

Proyecto Gestión Ambiental en la Industria de Curtiembres en Colombia

MANUAL AMBIENTAL SECTORIAL



Febrero 2004



MANUAL AMBIENTAL SECTORIAL
PROYECTO GESTIÓN AMBIENTAL EN EL SECTOR DE CURTIEMBRES

REALIZADO POR:

Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales
Carlos Alberto Arango Escobar
Director Ejecutivo

AUTORES:

Adriana María Alzate Tejada
Olga Lucía Tobón Mejía
Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales

APOYO:

Mónica Aragón Guzmán
MSc Programme in Environmental Sciences at Wageningen
University and Research Centre in The Netherlands
Heidi Krapf
Instituto Federal Suizo de Investigación y Prueba de Materiales
y Tecnologías. EMPA
Wolfram Scholz
Leather Technology Center Limited. BLC

PROYECTO FINANCIADO POR:



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y LA GESTIÓN AMBIENTAL	5
2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	6
2.2. DEFINICIÓN DE PML	8
2.3. BENEFICIOS	9
2.4. IMPLEMENTACIÓN. METODOLOGÍA DE AUDITORÍA SEGÚN DESIRE (1995)	11
3. DESCRIPCIÓN PROCESO DE CURTICIÓN E IMPACTO AMBIENTAL	13
3.1. LA CADENA PRODUCTIVA DEL CUERO	13
3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CURTICIÓN	14
3.3. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PROCESOS DE CURTICIÓN	22
4. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CURTIEMBRES	27
4.1. BUENAS PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	28
4.2. TECNOLOGÍAS LIMPIAS	31
PELAMBRE SIN DESTRUCCIÓN DE PELO (HAIR – SAVE)	31
DESENCALADO CON CO ₂	35
RECICLAJE DEL LICOR DE PIQUEL	37
RECIRCULACIÓN DE CROMO	38
4.3. CASOS PRÁCTICOS	42
5. SISTEMA DE REFERENCIACIÓN AMBIENTAL, SIRAC	53

1. INTRODUCCIÓN

El presente Manual es uno de los productos del proyecto “Gestión Ambiental en la Industria de Curtiembres”, desarrollado por el Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales, CNPMLTA, en convenio con el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” COLCIENCIAS y el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, con el apoyo internacional del Instituto Federal Suizo de Investigación y Prueba de Materiales y Tecnologías, EMPA.

Este Manual hace parte del material docente diseñado como programa de capacitación especializado en herramientas de gestión ambiental y producción más limpia, con énfasis en el sector de curtiembres, contribuyendo al mejoramiento del desempeño ambiental, la productividad, y la competitividad de las empresas, así como al fortalecimiento del Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales.

El Manual presenta como primer tópico el tema de Producción Más Limpia y Gestión Ambiental con lo cual se orienta al lector en primera medida a reducir la generación de residuos en cada etapa del proceso de producción con el fin de minimizar o eliminar residuos antes que se generen contaminantes potenciales. Posteriormente, presenta el análisis de cada una de las etapas de proceso con su impacto ambiental relacionado y las posibilidades de optimización de los procesos.

Finalmente y como valor agregado este Manual orienta en la identificación al interior de las empresas, de alternativas de mejoramiento enfocadas en buenas prácticas de proceso y en implementación de tecnologías limpias. Presenta adicionalmente ejemplos internacionales de casos reales de empresas del sector con beneficios claros económicos y ambientales.

En general este Manual pretende ser una ayuda práctica para los empresarios, consultores, multiplicadores y todos aquellos actores relacionados, dado que refleja las opciones de mejoramiento del proceso aplicables al sector según la realidad de la Industria de Curtiembre en Colombia.

2. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y LA GESTIÓN AMBIENTAL

La industria trató primero de manejar la contaminación usando el ambiente natural para diluir el impacto de los contaminantes. Posteriormente, esto no fue suficiente y algunas acciones debieron ser tomadas para minimizar el impacto de estos contaminantes en el ambiente. Esto llevó al uso de tecnologías para el **control de la contaminación (final de tubo)**, métodos costosos y, frecuentemente, no muy efectivos.

La **Producción Más Limpia** evita la contaminación industrial al reducir la generación de residuos en cada etapa del proceso de producción con el fin de minimizar o eliminar residuos antes que se generen contaminantes potenciales.

Los términos "Prevención de la contaminación", "reducción en la fuente" y "manejo/minimización de residuos" son frecuentemente **usadas para definir lo mismo**, Producción Más Limpia.

La Producción Más Limpia puede ser **alcanzada de muchas maneras**, tales como buenas prácticas y procedimientos de operación, sustitución de materiales, cambios tecnológicos, reciclaje y rediseño del producto o cualquier combinación de estas acciones.

La Producción Más Limpia es **más costo-efectiva** que el control de la contaminación. Al minimizar o prevenir la generación de los residuos, los costos del tratamiento y disposición de los residuos son menores. La prevención sistemática de los residuos y los contaminantes reduce las pérdidas en los procesos e incrementa, tanto la eficiencia, como la calidad del producto.

La ventaja ambiental de la Producción Más Limpia es que **resuelve los problemas de residuos en su fuente**. El tratamiento convencional de final de tubo usualmente traslada los contaminantes de un ambiente a otro, p.e. purificar las emisiones de aire genera corrientes de residuos líquidos.

La Producción Más Limpia frecuentemente no es aceptada por factores humanos más que por problemas técnicos. El enfoque tradicional de final de tubo es bien conocido y aceptado por la industria y los ingenieros. Las políticas y regulaciones existentes del gobierno frecuentemente favorecen las soluciones de final de tubo, las cuales son administrativamente más fáciles de imponer. Existe **una falta de comunicación** entre los encargados de los procesos de producción y aquellos que manejan los residuos que son generados. También hay una falta de información y que esta sea fácilmente accesible. Los administradores y trabajadores que saben que la empresa es ineficiente y desperdicia no son escuchados al sugerir mejoras.

Aunque las técnicas de Producción Más Limpia son preferibles, algunos tratamientos de final de tubo pueden ser todavía necesarios cuando sea imposible eliminar completamente la producción de residuos.

Ya que la producción Mas Limpia ataca el problema en muchos niveles organizacionales al mismo tiempo, la introducción de un programa de este tipo en una industria requiere el **compromiso de los administradores y de un enfoque sistemático** para la reducción de residuos en todos los aspectos del proceso de producción.

El desarrollo industrial futuro basado en la Producción Más Limpia acercaría la actividad industrial al encuentro con el criterio de Desarrollo Industrial Ambientalmente Sostenible, ya que ambos reducirían las cargas contaminantes e incrementarían la eficiencia en la utilización de la energía y la materia prima.

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El enfoque al control de la contaminación ha evolucionado a través de tres etapas en los últimos 50 años:

1. Dilución
2. Tratamiento
3. Evitar -> Producción Más Limpia (3R: Reducir, reusar, reciclar)

Muchos países todavía están en la etapa de dilución y/o tratamiento.

El enfoque de dilución involucra la descarga de contaminantes directamente al ambiente. Esto recae en la capacidad de asimilación del agua, aire y suelo para diluir o neutralizar los impactos. Este enfoque puede funcionar si la cantidad de residuos es pequeña comparada con el volumen que tiene el ambiente.

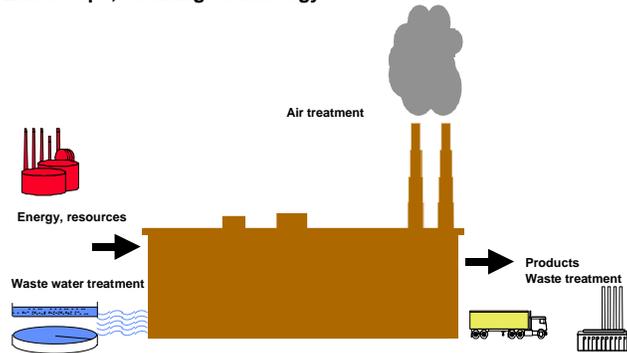
La etapa de tratamiento, tradicionalmente llamada tratamiento al final de tubo, ha sido usada al final de procesos de producción para recoger los contaminantes y después separarlos o neutralizarlos de varias maneras, usualmente en instalaciones especialmente construidas. Algunas veces el tratamiento simplemente separa los contaminantes de la corriente de residuos, pero todavía tienen que ser dispuestos en alguna otra parte.

Dilución y tratamiento, e incluso reciclaje, no son soluciones a largo plazo. Los sistemas naturales tienen limitada capacidad de asimilación para diluir residuos.

En áreas donde hay una alta concentración de industrias, esta capacidad es fácilmente excedida. Los residuos pueden afectar la salud humana, reducir la productividad de los sitios de pesca y de los terrenos agrícolas y dañar las obras hechas por el hombre. El nivel de tratamiento es casi siempre limitado porque muy pocos de los costos de producción pueden ser asignados para control de la contaminación, la cual no es una inversión productiva. El reciclaje frecuentemente sufre de mercados pobres o impredecibles para sus productos. Ambos tratamientos y el reciclaje generan posteriormente residuos, algunos de los cuales pueden ser peores que el subproducto original.

El enfoque de los costos del tratamiento al final del tubo (Figura 1.1) está creando una barrera para un futuro desarrollo industrial. Los Estados Unidos gastaron US\$ 100 mil millones y los países de la Comunidad Europea gastaron más de US\$ 30 mil millones en control de la contaminación en 1992.

End of Pipe, Cleaning Technology



Cleaner Production

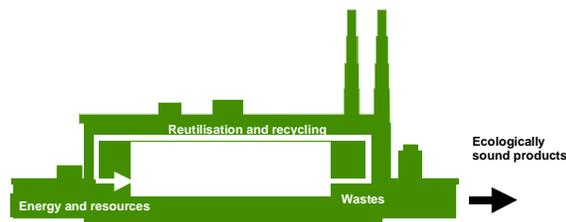


Figura 1.1 Fin de tubo y Producción Más Limpia

La **Producción Más Limpia** (Figura 1.2), es preventiva, es un enfoque que evita y minimiza los problemas ambientales. Al evitar la contaminación por métodos preventivos frecuentemente se resuelve el problema en vez de tratar los síntomas. Como una consecuencia de la Producción Más Limpia, se generan ahorros en los costos y una mejor calidad de los productos.

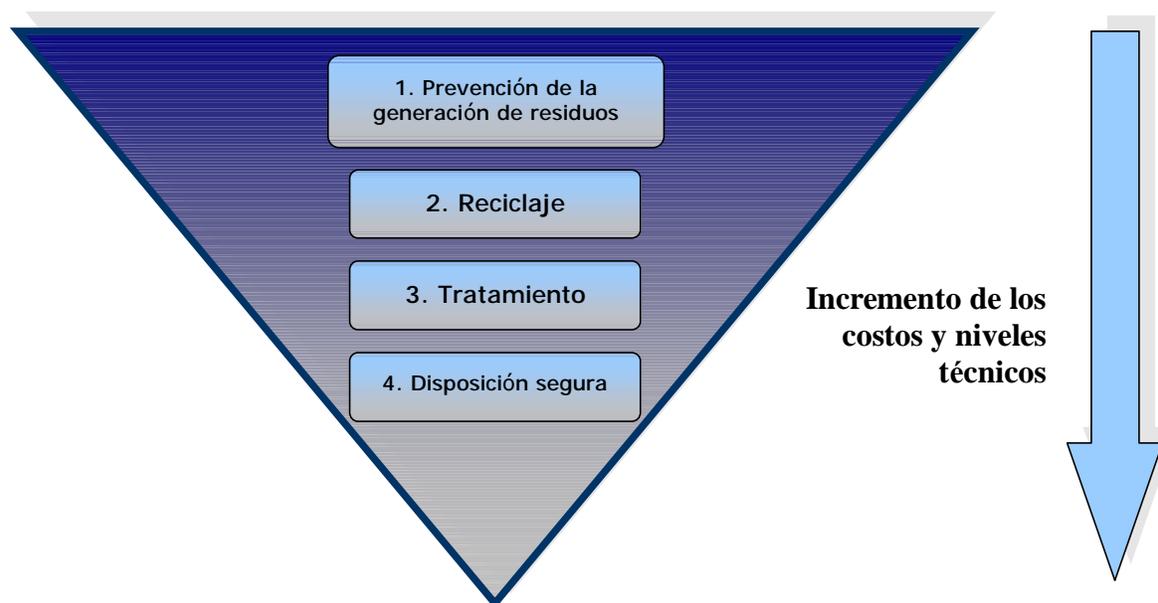


Figura 1.2 Orden de preferencia en PML y manejo de residuos

2.2. DEFINICIÓN DE PML

La UNEP, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, define la Producción Más Limpia (PML) como "la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente".

La PML es una estrategia comprobada y reconocida mundialmente para mejorar el uso eficiente de los recursos naturales y minimizar los residuos, la contaminación y los riesgos generados hacia la salud y seguridad humana, más que en el final de los procesos como por ejemplo, el llamado "fin de tubo".

La PML se orienta a la reducción de generación de residuos y contaminantes en todas las etapas de los procesos productivos, del diseño y uso de los productos y de la prestación de los servicios así:

En los procesos productivos se refiere a la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones contaminantes y los desechos.

En los productos busca la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final.

En los servicios se orienta hacia la incorporación de la dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la prestación de los mismos.

2.3. BENEFICIOS

La Producción Más Limpia es benéfica para el ambiente porque reduce la contaminación de la industria. También existen **beneficios directos** para las compañías que sigan esta metodología tales como:

- 1 Ahorro de costos mediante la reducción y el uso de materias primas y energía.
- 2 Mejor eficiencia operativa de la planta.
3. Mejor calidad de los productos y consistencia porque la operación de la planta es controlada y por ende más predecible.
4. La recuperación de algunos materiales de los subproductos.
5. Reducción de residuos -> reducción de impuestos
6. Menores primas de seguros.
7. Mayor credibilidad para créditos por parte de los bancos.

La PML lleva al ahorro de costos y a mejorar la eficiencia de las operaciones, habilita a las organizaciones y empresas a alcanzar sus metas económicas mientras mejoran el ambiente al mismo tiempo.

La Producción Más Limpia Requiere:

1. Aplicación del saber (know-how)
2. Mejorar la tecnología
3. Cambio de actitudes

La Producción Mas Limpia no siempre requiere nuevas tecnologías o equipos.

En el proyecto PRISMA, los gobiernos de los países Nórdicos seleccionaron 10 de las industrias más eficientes. Una valoración inicial de posibilidades de Producción Más Limpia proporcionaron 164 opciones, distribuidas como sigue: mejorar oficios domésticos (28%), sustitución de material (22%), cambios tecnológicos (39%), reciclaje local (10%) y rediseño de productos (1%).

El enfoque de Producción Más Limpia hacia la gestión del medio ambiente en la industria requiere un planteamiento jerárquico para las prácticas de manejo de contaminantes.

Solamente cuando las técnicas de prevención han sido totalmente adoptadas se pueden usar las opciones de reciclaje. Solo cuando los residuos son reciclados tanto como sea posible debe considerarse el tratamiento de residuos. El uso del reciclaje externo o tecnologías de fin de tubo maximizados antes de prevenir no es Producción Más Limpia.

La implementación de la Producción Más Limpia involucra cambios en el pensamiento humano y en sus actitudes acerca de la producción y del ambiente¹.

¹ Fuente: UNEP / UNIDO

Buenas prácticas domésticas y procedimientos operativos

1. Ajustar las válvulas y revisar las tuberías para reducir los escapes. Cerrar las llaves cuando no se necesite el agua.
2. Optimizar los parámetros de funcionamiento de la planta.
3. Reducir el almacenamiento y las pérdidas de transferencia revisando procedimientos.
4. Mejorar el manejo de materiales para reducir derrames.

La sustitución de material

1. Sustituir solventes por agua.
2. Sustituir los baños ácidos del acero por el tratamiento del peróxido.
3. Sustituir el blanquear con cloro por blanqueamiento con oxígeno.

Los cambios de tecnología

1. Tratamientos por lotes en vez de procesos continuos.
2. Limpieza mecánica en vez de limpieza con solventes.
3. Pintura en polvo en vez de pintura líquida.
4. Alimentación automática en vez alimentación manual de químicos.
5. Calentamiento en seco en vez de baños en caliente para el acabado de metales.

Reciclaje en el sitio

1. Reciclaje interno de aguas de lavado.
2. Lavados o limpiezas más eficientes usando los principios de flujos en cascada.
3. Recuperación y reciclaje de vapores condensados.

Rediseño del producto

1. Remoción de sustancias tóxicas de los componentes del producto.
2. Concentrar el producto para reducir el empaque.
3. Incrementar la durabilidad y mejorar la reparabilidad.
4. Usar materiales que puedan ser reciclados.

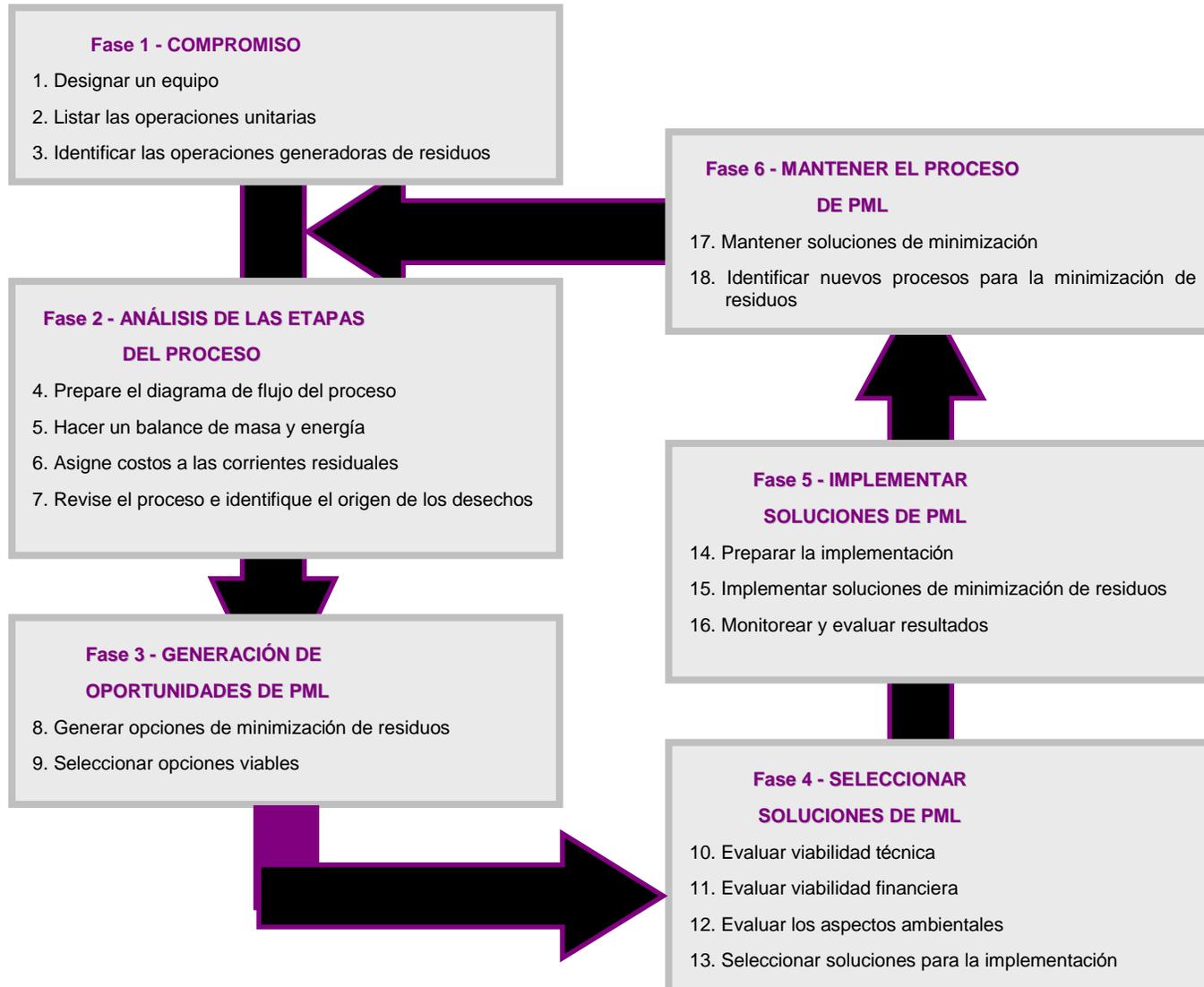
2.4. IMPLEMENTACIÓN. METODOLOGÍA DE AUDITORÍA SEGÚN DESIRE (1995)

La metodología DESIRE de auditoría, divide la minimización de los residuos en seis etapas. El objetivo de cada una de estas es el siguiente:

1. **Iniciar:** Se planea y organiza la auditoría para la minimización de los residuos, incluyendo el establecimiento de un equipo para el proyecto y la selección del enfoque de la auditoría.
2. **Análisis de las etapas del proceso:** Se evalúan las unidades de operación correspondientes a la selección del enfoque de la auditoría con el fin de cuantificar la generación de residuos, sus costos y causas.
3. **Generación de oportunidades de minimización de residuos:** Se Desarrollan y seleccionan preliminarmente las oportunidades de minimización de residuos.
4. **Selección de las soluciones de minimización:** Se evalúa la viabilidad técnica y financiera de las oportunidades ambientalmente deseables con el fin de seleccionar las mejores soluciones.
5. **Implementación de las soluciones de minimización:** Se implementan las soluciones más viables de minimización de residuos y el monitoreo de los resultados logrados con su implementación.
6. **Mantenimiento de la minimización de residuos:** Perpetuar la búsqueda continua de oportunidades de minimización de residuos.

El diagrama de flujo con las 18 actividades o tareas ejecutadas en cada fase se presentan en la Figura 1.3.

Figura 1.3 Diagrama de flujo para el procedimiento de la auditoría DESIRE



3. DESCRIPCIÓN PROCESO DE CURTICIÓN E IMPACTO AMBIENTAL

3.1. LA CADENA PRODUCTIVA DEL CUERO

La cadena productiva del cuero se inicia en la actividad agropecuaria, continua en el proceso de faenado, donde se obtienen las pieles que pasan a las curtiembres, actividad central de la cadena productiva del cuero (Figura 3.1), la cual para tener un producto de calidad depende de las anteriores actividades (ganadería y faenado), continua con la manufactura de calzado, vestimenta, artesanía y marroquinería y termina con la comercialización.

Este manual se centra en la actividad de curtido de pieles, que es tal vez uno de los procesos industriales que más varía de planta a planta, aún cuando se procese el mismo tipo de piel, para un mismo producto en condiciones similares.

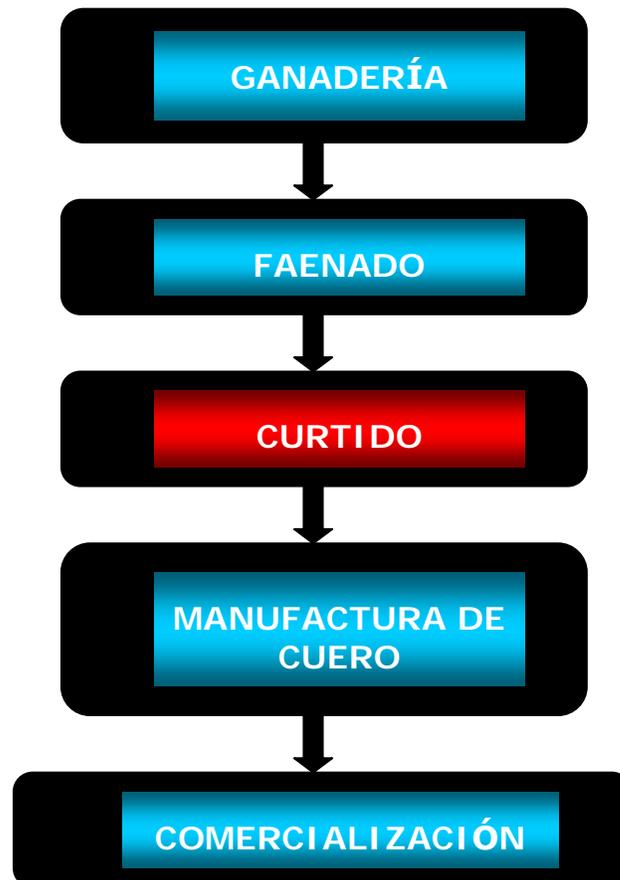


Figura 3.1 Cadena productiva del cuero

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CURTICIÓN

La Curtición es el proceso mediante el cual se convierten las pieles de los animales, tales como bovinos, ovinos y porcinos, en cuero. En general, las principales etapas o procesos industriales involucrados en el proceso de curtición, son el pre-tratamiento y almacenamiento, ribera, curtido y acabado (Ver figuras 2.2 y 2.3)

DESCRIPCIÓN PRE-TRATAMIENTO Y ALMACENAMIENTO

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

- **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 curtición, ya que saladas presentan una fuerte resistencia a los micro-organismos. 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.

- **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 pre-tratamiento. En este caso, las pieles se denominan " pieles verdes ".

DESCRIPCIÓN RIBERA

El objetivo de la ribera es limpiar y preparar la piel para facilitar la etapa de curtido. Las operaciones comunes a la mayoría de las pieles, independientemente del proceso de curtido posterior o al tipo de producto son: Remojo, encalado y pelambre, descarnado y dividido (cuando se producen vaquetas).

La mayor cantidad (aproximadamente 65%) de los efluentes líquidos generados en curtiembres proviene de los procesos de ribera (remojo, pelambre, descarnado y división). 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 DBO debido a la presencia de materia orgánica y grasas animales provenientes de los sólidos suspendidos generados durante este proceso.

- **Remojo**

El objetivo de esta operación es rehidratar los cueros. Los cueros verdes se lavan simplemente para quitar la sangre y materias orgánicas adheridas al pelo. Los cueros salados son remojados con varios baños de agua enriquecidos con humectantes,

bactericidas, detergentes y desinfectantes. La operación de remojo se lleva a cabo en tambores rotativos o en tanques donde se generan los efluentes líquidos que contienen sal, sangre, tierra, heces, sebo y grasas que aumentan la DBO. La operación dura de seis a 24 horas, los efluentes se desechan de manera intermitente.

- **Pelambre**

Después del remojo, las pieles pasan al proceso de pelambre. Esta operación se realiza para hinchar la epidermis, retirar el pelo del cuero, saponificar las grasas naturales y entumecer las fibras para facilitar el efecto del curtido. Se utiliza un baño con agitación periódica en una solución que contiene sulfuro de sodio (Na_2S) y cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), durante un periodo que varía entre 17 a 20 horas. Puede reducirse el tiempo del encalado aumentando la concentración del sulfuro de sodio.

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 DQO, sólidos suspendidos y sulfuros. Presentan valores elevados de pH (superiores a 11) y restos de sebo, carnaza, pelo, sulfuros y proteínas solubles. Debido a estas altas concentraciones, las aguas residuales de pelambre pueden ser re-utilizadas cuatro o cinco veces previo retiro de los sólidos mediante bombeo y un tanque de recepción en el cuál se ajusta el sulfuro para el siguiente lote.

El sulfuro de sodio, en medio alcalino, no libera ácido sulfhídrico. Sin embargo, en presencia de 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 baño con otros efluentes para bajar su concentración.

Esta etapa del proceso, además de aportar el 70% de la carga orgánica al efluente, 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. Si hay un lugar donde se debe de tratar de reducir la contaminación a su máxima expresión, es aquí.

- **Descarne**

La operación de descarne involucra la remoción de los tejidos adiposos, subcutáneos, musculares y el sebo adherido a la cara interna de la piel, para permitir una penetración más fácil de los productos curtientes.

Esta operación puede llevarse a cabo con máquinas o manualmente en curtiembres de pequeño tamaño. Algunas curtiembres realizan un pre-descarne con pelo antes del encalado, tratando de reducir el consumo de los químicos auxiliares (cal y sulfuro de sodio) y agua, y, recuperar las grasas naturales de las carnazas lo cual representa obtener todas las ventajas mencionadas en el descarnado en verde.

Los efluentes líquidos resultantes del descarne presentan concentraciones altas de sólidos en suspensión (proteínas disueltas) y pH ácido y deberían de ser tamizados para incorporarse al efluente del pelambre. Los sebos y residuos resultantes son utilizados por

los fabricantes de cola después de un lavado de la cal ya que son puro colágeno y grasas. Hay empresas que obtienen una ganancia marginal de la recuperación de las grasas del cuero la cual es utilizada para cosméticos finos y el colágeno lo procesan en alimentos balanceados para el ganado. Otros usan esta grasa recuperada para volverla a incluir en el cuero con los aceites en el engrase. En Europa gran parte de los recortes y residuos del descarte y dividido en tripa se lleva a Holanda a una fábrica para la fabricación de gelatina. En países en desarrollo la cola es utilizada para la fabricación de pinturas o gelatinas de baja concentración que es vendido a fábricas de caramelos. En Arequipa muchos fabricantes de cola han hecho de esta actividad una industria que genera ingresos adicionales y reducen la carga contaminante en la curtiembre.

- **Dividido**

Se puede hacer en la ribera después del pelambre o después del curtido con el cuero en "wet-blue", en general en nuestro medio se hace después del pelambre. Esta operación 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 residuos, además de los recortes de la parte inferior o carnaza.

Si esto se da en la etapa del pelambre, el subproducto que son residuos y retazos pueden ser entregados a las fábricas de cola o gelatina tal como se describe en la sección del descarte. Si ya los cueros están curtidos y contienen sales de cromo, entonces se procesan con los residuos de la máquina rebajadora.

En Colombia, algunas curtiembres aprovechan retazos en buen estado en curtiembre para obtener cuero gamuzado de menos calidad y costo. La gran mayoría de este residuo es comercializado para la fabricación de gelatinas.

DESCRIPCIÓN CURTIDO

El curtido comprende los siguientes pasos: Desencalado (cuando se producen vaquetas), Purga (cuando se producen vaquetas), Piquelado (No se lleve a cabo en curtido vegetal tanino).

- **Desencalado y Purga**

El desencalado es la preparación de las pieles para la curtiembre, 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 y ácidos. Esta operación se lleva a cabo en tambores rotativos. Esto genera parte del efluente con cargas de cal y sulfuro de sodio que deberán ser procesadas en el efluente posteriormente.

- **Piquelado**

La operación de piquelado se realiza en los tambores rotativos como preparación para el curtido. Consiste en la acidulación de las pieles, con el objeto de evitar el hinchamiento y para fijar las sales de cromo entre las células. Esta operación no se lleva a cabo en el curtido vegetal (con tanino). Por su contenido ácido puede ser utilizado con fines de neutralización en un efluente alcalino.

- **Curtido**

Este proceso tiene el objetivo de convertir las pieles en materiales fuertes y resistentes a la putrefacción. Existen tres tipos de procesos de curtido, según el curtiembre empleado, a saber:

- **Curtido vegetal:** emplea taninos vegetales.

Este tipo de curtición se usa para la producción de suelas. Las fuentes del tanino más empleadas son: el extracto de quebracho y corteza de acacia negra y la mimosa. Antiguamente, las pieles eran curtidas en pozas. Este proceso tomaba varias semanas. Hoy en día las curtiembres modernas curten las pieles en tambores rotativos durante 12 horas con una solución al 12% de tanino. Otras siguen curtiendo en pozas pero con recirculación y control de la concentración del caldo.

- **Curtido mineral:** emplea sales minerales

El curtido mineral se usa en la producción de cueros para la fabricación de calzados, guantes, ropa, bolsos, etc. La ventaja principal de este proceso es la reducción del tiempo de curtido a menos de un día, además de producir un cuero con mayor resistencia al calor y al desgaste. En el curtido mineral se utilizan sales de cromo. Las de magnesio, y aluminio también se usan para casos especiales, siendo los cromatos los más utilizados. El curtido se realiza en tambores.

Típicamente se usan sales de cromo trivalente (por ejemplo: óxido crómico, Cr_2O_3) con una concentración que varía de 1,5 a 8 por ciento de Cr_2O_3 . Debido al color azul verdoso de los cueros curtidos con sales de cromo, se le denomina "wet blue". Solo se utiliza trivalente (Cr_2O_3) porque el empleo de sales de cromo hexavalente conduce a la generación de residuos sólidos de carácter peligroso.

- **Curtido sintético:** emplea curtientes sintéticos

En el curtido sintético se usan curtientes orgánicos sobre la base del formol, quinona y otros productos. Estos curtientes proporcionan un curtido más uniforme y aumentan la penetración de los taninos. Debido a sus costos elevados, son poco usados.

DESCRIPCIÓN ACABADO

En esta etapa se puede procesar el cuero curtido al vegetal o curtido al cromo. En el curtido vegetal se procesa el cuero para la fabricación de suela, de cuero para talabartería, correas, monturas, usos industriales, y de cuero para repujados.

El acabado de suelas comprende: Prensado, engrase, secado y estiramiento (proceso opcional).

El acabado de vaquetas comprende: Prensado, rebajamiento, neutralización, recurtido, blanqueado, teñido, engrase, secado y pulido (proceso opcional).

Las vaquetas acabadas con el curtido al cromo reciben otro tipo de acabado. Después del proceso de curtido tienen que descansar en húmedo por algunas horas o hasta el día siguiente para fijar el cromo en el tejido del cuero. Después hay que quitar el exceso de

agua con una máquina de 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, con el propósito de conferir al cuero el aspecto y las propiedades requeridos según su uso final.

- **Prensado**

Después del curtido, se realiza un prensado del cuero (llamado escurrido), para retirar la humedad, estirar las partes arrugadas y mantener un espesor uniforme del mismo.

- **Rebajado**

Los cueros se raspan y se rebajan en las mismas máquinas. Este procedimiento le da al cuero un espesor uniforme y lo deja en la medida deseada. En esta etapa se generan cerros de viruta del rebajado que contienen el cromo del curtido. Esta viruta se utiliza para fabricar falsas o para recuperar el cromo. Si se hace esto, el cuero que queda sin cromo se usa en alimento para ganado procesándolo con otros productos o se descompone y se usa como fertilizante.

- **Neutralización**

Los cueros se sumergen en tambores para realizar las operaciones arriba citadas. Estas operaciones se llevan a cabo de manera consecutiva, cambiando solamente la composición de los baños después de descartar el baño anterior. El baño de neutralización se realiza con agua, formiato de calcio, carbonato o bicarbonato de calcio.

- **Recurtido**

El curtido al tanino produce un cuero más fácil de ser prensado. Por esta razón, muchas veces, el cuero curtido al cromo, denominado "wet blue", recibe un segundo curtimiento, el cual puede ser al cromo o al tanino vegetal o sintético. Cuando este segundo curtido es realizado luego del primero, se llama "curtido combinado", su práctica sirve para reducir cromo en el efluente.

Estos procesos son realizados en la producción de vaquetas, dependiendo del tipo de producto final que se desea obtener. El proceso es prácticamente el mismo del curtido. Algunas industrias hacen solamente el acabado del cuero, utilizando como materia prima el cuero curtido al cromo o "wet blue", adquirido de otra curtiembre.

- **Blanqueado**

La operación de blanqueado sólo es realizada en algunos casos, utilizándose baño de bicarbonato de sodio y ácido sulfúrico, seguido inmediatamente por un lavado con agua corriente tratando de quitar el ácido libre cuya presencia produce manchas y vuelve quebradizo al cuero.

- **Teñido**

El teñido se realiza luego de la neutralización en baño que contiene agua, colorantes (natural, artificial o sintético) y ácido fórmico. Este baño se desecha después de cada operación.

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

- **Engrase**

El engrase se realiza con el objeto de evitar el cuarteamiento del cuero, volviéndose suave, doblable, fuerte, flexible y resistente. Este proceso consiste en la impregnación del cuero con grasas o aceites animales. Estas sustancias se depositan en las fibras del cuero donde son fijadas.

El engrase se lleva a cabo en los mismos tambores de las operaciones anteriores. Algunas curtiembres recuperan el sebo y las grasas naturales contenidos en las carnazas de las pieles. Estos materiales pueden aprovecharse en el proceso de engrasamiento luego de una sulfonación. La piel verde contiene de 0,5 a 1,5 kilogramos de sebo.

- **Secado**

La operación de secado se realiza luego del teñido. Los procesos usados para realizar esta operación son secados al vacío, secado en secotérmicas, empastado o pasting, secado por templado en marcos (toggling).

- **Lijado**

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 mascarar. El polvo se desecha quemándolo y aún no se ha encontrado una solución practica para su eliminación.

- **Estiramiento**

Los cueros pueden ser sometidos a una etapa de estiramiento para recuperar algo del área perdida por su encogimiento durante los procesos en húmedo y esta técnica no sólo se utiliza para ganar área sino también para conferir un tacto parejo ya que por su constitución las faldas son suaves, el cogote duro y se quiere que todo el cuero obtenga la misma suavidad. Es distinto el caso de las suelas. Primero se estira para eliminar las arrugas y pliegues, se aplica óleo luego y se plancha para aumentar su resistencia.

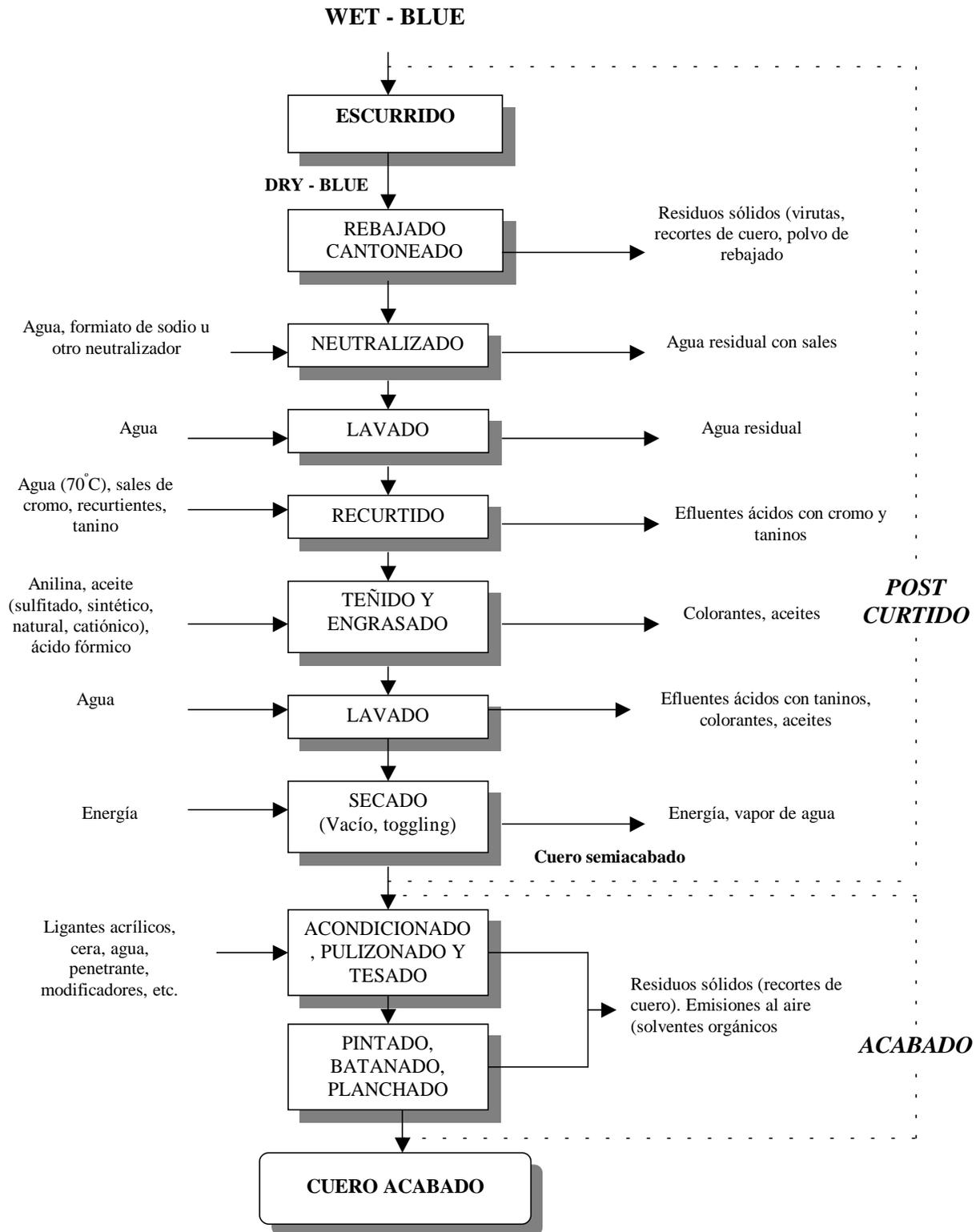


Figura 3.3 ESQUEMA DEL PROCESO DEL CURTIDO – Cuero acabado

3.3. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PROCESOS DE CURTICIÓN

En general por cada 1000 kg de pieles saladas que entran al proceso de curtición, se requieren en promedio 450 kg de diferentes tipos de insumos químicos. Como resultado se obtienen aproximadamente 200 kg de cuero acabado, 40 kg de solventes emitidos a la atmósfera, 640 kg de residuos sólidos, 138 kg de agua que pierde la piel. El volumen de agua que se consume en todo el proceso, desde ribera hasta el acabado, y que por tanto se elimina en las descargas oscila entre 15 a 40 m³/tonelada de piel fresca.

Las fuentes de contaminación de la industria de curtidos son:

Efluentes: Alto contenido de materia oxidable - tóxicos

Desechos sólidos: Materia orgánica putrescible o residuos de piel

Emisiones: VOCs del acabado, H₂S de encalado y NH₃ del desencalado

La contaminación por diferentes contaminantes proviene de:

Por DBO:

- Procesos de la ribera 80 %
- Remojo 10 %
- Depilado/Encalado 70 %
- Desencalado/Rendido 3 %

Salinidad:

- Remojo 60 %

Amoniaco-N:

- Desencalado 75 %

La generación de contaminantes se puede diferenciar por etapas de proceso conociendo los químicos utilizados en cada una y los procesos utilizados:

CONTAMINANTES RIBERA

Para conocer la carga contaminante de los procesos de la ribera es importante conocer los productos químicos allí utilizados. Así mismo es interesante comparar la carga contaminante en un proceso tradicional con un proceso de aplicación de tecnologías limpias. La siguiente tabla presenta para los procesos de remojo, depilado y encalado los respectivos productos químicos utilizados

Tabla. Químicos utilizados en la Ribera

Proceso	Químicos empleados
Remojo	Enzima Carbonato de sodio
Depilado	Sulfuro de sodio Cal Caolín Enzimas Hidrosulfito de sodio
Encalado	Cal

En los procesos de depilado se generan descargas de residuos líquidos, sólidos y gaseosos como lo muestra la siguiente tabla

Tabla. Residuos en la Ribera

Proceso	Residuos		
	Líquidos	Sólidos	Gaseosos
Remojo	Sangre, suero, proteínas, sal, ceniza de soda	Materia orgánica: descarnado, carnaza	Mercapatanos
Depilación	Cal hidratada, sodio, sulfuro, pulpa de pelo	Pelo, Keratina, materia orgánica	Sulfuro de hidrógeno y mercapatanos

La carga contaminante de los procesos de remojo y pelambre se presenta en la siguiente tabla, indicando para cada una de las variables la información para un proceso tradicional y un proceso avanzado (tecnologías limpias)

Tabla. Carga contaminante de Ribera

Carga contaminante Kg/Ton de cuero crudo	Remojo		Pelambre	
	Convencional	Avanzado	Convencional	Avanzado
Sólidos suspendidos	11-21	11-21	53-97	14-26
DOO	22-33	22-33	79-122	46-77
DBO	7-11	7-11	28-45	16-27
Cromo	-	-	-	-
Sulfuro	-	-	3.9-8.7	0.4-0.7
Amoniaco	0.1-0.2	0.1-0.2	0.4-0.5	0.1-0.2
TKN	1-2	1-2	6-8	3-4
Cloruro	133-186	1-5	5-10	1-2
Sulfato	1-2	1-2	1-2	1-2

CONTAMINANTES CURTICIÓN

La etapa de curtición que comprende las etapas de desecado, rendido, piquelado, desengrase y curtido, se caracteriza por la utilización de productos como ácidos y sales en grandes cantidades. La siguiente tabla presenta en detalle esta información

Tabla. Productos Químicos utilizados en curtición

Proceso	Químicos empleados
Desecado	Ácidos: fórmico, sulfúrico y Sales: cloruro/sulfato de amonio
Rendido	Enzimas
Piquelado	Ácidos: fórmico, sulfúrico Sal
Desengrase	Sal Solventes
Curtido	Sales de cromo, Extractos vegetales y Alumbre
Basificación	Óxido de magnesio

Igualmente encontramos acá descargas de residuos líquidos, sólidos y gaseosos

Tabla. Descargas en curtición

Proceso	Residuos		
	Líquidos	Sólidos	Gaseosos
Desecado	Sulfato de sodio	Carniche graso	Sulfuro de hidrógeno
Rendido	Sales de amonio, enzimas, grasas, salmuera ácida		
Desengrase	Solventes, grasas naturales		Solventes
Piquelado	sal		
Curtido	Cromo, sulfato de sodio, carbonato de sodio, taninos vegetales, ácidos orgánicos, fenoles, polifenoles	Taninos vegetales	Sulfuro de hidrógeno y mercaptanos

La carga contaminante de los procesos de desecado y curtido se presenta en la siguiente tabla, indicando para cada una de las variables la información para un proceso tradicional y un proceso avanzado (tecnologías limpias)

Tabla. Carga Contaminante en curtición

Carga contaminante Kg/Ton de cuero crudo	Desecado		Curtido	
	Convencional	Avanzado	Convencional	Avanzado
Sólidos suspendidos	8-14	8-14	5-10	1-2
DQO	13-20	13-20	7-11	7-11
DBO	5-9	5-10	2-4	2-4
Cromo	-	-	2-5	0.05-0.1
Sulfuro	0.1-0.3	0-0.1	-	-
Amoniaco	2.6-3.9	0.2-0.4	0.6-0.9	0.1-0.2
TKN	3-5	0.6-1.5	0.6-0.9	0.1-0.2
Cloruro	2-4	1-2	40-60	20-35
Sulfato	10-26	1-2	30-55	10-32

CONTAMINANTES RECURTIDO

Productos Químicos utilizados en Recurtido

Proceso	Químicos empleados
Recurtido	Agentes de recurtido: sintanes, vegetales, resinas, cromo
Engrase	Sintético, animal, pescado, sulfatado, sulfitado
Teñido	Tintes: ácido, directo, básico
Fijado	Ácido: fórmico

Descargas en Recurtido

Proceso	Residuos		
	Líquidos	Sólidos	Gaseosos
Recurtido	Taninos vegetales, sintanes, resinas, cromo,	Taninos vegetales	
Teñido	Tintes, ácido mineral, ácido orgánico, amoniacó		Amoniaco
Engrase	Grasas/aceites		

Carga Contaminante en el recurtido

Carga contaminante Kg/Ton de cuero crudo		
	Convencional	Avanzado
Sólidos suspendidos	6-11	1-2
DQO	24-40	24-40
DBO	8-15	8-15
Cromo	1-2	0.1-0.4
Sulfuro	-	-
Amoniaco	0.3-0.5	0.3-0.5
TKN	1-2	1-2
Cloruro	5-10	3-6
Sulfato	10-25	4-9

CONTAMINANTES ACABADO

Productos Químicos utilizados en Acabado

- Tintes
- Pigmentos
- Ligantes de proteína
- Ligantes de celulosa
- Caseína
- Polímeros acrílicos
- Polímeros de poliuretano
- Solventes
- Opacantes

Descargas en acabado

Residuos		
Líquidos	Sólidos	Gaseosos
Solvente/agua emulsión	Raspa	Soventes
		Amoniaco, Formaldehido

Carga Contaminante en el acabado

Carga contaminante Kg/Ton de cuero crudo		
	Convencional	Avanzado
Sólidos suspendidos	0-2	0-2
DQO	0-4	0-4
DBO	0-2	0-2

4. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CURTIEMBRES

En este capítulo se describen buenas prácticas de Producción Más Limpia (PML), que se pueden implementar en el proceso de producción de cueros a partir de pieles de vacuno, y que pueden adaptarse al de otro tipo de pieles y tecnologías limpias aplicables en los procesos de producción que se llevan a cabo en la curtiembres colombianas.

Gran parte de las buenas prácticas y de las tecnologías que se describen han sido implementadas en algunas curtiembres. Sin embargo, no todas las medidas son aplicables en cualquier curtiembre, ya que dependen de varios factores como:

- Tipo de material procesado
- Espacio físico
- Tipo de producto final
- Normatividad aplicada en cada región

Las medidas de buenas prácticas y las tecnologías que se describen son de carácter orientador, ya que cada empresa tiene sus propias particularidades, así como formulaciones que le confieren una calidad distintiva los productos finales. Por ello es importante asegurar que las medidas no afecten negativamente la calidad de los productos, se recomienda entonces, que para evaluar el beneficio económico y ambiental de una tecnología o de una buena práctica se experimente una sola medida a la vez.

La capacidad de producción de una curtiembre, así como sus posibilidades económicas, no son factores determinantes en la aplicabilidad de medidas de producción más limpia. Industrias, grandes, medianas, microempresas o famiempresas, pueden introducir prácticas de producción más limpia, que a menudo, requieren muy poca o ninguna inversión, con beneficios ambientales y económicos muy significativos.

Cuando se requiere introducir innovaciones en los procesos de producción se debe, en primera instancia, buscar métodos y prácticas sencillas, antes de comprometer recursos en tecnologías sofisticadas que creen una dependencia tecnológica innecesaria. Para introducir innovaciones es importante que las curtiembres cuenten con un pequeño laboratorio, fulón de pruebas y equipos necesarios para realizar sus experimentos.

4.1. BUENAS PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

En la Tabla 4.1 se describen para las etapas de rivera las propuestas de buenas prácticas de Producción más Limpia.

Tabla 4.1 Buenas Prácticas de Producción más Limpia

PROCESO	POSIBLES PROPUESTAS	BENEFICIOS
Recepción de pieles	<ul style="list-style-type: none"> - Se recomienda una evaluación detallada de las pieles recibidas. Las pieles deben ser seleccionadas según su tamaño en pequeñas <21 kg, medianas 21-28 kg y grandes >28 kg. Es mejor hacer lotes de producto en estado crudo para mejorar la consistencia del proceso. - En el área de salado usar sal de roca gruesa y reciclar como máximo el 20% de la sal usada. El uso de sal de roca es recomendada para prevenir la contaminación bacteriana de "red heat" causada por bacterias halofílicas muy comunes en la sal marina. - La cantidad de sal usada debería aumentarse un 30% sobre el peso de piel fresca para garantizar la deshidratación suficiente y la preservación de las pieles. - La sal de roca debería ser aplicada en el lado de la carne para el buen almacenamiento de las pieles, con un doblado en la espina dorsal y apilándolas dejando visible la parte del pelo. Después de dos semanas de drenaje las pieles deberían ser re-empaquetadas. - Las pieles se deben almacenar ordenadamente. Luego de resalar las pieles se deben doblar por la mitad y colocarlas sobre las estibas, de modo que la piel quede en la parte superior. Se recomienda la adición de bactericidas en el remojo y medir el efecto con pruebas histológicas. - El área de recepción debe limpiarse regularmente y es recomendado un drenaje de las aguas residuales. - Se recomienda la adición de algún bactericida como TCMTB (0.1%) en la etapa de remojo en el que su efecto se podría medir mediante el uso de kits de medición para el contenido de bacterias 	Aumenta la calidad de las pieles.
Remojo (pre)	<ul style="list-style-type: none"> - Adición de bactericidas para una mejor conservación de la piel - Test para la contaminación bacterial y ajuste con bactericidas 	Aumentar la calidad de la materia prima

PROCESO	POSIBLES PROPUESTAS	BENEFICIOS
Remojo (principal)	<ul style="list-style-type: none"> - Reemplazar tenso activos como Nonylphenol ethoxylates por Alcohol ethoxylates - Reemplazar sulfuro sódico por carbonato sódico al 0.2% - Reducir el tiempo de remojo con la adición de enzimas 	Reducir el tiempo de proceso e incrementar la eficacia
Pelambre	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar pantallas de inmunización de pelos y análisis de los licores reciclados del pelambre con la reducción de productos químicos usados en esta etapa 	Reducción de productos químicos usados reciclando a estos
	<ul style="list-style-type: none"> - Oxidación catalítica de sulfuro in-situ 	Reducción de las emisiones a través de la oxidación de sulfuro
Lavados	<ul style="list-style-type: none"> - Deberán realizar los lavados con los bombos cerrados y con un posterior drenaje, pero no en continuo 	Reducción del consumo de agua
Desencalado	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar las adiciones de bisulfito sódico a < 0.5 % 	Reducir el tiempo de almacenaje para evitar la aparición de red heat
	<ul style="list-style-type: none"> - Reemplazar sulfato amónico por CO₂ en la etapa de desencalado - Realizar el desencalado y rendido en el mismo baño 	Curtidos de mejor calidad con el área flor limpia y reducción de las emisiones de amonio
Lavados	<ul style="list-style-type: none"> - Lavados después del desencalado (300 %) no son necesarios y se podrían realizar después del rendido con los tambores cerrados y 100 + 100 % 	Reducción del consumo de agua
Curtición al cromo	<ul style="list-style-type: none"> - Alto nivel de cromo agotado - Reemplazar cromo 42 (15 % Cr₂O₃) por cromo 33 (25 % Cr₂O₃) 	Mejor retención de cromo y menos cromo en la descarga
	<ul style="list-style-type: none"> - Optimizar la recuperación de Cromo - Instalación de pantallas para la eliminación impurezas - Evitar la introducción de impurezas como grasas y proteínas usando cromo residual para la etapa de pre-curtido. - Realizar una acidificación de los licores de cromo y eliminación de grasa y proteínas mediante flotación y eliminación de fibras y sólidos por precipitación - La acidificación de los licores de cromo deber« ser ajustada y controlada - Polvo virgen de cromo debería ser añadido directamente a los licores de cromo residual reemplazando la curtación en dos etapas a una sola etapa 	Ahorro de cromo mediante el reciclaje

PROCESO	POSIBLES PROPUESTAS	BENEFICIOS
Toda el agua usada en el proceso	Instalación de un medidor de caudal en cada bombo y en cada línea de descarga	Mejorar el control de proceso y rebajar el consumo de agua
Estudio de los efluentes en cada proceso	Instalación de pantallas	Reducción de los sólidos suspendidos
Balance	Instalación de tanques de balance con una capacidad del < 33%	Reducción de la descarga y flujos máximos

4.2. TECNOLOGÍAS LIMPIAS

Pelambre sin destrucción de pelo (Hair – save)

En los procesos de rivera, se remueve de la piel cerca del 10 al 20% en peso de piel fresca en elementos como grasa, pelo, sólidos y proteínas, lo que origina que en esta etapa del proceso se genere entre el 70 y el 80% de la contaminación de las aguas residuales. Esta contaminación es posible reducirla si se:

- Reduce al mínimo el uso de sulfuro
- Reduce al mínimo el uso de cal
- Se Recupera el pelo al final del proceso de pelambre, usando el sistema guardapelo, que no destruye el pelo y es posible removerlo por medio de filtración. Así el pelo no disuelto no entra en la corriente de agua residual lográndose una reducción en la carga de contaminación.

Principio del sistema guardapelo

Los sistemas usados para hacer el pelambre se conocen como quema pelo y guardapelo. En el sistema quema pelo, el pelo en la piel es removido (solubilizado por la acción del álcali y reducido con un agente reductor, generalmente sulfuro de sodio o hidrosulfuro). En el proceso guardapelo, el pelo es parcialmente inmunizado, la inmunización dispone el pelo para ser removido del proceso (parcialmente degradado) y luego ser retirado del efluente por filtración, disminuyendo la carga de contaminación. En la Tabla 4.2 se muestra una comparación entre el sistema guardapelo y quemapelo.

Tabla 4.2 Comparación de los procesos quema pelo y guardapelo

Guardapelo	Quema pelo
Remueve pelo	Remueve pelo
Inmuniza el pelo, para removerlo lentamente, sin disolverlo. (Se usa álcali aprox. 0,5 -1%)	Agrega álcali y agente reductor juntos, generalmente, hidróxido de calcio (cal) con sulfuro de sodio o hidrosulfuro.
Agrega agente reductor para remover el pelo (p.e sulfuro de sodio o hidrosulfuro)	
Remueve el pelo por filtración como material semi - disuelto	Disuelve el pelo y se mantiene en el licor
Proceso en álcali 12 – 24 horas	Proceso en álcali 12 – 24 horas
Desencalado y se continua con el proceso	Desencalado y se continua con el proceso

El proceso guardapelo fue desarrollado exclusivamente para procesar pieles de bovino. Los procesos en bombo existentes pueden ser modificados para implementar el proceso guardapelo, la figura 1 muestra un diagrama de flujo para un sistema de 200 pieles por bombo. Consta de un sistema de recirculación con un filtro, usado para filtrar el licor de pelambre y separar el pelo intacto y retornar el licor al bombo para el siguiente etapa del proceso. El procedimiento general para un proceso guardapelo es el siguiente (ver Tabla 3.3)).

Lavado: El proceso de lavado se realiza a un pH de 9.5, este pH se alcanza usando soda cáustica al 0.5% en el baño de lavado. Se recomienda la adición de detergentes, enzimas y bactericidas, las cantidades exactas dependen de la materia prima a ser procesada.

Inmunización del pelo: Se adiciona agua al 100% a 28 °C, cal al 1% para inmunizar el pelo, este proceso toma entre 20 y 45 minutos y debe ser determinado para el tipo de piel que se procesa. Este tiempo es crítico, influye en la eficiencia del depilado, un tiempo muy corto puede no inmunizar el pelo y ser fácilmente disuelto por el sulfuro de sodio, un tiempo muy largo puede inmunizar el pelo a tal punto que no sea removido, reduciendo la calidad del depilado.

Depilado: Se adiciona sulfuro al mismo baño (1 al 1.5%), el sulfuro penetra en los folículos abiertos y ataca con mayor velocidad a la queratina de las raíces del pelo, que a la queratina del pelo maduro, debido a la diferencia de velocidades de reacción de ambos. Esta diferencia permite que el pelo se quiebre en su raíz y salga relativamente íntegro.

Filtración del baño de pelambre: El pelo se debe retirar del baño inmediatamente se ha desprendido de la piel. Esta operación evita que el pelo siga siendo atacado y, eventualmente, destruido por la acción del sulfuro. Para iniciar la filtración, debe observarse si el avance del depilado es satisfactorio, este proceso comúnmente lleva de 1.5 a 2 horas. Las pieles deben permanecer en el fulón mientras se extrae el baño de pelambre.

Tabla 4.3 – Parámetros para un proceso guardapelo

Operación	Adición de Agentes químicos,	%	Peso	T (°C)	Operación Tiempo (mins)	Chequeos		Comentarios
						Requerido	Actual	
Primer remojo	agua	150-200		25	60			
Descarga								
Remojo principal	agua	100		28				
	Detergentes	0.2						
	Bactericida	0.01-0.05						
	Soda caústica	0.5			6-8 hrs	PH=9.5		
Descarga								
Descarnado/pesar								
Inmunización	agua	100		28				
	Cal	1			20-45			
Añadir	Hidrosulfuro sódico	1-1.5			30-60			Se empieza a tamizar los pelos del licor cuando el pelo esta suelto. Quitar todo el pelo debería tomar de 60 a 120 minutos
Añadir	Cal	1.5			30			Ajustar la operación de los bombos para que actúen automáticamente durante dos minutos y cada 30 minutos, durante 12 a 14 horas.
Drenar, lavar y proceder con el desencalado y las operaciones siguientes								

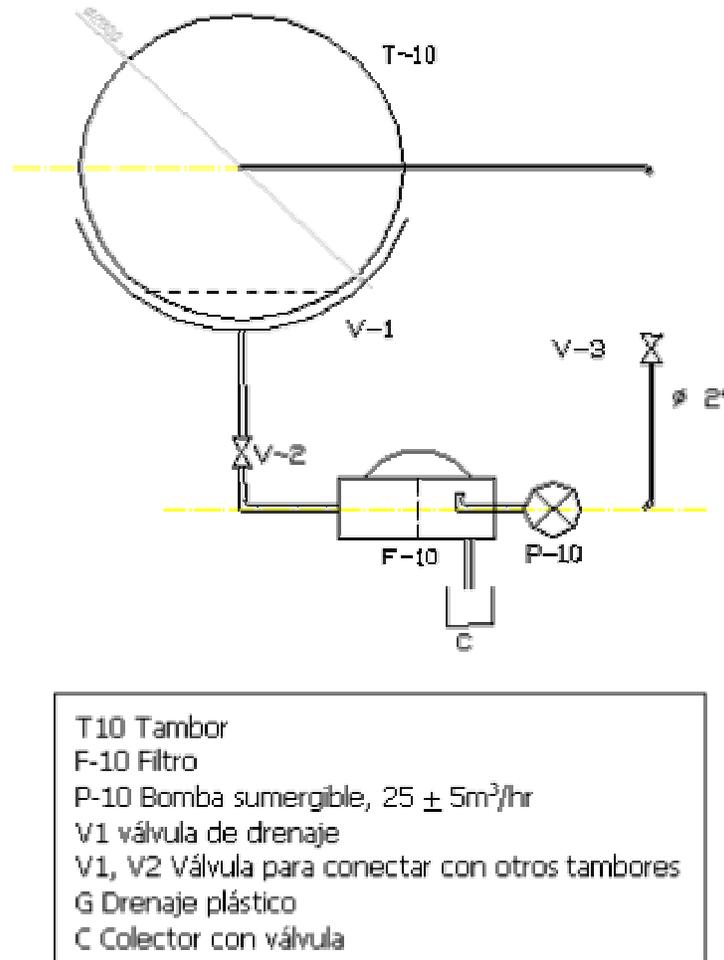


Figura 4.1 Diagrama de flujo del sistema de pelambre guardapelo

Existen muchos sistemas guardapelo para el pelambre, se propone el sistema "Blair Hair Process" por las siguientes razones:

- Es simple de operar
- Es el sistema más comúnmente operado
- No requiere el uso de productos químicos adicionales a los usados en el sistema quema pelo utilizado actualmente.
- El uso de menos cantidad de productos químicos da como resultado costos menores y menor descarga en el efluente.
- No incrementa el tiempo de proceso

Beneficios ambientales

Utilizando el proceso guardapelo, la reducción en contaminación esperada en el efluente se muestra en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 – Consideraciones ambientales

Parámetro	Proceso quema pelo	Proceso guardapelo
DQO	75,000 mg/l	50,000 mg/l
DBO	35,000 mg/l	25,000 mg/l
Nitrógeno, como amoníaco	1,300 mg/l	700 mg/l
Sulfuro	3,400 mg/l	1,700 mg/l
Sólidos suspendidos	55,000 mg/l	17,000 mg/l

Costo/beneficio

Los beneficios del proceso guardapelo se resumen en:

- Efluente con menor carga de contaminación, p.e DQO y SS
- Costos más bajos en químicos para el tratamiento de altas cargas de DQO y SS.
- Provee calidad a la piel, el proceso remueve pelo disuelto (usualmente coloreado) y produce cueros más limpios.
- El pelo recuperado tiene un potencial valor comercial y podría ser vendido para compost como fertilizante, para la extracción de queratina para uso en productos de belleza (shampoo) y otros productos.

Para la implementación del proceso se incurre en las siguientes categorías de inversión o cambios de proceso:

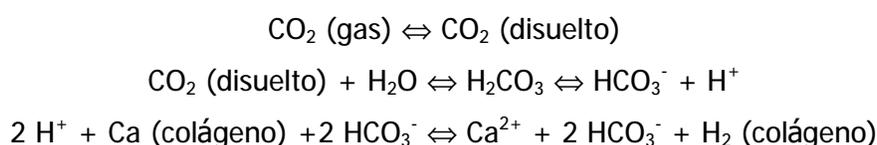
- Inversión de capital en equipos nuevos o modificación del equipo existente.
- Cambios de costos en la operación del proceso – agentes químicos.
- Incremento del control de los procesos.

Desencalado con CO₂

El proceso de desencalado causa una alta contaminación en las aguas residuales, el 40% del nitrógeno amoniacal es producido en este proceso. El uso de bióxido de carbono reduce el impacto ambiental causado por el uso de las sales de amonio, sin embargo, presenta dificultades en relación con el manejo de químicos y la disponibilidad en el mercado de los equipos requeridos para el manejo del CO₂.

Principio del método

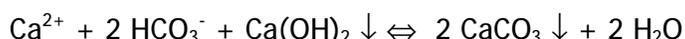
La reacción del dióxido de carbono con el calcio incorporado en el colágeno de la piel encalada, es la siguiente:



El dióxido de carbono (CO₂), introducido a sobresaturación en el baño de descalcado, produce ácido carbónico cuyos protones desplazan a los iones Ca²⁺ mediante la protonación de los grupos carboxílicos (-CO₂⁻) del colágeno. Como resultado de esta reacción, se forma HCO₃⁻, que al no precipitar con los iones Ca²⁺, se mantienen, junto a este, en solución y son eliminados por drenaje. Si existiera hidróxido de calcio adsorbido sobre la piel, éste es eliminado de manera similar de acuerdo a la siguiente reacción:



Para evitar las denominadas manchas de cal que detrioran la calidad de la piel, debe prevenirse la precipitación de carbonato de calcio, para lo que debe agregarse un exceso de dióxido de carbono. Una deficiencia en la dosificación de dióxido de carbono, produce carbonato de calcio, según la reacción:



El descalcado con CO₂, consiste en:

- ü Hacer burbujear el CO₂ en el baño de descalcado. La manera en la cual se introduce el CO₂ en la solución depende del tipo de fulón en el cual se realiza el descalcado. En fulones tradicionales, el CO₂ puede ser inyectado directamente en el baño; y en fulones equipados con un sistema de recirculación del baño, el CO₂ puede ser introducido a través de este sistema para asegurar la homogenización de la concentración del CO₂ en el baño. Según W. Frendrup², especialista danés en Curtiembres, la cantidad de CO₂ adicionada fluctúa en el rango de 1 a 1.2% sobre el peso de las pieles en tripa; mientras que investigaciones realizadas en Finlandia³, encontraron un rango óptimo entre 0.75% y 1.5%.
- ü Entre las opciones de aprovisionamiento de CO₂, se tiene los cilindros de alta presión suministrados por proveedores locales de gases. Para utilizar estos cilindros se necesita un intercambiador de calor, puesto que el gas sale a temperaturas muy bajas. Alternativamente, puede usarse CO₂ gaseoso proveniente de los gases de combustión de la caldera, que por lo general poseen las curtiembres. Los gases de combustión deben ser enfriados a 30 – 35°C y deben estar excentos de hollín. Cuando se hace el burbujeo de CO₂, se debe cuidar que el burbujeador esté sumergido en el baño de descalcado y el flujo de CO₂ debe ser regulado de manera que la cantidad de CO₂ que ingresa se disuelva en su integridad, sin que exista un exceso significativo expulsado fuera del baño. Caso contrario, el consumo de CO₂, puede ser muy elevado.
- ü Se deben controlar las temperaturas de la operación, el descalcado con CO₂ es más rápido entre 32 y 35 °C, debiendo evitarse temperaturas mayores de, ya que las pieles pueden deteriorarse.

² Frendrup Willy – Danish Technological Institute/Environmental Technology, Practical Possibilities for cleaner Production in Leather Processing (Septiembre 1999)

³ European Comission, Directorate General JRC (Joint Research Center), Institute for Prospective Technological Studies (Seville), Technologies for Sustainable Development European IPPC Bureau, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Techniques for the tanning of Hides and Skins (Mayo 2001)

- ü Controlar el pH de la operación. El pH final óptimo del desencalado esta en el rango de 8 a 8.5. Se debe controlar que este no baje de 8, suspendiendo el suministro de CO₂ (un exceso disminuirá aún más el pH). Si el pH al final del desencalado es más bajo que el recomendado para asegurar la actividad óptima de las enzimas comunmente usadas en el purgado. Asimismo, si hay sulfuro remanente y el pH baja de 8, se formará sulfuro de hidrógeno, gas venenoso que puede llegar a alcanzar concentraciones tóxicas, para lo cual se debe usar un oxidante del sulfuro. Por ejemplo, antes de iniciar el desencalado con CO₂, adicionar una adecuada cantidad de peróxido de hidrógeno o de bisulfito de sodio para prevenir la formación de este gas. Se recomienda el bisulfito de sodio, pues el peróxido puede corroer la madera y es más costoso.

El desencalado con CO₂ da cueros de mejor calidad (estructura de flor más uniforme), por la reducción mas gradual en pH con CO₂ y además la acción microburbujeante del bióxido de carbono recoge pequeñas partículas de tierra y las aleja de la superficie del cuero o cuero en tripa.

Beneficios ambientales

Disminución de la carga de nitrógeno contenida en el efluente, así como la eliminación de del olor a amoníaco. Las descargas de nitrógeno pueden reducirse desde 3.8 kg/ton en las operaciones convencionales con sales de amonio, hasta 0.02 kg/ton en el desencalado con CO₂. En el efluente del proceso de curtido se (desencalado, piquelado, y curtido) se pueden reducir de un 20 a un 30% en las descargas de nitrógeno total kjeldahl. Asimismo, se puede reducir el aporte de DQO del desencalado en los casos en que exista una presencia significativa de iones cloruro, que ayudan a la oxidación del amonio.

Reciclaje del licor de piquel

El piquel tiene dos funciones principales, como paso que prepara el cuero o cuero en tripa para el curtido y como etapa de retención intermedia en la que el cuero en tripa se puede comercializar y almacenar.

Preparación para el curtido: El papel del piquel durante el procesamiento de pieles consiste en asegurar que el colágeno esté a un pH lo suficientemente bajo para que las sales de cromo puedan penetrar sin una reacción inmediata en la superficie.

Almacenamiento del cuero en tripa: El cuero en tripa se piqueta en ácido y sal para que pueda guardarse durante varios meses, o de ser necesario un año o más. El piquel preserva el cuero en tripa, en parte por el pH bajo debido al ácido presente y en parte por la deshidratación.

Principio del método

El reciclaje del licor de piquel es una práctica común en muchas curtiembres para reducir la contaminación ambiental con sales. Después de la recolección de los licores de piquel en un recipiente / tanque adecuado, el licor utilizado pasa por un tamiz. Al reciclar licores de piquel existen ciertas verificaciones vitales para asegurar un proceso de piquel eficiente. Es necesario verificar el contenido de sal y comprobar el contenido de ácido, haciendo los ajustes necesarios para obtener el pH inicial. En la práctica, los ahorros en sal son cerca del 80% y la reducción en el consumo de ácido se estima en cerca del 25%. En la recirculación habrá una acumulación gradual de sólidos y grasa en el licor, de

manera que solo será posible reciclar durante un período limitado, después del cual el licor tendrá que desecharse y reiniciarse el proceso. En cualquier caso, podría ser necesario filtrar el licor por un tamiz fino antes de usarlo.

Si se implementa un sistema de manejo de cromo, existe la posibilidad de reciclar los licores agotados que se usarán en el proceso de piquel.

Recirculación de cromo

Las curtiembres pueden optimizar el proceso de curtido utilizando sistemas de alto agotamiento, de recirculación de los licores de cromo o de recuperación del cromo. El sistema más apropiado sería el de recuperación (El cromo es precipitado y separado y luego redisolto, para volver a usarlo). Este sistema se propone por las siguientes razones:

- La técnica de recuperación de cromo es más eficiente
- El contenido de cromo en el licor recuperado es constante
- No hay concentración de sales (asociadas con las técnicas de recirculación)
- Las características del cuero no cambian
- El proceso de curtido requiere modificaciones mínimas

Principio del sistema de recirculación de cromo

El principio del proceso de recuperación de cromo es precipitar el cromo contenido en el licor residual como hidróxido insoluble adicionando un álcali, separando el sólido por filtración, decantación o centrifugación, re – disolviéndolo con ácido para volverlo al proceso de curtición.

El proceso consiste en:

- Recoger el licor de cromo agotado del proceso de curtición y filtrarlo en una criba de 1 mm, para remover los sólidos suspendidos gruesos.
- Pasarlo a un tanque de equalización para homogenizar el licor
- Precipitar el cromo como hidróxido de cromo, adicionando hidróxido de sodio a un pH de 8,5, el tiempo de reacción es de 3 horas.
- El hidróxido de cromo precipitado se separa de la solución en un filtroprensa. El filtrado que sale del filtroprensa puede ser drenado o transferido a un tanque de recolección y reajustando el pH re – usarlo en el piquel.
- El lodo de cromo recogido en el filtroprensa (sólido extraído) se lleva un recipiente de reacción, resistente al calor (reacción exotérmica), para recuperar el cromo, como sulfato de cromo, adicionando ácido sulfúrico a un pH de 2,4, el tiempo de reacción es de 2 horas, el recipiente de reacción debe ser de acero inoxidable o fibra de vidrio reforzada.
- El licor final obtenido se pasa por un filtroprensa y se almacena en un recipiente, listo para ser llevado al bombo de curtición. El lodo filtrado se lleva a un relleno sanitario.

En la Figura 4.2 se muestra el diagrama de precipitación de cromo y en la Tabla 4.5 se muestra un proceso típico con licor de cromo precipitado.

Figura 4.2 Diagrama de flujo del sistema de precipitación de cromo

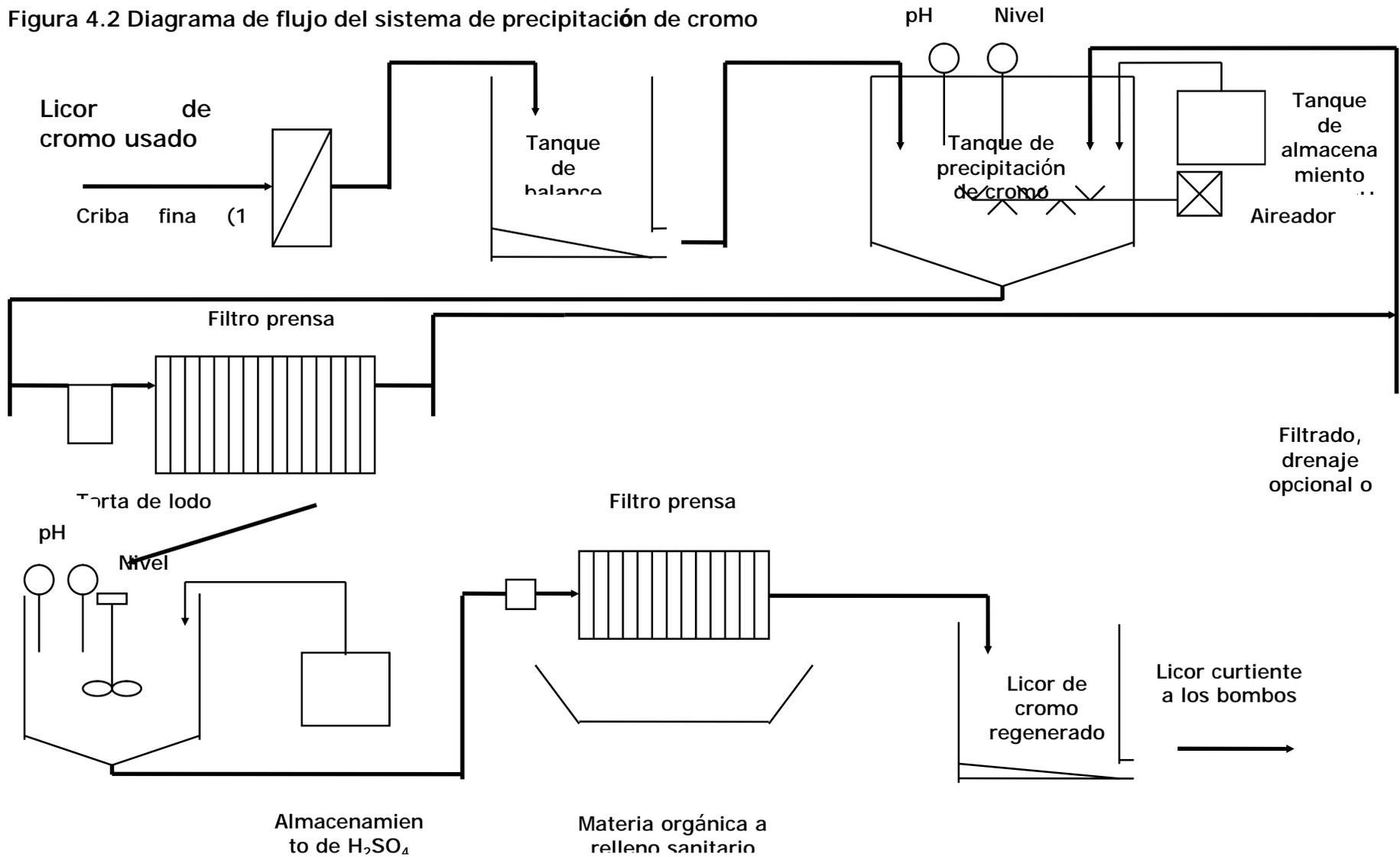


Tabla 4.5– Proceso típico de curtición con licor de cromo recuperado

Operación	Adición de Agentes químicos,	%	Peso	T (°C)	Operación Tiempo (mins)	Chequeos		Comentarios
						Requerido	Actual	
Piquel	agua	25		20				
	Sal	8			30			Chequear °Baumé 6 - 8
Añadir	Ácido fórmico	1-1,5			30			Diluido 1:10
Añadir	Ácido sulfúrico	0,75			120			Diluido 1:10
Añadir	Formiato de sodio	1						
	Licor de cromo recuperado (3,5% Cr ₂ O ₃)	15						
	Cromo (25% Cr ₂ O ₃)	5			2 horas			Chequear penetración
Añadir	Óxido de magnesio	0,5			8 horas	pH 3,8 – 4,2		Temperatura 45 – 50°C
Drenar								
Lavar	agua	100		25	15 min			
Drenar								

Beneficios ambientales

Utilizando el proceso de recuperación de cromo la reducción en contaminación esperada en el efluente es la siguiente:

Parámetro	Curtido típico Kg/ton de piel	Curtido con cromo recuperado Kg/ton de piel
Sólidos suspendidos	5	1
Cromo	5	0,1
Cloruro	50	25
Sulfato	40	15

4.3. CASOS PRÁCTICOS

A continuación se presentan casos prácticos de aplicación de buenas prácticas y de tecnologías limpias en curtiembres a escala internacional.

Caso 1

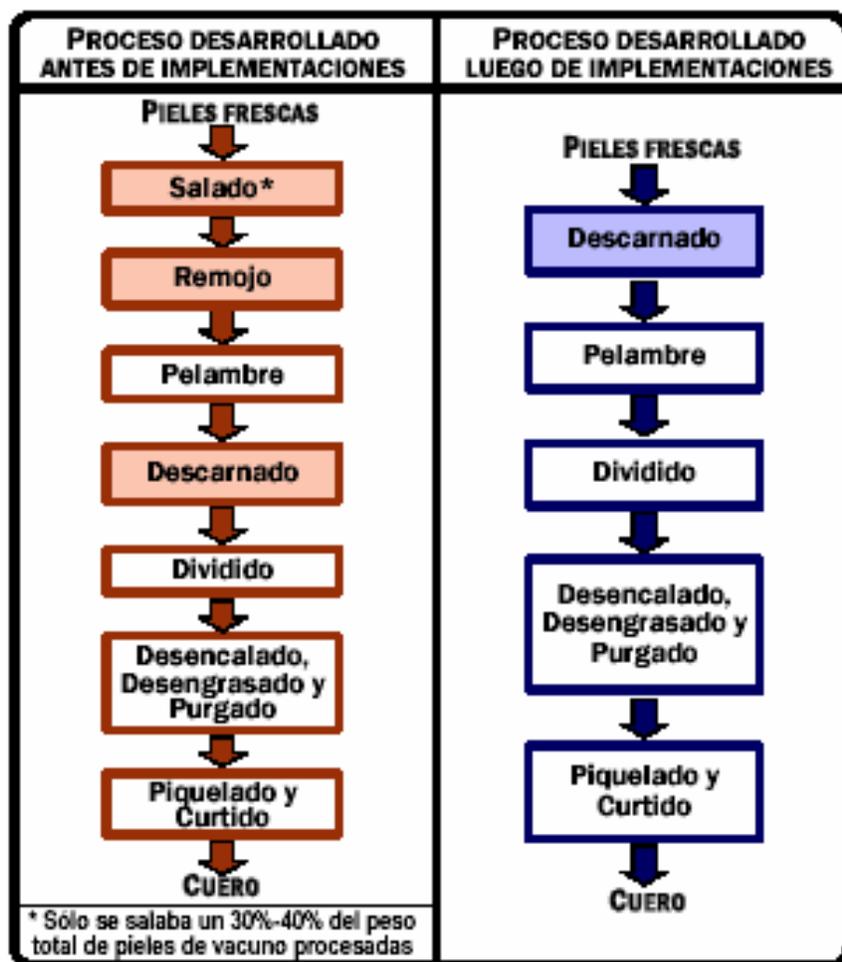
EMPRESA 1	# DE EMPLEADOS:	7
	PRODUCTOS:	Del curtido de piel de vacuno: suela, crupón, vaqueta, wet blue integral, escarias y gamuzones Del curtido de las pieles de cabra y de oveja: forros pintados y vegetal
	MERCADO:	Nacional, próximamente, se exportarán a Brasil
	PRODUCCIÓN:	145 toneladas de piel fresca / año
	HORAS DE TRABAJO	303 días por año, 9 horas por día
	MATERIA PRIMARIA	Pieles de ganado vacuno (90% del peso total de pieles procesadas), oveja (5%) y cabra (5%)
ASPECTOS AMBIENTALES	El sector de curtimbres se caracteriza, en primer lugar, por las descargas de aguas contaminadas, con valores de pH variables: altos, para descargas de aguas de pelambre; bajos, para descargas de aguas de piquelado y curtido, además, altas concentraciones en materia orgánica (DBO, DQO), sulfuro, cromo y sólidos que son vertidos directamente al alcantarillado sin tratamiento previo alguno.	

EMPRESA 1	# DE EMPLEADOS:	7
RESUMEN DEL PROYECTO	<p><i>Reducir el consumo de sal común</i></p> <p>Se ha concientizado al personal para que barra exhaustivamente la sal de las pieles saladas de cabra y oveja, antes de ser introducidas a los fulones, a fin de remover y. luego, reusar la sal sólida contenida en ellas. Para reusar la sal, se pulverizan los gránulos en un molino, asegurando una mejor penetración de ésta en las pieles. Por otro lado, el salado de las pieles de vacuno se ha eliminado por completo.</p> <p><i>Descarnar antes del pelambre (ver diagrama de flujo):</i></p> <p>El descarnado, operación de remoción de la carnaza (carne, grasa subcutánea y tejido conectivo) ahora se efectúa antes del pelambre. También se ha eliminado la operación de remojo y, por consiguiente, se ha reducido el 100% del consumo de agua en esta operación, ya que el mismo día en que las pieles de vacuno llegan a la curtiembre, son descarnadas e introducidas directamente al pelambre. Al constituir la carnaza, aproximadamente, el 8% del peso de la piel fresca, y al haber eliminado la operación de remojo, donde la piel gana peso al absorber agua, se ha logrado reducir, en un 24%, el consumo de insumos en el pelambre (agua, sulfuro de sodio y cal), ya que ahora la dosificación se aplica sobre el peso de la piel fresca y libre de carnazas y no, incorrectamente, sobre el peso de la piel remojada y con carnazas, como se hacía antes. Otro beneficio importante constituye el incremento en la calidad de los cueros acabados, en vista de que, al remover el material carnoso adherido a la piel, se evita la formación de arrugas o estrías en el wet blue y, por lo tanto, en el cuero acabado.</p> <p><i>Optimizar el funcionamiento de la divididora y emplear cal de buena calidad para incrementar el rendimiento en las operaciones de dividido</i></p> <p>La máquina divididora trabaja óptimamente después de haber sido calibrada por un técnico quien también capacitó al personal sobre el manejo y mantenimiento adecuado. En cuanto a la cal, hoy en día se utiliza solo buena calidad, lo que, además de haber eliminado la presencia de rayas en el cuero, provoca un hinchamiento apropiado de la piel</p>	

EMPRESA 1	# DE EMPLEADOS:	7
	<p>Reciclar los licores agotados del curtido: Se ha disminuido, en un 15%, el consumo de sales de cromo y, en un 20% el de taninos, como resultado del reciclaje de los licores agotados del curtido tanto al cromo como al vegetal. El procedimiento general consiste en tratar pieles vírgenes, principalmente de cabra y oveja, con las soluciones usadas de curtido (al cromo o al tanino), hasta que las pieles absorban al máximo los contenidos residuales de sales de cromo y tanino, y los licores queden completamente agotados y se vuelvan prácticamente incoloros. Con el procedimiento de reciclaje descrito, se produce "forro pintado", con los licores agotados del curtido al cromo, y "forro vegetal", con los baños agotados del curtido al tanino o vegetal.</p> <p>Reducir el consumo de energía térmica: Se ha disminuido la presión de trabajo en la caldera, lo que es suficiente para la generación de vapor destinado al calentamiento de agua, de la planchadora y de la secadora. También, la alimentación de gas natural al quemador ha sido reducida, lo que ha permitido una combustión más eficiente en vista de que ya no se desperdicia combustible. Finalmente, se han reemplazado las tuberías y las chapas del caldero en mal estado y se han reparado las trampas de vapor. Con la ejecución de las medidas mencionadas, se ha logrado una reducción del 72% en el consumo de gas natural.</p>	

FLUJO DE PROCESO:

En la Figura 4.3 se muestra un esquema general simplificado, del proceso de curtido de pieles de vacuno anteriormente desarrollado en la empresa (flujograma izquierda), y del proceso actual de curtido de pieles de vacuno (flujograma derecho), que se lleva a cabo como resultado de la implementación de las recomendaciones de PML.. Como se observa, actualmente las pieles de vacuno no son remojadas ni saladas, pero sí descarnadas, antes del pelambre.



Fuente: Estudio de caso del CPTS - Bolivia

Figura 4.3 Flujo del proceso Caso 1

BENEFICIOS:

BENEFICIOS AMBIENTALES	Antes	Despu es	Ahorro	Inversión	Ahorro anual
			%	US\$	US\$/año
Consumo de sal común [kg/ton piel fresca]	341.8	190.9	44	800	650
<i>Descarnar antes del pelambre</i>				Mínima	740
Consumo de agua [m3/ton piel fresca]	31.6	No cuanti- ficado	14 ⁴		
Consumo de sulfuro de sodio [kg/ton piel fresca]	18.2	13.8	24		
Consumo de cal [kg/ton piel fresca]	48.4	36.7	24		
<i>Funcionamiento de la divididora y emplear cal de buena calidad para incrementar el rendimiento en las operaciones de dividido</i>				500	7650 ⁵
Reducción en generación de residuos sólidos en la divididora					
<i>Reciclar los licores agotados del curtido</i>				Mínima	9570
Consumo de cromo [kg/ton piel fresca curtida al cromo]	69.6	59.2	15		
Consumo de sales de tanino [kg/ton piel fresca curtida al tanino]	431.9	345.5	20		
Consumo de gas natural [mpc/ton piel fresca]	4.86	1.35	72	300	1800
TOTAL				1600	20'410

En esta empresa se producen 145 toneladas de pieles frescas por año, con una inversión de US\$ 1600.- y una reducción de costos de US\$ 20'410.-. Esto significa un retorno sobre la inversión de 1200%.

CONCLUSIONES

Mediante la ejecución de medidas de producción más limpia, la empresa ha conseguido reducir el consumo de agua, insumos químicos y energía térmica, así como disminuir la cantidad de descargas contaminantes; además ha logrado el mejoramiento de la calidad del cuero acabado y el incremento de los rendimientos de producción. A su vez, estas medidas de PML han generado ahorros económicos significativos y un mejor desempeño ambiental de la empresa.

⁴ Se refiere solamente a la reducción en el consumo de agua por la eliminación del remojo y por la reducción del uso de este insumo en el pelambre.

⁵ Ahorro debido al incremento de la superficie útil de cuero obtenida

Caso 2

EMPRESA 2	# DE EMPLEADOS:	40
	PRODUCTOS:	Cuero curtido (wet blue); cuero acabado; manufactura de guantes, coletos, cinturones, chamarras y accesorios de cuero en general
	MERCADO:	Nacional
	PRODUCCIÓN:	2500 pieles/mes (=64 ton)
	HORAS DE TRABAJO	286 días al año, 5.5 días por semana, 48 horas por semana
	MATERIA PRIMARIA	Pieles de ganado vacuno frescas, frescas saladas y secas saladas
ASPECTOS AMBIENTALES	El sector de curtimbres se caracteriza, en primer lugar, por las descargas de aguas contaminadas, con valores de pH variables: altos, para descargas de aguas de pelambre; bajos, para descargas de aguas de piquelado y curtido, además, altas concentraciones en materia orgánica (DBO, DQO), sulfuro, cromo y sólidos que son vertidos directamente al alcantarillado sin tratamiento previo alguno.	

EMPRESA 2	# DE EMPLEADOS:	40
RESUMEN DEL PROYECTO	<p>La empresa descargaba sus efluentes sin <i>reciclaje</i> ni <i>pre-tratamiento</i> directamente al drenaje. En un proyecto de producción más limpia, la empresa podía reducir esta carga a través de:</p> <p>Reciclar las aguas:</p> <p>En remojo / pelambre: Instalando un tanque pulmón elevado, de 18 m³, para recibir las aguas del segundo lavado de pelambre que se reutilizan en el primer lavado del día siguiente. Asimismo, las aguas de pre-remojo son reutilizadas en el primero y segundo lavado de pelambre. Con esta medida se ha podido reducir el consumo de agua a un 25% del consumo total en el proceso de ribera (pre-remojo, remojo, pelambre y lavados de pelambre). Además se ha reducido el consumo global de agua a través de la captación de agua lluvia que es almacenada en un tanque de 70m³.</p> <p>En curtido: La solución proveniente del curtido de la flor es reciclada para emplearla en el curtido del descarte, previa fortificación de la solución. Esta solución es recirculada 3 a 4 veces. La solución de recurtido de costra también es reciclada empleándola en el siguiente lote para recurtido. Con ello se ha logrado reducir en 30% el consumo de sales de cromo y 47% de sal común.</p> <p>Pre-tratamiento de aguas: Como la carga de los efluentes es muy alta, se implementó un sistema de pretatamiento para separar sólidos, precipitar sólidos disueltos, disminuir sulfuros y neutralizar los efluentes muy ácidos o muy básicos. Este sistema consiste de un tanque de oxidación y una malla previa para retener los lodos principales y pelos extraídos. En el tanque, los sulfuros son oxidados a sulfatos con burbujas de aire introducidas desde el fondo. Seguidamente, estos efluentes son enviados a un tanque de sedimentación, de 10 m³ de capacidad, donde son neutralizados (punto isoeléctrico, punto en el que las proteínas precipitan. El sobrenadante se elimina directamente a la alcantarilla. Los lodos son enviados a filtros de arena, donde se separan los líquidos (enviados a la alcantarilla) y los sólidos (enviados al relleno sanitario). La solución de curtido es almacenada y sedimentada separadamente y después neutralizada junto con las aguas del pelambre.</p> <p>Control de inventarios y buenas prácticas operativas. La empresa ha montado un sistema computarizado que permite el control actualizado de sus inventarios lo que, junto con buenas prácticas operativas ha permitido una reducción general en el consumo de reactivos químicos, como por ejemplo el de sulfuro de sodio en el que se logró una reducción del 17.5%.</p>	

FLUJO DE PROCESO:

La curtiembre recibe pieles de vacuno frescas, frescas saladas y secas saladas, las cuales son remojadas y lavadas en tinas. El agua para las operaciones industriales proviene de dos pozos ubicados en la planta. Las pieles son tratadas con sulfuro de sodio y cal en el

proceso de pelambre (extracción del pelo de la piel). Posteriormente se lavan y se baja el pH de la piel con sales de amonio (desencalado) y se las acidifica (piquelado) con ácido sulfúrico antes de curtirlas. En el curtido, las pieles son tratadas con sales de cromo, para obtener el "wet blue". A través de reciclaje de agua en los lavados de pelambre (con aguas de pre-remojo y lavado de pelambre) y en el curtido /recurtido del descarne (con aguas del curtido de la flor), se puede reducir el consumo de agua y de sales de cromo /sal común.

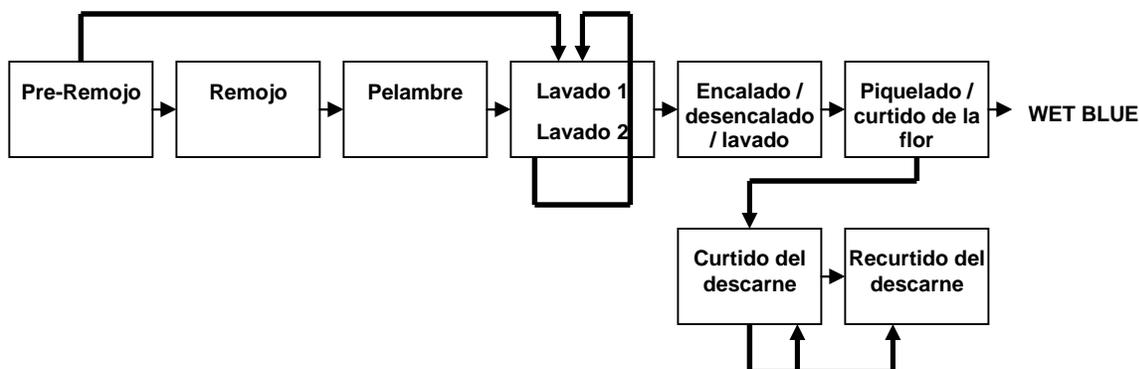


Figura 4.4 Diagrama de flujo del proceso – Caso 2

BENEFICIOS:

BENEFICIOS AMBIENTALES	Antes	Después	Ahorro	Inversión	Ahorro anual
			%	US\$	US\$/año
Consumo de agua en ribera [m3/ton piel]	4.1	3.0	25	mínima	30 ⁶
Consumo de Na2S [kg/ton piel]	20	16.5	17.5	No cuantificado	1470 ⁷
Consumo de sales de cromo [kg/ton piel]	60	42	30	7800 ⁸	14700 ⁹
Consumo de sal común [kg/ton piel]	83	44	47		
TOTAL				7800	16'200

En la empresa analizada, la cual produce 30'000 pieles por año, tiene una inversión de US\$ 7800.- y una reducción de sus costes de US\$ 16'200.-. Esto significa un retorno sobre la inversión de 208%.

CONCLUSIONES:

⁶ Disminución del consumo de agua de procesos de ribera en 850 m3/año

⁷ Disminución del consumo de sulfuro de sodio en 2700 kg/año

⁸ incluye también el control de pH y la reducción del contenido de sólidos en los efluentes

⁹ Disminución de la cantidad de cromo descargada. Reducción del consumo de sales de cromo en 13'800 kg/año y cloruro de sodio en 30'000 kg/año

Este caso demuestra que se pueden lograr grandes ahorros con medidas muy simples. También con buenas prácticas operativas y un control de inventario de químicos devuelve un ahorro de US\$ 1470.- por año. Implementando las medidas de pre-tratamiento de los efluentes, la empresa cumple con la legislación (Eliminación de sólidos, neutralización, reducción de sulfuros y DBO en el efluente final.)

Caso 3

EMPRESA	# DE EMPLEADOS:	31
	PRODUCTOS:	cuero para calzado
	MERCADO:	nacional
	PRODUCCIÓN:	2240 pieles/mes de ganado vacuno (70% de la capacidad instalada)
	HORAS DE TRABAJO	1.5 turnos diarios, 5.5 días la semana
	MATERIA PRIMARIA	Pieles de ganado vacuno frescas y saladas
ASPECTOS AMBIENTALES	<p>Los problemas de contaminación detectados fueron: (1) un excesivo consumo de agua, sales de cromo, sal y sulfuro, (2) elevados valores de DBO, DQO y sólidos suspendidos, debido a los excesivos consumos de químicos y a la suciedad propia de las pieles.</p> <p>Los efluentes provenientes de los diversos procesos indicados, que contienen los contaminantes mencionados, se descargan sin previo tratamiento a una quebrada cercana a la empresa.</p>	

EMPRESA	# DE EMPLEADOS:	31
ESUMEN DEL PROYECTO	<p>Una auditoría en la empresa concluyó las recomendaciones siguientes, de las cuales la empresa ya ha implementado algunas:</p> <p>Reducción de los consumos de agua en las operaciones de lavado y remojo: Los aguas utilizadas en los lavados a fin de retirar materias extrañas, pueden ser reutilizadas por tres veces en los siguientes lotes de remojo, pasando primero por un filtro de arena. Luego del tercer reciclaje se recomendó ajustar el pH, filtrar y descargar.</p> <p>Retiro de sólidos del proceso de pelambre y reciclaje de baño gastado La empresa cambió el proceso de pelambre a un sistema de guardapelo, en el cual el pelo no está destruido. Se remueven los sólidos suspendidos por filtración y se almacena el filtrado. Las concentraciones residuales de sulfuro y cal del filtrado está determinado y ajustado para reutilizar la solución en un nuevo lote de pelambre.</p> <p>Oxidación de sulfuros Mediante una oxidación catalizada con sulfato de manganeso, se obtienen iones sulfato que son menos peligrosos. Luego de la oxidación de los sulfuros, se puede descargar el líquido al sistema final de ajuste de pH y filtración. Por falta de presión de las autoridades esta recomendación tiene última prioridad de implementación en la empresa.</p> <p>Reciclaje de la solución de desencalado y purga Para ahorrar agua, se recomendó recolectar el efluente de desencalado y purga en un tanque, bombear el efluente a un filtro estático y de aquí bombear a un decantador. Finalmente, el efluente libre de sólidos en suspensión se bombea hacia la operación de remojo.</p> <p>Reciclaje de la solución de piquelado y curtido La empresa vierte sus efluentes de piquelado y curtido directamente a la quebrada. Se surgió almacenar el efluente de piquelado en un decantador, determinar las cantidades residuales de sal y ácido, ajustar estas concentraciones a las originales y reutilizar el baño para otro lote de piquelado.</p> <p>En cuanto al reciclaje de efluentes de curtición se recomendó filtrar y almacenar el efluente, determinar el cromo residual y ajustar a la concentración original y reutilizar en un nuevo proceso de curtición de descarnado.</p>	

FLUJO DE PROCESO:

Las principales operaciones y procesos unitarios para obtener el cuero terminado son las siguientes: Recepción, salado y almacenaje de pieles frescas; lavado – remojo y pelambre; descarnado y dividido; encalado/desencalado, purga y piquelado; curtición. Con el producto obtenido de Wet blue, la empresa sigue el proceso: escurrido y rebajado; recurtición, tintura y engrase; acondicionado y acabado.

Los subproductos, tales como retazos de carne y sebo y carnaza, provenientes del descarnado y dividido, se comercializan para ser utilizados como abono y venderse como materia prima para la fabricación de juguetes y gelatina.

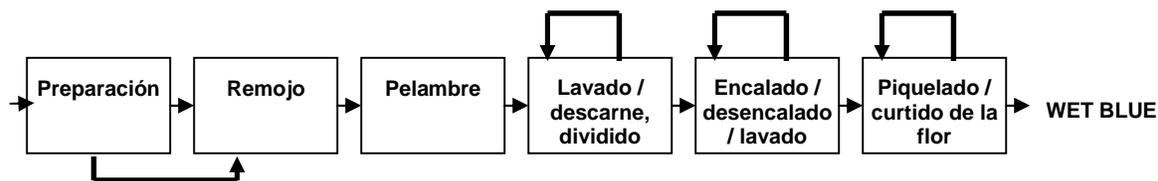


Figura 4.5 Diagrama de flujo del proceso – Caso 3

BENEFICIOS:

BENEFICIOS AMBIENTALES	Antes	Despu es	Ahorro ¹⁰ %	Inversió n US\$	Ahorro anual US\$/año
Consumo de agua en lavado y remojo [m ³]	2360	790	18.8	15'000	31
Pelambre:					
Consumo de agua [m ³]	637	36	7.23	15'000	12
Consumo de químicos	-	-	-		3915
Desencalado:					
Consumo de agua [m ³]	1638	73	18.83	15'000	31
Piquelado:					
Consumo de agua [m ³]	182	11	2	7500	3.4
Ahorros en químicos	-	-	-		1263
Oxidación de sulfuros				12'000	-
TOTAL				49'500	16'200

En la empresa analizada, la cual produce 30'000 pieles por año, tiene una inversión de US\$ 49'500.- y una reducción de sus costos de US\$ 16'200.-. Esto significa un retorno sobre la inversión de 33%.

CONCLUSIONES:

Este caso demuestra que se pueden lograr grandes ahorros en especial de agua. Con las recomendaciones implementadas se tendría un ahorro en el consumo de agua del 43.87%, referido al consumo total de agua de procesos. Desgraciadamente el valor del agua es muy bajo debido a que la empresa compra el agua del canal de riego a un costo US\$ 0.02 por m³. Beneficios más grandes reporta el ahorro en productos químicos, con casi US\$ 5200.- por año.

El reciclaje el baño agotado de pelambre redujo los niveles de DBO, DQO y sólidos en suspensión, debido a que en esta etapa es donde se genera el mayor porcentaje de los contaminantes mencionados.

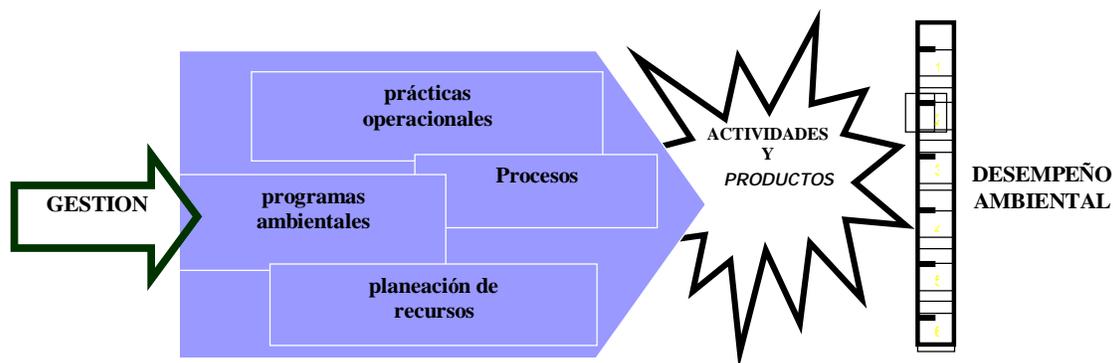
¹⁰ Ahorro respecto al consumo total de agua de procesos

5. SISTEMA DE REFERENCIACIÓN AMBIENTAL, SIRAC

5.1. QUÉ SIGNIFICA BENCHMARKING?

Benchmarking es más que medir, comparar y establecer un nivel de desempeño entre diferentes empresas es aprender de otros a través de la identificación continua y comprensión de las mejores prácticas para desarrollar un determinado proceso o actividad. Es una *Herramienta de mejoramiento*.

5.2. EN QUÉ CONSISTE UN BENCHMARKING DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL



Un excelente desempeño ambiental va de la mano con un mejor desempeño económico, esto es ECOEFICIENCIA

5.3. EL PROCESO DE BENCHMARKING

El proceso de benchmarking sigue el ciclo Planear – observar – analizar – implementar, ver Figura 5.1.

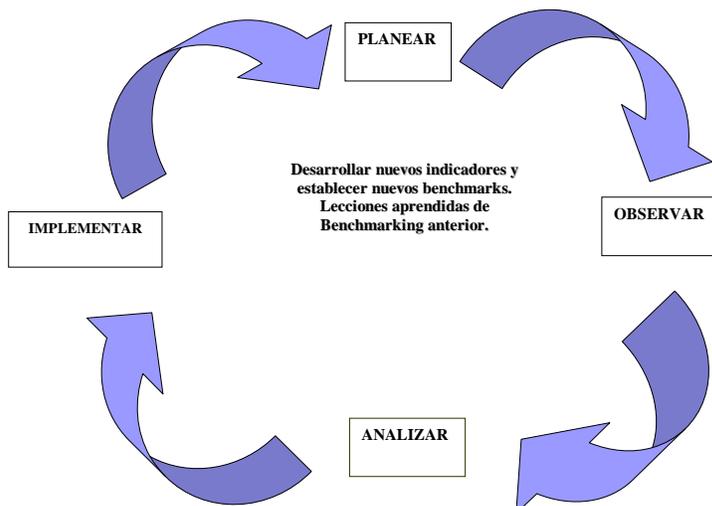


Figura 5.1 Proceso de Benchmarking

5.4. BENEFICIOS DE HACER BENCHMARKING DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL

- Motiva a empresarios y trabajadores a definir y alcanzar metas de mejoramiento y competitividad, a la vez informa a sus clientes, autoridades y otros interesados acerca de su progreso. Mejora el desempeño de los procesos en la curtiembre, haciendo un mejor manejo de los recursos y conduciendo al aumento del rendimiento de la producción y rentabilidad en las curtiembres. Previene de efectuar inversiones costosas y mal argumentadas. Corrige percepciones incorrectas de tecnologías, prácticas y competidores.
- Permite aprender nuevas y mejores maneras de hacer las cosas, sin afectar la calidad del cuero.
- Fomenta el progreso del sector industrial de curtiembres y simultáneamente protege el medio ambiente y promueve el bienestar de la comunidad.

5.5. PROCESO PARA ESTABLECER LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO AMBIENTAL (IDA)

Indicadores: "Medidas cualitativas o cuantitativas que realizadas periódicamente permiten identificar el estado de las características de los procesos en la curtiembre".

PROCESOS:

- Desempeño de la gestión ambiental
- Desempeño financiero de las acciones ambientales
- Desempeño de los procesos productivos.

5.6. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LAS CURTIEMBRES EN COLOMBIA

Se encuestaron 8 curtiembres y 10 instituciones ubicadas en Cundinamarca, Medellín, Nariño, Quindío, Valle del Cauca.

En la visión de los curtidores las prioridades fueron:

- Mejorar la calidad del producto.
- La participación en mercados nacionales e internacionales.
- Cumplir los requerimientos del cliente en cuanto al producto y al manejo de sus procesos.
- Cumplir con los requisitos ambientales legales.
- Disminuir los impactos ambientales que genera y contribuir a la conservación de los recursos naturales
- La participación de los trabajadores en los programas desarrollados y el espíritu de equipo.
- Reducir los costos de producción y cumplir con la demanda del mercado siendo competitivos en precios

5.7. PRIORIDADES EN EL USO DE INDICADORES

- Establecer objetivos y metas de mejoramiento interno.
- Demostrar el grado de cumplimiento de los requisitos ambientales legales.
- Sugerir alternativas de intervención tecnológica para el mejoramiento del desempeño de los procesos de producción de las curtiembres.
- Demostrar el cumplimiento de los requisitos de producto, del cliente y asociaciones de cuero
- Comparar el desempeño ambiental entre las curtiembres nacionales e internacionales.

5.8. CONSTRUCCIÓN DE LOS INDICADORES

Para la construcción de los indicadores es prioritario conocer la siguiente información:

- La calidad de sus efluentes y residuos sólidos y su correspondencia con los requisitos legales
- Del manejo que hacen de sus impactos ambientales
- Del avance tecnológico de las curtiembres y aplicación de tecnologías de producción más limpia
- Del bienestar y participación de los trabajadores de curtiembres

- De la productividad de las curtiembres, la reducción de costos y la competitividad en precios
- La calidad del cuero producido (terminado o al azul)

5.9. PRINCIPALES PROBLEMAS AMBIENTALES DEL SECTOR CURTIEMBRES

- *Altos consumos y contaminación de aguas* superficiales. Debido al vertimiento de grandes volúmenes de efluentes líquidos con altas cargas contaminantes principalmente de sulfuros, cromo, materia orgánica y grasas entre otros.
- Generación y mala *disposición de residuos sólidos* que ocasionan la formación de vectores.
- *Emisiones atmosféricas* caracterizadas por olores ofensivos y ruido.
- *Altos consumos de energía*

5.10. CONSUMO Y CALIDAD DEL AGUA

El consumo de agua en una curtiembre se puede reducir entre el 25 y el 40%, actualmente se paga por consumo y por vertimiento.

La contaminación del agua puede ser reducida teniendo en cuenta que solo el 15% de los químicos empleados en el proceso de producción son retenidos en el cuero terminado.

Que indicadores se pueden medir?

- Consumo de agua por área superficial de cuero terminado (m^3/dm^2)
- Peso de químicos empleados / peso de la piel
- Concentración de sustancias químicas (sulfuro, Cr, DBO, DQO, Cl, etc.) en el agua residual.

Qué información necesita?

- El consumo de agua que le brinda la factura de compra del servicio.
- Registrar el consumo de insumos químicos que utiliza en cada proceso, pesándolos cada vez que los adiciona al bombo.
- Los análisis físico-químicos del agua residual (puede ser el reportado por las autoridades ambientales).

5.11. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

El costo de las pieles representa el 60 al 80% de los costos totales de producción, el cuero terminado es solo el 25% de la piel.

El costo de disposición de residuos depende de la cantidad de residuos que se generen.

Que indicadores se pueden medir?

- Costo total por disposición de residuos sólidos / año
- Peso total de ripio generado en el año.

Qué información se necesita?

El peso de los residuos que produce, tales como lodos, recortes de cuero, residuos de piel, carnaza, etc. Generalmente se encuentra esta información en las facturas generadas por la empresa de aseo o factura de venta de los residuos.

5.12. CONSUMO DE ENERGÍA

- Al optimizar los procesos se reduce el consumo de energía y de combustibles.
- De los recubrimientos aplicados, generalmente del 30 al 50% son solventes que van a la atmósfera.

Qué indicadores se pueden medir?

- Costo del consumo de energía (eléctrica) en el periodo por costo de producción.
- Cantidad total de combustible utilizado / año
- El consumo de energía en KWh que es reportado en su factura de energía.
- La cantidad de combustibles que utilice en las facturas de compra del combustible, por ejemplo para el funcionamiento de la caldera.

5.13. INDICADORES DE DESEMPEÑO AMBIENTAL - IDA

Desempeño de la gestión ambiental

- Calidad de la piel recibida
- Porcentajes de trabajadores entrenados o capacitados en programas ambientales y de seguridad
- Porcentaje de cumplimiento de la legislación ambiental
- Número de incidentes y de accidentes en el periodo

Desempeño financiero de las acciones ambientales

- Costos atribuibles a sanciones ambientales/costo de producción. Porcentaje de aprovechamiento de subproductos por área superficial de cuero terminado.
- Costo total por disposición de residuos sólidos / año
- Costo de tratamiento de aguas residuales / costo de producción.
- Costo de consumo de energía (eléctrica) en el periodo / costo
- Costo de consumo de agua en el periodo/costo de producción.
- Costo por descarga de efluentes / costo de producción.
- Costos de mano de obra directa / número de trabajadores de tiempo completo al año.

Desempeño de procesos productivos

- Proporción de Cr absorbido por área de cuero terminado.
- Concentración de sustancias químicas (sulfuro, Cr, DBO, DQO, Cl, etc.) en el agua de descarga.

-
- Volumen de aguas residuales generadas.
 - Cantidad de químicos utilizados en cada proceso de producción / peso de la piel.
 - Producción total de cuero terminado (dm²) / horas de trabajo anual.
 - Cantidad de combustible total utilizado / año
 - Cantidad total de residuos sólidos descargados por año.
 - Cantidad de sal recuperada.
 - Porcentaje de productos químicos de acabado orgánicos y anilinas.

BIBLIOGRAFÍA

BLC, 2000. "Tanning industry in Colombia". International tannery magazine. United Kingdom.

ISO 14031, 1999. "Environmental Management – Environmental performance evaluation – Guidelines".

Scherpereel, C. 1999 "Selecting environmental performance indicators for external reporting on the basis of environmental strategy". Tesis.

Centro Nacional de Producción Mas Limpia y Tecnologías Ambientales- CNPMLTA. 2002 "Proyecto Gestión Ambiental en la Industria de Curtiembre". Medellín-Colombia.

Unidad de Asistencia para la Pequeña y Mediana Industria- ACERCAR. 1998 "Gestion Ambiental Industrial". Memorias.

Curso de Entrenamiento Tecnologías Limpias para Industria de Curtidos, BLC, Leather Technology Center. 2000. Módulos A-G:

- ü Impacto Legislación y Manejo Ambiental
- ü Manejo práctico del agua
- ü La conservación a corto plazo de cuero en crudo
- ü Formas más limpias para depilar
- ü Métodos para reducir el impacto ambiental
- ü Tecnologías limpias de desescalado y rendido
- ü Piquel y prevención del desarrollo de moho
- ü Curtido a cromo
- ü Reciclaje del cromo
- ü Tecnologías más limpias en el post curtido
- ü Tecnologías mas limpias en operaciones de acabado

Sistema de Información para la Evaluación Ambiental de Sectores Productivos. www.tecnologiaslimpias.org.co/perfilestecnologicos/curtidoyacabadodecueros

Guía Técnica de Producción Más Limpia para Curtiembres. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles CPTS. Bolivia. Febrero 2003.