



Material didáctico

# Tecnologías MÁS Limpias

*En la Industria de la Curtiduría  
en la ciudad de León, Gto.*



guanajuato.gob.mx



COMISIÓN  
DE CUENCA  
DEL RÍO TURBIO

"Cuidemos y valoremos el agua que mueve a México", Programa Cultura del agua.

# Tecnologías Más Limpias en la Industria de la Curtiduría en la ciudad de León, Gto.

## **COMISIÓN DE CUENCA DEL RÍO TURBIO**

CERCA Presa de Silva,  
Blvd. Camino Real S/N, San Roque de Torres,  
San Francisco del Rincón, Gto.

### **Contacto:**

Gerencia Operativa  
de la Comisión de Cuenca del Río Turbio.  
Tel y Fax Oficina: 01 476 745 15 57  
[cuenca\\_rioturbio@hotmail.com](mailto:cuenca_rioturbio@hotmail.com)

**Contenido** a cargo de la  
Comisión de Cuenca del Río Turbio.

### **Proyecto financiado**

por la Comisión Estatal del Agua y  
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

El **diseño del arte** estuvo a cargo  
de la Comisión Estatal del Agua.  
[www.guanajuato.gob.mx/ceag](http://www.guanajuato.gob.mx/ceag)

## BIBLIOGRAFÍA

Comisión de Cuenca del Río Turbio. 2012. Tomo I.- Caracterización, Tomo II.- Diagnóstico, Tomo III.- Soluciones. Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC), Colegio de Michoacán (COLMICH), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). "Saneamiento y Servicios Ambientales en la Cuenca del Río Turbio". 1486 Págs.

# Contenido

1	Antecedentes.	05
2	Reuso del agua en los procesos de ribera	10
3	Tecnologías más limpias de pelambre.	17
4	Sistemas de recirculación de baños de pelambre con inmunización de pelo con auxiliares y sin auxiliares.	22
5	Procesos de desencalado con ácidos dicarboxílicos.	25
6	Tecnologías Más Limpas (TML's) en los procesos de curtido.	28
7	Proceso con sistema de recirculación indirecta.	33
8	Sistema de recuperación de cromo de los efluentes del proceso de curtido.	36
9	Conclusiones.	40



**La industria del curtido de pieles es considerada como una de las más contaminantes por el tipo de desechos que genera a lo largo de su proceso productivo...**

ESTE MATERIAL DIDÁCTICO PROPONE EL USO DE TECNOLOGÍAS MÁS LIMPIAS PARA LA INDUSTRIA DE LA CURTIDURÍA, Y ASÍ DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA, CON MUCHO AHORRO Y BENEFICIOS PARA TU EMPRESA.

La industria del curtido de pieles es considerada como una de las más contaminantes por el tipo de desechos que genera a lo largo de su proceso productivo. En el Estado de Guanajuato, la industria del curtido es pilar para la economía; sin embargo, el manejo inadecuado de sus residuos ha causado graves problemas ambientales.

El agua residual generada en este tipo de industrias es vertida en la mayoría de los casos sin tratamiento previo a la red de aguas municipales de la ciudad. Posteriormente estos efluentes se mezclan junto con los residuos de otras empresas para finalmente unirse al Río Turbio contribuyendo a la contaminación. La industria del curtido de pieles existe un gran porcentaje de micro y pequeñas empresas oficialmente registradas. Sin embargo existen muchas otras que trabajan en la informalidad y en muchos de los casos operan dentro de fincas que antes fueron casas sin la infraestructura adecuada para el manejo de residuos.

La mayor parte del volumen de piel que se produce se destina al mercado interno para la producción de calzado, sin embargo, esta industria actualmente sufre una fuerte recesión agravada por las importaciones de calzado, sobre todo, el de origen asiático.



La cadena de producción comienza con el abastecimiento de pieles, el cual se realiza mediante el acopio en zonas rurales y comunidades campesinas. En esta fase de la cadena productiva, aún persisten serios problemas en la conservación de las pieles, tales como cortes en el cuero y problemas de putrefacción. En la mayoría de tenerías no existe la infraestructura para el almacenamiento de las pieles o si la hay, no es un lugar destinado para tal fin. Por lo general, las pieles están expuestas a la intemperie; con temperaturas altas, a la exposición directa al sol, restos de descarnes o residuos sólidos.

Aunado a lo anterior, la maquinaria y equipos en algunos casos son obsoletos o llevan operando por muchos años, inclusive en la mayoría de las pequeñas tenerías, se descarnan pieles manualmente y la mayoría de los tambores han estado operando por muchos años.

Se estima que las tenerías informales producen un alto porcentaje del cuero que se curte, mismas que gozan de una ventaja competitiva con relación a los curtidores formales quienes deben cumplir con las leyes y regulaciones.

A continuación se presentan los principales factores internos y externos que afectan al sector.

## Factores que afectan al sector de la curtiduría

### Internos

- Informalidad.
- Parte de la tecnología utilizada es obsoleta.
- Las tenerías se localizan en zonas urbanas.
- Falta de capacitación, tanto en materia ambiental como en gestión empresarial.
- Baja calidad del producto.
- Déficit en el abastecimiento de pieles.
- Capacidad ociosa de maquinaria y equipos.
- Exportación de cueros semi-terminados.

### Externos

- Importación formal e informal de cueros más baratos de otros países.
- Baja calidad de cueros, que no cumplen con los estándares internacionales de exportación.
- Importación de sintéticos sustitutos del cuero.
- Importación de calzados con material sintético.

Características

Características



La alta concentración de empresas curtidoras enclavadas en las zonas urbanas de León, así como la poca disponibilidad de sistemas y tecnología para el tratamiento de las aguas residuales generan un grave problema de manejo de residuos. El alto contenido de químicos que contienen las aguas residuales generadas por la curtiduría cada día está creando un alto impacto contaminante en el medio ambiente.



La carga contaminante vertida en el Río Turbio por este tipo de industrias provoca que el agua se torne turbia y coloreada debido a la materia orgánica no sedimentable y a la presencia de taninos y colorantes, así como la generación de olores fétidos debido a la descomposición de materia orgánica no estabilizada.

Los efluentes líquidos de la industria del curtido tienen altas concentraciones de materia orgánica, compuestos de nitrógeno, sulfuros, pHs elevados, sólidos suspendidos y compuestos de cromo.

La alta carga de materia orgánica provoca la creación de condiciones anaerobias de biodegradación, debido al elevado consumo de oxígeno disuelto. Estas condiciones, además de afectar la vida acuática, favorecen la producción de algunos gases nocivos como: hidrógeno sulfurado, dióxido de carbono y metano.

Algunos residuos líquidos poseen alto valor de pH (entre 9 y 11) y sulfatos. Cuando estos residuos son descargados directamente al sistema de alcantarillado, producen corrosión en las cañerías.

Por otro lado la presencia en los efluentes de compuestos sulfurados puede provocar la producción de sulfuro de hidrógeno gaseoso, al mezclarse este efluente alcalino con otros efluentes ácidos o neutros en el alcantarillado.

De manera particular, en la Ciudad de León y sus alrededores existe una considerable aportación de aguas residuales de tipo industrial provenientes del sector cuero-calzado y de su proveeduría, a lo largo de su paso por la ciudad de León, hasta San Francisco del Rincón, en donde el Río Turbio recibe una gran cantidad de aguas residuales de origen urbano e industrial, con ello se generan problemas de contaminación y existe un incumplimiento a la Ley de Aguas nacionales (Art. 29 Bis) por verter aguas residuales sin tratamiento.

Por todo lo anterior, es de vital importancia la implementación de procesos de Tecnologías Más Limpias (TML's), mediante las cuales, se puedan reducir las altas concentraciones de contaminantes. Así mismo se requiere el desarrollo de procesos innovadores que reduzcan el uso de sales de cromo, sulfuros, y sales inorgánicas. Se realizó la validación de Tecnologías Más Limpias (TML's) para los procesos de *ribera* y Curtido que son los que más contaminan, con la finalidad de determinar aquellas tecnologías mediante las cuales se puedan reducir la alta concentración de contaminantes, altos contenidos de DBO5, DQO, materia orgánica, sulfuros y sustancias químicas que se generan por estas industrias, así como el desarrollo de procesos de innovación que reduzcan el empleo de las sales de cromo.



Una vez seleccionadas y validadas en laboratorio las Tecnologías Más Limpias (TML's) se requiere llevar a cabo un programa de talleres de entrenamiento para realizar la transferencia de tecnologías a los industriales de la curtiduría.

Por lo que es importante que las empresas, una vez que conozcan las tecnologías puedan realizar las implementaciones adecuadas que les permitan reducir los contaminantes dependiendo del caso de un 30-35% de DBO5, 25-30% de DQO, disminución del contenido de cromo y sulfuros en sus descargas, así como reducción de sus consumos de agua de un 20-25%.

Se elaboró una **carpeta tecnológica** que contiene información para cada una de las tecnologías que han sido validadas técnica y económicamente, la cual está a su disposición mediante solicitud por escrito a la Gerencia Operativa de la Comisión de Cuenca del Río Turbio y se integra de la siguiente manera:

- a).- Nombre de la Tecnología Más Limpia.
- b).- Introducción sobre la importancia de la tecnología y en qué etapa del proceso se puede aplicar.
- c).- Diagrama del proceso o tecnología de aplicación.
- d).- Formulación del proceso validado.
- e).- Factores del proceso que deben ser considerados para su adecuada aplicación.
- f).- Ventajas que presenta la tecnología.
- g).- Equipo requerido.
- h).- Análisis del costo-beneficio.

# 2

## REUSO DEL AGUA EN LOS PROCESOS DE RIBERA.

### 2.1. Introducción.

El agua y su uso eficiente es uno de los temas centrales en el diseño de estrategias de producción más limpia. Se tratará de manera específica y con enfoque al correcto uso del agua en la industria del curtido, lo cual es relevante dado que, el recurso se utiliza de manera intensiva y se generan grandes cantidades de aguas residuales con altas cargas de contaminantes.

El trabajo técnico se orienta a que el personal se vuelva más responsable y sensible en los procesos de *ribera*, así como, crear conciencia en los trabajadores acerca de los problemas que ocasionan las aguas residuales no tratadas vertidas en arroyos, presas o al suelo.

Los esfuerzos para mejorar los flujos de agua contaminada se pueden llevar a cabo de dos maneras:

1. La disminución de la contaminación orgánica mediante la separación de flujos contaminantes tóxicos, por medio de reciclaje o re-uso de las cargas más pesadas como el encalado y el curtido, y
2. La disminución del volumen de agua utilizado en los enjuagues.

Como dato general, una tenería en promedio puede consumir de 20 a 70 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de piel procesada, mientras que, en un proceso optimizado se utilizan entre 12 y 20 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de pieles verdes saladas. En la década de los ochentas, los consumos mayores a 60 m<sup>3</sup>/ton se consideraban normales según Naciones Unidas. Afortunadamente, en la actualidad dicho consumo se considera excesivo atendiendo la creciente escasez del recurso.

### 2.2. Uso eficiente del agua.

El ahorro de agua limpia se puede hacer en cada una de las etapas del proceso. El reciclado de flotas permitirá reducir considerablemente las descargas. El exceso del agua empleada en los procesos en ocasiones no está presupuestado. Por otro lado, las operaciones de enjuague son realizadas normalmente con agua corriente, es decir, la admisión del agua y la descarga son simultáneas. También hay que considerar que a mayor tiempo de enjuague, mayor consumo de agua, además de que la mayor parte del agua no se usa eficientemente.

Adicionalmente, el uso de baños a contracorriente ofrece una alternativa de ahorro de agua cuando se hacen varios lavados después del mismo tratamiento. Por ejemplo, si se requieren dos lavados después del encalado, el agua del segundo lavado se almacena y se usará para el primer lavado después del encalado siguiente y este se puede utilizar como pre-remojo del siguiente lote de pieles. Utilizando estas recirculaciones como se muestra en el siguiente esquema de la figura 2.3 es posible ahorrar grandes cantidades de agua en comparación con los procesos convencionales.

### 2.3. Esquema el ahorro de agua.

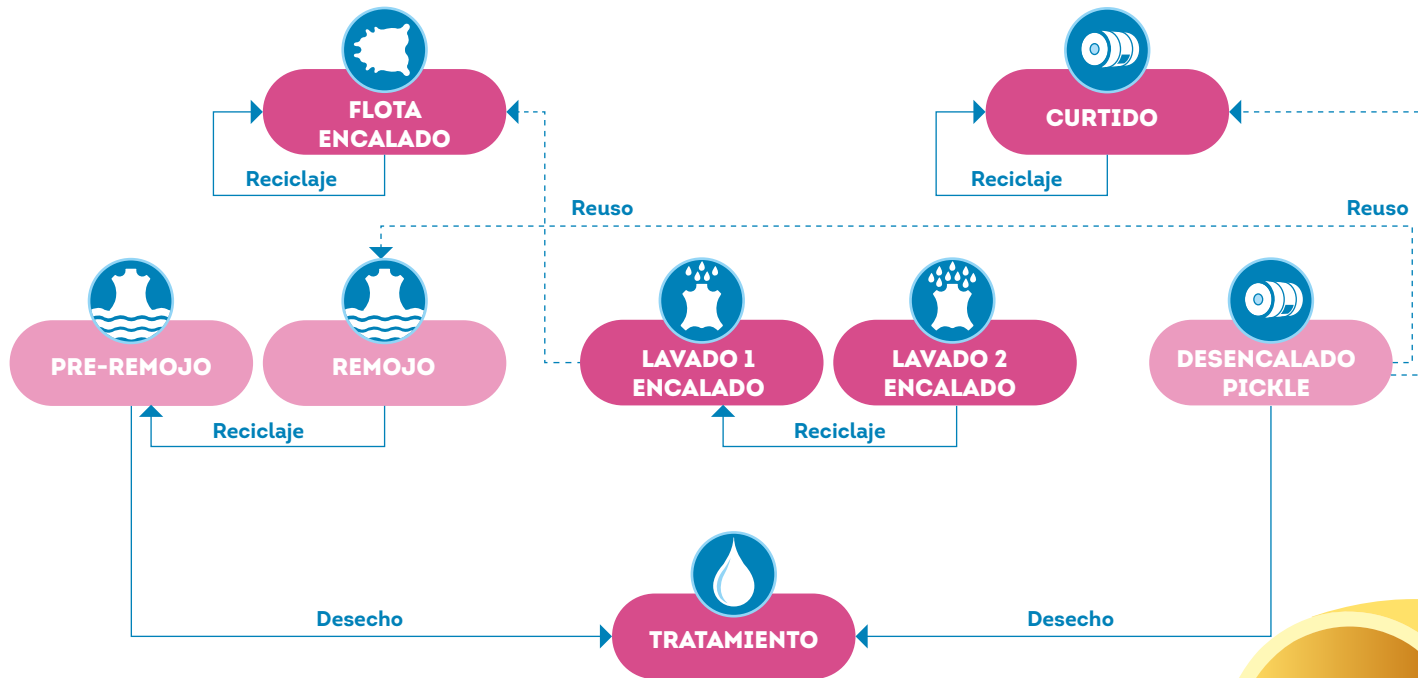
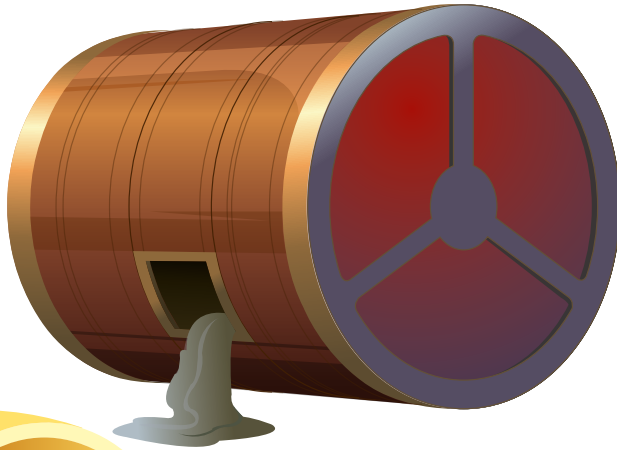


Figura 2.3 Esquema el ahorro de agua. Fuente: Manual de Buenas Prácticas Ambientales en Centroamérica, USAI, 2006.

Aplicando el esquema anterior durante 20 ciclos, se logra un ahorro promedio del 70%.

Procesos	Remojos	Pelambre	Total ribera	Desen-calado rendido	Pickle curtido	Total curtido	Neutra-lizado recurtido	Teñido engrase	Total RTE	TOTAL
Convencional m3/t	15	19.8	34.8	10.5	1	11.5	5.75	11.2	17	63.3
Reciclaje m3/t	3.15	3.6	6.7	3.5	0.6	4.1	1.75	3.25	5	15.8
Ahorro de Agua %	80%	82%	81%	66%	40%	65%	70%	70%	70%	75%



Otra de las grandes oportunidades de ahorro en agua, consiste en la sustitución de paletos por tambores en la *ribera*, teniendo un ahorro superior al 50% de agua.

En resumen, tenemos que el ahorro de agua es una de las tareas de mayor oportunidad para instalar una producción más limpia en una tenería.

Sin entrar en las acciones sencillas de rápida ejecución que permiten ahorrar agua, revisamos tres estrategias generales de proceso para reducir el uso del agua:

1. El cambio de sistemas de “enjuague” por sistemas de “lavado”.
2. El cambio de paletos por tambores (cuando el proceso lo permita) y
3. La implementación de sistemas de recirculación de baños.

Los procesos de Tecnologías Más Limpias (TML's) que presentaron mayores ahorros de agua sin afectarse la calidad de los cueros procesados son los siguientes:

## 2.4. Procesos de re-uso validados (Se están considerando 5 sistemas de Re-uso).

Para la validación de los sistemas de reuso de agua se tomó como base un proceso tradicional de curtido el cual se muestra en la tabla 1 y de esta se realizaron 5 sistemas de reuso:

- Remojo a pre-remojo.
- Remojo a remojo.
- Lavado de pelambre 2 o segundo lavado a pelambre.
- Lavado de pelambre 2 en pre-remojo.
- Lavado de la operación de dividido a lavado 1 de encalado.

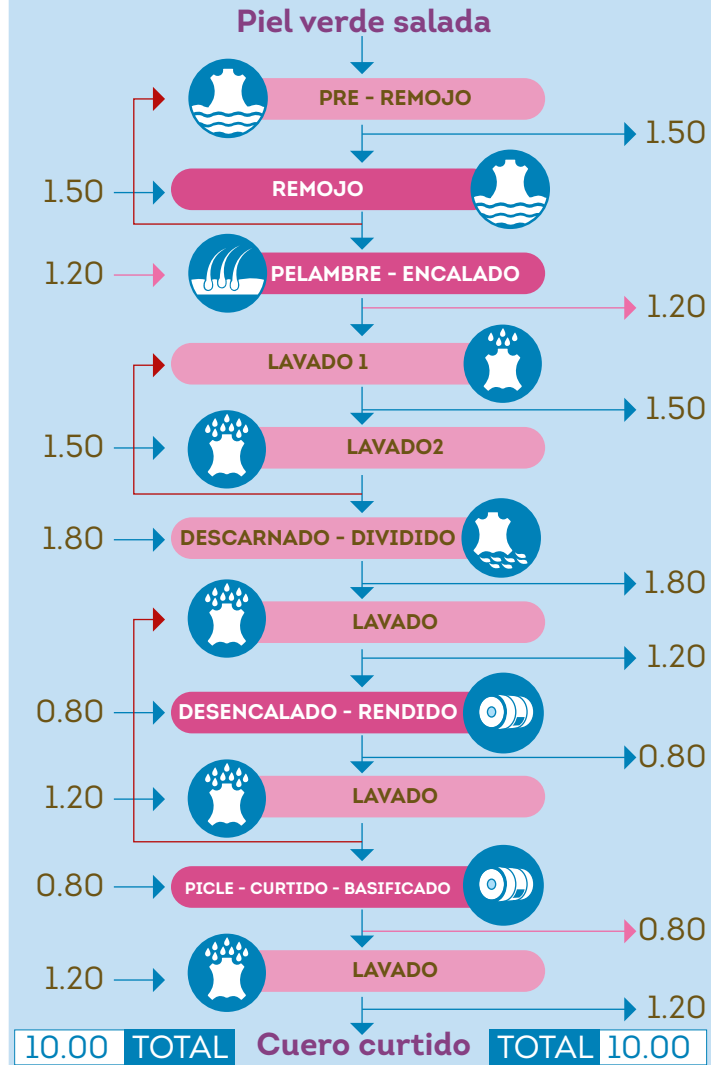
¡SE REDUCE EL CONSUMO EXCESIVO DE AGUA AL SER REUTILIZADA EN UNA NUEVA PARTIDA DE PIELES EN EL PRE-REMOJO!



Se reduce el consumo excesivo de agua al ser reutilizada en una nueva partida de pieles en el pre-remojo, sabiendo que el agua utilizada en el remojo tiene un grado de contaminación menor ya que en el pre-remojo las pieles contienen diferentes contaminantes como sangre, estiércol, tierra, etc. Así mismo los licores de reuso se depositan en contenedores para posteriormente ser empleados.

De la misma forma se realizaron los procesos posteriores mencionados, como se puede observar en el siguiente diagrama, en el cual se realizó el reciclamiento de agua, las flechas rojas identifican los licores que se pueden emplear nuevamente.

## Proceso con reuso



### **Factores del proceso que deben de ser considerados.**

Metodología en planta: Realizar pruebas a nivel piloto además de diseñar la instalación del equipo y dar seguimiento a la instalación. Capacitar a una persona de la empresa para el adecuado control del proceso y llevar a cabo de 4 a 5 recirculaciones para su estandarización así como adecuar el manual del sistema de reuso.

#### **Procedimiento:**

1. Recolectar, filtrar y almacenar los licores en un depósito plástico impermeable de fácil acceso y limpieza, ubicado en un lugar bien ventilado y cuyas instalaciones no representen riegos de acumulaciones de residuos o taponamientos. También puede ser de mampostería con recubrimiento de materiales que sean resistentes a los productos químicos diluidos, con capacidad adecuada a la producción de la empresa.
2. Posteriormente, acondicionar el licor.
3. Adicionar el agua necesaria para completar el volumen requerido y enviar al tambor.
4. Al final, realizar los controles normales del proceso.

## **2.6. Ventajas de los sistemas de reuso:**

Ahorro hasta de un 60 % de agua logrando la recuperación de la inversión a mediano plazo, dependiendo de la productividad que se tenga, por ejemplo: para una tenería que procese 100 pieles por día, la inversión que se realice se recupera aproximadamente en 2 años.

## **2.7. Equipo requerido:**

Bomba de acero inoxidable con impulsor abierto. Depósito de recolección de la capacidad adecuada. Sistema de filtración. Instalación de tubería de PVC de 3 pulgadas o del diámetro que mejor convenga.

## **2.8. Análisis de costo-beneficio con sistema de reuso de agua.**

Para el análisis de costo - beneficio se consideró: la capacidad de producción de una tenería de 100 pieles por día con un peso promedio de 26 kg; con material y equipo básico para un pequeño laboratorio, así mismo, no se consideraron los costos por tratamiento de efluentes o disposición de lodos.

## 2.9. Análisis de costo beneficio con sistema de reuso de agua:

Concepto	Valor
Capacidad de curtido de la planta	650 tons / año
Volumen anual hasta curtido	9,425 m <sup>3</sup> / año
<b>Costo de instalación</b>	
Costo de Obra Civil (drenaje, 3 depósitos plástico de 1,500 L y plataforma metálica)	\$2,500 USD
Equipamiento e instalaciones	\$4,500 USD
Gastos misceláneos	\$700 USD
Costo total del sistema de reuso	\$7,700 USD
<b>Costo de operación</b>	
Mantenimiento	\$400 USD
Mano de obra	\$800 USD
Electricidad	\$600 USD
Otros	\$300 USD
Costo total anual de operación	\$ 2,100 USD
<b>Costo total anual</b>	
Costo de financiamiento (15%)	\$1,155 USD
Depreciación (15%)	\$1,155 USD
Costo total anual	\$ 4,410 USD
<b>Beneficios</b>	
Ahorro anual por reuso de 3 baños (25 %)	2,340 m <sup>3</sup> / año

Costos calculados en base al año 2012.



Análisis costo-beneficio basado en sistema de recuperación implementado en la India.



## 3.1. Introducción.

La etapa que produce efluentes con mayores cargas de contaminantes es la de *ribera*, y en particular, la etapa de pelambre.

Las aguas residuales de la industria curtidora tienen altas concentraciones de materia orgánica, compuestos de nitrógeno, sulfuros, sólidos suspendidos y compuestos de cromo entre otros. La elevada carga de materia orgánica provoca la creación de condiciones anaerobias de biodegradación debido al elevado consumo de oxígeno disuelto. Estas condiciones, además de afectar la vida acuática, favorecen la producción de algunos compuestos nocivos entre los que destacan los compuestos sulfurados; los cuales pueden producir ácido sulfhídrico, al mezclarse este efluente alcalino con otros efluentes ácidos en el alcantarillado.

El contenido de materia orgánica y la presencia de sólidos suspendidos en el efluente líquido dependen en gran medida del proceso de depilación utilizado. Los depilados convencionales destructores del pelo, a base de sulfuro de sodio y cal, originan los máximos valores en los indicadores de la contaminación en el sector de la etapa de *ribera*.

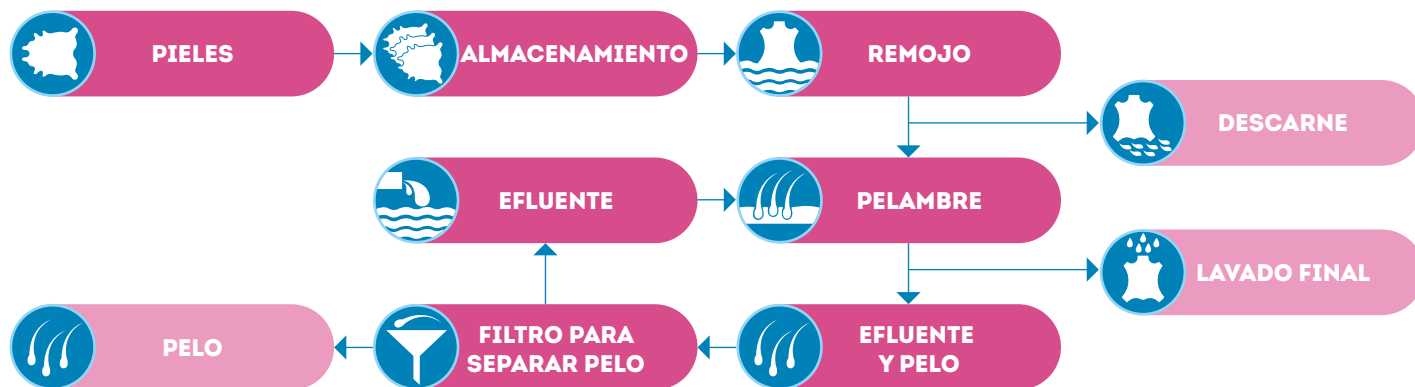
Sin embargo, el desarrollo de procesos de depilación sin destrucción de pelo en sus diferentes modalidades, está produciendo en la industria curtidora mundial un desplazamiento de las tecnologías tradicionales. Los argumentos rectores de este cambio tecnológico son: la disminución de la contaminación de las aguas residuales del sector de la *ribera*, la recuperación del pelo parcialmente degradado (residuo con potenciales aplicaciones industriales), así como, la obtención de pieles en tripa adecuadas para la producción de diferentes tipos de cuero.

Las Tecnologías Más Limpas que se seleccionaron para estos procesos se muestran en los siguientes apartados.

## 3.2. Proceso de pelambre con sistema de inmunización de pelo.

En los procesos de inmunización se separa el pelo de la piel sin destruirlo para evitar que se degrade y mezcle con las aguas residuales del proceso de pelambre evitando una alta contaminación de carga orgánica, así como de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO).

### 3.3. Diagrama de un sistema de inmunización de pelo.



#### Procesos validados:

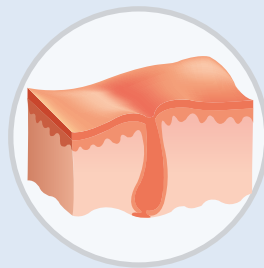
Proceso de pelambre **sulfuro-cal** y Proceso de pelambre **sulfuro-sulfhidrato-cal**.

#### Sulfuro/Cal



En este proceso, las pieles se someten a una elevada concentración de sulfuro de sodio; el suficiente para atacar la queratina del pelo y epidermis. El pelo se destruye rápidamente, pero el proceso presenta la desventaja de dejar la raíz del pelo en el folículo, obteniéndose una flor sucia.




#### Sulfhidrato/Sulfuro/Cal



El uso del sulfhidrato de sodio permite que el proceso se realice de mejor forma que cuando solamente se emplea sulfuro de sodio y cal, mediante el uso de sulfhidrato al tener un efecto menos fuerte que el sulfuro de sodio y el pelo es extraído desde la raíz lográndose una mejor limpieza sobre la flor.

Dichos procesos se realizaron con la finalidad de determinar la carga contaminante que generaban y establecer cuál de ellos era el de mayor carga contaminante y posteriormente se validaron dos Tecnologías Más Limpias de apelmbrado: **Inmunización sin auxiliares** e **inmunización con auxiliares**, de tal manera que el proceso que obtuviera el mejor resultado sería considerado como referencia y se consideraría como uno de los procesos de Tecnologías Más Limpias de Apelmbrado.

### 3.4. Factores del proceso a considerar (Procesos con inmunización).

						
<p><b>Contar con un sistema de recuperación del pelo</b></p>	<p><b>pH</b></p>	<p><b>Productos químicos</b></p>	<p><b>Tiempo</b></p>	<p><b>Efecto mecánico</b></p>	<p><b>Temperatura</b></p>	<p><b>Penetración de la cal</b></p>
<p>Cuando se desea realizar un proceso de pelambre inmunizado es necesario contar con un sistema de filtro para recuperar pelo.</p>	<p>Deberá irse incrementando lentamente, quedando al final del proceso entre 11.5 y 12.5.</p>	<p>Estos son depilantes y enalantes siendo importante el orden de adición de los mismos, a fin de obtener un depilado e hinchamiento controlado, para los procesos de inmunización de pelo, primero se recomienda el empleo de la cal, dejar que ésta penetre hasta la raíz del pelo para posteriormente utilizar el producto depilante (sulfhidrato de sodio) que ataca directamente el folículo del pelo provocando su separación, una vez que este fue previamente inmunizado.</p>	<p>A mayor tiempo de encalado mayor efecto de apelmbrado y por lo tanto, mayor número de puntos reactivos para los materiales siguientes. Considerando que el depilado se realiza de forma rápida, sin embargo el abrimiento fibrilar requiere más tiempo aproximadamente de 18 horas, con un efecto mecánico de 3-4 r.p.m. e intervalos de tiempo de 5 minutos cada hora .</p>	<p>Las pieles se hinchan durante el proceso de pelambre y por ello son muy sensibles a la abrasión y flexión, por lo que el efecto mecánico debe ser mínimo.</p>	<p>Deberá ser a temperatura ambiente entre 20 °C y 25°C, no es recomendable la realización de este tipo de procesos a temperaturas mayores a los 30 °C, ya que, esto provocaría problemas de desnaturalización de la piel y como consecuencia, una baja resistencia física de la misma.</p>	<p>El control principal de este proceso está en el avance de la cal misma que se da conforme avanza el tiempo hasta la raíz del pelo antes de adicionar los productos depilantes.</p>

### 3.5. Ventajas de los sistemas de pelambre normal:

Proceso económico que se puede realizar en tambor o en paleta, que no requiere inversión adicional y es fácil de controlar.

### 3.6. Equipo, costeo y metodología necesaria.

Para llevar a cabo un proceso normal en la tenería es suficiente el equipo tradicional, adicional a esto hay que realizar los controles que se requieren para la caída de pelo, hinchamiento y pH.

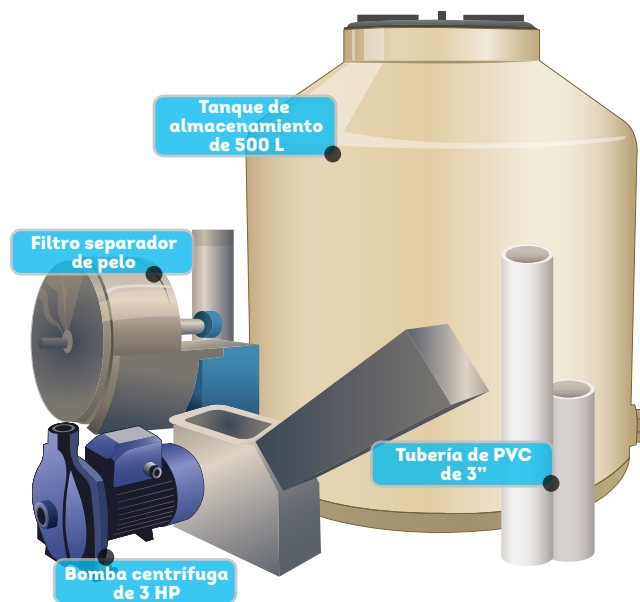
### 3.7. Ventajas de un sistema de pelambre con inmunización de pelo:

Proceso sin destrucción de pelo ya que el pelo no se disuelve, se evita que el pelo degradado quede en el efluente con la disminución de la alta carga contaminante en el baño residual y el pelo recuperado se puede emplear para composta o vender.

### 3.8. Equipo, costeo y metodología necesaria.

Concepto	Precio unitario	Precio total
1 bomba centrífuga de 3hp	300 USD	300 USD
1 filtro separador de pelo	7000 USD	7000 USD
Tubería de PVC de 3 pulgadas	300 USD	300 USD
Tanque de almacenamiento de 5000 L	400 USD	400 USD
Total	8000 USD	8000 USD

*Costos calculados en base al año 2012.*



### 3.9. Análisis-costo beneficio con sistema de inmunización de pelo:

Concepto	Valor
Capacidad de curtido de la planta	1800 tons / año
Uso de sulfuro	45 tons / año
Gasto de cal	72 tons / año
Consumo de agua	2700 tons / año
<b>Costo de instalación</b>	
Equipamiento e instalaciones (bomba, filtro separador de pelo, medidores)	\$ 8,000 USD
Costo total del sistema de inmunización de pelo	\$ 8,000 USD
<b>Costo anual de operación</b>	
Mantenimiento	\$ 120 USD
Electricidad	\$ 60 USD
Costo total anual de operación	\$ 180 USD
Costo de financiamiento (15%)	\$ 1,200 USD
Depreciación (15%)	\$ 1,200 USD
Costo total anual	\$ 2,400 USD
<b>Beneficios</b>	
Reducción del tratamiento de efluentes generados	\$ 3,672 USD
Ganancia neta por año	\$ 1,272 USD

Costos calculados en base al año 2012.



# 4

## SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN DE BAÑOS DE PELAMBRE CON INMUNIZACIÓN DE PELO CON AUXILIARES Y SIN AUXILIARES.

### 4.1. Definición.

Mediante estos sistemas se espera aprovechar los baños residuales de pelambre para eliminar el pelo sin destruirlo y evitar que éste se degrade y mezcle con las aguas residuales del proceso; lo cual incrementa la concentración de DBO y DQO5. Así mismo, mediante el uso de la recirculación de baños de pelambre se logra disminuir considerablemente la carga contaminante, ahorrar agua y reducir el consumo de productos químicos en algunos casos.

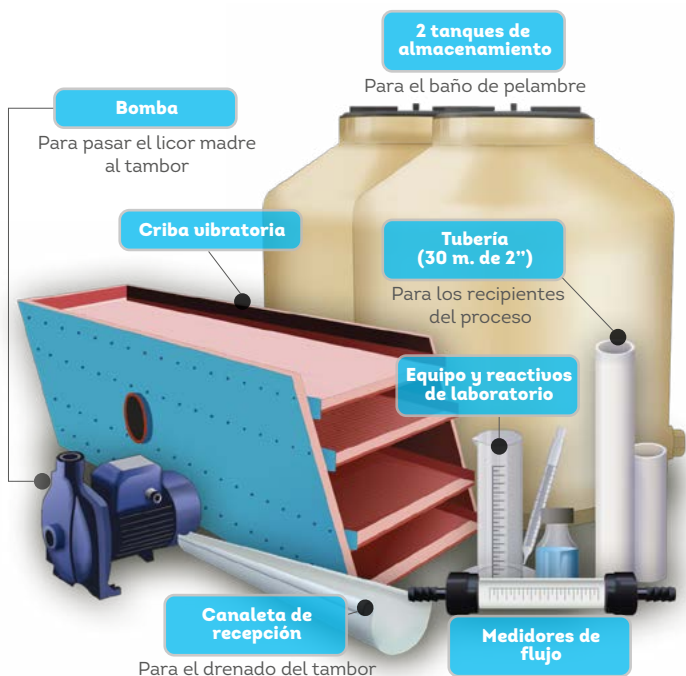
Los baños residuales de pelambre son ricos en sulfuro y cal, ingredientes necesarios para eliminar el pelo, por lo que, se pueden reutilizar en un nuevo ciclo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los estudios de validación se seleccionaron dos Tecnologías Más Limpias de reciclamiento: **inmunización sin auxiliares** e **inmunización con auxiliares**.

### 4.2. Factores del proceso que deben ser considerados.

Es necesario partir de un proceso de pelambre con inmunización de pelo para poder llevar a cabo de mejor manera el proceso, lo que permitirá separar previamente el pelo y se tendrá una disminución de la carga contaminante en los efluentes residuales de pelambre. Así mismo, realizar un análisis químico previo al licor madre de pelambre y determinar por medio de un análisis químico la concentración inicial de sulfuro y cal que contiene el baño residual de pelambre para cada uno de los ciclos. La finalidad es conocer la cantidad exacta de estos productos con la cual tiene que reforzarse el baño de pelambre que va a ser utilizado.

### 4.3. Equipo necesario:



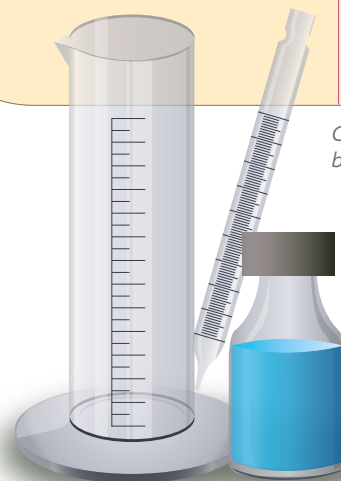
### 4.4. Ventajas de los sistemas de recirculación de baños de pelambre con inmunización:

Ahorro de agua y productos químicos, disminución de altos contenidos de carga contaminante, procesos más ecológicos y más fácil de controlar.

### 4.5. Costo del equipo y metodología necesaria.

Concepto	Precio unitario	Precio total
1 bomba de acero inoxidable con impulsor abierto	690 USD	690 USD
2 depósito de recolección de 5000 L.	500 USD	1000 USD
1 filtro separador de pelo y criba vibratoria.	8000 USD	8000 USD
30 m de tubería de PVC de 3 pul.	85 USD	85 USD
Costo de instalación del sistema	450 USD	450 USD
1 Potenciómetro	1626 USD	1626 USD
Material básico de laboratorio (Pipetas, probetas, buretas)	694 USD	694 USD
<b>TOTAL</b>		<b>12.545 USD</b>

Costos calculados en base al año 2012.



## 4.6. Análisis costo-beneficio con sistema de reciclamiento de baños de pelambre:

Concepto	Valor
Capacidad de curtido de la planta	1800 ton / año
Uso de sulfuro	45 ton / año
Gasto de cal	72 ton / año
Consumo de agua	2700 ton / año
<b>Costo de instalación</b>	
Costo de obra civil (drenaje, aljibe, rejillas y plataforma)	\$ 6,000 USD
Equipamiento e instalaciones (bomba, filtro separador de pelo y medidores)	\$ 12,545 USD
Gastos misceláneos	\$ 2,000 USD
Costo total del sistema de recirculación de baños de pelambre	20,545 USD

Costos calculados en base al año 2012.

Costo anual de operación	
Mantenimiento	\$ 1200 USD
Mano de obra	\$ 500 USD
Químicos	\$ 240 USD
Electricidad	\$ 480 USD
Misceláneos	\$ 200 USD
Costo total anual de operación	\$ 2620 USD
Costo de financiamiento (15%)	\$ 2,700 USD
Depreciación (15%)	\$ 2,700 USD
Costo total anual	\$ 8,020 USD
<b>Beneficios</b>	
Valor de químicos y agua recuperados	\$ 17,280 USD
Ganancia neta por año	\$ 9,260 USD

Costos calculados en base al año 2012.

Nota: Para el análisis de costo-beneficio se consideró una capacidad de producción de 300 pieles por día con un peso aproximado de 25 kg. y un consumo de agua del 150% por partida, así como el ahorro que se tendría en productos químicos: Sulfuro y cal para cada proceso aproximado de 10 gr/L de cal y 1gr/L de sulfuro.

Para éste sistema se tendría un tiempo de recuperación de 2 años aproximadamente.



El desencalado tiene como finalidad disminuir la alcalinidad de la piel eliminando de su interior los productos alcalinos que le fueron incorporados en la etapa de pelambre, así como la cal adherida o absorbida en su parte exterior, en los espacios interfibrilares, y parte de la que se encuentra combinada con el colágeno.

Un factor crítico en el tratamiento biológico del agua es el nitrógeno, ya que es muy difícil y costoso removerlo en las plantas de tratamiento. Los compuestos de nitrógeno que se encuentran presentes en los efluentes de tenería, son originados por productos disueltos provenientes de la descomposición del pelo, lana y proteínas, las cuales son disueltas durante el proceso de *ribera*, pero principalmente se originan por los compuestos de amonio usados en el proceso de desencalado.

En el caso de los procesos ecológicos de desencalado se busca eliminar el contenido de amonio en las aguas residuales provenientes de este proceso aplicando tecnologías más limpias de desencalado usando productos libres de amonio como es el caso de algunas sales, ácidos dicarboxílicos y bióxido de carbono a fin de producir menos sólidos disueltos en el efluente.






Se realizaron procesos de desencalado ecológico empleando ácidos dicarboxílicos, los cuales se compararon con un proceso normal de desencalado empleando sulfato de amonio.

Este procesos validado obtuvo la mayor reducción de nitrógeno de descarga siendo esta del 78% de nitrógeno total en el efluente. Por lo cual ha sido considerado como la Tecnología Más Limpia que puede ser empleada para los procesos de desencalado.

**¡ÉSTA ES LA  
TECNOLOGÍA MÁS  
LIMPIA QUE PUEDES  
EMPLEAR PARA LOS  
PROCESOS DE  
DESENCALADO!**



## 5.1. Factores del proceso que deben ser considerados.

				
<p><b>pH</b></p>	<p><b>Temperatura</b></p>	<p><b>Efecto mecánico</b></p>	<p><b>Tiempo</b></p>	<p><b>Productos químicos</b></p>
<p>Debe ser igual al de la operación posterior que es el rendido cuyo punto óptimo se encuentra entre 8.0 y 8.5. Por lo que debe tomarse en cuenta que a pH más alto se minimiza la acción del rendido, y a pH inferior de 4.5 existe el peligro de provocar un hinchamiento ácido.</p>	<p>El deshinchamiento es promovido por temperaturas más altas en el baño. Normalmente se puede descalcificar a temperatura ambiente. Sin embargo la temperatura facilita la capacidad de disolución de las sales descalcificantes pero no se debe trabajar a temperaturas superiores a 38°C, ya que se puede tener una contracción y degradación del colágeno.</p>	<p>Se recomienda rodar a bajas revoluciones para proteger las pieles que se encuentran muy hinchadas, ya que a mayor velocidad fácilmente se puedan dañar debido a la fricción a la que se someten las pieles al rodar el tambor.</p>	<p>Es la variable que rige la penetración de los productos descalcificantes, donde a mayor tiempo; mayor penetración y a menor tiempo; menor penetración. Está en función del espesor de la piel y del tipo de descalcificantes usados.</p>	<p>Generalmente pueden usarse otros productos complementarios o sustitutos totales de las sales de amonio como algunas sales ácidas, ácidos orgánicos y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).</p>

## 5.2. Ventajas del sistema de descalcado con compuestos libres de nitrógeno:

Se reducen los costos de tratamiento de las aguas residuales de descalcado y se disminuye de manera considerable el contenido de nitrógeno en el efluente de descalcado, ya que estos van con un menor contenido de nitrógeno hasta de un 78%. Esto ayuda a que los costos en las plantas de tratamiento de agua residuales se disminuyan considerando que al contener un mínimo de nitrógeno la operación de la planta es más eficiente. Por otro lado, un beneficio adicional está en la calidad de los cueros ya que el proceso de descalcado usando ácidos dicarboxílicos proporciona una mejor finura en la flor de cuero con lo cual su valor puede ser incrementado al tener una mejor calidad.

## 5.3. Equipo, costo y metodología necesaria:

Para llevar a cabo los procesos de descalcado con ácidos dicarboxílicos y con compuestos libres de nitrógeno no es necesario un equipo distinto al que normalmente se usa para llevar a cabo el descalcado con sales de amonio. En lo que respecta a la metodología para llevar a cabo

estos procesos ecológicos es la misma ya que los productos usados se adicionan exactamente igual.

## 5.4. Análisis de costo-beneficio:

Para este sistema no se requiere realizar un análisis de costo-beneficio, ya que se emplean los mismos equipos con los que ya cuentan las empresas y no se requiere de inversión extra. El beneficio que se tendría con su implementación es principalmente desde el punto de vista de reducción de carga contaminante de nitrógeno, lo que disminuye el costo de tratamiento de los efluentes al mismo tiempo que se vería compensado con el costo de los químicos empleados.

# 6

## TECNOLOGÍAS MÁS LIMPIAS (TML'S) EN LOS PROCESOS DE CURTIDO.

### 6.1. Introducción.

En la actualidad, a nivel mundial la industria curtidora se enfrenta con el problema de las normas ecológicas que cada vez son más estrictas, los esfuerzos requeridos por parte de las industrias dependen del tipo de producción y de la tecnología que apliquen. En este aspecto, la optimización de las flotas de los procesos, el empleo de sistemas de recirculaciones, y las nuevas tecnologías de aprovechamiento de los materiales permiten que los procesos cada vez generen efluentes con menor carga contaminante, además de existir una disminución del consumo de productos químicos y del costo del tratamiento de los efluentes remanentes.

La industria curtidora en el Estado de Guanajuato, es la que a nivel local provoca la mayor parte de la contaminación ya que genera grandes descargas de aguas residuales con alto contenido de sólidos y materia tóxica, estos desechos se derivan de la piel en sí, de productos químicos sobrantes y residuos del proceso.

Los parámetros generados durante los procesos del curtido que deben ser controlados en las aguas residuales son: DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno), sólidos en suspensión, DQO (demanda

química de oxígeno), materia grasa, materia oxidable, salinidad, sulfuros y contenido de cromo.

El panorama actual de la industria del curtido exige que la misma haga uso de toda su capacidad para implementar métodos de optimización en sus procesos que permitan: ahorro en materiales, optimización del consumo de agua, disminución de la carga contaminante, entre otros. Para cumplir con los objetivos mencionados, existen alternativas como considerar la recuperación del cromo de los licores residuales de curtido, disminuir el empleo de sulfuro en los procesos utilizando químicos sustitutos que sean biodegradables, emplear un menor porcentaje de sal, realizar procesos con recuperación de pelo e instrumentar sistemas de reciclamiento de licores de curtido y apelmabrado.

De acuerdo a la bibliografía consultada las alternativas ecológicas para los procesos de curtido al cromo y en base a las características que presentan se validaron las siguientes Tecnologías Más Limpias (TML's):

**1).- Procesos con recirculaciones directas de los licores de curtido.**

**2).- Procesos con recirculaciones indirectas de los licores de curtido.**

**3).- Sistemas con recuperación de cromo y su reutilización.**

## 6.2. Proceso con sistema de recirculación directa:

Consiste básicamente en un proceso convencional de curtido en el que el baño residual no se drena, éste se refuerza con sal (cloruro de sodio) y la cantidad necesaria de ácido sulfúrico para ser utilizado como un licor de píquela para la siguiente partida. Lo anterior se va realizando partida tras partidas durante varios ciclos.

Es importante considerar que la cantidad de curtiente de cromo que se emplea en el sistema de reciclamiento es el porcentaje usado normalmente menos la cantidad que se tiene en el baño residual.



## 6.3. Factores del proceso que deben ser considerados:

<p><b>1</b></p>  <p>Se debe recolectar, filtrar y almacenar los licores del curtido en un depósito o aljibe con recubrimiento de materiales que sean resistentes a los ácidos y a la salinidad, que presente una capacidad de acuerdo a la producción que tenga la empresa.</p>	<p><b>2</b></p>  <p>Posteriormente este licor debe ser acondicionado de la siguiente manera: Añadirle el 1% de ácido sulfúrico disuelto en el mismo licor (1:1) y agitarlo para su homogenización, verificando que su pH presente un valor de 2-2.5 con la finalidad de reducir su basicidad.</p>	<p><b>3</b></p>  <p>Enseguida mandar una muestra del licor al laboratorio para que determinen su contenido de óxido de cromo (Cr2O3).</p>	<p><b>4</b></p>  <p>Adicione un 40 % de flota y enseguida cargar el tambor con pieles desencaladas y escurridas ajustando con sal a una densidad de 4 a 5 °Be.</p>	<p><b>5</b></p>  <p>Posteriormente se debe adicionar el baño del licor de curtido acondicionado tan pronto como sea posible con el tambor rodando, que no sobrepase los 15 min. para evitar que las pieles se manchen.</p>
<p><b>6</b></p>  <p>En seguida ajuste con ácido sulfúrico de un 0.3 - 0.5 % diluido con el mismo licor 1:10 para la preparación de un pickle normal el cual debe terminar a un pH 2.8 a 3.0.</p>	<p><b>7</b></p>  <p>Es importante que durante el piquelado considere lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Para pieles divididas: Rodar el tambor 2 horas</li> <li>b. Para pieles sin dividir: Rodar el tambor de 3 a 4 horas.</li> </ul>	<p><b>8</b></p>  <p>Una vez piqueladas las pieles realice los siguientes controles del proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Corte Naranja de metilo = rojo</li> <li>b. Corte Verde de Bromocresol = Amarillo</li> <li>c. pH (baño) = 2.8 - 3.0.</li> </ul>	<p><b>9</b></p>  <p>Realice los cálculos necesarios para completar su oferta normal del 6 % de sal de cromo y adiciónelo directamente por la puerta.</p>	<p><b>10</b></p>  <p>Para ajustar el baño de recirculación con sal de cromo normal, considere un 6 % de sal de cromo basicidad 33 % y 25 % de óxido de cromo, correspondiendo a un porcentaje normal de un proceso convencional.</p>

## 6.4. Ventajas y desventajas de los sistemas de reciclamiento directo:



## 6.5. Equipo, costos y metodología necesaria.

Concepto	Precio unitario	Precio total
1 bomba de acero inoxidable con impulsor abierto	690 USD	690 USD
1 depósito de recolección de 2500 L o fibra de vidrio	325 USD	325 USD
1 depósito de 500 L para homogenización de pH	130 USD	130 USD
20 m de tubería de PVC de 3 pul.	85 USD	85 USD
Costo de instalación del sistema	450 USD	450 USD
1 Potenciómetro	1626 USD	1626 USD
Material básico de laboratorio (Pipetas, probetas, buretas etc.)	694 USD	694 USD

Costos calculados en base al año 2012.

## Metodología en planta:

Realizar pruebas piloto para el diseño de la instalación del equipo y capacitar a una persona de la empresa para el adecuado control del proceso. Realizar análisis del contenido de óxido de cromo en el licor de curtido, llevar a cabo de 4 a 5 recirculaciones para su estandarización y elaborar un manual del sistema de reciclamiento.

## 6.6. Análisis de costo-beneficio de un sistema de recirculación directa.

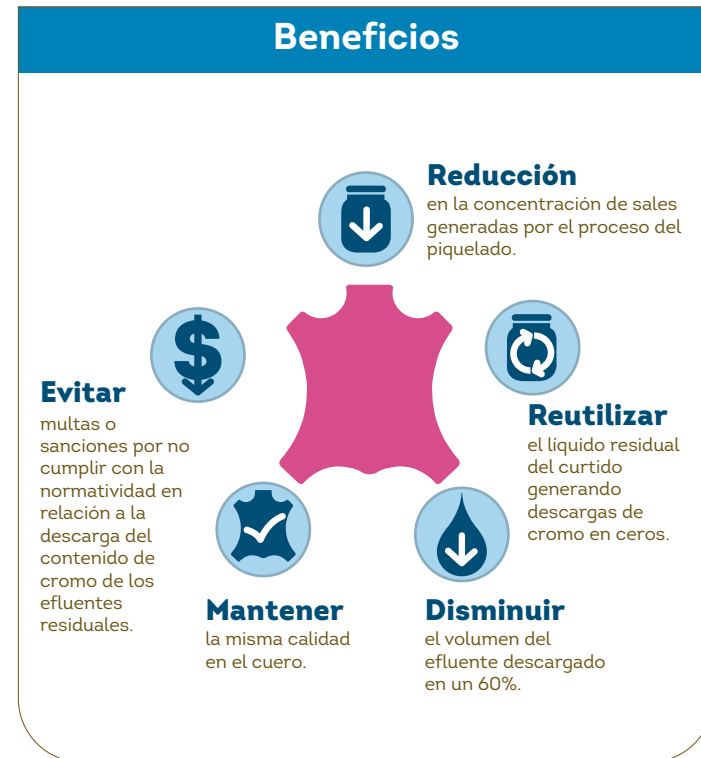
Para el análisis de costo-beneficio se consideró la capacidad de producción de una tenería de 100 pieles por día con un peso promedio de 26 kg; un empleo normal del 6% de sales de cromo, así como la recuperación que se tendría en el ahorro de químicos y material, además del equipo básico para un pequeño laboratorio. No se consideran los costos por tratamiento de efluentes o disposición de lodos.

## 6.7. Análisis costo-beneficio con sistema de recirculación directa.

Concepto	Valor
Capacidad de curtido de la planta	624 ton / año
Uso de sales de cromo	37.44 ton / año
Pérdida de sales de cromo	6.24 ton / año
Costo de Obra Civil (drenaje, Aljibe y plataforma)	\$2,000 USD
Equipamiento e instalaciones	\$4,000 USD
Gastos misceláneos	\$500 USD
Costo total del sistema de reciclamiento	\$6,500 USD
Indirecto de licores de curtido	\$6,500 USD
Costo anual de operación	
Mantenimiento	\$600 USD
Mano de obra	\$1,000 USD
Químicos	\$500 USD
Electricidad	\$500 USD
Otros	\$600 USD
Costo total anual de operación	\$3,200 USD
Costo de financiamiento (15%)	\$975 USD
Depreciación (15%)	\$975 USD
Costo total anual	\$5,150 USD
Beneficios	
Valor del cromo recuperado (1382 USD/ton * 6.24 Ton/año)	\$ 8,626 USD
Ganancia neta por año	\$3,476 USD

Costos calculados en base al año 2012.

Nota: Del análisis anterior se puede observar que el tiempo de recuperación de la inversión ocurre en un tiempo menor a 2 años.





# PROCESO CON SISTEMA DE RECIRCULACIÓN INDIRECTA.

# 7

El sistema de recirculaciones indirectas consiste en que en lugar de drenar el baño de piquelado este puede ser almacenarlo para su re-uso con previo refuerzo de sal y ácido y posteriormente, el curtido se lleva a cabo de manera independiente en un licor de cromo recuperado, previamente ajustado a  $\text{pH} = 2$ , empleando ácido sulfúrico. También se debe realizar un ajuste con sal de cromo para completar el 6% inicial, del mismo modo que en un proceso convencional de curtido. Los cálculos son los mismos que los utilizados en el sistema de recirculaciones directas.

En el Proceso de piquel de la 2da. partida, se debe revisar previamente la densidad, ajustarla con sal de 6 a 7 °Be y con ácido sulfúrico a un  $\text{pH} 2.8-3.0$  y una vez piquelada la piel, el baño se almacena nuevamente para la 3ra. partida; repitiendo el proceso de ajuste con cada partida.

## 7.1. Factores del proceso que deben ser considerados.

1



Debe recolectar, filtrar y almacenar los licores del curtido en un contenedor de agua o aljibe de acuerdo a la capacidad del proceso.

2



El licor debe ser acondicionado de la siguiente manera: Añadirle el 1% de ácido sulfúrico disuelto en el mismo licor (1:1) y agitarlo para homogenizarlo, verificando que su  $\text{pH}$  presente un valor de 2 a 2.5.

3



Enviar una muestra del licor al laboratorio para que se determine su contenido de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

4



Adicionar un 40 % de flota y enseguida cargar el tambor con pieles desencaladas y escurridas ajustando con sal a una densidad de 4-5 °Be.

5



Ajustar con ácido sulfúrico de un 0.3-0.5 % diluido con el mismo licor 1:10 para la preparación de un picle normal el cual debe terminar a un  $\text{pH} 2.8-3.0$ .

6



Adicionar el baño del licor de curtido acondicionado tan pronto como sea posible con el tambor rodando que no sobrepase los 15 minutos para evitar que las pieles se manchen.

7



Realizar los cálculos necesarios para completar su oferta normal del 6 % de sal de cromo y adicionarlo directamente por la puerta (los cálculos se realizan de la misma manera que en el sistema de recirculaciones directas).

8



Rodar por un tiempo de 2 horas y checar si el cromo se ha difundido a través de todo el espesor del cuero mediante un corte a la piel.

## 7.2. Ventajas.



## 7.3. Equipo, costos y metodología necesaria.

Concepto	Precio unitario	Precio total
1 bomba de acero inoxidable con impulsor abierto	690 USD	690 USD
2 depósitos de recolección de 2500 L de fibra de vidrio.	325 USD	650 USD
1 depósito de 500 L para homogenización de pH	130 USD	130 USD
40 m de tubería de PVC de 3 pul.	160 USD	160 USD
Costo de instalación del sistema	600 USD	600 USD
1 Potenciómetro	1626 USD	1626 USD
Material básico de laboratorio (pipetas, probetas, buretas, etc.)	644 USD	644 USD

Costos calculados en base al año 2012.

Nota: Se debe considerar la instalación de un pequeño laboratorio para realizar análisis de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), pH y densidad, lo que permitirá que las recirculaciones sean tanto económicas así como rentables. Se considera que este tipo de tecnologías son adecuadas para tenerías de cualquier tamaño.

### Metodología en planta:

Realizar pruebas a nivel piloto para el diseño la instalación del equipo y capacitar a una persona de la empresa para el adecuado control del proceso. Realizar análisis del contenido de óxido de cromo en el licor de curtido, llevar a cabo de 6 a 8 recirculaciones para su estandarización y elaborar el manual del sistema de reciclamiento.

## 7.4. Análisis del costo-beneficio con sistema de recirculación indirecta.

Concepto	Valor
Capacidad de curtido de la planta	624 tons / año
Uso de sales de cromo	37.44 ton / año
Pérdida de sales de cromo	6.24 tons / año
Costo de Obra Civil (drenaje, Aljibe, y plataforma)	\$2,000 USD
Equipamiento e instalaciones	\$4,500 USD
Gastos misceláneos	\$500 USD
Costo total del sistema de reciclamiento indirecto de licores de curtido	\$7,000 USD
Mantenimiento	\$600 USD
Mano de obra	\$1,000 USD
Químicos	\$500 USD
Electricidad	\$500 USD
Otros	\$600 USD
Costo total anual de operación	\$3,200 USD
Costo de financiamiento (15%)	\$1050 USD
Depreciación (15%)	\$1050 USD
Costo total anual	\$5,300 USD
<b>Beneficios</b>	
Valor del cromo recuperado (1382 USD/ton * 6.24 Ton/año)	\$ 8,326 USD
Ganancia neta por año	\$ 3,476 USD

Costos calculados en base al año 2012.

Para el análisis costo-beneficio se consideró la capacidad de una tenería que procese 100 pieles por día con un peso promedio de 26 kg, un empleo normal del 6% de sales de cromo. Así como la recuperación que se tendría en el ahorro de químicos, material y equipo básico para un pequeño laboratorio, no se están considerando los costos por tratamiento de efluentes o disposición de lodos.

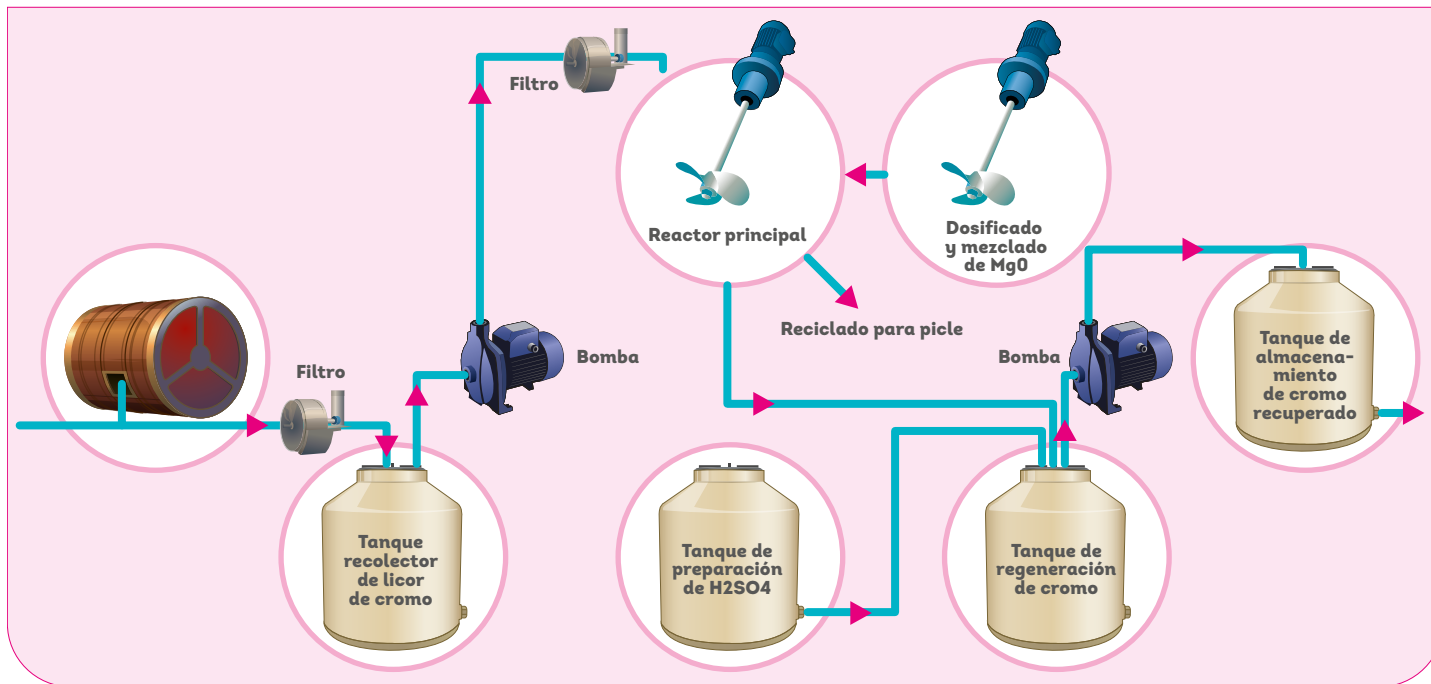
De acuerdo al análisis realizado, se pudo determinar que el tiempo de recuperación es de aproximadamente 2 años.

Nota: Análisis costo-beneficio basado en sistema de recuperación implementado en la India.

# 8

## SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CROMO DE LOS EFLUENTES DEL PROCESO DE CURTIDO.

De acuerdo a la bibliografía especializada se encontró otro sistema de recuperación y reúso de cromo empleando óxido de magnesio y ácido sulfúrico. Se reporta que dicho sistema es simple y viable, tanto en lo técnico como en lo económico. En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del proceso usando este sistema en donde el cromo desechado de los afluentes es descargado a través de una puerta especial equipada con una manguera flexible para conducirlo hacia un tanque de recolección. Desde este tanque, el líquido desechado es bombeado a un reactor principal.



En el reactor principal, el óxido de magnesio en forma de solución es añadido lentamente mientras el agitador está en funcionamiento. Este proceso toma aproximadamente una hora. Hasta entonces, el agitador es apagado y el cromo se asienta en forma de una mezcla compacta en el fondo en un lapso de aproximadamente 4 horas. El flotante es descargado a través de válvulas laterales a diferentes niveles del reactor y la mezcla de cromo es descargada por una válvula en la parte inferior.

La mezcla de cromo es redisuelta y acidificada en el tanque de regeneración añadiendo ácido sulfúrico, manteniendo el agitador encendido. Después del enfriamiento natural de 3 a 4 horas, la recuperación de cromo es bombeada a un tanque de almacenamiento de cromo recuperado.

El cromo recuperado en forma de solución es recolectado en cubetas y usado en las operaciones normales de curtido al cromo. Normalmente es usado en una proporción de 30% de cromo recuperado.

## 8.1. Factores del proceso que deben ser considerados.

1



Recolectar, filtrar y almacenar los licores del curtido en un depósito con forma de embudo transparente, con adaptación de válvula de salida, para la separación del precipitado de cromo que se formará y del líquido remanente.

2



Acondicionar el licor de la siguiente manera: Añadir el 1% de Oxido de magnesio, homogenizando la solución y verificar su pH, enseguida continuar la adición hasta obtener un pH entre 9 y 10 con la finalidad de que el cromo presente en el baño se precipite en su totalidad.

3



Dejar en reposo hasta el día siguiente para obtener la precipitación completa del cromo, se podrá observar una separación bien definida entre el precipitado y el sobrenadante.

4



Separar el precipitado del líquido remanente, y enviarlo a un depósito para su acondicionamiento.

5



Disolver nuevamente el precipitado con el 1% de ácido sulfúrico hasta obtener un pH entre 2-2.5 para su reúso en el proceso (previo análisis del contenido de óxido de cromo).

6



Enviar una muestra del licor que contiene el cromo redisuuelto al laboratorio para que se determine su contenido de Óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

7



Emplear el baño del licor de curtido que ha sido redisuuelto o acondicionado tan pronto como sea posible y con el tambor rodando que no sobrepase los 15 minutos para evitar que las pieles se manchen.

8



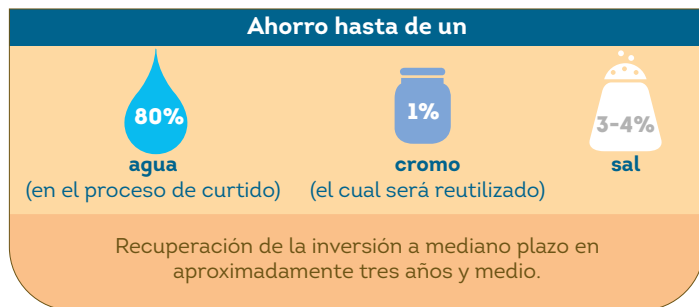
Realizar los cálculos necesarios para completar su oferta normal del 6 % de sal de cromo y adicionarlo directamente por la puerta (los cálculos se realizan de manera similar al sistema de recirculaciones directas).

9



Rodar por un tiempo de 2 horas y revisar si el cromo se ha difundido a través de todo el espesor del cuero mediante un corte a la piel.

## 8.2. Ventajas de los sistemas de recuperación de cromo:



## 8.3. Equipo, costos y metodología necesaria:

Concepto	Precio unitario	Precio total
1 bomba de acero inoxidable con impulsor abierto	690 USD	690 USD
1 depósitos de recolección de 2500 L	165 USD	165 USD
1 de fibra de vidrio en forma de embudo de 2500 L para separación de precipitado del cromo	500 USD	500 USD
1 depósito de 500 L para homogenización de pH	130 USD	130 USD
Costo de instalación del sistema	600 USD	600 USD
1 malla de plástico	60 USD	60 USD
Potenciómetro	1626 USD	1626 USD
Material básico de laboratorio (pipetas, probetas, buretas etc.)	644 USD	644 USD
	<b>TOTAL</b>	<b>4,415 USD</b>

Costos calculados en base al año 2012.



**¡LAS RECIRCULACIONES SON ECONÓMICAS Y RENTABLES PARA TENERÍAS DE CUALQUIER TAMAÑO!**

Nota: El empleo de este equipo así como la instalación de un pequeño laboratorio para realizar los análisis de cromo (Cr2O3), pH y densidad permiten que las recirculaciones sean tanto económicas como rentables, es una tecnología apropiada para tenerías de cualquier tamaño.

### Metodología en planta:

Realizar pruebas a nivel piloto para el diseño de la instalación del equipo y capacitar a una persona de la empresa. Realizar análisis físicos y químicos del efluente y cuero así como de 5 a 7 sistemas de precipitación con óxido de magnesio y reuso de cromo. Elaborar el manual del proceso de implementación del sistema.

## 8.4. Análisis costo-beneficio con sistema de precipitación de cromo.

Concepto	Valor
Capacidad de curtido de la planta	624 ton / año
Uso de sales de cromo	37.44 ton / año
Pérdida de sales de cromo	6.24 ton / año
<b>Costo de instalación</b>	
Costo de Obra Civil (drenaje, Aljibe, 1 depósitos en forma de embudo transparente de 2500 L y plataforma)	\$2,500 USD
Equipamiento e instalaciones	\$5,000 USD
Gastos misceláneos	\$500 USD
Costo total del sistema de reciclamiento indirecto de licores de curtido	\$8,000 USD
<b>Costo anual de operación</b>	
Mantenimiento	\$1000 USD
Mano de obra	\$1,000 USD
Químicos	\$1,000 USD
Electricidad	\$500 USD
Otros	\$600 USD
Costo total anual de operación	\$4,100 USD
Costo de financiamiento (15%)	\$1,200 USD
Depreciación (15%)	\$1,200 USD
Costo total anual	\$6,500 USD
<b>Beneficios</b>	
Valor del cromo recuperado (1382 USD/ton * 6.24 Ton/año)	\$ 8,626 USD
Ganancia neta por año	\$2.126 USD

Costos calculados en base al año 2012.

Nota: Análisis costo-beneficio basado en sistema de recuperación implementado en la India.

Del análisis anterior se puede ver que el tiempo de recuperación de la inversión es de aproximadamente **3 años y medio**.

### OBSERVACIONES:

Para el análisis de costo - beneficio se consideró la capacidad de producción de una tenería de 100 pieles por día con un peso promedio de 26 kg, un empleo normal del 6% de sales de cromo, así como la recuperación que se tendría en el ahorro de químicos, material y equipo básico para un pequeño laboratorio. No se están considerando los costos por tratamiento de efluentes o disposición de lodos, ni lo correspondiente al equipo filtro-prensa.

# 9

## CONCLUSIONES.

El presente material didáctico pretende ser una referencia de los procesos validados por el CIATEC, A. C. en sus laboratorios. No es posible plasmar todos y cada uno de los reportes, imágenes, tablas y recomendaciones contenidos en el Estudio del cual han sido extraídos. Es por ello que se pone a disposición del lector, su consulta mediante una solicitud expresa a la Gerencia Operativa de la Comisión de Cuenca del Río Turbio.

Vale la pena mencionar que si continuamos haciendo lo mismo, obtendremos los mismos resultados, por ello, es importante innovar en la búsqueda de soluciones alternativas para los problemas tradicionales de contaminación del agua. Para comenzar, debemos dirigir nuestra atención a los procesos mismos y no continuar esperando una solución mágica a las aguas residuales, cuya calidad es sumamente costoso recuperar.

Las inversiones en investigación, desarrollo y validación de tecnologías deben orientarse a los procesos mismos: a la disminución de insumos, a su uso eficiente, su recuperación, recirculación o reuso y adecuada disposición final.

Las tecnologías descritas en este material no son las únicas viables y probablemente sean muy perfectibles, pero son el paso obligado para iniciar el proceso urgente y necesario para la reducción de las cargas contaminantes que se vierten en el sistema de alcantarillado y los arroyos de la ciudad de León, Gto.

Sabemos que todo cambio implica esfuerzo, inversiones y tiempo para su instrumentación, por lo que se propone iniciar con procesos piloto que sean fácilmente medibles para evaluar su efectividad y paralelos a los procesos tradicionales, para que el personal responsable de su instrumentación pueda apreciar las ventajas y beneficios así como los ajustes finos necesarios que deban hacerse para garantizar buenos resultados.



Material didáctico

# Tecnologías **MÁS Limpias**

En la Industria de la Curtiduría  
en la ciudad de León, Gto.



Este material didáctico propone el uso de **Tecnologías Más Limpias** para la industria de la curtiduría, y así disminuir la contaminación del agua, con mucho ahorro y beneficios para tu empresa.

SEMARNAT  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



CONAGUA  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA



COMISIÓN  
DE CUENCA  
DEL RÍO TURBIO