

# GUÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

## CON ENFOQUE EN ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA FABRICACIÓN DE PAPEL Y DE PRODUCTOS DE PAPEL



ESTADO PLURINACIONAL DE  
**BOLIVIA**

MINISTERIO DE DESARROLLO  
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



BICENTENARIO DE  
**BOLIVIA**



**BOLIVIA ES  
INDUSTRIALIZACIÓN**





ESTADO PLURINACIONAL DE

**BOLIVIA**

MINISTERIO DE DESARROLLO  
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

# GUÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

## CON ENFOQUE EN ECONOMÍA CIRCULAR PARA LA FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS DE PAPEL



## MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

Néstor Huanca Chura

**Ministro de Desarrollo Productivo y Economía Plural**

Luis Jhosua Siles Castro

**Viceministro de Políticas de Industrialización**

### REVISIÓN:

Richard Wilmer Rojas Rojas

**Director General de Servicios y Control Industrial**

Luis Antonio Herrera Arandia

**Jefe de la Unidad de Gestión Integrada para la Industria**

### CONTENIDO Y REDACCIÓN:

Ayde Rosario Alconz Ingala

**Profesional en Gestión Ambiental Industrial**

Gabriela Alicia Rios Charcas

**Técnico en Gestión Ambiental Industrial**

### APOYO TÉCNICO:

Eva Raquel Nina Chavez

Alondra Belen Inca Rojas

Katherine Mariel Escalera Lopez

### EN COLABORACIÓN DE:



### 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**





**Néstor Huanca Chura**

**MINISTRO DE DESARROLLO PRODUCTIVO  
Y ECONOMÍA PLURAL**





# PRESENTACIÓN

Bolivia se encamina al Bicentenario con el desafío de consolidar el gran salto a la industrialización, que busca un mayor número de industrias en el sector industrial manufacturero, con mayor producción, que logre sustituir las importaciones, sin que esto represente un mayor impacto ambiental.

En ese sentido, el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, a través del Viceministerio de Políticas de Industrialización, presenta la “Guía de Producción Más Limpia con Enfoque en Economía Circular para la fabricación de Papel y productos de Papel“, que establece requisitos normativos y lineamientos técnicos para impulsar la adopción de prácticas sostenibles en la industria buscando una producción más limpia. Esta guía busca reemplazar el enfoque reactivo de la gestión ambiental, predominante hasta ahora, por un enfoque preventivo que no solo reduzca el impacto ambiental, sino que también genere mayores beneficios para la industria manufacturera.

Este cambio estratégico impulsa prácticas más sostenibles y eficientes, alineadas con los principios de la Economía Circular, promoviendo la reducción de residuos o su reutilización, la optimización de recursos y la minimización de impactos ambientales, generando así una industria más competitiva y responsable.

Esta guía proporciona una orientación clara y accesible sobre la Producción Más Limpia, resaltando los beneficios de su aplicación integral y sugiriendo medidas específicas que permitan a la industria mejorar sus procesos, reducir su impacto ambiental, optimizar el consumo de recursos y disminuir los costos operativos.



# ÍNDICE

# 01

**MARCO NORMATIVO.....15**

# 02

**CONCEPTOS.....21**

# 03

**DESARROLLO DEL PROGRAMA  
DE PRODUCCIÓN  
MÁS LIMPIA.....25**

# 04

**MEDIDAS DE PRODUCCIÓN  
MÁS LIMPIA.....31**

# 05

**ANEXOS.....69**

# 06

**REFERENCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS.....77**





# INTRODUCCIÓN

**E**l Estado Plurinacional de Bolivia cuenta con el Sistema de Planificación Integral del Estado (SPIE), del cual forma parte el Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES) 2021 - 2025 “Reconstruyendo la Economía para Vivir Bien, hacia la Industrialización con Sustitución de Importaciones”, que se constituye en el instrumento a través del cual 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 DS 4857, 06/01/23, Organización Del Órgano Ejecutivo, que en su:

**Artículo 57** (Atribuciones de la ministra(o) de **Desarrollo Productivo y Economía Plural**)

Las atribuciones de la Ministra(o) de Desarrollo Productivo y Economía Plural, en el marco de las competencias asignadas al nivel central por la Constitución Política del Estado, son las siguientes:

**q)** *Proponer políticas ambientales para el sector industrial manufacturero en el marco de la economía plural, en coordinación con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua.*

**Artículo 59.-** (ATRIBUCIONES DEL VICEMINISTERIO DE POLÍTICAS DE INDUSTRIALIZACIÓN). Las atribuciones del Viceministerio de Políticas de Industrialización, en el marco de las competencias asignadas al nivel central por la Constitución Política del Estado, son las siguientes:

**k)** *Realizar las acciones necesarias para el cumplimiento de aplicación de la regulación del sector industrial.*

**n)** *Diseñar e implementar políticas de Economía Circular para el desarrollo de la industria en el marco de la economía plural para la sustitución de importaciones.*

En cumplimiento a sus atribuciones y competencias con el apoyo de la Fundación Suiza para la Cooperación Técnica Swisscontact, presenta la “Guía de Producción Más Limpia con enfoque en Economía Circular para la Fabricación de Papel y Productos de Papel”; elaborada con lineamientos técnicos de eficacia en la producción y gestión ambiental, para que las unidades productivas del sector industrial manufacturero puedan implementar acciones y medidas encaminadas a la Producción Más Limpia con enfoque en Economía Circular.

### **¿A quién va dirigida esta guía?**

Esta Guía está dirigida 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.

# 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:

*I. 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 (Cuarta 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 Mas Limpia (PML)...24**
- 2.2 Economía Circular.....24**
- 2.3 Relación de la Producción Más Limpia y la Economía Circular...26**



## 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.

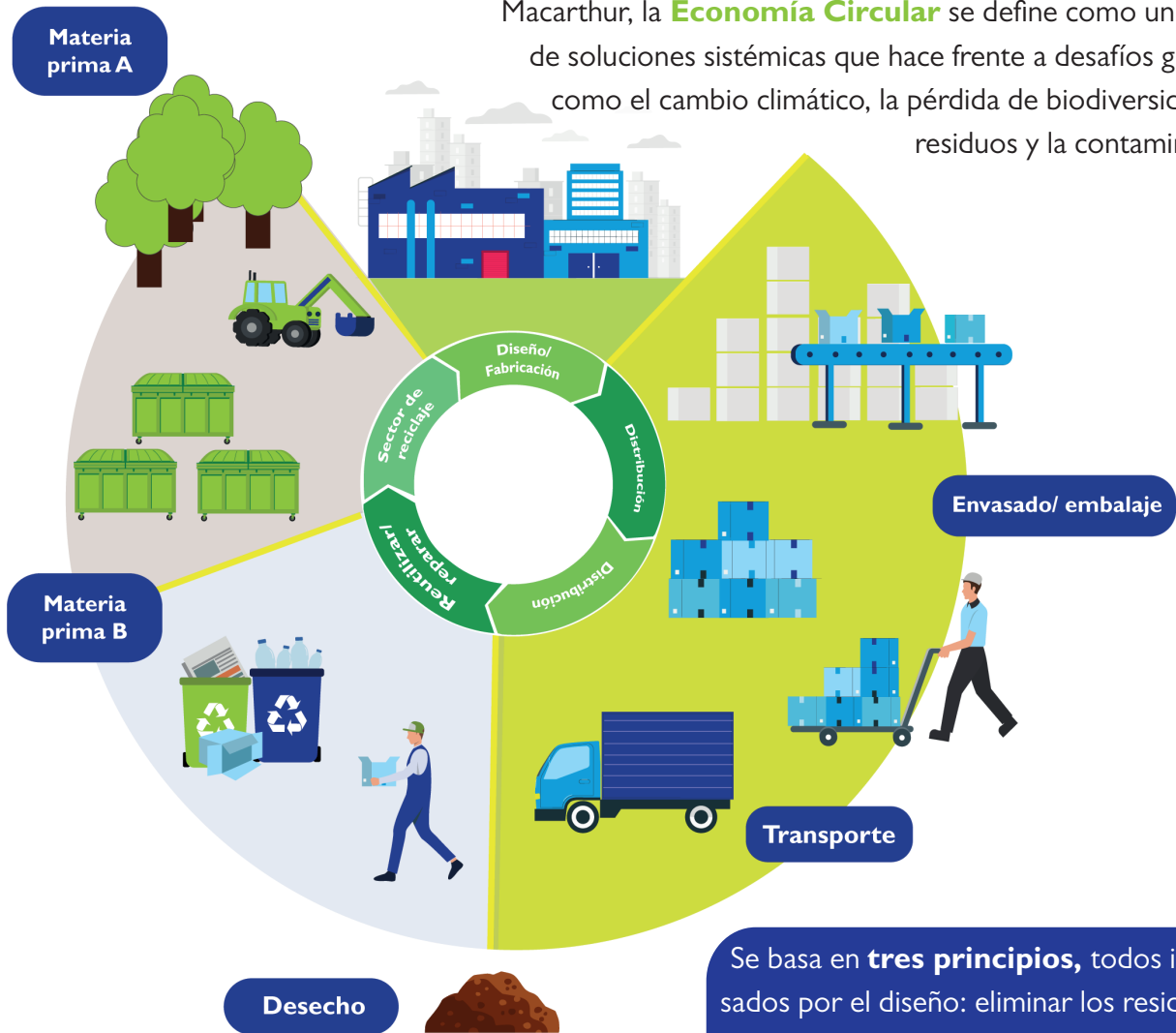
## 2.2 ECONOMÍA CIRCULAR



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 adoptar 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 DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



### **3.1 Métodos Para Evaluar la Eficiencia Productiva.....30**

Los pasos que se deben seguir para implementar un programa de Producción Más 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. **Análisis del proceso, incluido el uso de insumos y problemas inherentes.**
3. **Análisis de la evaluación de la eficiencia productiva.**
4. Análisis de aspectos sociales.



## Política de PML 2



1. Propia de cada unidad industrial.
2. Debe alinear los objetivos estratégicos con prácticas sostenibles, enfocándose en la sostenibilidad ambiental, la innovación y mejora continua y la transparencia y responsabilidad.



## 3 Estrategia de PML

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



## Implementación de PML

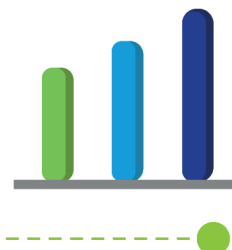
4



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. **Análisis comparativo de la eficiencia productiva, antes (diagnostico) y despues 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 lineamientos para la Producción Más 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 Más 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> <math>CE_{(GAS\ NATURAL)}</math> = Consumo específico para Gas Natural  <math>CT_{(GAS\ NATURAL)}</math> = Cantidad total de Gas Natural consumido  <math>V_P</math> = Cantidad de producto producido         </p>

<b>Consumo de eficiencia energética</b>	Consumo específico de energía eléctrica	$CE_{(E. ELECTRICA)} = CT_{(E. ELECTRICA)} / V_P$ <p> <math>CE_{(EE)}</math> = Consumo Específico para energía eléctrica  <math>CT_{(EE)}</math> = Cantidad total de energía eléctrica consumida  <math>V_p</math> = Cantidad de producto producido         </p>
<b>Consumo de eficiencia hídrica</b>	Consumo específico hídrico	$CE_{(AGUA)} = CT_{(AGUA)} / V_P$ <p> <math>CE_{(AGUA)}</math> = Consumo Especifico Hídrico  <math>C_{T(AGUA)}</math> = Cantidad total de Agua  <math>V_p</math> = Cantidad de producto producido         </p>
<b>Consumo de eficiencia en el uso de insumos</b>	Consumo específico en el uso de insumos	$CE_{(INSUMOS)} = CT_{(INSUMOS)} / V_P$ <p> <math>CE_{(INSUMOS)}</math> = Consumo Específico de insumos  <math>C_{T(INSUMOS)}</math> = Cantidad total de Insumos  <math>V_p</math> = 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



<b>4.1 Identificación de Procesos Productivos</b> .....	34
<b>4.1.1</b> Proceso de Elaboración de Papel .....	34
<b>4.1.2</b> Proceso Productivo del Sector Productos de Papel.....	36
<b>4.1.2.1</b> Descripción del Proceso de Fabricación del Papel .....	38
<b>4.1.3</b> Proceso Productivo del Cartón.....	45
<b>4.1.3.1</b> Descripción del Proceso Productivo del Cartón .....	47
<b>4.2 Identificación de Impactos Ambientales</b> .....	50
<b>4.2.1</b> Consumo de Recursos.....	50
<b>4.2.1.1</b> Recurso Agua .....	51
<b>4.2.1.2</b> Energía .....	52
<b>4.2.2</b> Generación de Residuos .....	52
<b>4.2.2.1</b> Residuos Sólidos .....	52
<b>4.2.3</b> Aguas Residuales .....	53
<b>4.2.4</b> Emisiones Atmosféricas .....	54
<b>4.3 Resumen de Impactos Ambientales</b> .....	54
<b>4.4 Propuestas de Producción Más Limpia</b> .....	60
<b>4.4.1</b> Medidas de Producción Más Limpia Relativas al Factor Agua .....	63
<b>4.4.2</b> Medidas de Producción Más Limpia Relativas al Factor Aire .....	66
<b>4.4.3</b> Medidas de Producción Más Limpia Relativas al Factor Suelo .....	69

## 4.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS

### 4.1.1 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAPEL

El papel es un material que se fabrica a partir de celulosa una fibra que puede clasificarse de la siguiente manera:

- a) **Obtención de fibra primaria**
- b) **Obtención de fibra secundaria**

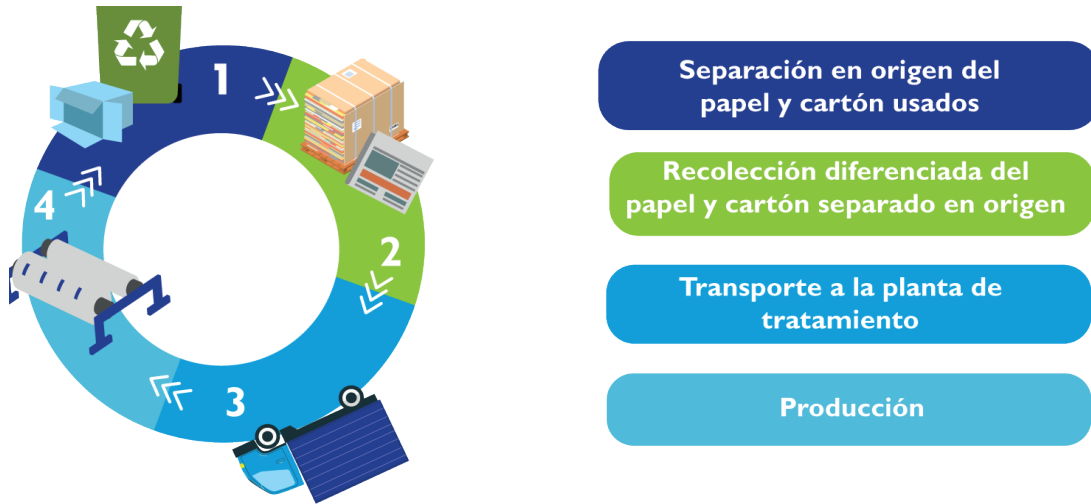
Actualmente Bolivia no cuenta con fábricas de papel a partir de fibra primaria, por lo que la siguiente guía se basa en la obtención de papel en base de la obtención de la fibra secundaria.

La obtención de fibra secundaria es una medida que contribuye en la mitigación y adaptación problema ambiental que representa la obtención de fibra virgen; ejerciendo una menor presión sobre los bosques y consumo de recursos como agua y energía, además de disminuir emisiones contaminantes a la atmósfera.



Los pasos que se siguen para recuperar este material son los siguientes:

**Figura I. Proceso para la obtención de fibra secundaria.**



*Fuente. Elaboración propia*

#### **a) Descripción de los procesos unitarios para la obtención de fibra secundaria**

- **Separación en origen del papel y cartón usados:** los papeles y cartones que fueron usados son separados de los otros residuos, cuidando que estos no sean contaminados con aceites, hidrocarburos, agua y tierra, por señalar los más importantes.
- **Recolección diferenciada de papel y cartón separado en origen:** La “NB 756 de Residuos sólidos – Contenedores/recipientes para el almacenamiento de residuos sólidos domésticos y asimilables a domésticos – Requisitos” establece el recipiente de color azul para la disposición de residuos de papel y cartón, esto permite su identificación para la recolección diferenciada a cargo del servicio de aseo urbano, recuperadores o recicladores de residuos.

- **Transporte a la planta de tratamiento:** para el aprovechamiento de los residuos de papel y cartón es necesario evitar su contaminación durante su transporte, por ello esta etapa debe evitar el contacto del material con agua, tierra o cualquier otro agente que sea causante de pérdida o deterioro.
- **Producción:** el papel y cartón que ingresa al proceso productivo de la U.I., es seleccionado según estándares de calidad establecidos para la obtención del producto deseado.

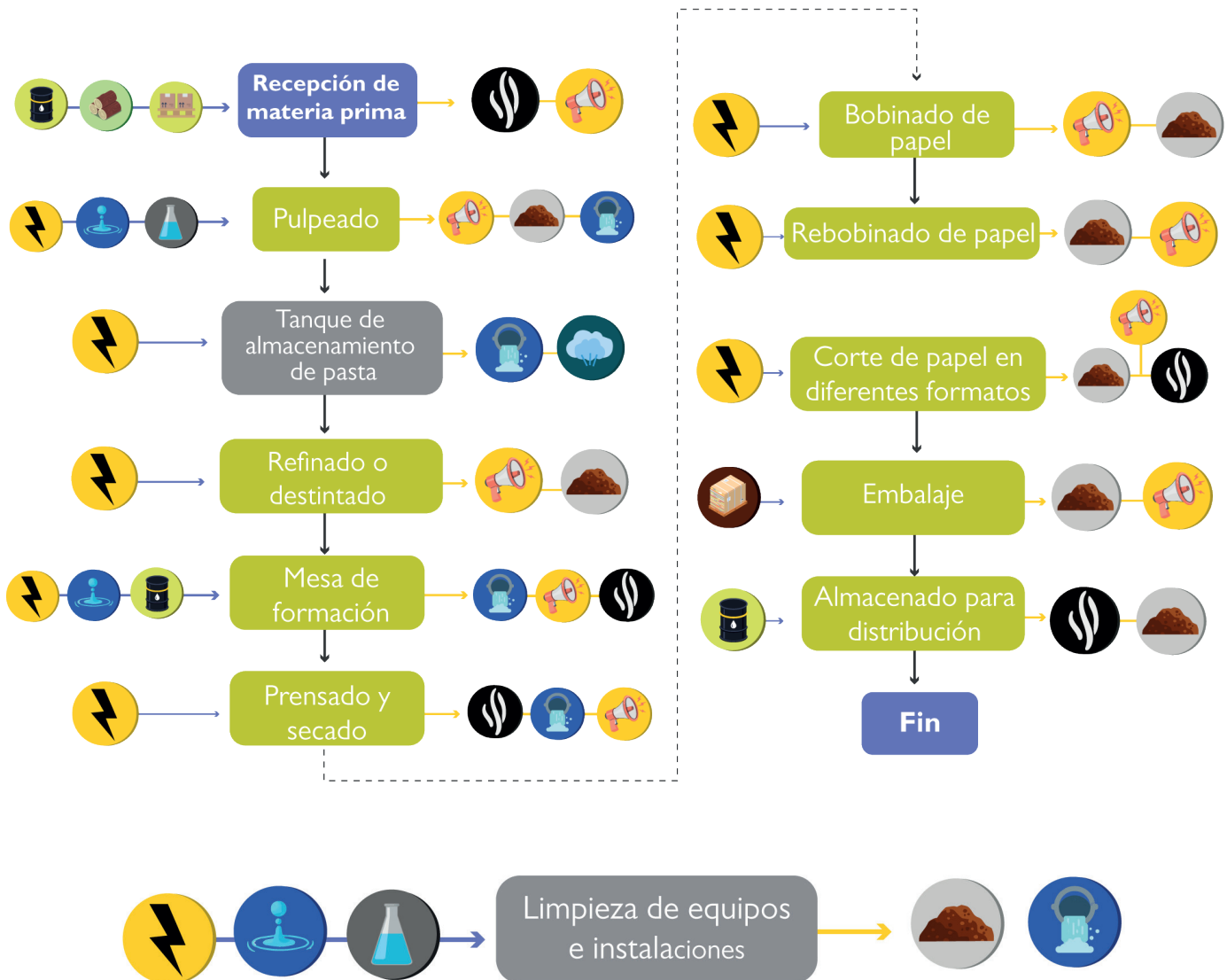
Los procesos productivos desarrollados para la fabricación de papel y cartón, son la base para la creación de otros productos que demandan una calidad según producto a fabricar donde puede variar la consistencia, tensión, resistencia al corte, gramaje, calibre, composición y color por señalar algunas características; los siguientes flujogramas nos muestran de manera general los procesos que se desarrollan en estos procesos productivos donde se identifican las entradas y salidas por cada etapa.

#### 4.1.2 PROCESO PRODUCTIVO DEL SECTOR PRODUCTOS DE PAPEL

El proceso productivo se muestra en el siguiente flujograma:

**Figura 2. Proceso de producción de papel**





**Fuente.** Elaboración propia en base a visitas técnicas a U.I. y revisión bibliográfica



#### 4.1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PAPEL

Los procesos desarrollados para la fabricación de papel se describen a continuación:

**Recepción de materia prima:** La producción del papel inicia con la recepción de la fibra virgen o fibra secundaria, que puede ser manipulada con un equipo de carga que funciona con combustibles fósiles.

De la fibra secundaria existen dos tipos:

- **DKL (Double Kraft Liner).**- Papel usado recuperado limpio que ingresa a la producción de papel o cartón reciclado.
- **OCC (Old Corrugated Container).** Papel usado recuperado sucio.

Para garantizar la obtención de un producto deseado la U.I. debe establecer estándares de calidad en la selección y separación del material que ingresará al proceso productivo.

La forma en la que se almacena el material influye en la calidad del producto.

Para el enfardado de la materia prima, generalmente se emplean equipos que funcionan con energía eléctrica.



Fardos para reciclaje



**Pulpeado:** La materia prima ingresa al pulper que gira, creando un movimiento turbulento que descompone el material en fibras individuales para su recuperación.

En este proceso es necesario controlar el pH que debe estar entre 7 y 8 la fricción puede alcanzar temperaturas entre los 150 y 170°C.

Este proceso tiene un alto consumo del recurso agua (entre 5-10 m<sup>3</sup> /tonelada de fibra) y de energía (entre 10-20 kWh/tonelada), cambiando la composición natural del agua.

Algunos procesos emplean químicos como la microfibras de celulosa (MFC) para incrementar la resistencia y la capacidad de enlace de las fibras recicladas y el almidón catiónico para mejorar la capacidad de enlace entre fibras, su adición se encuentra sujeta a la calidad de la materia prima.



Pulpadora de fibra virgen o fibra secundaria

Fibra secundaria que proviene del reciclaje de papel usado, se necesita agua para disolver y separar las fibras, pero suele ser más eficiente en términos de consumo de agua debido a que las fibras ya han sido procesadas previamente. La relación de uso de agua para fibra secundaria suele ser menor, aproximadamente entre 5/10 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de fibra.

**Tanque de almacenamiento de pasta:** Es un recipiente que almacena el producto proveniente de la pulpadora, puede contar con un sistema de agitación para mantener la homogeneidad del producto y un sistema para la transferencia a la siguiente etapa.



Tanque superficial para almacenamiento de pasta

El control de calidad realizado sobre la pasta puede requerir el empleo de reactivos químicos como el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) empleado en el análisis para determinar el contenido de lignina y hemicelulosa en la pulpa de celulosa, generando residuos especiales y peligrosos.

**Refinadores o desteñido:** Permite remover impurezas de la pulpa, ya sea por densidad, por tamaño de partícula y magnetismo.

Para que el proceso se desarrolle de manera óptima es necesario controlar que las fibras tengan una concentración de 3 a 5 %, el pH se mantenga entre 7 y 8, la temperatura se encuentre entre los 20 y 30°C, la operación de equipo se encuentre entre 0.1 a 0.35 bar. La velocidad de refinado puede estar entre los 800 y 1200 rpm.

Esta etapa puede ser asumida por la U.I. para realizar un control de calidad intermedio, al proceso de producción y verificar características como la pureza de la fibra (mayor contenido de celulosa y menor contenido de lignina), longitud de la fibra (a mayor longitud mayor resistencia), color y pH (de neutro a alcalino).



Tanque subterráneo para almacenamiento de pasta

Asimismo esta etapa puede emplear aditivos donde su concentración debe ser mínima entre los 0.1 – 1% ; los aditivos más empleados para el cuidado del medio ambiente son los agentes de retención de agua que ayudan a mejorar la eficiencia sobre el uso del agua y reducir la cantidad de residuos; las enzimas empleadas en el destinado para descomponer la tinta de manera más eficiente y menos agresiva; aditivos biodegradables y agentes blanqueadores como el peróxido de hidrógeno.



Refinadores de pasta de papel

Para la remoción de tinta muchas veces se aplica agitación para que las partículas de tinta se adhieran a las burbujas de aire que se forman y se suspenden, evitando la pérdida de fibra y energía en el proceso.

El desteñido permite que el producto final quede más limpio y con mayor brillo, este proceso no es necesario aplicar en productos como cartón.



Mesa de formación de papel

**Mesa de formación:** Este proceso permite la formación de la lámina de papel a través de la deshidratación de la pulpa que pasa por la mesa de formación.

Para la formación de la hoja es necesario controlar el pH que debe estar entre los 7 y 8, una temperatura de 20 a 25°C, humedad de 60 a 70% y una presión de 0.1 a 0.5 bar.



Este proceso emplea combustibles fósiles, como el gas, para la generación de vapor (uso de un caldero) que contribuye a la deshidratación de la pasta, como también de energía eléctrica para la operación de la banda transportadora.

**Prensado y secado:** Este proceso permite establecer el grosor del papel por medio de la presión ejercida por los rodillos que puede estar entre 3 y 5 bar, además es necesario controlar otros parámetros como la temperatura de secado que debe estar entre los 70 y 90°C.

Asimismo, este proceso permite que el producto final quede con un 5% a 7% de humedad, por ello es necesario eliminar el contenido de agua mediante presión y compactación ejercida por prensas, consiguiendo el máximo de extracción de humedad por medios físicos, para luego aplicar nuevamente calor en cilindros calentados con vapor (uso de calderos).



Rodamiento de prensa de secado de papel

**Bobinado de papel:** Antes de iniciar con este proceso se realiza el control de calidad para asegurar que el producto pueda ser incorporado al mercado.

El bobinado de papel se refiere al proceso en el cual el papel producido se enrolla y corta. Los factores a controlar dependerán del tipo de papel producido y de la maquinaria, sin embargo, de manera general se pueden mencionar algunos rangos sobre los factores a controlar; para evitar las arrugas



Bobinado de papel

y roturas en el papel la tensión empleada puede estar entre los 10 y 20 N/mm, la velocidad empleada puede estar entre los 500 y 1500 metros por minuto, siendo importante que el proceso mantenga una velocidad constante y adecuada evitando deformaciones y problemas de calidad, además de controlar la alineación del papel para asegurar que se enrolle de manera uniforme y sin desplazamiento lateral.

La humedad relativa del ambiente puede estar los 50 y 60% para evitar estática y mantener la flexibilidad del papel, asimismo el diámetro del núcleo del bobinado debe ser constante para asegurar una operación estable y evitar deformaciones.

**Rebobinado de papel:** Se refiere al corte de la bobina del papel según especificaciones del cliente, obteniendo bobinas en diferentes tamaños para diferentes fines.

Para garantizar un corte de calidad se debe asegurar que las cuchillas estén en buen estado para obtener bordes limpios y precisos, asimismo es necesario contar con un sistema de control de polvos para evitar afectar al producto en esta etapa final.



Rebobinado de papel

Con esta etapa concluye el proceso de fabricación.



**Corte del papel en diferentes formatos:** Las bobinas cortadas en las dimensiones solicitadas por el cliente son acomodados en equipos, manuales o automáticos, para obtener el producto final.





Papel embalado

**Embalaje:** Se refiere al empaque del producto con papel y nylon para protegerlo y aislarlo de la humedad del ambiente. En esta etapa también se realiza la codificación del producto.



Almacenaje de papel

**Almacenado para distribución:** Se refiere al almacenado en condiciones que eviten pérdidas por diferentes factores.

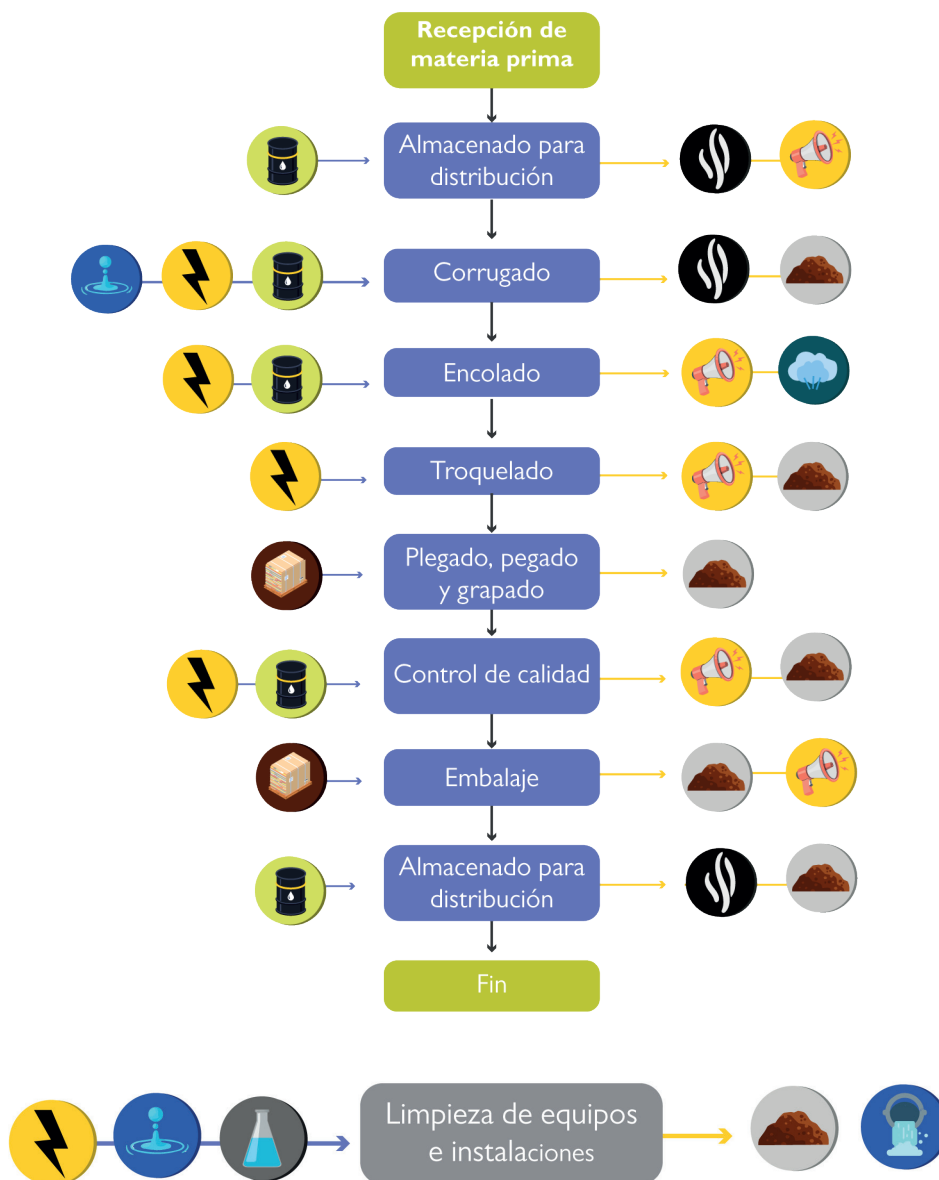
### 4.1.3 PROCESO PRODUCTIVO DEL CARTÓN

La producción de cartón deriva de la fabricación de papel, en el siguiente flujograma se observa el proceso.

**Figura 3. Proceso de producción de cartón**







**Fuente.** Elaboración propia en base a visitas técnicas a U.I. y revisión bibliográfica.

#### 4.1.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL CARTÓN

Los procesos desarrollados para la fabricación de cartón se describen a continuación:

**Recepción de materia prima:** Este proceso inicia con la recepción de bobinas de papel Kraft, tarea delicada debido a su tamaño y peso por lo que se suelen utilizar equipos especiales como grúas y carretillas elevadoras para moverlas de manera segura; en este proceso es necesario asegurar que las bobinas de mantengan secas y a salvo de daños durante el transporte y almacenamiento.

**Almacenamiento:** Se refiere al acopio de material que ingresa al proceso de fabricación de papel.

**Corrugado:** Los pliegos de papel pasan por una máquina formada por rodillos que tienen la función de calentar el papel y formar el corrugado, que son las ondas que se ven en la caja. La resistencia que se quiera dar al cartón depende de la cantidad y el grosor de las ondas.



Recepción de materia prima

La temperatura de corrugado puede estar entre los 20 y 30°C para asegurar que el adhesivo se cure correctamente y que las fibras se comporten de manera uniforme.

El control sobre la humedad de ambiente entre 50 y 60% ayuda a prevenir problemas de adherencia y asegura que el cartón mantenga su integridad estructural.

La velocidad a la que se programe el equipo estará en función de la máquina y grosor de cartón, sin embargo, esta generalmente se encuentra entre los 20 y 40 metros por minuto; la velocidad constante y adecuada permite asegurar u corrugado uniforme.

La presión que se ejerza en el proceso dependerá del tipo de cartón, sin embargo, este generalmente se encuentra entre los 100 y 200 bar, esta presión es esencial para formar la flauta del cartón de manera efectiva.



Encolado de cartón

**Encolado:** Este proceso hace uso de máquinas compuestas por rodillos, se aplica cola de almidón para unir el papel corrugado entre dos láminas de papel Kraft.

La humedad del papel entre 6 y 8% permite asegurar una buena adherencia, la temperatura del adhesivo es necesario que se encuentre entre los 20 y 30°C para asegurar que se aplique de manera uniforme y efectiva.

La presión de aplicación dependerá del tipo de adhesivo y equipo empleado, sin embargo, esta se encuentra entre los 0.1 y 0.5 bar.

El tiempo de secado dependerá del ambiente y del tipo de adhesivo, este puede ser de 1 a 3 minutos.

**Troquelado:** Una vez se tenga el encolado fijo el cartón pasa por la máquina troqueladora que puede emplear moldes en función a las medidas o requerimiento del cliente para la forma que se quiera dar a la caja, en este proceso también se puede realizar la impresión.



Troquelado de cartón

**Plegado, pegado y grapado:** Según modelo de caja se realiza las especificaciones de embalaje para plegar y pegar la caja en puntos específicos; para las cajas grandes se puede emplear grapas para uniones más estables.

**Control de calidad:** La caja de cartón puede ser sometido a tres diferentes pruebas que corresponden a:

Límite del peso soportado por el grosor: permite conocer el peso máximo de que una caja puede resistir desde su interior.

Prueba de soporte de peso en los bordes de la caja: permite conocer la presión externa que puede soportar una caja en sus puntos de apoyo una vez que se cuenta con el diseño estructural.

Prueba mínima de explosión: permite conocer la cantidad de presión que puede soportar una caja antes de que esta revienta.



Plegado de cartón



Embalaje de cartón

**Embalaje:** Se refiere al empaque del producto que puede ser realizado con papel y nylon para protegerlo y aislarlo de la humedad del ambiente. En esta etapa también se realiza la codificación del producto.

El movimiento y corte de material de embalaje genera residuos sólidos y ruido, encontrándose los trabajadores expuestos a este y a riesgo de corte.

**Almacenado para distribución:** Se refiere al almacenado en condiciones que eviten pérdidas por diferentes factores.

La maquinaria empleada para el movimiento de material hace uso de combustibles fósiles y contribuye en la generación de GEI, puede generarse residuos de madera por los palets donde se acomoda el material o residuos metálicos por la estantería, los operadores se encuentran expuestos a choques caída de objetos en manipulación o desplome.



Almacen de cartón

## 4.2 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Los indicadores propuestos se estructuran como un sistema relacionado a las etapas del proceso para la obtención del papel y sus productos, a través de información base que permite dar seguimiento para alcanzar una producción más sostenible.

### 4.2.1 CONSUMO DE RECURSOS

La utilización de fibra secundaria minimiza la extracción de materiales de la naturaleza y con ello disminuye sus impactos ambientales negativos lo que impulsa la Economía Circular, al igual que el uso de materiales que no involucren algún tipo de peligro.

La Producción Más Limpia se caracteriza por el menor uso de materias primas sobre todo de aquellos que representan algún peligro, un mayor reciclaje dentro y fuera de la U.I.



#### 4.2.1.1 RECURSO AGUA

Al ser este un recurso vital para los seres vivos, un consumo innecesario o ineficiente conlleva a que la misma pueda ser contaminada y no pueda ser usada en otros propósitos.

El disminuir el uso del agua es un reto que puede lograrse a través de la reutilización, optimización de procesos y sustitución de fuentes de suministro.

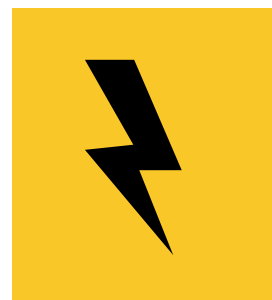


Nº	Indicador	Descripción
1	<b>Cantidad de uso de agua</b>	Cantidad de uso de agua empleada en relación a producción total.
2	<b>Proporción de agua utilizada recirculada</b>	Cantidad de agua utilizada recirculada en relación a la producción total.
3	<b>Procesos unitarios que emplean agua pluvial</b>	Cantidad de procesos unitarios que emplean agua pluvial en relación al total del proceso productivo.
4	<b>Proporción de aguas pluviales utilizadas</b>	Cantidad de agua pluvial en relación a la cantidad total de agua empleada en la producción.
5	<b>Proporción de agua tratada</b>	Cantidad de agua tratada en relación a la cantidad total de agua empleada en la producción.

La industria del papel consume grandes cantidades de agua para la producción, lo que hace necesario evitar la generación de aguas residuales que se caracterizan por tener un alto contenido orgánico y de sólidos siendo necesario aplicar tratamiento físico químico y biológico para su descarga, generando costos operativos elevados.

### 4.2.1.2 ENERGÍA

La energía térmica y eléctrica es fundamental para el desarrollo del proceso productivo, esto significa consumo permanente para la operación de la línea de producción, su consumo procede de combustibles fósiles que contribuyen al calentamiento global y da lugar a elevadas concentraciones de contaminantes atmosféricos; las energías renovables no agotan los recursos disponibles.



La Producción Más Limpia impulsa la reducción del consumo total de energía y sustitución de fuentes de energía renovables, lo que conlleva a disminuir los costos operativos.

N°	Indicador	Descripción
1	<b>Cantidad de energía</b>	Cantidad de energía empleada en relación al volumen de producción.
2	<b>Proporción de energía consumida procedente de energías renovables</b>	Cantidad empleada de energía renovable en relación al volumen de producción.

## 4.2.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS

### 4.2.2.1 RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos que se generan en la industria del papel dependen de los procesos que se desarrollan, los más comunes son: residuos de tinta y aditivos que puede ser de 0.03 toneladas por tonelada de papel producido, además de grapas o material de recubrimiento, sin embargo, esto depende de la calidad del papel seleccionado para ingresar a la industria.



Otros residuos que pueden ser incorporados nuevamente al proceso de producción son residuos de pulpa, generándose alrededor de 0.1 toneladas por tonelada de papel producido; residuos de blanqueo que es de aproximadamente 0.05 toneladas por tonelada de papel producido y agua residual que puede ser 4.3 a 9.3 toneladas por tonelada de papel producido.

La Producción Más Limpia impulsa a una gestión integral del residuo para evitar los impactos negativos sobre el medio ambiente.



Pulpa de papel

#### **4.2.3 AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales presentan características físico químicas variadas que requieren tratamiento adecuado al tipo de efluente para ser vertidas; el tratamiento de aguas residuales involucra el consumo de energía y reactivos químicos.

Las aguas residuales cuentan con alta carga orgánica las concentraciones pueden ser muy variadas, los parámetros de control según normativa boliviana son: pH, sólidos totales, sólidos suspendidos totales,  $\text{DBO}_5$ , DQO, aceites y grasas, mercurio, nitrógeno total y sulfuros.

La Producción Más Limpia se caracteriza porque el proceso productivo genere la menor cantidad de aguas residuales.

#### **4.2.4 EMISIONES ATMOSFÉRICAS**

El desarrollo del proceso productivo conlleva la emisión de gases y partículas a la atmósfera debido a la quema de combustible y de otros procesos que tienen efecto sobre el entorno.

Los parámetros de control sobre las emisiones atmosféricas en este rubro son: Partículas suspendidas totales, óxidos de azufre (SOx) y óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO), la contracción de las emisiones depende de la tecnología y mantenimiento de los quemadores para la generación de vapor.

La Producción Más Limpia se caracteriza por una menor generación de emisiones y medidas implementadas para evitar emisiones contaminantes.

#### **4.3 RESUMEN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

Se realiza un análisis de identificación de posibles problemas ambientales relacionados con los procesos del rubro, estableciendo tres rangos para la evaluación:

Alto

Medio

Bajo

**Tabla I. Problemas ambientales derivados de la producción de papel**

Proceso	Factor			
	Aire		Agua	Suelo
	Factor de dispersión (PST, PM10, PM 2,5)	Generación de gases (sox, Nox, CO, entre otros)	Consumo de agua	Residuos sólidos
<b>Recepción de materia prima</b>				
<b>Pulpeado</b>				
<b>Tanque de almacenamiento</b>				
<b>Refinadores o desteñido</b>				
<b>Mesa de formación</b>				
<b>Prensado y secado</b>				
<b>Bobinado de papel</b>				
<b>Corte de papel en diferentes formatos</b>				
<b>Embalaje</b>				
<b>Almacenado para distribución</b>				

**La recepción de materia prima:** tiene efecto sobre el factor aire, los equipos empleados para la recepción de materia prima y acomodación de la misma hace uso de combustibles fósiles, lo que contribuye en la generación de GEI, así como la generación de material particulado; el mismo proceso genera ruido debido al movimiento de materiales exponiéndose el personal a choques, manejo de carga pesada, caída de objetos, caídas del personal a distinto o al mismo nivel, además de la exposición a material particulado.

**En el proceso de pulpeado:** existe la probabilidad de generación de residuos no peligrosos y peligrosos que dependen de los reactivos químicos empleados; la generación de ruido se debe al funcionamiento del pulper, el personal operativo se encuentra expuesto al ruido generado por la operación de los equipos y caída en diferente nivel.

**El tanque de almacenamiento:** de pasta realiza agitación para mantener la pulpa homogenizada y energía para la transferencia de la pasta de un punto a otro se genera ruido y el personal puede verse expuesto a este y a sustancias químicas.

**El proceso desarrollado por los refinadores o desteñido:** permite la separación de impurezas de la pasta, generando residuos no peligrosos, mientras no se adicionen reactivos químicos que involucren un nivel de peligrosidad, la operación de este proceso requiere el uso de energía eléctrica para el funcionamiento de las bombas, lo que genera ruido; el personal puede encontrarse expuesto a este y a sustancias químicas como el peróxido de hidrógeno y dióxido de cloro empleado en el blanqueamiento del papel.

**En la mesa de formación:** el proceso de deshidratación genera descarga con alta concentración orgánica, el agua empleada para la generación de vapor requiere la incorporación de ablandadores; el caldero empleado para la generación de vapor funciona con combustibles fósiles y genera GEI, requiriendo energía eléctrica y térmica en el proceso que genera ruido por la operación de equipos y maquinaria; el personal se expone a ruido, temperaturas altas y riesgo de explosión.



GEI: Gases de efecto invernadero

**El prensado y secado:** cuenta con descargas con contenido orgánico, el uso de agua, con ablandadores aún es necesario para la operación que requiere el caldero que funciona con combustibles fósiles y genera GEI, este proceso requiere energía eléctrica y térmica, genera ruido y expone al personal a riesgo de atrapamiento, exposición a altas temperaturas y ruido.

**El bobinado de papel:** puede generar residuos ya sea por control de calidad o fallas mecánicas, requiere el uso de energía eléctrica y expone al personal al ruido y riesgo de atrapamiento.

**El proceso de rebobinado de papel:** genera material particulado al igual que ruido por el funcionamiento de los elementos de corte (cuchillas), la operación del equipo requiere el uso de energía eléctrica y el personal se encuentra expuesto a ruido, riesgo de cortes y en menor medida la inhalación de material particulado.



Residuo de material de embalaje

**El corte del papel en diferentes formatos :**puede generar pequeñas partículas, la operación de los equipos requieren energía eléctrica y generan ruido en menor medida, en este proceso se pueden generar residuos no peligrosos por el corte del material, los operadores se encuentran expuestos a ruido y generación de partículas.

**El proceso de embalaje:** involucra el movimiento y corte de material de embalaje genera ruido y residuos sólidos, quedando residuos del material de embalaje, asimismo este proceso requiere operadores se encuentran expuestos al ruido.

El almacenado para distribución emplea maquinaria para el almacenamiento del producto, hace uso de combustibles fósiles y contribuye en la generación de GEI, puede generarse residuos de madera por los palets donde se acomoda el material o residuos metálicos por la estantería, los operadores se encuentran expuestos a choques caída de objetos en manipulación o desplome.

**Tabla 2. Problemas ambientales derivados de la producción de cartón**

Proceso	Factor			
	Aire		Agua	Suelo
	Factor de dispersión (PST, PM10, PM 2,5)	Generación de gases (sox, Nox, CO, entre otros)	Consumo de agua	Residuos sólidos
Recepción de materia prima				
Almacenamiento				
Corrugado				
Encalado				
Troquelado				
Plegado, pegado y grapado				
Control de calidad				
Embalaje				
Almacenamiento para distribución				





# **PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**



## 4.4 PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Los problemas ambientales que surgen del proceso de fabricación de papel pueden ser resueltos o mitigados con la implementación de medidas de Producción Más Limpia y aplicar los fundamentos de la Economía Circular; las medidas propuestas surgen de las posibles deficiencias que pueden presentarse durante la operación, su aplicación debe ser realizada según evaluación del estado del proceso y las capacidades de la U.I.

Para implementar PML de manera sistemática es necesario establecer una metodología que permita asumir medidas acertadas, para esto se abordan las tres fases productivas “ingreso-entrada-salida” para guiar el análisis.

Medida	Meta	Descripción
En la etapa de Ingreso al proceso		
<b>Sustitución de insumos peligrosos con baja degradabilidad.</b>	<b>Reducir</b> la peligrosidad de los insumos empleados en la fabricación del producto y de los residuos sólidos y líquidos derivados del proceso.	Identificar insumos peligrosos, contaminantes, persistentes en el medio y sustituirlos por insumos y materiales ecológicos y biodegradables que permitan alcanzar el mismo rendimiento o mejorarlo.
<b>Optimización del control de procesos</b>	<b>Reducir</b> los diferentes contaminantes y mantener bajas emisiones a través de un proceso mejorado.	Ajustar el consumo de materiales e insumos en base al balance de masas evitando excedentes que deriven en residuo sólidos, líquidos o gaseoso.
<b>Sustitución de combustibles fósiles</b>	<b>Reducir</b> el uso de combustibles fósiles que generan gases de combustión y aportan al cambio climático.	Reemplazar los combustibles fósiles por biocombustibles o fuentes alternativas de energía como solar, eólica, biogás.

Medida	Meta	Descripción
Durante la etapa del proceso		
Prevención en la generación de residuos	<b>Evitar</b> el consumo excesivo de materia prima, insumos, combustibles, energía, agua y otros.	Identificar y aprovechar mermas, fugas, rebalses, derrames para evitar pérdidas
Uniformizar la potencia instalada.	<b>Reducir</b> el consumo de energía en la operación de los diferentes equipos y máquinas.	Medir el proceso y adecuarlo a la potencia instalada más baja para evitar esfuerzos desproporcionados, operar por debajo de la máxima capacidad conlleva procesos ineficientes en el uso de recursos y tiempo.
Uso eficiente de equipos y maquinarias	<b>Reducir</b> el consumo de energía por prácticas inadecuadas de uso de equipos y maquinarias.	Establecer la cantidad de energía requerida para cumplir con el proceso productivo, evitando el mayor uso de energía que no se usa en el proceso.
Sustitución de equipos y maquinaria más eficiente.	<b>Mejorar</b> la producción a la vez que se reduce el consumo de energía en el proceso productivo.	Evaluar las alternativas tecnológicas existentes en el mercado
Calibración de equipos de combustión	<b>Reducir</b> el consumo de energía	Evitar la combustión incompleta para disminuir la generación de gases contaminantes.

Medida	Meta	Descripción
En la etapa de salida del proceso		
Optimización del consumo de agua	<b>Reducir</b> el agua de consumo	Evaluar los balances hídricos para identificar la cantidad total de agua consumida en el proceso.
Servicio de reciclaje	<b>Reducir</b> la cantidad de residuos que ingresan a los rellenos sanitarios o botaderos aprovechándolos en nuevos procesos productivos.	Separar los residuos en origen e incorporarlos a cadenas de reciclaje para la prolongación del tiempo de vida útil de la materia.
Separación en origen para impulsar su aprovechamiento.	<b>Evitar</b> la pérdida de residuos que son adecuados para ingresar a otras cadenas productivas.	Asegurar que el residuo separado se encuentre en condiciones adecuadas para ingresar a otras cadenas de valor.
Incorporación del ecodiseño en la producción.	<b>Establecer</b> ecodiseño en los productos.	Poner productos en el mercado más durables, que puedan ser reutilizados y reciclados.
Recirculación del agua	<b>Disminuir</b> el consumo de agua a través de su reutilización	Recuperar el agua resultante de los procesos para reincorporarlos

La Producción Más Limpia impulsa procesos de mejora continua a través de la eficiencia productiva con menor generación de contaminación.

#### 4.4.1 MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA RELATIVAS AL FACTOR AGUA

Sustitución de productos químicos		
<b>Medida de PML.</b> Durante la etapa del proceso de producción se debe realizar la sustitución de químicos persistentes y otros que puedan ser degradados con mayor facilidad.		
Propuesta de implementación	Beneficio	Ejemplo
» <b>Mantener</b> un registro de los insumos químicos utilizados en los procesos.  » <b>Emplear</b> productos biodegradables para la remoción de tinta  » <b>Establecer</b> área de almacenamiento adecuado al tipo de insumo.	» Permite disminuir la carga química sobre el efluente.  » Favorece el tratamiento de agua.	<b>Ej. Proceso de blanqueo en pulpa</b> Emplear métodos de blanqueo que no requieran productos clorados, como los blanqueadores con base en oxígeno, el peróxido de hidrógeno, ozono y oxígeno gaseoso.
Control sobre el uso y consumo de agua		
<b>Medida de PML.</b> Durante la etapa del proceso de producción se debe realizar un control periódico al sistema de abastecimiento recirculación del agua.		
Propuesta de implementación	Beneficio	Ejemplo
» <b>Establecer</b> el balance de consumo de agua por procesos. » <b>Instalar</b> contadores de agua en las principales áreas de consumo. » <b>Monitorear y controlar</b> la lectura de los contadores.	» Reduce el consumo de agua  » Disminuye el vertido de aguas residuales.	<b>Ej. Instalación de medidores de caudal</b> Establecer dispositivos para la medición del caudal, mantener un registro de datos en tiempo real.

## Aprovechamiento de agua en el proceso productivo

### Medida de PML.

Durante la etapa del proceso de producción implementar la recirculación del agua consumida en el proceso de la Unidad Industrial.

Propuesta de implementación	Beneficio	Ejemplo
<ul style="list-style-type: none"> <li>» <b>Implementar</b> sistemas de recirculación del agua para reducir el consumo total del agua.</li> <li>» <b>Evaluar</b> la cantidad y calidad del agua pluvial para aprovechamiento en el proceso productivo.</li> <li>» <b>Realizar inspecciones</b> programadas para verificar el estado de las tuberías y sistemas de almacenamiento, mantener un registro de lo observado.</li> <li>» <b>Determinar y registrar</b> el consumo de agua por tipo de proceso.</li> <li>» <b>Mantener un registro</b> de la cantidad y calidad de los efluentes generados por punto para identificar su reaprovechamiento en los procesos.</li> <li>» <b>Análisis</b> de problemas relacionados a las descargas y tratamiento de efluentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Uso eco eficiente del recurso</li> <li>» Evita la liberación de contaminantes que afectan al medio ambiente</li> <li>» Minimiza gastos por uso y consumo del agua, conserva las condiciones de vida la población y evita riesgos en la salud de las diferentes formas de vida.</li> </ul>	<p><b>Ej. Recirculación del agua recuperada de la mesa de formación.</b></p> <p>Durante la deshidratación de la pasta en la mesa de formación se debe establecer un sistema de recuperación y recirculación del agua para su reinserción en el proceso de pulpeado que demanda mayor cantidad de agua.</p>

## Uso de agua en procesos de limpieza

### Medida de PML.

Durante la etapa del proceso de producción se debe realizar la prevención en el uso de agua en procesos de limpieza

Propuesta de implementación	Beneficio	Ejemplo
<p>» <b>Realizar</b> la limpieza en seco con mayor frecuencia, retirando sólidos para disminuir el uso de agua y arrastre de los mismos, además del uso de detergentes.</p> <p><b>Sustituir</b> los productos químicos peligrosos por alternativas más seguras y menos contaminantes como aquellos que son libres de ácido ftálico, plomo, antimonio y bario, en general libres de componentes tóxicos.</p> <p>» Con <b>ingredientes activos biodegradables</b> que hagan que se descomponga de forma rápida y natural en el medio ambiente.</p> <p>» Reciclables.</p> <p>» Que <b>no</b> hayan sido <b>testeados</b> en animales.</p> <p>» <b>Determinar</b> la cantidad y calidad del agua requerida en cada uno de los procesos</p> <p>» <b>Capacitar</b> al personal para el manejo eficiente del agua.</p> <p>» Programar la <b>producción de la U.I.</b>, donde se inicie con los procesos más limpios y finalice en aquellos que generan más residuos.</p> <p>» <b>Implementar</b> protocolos de limpieza en escala donde se inicie con una limpieza en seco para evitar el mayor uso de agua.</p> <p>» <b>Programar</b> auditorías de uso de agua para promover la mejora continua en el uso eficiente del recurso.</p>	<p>» Impulsa la conservación del recurso</p> <p>» Disminuye la cantidad de agua con agentes químicos y optimiza el uso del recurso</p> <p>» Minimiza gastos por uso y consumo de agua e insumos químicos.</p>	<p><b>Ej. Programar la producción de la Unidad Industrial.</b></p> <p>La producción debe iniciar con los procesos que requieren espacios más limpios e inocuos y continuar por aquellos que tienen menor demanda de espacios limpios para evitar parar la producción por limpieza y hacer uso de agua y otros insumos.</p>

## 4.4.2 MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA RELATIVAS AL FACTOR AIRE


Emisiones a la atmósfera		
<b>Medida de PML.</b> Durante la etapa del proceso de producción se debe realizar el control de las emisiones atmosféricas.		
Propuesta de implementación	Beneficio	Ejemplo
<ul style="list-style-type: none"> <li>» <b>Identificar</b> las fuentes de emisión de gases y determinar el volumen de los mismos.</li> <li>» <b>Establecer</b> el mantenimiento preventivo de máquinas y equipos y el registro para su evaluación en el tiempo.</li> <li>» <b>Establecer</b> como mínimo el monitoreo semestral, de emisión, a los equipos de combustión.</li> <li>» <b>Mantener</b> un registro de los resultados obtenidos en los monitoreos y analizar su comportamiento en el tiempo.</li> <li>» <b>Obtener</b> el certificado ambiental de niveles de emisión de gases de escape vehicular aprobado</li> <li>» <b>Adquirir</b> el certificado de Sustancia Agotadora de Ozono (SAO).</li> <li>» <b>Mantener</b> un registro, individualizado por equipo</li> <li>» <b>Evaluar</b> los resultados en el tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Reducir la contaminación del aire por contaminantes como GEI, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, material particulado en suspensión.</li> <li>» Disminuir la probabilidad de riesgo a la exposición de los operadores a elementos o compuestos contaminantes</li> <li>» Mitiga los efectos del cambio climático a través de la reducción de gases de efecto invernadero y contribuye a la protección de los ecosistemas.</li> </ul>	<p><b>Ej. Realizar un control periódico para garantizar que no existan emisiones fugitivas.</b></p> <p>Capacitar al personal operativo de la planta para la identificación de fugas fugitivas y establecer el protocolo de acción ante la identificación de una.</p>



## Uso de energía

### Medida de PML.


Durante la etapa del proceso de producción se debe realizar el uso de energía limpia y renovable

Acciones de implementación	Beneficio	Ejemplo
<ul style="list-style-type: none"> <li>» <b>Adecuar</b> la infraestructura para el aprovechamiento de la luz natural.</li> <li>» <b>Elegir</b> equipos con mayor eficiencia energética.</li> <li>» <b>Estratificar</b> los equipos por consumo de energía.</li> <li>» <b>Implementar</b> temporizadores a los equipos para optimizar el uso de energía.</li> <li>» <b>Impulsar</b> la integración de tecnologías limpias y sostenibles.</li> <li>» <b>Implementar</b> programas de inspección o verificación de equipos .</li> <li>» <b>Realizar</b> el mantenimiento preventivo de los equipos.</li> <li>» <b>Capacitar</b> continuamente a los operadores de equipos para que conozcan y apliquen buenas prácticas.</li> </ul>	<p>Permite disminuir las emisiones a la atmósfera de GEI y otros contaminantes Impulsa el desarrollo de tecnologías sostenibles.</p> <p>Desarrolla procesos más controlados y eficientes que promueven una mejor calidad del producto.</p> <p>Reduce costos operativos a mediano plazo debido al ahorro en energía y materias primas</p>	<p><b>Ej. Implementar un sistema automático de control de luces para encendido y apagado de luces led.</b></p> <p>Se implementa un sistema de sensores de movimiento para el encendido y apagado de luces en pasillo, oficinas.</p> <p>Se implementa un sistema de encendido y apagado controlado por temporizadores para luces en sectores específicos de operación.</p> 

**Control sobre el uso de energía**

**Medida de PML.**

Durante la etapa del proceso de producción se debe realizar el control sobre el uso de energía

Acciones de implementación	Beneficio	Ejemplo
<ul style="list-style-type: none"><li>» Establecer una base de datos del registro de consumo de energía por equipo.</li><li>» Estratificar los equipos por consumo de energía.</li><li>» Instalar dispositivos para la medición de la energía por maquina o equipo.</li><li>» Establecer indicadores de consumo energético.</li><li>» Desarrollar de manera sistemática un balance energético, asumiendo la información de la base de datos.</li><li>» Evaluar la información generada para establecer oportunidades de eficiencia.</li><li>» Implementar programas de inspección o verificación de equipos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>» Reduce costos operativos.</li><li>» Mejora la eficiencia energética de los procesos.</li></ul>	<p><b>Ej. Realizar un balance energético por proceso.</b></p> <p>Establecer una base de datos robusta para evaluar el consumo energético en base al volumen de producción.</p> 

#### 4.4.3 MEDIDAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA RELATIVAS AL FACTOR SUELO

Prevenir la generación de residuos		
<b>Medida de PML.</b> Durante la etapa del proceso de producción se debe prevenir la generación de los residuos.		
Propuesta de implementación	Beneficio	Ejemplo
» <b>Diseñar procesos</b> de producción con un enfoque de desmaterialización y ecoeficiencia para minimizar la generación de los residuos.  » <b>Implementar</b> los principios técnicos del ecodiseño en la mejora de los procesos productivos.  » <b>Evitar</b> el uso de materiales de un solo uso o consumo.  » <b>Reutilizar</b> los materiales para prologar el tiempo de vida útil.	» Mejora la eficiencia operativa con la optimización de uso de los recursos.  » Promueve la conservación de los recursos.  » Reduce costos de adquisición de nuevos productos.  » Reduce costos de disposición final de residuo.	<b>Ej. Características técnicas del producto.</b>  La unidad industrial debe establecer las características técnicas del producto para que pueda ser empleado de manera eficiente evitando la generación de residuos en periodos cortos de tiempo.

## Reciclaje de los residuos generados en la Unidad Industrial

### Medida de PML.

Durante la etapa del proceso de producción se debe realizar el reciclaje de los residuos que cuentan con cadenas de reciclaje.

Propuesta de implementación	Beneficio	Ejemplo
<ul style="list-style-type: none"> <li>» Determinar los tipos de residuos que se genera en cada una de las áreas de la Unidad Industrial.</li> <li>» Establecer la clasificación de los residuos en origen en cada una de las áreas.</li> <li>» Mantener un registro por área del tipo de residuo generado.</li> <li>» Establecer condiciones técnicas de recolección y transporte para mantener el residuo en las mejores condiciones.</li> <li>» Identificar operadores autorizados para la gestión de los residuos.</li> <li>» Mantener un registro de los residuos entregados a operadores autorizados para su gestión.</li> <li>» Evaluar la cantidad y calidad de los residuos generados para disminuir el volumen de disposición final.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Evita la contaminación del suelo, agua y aire por inadecuado manejo de residuos.</li> <li>» Reduce la necesidad de extraer y procesar materias primas conservando los recursos naturales.</li> <li>» Fomenta el desarrollo tecnológico para el tratamiento y reciclaje de residuos generados en la U.I.</li> <li>» Reduce costos por disposición final de residuos.</li> <li>» Promueve el intercambio de servicios con otras industrias.</li> </ul>	<p><b>Ej. Establecer la separación en origen.</b></p> <p>Establecer la separación en origen por las características de los residuos de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* <b>Residuos no peligrosos</b>, como restos orgánicos y plásticos reciclables.</li> <li>* <b>Residuos especiales</b>, como lodos, chatarra y llantas.</li> <li>* <b>Residuos peligrosos</b>, como aceite mineral sucio y envases, diésel y envases, diferentes materiales contaminados con hidrocarburos, filtros de aceite y reactivos químicos.</li> </ul>

# 05

## Anexos



<b>5.1 Conceptos y Definiciones.....</b>	<b>73</b>
<b>5.2 Glosario de Siglas.....</b>	<b>78</b>





## 5.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES

### B

**Bobinado.** Proceso de enrollar el papel en grandes bobinas después de que ha sido secado y tratado, permite que el papel sea almacenado y transportado de manera eficiente además de su aplicación en diversas aplicaciones industriales.

### C

**Ciclo de vida.** Son todas aquellas etapas del desarrollo de un producto, desde la adquisición de materia prima e insumos, fabricación, embalaje, distribución, comercialización y uso, hasta su aprovechamiento o eliminación del producto una vez convertido en residuo.

**Consumo.** Es el recurso que ingresa la unidad industrial para la producción de productos debido a que se encuentra incorporado al mismo o fue consumido en este proceso.

**Consumo eficiente del agua.** Aprovechamiento del recurso agua de manera óptima, con el objeto de no comprometer y tampoco

poner en riesgo su disponibilidad futura, alcanzado mediante la caracterización de la demanda del agua por parte de los diferentes usuarios y el análisis de los hábitos de consumo para emprender acciones dirigidas hacia cambios que optimicen su uso.

**Contaminación Ambiental.** Es un cambio desfavorable en las características físicas, químicas y biológicas del aire, agua o de la tierra, que es o podría ser perjudicial para la vida humana, para aquellas especies deseables, para los procesos industriales, para las condiciones de vivienda o para los recursos culturales o que desperdicie o deteriore recursos que son utilizados como materias primas.

### D

**Desmaterialización.** Reducción del uso de materiales y energía en los procesos de producción, sin comprometer la calidad del producto final. Esto se logra a través de un diseño más eficiente de los productos (ecodiseño), mejorando la eficiencia de los procesos y disminuyendo la cantidad de residuos generados.

**Desecho.** Emisiones y desechos líquidos y sólidos, que provienen de los recursos naturales (agua, aire y tierra), el ruido o calor residual, son materia primas y materiales del proceso que no se han transformado en productos comerciales o en materias primas para ser usados como insumo en otro proceso de producción.

**Destintado.** Proceso de remoción de contaminantes, de la fibra de celulosa reutilizable, como grapas, papel con grasa, por señalar algunos.

## E

**Ecodiseño.** Diseño de productos teniendo en cuenta su impacto ambiental, con énfasis en la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad.

**Ecoeficiencia.** Estrategia de gestión que permite el menor uso de recursos naturales y energía propiciando menos impactos negativos al medio ambiente y más impactos positivos a nivel social, sin afectar la calidad de los productos ofertados.

**Economía circular.** Modelo que busca

mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible, a través de la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales.

**Eficiencia energética.** Habilidad de lograr objetivos empleando la menor cantidad de energía y conservando la calidad del producto. En este sentido, un aparato, proceso o instalación es energéticamente eficiente cuando consume una cantidad inferior a la media de energía para realizar una actividad.

**Efluente.** Descargas residuales derivadas de los procesos industriales y vertidos originados por distintos usos del agua industrial, como ser los provenientes de las purgas de circuitos cerrados o semicerrados de la refrigeración, de producción de vapor, de recirculación de aguas de proceso, aguas de condensados, de limpieza de equipos y utensilios, etc.; evacuados a cualquier destino fuera de la industria.

**Energía limpia.** Fuentes de energía que, durante su proceso de generación, no producen contaminantes o emiten muy pocos gases de efecto invernadero en comparación con los combustibles fósiles. Pueden ser renovables o no. Ejemplos incluyen la energía eólica, solar y la energía nuclear

**Energía renovable.** Son aquellas fuentes de energía que se obtienen de recursos naturales que se regeneran de manera continua y sostenible. Ejemplos incluyen la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y biomasa.

**Emisiones a la atmósfera.** Se entiende por emisión la descarga a la atmósfera continua o discontinua de materias, sustancias o formas de energía procedentes, directa o indirectamente, de cualquier fuente susceptible de producir contaminación atmosférica. Las emisiones a la atmósfera se asocian normalmente con procesos como la combustión, el almacenamiento de materiales y otros procesos específicos de la industria y pueden proceder de fuentes fijas, fugitivas y móviles.

## F

**Fibra secundaria.** Fibras que han sido empleadas en otros productos, luego de cumplir con su vida útil son procesadas nuevamente.

**Fibra virgen.** Fibra de celulosa que se obtiene directamente de la madera

## G

**Gestión operativa.** Conjunto de acciones técnicas orientadas a realizar la gestión adecuada de los residuos que involucra la separación, almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final.

## I

**Impacto ambiental.** Efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente, en sus diferentes factores (agua, aire, suelo, ecología).

**Integración de tecnología limpia.** Promueve la adopción de tecnologías que mejoren la eficiencia operativa y prácticas que minimizan los impactos ambientales y mejoran la eficiencia operativa.

## M

**Minimización de residuos.** Busca reducir al mínimo la generación de residuos y emisiones a través de la mejora continua de procesos que corresponden a la optimización de procesos y mejora de la eficiencia.

## P

**Papel tipo DKL.** Residuo limpio, producto de la industria de cartón y papel.

**Papel tipo OCC.** Residuo sucio, logrado de la recolección y destrucción de papel y cartón que cumplió al menos con un ciclo.

**Pulpeado.** Separación de las fibras de un material por medio de una acción mecánica.

## R

**Rebobinado.** Proceso de enrollar el papel en rollo más pequeños u manejables después de haber sido cortado y tratado, este proceso facilita el almacenamiento, transporte y uso del papel en otras aplicaciones industriales.

● **Reciclaje.** Proceso cuyo objetivo es convertir desechos en nuevos productos o en materia prima para su posterior utilización.

**Recuperación.** Aprovechar o extraer componentes útiles del residuo.

**Reducción.** Se refiere principalmente a consumir menos lo cual permite generar menos residuos.

**Residuo.** Material en estado sólido, semisólido o líquido generado en procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización control, reparación o tratamiento, cuyo generador o poseedor decide o requiere deshacerse de este, que puede ser susceptible de aprovechamiento o requiere sujetarse a procesos de tratamiento o disposición final.

**Residuos reciclables.** Son todos los residuos, que pueden ser aprovechados como materia prima en procesos de fabricación del mismo producto a partir del cual se generó o de otro producto.

**Reutilización.** Cualquier operación mediante la cual se vuelve a utilizar el residuo en el estado en el que se encuentre, implica alargar la vida útil de un producto. Por ejemplo, reutilizar los envases que contenían materias primas, para almacenar productos similares.

**Ruido.** Se define como todo lo molesto para el oído o más exactamente, como todo sonido no deseado.

## T

**Tecnología limpia.** Enfoca en productos, servicios y procesos que utilizan menos recursos naturales y emiten menos contaminantes que sus alternativas convencionales.

**Tecnología sostenible.** Son aquellas que buscan no comprometer recursos naturales en el futuro, reducir el uso de recursos naturales en todas las etapas, desde la creación a la puesta en marcha y, finalmente, en la utilización o reciclaje

**Tecnología verde.** Se refiere a tecnología y prácticas diseñadas para minimizar el impacto ambiental promueve la sostenibilidad como la energía solar y eólica entre otros.

**Tratamiento de efluentes.** Proceso físico, químico y/o biológico que modifica alguna propiedad física, química y/o biológica del agua residual, con la finalidad de adecuar el efluente para su descarga fuera de la industria.

## U

**Uso.** Cantidad de recurso incorporado por la unidad industrial, es la suma del uso del recurso que entra a la unidad industrial para su uso en diferentes servicios que van más allá de los productivos.

**Uso eficiente de recursos.** optimiza el uso de recursos naturales empleados como materia prima o insumos, como agua y energía; fomenta el reciclaje y la reutilización de materiales favoreciendo la reducción de residuos.

## 5.2 GLOSARIO DE SIGLAS

**AID.** Área de Influencia Directa.

**AII.** Área de influencia indirecta.

**dB.** Decibeles.

**CAEB.** Clasificación de Actividades Económicas de Bolivia.

**CH<sub>4</sub>.** Metano.

**CIO<sub>2</sub>.** Dióxido de cloro.

**CO<sub>2</sub>.** Dióxido de carbono.

**COV.** Compuestos Orgánicos Volátiles.

**FSC.** Certificado Forestal Voluntario.

**DKL.** Double Kraft Liner=Papel Kraft de doble capa.

**DS.** Decreto Supremo.

**EC.** Economía circular.

**GEI.** Gases de efecto invernadero.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.** Peróxido de hidrógeno.

**ISO.** International Organization for Standardization = Organización Internacional de Normalización o Estandarización.

**MDPyEP.** Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural.

**NaOH.** Hidróxido de sodio.

**NA<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.** Sulfato de sodio.

**NB.** Norma Boliviana.

**OCC.** *Old Corrugated Container* = cartón corrugado reciclado.

**PDES.** Plan de Desarrollo Económico y Social.

**PML.** Producción más Limpia.

**PTAR.** Planta de tratamiento de agua residual.

**RASIM.** Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero.

**SO.** Dióxido de azufre.

**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.** Sulfatos.

**SPIE.** Sistema de Planificación Integral del Estado.

**SySO.** Seguridad y salud ocupacional.

**U.I.** Unidad Industrial.



## 06. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Cervera-Ferri, J. L., & Ureña, M. L. (1 de Febrero de 2017).** *Repositorio CEPAL*. Obtenido de <https://www.bing.com/search?q=Productividad+verde+concepto&FORM=bngcht&toVw=w=I&redig=07B6DC33F029444EA24FC9EA04ADF574>

**Dirección de Gestión de residuos sólidos EMACRUZ. (2022).** *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/673773284/LISTADO-DE-OPERADORES-AUTORIZADOS-MUNICIPAL-2022>

**Eco Business Fund Development Facility;** Centro ecuatoriano de Eficiencia de Recursos CEER; asobanca. (agosto de 2021). *www.ecobusiness.fund*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user\\_upload/Sustainability\\_Academy/Recursos/Guia\\_para\\_la\\_fabricacion\\_de\\_papel\\_y\\_carton\\_reciclaje\\_con\\_resumen.pdf](https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia_para_la_fabricacion_de_papel_y_carton_reciclaje_con_resumen.pdf)

**Forest Stewardship Council FSC. (s.f.).** *Certificación Forestal Voluntaria FSC*. Obtenido de <https://bo.fsc.org/bo-es/certificacion-forestal-voluntaria-fsc#:~:text=La%20Certificaci%C3%B3n%20Forestal%20Voluntaria%20FSC,bosque%20hasta%20el%20consumidor%20final>.

**Gastón, A., & Pouilly, M. (2012).** Caudal ecológico: definiciones, metodologías y adaptación a la región andina. *Acta zoológica lilloana* , 15-30.

**Gobierno Autónomo Departamental de La Paz. (23 de mayo de 2023).** *Sistema Departamental de Información Ambiental*. Obtenido de [http://sdia.lapaz.gob.bo/comunicado\\_pdf/COM\\_01\\_2023\\_Operadores%20Autorizados.pdf](http://sdia.lapaz.gob.bo/comunicado_pdf/COM_01_2023_Operadores%20Autorizados.pdf)

**IBNORCA. (21 de febrero de 2010).** NB 61002: Sistema de Producción Más Limpia (PML) - Requisitos. Estado Plurinacional de Bolivia.

**IBNORCA. (Noviembre de 2011).** NB 61004: Sistemas de Producción más limpia (PML) - Guía para la implementación de la NB 61002. Estado plurinacional de Bolivia.

**Ministerio de Medio Ambiente y Agua . (28 de octubre de 2015).** Ley 755 de Gestión Integral de Residuos. Bolivia.

**Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (octubre de 2016).** Reglamento general de la Ley 755 de gestión integral de residuos. Bolivia.

**Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).** (s.f.). *Introducción a la producción más limpia.* Obtenido de [www.unido.org](http://www.unido.org): file:///C:/Users/GODOY/Desktop/Guias%20de%20produccion%20mas%20limpia/PML%20PAPEL/I.%20PML/I-Textbook\_0.pdf

**Sonia Montecinos Geisse, D. C. (2018).** *Energías Renovables: Escenario actual y perspectivas futuras.* Universidad de la Serna.

**United Nations Industrial Development Organization. (2006).** [www.unido.org](http://www.unido.org). Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/I-Textbook\\_0.pdf](https://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/I-Textbook_0.pdf)

**Universidad de Carlemany. (3 de Septiembre de 2024).** *Universidad de Carlemany.* Obtenido de <https://www.universitatcarlemany.com/actualidad/blog/tecnologia-sostenible-que-es-caracteristicas-ejemplos/>



ESTADO PLURINACIONAL DE  
**BOLIVIA**

MINISTERIO DE DESARROLLO  
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



**¡SOMOS EL GOBIERNO DE LA 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](http://www.produccion.gob.bo)