) **CONTAMINANTE.**- Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.
- 8) **CUERO.**- Material proteico fibroso (colágeno) de la piel, con flor o flor corregida, que ha sido tratado químicamente con material curtiente para darle estabilidad hidrotérmica y mejorar sus características físicas.
- 9) **CURTIDO.**- es una operación mediante la cual se obtiene un cuero con propiedades de durabilidad, textura, impermeabilidad, flexibilidad, etc. que le permiten ser utilizados en diferentes productos, principalmente en la fabricación de calzados, tapicería, y otros. Las operaciones de curtido se realizan con un producto deshidratante, luego la curtiente penetra en la piel y bloquea los grupos amino y, al mismo tiempo une sus moléculas a las del coloide proteínico aumentando el entrecruzamiento molecular y confiriendo al producto las nuevas propiedades.
- 10) **DISPOSICIÓN FINAL.**- Acción de depositar materiales en confinamientos controlados o en rellenos sanitarios, con el fin de reducir o deshacerse de los mismos.
- 11) **EFLUENTE.**- Cauce de agua que sale de una instalación depuradora. Una acepción más general define efluente como todo sólido, líquido o gas que entra en el ambiente como un subproducto de las actividades humanas.
- 12) **ENDODERMIS.**- Capa de la piel que esta compuesta por músculo.
- 13) **ENZIMA.**- Compuesto derivado de células animales o vegetales o bien de origen sintético que cataliza la destrucción de proteínas y grasas.
- 14) **FLOR.**- Cara externa de la piel, en la cual las fibras tienen orientación vertical, sin pelo o lana y sin epidermis, ya curtida y/o acabada.

- 15) **MINIMIZACIÓN.**- En la gestión de los residuos es el concepto aplicado para disminuir al mínimo la producción de residuos, aplicando asó el concepto de las tres R: reducción, reciclaje y reutilización.
- 16) **MSDS.**- Material Safety Data Sheet (MSDS) constituye la hoja de datos de seguridad de cada material y producto incluyendo las especificaciones técnicas, consideraciones de inflamabilidad, toxicidad y reactividad así como consideraciones para el manejo y almacenamiento adecuados, planes de contingencia ante la exposición, inhalación, ingestión e intoxicación al igual que el equipo de protección personal que requiere su manejo, disposición y almacenaje.
- 17) **PRE-TRATAMIENTO.**- Es un proceso inicial de tratamiento aplicado a un efluente antes del tratamiento primario para retirar material grueso, para neutralizar desechos alcalinos o ácidos y acondicionar las características del efluente y los flujos. Esto se lleva a cabo mezclando los efluentes colectados y dirigiendo eventuales grandes flujos o concentrados a tanques de retención o estanques.
- 18) **PREVENCIÓN.**- El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente.
- 19) **RECICLAJE.**- Recuperación de materiales que pueden ser empleados como materia prima en los mismos procesos productivos que los generan, o bien en procesos compatibles para elaborar bienes sustitutos.
- 20) **RESIDUO.**- Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.
- 21) **SINTANOS.**- Son curtientes sintéticos que se obtienen tratando sustancias aromáticas tipo fenol, naftol, cresol, etc. con formaldehído,

para condensarlas y posteriormente con ácido sulfúrico para introducirle grupos sulfónicos a la molécula y darle una cierta solubilidad.

- 22) **TRATAMIENTO PRIMARIO.-** Son procesos para retirar los sólidos suspendidos del efluente. Normalmente incluye la remoción de agua de los lodos sedimentados para facilitar la disposición de sólidos en un relleno sanitario o para incinerar. Es un pre-requisito para casi todos los tratamientos secundarios.
- 23) **TRATAMIENTO SECUNDARIO.-** Es una etapa de tratamiento aeróbico de un efluente, en el cual los microorganismos oxidan y descomponen los materiales orgánicos existente, generalmente reducen su toxicidad.

C.2. Proceso de Fabricación:

- 1) **CUERO EN CRUST.-** Es el cuero secado antes del acabado en seco. Cuero recurtido.
- 2) **DESCARNADO EN PELO.-** Consiste en quitar de la endodermis los restos del músculo y colgajos, puede efectuarse en cal crudo, a mano o con máquina de descarnar.
- 3) **FLOR CORREGIDA.-** Flor pulida o esmerilada por medio de una lija.
- 4) **PIEL DESENCALADA.-** Piel en tripa a la que se ha eliminado la cal.
- 5) **PIEL EN SANGRE.-** Piel del animal recién desollada sin ningún sistema de conservación.
- 6) **PIEL EN TRIPA.-** Es la piel limpia y desprovista de tejido subcutáneo y capa de epidermis, debidamente tratada para pasar al proceso de curtición.(eventualmente sin pelo ó lana).

- 7) PIEL FRESCA SALADA.- Es la piel fresca que ha sido sometida a un tratamiento con sal con corto almacenamiento.
- 8) PIEL FRESCA.- Es la piel del animal recién desollado.
- 9) PIEL PIQUELADA.- Es la piel desencalada con un pH menor de 4,5, obtenida mediante la adición de sales y ácidos.
- 10) PIEL SECA.- Es la piel conservada secándola a la sombra.
- 11) PIEL VERDE SALADA.- Es la piel preservada con sal y con largo tiempo de almacenamiento.
- 12) PROTEÓLISIS ENZIMÁTICA.- Reacción química de hidrólisis, que consiste en desdoblar la proteína del colágeno por medio de enzimas.
- 13) VAQUETA.- Es el cuero de ternera curtido y adobado.
- 14) WET BLUE.- Cuero apelmbrado y curtido al cromo, producto del proceso de curtido.