



BICENTENARIO DE
BOLIVIA



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

VICEMINISTERIO DE POLÍTICAS
DE INDUSTRIALIZACIÓN

GUÍA DE **PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

CON ENFOQUE EN ECONOMÍA CIRCULAR PARA EL RUBRO DE **CURTIEMBRE**





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

VICEMINISTERIO DE COMERCIO
Y LOGÍSTICA INTERNA

GUÍA DE
**PRODUCCIÓN
MÁS LIMPIA**
CON ENFOQUE EN ECONOMÍA
CIRCULAR PARA EL RUBRO DE
CURTIEMBRE



MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

Zenón Pedro Mamani Tlcona
Ministro de Desarrollo Productivo y Economía Plural

Luis Joshua Siles Castro
Viceministro de Políticas de Industrialización

REVISIÓN:

Luis Antonio Herrera Arandia
Director General de Servicios y Calidad Industrial

Carlos Alberto Guzman Villagomez
Jefe de la Unidad de Gestión Integrada para la Industria

CONTENIDO Y REDACCIÓN:

Ayde Rosario Alconz Ingala
Responsable del Área Ambiental

Gabriela Alicia Rios Charcas
Profesional en Gestión Ambiental Industrial

Yhanet Calcina Gutierrez
Técnico en Gestión Ambiental Industrial

DIRECCIÓN:
Av. Mcal. Santa Cruz, Edif. Centro de Comunicaciones La Paz, piso 16 y 20



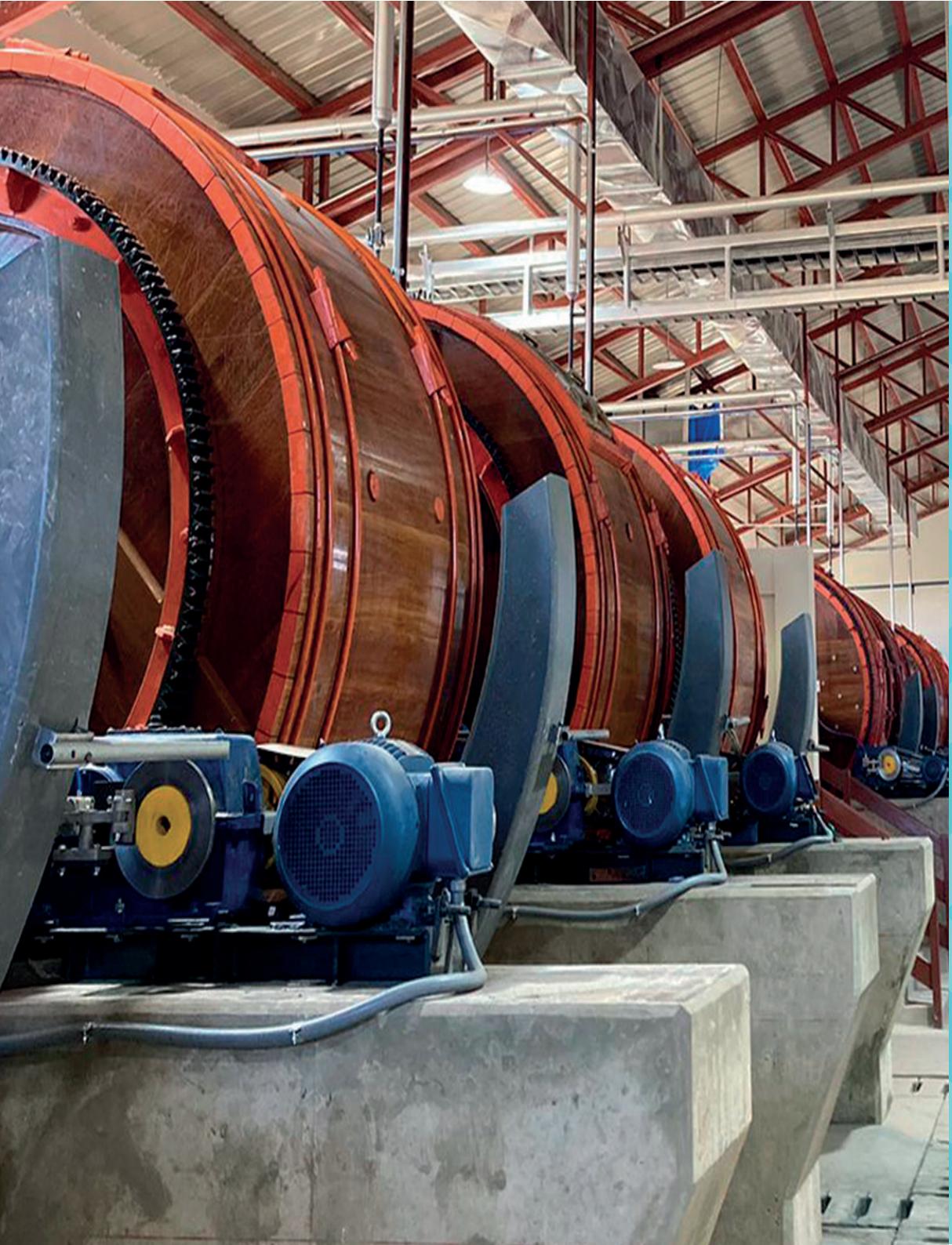
Luis Alberto Arce Catacora
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL
DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



David Choquehuanca Céspedes
VICEPRESIDENTE CONSTITUCIONAL
DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



Zenón Pedro Mamani Ticona
**MINISTRO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL**



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	11
1. MARCO NORMATIVO	13
2. CONCEPTOS	19
2.1 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)	20
2.2 ECONOMÍA CIRCULAR	20
2.3 RELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y LA ECONOMÍA CIRCULAR	22
3. DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	23
3.1 MÉTODOS PARA EVALUAR LA EFICIENCIA PRODUCTIVA	26
4. MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	23
4.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS	30
4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RIBERA	33
a) SALADO DE PIELES	33
b) REMOJO Y/O LAVADO	34
c) PELAMBRE	34
d) DESCARNADO	34
e) DIVIDIDO	34
4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CURTIDO	35
a) DESENCALADO	35
b) PURGADO	36
c) DESENGRASADO	36
d) PIQUELADO	36
e) CURTIDO	36

4.1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE POST- CURTIDO:	37
a) ESCURRIDO.....	38
b) REBAJADO	38
c) NEUTRALIZACIÓN.....	38
d) RECURTIDO	38
e) TEÑIDO.....	39
f) ENGRASADO	39
g) SECADO	39
h) RECORTE	39
i) CLASIFICACIÓN	39
4.1.4 PROCESO DE ACABADO:.....	40
4.2 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES:	40
4.2.1 CONSUMO DE RECURSOS.....	40
4.2.1.1 RECURSO AGUA.....	40
4.2.1.2 ENERGÍA.....	42
4.2.1.3 GENERACIÓN DE RESIDUOS.....	42
a)Residuos Líquidos.....	42
b)Residuos Sólidos.....	42
c)Emisiones Gaseosas	43
4.3 ACCIONES DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA	44
4.3.1 PROPUESTA DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA.....	44
4.3.2 PROPUESTA DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN LA INDUSTRIA DE CURTIMBRE.....	49

INTRODUCCIÓN

El Estado Plurinacional de Bolivia, cuenta con el Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES) 2021-2025 “Reconstruyendo la Economía para Vivir Bien, hacia la Industrialización con Sustitución de Importaciones”, donde se establecen los lineamientos generales para la planificación de mediano plazo (5 años). El PDES contiene diez ejes estratégicos, de los cuales se resaltan:

- Industrialización con sustitución de importaciones
- Profundización del proceso de industrialización de los recursos naturales.
- Medio Ambiente sustentable y equilibrado en armonía con la Madre Tierra.

En este marco, el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (MDPyEP), en cumplimiento a sus atribuciones y competencias descritas en el D.S.4857 de 06 de enero de 2023, Organización del Órgano Ejecutivo, a través de la Dirección General de Servicios y Calidad Industrial y de la Unidad de Gestión Integrada para la Industria, viene trabajando en medidas para el desarrollo sustentable, entre ellas, medidas para promover la Producción Más Limpia en unidades industriales correspondientes a rubros identificados, por lo que, viene desarrollando Guías Técnicas para la implementación de la Producción Más Limpia.

Con el apoyo de la Fundación Suiza para la Cooperación Técnica SwissContact, presenta la “Guía de Producción Más Limpia con Enfoque en Economía circular”, elaborada con lineamientos técnicos de eficacia en la producción cuidando la gestión ambiental, para que las unidades productivas del sector industrial manufacturero puedan implementar acciones y medidas encaminadas a este objetivo.

¿A quién va dirigido las Guías de Producción Más Limpia?

Este compendio está dirigido a las unidades industriales y a todo el personal que desempeña sus funciones en las diferentes actividades del rubro, con el objeto de promover un cambio en la cultura de trabajo y mejorar el desempeño ambiental; por tanto, el éxito de las medidas recomendadas depende del compromiso que adquieran las partes involucradas.

A graphic design featuring a gavel in the foreground, a DNA helix in the background, and abstract blue and green circles and lines on the sides. The background is white.

01

MARCO NORMATIVO

LEY N° 1333 DE 27 DE ABRIL DE 1992 (LEY DEL MEDIO AMBIENTE)

Artículo 79.- El Estado a través de sus organismos competentes ejecutará acciones de prevención, control y evaluación de la degradación del medio ambiente que en forma directa o indirecta atente contra la salud humana, vida animal y vegetal. Igualmente velará por la restauración de las zonas afectadas.

Es de prioridad nacional, la promoción de acciones de saneamiento ambiental, garantizando los servicios básicos y otros a la población urbana y rural en general.

Artículo 85.- Corresponde al Estado y a las instituciones técnicas especializadas:

b) Apoyar el rescate, uso y mejoramiento de las tecnologías tradicionales adecuadas.

LEY N° 300 DE 15 DE OCTUBRE DE 2012 (LEY MARCO DE LA MADRE TIERRA Y DESARROLLO INTEGRAL PARA VIVIR BIEN)

Artículo 15.- (ESTABLECER PROCESOS DE PRODUCCIÓN NO CONTAMINANTES Y QUE RESPETAN LA CAPACIDAD DE REGENERACIÓN DE LA MADRE TIERRA EN FUNCION DEL INTERES PUBLICO). El Estado Plurinacional de Bolivia impulsará de forma progresiva y de acuerdo a las circunstancias locales, la creación y fortalecimiento de patrones de producción más sustentables, limpios y que contribuyan a una mayor calidad ambiental, mediante:

7. Acciones para sustituir gradualmente y limitar la utilización de tecnologías degradantes y compuestos químicos tóxicos que puedan ser reemplazados con otras alternativas equivalentes ecológica y socialmente adecuadas.

Artículo 31.- (GESTIÓN DE RESIDUOS). Las bases y orientaciones del Vivir Bien, a través del desarrollo integral en gestión de residuos son:

1. Promover la transformación de los patrones de producción y hábitos de consumo en el país y la recuperación y reutilización de los materiales y energías contenidos en los residuos, bajo un enfoque de gestión cíclica de los mismos.

Ley N° 755 DE 15 DE OCTUBRE DE 2012, LA LEY INTEGRAL DE RESIDUOS

Artículo 6.- (PRINCIPIOS) La gestión Integral de Residuos se desarrolla acorde a los principios de la Ley 300 de 15 de octubre de 2012, "Ley Macro de Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien", y los siguientes principios:

c) Producción Más Limpia. En la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada en los procesos productivos, se debe promover la transformación de los patrones de producción.

DECRETO SUPREMO N° 2954 DEL REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY 755, DE 28 DE OCTUBRE DE 2015, DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS

Artículo 44.- Numeral I. (PARTICIPACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y COMERCIALES).- "El sector productivo y comercial, deberá implementar acciones de prevención y aprovechamiento de los residuos, a través de mecanismos de Producción Más Limpia, sistemas de separación en origen, empleo de materias primas e insumos que provengan de materiales reciclables, biodegradables o sustancias no peligrosas, el reúso de empaques, envases o embalajes, según corresponda."

DECRETO SUPREMO N° 26736 DE 30 DE JULIO DE 2002 DEL REGLAMENTO AMBIENTAL PARA EL SECTOR INDUSTRIAL MANUFACTURERO (RASIM)

Artículo 12.- (RESPONSABILIDAD).- "La industria es responsable de la contaminación ambiental que genere en las fases de implementación, operación, mantenimiento, cierre y abandono de su unidad industrial, de acuerdo con lo establecido en el presente Reglamento".

Artículo 13.- (PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA).- "La industria será la responsable de priorizar sus esfuerzos en la prevención de la generación de contaminantes a través de la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral a procesos productivos y servicios, de manera que se aumente la eco eficiencia y se reduzcan los riesgos para el ser humano y el medio ambiente".

Artículo 66.- (ESFUERZOS).- La industria es responsable de la prevención y control de la contaminación que generen sus emisiones, debiendo realizar esfuerzos en:

e) Agotar medidas de Producción Más Limpia antes de incorporar sistemas correctivos de contaminación.

Artículo 72.- (ESFUERZOS).- La industria es responsable de la prevención y control de la contaminación que puedan generar sus descargas, debiendo realizar esfuerzos en:

f) La incorporación de sistemas correctivos de la contaminación, después de agotarse las medidas de Producción Más Limpia.

NB/ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad - Definiciones (Cuarto revisión)

Describe los conceptos y los principios fundamentales de la gestión de la calidad.

NB 61002:2010 Sistemas de Producción Más Limpia (PML) - Requisitos (Primera revisión)

Establece los requisitos para la implementación y certificación de un sistema de Producción Más Limpia (PML) en una organización, en base al Modelo de Excelencia en PML.

NB 61004:2011 Sistemas de Producción Más Limpia (PML) - Directrices para la implementación de la norma NB 61002

Suministra orientación general para el desarrollo y la implementación de un sistema de Producción Más Limpia (PML) de acuerdo a los requisitos establecidos en la norma NB 61002.

Nombre Comité: Medio ambiente

NB 69016:2011 Gestión ambiental - Residuos sólidos - Guía para realizar el diagnóstico de residuos sólidos en el sector industrial manufacturero

Tiene como objetivo proporcionar, al sector industrial manufacturero, las directrices para realizar el diagnóstico de residuos sólidos

NB 69016:2011 Gestión ambiental - Residuos sólidos - Guía para realizar el diagnóstico de residuos sólidos en el sector industrial manufacturero

Tiene como objetivo proporcionar, al sector industrial manufacturero, las directrices para realizar el diagnóstico de residuos sólidos

NB 69015:2011 Gestión ambiental - Residuos sólidos - Guía para el diseño de un sistema de manejo de residuos sólidos generados en el sector industrial manufacturero

Proporciona, al sector industrial manufacturero, las directrices para diseñar un sistema de manejo de residuos sólidos, que permita reducir la cantidad de residuos que se disponen o se entregan para disposición final, promoviendo su aprovechamiento, así como el manejo adecuado de los residuos peligrosos.

02

CONCEPTOS



2.1 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)

Según la definición de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, la Producción Más Limpia (PML), es la continua aplicación de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos productivos, a los productos y los servicios, con el fin de mejorar la eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente.

»»» En los procesos productivos:

Conduce al ahorro de materias primas, agua y/o energía; a la eliminación de materias primas tóxicas y peligrosas; y a la reducción de la cantidad y toxicidad de emisiones y desechos.

»»» En los productos:

Busca reducir los impactos negativos de los productos sobre el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, pasando por la transformación y uso, hasta la disposición final del producto.

»»» En los servicios:

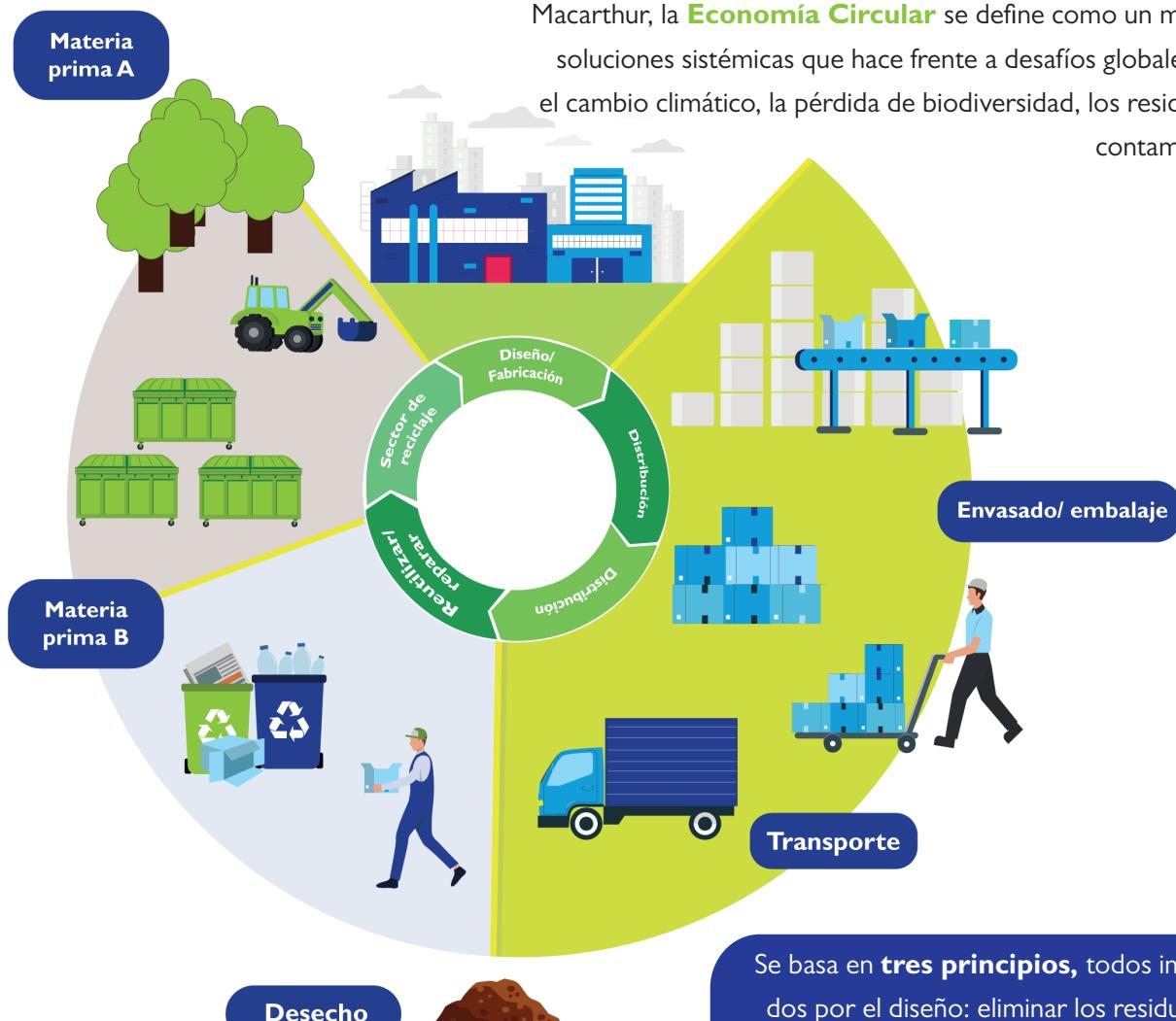
Aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

2.2 ECONOMÍA CIRCULAR



La **Economía Circular** es el **contraste** al modelo de **economía lineal tradicional**, que está basado principalmente en el concepto “**producir – usar – tirar**”, además que requiere de grandes cantidades de recursos finitos.

Según el glosario de Economía Circular de la Fundación Ellen Macarthur, la **Economía Circular** se define como un marco de soluciones sistémicas que hace frente a desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los residuos y la contaminación.



Se basa en **tres principios**, todos impulsados por el diseño: eliminar los residuos y la contaminación, hacer circular los productos y materiales (en su valor más alto) y regenerar la naturaleza.

2.3 RELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y LA ECONOMÍA CIRCULAR

La Producción Más Limpia y la Economía Circular están profundamente interrelacionadas, ya que ambas tienen como objetivo reducir el impacto ambiental y optimizar el uso de los recursos. La Economía Circular se centra en prolongar el ciclo de vida de los materiales, mientras que la Producción Más Limpia busca mejorar la eficiencia de los procesos productivos minimizando residuos y contaminación desde su origen.

La conexión entre la Producción Más Limpia y la Economía Circular con las **3R** (reducir, reutilizar y reciclar) es clave, pues comparten el objetivo de maximizar el aprovechamiento de los recursos y minimizar la generación de residuos.

Reducir



Se define como moderar o disminuir la cantidad de empaque innecesario y de esa manera adoptara las prácticas que reducen la toxicidad de los desechos.

Reutilizar



Es la prolongación de la vida útil de los residuos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelvan la posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación.

Reciclar



Consiste en el proceso de someter los materiales a un proceso en el cual se puedan volver a utilizar, reduciendo de forma verdaderamente significativa la utilización de nuevos materiales, y con ello, menos residuos no aprovechables en un futuro.

03

DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



Los pasos que se deben seguir para implementar un programa de Producción Mas Limpia, están descritos en la Norma Boliviana NB 61004 – “Sistemas de Producción Más Limpia (PML) – Guía para la implementación de la norma NB 61002”.

1 Diagnóstico PML

1. Recopilar datos y organizar la documentación por operaciones unitarias.
2. **Analisis del proceso, incluido el uso de insumos y problemas inherentes.**
3. **Analisis de la evaluación de la eficiencia productiva.**
4. Análisis de aspectos sociales.



Política de PML 2



3 Estrategia de PML

1. **Identificar los procesos productivos.**
2. **Consumo de recursos (agua, energía electrica, combustible).**
3. **Identificación de Impactos Ambientales.**





Implementación de PML

4

1. Asignar responsables.
2. Ejecución de las medidas de PML.
3. Comunicación del procesos de implementación.

5

Monitoreo PML

1. Aplicación sistemática del monitoreo.
2. **Ánalisis comparativo de la evaluación de la eficiencia productiva, antes (diagnóstico) y después de la implementación de PML.**
3. Comunicación de los resultados del monitoreo.



En la presente guía se desarrollan los puntos resaltados, por la importancia que significa en la implementación de un programa de PML.

Los otros puntos son particulares para cada empresa, que se detallan en la NB 61004 y en el Manual de aplicación de las Guías de Producción Mas Limpia, 2024

3.1 MÉTODOS PARA EVALUAR LA EFICIENCIA PRODUCTIVA

En toda unidad industrial es necesario contar con indicadores que permitan medir la eficiencia energética, hídrica y la eficiencia en el uso de insumos. Solo así podremos caracterizar la situación actual y posteriormente medir los beneficios de la implementación de las medidas de Producción Mas Limpia.

A continuación, se plantean tres indicadores de Consumo, de fácil aplicación en cualquier proceso productivo.



i) Consumo de eficiencia energética



ii) Consumo de eficiencia hídrica



iii) Consumo de eficiencia en el uso de insumos

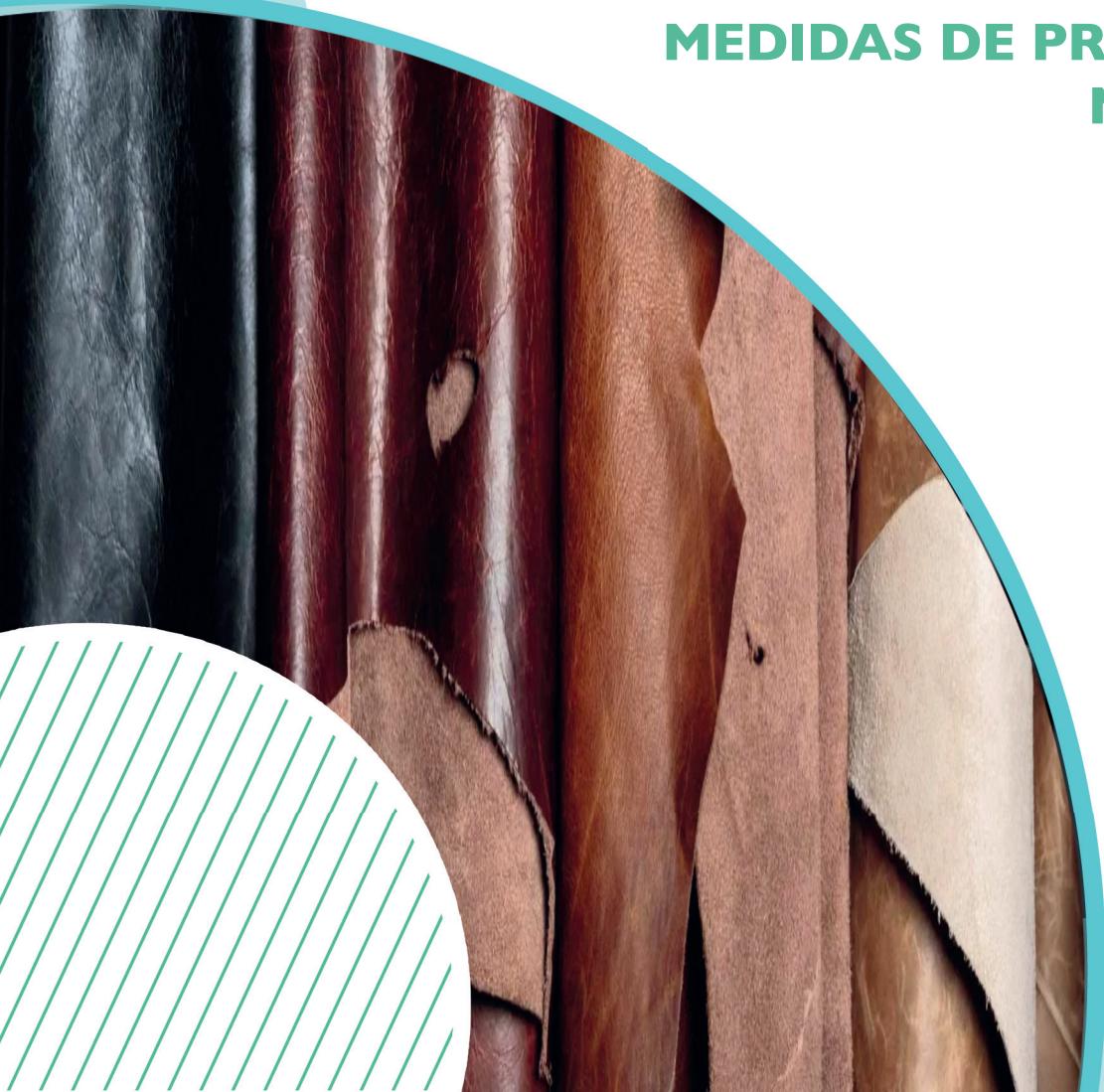
Indicador de consumo	Nombre	Ecuación
Consumo de eficiencia energética	Consumo específico de energía térmica	$CE_{(GAS\ NATURAL)} = CT_{(GAS\ NATURAL)} / V_p$ <p> $CE_{(GAS\ NATURAL)}$ = Consumo específico para Gas Natural $CT_{(GAS\ NATURAL)}$ = Cantidad total de Gas Natural consumido V_p = Cantidad de producto producido </p>

Consumo de eficiencia energética	Consumo específico de energía eléctrica	$\mathbf{CE}_{(E. \text{ ELECTRICA})} = \mathbf{CT}_{(E. \text{ ELECTRICA})} / V_p$ <p> $CE_{(EE)}$ = Consumo Específico para energía eléctrica $CT_{(EE)}$ = Cantidad total de energía eléctrica consumida V_p = Cantidad de producto producido </p>
Consumo de eficiencia hídrica	Consumo específico hídrico	$\mathbf{CE}_{(AGUA)} = \mathbf{CT}_{(AGUA)} / V_p$ <p> $CE_{(AGUA)}$ = Consumo Específico Hídrico $CT_{(AGUA)}$ = Cantidad total de Agua V_p = Cantidad de producto producido </p>
Consumo de eficiencia en el uso de insumos	Consumo específico en el uso de insumos	$\mathbf{CE}_{(INSUMOS)} = \mathbf{CT}_{(INSUMOS)} / V_p$ <p> $CE_{(INSUMOS)}$ = Consumo Específico de insumos $CT_{(INSUMOS)}$ = Cantidad total de Insumos V_p = Cantidad de producto producido </p>

Fuente: Método para evaluar la eficiencia de los procesos productivos y de sus operaciones unitarias mediante el análisis del comportamiento de los consumos específicos en función de los volúmenes de producción. CPTS. 2006.

04

MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



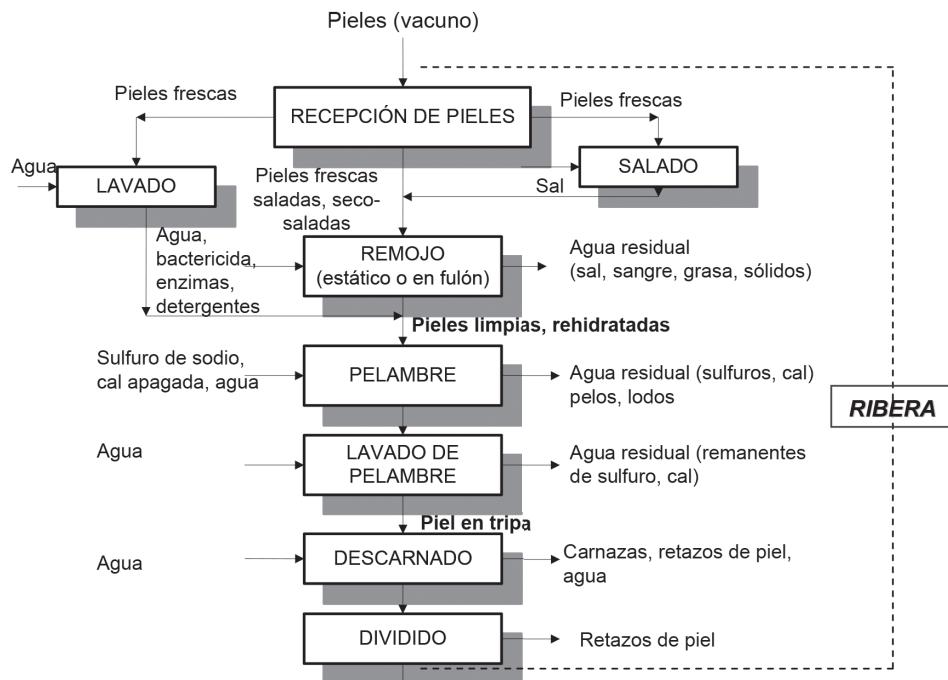
4.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS

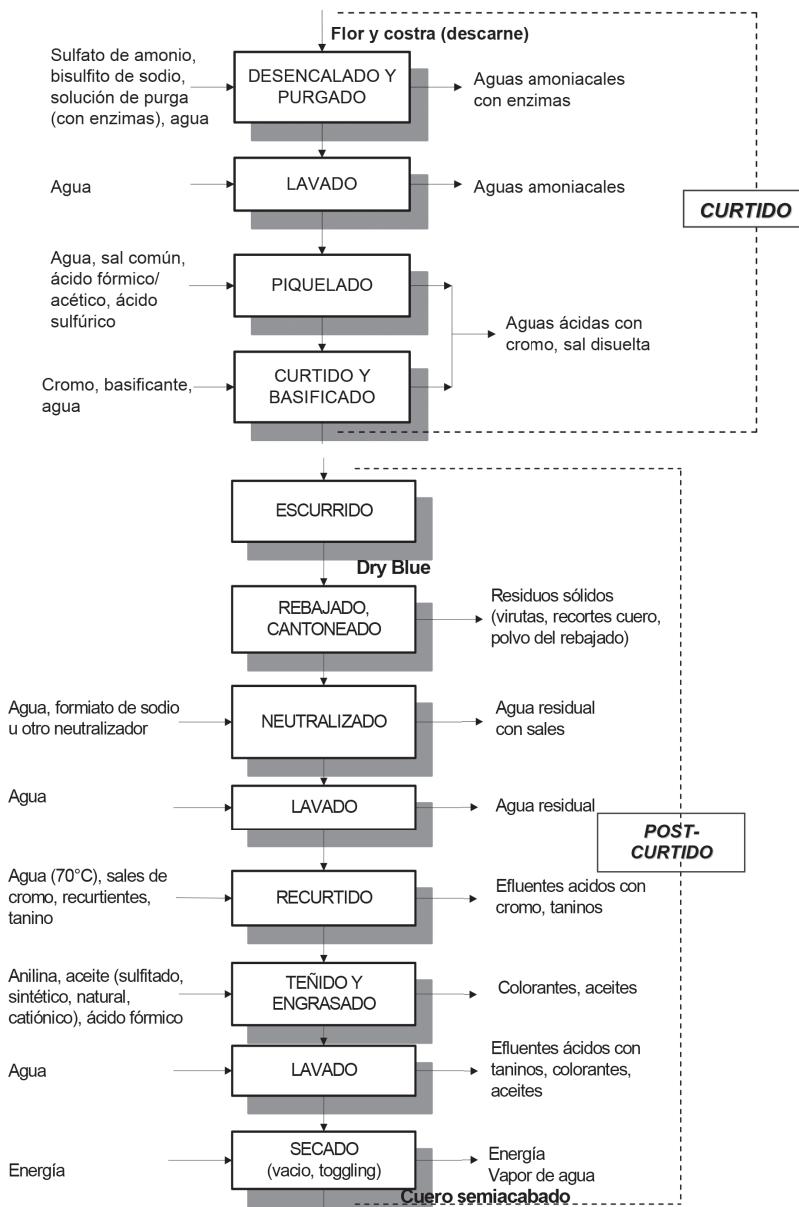
El proceso de curtiembre consiste, fundamentalmente, en la transformación de las pieles en cueros estabilizados y no putrescibles, los cuales son aptos para la confección de calzado, vestimenta, tapicería de muebles y automóviles, así como para una amplia variedad de otros artículos.

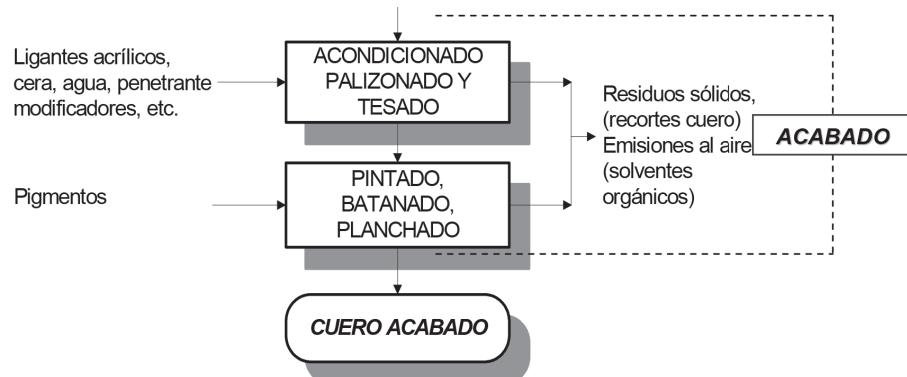
Las operaciones se clasifican en cuatro procesos:

- Ribera
- Curtido
- Post - curtido
- Terminación

DIAGRAMA DE FLUJO







Fuente: Elaboración del CPTS en base a la situación actual boliviana

Los dos primeros procesos son considerados de mayor relevancia desde una perspectiva ambiental, debido a la significativa carga contaminante que se asocia principalmente a los efluentes líquidos generados.

En Bolivia, las pieles son adquiridas directamente de los mataderos, así como de los rescatadores o intermediarios.



4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RIBERA: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RIBERA



a) SALADO DE PIELES

La etapa de salado de cueros es crucial en la industria de curtido, especialmente antes de comenzar el procedimiento de ribera. Su objetivo principal es conservar las pieles frescas y evitar la putrefacción,

empleando sal común (cloruro de sodio - NaCl permitiendo su almacenamiento y transporte hasta que sean procesadas en la curtiembre.

b) REMOJO Y/O LAVADO

El remojo es la etapa inicial en la producción de cuero después de conservar las pieles (ya sea mediante salado o secado). Su objetivo fundamental es recuperar el contenido de humedad original de la piel, devolverle la suavidad y flexibilidad que se perdieron durante el proceso de conservación, y comenzar su limpieza y adecuación para el tratamiento de curtido.

c) PELAMBRE

El pelambre es un proceso fundamental dentro del tratamiento de pieles en la industria curtidora que consiste en eliminar el pelo y la epidermis adheridos a la piel. Este proceso se realiza principalmente mediante la acción química de cal y sulfuro de sodio, que disuelven el pelo y ablandan las fibras de colágeno, facilitando la posterior curtición del cuero.

d) DESCARNADO

El descarnado es una etapa del proceso de curtido que consiste en eliminar el tejido graso, muscular y otros residuos adheridos a la parte carnosa (cara interna) de la piel después del pelambre. Este procedimiento es crucial para obtener una piel limpia que permita un curtido uniforme y de calidad.

e) DIVIDIDO

El dividido es el proceso mediante el cual la piel, una vez curtida o en etapas previas, se separa en capas para obtener diferentes tipos de cuero:

- La capa superior o flor, que es la más resistente y de mayor calidad, se utiliza para productos que requieren buena apariencia y durabilidad.
- La capa inferior o carnaza, que es más gruesa y menos resistente, se emplea para productos de menor calidad o para otros usos industriales.

El dividido permite optimizar el uso de la piel, aumentando el rendimiento y diversificando los productos finales.

4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CURTIDO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CURTIDO



Fuente: Centro De Promoción De Tecnologías Sostenibles - CPTS

El proceso de curtido consiste en una serie de técnicas y tratamientos que se aplican a las pieles de animales con el fin de convertirlas en cuero. Este material resultante es conocido por su durabilidad, flexibilidad y resistencia a la descomposición, tanto física como biológica.

A continuación, se detallan las operaciones más frecuentes del proceso de curtido:

a) DESENCALADO

El desencalado es una fase crucial en el proceso de curtido de pieles, ya que su propósito principal es la eliminación de la cal y el sulfuro de sodio que se emplearon durante el pelambre, que son

utilizados para facilitar la remoción del pelo y abrir la estructura de la piel. Este procedimiento es vital para prevenir interferencias químicas en las etapas subsiguientes del curtido, garantizando así la calidad del cuero final. Además, este proceso ayuda a neutralizar la piel, a frenar su hinchamiento y a eliminar cualquier sulfuro que pueda quedar. Para lograrlo, se realizan lavados con agua y se añaden reactivos químicos, siendo el bisulfito de sodio el más comúnmente utilizado, aunque en ocasiones también se incorporan agentes tensoactivos.

b) PURGADO

El purgado es una fase crucial en el proceso de curtido de pieles en la industria de la curtiembre. Su objetivo principal es disminuir el pH de las pieles, estableciendo así las condiciones de acidez necesarias para llevar a cabo el posterior curtido, especialmente en el caso del curtido vegetal.

c) DESENGRASADO

El desengrasado en la industria curtidora es una etapa del proceso de curtido que consiste en la eliminación del exceso de grasa natural presente en la piel después del descarnado. Esta grasa residual, si no se elimina adecuadamente, puede afectar la penetración uniforme de los agentes curtientes y la calidad final del cuero.

d) PIQUELADO

El piquelado en la industria del curtido es una etapa preparatoria esencial en el proceso de tratamiento de las pieles. Este proceso implica sumergir las pieles en soluciones ácidas, principalmente de ácido fórmico y ácido sulfúrico, con el fin de acidificar el material y bajar su pH a valores que oscilan entre aproximadamente 3.5 y 2.8, dependiendo del tipo de cuero que se busca obtener.

e) CURTIDO

Esta fase fundamental consiste en sumergir la piel en tambores que contienen soluciones de agentes curtientes, ya sean sales de cromo o taninos vegetales. Estos agentes penetran en las fibras de colágeno, ayudando a estabilizarlas y previniendo así su degradación.

Tipos De Curtido

- CURTIDO AL CROMO: Es el método más común en la industria (aproximadamente 80% de uso), rápido y económico. Utiliza sales de cromo trivalente que fijan el cuero en un medio ácido, otorgándole alta resistencia y durabilidad.
- CURTIDO VEGETAL: Método más antiguo y ecológico que usa taninos naturales. Produce un cuero más transpirable y estéticamente valorado, aunque menos utilizado en la industria por su mayor costo y tiempo de proceso.

4.1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE POST- CURTIDO: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE POST - CURTIDO



Fuente: Centro De Promoción De Tecnologías Sostenibles - CPTS

El post - curtido es una etapa que sigue al proceso principal de curtido y se encarga de preparar el cuero para su uso final. Esta fase mejora las propiedades físicas, estéticas y funcionales del material. Abarca diversas etapas mecánicas y químicas que acondicionan el cuero una vez que ha sido estabilizado en el proceso de curtido.

A continuación, se detallan las operaciones más frecuentes del proceso de post - curtido:

a) ESCURRIDO

El escurrido o exprimido en la industria de la curtiduría es un proceso mecánico que se lleva a cabo tras el curtido, con el fin de disminuir la humedad del cuero. Su principal objetivo es eliminar gran parte del agua que permanece en la piel curtida, lo que facilita etapas posteriores como el secado, recurtido y acabado del material.

b) REBAJADO

Se trata de una regulación mecánica del grosor del cuero, que da como resultado la generación de virutas sólidas con contenido de cromo, provenientes de las pieles tratadas con este metal pesado. Esta operación produce la mayor cantidad de residuos sólidos, los cuales presentan un alto contenido de humedad.

c) NEUTRALIZACIÓN

Se trata de un proceso en húmedo diseñado para aumentar el pH ácido del cuero, mediante la incorporación de sales como el formiato de sodio o el bicarbonato de sodio.

d) RECURTIDO

Es una fase que sigue al curtido inicial y que implica someter el cuero ya tratado a un segundo tratamiento, tanto químico como físico. Este proceso tiene como objetivo modificar y mejorar las propiedades del cuero, adaptándolo a las características específicas necesarias para el producto final.

e) TEÑIDO

Se utiliza para dar color al cuero. Usualmente, este proceso se lleva a cabo en el mismo baño que el recurtido, empleando agentes químicos como las anilinas y utilizando amoniaco como agente penetrante. Además, los tintes a base de complejos metálicos contienen iones de cromo, cobre o cobalto.

f) ENGRASADO

Proporciona una mayor suavidad al cuero, utilizando tanto engrasantes sintéticos como naturales.

g) SECADO

El proceso de secado puede llevarse a cabo de manera natural al aire libre o mediante la aplicación de calor utilizando máquinas. Aunque el secado al aire no requiere consumo energético, depende de factores climáticos cambiantes, como la temperatura y la humedad. Por otro lado, el secado forzado ofrece mayor versatilidad, aunque implica un uso intensivo de energía.

h) RECORTE:

Los recortes generan restos o virutas de cuero, que en el caso de curtido al cromo contienen sales de cromo y deben ser manejados adecuadamente para evitar impactos ambientales. Además, el recorte puede incluir la división del cuero en capas o espesores específicos para distintos usos, mediante máquinas divisoras o partidas.

i) CLASIFICACIÓN:

La clasificación consiste en ordenar y agrupar las piezas de cuero según criterios como grosor, calidad, tamaño, textura y apariencia lo que permite optimizar el uso del cuero, asignando las piezas a productos que se ajusten a sus características, evitando desperdicios y mejorando la rentabilidad.

4.1.4 PROCESO DE ACABADO:

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ACABADO



Es la etapa final del tratamiento del cuero, cuyo objetivo es optimizar sus propiedades físicas, estéticas y funcionales para adaptarlo a su uso comercial. Este proceso integra tratamientos tanto mecánicos como químicos, con el fin de conferir al cuero características como suavidad, brillo, color, resistencia al desgaste y la apariencia deseada.

4.2 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES:

4.2.1 CONSUMO DE RECURSOS

La industria de curtiembre presenta un alto consumo de recursos naturales, especialmente agua y productos químicos, junto con generación significativa de residuos.

4.2.1.1 RECURSO AGUA

El consumo hídrico en las curtientes bolivianas oscila entre 25 y 35 m³ por tonelada de piel húmeda salada, según el tipo de curtido (vegetal o mineral). La etapa de desescalado (sector curtido) es la de mayor consumo, seguida de ribera (lavado y preparación) y recurtido.

Para el factor agua, se realiza un análisis con balance de materia en procesos unitarios específicos, esto con el fin de evaluar los efluentes, composición general del agua (compuestos, adictivos diluidos o en suspensión).

ENTRADA	PROCESO UNITARIO	SALIDA	EFLUENTES
Ingreso de pieles, las pieles ya vienen con cal y sulfuros (el cuero ya viene con tensoactivos o humectantes)	Recepción de pieles	-	-
Agua en tanque 300 L	Remojo de pieles (24 horas)	3 L/Mes de agua residual	Generación de agua residual
	Separación de endodermis (grasa y pelo)	-	-
Agua 200 Litros	Desencalado (2 horas)	-	-
2.5% de sulfato de amonio	Purga (2 a 3 horas)	200 litros de agua residual	Efluente con cal y sales de amonio
Agua 300 Litros	Lavado (2 veces – 150 litros por lavado)	300 litros de agua residual	Efluente con cal y sales de amonio
Agua 200 litros de agua a 28°C 1.5% de sal 5.2% ácido fórmico	Piquelado (2 horas)	-	-
5.4% sal de cromo	Curtido (8 horas)	200 litros de agua residual con cromo con un pH ácido aprox. 3 a 4.	Efluente con cromo, sales y ácido fórmico.
0.5% basificado	Basificado	-	-
-			
-	Escurrido (2 horas)	-	Efluente con sales de cromo
-	Rebajado	25 kg de aserrín de cuero	
Agua 200 litros a 35°C Formiato 2% Bicarbonato 0.5%	Neutralizado /2 horas)	Agua residual de 200 litros	Efluente con contenido de formiato y bicarbonato.
Agua 150 litros a 75°C Añelina (Tinte) Grasa	Teñido y engrase	150 litros de agua residual	Efluente con añelida diluida.
-	Secado	-	-

Estudios en Colombia y Uruguay destacan que más del 50% del agua se usa en etapas de lavado, sin reutilización sistemática lo cual conlleva a un Impacto ambiental ya que los efluentes contienen cromo, sulfuros y carga orgánica, superando límites permisibles y contaminando cuerpos de agua.

4.2.1.2 ENERGÍA

El consumo eléctrico contribuye a la huella hídrica indirecta (0,0012 l/kg), aunque su impacto es menor comparado con el agua. la Electricidad usada para operar máquinas (fulones, bombas, equipos de acabado) y sistemas de iluminación y la Ineficiencias mas comunes son (Factor de potencia bajo por falta de bancos de condensadores, generando penalizaciones en las facturas, arranque simultáneo de equipos sin control de demanda, aumentando los picos de consumo).

4.2.1.3 GENERACIÓN DE RESIDUOS

La industria de curtiembre en Bolivia genera residuos principalmente líquidos, sólidos y gaseosos, con impactos ambientales y sanitarios significativos:

a) Residuos Líquidos

Composición: contienen cromo (Cr(III) y Cr(VI)), sulfuros, sales y compuestos orgánicos y el volumen del consumo de agua oscila entre 25-60 m³ por tonelada de piel procesada, generando efluentes que superan los límites máximos permisibles de la Ley 1333, sin embargo, el Impacto de la contaminación de ríos (ej. en La Paz y Cochabamba), existe riesgos de toxicidad para la salud humana y ecosistemas acuáticos

b) Residuos Sólidos

Los tipos de residuos incluyen recortes de piel cruda o curtida, virutas, lodos no tratados, envases químicos y sales residuales, ya que en el manejo la mayoría se elimina en vertederos no controlados, aunque algunos subproductos (grasas, pelos) podrían reutilizarse en la producción de gelatina o colágeno.

Caracterización y cuantificación de residuos sólidos en curtiembres en el Municipio de El Alto

PROCESO UNITARIO	RESIDUO	PESO (Kg/ MES)	ALMACENAMIENTO	DISPOSICIÓN FINAL
Recepción de materia prima	yutes	0.5	yutes	Empresa Trebol S.A.
Remojo de pieles	Arenilla de cal	5.33	balde	Secado y dispuesto en Trebol S.A.
Separación de endodermis	Grasa y pelo	60	Yutes y/o baldes	Industria artesanal de colágeno, muebles aglomerados o empresa Trebol S.A.
Rebajado	Viruta o aserrín	70	Yutes	Empresa Trebol S.A.
Residuos comunes	Residuos comunes	4	Yutes o bolsas	Empresa Trebol S.A.
TOTAL				139.33

Según la tabla de caracterización que se realizó en el Municipio de El Alto, se evidencio que los residuos son dispuestos en el Relleno Sanitario de Villa Ingenio por la empresa Trebol S.A. que es encargada del servicio de recojo, barrido, recolección y traslado de los residuos sólidos, cabe aclarar que estos residuos son dispuestos de manera ilegal, ya que la empresa no cuenta con un contrato específico para disponerlos como industriales, por tanto, la gestión en RRSS no es óptima.

c) Emisiones Gaseosas

Las emisiones atmosféricas de las curtiembres bolivianas provienen principalmente de los siguientes procesos y fuentes:

- **Descomposición de materia orgánica:** Durante el procesamiento de pieles, especialmente en las etapas iniciales (como el pelambre y el desencalado), la descomposición de residuos orgánicos genera gases como amoníaco (NH_3), sulfuro de hidrógeno (H_2S) y compuestos orgánicos volátiles, que contribuyen a la contaminación del aire y pueden causar olores desagradables y problemas de salud en las zonas circundantes.

- **Uso de productos químicos:** El empleo de agentes como el sulfuro de sodio y el cromo en las distintas etapas del curtido puede liberar vapores y partículas peligrosas al ambiente, especialmente si no se cuenta con sistemas adecuados de ventilación y control.
- **Emisión de polvo:** Las operaciones mecánicas, como el lijado y el pulido del cuero, pueden generar partículas en suspensión (polvo), que afectan la calidad del aire en el entorno de la planta.
- **Emisiones por combustión:** El uso de calderas y hornos para el secado o calentamiento en el proceso puede liberar dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxidos de azufre (SO₂), contribuyendo a la contaminación atmosférica general.

La industria de curtiembre en Bolivia es una fuente significativa de emisiones atmosféricas, principalmente de compuestos orgánicos volátiles, gases sulfurosos, amoníaco, partículas y gases producto de la combustión. Si bien existen regulaciones específicas, su cumplimiento y la implementación de mejores prácticas ambientales siguen siendo retos importantes para el sector.

4.3 ACCIONES DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA

4.3.1 PROPUESTA DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA:

Las propuestas de producción más limpia en la industria de curtiembre se enfocan en optimizar procesos para reducir el impacto ambiental, aumentar la eficiencia y mejorar la calidad del producto, entre las principales estrategias destacan:

- **Optimización del uso de materias primas y químicos:** Reducir al mínimo el uso de sustancias como sulfuro, cal y cromo, especialmente en las etapas de ribera (remojo, pelambre, descarne) y curtido, para disminuir la contaminación de efluentes líquidos.
- **Reutilización y reciclaje de materiales y agua:** Implementar sistemas para la recuperación y reutilización de baños y agua en las etapas húmedas, lo que permite reducir significativamente el consumo de agua y la carga contaminante de los efluentes.

- **Mejora en el control y gestión ambiental:** Diagnosticar y controlar los procesos productivos para minimizar la generación de residuos sólidos y líquidos, y aplicar tratamientos avanzados cuando sea necesario.
- **Capacitación y asistencia técnica:** Desarrollar programas de formación para trabajadores y empresarios sobre prácticas de producción limpia, fomentando una cultura ambientalmente responsable en la industria.
- **Diseño de planes integrales de producción más limpia:** Elaborar planes específicos que incluyan diagnóstico, implementación y seguimiento, orientados a maximizar insumos, reducir consumo de agua y químicos, y minimizar residuos.
- **Adopción de tecnologías y procesos sostenibles:** Incorporar tecnologías que permitan un mejor aprovechamiento de recursos y reduzcan emisiones, olores y residuos, contribuyendo a la sustentabilidad del sector.

Estas propuestas no solo buscan cumplir con normativas ambientales, sino también mejorar la competitividad y sostenibilidad económica de las curtiembres, asegurando un desarrollo industrial más amigable con el medio ambiente.

MEDIDAS Y METAS EN PML APLICADO EN EL PROCESO DE RIBERA

MEDIDA	META	DESCRIPCIÓN
Entregar las pieles frescas, a las curtiembres. Los mataderos locales de ganado realizan toda la gestión de faenado y la gestión de todos los residuos incluyendo las pieles, cabezas, pesuñas entre otros.	Reducción de uso de sal y agua en el proceso de remojo y salado.	En la gestión de procesos del matadero municipal de Los Andes, realiza el faenado en horas de la noche y madrugada, por tanto, los productos secundarios como: pieles, viseras, pesuñas, cabezas entre otros son puestos a la venta a la mañana siguiente, por lo que, las pieles llegan a las curtiembres o recolector en las siguientes 4 horas después del faenado.

MEDIDA	META	DESCRIPCIÓN
Remojo y salado de pieles frescas.	Realizado el remojo, se tendrá un efluente de sal, sangre y grasas en su mayoría. Por tanto, una alternativa de disposición es vender o traspasar el efluente a productores de colágeno artesanal.	Las curtiembres, al ver un efluente con alto contenido de grasa vieron la alternativa de vender o traspasar a productores de colágeno artesanal, los cuales realizan otros procesos (eliminación de sólidos, hervir el efluente y filtrar el colágeno por filtración).
Descarnado antes del Pelambre y la buena disposición de viseras o carga orgánica rescatada antes del pelambre.	Evitar la carga orgánica en el efluente del pelambre por presencia de viseras u otros que aumenten el DBO.	Este proceso depende de la piel de animal, en la piel de llama es casi limpia por lo cual no lleva carga orgánica representativa, a lo contrario la piel de vaca o toro es muy alta en viseras o carga orgánica. Así también, el contar con la maquinaria de descarnado no es común en las curtiembres, en su mayoría, todo este proceso lo realiza una curtiembre con los equipos y lo vende a otras una piel ya tratada. Las vísceras o carga orgánica recopilada, puede ser dispuesta en el mismo matadero municipal, ya que este cuenta con área extensa donde genera fertilizante a partir de residuos orgánicos provenientes del faenado.
Disposición de los pelos o virutas en el proceso de pelambre.	En el proceso de pelambre se usa cal y sulfuro para quitar los pelos o escorias del cuero, lo que el impacto es generado por los pelos y virutas. Se tiene como alternativa disponer las virutas a la industria de madera aglomerada o neutralizada para su disposición final al servicio de residuos del municipio.	Se evidencio que en la industria artesanal de madera a base de aglomerados (virutas, aserrín o pelos de animales), es una opción viable para la disposición de pelos o virutas resultado del proceso de pelambre, cabe recalcar que estos residuos están neutralizados por la cal, lo cual no lo hace nocivo para el uso como materia prima a otra industria.

MEDIDAS Y METAS EN PML APLICADO EN EL CURTIDO

DURANTE PROCESO DE CURTIDO		
MEDIDA	META	DESCRIPCIÓN
Sustituir sales de amonio por CO2 parcial y de todas maneras debe ir acompañado del agregado de cantidades menores de sales de amonio para la eliminación del calcio combinado con el colágeno.	Evitar que el efluente contenga altas concentraciones de Nitrógeno, los cuales solo pueden ser tratados por un tratamiento terciario.	Las curtiembres usan Sulfato de amino a un % del 0.2 lo cual generará altas concentraciones de Nitrógeno en el efluente del proceso. El uso de CO2 por inyección u otro ácido orgánico débil. Este proceso aún no se aplica en las curtiembres por su resistividad a nuevas tecnologías o insumos y la posibilidad de perder materia prima en la experimentación.
Recirculación del agua tratada en tanques de sedimentación, durante el proceso de enjuague.	La reducción en el consumo de agua por recirculación de agua tratada en tanques de sedimentación.	Se pudo verificar que algunas curtiembres realizan la recirculación por medio de almacenar el agua en tanques de sedimentación o la cosecha del agua por lluvias.
Realizar el proceso de precipitación de cromo en el efluente del proceso de piquelado y curtido.	Reducir la concentración de cromo hexavalente en el efluente, recircular agua rescatada del proceso de precipitación de cromo.	Mediante el uso de tanque para la precipitación de cromo con cal, para formar lodo, el agua rescatada del proceso puede ser almacenada para su uso en otro ciclo del mismo proceso, reduciendo en porcentajes de 5-10% la cantidad de cromo usado. Así también, recopilar el efluente en el escurrido de cueros para realizar el mismo proceso mencionado líneas supra.

MEDIDAS Y METAS EN PML APLICADO EN EL POSTCURTIIDO

DURANTE PROCESO DE CURTIDO		
MEDIDA	META	DESCRIPCIÓN
Rebajado y neutralizado, este proceso hay remanente de cromo lo cual se recomienda la recirculación de agua cromada.	El excedente de cuero curtido es eliminado del cuero, este pasará a un almacenamiento para un producto de menor calidad, también el agua residual puede ser recirculado hasta llegar a una disposición en áreas verdes por la presencia de formiato de sodio.	Recuperar el cuero curtido excedente para fines de marroquinería (por tanto, el excedente deberá pasar por los demás procesos para ser un cuero acabado), así también el agua recirculada deberá medirse en función de la carga orgánica que tenga, puede ser dispuesta en áreas verdes por la presencia de formiato de sodio el cual actúa como protección en los cultivos contra enfermedades fúngicas y bacterianas.
En el Recurtido, teñido y engrasado, el uso de tintes solubles en agua, engrasado con solventes orgánicos.	El uso de tintes solubles en agua evita que se trabaje con bencidina o colorantes azo (sintéticas), así también el engrasado mediante el uso de solventes orgánicos y no con aceites.	Cambiar el teñido con tintes solubles en agua ayuda que el impacto en el efluente y en la seguridad laboral sea menor, así también, el uso de solventes orgánicos como los taninos en una solución de agua y alcoholes.
Secado y acabado, con la ayuda del calor natural y el pintado y planchado con tintes solubles en agua.	Evitar usar secadores eléctricos o a gas natural, realizar el secado en áreas al aire libre que no generen impacto a colindantes (mediante extractores), en el pintado evitar el uso de pinturas sintéticas y cambiarlas a orgánicos a base agua.	El secado en planchas eléctricas o con gas natural hay un gasto abrasivo de energía (realiza acabados en horas a comparación del otro método de 2 días aproximadamente) el secado en áreas libres reduce todo ese gasto y emisión de gases por la combustión. El uso de pinturas orgánicas solubles en agua es recomendable para impactos en el medio ambiente y salud ocupacional.

El beneficio de la Producción Más Limpia (PML) en la industria curtiembre en Bolivia radica principalmente en la mejora ambiental, económica y productiva del sector.

4.3.2 PROPUESTA DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN LA INDUSTRIA DE CURTIMBRE:

MEDIDAS de PML APLICADO EN EL PROCESO DE RIBERA

ACCIONES DE IMPLEMENTACIÓN	BENEFICIOS	EJEMPLO
Entregar las pieles frescas, a las curtientes. Los mataderos locales de ganado realizan toda la gestión de faenado y la gestión de todos los residuos incluyendo las pieles, cabezas, pesuñas entre otros.	Reducción de residuos orgánicos en el efluente, recirculación del agua para el mismo proceso, reducción del uso de sal en el proceso.	El uso de materia prima fresca ayuda a la reducción de sal antes del remojo, por tanto, adquirir las pieles en el matadero más cercano ayudara a este proceso.
Realizado el remojo, se tendrá un efluente de sal, sangre y grasas en su mayoría. Por tanto, una alternativa de disposición es vender o traspasar el efluente a productores de colágeno artesanal.	Evitar el taponamiento de tuberías en el desagüe por la alta cantidad de grasas y/o ocupar tanques de sedimentación para el tratamiento primario de los efluentes. Generando ingresos extras o una buena disposición de las grasas a un acopiator para la producción de colágeno artesanal.	Acopiar en turriles los efluentes de este proceso para venderlos o intercambiarlos a un acopiator de grasas para la producción de colágeno.
Descarnado antes del Pelambre y la buena disposición de viseras o carga orgánica rescatada antes del pelambre.	Evitar la carga orgánica en el efluente del pelambre por presencia de viseras u otros que aumenten el DBO, tener un efluente menos contaminado ayudara a definir una recirculación del agua. Venta o disposición de las vísceras o restos orgánicos para la generación de fertilizante orgánico.	Dependiendo de la piel (llama o res), este proceso generará mayor cantidad de vísceras (llama es casi nula), estos restos orgánicos pueden almacenarse y disponerse en el matadero Municipal de Los Andes el cual genera fertilizante orgánico en sus instalaciones con restos del faenado.

ACCIONES DE IMPLEMENTACIÓN	BENEFICIOS	EJEMPLO
En el proceso de pelambre se usa cal y sulfuro para quitar los pelos o escorias del cuero, lo que el impacto es generado por los pelos y virutas. Se tiene como alternativa disponer las virutas a la industria de madera aglomerada o neutralizada para su disposición final al servicio de residuos del municipio.	Disposición adecuada de los pelos, virutas o escorias (neutralizadas con cal), para la industria de aglomerados (maderas artesanales).	Recopilar el pelo y/o viruta para realizar una neutralización con un 5% de cal hasta su secado, el cual puede ser vendido o intercambiado a un acopiador para mezclar con aserrín y otros para la fabricación de madera.

MEDIDAS DE PML EN EL CURTIDO

ACCIONES DE IMPLEMENTACIÓN	BENEFICIOS	EJEMPLO
Sustituir sales de amonio por CO2 parcial y de todas maneras debe ir acompañado del agregado de cantidades menores de sales de amonio para la eliminación del calcio combinado con el colágeno.	Reduce la probabilidad de implementar tratamientos terciarios en el efluente, por la presencia de nitratos.	El uso de CO2 con aminas puede sustituir las sales de amonio, en dosis diferentes no en disoluciones porcentuales sino en kg/cantidad de pieles a tratar, por ejemplo, se aplicaría 45 a 50 gramos por kilogramo de piel.
Recirculación del agua tratada en tanques de sedimentación, durante el proceso de enjuague.	Antes del piquelado, realizar el enjuague con agua de otros procesos ayudara a la reducción del consumo del líquido vital.	Por ejemplo, en el proceso de curtido se recupera el cromo con cal en una solución de precipitación formando lodo, donde el remanente es agua que puede utilizarse para este proceso o para el mismo.
Realizar el proceso de precipitación de cromo en el efluente del proceso de piquelado y curtido.	puede realizarse la recuperación de cromo en forma de grano y/o cristalización, pero las curtiembres solo realizan la precipitación del cromo con cal. Lo que ayuda a que el efluente final pueda reutilizarse.	Se utiliza el tanque con una solución de cal al 15% mezclar al blue wet (efluente del piquelado), el cual precipitará formando un lodo de cal y cromo, este debe ser secado y neutralizado con cal para su disposición final. El efluente final puede ser reusado en el mismo proceso o para el recurtido.

MEDIDAS DE PML EN EL POSTCURTIDO

ACCIONES DE IMPLEMENTACIÓN	BENEFICIOS	EJEMPLO
Rebajado y neutralizado, este proceso hay remanente de cromo lo cual se recomienda la recirculación de agua cromada.	Recuperar el cuero curtido excedente para fines de marroquinería (por tanto, el excedente deberá pasar por los demás procesos para ser un cuero acabado), así también el agua recirculada deberá medirse en función de la carga orgánica que tenga, puede ser dispuesta en áreas verdes por la presencia de formiato de sodio el cual actúa como protección en los cultivos contra enfermedades fúngicas y bacterianas.	Agrupar el cuero remanente debe ser acopiado para tratarse en una etapa de teñido y secado en bandejas para su comercialización para la elaboración de marroquinería artesanal, el efluente una vez reutilizado puede disponerse en áreas verdes en dosis pequeñas por la presencia de formiato de sodio, el cual actúa como antibacteriano en cultivos o árboles.
En el Recurtido, teñido y engrasado, el uso de tintes solubles en agua, engrasado con solventes orgánicos.	Se evidencio la tendencia al uso de tintes solubles en agua los cuales pueden ser añadidos al fulgón para su teñido, evitar el uso de sintéticos es recomendable para la salud laboral y ambiental.	En el fulgón con agua caliente entre 70 a 80 °C disolver en un valde el tinte para el cuero y vertirlo en el fulgón para su teñido. El agua puede servir para el engrasado si se le añade formiato de sodio para que el proceso cumpla con su propósito.
Secado y acabado, con la ayuda del calor natural y el pintado y planchado con tintes solubles en agua.	Reduce el consumo de energía y gas natural para el secado, evita impactos negativos a la salud ocupacional y ambiental evitando el uso de pintura sintética a base de plomo entre otros que generan COP's.	Llevar el secado en palets y exponerlos al sol natural para su secado, aunque el proceso tarda 1 día y medio más que usar calentadores artificiales para adecuar la temperatura ambiente. Las pinturas orgánicas solubles en agua ayudan a una mejor adherencia al color, se utiliza en mayor proporción con pistola, pero el precio es más rentable.

La PML promueve el uso eficiente de materias primas, agua y energía, lo que permite reducir o eliminar en la fuente la generación de residuos no deseados durante el proceso de curtido, entre los cuales destacan:

- Reducción del consumo de agua
- Disminución de residuos sólidos
- Uso eficiente de químicos
- Menor contaminación por cromo
- Disminución de la carga contaminante en efluentes

En el factor Aire, los impactos no son abrasivos como los generados en AGUA y RRSS, se consideró el impacto generado por ruido, olor y combustión, los cuales se describen en:

- se utiliza como combustible GLP de 10 kilogramos de 2 a 3 garrafas al mes, cantidad que no tiene gran influencia en la contaminación atmosférica.
- No se genera emisión de olores que sean significativos para el medio ambiente.
- Las emisiones de gases de combustión en la atmosféricas son mínimas debido a que el uso de GLP para el proceso de calentamiento de agua es también mínimo a nivel artesanal y/o familiar, empleándose al mes un máximo de 1 a 2 garrafas, por lo que no corresponde realizar un monitoreo a las emisiones atmosféricas, en otras situaciones se hace el uso de gas natural.
- También es preciso mencionar la predisposición de las unidades industriales a realizar estos análisis en la medida que la empresa este en crecimiento.
- En lo referido a la generación de PST, la Unidad Industrial, no genera partículas suspendidas significativas.
- En ninguna etapa se utiliza otro tipo de combustible como ser madera, papel o restos de los cueros, que en caso de quemarse podrían generar contaminantes atmosféricos y que también necesitaría la implementación de una chimenea.
- Por otro lado, las industrias han dotado de protectores auditivos al personal instruyendo el uso de manera permanente cuando se operen cerca a los equipos que generen ruido (fulones, compresora y otros).

05. GLOSARIO Y SISTEMA DE UNIDADES

A

Aguas residuales industriales: Se generan en fábricas y procesos productivos. Pueden contener una variedad de contaminantes dependiendo del tipo de industria, incluyendo productos químicos peligrosos y metales pesados.

D

Desecho: Materia a la que ya no se le puede dar valor alguno

I

Insumo: Incluye toda materia y energía utilizadas en la producción, es decir, materias primas, agua, energía eléctrica, energía térmica (incluyendo combustibles), catalizadores y reactivos químicos en general, lubricantes, resinas de intercambio iónico, empaquetaduras, filtros desechables y otros. Los insumos que forman parte del producto final se denominan “materias primas”, mientras que aquéllos que no forman parte del producto final se denominan “insumos auxiliares”.

R

Residuo: Materia prima de menor valor que tiene un potencial de aprovechamiento.

06. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS EMPLEADAS

Manual de Producción Más Limpia – Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/I-Textbook_0.pdf

Guía de Economía Circular – Hanns

https://alternativascc.org/wp-content/uploads/2021/12/Guia-Economi%C3%A1a-Circular_web.pdf

Empresa y medio ambiente: Producción Más Limpia, productividad y ambientes sanos. Equipo técnico del Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS). Junio 2007.

https://cebem.org/revistaredesma/vol1/pdf/redesma0101_art05.pdf



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

 **BOLIVIA ES
INDUSTRIALIZACIÓN**



/MDPyEPBolivia



@MDPyEPBolivia



@mdpyep.bolivia



/MDPyEPBolivia



@mdpyep_bolivia

Av. Mariscal Santa Cruz, edif. Centro de Comunicaciones La Paz,
piso 20. Tel: (591-2) 2184444 - Fax: (591-2) 2124933
www.produccion.gob.bo