

# GUÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

CON ENFOQUE EN ECONOMÍA CIRCULAR PARA EL RUBRO DE  
IMPRESIÓN Y ACTIVIDADES DE SERVICIO RELACIONADAS



ESTADO PLURINACIONAL DE  
**BOLIVIA**

MINISTERIO DE DESARROLLO  
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



 **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 EL RUBRO DE IMPRESIÓN Y  
ACTIVIDADES DE SERVICIO RELACIONADAS

## 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 el Rubro de Impresión y Actividades de Servicio Relacionadas”, 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 DE UN PROGRAMA  
DE PRODUCCIÓN  
MÁS LIMPIA.....25**

# 04

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

# 05

**GLOSARIO Y SISTEMA DE  
UNIDADES .....83**

# 06

**REFERENCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS .....84**





# 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 el Rubro de Impresión y Actividades de Servicio Relacionadas”; 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

<b>2.1 Producción Más Limpia (PML) .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 Economía Circular .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3 Relación de la Producción Más limpia y la Economía Circular.....</b>	<b>24</b>



## 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.

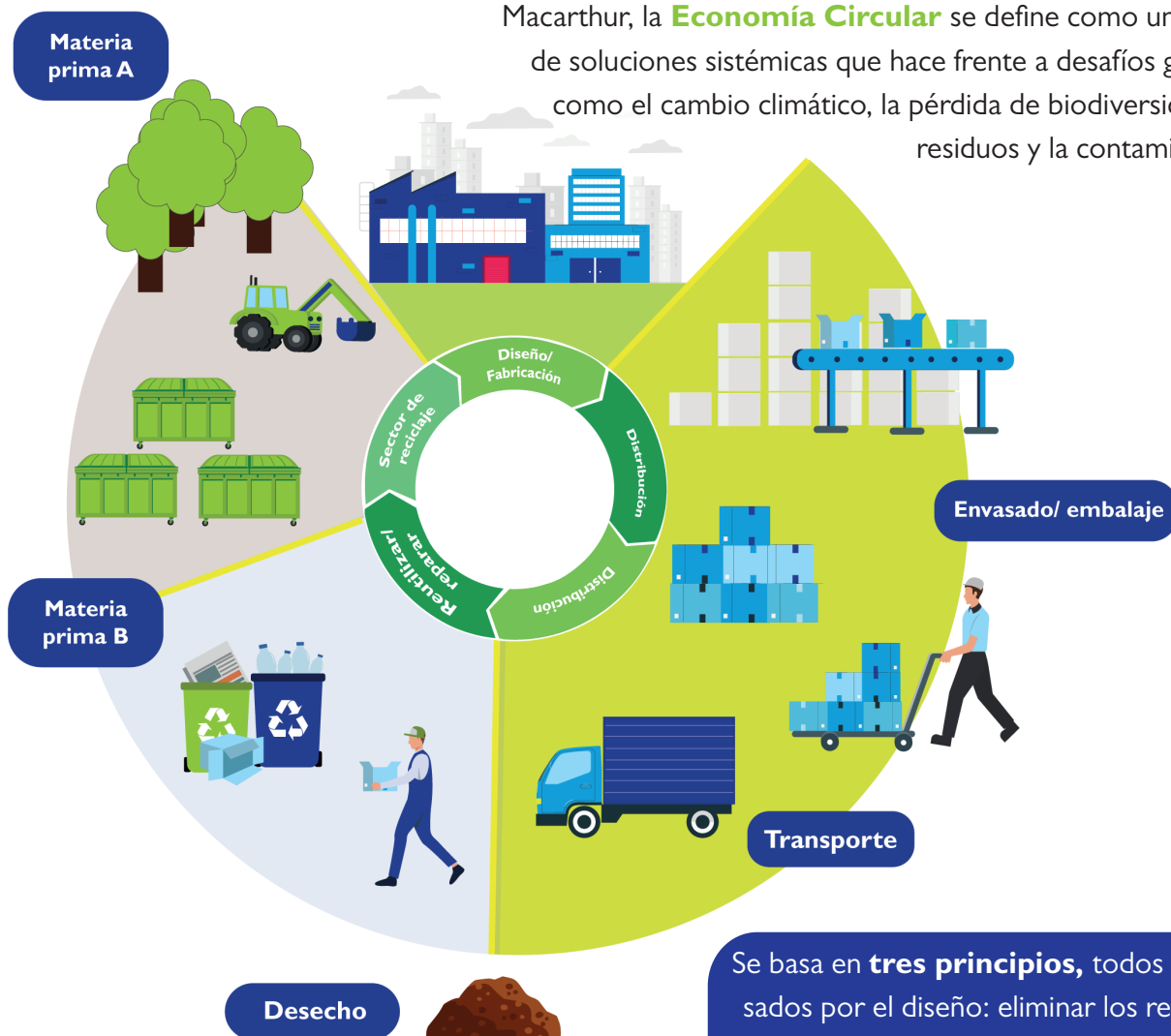
## 2.2 ECONOMÍA CIRCULAR



La **Economía Circular** es el **contraste** al modelo de **economía lineal tradicional**, que esta 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 DE UN PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA



<b>3.1</b>	<b>Métodos Para Evaluar la Eficiencia Productiva.....</b>	<b>28</b>
------------	---	-----------

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. **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 estrategicos con prácticas sostenibles, enfocandose 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 electrica, combustible).**
3. **Identificación de Impactos Ambientales.**



## Implementación de PML

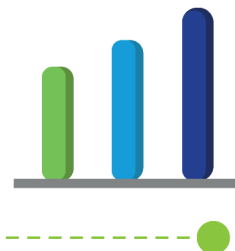
4



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. **Análisis comparativo de la evaluación 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 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> <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</p> <p><math>CT_{(EE)}</math> = Cantidad total de energía eléctrica consumida</p> <p><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</p> <p><math>C_{T(AGUA)}</math> = Cantidad total de Agua</p> <p><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</p> <p><math>C_{T(INSUMOS)}</math> = Cantidad total de Insumos</p> <p><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>	<b>32</b>
<b>4.1.1</b> Descripción del Proceso de Impresión Offset .....	33
<b>4.1.2</b> Descripción del Proceso de Impresión Flexográfica .....	41
<b>4.2 Identificación de Impactos Ambientales .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2.1</b> Consumo de Recursos .....	49
<b>4.2.1.1</b> Uso y Fuentes de Abastecimiento de Agua.....	49
<b>4.2.1.2</b> Uso y Fuentes de Energía .....	50
<b>4.2.2</b> Generación de residuos y Emisiones a la Atmósfera .....	51
<b>4.2.2.1</b> Generación de Residuos Sólidos.....	51
<b>4.2.2.2</b> Generación de Efluentes Líquidos.....	52
<b>4.2.2.3</b> Emisiones Atmosféricas .....	52
<b>4.2.3</b> Resumen de Impactos Ambientales.....	53
<b>4.3 Propuestas de Producción Más Limpia.....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.1</b> Propuestas de Producción Más Limpia Factor Agua .....	61
<b>4.3.2</b> Propuestas de Producción Más Limpia Factor Aire .....	71
<b>4.3.3</b> Propuestas de Producción Más Limpia Factor Ruido.....	72
<b>4.3.4</b> Propuestas de Producción Más Limpia Factor Suelo .....	73
<b>4.3.5</b> Propuestas de Producción Más Limpia Relativas a la Eficiencia Energética .....	76
<b>4.3.6</b> Propuestas de Producción Más Limpia Relativas al uso Eficiente de Materiales y de Insumos .....	78

## 4.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS

En la industria gráfica se utilizan diferentes tecnologías, siendo las más empleadas: la litografía **offset** y la flexografía, ambas consisten básicamente en transferir imágenes y textos, sobre un sustrato, sea material celulósico o polimérico.

Ambas técnicas involucran cinco etapas generales:

- Procesamiento de imagen
- Pruebas
- Procesamiento de placas (algunas industrias no incluyen esta etapa)
- Impresión
- Acabado

**Figura 1. Proceso de impresión**



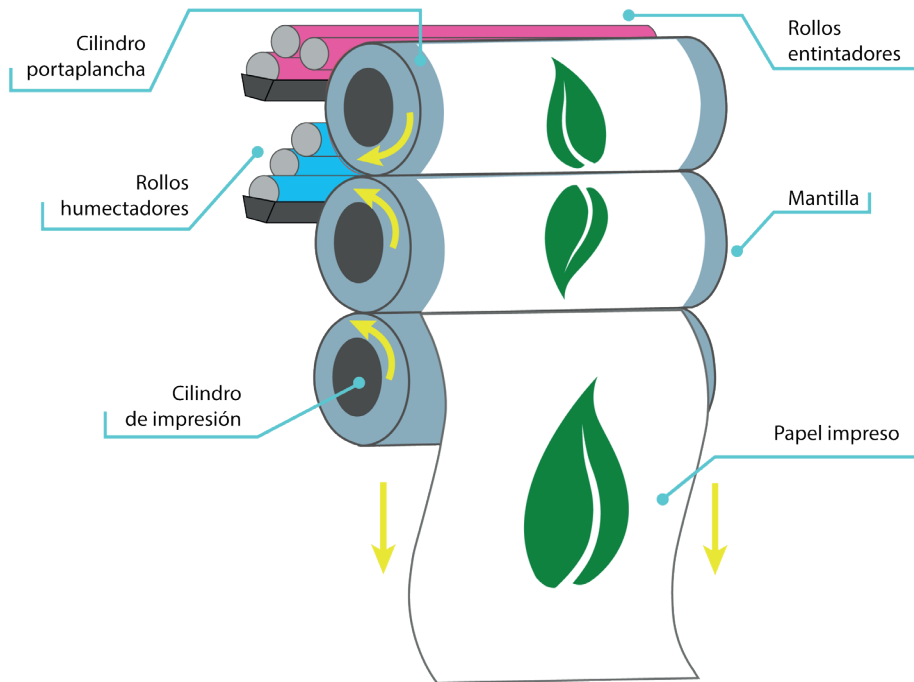
*Fuente: Elaboración propia*

Si bien el proceso general en el rubro es similar, cada técnica de impresión cuenta con procesos específicos y particularidades, en ese sentido, se describen los procesos productivos para la técnica offset y flexografía.

#### 4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPRESIÓN OFFSET

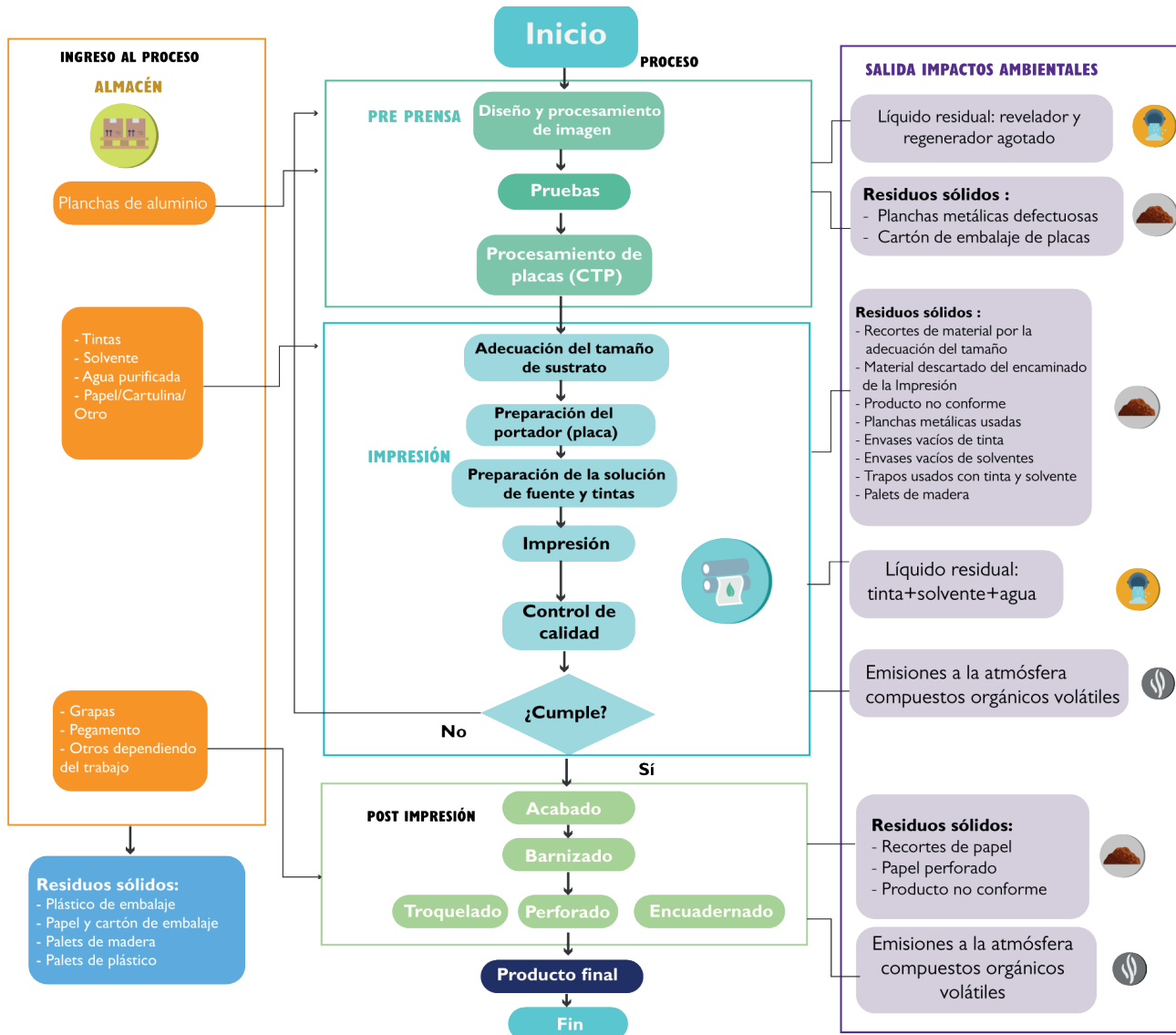
La técnica de litografía denominada impresión *offset*, emplea como sustrato, materiales celulósicos, en este tipo de impresión se genera una plancha metálica con la información de la impresión final, la cual es revelada en una máquina denominada control directo a plancha (CTP).

**Figura 2. Proceso de impresión *offset***



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3. Diagrama de flujo impresión offset**



Fuente: Elaboración propia

## »» ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y PRODUCTO TERMINADO

**Almacenamiento de materiales, insumos y producto terminado:** Es el sitio donde la unidad industrial almacena los materiales adquiridos, cuenta con las condiciones técnicas adecuadas de seguridad resguardo de los materiales e insumos.

El almacén debe contar con espacios delimitados diferenciando los espacios para materiales de los espacios para:

- » Producto terminado
- » Montacargas u otra maquinaria para manipulación de materiales.

**Sistema de gestión de almacenes:** El Sistema de Gestión del Almacén (SGA) es el software o protocolo interno de la empresa que administra los procesos y la actividad diaria de un almacén en cada una de las etapas logísticas llevadas a cabo, desde la recepción de materiales hasta el almacenamiento, la preparación y el envío de pedidos.

El Sistema debe permitir la entrega oportuna de los materiales a cada una de las áreas de producción.



Área de pre prensa

## »»» PRE PRENSA

**Procesamiento de imagen:** En esta etapa el texto, fotografía y arte son ensamblados para producir un trabajo preliminar. Generalmente los insumos son películas y químicos.

**Pruebas:** En esta etapa se verifica que el trabajo se encuentra en condiciones para pasar a la impresión.



Placas de aluminio para impresión offset

**Procesamiento de Placas (CTP):** En esta etapa se prepara el portador de la imagen, que consiste en placas metálicas de aluminio. “Computer To Plate” es una tecnología que mejora el proceso de impresión. En el proceso se emplea líquido revelador y regenerador. Se elaboran planchas monocromáticas, es decir que se deberá crear una plancha por cada color que se vaya a imprimir.

## »»» IMPRESIÓN

**Adecuación del tamaño del sustrato:** Antes de iniciar la impresión, en función a las dimensiones del trabajo a realizar, debe adecuarse el tamaño del material, mediante corte del mismo.

**Preparación del portador:** Una vez contando con todas las planchas requeridas para la impresión del trabajo, se procede al montaje de las planchas en cada uno de los cuerpos impresores de la máquina, la cual estará en contacto con los mojadores y los entintadores, así recibirá todo el agua y la tinta que requiere.



Los rodillos son los que hacen girar todo el mecanismo para que la plancha fije la tinta. Es muy importante que las planchas queden correctamente fijadas a los cilindros para el resultado sea óptimo.

**Preparación de la solución de fuente y tintas:** La solución fuente es una mezcla de agua, alcohol y aditivos que se usa para humedecer las planchas de impresión. Mantiene las planchas limpias y garantiza la transferencia correcta de la tinta. Está compuesta principalmente de agua tratada, un aditivo humectante y alcohol isopropílico. Los aditivos ayudan a controlar el pH, la conductividad y la dureza del agua para lograr un equilibrio que facilite la impresión.

**Impresión:** La etapa de impresión consiste en el traspaso de tinta, desde la placa de impresión hasta el sustrato, que es la superficie de aplicación (papel, cartulina, etc).

El proceso de impresión offset comienza cuando los rodillos mojadores transmiten una base acuosa de una cubeta a la plancha. Solo las zonas de metal se mojan, ya que la plancha está cubierta de polímeros

que repelen el agua y solo admiten tinta. Existen rodillos mojadores que proveen agua al proceso y rodillos entintadores.



Equipo de impresión offset

**Los rodillos entintadores** son los que transmiten la tinta de la cubeta a la plancha, la tinta se fija en aquellas zonas en las que existan polímeros. Las partes de la plancha con metal a la vista van a repeler la tinta, debido a que han sido humedecidas anteriormente.

Este cilindro entintado no entra en contacto con el papel, sino que llega a un segundo cilindro llamado cilindro offset, cubierto con una mantilla. Este segundo cilindro se fabrica con caucho elástico. De esta manera, la impresión que teníamos en el primer cilindro pasa al cilindro offset.



Entintado de rollos

**En el último paso del cilindro offset** entra en contacto con el papel, en este momento realiza la impresión. El papel se ubica entre el cilindro offset y un tercer cilindro, cuyo único cometido es prensar el papel para facilitar la impresión.

»» **CONTROL DE CALIDAD:** Al imprimir deben colocarse las tiras de control en las hojas para medir y controlar la calidad de la impresión.

Algunos parámetros que deben comprobarse son: la ganancia de punto, la densidad, trapping y el límite de cobertura de tinta.

- » **La ganancia de punto** se mide con un densitómetro en las tiras de control. Los valores tonales de referencia habitual son el 40% y el 80%. Siempre se mide en unidades de porcentaje absolutas, por tanto, un valor tonar del 40% en la película (fotolito) se transformará en uno de 63% en la impresión, si la ganancia de punto es de 23%.

- » **La densidad** es una medida que expresa la cantidad de tinta que aplica la máquina en un papel determinado.
- » **El trapping**, en offset se imprimen normalmente mojado sobre mojado, lo cual significa que todas las tintas se imprimen unas sobre otras antes de que se sequen. El trapping hace referencia a la cantidad de tinta que es atrapada (que se adhiere) a una tinta ya aplicada en el papel. El grado de trapping se mide con un densitómetro.
- » **Límite de cobertura de tinta**, se refiere a la cantidad máxima de tinta que se puede aplicar a un papel específico con un método determinado, este límite se expresa en %. Este parámetro debe ser verificado con las características técnicas del fabricante del papel.



Área de impresión

## »»» POST IMPRESIÓN (ACABADO)

Es un conjunto de procesos que están en función al tipo de trabajo a realizarse. Puede incluir procesos de barnizado, encuadernado, perforado, etc.

**Barnizado offset:** Consiste en extender una fina capa de barniz transparente (brillo o mate) realizado en línea con la impresión como si fuera un color más. Este barniz sirve como protección de la imagen impresa. Existen diferentes tipos de barnizado, puede ser localizado para resaltar algún sector del trabajo.

**Encuadernado:** Una vez impreso un documento de varias páginas necesita ser encuadernado. La encuadernación consiste en la unión ordenada de los pliegos, protegidos con una tapa.



Área de post impresión

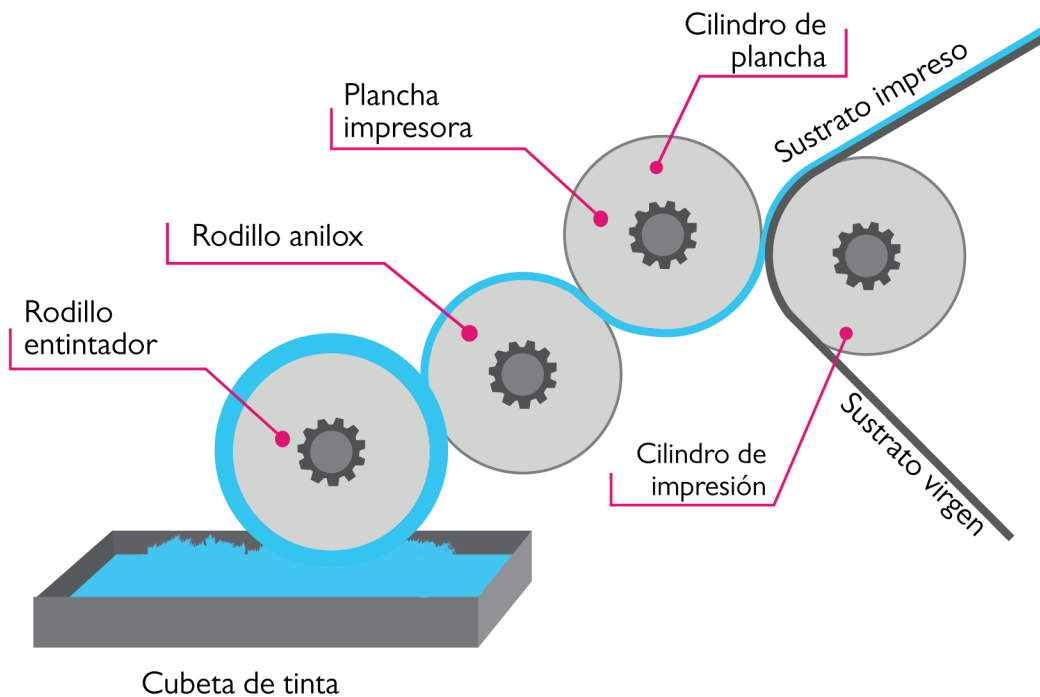
Son perforaciones discontinuas que permiten insertar anillas para lograr un producto determinado.

**Golpe en seco:** Mediante presión por la parte posterior del impreso y un molde, se consigue dar un efecto alto relieve.

#### 4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA

La flexografía trabaja con sustratos poliméricos y es un método de impresión en rápida progresión técnica y desarrollo tecnológico, ideal para gráficos de empaques y para impresión/conversión. Las máquinas de flexografía utilizan planchas de impresión de fotopolímero que contienen una imagen en relieve de la impresión requerida. Se aplica tinta a las áreas elevadas de la plancha mediante un rodillo de anilox y a continuación se transfiere al sustrato.

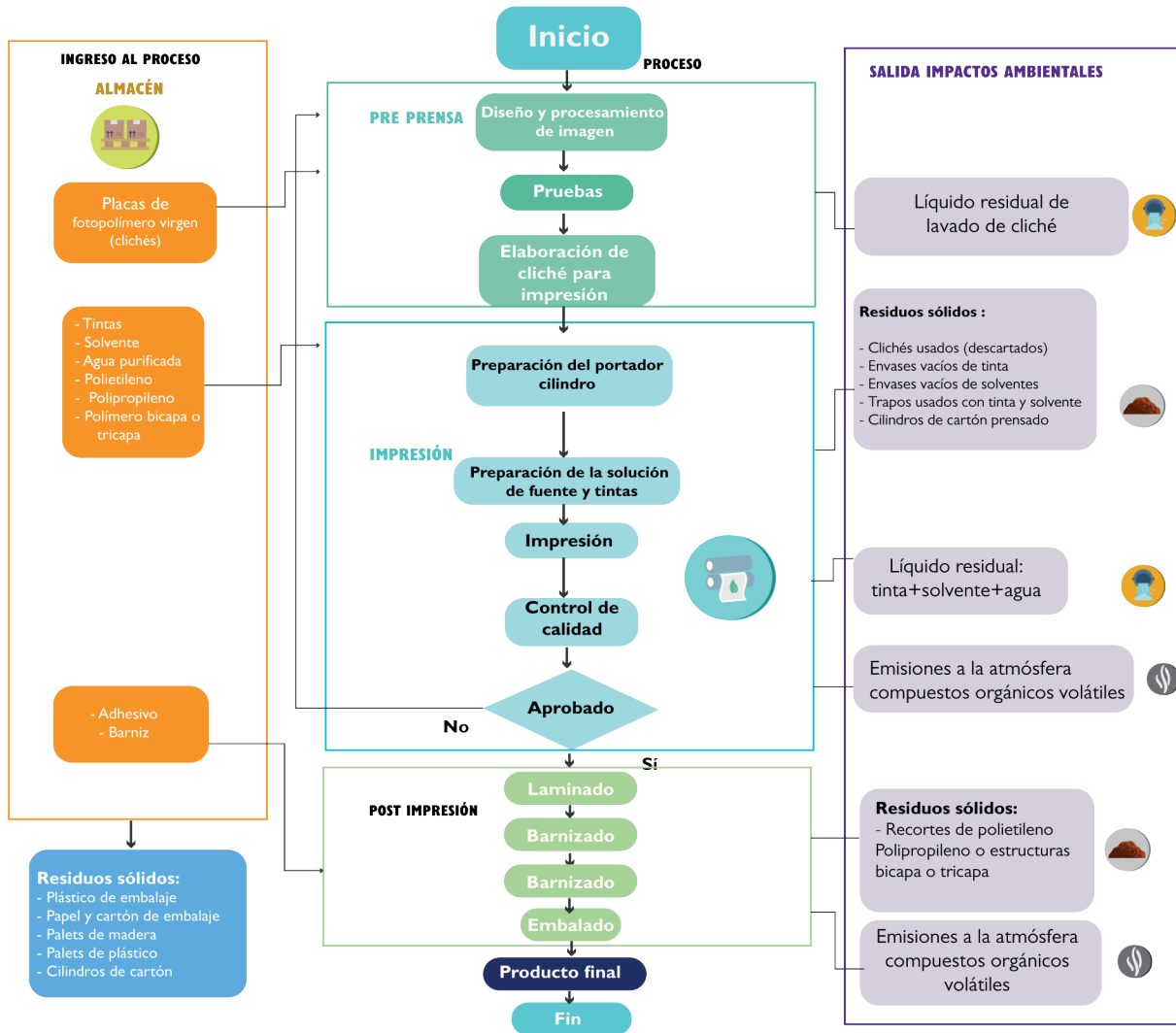
**Figura 4. Proceso de impresión flexográfica**





La impresión flexográfica presenta el siguiente diagrama de proceso:

**Figura 5. Diagrama de flujo impresión flexográfica**



Fuente: Elaboración propia

## »» ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y PRODUCTO TERMINADO

**Almacenamiento de materiales, insumos y producto terminado:** Es el sitio donde la unidad industrial almacena los materiales adquiridos, cuenta con las condiciones técnicas adecuadas de seguridad y resguardo de los materiales e insumos.

El almacén debe contar con espacios delimitados diferenciando los espacios para materiales de los espacios para:

- » Producto terminado.
- » Montacargas u otra maquinaria para manipulación de materiales.



Área de almacenamiento de materiales e insumos

### **Sistema de gestión de almacenes:**

El Sistema de Gestión del Almacén (SGA) es el software o protocolo interno de la empresa que administra los procesos y la actividad diaria de un almacén en cada una de las etapas logísticas llevadas a cabo, desde la recepción de materiales hasta el almacenamiento, la preparación y el envío de pedidos.

El Sistema debe permitir la entrega oportuna de los materiales a cada una de las áreas de producción.



## »»» PRE PRENSA

**Procesamiento de imagen:** En esta etapa el texto, fotografía y arte son ensamblados para producir un trabajo preliminar. Generalmente los insumos son películas y químicos.

**Pruebas:** En esta etapa se verifica que el trabajo se encuentra en condiciones para pasar a la impresión.

**Elaboración de clichés:** En este proceso, el diseño es transferido a una placa de fotopolímero sensible a la luz, mediante el uso de una máquina expositora que emite luz UV. Este paso es crucial, ya que es aquí donde se graba la imagen o texto a imprimir en el cliché, definiendo con precisión cada detalle del diseño.

El **cliché** pasa por un proceso de revelado donde se elimina el material no expuesto a la luz UV, dejando en relieve las áreas que formarán la imagen final a imprimir. Este procedimiento asegura que solo las partes del diseño que deben recibir tinta sobresalgan, lo cual es esencial para transferir con exactitud el diseño al sustrato final durante la impresión. El cuidado en este paso determina la calidad y claridad de la impresión final, subrayando la importancia de un revelado preciso y controlado.

Finalmente, el cliché es sometido a un tratamiento post-exposición y un lavado final para remover cualquier residuo restante y asegurar que el cliché está completamente limpio y listo para ser utilizado en el proceso de impresión flexográfica.



Elaboración de cliché

## »» IMPRESIÓN

**Preparación del portador (montaje de clichés):** El montaje de clichés debe ser perfecto, se requiere concentración y habilidad para montar el cliché y configurar los cilindros correctamente, para este proceso se hace uso de cintas adhesivas que ejercen una fijación fuerte de los bordes para evitar que se levanten y se producen con tolerancias de calibre ajustadas para que pueda estar seguro de que el final del rollo tiene el mismo espesor que el principio.

**Preparación de la solución de fuente y tintas:** La solución fuente es una mezcla de agua, alcohol y aditivos que se usa para humedecer las planchas de impresión. Mantiene las planchas limpias y garantiza la transferencia correcta de la tinta. Está compuesta principalmente de agua tratada, un aditivo humectante y alcohol isopropílico. Los aditivos ayudan a controlar el pH, la conductividad y la dureza del agua para lograr un equilibrio que facilite la impresión.



La tinta flexográfica es una combinación de pigmentos, resinas y solventes que se mezclan para crear una tinta líquida que se puede aplicar a un sustrato. Este tipo de tinta es particularmente adecuado para imprimir sobre sustratos no porosos como plástico.

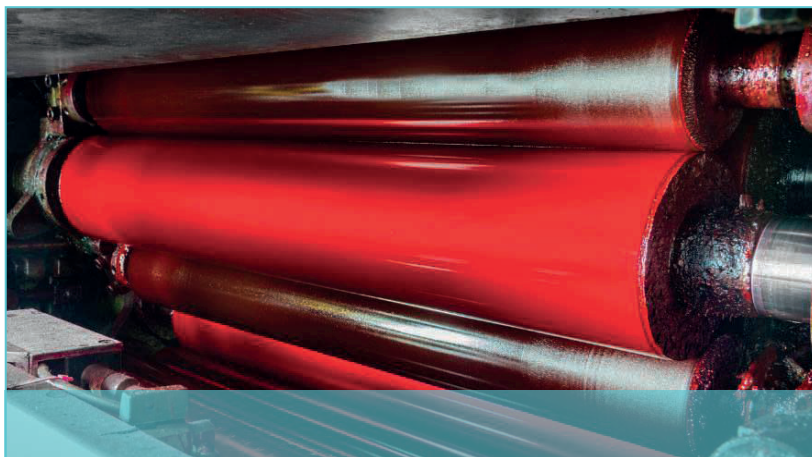
Existe tecnología en impresoras flexográficas que imprimen con tintas al agua, principalmente en trabajos destinados al rubro alimenticio.

**Impresión:** Cada máquina impresora consta de:

- » Un rodillo de anilox que ofrece la exactitud requerida en la impresión
- » Un sistema de rasqueta con cámara de tinta que suministra la cantidad necesaria de pigmento dentro del rodillo.
- » Un cilindro portaplancha sobre el que se instala la plancha de impresión (cliché).
- » Un cilindro de impresión en el que se apoya el sustrato a medida que la plancha de impresión lo va presionando.
- » Un sistema de entintado.

Se engancha el sustrato (material flexible, polietileno, polipropileno u otro) al sistema.

Durante la impresión, la tinta se va bombeando al interior de la cámara de tinta del sistema de rasquetas. En el interior de la cámara de tinta se encuentran dos cuchillas que van cogiendo la tinta mientras está en contacto con el rodillo anilox.



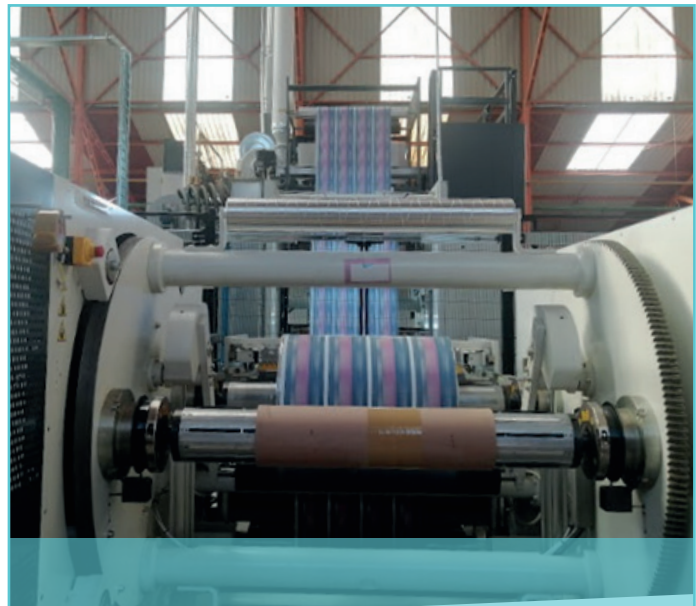
Rodillo anilox

El cilindro de cerámica o acero (anilox), cubierto de huecos en forma de celdillas, recibirá la tinta. Al girar el cilindro entra en contacto con la plancha y le proporciona tinta en las zonas de relieve. La plancha ya entintada sigue girando y entra en suave contacto con el sustrato. El sustrato recibe la imagen de tinta de la plancha y sale ya impreso (secándose de forma muy rápida).

**Control de calidad:** Al imprimir deben colocarse las tiras de control (test de calibración) en el sustrato, para medir y controlar la calidad de la impresión.

Algunos parámetros que deben comprobarse son: densidad de las tintas de cuatricromía, ganancia de punto, contraste de impresión, trapping y el límite de cobertura de tinta.

- » La ganancia de punto se mide con un densitómetro en las tiras de control. Los valores tonales de referencia habitual son el 40% y el 80%. Siempre se mide en unidades de porcentaje absolutas, por tanto, un valor tonar del 40% en la película (fotolito) se transformará en uno de 63% en la impresión, si la ganancia de punto es de 23%.



Proceso de impresión flexográfica

- » La densidad es una medida que expresa la cantidad de tinta que aplica la máquina en un sustrato determinado.
- » El trapping hace referencia a la cantidad de tinta que es atrapada (que se adhiere) a una tinta ya aplicada en el sustrato. El grado de trapping se mide con un densitómetro.



- » Límite de cobertura de tinta, se refiere a la cantidad máxima de tinta que se puede aplicar a un material específico con un método determinado, este límite se expresa en %. Este parámetro debe ser verificado con las características técnicas del fabricante del sustrato.

Como guía general en la impresión de cuatricromías se recomiendan las siguientes densidades: Amarillo 1,10-1,20, Magenta 1,20-1,30, Cyan 1,30-1,40 y Negro 1,40-1,50, +- 0,05

## »» POST IMPRESIÓN (ACABADO)

Es un conjunto de procesos que están en función al tipo de trabajo a realizarse. Puede incluir procesos de laminado, corte, confección etc.

**Laminación:** Dependiendo del tipo de producto a envasar, muchas veces se requiere el uso de materiales bi capa o tri capa, para lo cual se emplea el proceso de laminado, que consiste básicamente en la unión de dos materiales mediante un adhesivo polimérico líquido, generando una estructura resistente denominada barrera, por ejemplo: puede ser una estructura multicapa formada por: **Poliéster/adhesivo/aluminio/adhesivo/polietileno.**



Proceso de acabado

**Corte:** Consiste en el refilado de las bobinas impresas o laminadas, como proceso preparatorio para la confección de envases, o preparación para la entrega de bobinas al cliente.

**Confección:** Consiste en el formado y sellado de envases flexibles mediante calor.

## 4.2 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

### 4.2.1 CONSUMO DE RECURSOS

Los diferentes procesos productivos en las industrias de este rubro, conllevan el uso y empleo de diferentes recursos.

#### 4.2.1.1 USO Y FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Las industrias del rubro de Impresión y servicios relacionados con la impresión, en su gran mayoría, cuentan con conexión al sistema de suministro de agua potable y alcantarillado, asimismo, el consumo de agua es limitado, puesto que se emplea únicamente en la preparación de la solución de fuente.



Sistema de tratamiento de agua para impresión

Sin embargo, dependiendo de la ubicación de la unidad industrial, el tipo de agua potable del sistema puede llegar a presentar “dureza”, llegando a afectar en la calidad de la impresión y el buen funcionamiento de los equipos, los cuales con el tiempo pueden sufrir deterioros cuyo mantenimiento puede llegar a ser costoso, asimismo, el agua dura puede provocar depósitos de cal en las planchas y los rodillos del cuerpo impresor.

De la misma forma, los sistemas de limpieza de la mantilla en las prensas de impresión offset, deben emplear agua tratada mediante ósmosis inversa.

#### 4.2.1.2 USO Y FUENTES DE ENERGÍA

En la industria gráfica se emplea principalmente energía eléctrica, para los siguientes usos:

- » Energía empleada para cada uno de los equipos de producción
- » Iluminación artificial de ambientes
- » Acondicionamiento de aire

El consumo de energía es variable en función al tamaño de cada unidad industrial y de los procesos auxiliares que llevan a cabo.



Aire acondicionado industrial



## 4.2.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA

### 4.2.2.1 GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

En cuanto a los residuos sólidos (RS) de la industria gráfica se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

**Tabla 1. RESIDUOS SÓLIDOS EN LA INDUSTRIA GRÁFICA**

Residuo	Tipo de residuo
Recortes de papel y cartón	Aprovechable
Recortes de polietileno, polipropileno y laminados	Aprovechable
Lodos provenientes de la recuperación de solventes	Peligroso
Envases de tinta	Peligroso
Envases de adhesivos y barnices	Peligroso
Llantas	Especial
Baterías	Especial
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs)	Especial
Placas de impresión utilizadas	Especial
Polímero cliché de impresión flexográfica	Especial

#### 4.2.2.2 GENERACIÓN DE EFLUENTES LÍQUIDOS

Las aguas residuales (AR) provenientes de la industria gráfica son muy variables en composición química, debido a la diversidad de productos que utilizan en los procesos.



Aguas residuales

En general, se caracterizan por tener altos valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO), permanencia de color, Sólidos Suspendedos Totales (SST); lo que produce un índice de biodegradabilidad bajo y alta concentración de materia orgánica.

#### 4.2.2.3 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

En cuanto a las emisiones a la atmósfera, en la industria gráfica se generan principalmente vapores orgánicos procedentes de los solventes empleados, vapor de agua y otros gases producto de procesos auxiliares.

Es importante que en la industria gráfica se implementen sistemas de extracción de gases hacia la atmósfera, previa retención de los contaminantes en el interior de los materiales de empaque de las chimeneas.

### 4.2.3 RESUMEN DE IMPACTOS AMBIENTALES

#### Impresión offset

**Tabla 2. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS AMBIENTALES EN IMPRESIÓN**

Procesos principales	Identificación de problemas ambientales
<b>PRE IMPRESIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» En esta etapa se generan líquidos residuales que consiste en una mezcla de solución reveladora con agua.</li> <li>» Como residuos sólidos se generan residuos de aparatos electrónicos en periodos largos de tiempo.</li> <li>» En esta área no se emiten ruidos ni gases a la atmósfera.</li> </ul>
<b>IMPRESIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» En esta etapa se generan líquidos residuales que proceden de la limpieza de las bandejas, con contenido de tinta y solvente.</li> <li>» En esta etapa se generan residuos sólidos que son las planchas de impresión, asimismo, se generan envases vacíos de tinta, bidones de solvente y trapos de limpieza.</li> <li>» En el proceso de encaminado de materiales para la impresión se generan hojas de papel o cartón.</li> <li>» En esta etapa se generan olores por la presencia de solventes y tintas, dependiendo de la tecnología de la maquinaria empleada.</li> </ul>
<b>POST IMPRESIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» En esta etapa se generan principalmente residuos sólidos compuestos por papel o cartón, dependiendo del material empleado.</li> <li>» Dependiendo del tipo de trabajo se pueden generar olores a causa del barniz empleado.</li> <li>» Se generan ruidos del proceso de corte, confección, perforado y emblocado, sin embargo, dependiendo del tipo de maquinaria empleada, los niveles alcanzados pueden ser moderados.</li> </ul>

Procesos auxiliares	Identificación de problemas ambientales
<b>ABLANDAMIENTO DE AGUA</b>	Se producen como residuos los filtros saturados, los cuales son generados en una baja frecuencia.
<b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	Se generan lodos después de la recuperación de solventes.
<b>ALMACENES</b>	Se generan plásticos de embalaje, palets de madera, palets de plástico, embalaje tipo burbuja, etc.



Envases de tinta desechados

## Impresión flexográfica

**Tabla 3. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS AMBIENTALES IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA**

Procesos principales	Identificación de problemas ambientales
<b>PRE IMPRESIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependiendo de la tecnología que se emplee, se generan líquidos residuales que contienen restos de fotopolímero y solvente.</li> <li>• Como residuos sólidos se generan recortes de fotopolímero y residuos de aparatos eléctricos que son las lámparas UV en desuso.</li> <li>• Se generan olores característicos por la presencia de solvente.</li> </ul>
<b>IMPRESIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En este proceso se generan líquidos residuales provenientes de la limpieza de las impresoras.</li> <li>• Se generan residuos sólidos producto del encaminado.</li> <li>• Se generan olores característicos, dependiendo del tipo de tinta a emplear.</li> <li>• Se generan ruidos por el funcionamiento de la máquina, variables en intensidad, en función al tipo de maquinaria a emplear.</li> <li>• Se generan cilindros de cartón resultantes de las bobinas de material a imprimir.</li> <li>• Se generan envases vacíos de tintas y solventes, como residuos sólidos.</li> <li>• Se generan trapos resultantes de la limpieza del equipo.</li> </ul>
<b>LAMINACIÓN</b>	<p>En este proceso se genera una pérdida inicial de material por el encaminado.</p> <p>Se generan olores por la presencia de solventes y adhesivos.</p> <p>Se generan cilindros de cartón de las bobinas de material.</p> <p>Se generan remanentes de adhesivo.</p>

<b>EXTRUSIÓN DE PLÁSTICOS</b>	<p>En función al tipo y tecnología de la maquinaria, el proceso emplea importantes cantidades de agua para el enfriamiento, la cual recircula en el equipamiento.</p> <p>Se generan mermas por el arranque del equipo.</p> <p>Se generan olores característicos y vapor por el enfriamiento.</p>
<b>TRATAMIENTO CORONA</b>	<p>Genera ozono residual que debe ser eliminado al ambiente en condiciones seguras.</p> <p>Genera residuos de aparatos eléctrico en muy baja frecuencia.</p>
<b>CORTE</b>	<p>Se producen recortes de material plástico y/o laminado.</p>
<b>CONFECCIÓN</b>	<p>Se producen cilindros de cartón de las bobinas impresas o laminadas.</p> <p>Genera ruidos característicos, generalmente de baja intensidad.</p> <p>Genera olores por el proceso de sellado de plástico, en baja intensidad.</p>
<b>Procesos auxiliares/ servicio</b>	<b>Identificación de problemas ambientales</b>
<b>PELETIZACIÓN DE PEBD</b>	<p>Se generan ruidos durante el proceso de picado.</p> <p>Se generan olores característicos por el calentamiento de las partículas picadas.</p>
<b>ALMACÉN</b>	<p>Se generan residuos sólidos: palets de madera, plástico de embalaje, cilindros de cartón y otros materiales de embalaje.</p>
<b>RECUPERACIÓN DE SOLVENTE</b>	<p>Genera olores característicos del solvente.</p> <p>Genera lodos residuales de la recuperación de solvente y evaporación del mismo.</p>





# **PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**



## 4.3 PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

En el marco del concepto, principios y beneficios de la Producción Más Limpia (PML) y la Economía Circular (EC), de forma general se plantean las Medidas de PML para el rubro de “Imprenta y Actividades de servicio relacionadas con la imprenta”, considerando cada etapa del proceso general.

**Tabla 4. MEDIDAS DE PML POR ETAPA DE PROCESO**

INGRESO AL PROCESO		
MEDIDA	META	DESCRIPCIÓN
<b>Sustitución de insumos peligrosos</b>	Reducir la peligrosidad (toxicidad) de los residuos sólidos y líquidos, así como la estructura de los productos.	Identificar los insumos que son peligrosos y contaminantes y sustituirlos por otros insumos ecológicos, biodegradables, no peligrosos, menos contaminantes que permitan un desempeño similar.
<b>Optimización de la materia prima e insumos.</b>	Evitar el consumo de materia prima e insumos en cantidades innecesarias.	Reajustar los consumos en función a balances reales evitando excedentes puesto que todo lo que no se transforma en producto, genera un residuo ya sea sólido, líquido o gaseoso.
<b>Sustitución de combustibles fósiles</b>	Reducir la huella de carbono del producto final.	Reemplazar o reducir el consumo de combustibles fósiles que generan gases de combustión y aportan al efecto invernadero, por fuentes de energía alternativa como energía solar, eólica, biogás, etc.

<b>DURANTE EL PROCESO</b>		
<b>Prevención de la generación de residuos</b>	Evitar el consumo innecesario de materia prima, insumos, agua, energía, combustibles y otros.	Identificar y reparar mermas, fugas, rebaleses, derrames, goteos, roturas, escapes, puesto que generan residuos y un consumo innecesario para subsanar las pérdidas.
<b>Homogenizar la potencia instalada</b>	Reducir el consumo de energía utilizada para la operación de las diferentes maquinarias y equipos.	Calibrar todo el proceso en función a la potencia instalada más baja para evitar esfuerzos desiguales por los cuellos de botella. La maquinaria consume lo mismo con sustrato de impresión o sin él. Operar por debajo de la máxima capacidad es desperdicio de energía y tiempo.
<b>Evitar duplicidad de actividades</b>	Reducir el consumo de energía, combustibles, tiempo, recursos humanos, insumos y materia prima.	Identificar actividades que se realizan dos veces o más, y replantear los procesos para evitar un doble esfuerzo por las repeticiones innecesarias debido a las equivocaciones, olvidos o procedimientos mal diseñados.
<b>Uso eficiente de equipos y maquinaria</b>	Reducir el consumo de energía por prácticas inadecuadas de uso de equipos y maquinaria.	Determinar si los equipos y maquinaria se encuentran a su máxima capacidad de uso y establecer medidas para alcanzar la máxima potencia instalada.
<b>Sustitución de equipos y maquinaria más eficiente</b>	Reducir el consumo de energía en el proceso productivo.	Identificar la maquinaria que consume mayor energía eléctrica y si existe alguna alternativa de sustitución en el mercado local.

SALIDA DEL PROCESO		
<b>Optimización del consumo de agua</b>	Reducir la huella hídrica	Revisar los balances hídricos para verificar el uso eficiente del agua
<b>Reciclaje de residuos por terceros</b>	Reducir el volumen de residuos que son depositados en sitios de disposición final.	Clasificar, tratar y reciclar los residuos aprovechables a través de Operadores Autorizados de residuos, promoviendo la Economía Circular.
<b>Separación en origen para prevenir la contaminación entre residuos</b>	Evitar la contaminación de los residuos aprovechables.	Clasificar los residuos generados en origen, evitando que se contaminen entre sí mismos, evitando tratamientos globales, sino implementando tratamientos especializados para cada tipo de residuo.

En este marco, se plantean medidas de PML, para cada factor ambiental.

### 4.3.1 PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA FACTOR AGUA

**Tabla 5. MEDIDA DE PML 01 - FACTOR AGUA**

<b>PML - AG - 01: Implementar indicador de eficiencia hídrica</b>	
<b>Situación</b>	<p>El uso de agua no es generalizado en todos los procesos de la industria gráfica, sino que se emplea en procesos definidos, por tanto, el consumo de agua en el rubro no es elevado.</p> <p>Las unidades industriales no cuentan con indicadores de eficiencia respecto al consumo y uso de agua.</p> <p>Sin embargo, se debe considerar que por las características de los equipos que utilizan y el nivel de precisión que requieren los trabajos, es importante emplear agua de alta calidad, llevando el registro de su uso.</p>
<b>Recomendación</b>	<p>Se recomienda emplear el Indicador N° 5 “Indicador hídrico”, detallado en el acápite 3.1.</p>
<b>Beneficio</b>	<p>El uso de indicadores permite establecer metas en la producción, proyectando la reducción de los insumos, por lo tanto, genera un ahorro económico y reduce el impacto ambiental</p>

**Tabla 6. MEDIDA DE PML 02 - FACTOR AGUA**

<b>PML – AG – 02: Capacitar al personal en el uso eficiente de agua</b>	
<b>Situación</b>	<p>El personal de las unidades industriales no está sensibilizado sobre el uso del recurso agua, por tanto, muchas veces se hace un uso irracional. En ese sentido, es importante incluir al personal de todos los niveles de la industria en procesos de capacitación sobre el uso eficiente del agua.</p>
<b>Recomendación</b>	<p>El personal debe ser capacitado de forma periódica sobre el uso racional de agua y sobre otros temas relacionados, con el objetivo de lograr el compromiso del personal respecto a la importancia de este recurso.</p>
<b>Beneficio</b>	<p>Con el uso eficiente de agua se obtienen ahorros económicos para la empresa, así también se previene la generación de mayores cantidades de aguas residuales para tratamiento, reduciendo al mismo tiempo los impactos ambientales del rubro.</p>

**Tabla 7. MEDIDA PML 03 - FACTOR AGUA**

<b>PML – AG – 03: Identificar y evitar pérdidas de agua por fugas</b>
<b>Situación</b> <p>Las unidades industriales no prestan atención a fugas de agua al interior de la planta de producción y en áreas de servicios, lo que conlleva a pérdidas del recurso y gasto económico para la empresa.</p>
<b>Recomendación</b> <p>Se recomienda identificar los puntos de posibles fugas y rebalses, tanto al interior e la planta de producción como en las áreas de servicios como cocina, comedor y sanitarios, implementando un plan de mantenimiento periódico, evitando de esta forma el gasto del recurso.</p> <p>Si bien por el tipo de materiales e insumos que se emplean en la industria gráfica no se hace uso de grandes cantidades de agua para la limpieza de los ambientes, se recomienda la limpieza de los ambientes mediante el uso de aspiradoras y paños húmedos.</p>
<b>Beneficio</b> <p>El uso eficiente de agua se traduce en un ahorro económico.</p> <p>El uso eficiente de agua disminuye el estrés hídrico sobre las fuentes de suministro locales y regionales.</p>

**Tabla 8. MEDIDA PML 04 - FACTOR AGUA**

<b>PML – AG – 04: Implementar un sistema de tratamiento de purificación de agua para proceso</b>
<b>Situación</b> <p>El proceso que requiere el uso de agua es la preparación de la solución de fuente, la cual requiere emplear agua con la menor cantidad posible de impurezas ya que las condiciones del agua afectan al comportamiento de la solución. El empleo de un agua inadecuada origina problemas que afectan a las tintas, a las planchas y a los rodillos.</p> <p>Otro uso de agua en el rubro de impresión offset es la temperatura y humedad de trabajo.</p>



## Recomendación

Dependiendo del sistema de tratamiento o ablandamiento de agua, es importante contar con un sistema de reuso con recirculación del agua para el procesado de las planchas offset, lo cual puede reducir de una manera importante el consumo de agua.

Cuanto más control de los parámetros del agua tenga el impresor, su trabajo de impresión será mucho más consistente y productivo. En ese sentido, se recomienda que la industria gráfica implemente sistemas de tratamiento de aguas para proceso, que cuente con el proceso de recirculación y reúso del agua.

### Se recomienda la siguiente medida de PML:

- Optimizar el uso de agua en el ablandamiento de agua:



En muchos casos las empresas realizan el cambio de resinas de intercambio iónico o los filtros de ósmosis inversa, mediante un cronograma establecido, sin considerar el agotamiento del sistema de ablandamiento, aspecto que puede llevar al reemplazo de resinas y filtros, sin haber sido agotado su tiempo de vida útil. En ese sentido, se recomienda llevar a cabo el control del agua ablandada a través de la medición de la dureza o la determinación de Calcio y Magnesio, antes y después del ablandamiento. Solamente cuando la dureza antes y después del ablandamiento, sea prácticamente igual, se deberá proceder al cambio de las resinas o de los filtros.

Respecto al uso de agua en el control de características ambientales del área de producción offset, se recomienda una temperatura ideal de  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  de tolerancia y 55% de humedad relativa en la planta, siguiendo las recomendaciones emitidas por el fabricante de los equipos.

Para los humificadores se recomienda emplear agua tratada con ósmosis inversa, en razón de que, dependiendo de la calidad del agua de grifo, se producen incrustaciones calcáreas en las tuberías. En general, el agua que se emplea en la industria gráfica, es recomendable que cuente con las siguientes características técnicas:

Parámetro	Valor
<b>Dureza</b>	1,3 – 2,5 ppm (CaCO <sub>3</sub> )
<b>pH</b>	5.0 – 5.5
<b>Conductividad</b>	1.000 y 3.000 mS
<b>Porcentaje de alcohol</b>	3% a 10%
<b>Temperatura</b>	10°C a 13°C
<b>Recomendación</b>	Mantener volumen de solución en circulación constante entre 25 y 50 litros.

El tratamiento recomendado para el agua de proceso en la industria gráfica es el siguiente:

- Ablandamiento
- Dosificación y mezcla de solución de fuente/alcohol o sustituto
- Circulación
- Filtración agua/ solución con ósmosis inversa y filtros de carbón activo
- Reuso y reciclaje agua
- Recuperación, reuso y reciclaje de la solución de fuente o sustituto
- Registro del consumo de agua y solución o sustituto

## Beneficio

El uso de agua tratada con ósmosis inversa en el sistema de humectación en la impresión tiene las siguientes ventajas:

- Se previenen las pelusas en los rodillos de tintaje y los depósitos de calcio en las unidades de entintado y de humectación.
- Mayor vida útil de los rodillos de tintas.
- El pH se mantiene neutral.
- El alcohol requerido se puede reducir de manera significativa
- Evita la presencia de microorganismos.

**Tabla 9. MEDIDA PML 05 - FACTOR AGUA**

**PML – AG – 05: Implementar cambios en las tintas de impresión**

**Situación**

La industria gráfica hace uso de tintas con uso de solventes orgánicos, muchas veces el líquido resultante es vertido como agua residual industrial, dificultando su tratamiento tanto por el contenido de los solventes como la composición de las tintas.

**Recomendación**

Se recomienda explorar el uso de tintas sin solventes orgánicos en consenso con el cliente. Para la impresión offset, existe una variedad de tintas que podrían ser empleadas:

**Tintas de curado UV-LED:** Las tintas especiales para el curado mediante radiación ultravioleta (UV) con diodos electroluminiscentes (LED) polimerizan mucho más rápido que las tradicionales. De hecho, el secado es prácticamente instantáneo, y para lograrlo el consumo de energía es muy reducido, lo que repercute en ahorro de costes y menor impacto medioambiental, pues tampoco produce residuos.

**Tintas de curado EB:** Las tintas de curado Electron Beam (o haz de electrones) reúnen todas las ventajas del curado UV y además funcionan en frío, lo que significa un ahorro aún mayor en consumo de energía y menor generación de residuos. Además, no contienen Componentes Orgánicos Volátiles (COV) ni producen otras emisiones contaminantes. Se trata de tintas con una viscosidad muy elevada, lo que dificulta su uso en la flexografía y el rotograbado.

**Tintas ecológicas:** Además del avance en sostenibilidad ambiental que supone el uso creciente de las tintas de curado UV y EB, asistimos también al desarrollo de nuevas tintas ecológicas, que minimizan el uso de materias primas contaminantes, recurren a los aceites de origen vegetal para su elaboración, carecen de solventes y fotoiniciadores, presentan baja migración y facilitan el reciclaje del sustrato sobre el que se aplican.

Por su parte, para la técnica de flexografía también existen tintas con base agua, estas tintas son especialmente formuladas para ofrecer una impresión de alta velocidad y fácil uso en una variedad de sustratos, como manga termocontraíble, películas de PE, PP con tratamiento corona o químico, PVC, PET y recubrimientos.

### Beneficio

Con el cambio de tintas se reduce el consumo en solventes orgánicos, generando un ahorro para la empresa. Asimismo, se reduce la carga contaminante en el efluente que se genera, simplificando su tratamiento, lo cual también se traduce en ahorro económico y reducción del impacto ambiental.

**Tabla 10 MEDIDA PML 04 - FACTOR AGUA**

## PML – AG – 06: Implementar un sistema de recuperación de solventes

### Situación

Muchas unidades industriales del rubro, medianas a grandes, cuentan con sistemas de recuperación de solventes, en muchos casos, este sistema se encuentra incorporado dentro de equipos con alta tecnología. Sin embargo, una gran mayoría de las industrias del rubro de menor escala, no cuentan con sistemas de recuperación de solventes, realizando muchas veces el vertido de los líquidos efluentes en sitios no autorizados, provocando el impacto ambiental inherente, o en unidades de tratamiento, complicando y encareciendo el proceso.

### Recomendación

- Los solventes usados pueden ser reciclados mediante variados procesos con el propósito de reutilizar el producto como solvente o en mezclas de combustibles alternativos.
- Los productos que son reciclados para ser utilizados como solventes son refinados en unidades de destilación especialmente construidas, donde el solvente se separa en la forma de condensado de los componentes no volátiles, tales como resinas y pigmentos, que permanecen en el fondo del destilador.

**El proceso de recuperación de solventes en la industria incluye en general las siguientes operaciones unitarias:**

**Tratamiento inicial:** Se realiza una separación mecánica (filtración y decantación) para remover los sólidos suspendidos y el agua.

**Destilación:** Los solventes sucios destinados para reutilizar son destilados para separar las mezclas de solventes y remover impurezas disueltas.

Se puede realizar una destilación simple por lotes, proceso en el cual una cantidad de solvente usado es alimentada al evaporador. Después de ser colocado, los vapores son removidos y condensados continuamente. Los residuos del fondo del destilador son removidos del equipo después de la evaporación del solvente.

De la misma forma, se puede emplear una destilación continua simple, que es similar a la destilación por lotes exceptuando que el solvente es alimentado continuamente al evaporador durante la destilación, y los residuos del fondo del evaporador son descargados continuamente.

Los equipos de rectificación y destilación comunes no son apropiados para la recuperación de algunos solventes sucios. Por ejemplo, contaminantes resinosos o viscosos pueden recubrir las superficies de transferencia de calor resultando en pérdida de eficiencia.

**Purificación:** El agua adicional es removida del solvente por decantación donde se puede enfriar para aumentar la separación de los dos componentes al disminuir su solubilidad. Mediante salting, el solvente es circulado a través de un lecho de cloruro de calcio donde el agua es removida por absorción.

Durante la purificación, algunos solventes recuperados pueden perder su capacidad de buffer y necesitan ser estabilizados. La estabilización requiere la adición de tampones (buffers) para asegurar que el pH se mantenga constante durante su uso.

Este proceso de recuperación es el más utilizado en las industrias, también existen empresas que ofrecen este servicio y se encargan de cumplir con las normas y regulaciones requeridas.

## Beneficio

- Con la implementación de estas medidas se tienen los siguientes beneficios:
- Menor generación de residuos peligrosos (envases de solventes)
- Reducción de vapores orgánicos a la atmósfera
- El reciclaje o recuperación de solvente actual es un ahorro puesto que evita la compra de mayores cantidades de solventes.

## PML – AG – 07: Instalación de sistema de tratamiento de aguas residuales

### Situación

En la industria gráfica no se generan grandes cantidades de agua residual, la composición puede ser muy compleja en función al tipo de tintas que emplea, solventes, aditivos, etc.

En general, cuando en la industria gráfica no se implementan medidas de PML, se tienen las siguientes características de las aguas residuales:

- pH: 4,8 a 5,5
- Sólidos Disueltos Totales: 500 mg/l
- Conductividad: 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): > 5.000 mg/l
- Turbidez: > 100 NTU



## Recomendación

Se recomienda implementar todas las medidas de PML descritas anteriormente, principalmente la recuperación de solventes.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales en la industria gráfica se recomienda los siguientes procesos:

- Coagulación
- Floculación
- Flotación
- Oxidación química

Un sistema de tratamiento eficiente puede llegar a obtener los siguientes resultados de remoción de contaminantes:

- Sólidos Disueltos Totales: 98%
- DQO: >70%
- Turbiedad: >90%

Asimismo, es recomendable emplear como agente coagulante el Policloruro de Aluminio (PAC).

## Beneficio

La implementación de sistemas de tratamiento es principalmente el cumplimiento de la normativa ambiental nacional, asimismo, la prevención de la contaminación de cuerpos de agua.

### 4.3.2 PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA FACTOR AIRE

**Tabla 11. MEDIDA PML 01 - FACTOR AIRE**

<b>PML – AI – 01: Instalación de extractores de aire</b>	
<b>Situación</b>	<p>Muchas unidades industriales del rubro no cuentan con sistemas de ventilación adecuados ni sistemas de control de condiciones ambientales, lo cual puede incidir negativamente en el rendimiento de la maquinaria y los materiales.</p>
<b>Recomendación</b>	<p>Se recomienda la instalación de extractores de aire en la planta de producción para evitar la concentración de vapores orgánicos provenientes de los solventes, así también, de forma paulatina iniciar el cambio al uso de tintas con base agua o tipo ecológicas.</p> <p>Asimismo, se recomienda implementar sistemas de control de temperatura y humedad en la planta de producción, siguiendo las recomendaciones del fabricante de los equipos, con lo cual se asegura la calidad de los productos y mayor tiempo de vida útil de los equipos.</p>
<b>Beneficio</b>	<p>La implementación de la medida se traduce en ahorro del gasto en el de mantenimiento de la maquinaria y de productos no conformes.</p>

### 4.3.3 PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA FACTOR RUIDO

**Tabla 12. MEDIDA PML 01 - FACTOR RUIDO**

PML – RU – 01: Reducción de ruido	
<b>Situación</b>	
<p>Los procesos de la industria gráfica conllevan la generación de ruidos característicos del funcionamiento de motores en las diferentes maquinarias empleadas, así como ruidos intermitentes asociados a los procesos de producción y auxiliares.</p> <p>Este aspecto no es evidente en plantas de producción que cuentan con predios construidos para el efecto, sin embargo, en unidades industriales medianas a pequeñas, las cuales muchas veces se desarrollan en predios mixtos, el ruido puede generar impactos ambientales a la población circundante.</p>	
<b>Recomendación</b>	
<p><b>Se recomienda:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar medidas de aislamiento acústico, en paredes y techo de los ambientes donde se encuentra la máquina que genera ruido (motores, selladora, emblocadora y otras). Como materiales sugeridos, se encuentran el Dry-Wall o durlock combinados con fibra de vidrio, ondusec, lana de roca, materiales que tienen características de no inflamabilidad. Caso contrario se puede implementar doble muro, incorporando alguno de los materiales señalados.</li> <li>• Evitar la instalación de maquinaria cercana a los muros que colindan con domicilios.</li> <li>• Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria, de manera periódica, a fin de garantizar su correcto funcionamiento, para lo cual es recomendable contar con un cronograma de mantenimiento.</li> </ul>	
<b>Beneficio</b>	
<p>Se reduce el impacto ambiental hacia las colindancias de la unidad industrial, evitando molestias y posibles denuncias vecinales.</p>	

#### 4.3.4 PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA FACTOR SUELO

**Tabla 13. MEDIDA PML 01 - FACTOR SUELO**

PML – SU – 01: Separación de residuos en origen	
<b>Situación</b>	<p>Las unidades industriales, muchas veces realizan el almacenamiento y disposición de residuos sólidos de manera conjunta sin considerar sus características de peligrosidad, esta acción dificulta el aprovechamiento de los residuos, conforme establece la normativa nacional vigente.</p>
<b>Recomendación</b>	<p><b>Se recomienda</b> la habilitación de espacios exclusivos para cada tipo de residuos generados. Estas áreas deben contar con condiciones de protección ante eventos climáticos, por lo que deberán contar con un techo y suelo impermeabilizado.</p> <p>Para la separación en origen es recomendable contar con contenedores diferenciados, debidamente identificados, la normativa nacional vigente establece la siguiente identificación:</p> <p><b>Contenedor verde:</b> Residuos orgánicos.</p> <p><b>Contenedor Amarillo:</b> Residuos aprovechables.</p> <p><b>Contenedor Negro:</b> Residuos no aprovechables.</p> <p>Finalmente, es importante separar los mismos de acuerdo al residuo: papel, cartón, madera, plásticos, aluminio, vidrio, etc. esta acción facilita la gestión de los residuos.</p> <p>Se debe considerar también que la normativa boliviana establece que todo residuo que haya tenido contacto con sustancias químicas se consideran residuos peligrosos, por tanto, su gestión debe realizarse mediante operadores especializados de residuos.</p>
<b>Beneficio</b>	<p>Facilita la disposición final de los residuos, generando Economía Circular a través de los Operadores Autorizados de residuos, coadyuvando al reciclaje y reutilización.</p>

**Tabla 14. MEDIDA PML 02 - FACTOR SUELO**

**PML – SU – 02: Circuito cerrado de Reciclaje y reutilización**

**Situación**

Las actividades pertenecientes a este rubro generan cantidades significativas de residuos con potencial de reciclaje y reutilización tales como: papel, cartón, plásticos y madera tipo palets. Asimismo, generan residuos especiales y peligrosos, tales como: piezas deterioradas de los equipos, lodos compuestos de tintas y solventes, envases vacíos de tintas, solventes y otros.

**Recomendación**

**Se recomienda:**

- Gestión de residuos aprovechables a través de Operadores Autorizados de residuos.
- Gestión de residuos especiales y peligrosos a través de Operadores Autorizados.
- Llevar un registro de los diferentes tipos de residuos que genera la unidad industrial.
- En la Planta de Flexografía se recomienda implementar un sistema de reciclaje de PEBD para la generación de una nueva línea de producción.
- Implementar un área de fabricación de “plastimadera” a partir de residuos de polietileno, generando una nueva línea de producción.

**Beneficio**

- La implementación de la medida presenta los siguientes beneficios:
- Genera ingresos extras para la empresa por la venta de residuos aprovechables.
- Reduce el impacto ambiental por generación de residuos.
- Incentiva la Economía Circular, generando nuevas líneas de producción.

**Tabla 15. MEDIDA PML 03 - FACTOR SUELO**

<b>PML – SU – 03: Gestión adecuada de aceite usado</b>	
<b>Situación</b>	La industria gráfica genera aceites residuales a partir del mantenimiento de los equipos, los cuales muchas veces no cuentan con la gestión adecuada.
<b>Recomendación</b>	Se recomienda el almacenamiento del aceite usado en envases herméticamente cerrados a fin de evitar su derrame, posteriormente el aceite deberá ser gestionado a través de Operadores Autorizados para el tratamiento y disposición final, por ser considerado como residuo peligroso por ser inflamable.
<b>Beneficio</b>	Se reduce el impacto ambiental por la inadecuada disposición de este residuo.

**Tabla 16. MEDIDA PML 04 - FACTOR SUELO**

<b>PML – SU – 04: Producto terminado “no conforme”</b>	
<b>Situación</b>	La industria gráfica genera importantes cantidades de residuos producto de “no conformidades”, por diferentes factores, error en la impresión, sustratos con deficiencia en el laminado, dimensiones inadecuadas, errores en el arte, diferencias en los colores, presencia de pelusas u objetos extraños en la impresión y otros factores..
<b>Recomendación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recomiendan las siguientes acciones:</li> <li>• Reutilización de los productos “no conformes”, para el encaminado de nuevos trabajos.</li> <li>• Reciclaje de materiales, conforme se describió en la medida SU-03, generando nuevas líneas de producción.</li> <li>• Mejorar el control de calidad mediante tecnologías y procedimientos para reducir la cantidad de productos no conformes.</li> </ul>



- Capacitar periódicamente al personal para el uso adecuado de la maquinaria y uso permanente de equipo de protección personal y cofias para evitar el ingreso de objetos extraños en el proceso de impresión.

#### **Beneficio**

Implementar estas acciones no solo puede ayudar a reducir el impacto ambiental en el rubro, sino también mejorar la eficiencia operativa y reducir costos a largo plazo.

### **4.3.5 PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA RELATIVAS A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**Tabla 17. MEDIDA PML 01 - EFICIENCIA ENERGÉTICA**

<b>PML – EE– 01: Implementar indicador de Eficiencia Energética</b>
<b>Situación</b>
Las industrias no llevan el control del gasto de energía para los procesos individuales, por tanto, no cuentan con indicadores al respecto.
<b>Recomendación</b>
Se recomienda emplear el Indicador N° 4 “Indicador de energía eléctrica”, detallado en el acápite 3.1.
<b>Beneficio</b>
La industria puede establecer metas de producción con eficiencia energética, lo que se traduce en ahorro de recursos para la empresa y reducción del impacto ambiental.

**Tabla 18. MEDIDA PML 02 - EFICIENCIA ENERGÉTICA**

<b>PML – EE– 02: Controlar la máxima demanda de potencia</b>
<b>Situación</b> <p>Las empresas de distribución de energía eléctrica efectúan un cobro por demanda de potencia, además del cobro por consumo de energía, a aquellas empresas de la categoría industrial. Cada mes el cobro por demanda de potencia se efectúa tomando en cuenta la máxima potencia histórica del período eléctrico vigente en horario de punta, si lo hubiera.</p>
<b>Recomendación</b> <p>La demanda de potencia en punta cuesta mucho más que la fuera de punta.          Si la empresa tiene un pico de demanda de potencia en el periodo de punta al inicio del período eléctrico, por más que este no se vuelva a producir el pago por el mismo se arrastra hasta el final del periodo eléctrico a un precio elevado.          Por tanto, este aspecto debe ser adecuadamente controlado mediante la planificación de la producción.</p>
<b>Beneficio</b> <p>El uso eficiente de energía se constituye en un ahorro económico para la empresa.</p>

**Tabla 19. MEDIDA PML 03 - EFICIENCIA ENERGÉTICA**

<b>PML – EE– 03: Elevar el factor de potencia</b>
<b>Situación</b> <p>La energía reactiva que se genera por el uso de motores eléctricos y bobinas, es la responsable de la disminución del factor de potencia.</p>
<b>Recomendación</b> <p>Un bajo factor de potencia implica mayores pérdidas de energía eléctrica.          Para reducir la cantidad de energía reactiva se recomienda recurrir a la instalación de bancos de capacitores.</p>
<b>Beneficio</b> <p>El uso eficiente de energía se constituye en un ahorro económico para la empresa.</p>

#### 4.3.6 PROPUESTAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA RELATIVAS AL USO EFICIENTE DE MATERIALES Y DE INSUMOS

**Tabla 20. MEDIDA PML 01 - USO EFICIENTE DE MATERIALES**

PML – MAT - 01: Implementación de indicadores de eficiencia	
<b>Situación</b>	Muchas unidades industriales del rubro no tienen implementado un sistema de indicadores de eficiencia, lo que impide mejorar los procesos respecto al uso de materiales e insumos.
<b>Recomendación</b>	Se recomienda emplear los Indicadores N° 1 “Consumo total de insumos”, 2 “Análisis de eficiencia” y 6 “Indicador de eficiencia en el uso de insumos”, detallados en el acápite 3.1.
<b>Beneficio</b>	Permite establecer metas de eficiencia en la producción, con el consiguiente efecto de ahorro en la compra de insumos.

**Tabla 21. MEDIDA PML 02 - USO EFICIENTE DE MATERIALES**

PML – MAT - 02: Optimizar el uso de sustrato de impresión	
<b>Situación</b>	De acuerdo al tamaño de la maquinaria que se emplea, el material empleado para el proceso de encaminado, puede llegar a desperdiciarse cantidades importantes de materiales, lo que se traduce en gastos para la empresa y generación de residuos sólidos.
<b>Recomendación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>En la impresión flexográfica</b> es recomendable que en el proceso de encaminado se emplee material rechazado con las mismas características de estructura, vale decir que, si el trabajo de impresión se realiza en polietileno, el proceso de encaminado también se realice en el mismo material, pero con impresión o “reciclado”, esta operación genera un ahorro en el material a imprimir.</li> <li>• <b>En la impresión offset</b>, pese a que se emplea poco material para el proceso de encaminado, de la misma forma se recomienda emplear material “reciclado” en el inicio de la impresión, de forma que se genere menor cantidad de residuos, generando un ahorro en el material.</li> </ul>

### Beneficio

- Se reducen costos por materiales descartados.
- Se reduce la generación de residuos sólidos.

**Tabla 22. MEDIDA PML 03 - USO EFICIENTE DE MATERIALES**

### PML – MAT - 03: Mantener el orden y limpieza de los ambientes

#### Situación

Muchas veces las industrias el rubro no llevan a cabo los procesos de orden y limpieza en el área de almacenamiento de materiales, en producción y en el almacén de producto terminado, lo cual conlleva a diferentes riesgos que afectan en la eficiencia de los procesos.

#### Recomendación

Esta acción permite evitar confusiones en los trabajos, así también evitar el ingreso de partículas extrañas al trabajo, tales como polvo, cabellos y otros, cuya presencia puede provocar errores en la impresión, pudiendo llegar a rechazar lotes enteros.

En industrias del rubro se debe realizar el control de ingreso de personal con equipos de protección tales como cofias y barbijos, aspecto que contribuye a la limpieza de los ambientes, consecuentemente asegura la calidad del trabajo.

#### Beneficio

- Se previene la ejecución de trabajos “no conformes” por fallas en la impresión o laminación.
- Se evita realizar trabajos y compras por duplicado.

**Tabla 23. MEDIDA PML 04 - USO EFICIENTE DE MATERIALES**
**PML – MAT - 04: Mantener condiciones de temperatura y humedad en los ambientes de trabajo**
**Situación**

Muchas industrias del rubro no siguen las recomendaciones de los fabricantes de equipos y los materiales que emplean, generando productos no conformes y el deterioro paulatino de los equipos.

**Recomendación**

- Se recomienda el control de las condiciones recomendadas por los fabricantes de los materiales de impresión y de los equipos de impresión y laminación.
- Este aspecto puede ser crucial en el proceso de impresión, puesto que tanto los equipos como los materiales tienen directa relación con las condiciones ambientales, principalmente de temperatura y humedad.
- En ese sentido, las empresas deben considerar la implementación de sistemas de ventilación, control de humedad y temperatura de los ambientes.

**Beneficio**

- Reducción de productos no conformes.
- Ampliación de la vida útil de la maquinaria.

**Tabla 24. MEDIDA PML 05 - USO EFICIENTE DE MATERIALES**

<b>PML – MAT - 05: Optimizar el sistema de almacenes</b>	
<b>Situación</b>	Muchas industrias del rubro no cuentan con un adecuado sistema de almacenes, generando compras duplicadas de materiales, conclusión de la vida útil de las tintas y otro tipo de pérdidas.
<b>Recomendación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recomienda llevar una buena rotación de los inventarios, mediante las siguientes acciones:</li> <li>• Registrar todas las compras.</li> <li>• Identificar en el almacén las compras con un número de lote, fecha de compra y de vencimiento.</li> <li>• Evitar colocar materiales nuevos sobre materiales antiguos.</li> <li>• Mantener estricta vigilancia en las entradas y salidas de materiales.</li> <li>• Asegurar que el almacén cuente con las condiciones necesarias que eviten que la materia prima e insumos puedan perder sus propiedades</li> <li>• Apilar los insumos y materia prima sobre palets para evitar el contacto directo con el suelo.</li> <li>• Asimismo, se recomienda implementar un sistema de control de almacenes, en función al tamaño de la industria, desde Kardex físico y movimientos de los materiales, hasta sistemas automatizados para el control de almacenes.</li> <li>• Esta acción contribuye de manera importante para el adecuado uso de los materiales e insumos y la compra programada de acuerdo a los trabajos proyectados.</li> </ul>
<b>Beneficio</b>	Evita la compra innecesaria de materiales e insumos, generando un ahorro para la empresa.

**Tabla 25. MEDIDA PML 06 - USO EFICIENTE DE MATERIALES**

**PML – MAT - 06: Reformulación de productos**

**Situación**

Siendo que en general los productos de la industria gráfica son empaques, una vez que el producto es consumido, el empaque se constituye en un residuo que debe ser adecuadamente gestionado para la prevención de la contaminación.

**Recomendación**

- Esta medida consiste en sustituir el producto final por otro de características similares, que requiera de insumos no peligrosos o menos peligrosos en los procesos de producción o cuyo uso y/o disposición final sea menos dañino para el medio ambiente y la salud.
- Este aspecto deberá ser consensuado con el cliente, recomendando y priorizando el uso de materiales que cuenten con una gestión de residuos a nivel local o productos biodegradables, para lo cual se recomienda el contacto con entidades como el “Kiosko Verde”, instancia que cuenta con una base de datos de Operadores Autorizados de Residuos y emprendimientos que se dedican a la gestión de residuos en general.

**Beneficio**

Con la implementación de la medida se reduce el impacto ambiental en razón de que los materiales biodegradables son más amigables con el medio ambiente.



## 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/2008-06/1-Textbook\\_0.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf)

**Guía de Economía Circular** – Hanns [https://alternativascc.org/wp-content/uploads/2021/12/Guia-Economi%CC%81a-Circular\\_web.pdf](https://alternativascc.org/wp-content/uploads/2021/12/Guia-Economi%CC%81a-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](https://cebem.org/revistaredesma/vol1/pdf/redesma0101_art05.pdf)

**Guía para el control y la prevención de la contaminación industrial.** Industria Gráfica. Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile. [https://www.curriculumnacional.cl/614/articulos-216387\\_recurso\\_pdf.pdf](https://www.curriculumnacional.cl/614/articulos-216387_recurso_pdf.pdf)



ESTADO PLURINACIONAL DE  
**BOLIVIA**

MINISTERIO DE DESARROLLO  
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



BICENTENARIO DE  
**BOLIVIA**

**¡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)