GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN CON ENFOQUE ESTRATÉGICO EN LA PRODUCCIÓN LIMPIA

UNIDAD 4: Enfoque en Producción Limpia

Del crecimiento económico al desarrollo sostenible

CRECIMIENTO ECONÓMICO

- Aumento de la producción
- Mayor ingreso
- Expansión de mercados
- Generación de empleo

≠

EL CRECIMIENTO ECONÓMICO NO GARANTIZA, POR SÍ SOLO, EL DESARROLLO SOSTENIBLE

El desarrollo sostenible requiere considerar simultáneamente **tres dimensiones interdependientes:**

DIMENSIÓN ECONÓMICA

- Productividad y eficiencia
- Competitividad
- Rentabilidad
- Generación de empleo
- Continuidad del negocio



DIMENSIÓN SOCIAL

- Trabajo digno
- Seguridad y salud
- Equidad e inclusión
- Bienestar de la comunidad
- Desarrollo de capacidades



DIMENSIÓN AMBIENTAL

- Prevención de impactos
- Uso eficiente de recursos
- Conservación de ecosistemas
- Mitigación y adaptación al cambio climático
- Protección de la biodiversidad





DESARROLLO SOSTENIBLE

Integración de objetivos económicos, sociales y ambientales en las decisiones de desarrollo, para satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las propias.

Relación entre desarrollo sostenible y producción más limpia

DESARROLLO SOSTENIBLE

Satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las **generaciones futuras** para satisfacer las propias.

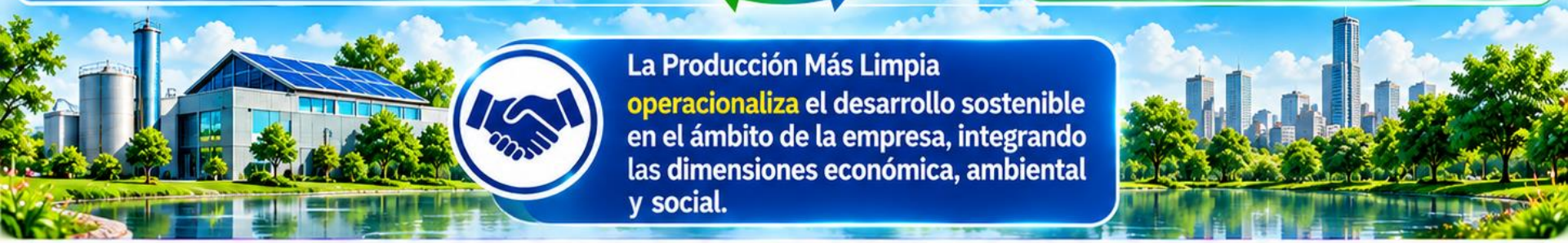
- Dimensión social
- Dimensión económica
- Dimensión ambiental



PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Estrategia **ambiental preventiva e integrada** a los procesos, productos y servicios, orientada a aumentar la eficiencia en el uso de recursos, minimizar la generación de residuos y reducir los riesgos para las personas y el ambiente.

- Prevención en la fuente
- Eficiencia de recursos
- Minimización de residuos
- Procesos seguros y resilientes



La Producción Más Limpia **operacionaliza** el desarrollo sostenible en el ámbito de la empresa, integrando las dimensiones económica, ambiental y social.

CONTRIBUCIÓN A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

La Producción Más Limpia contribuye directamente a múltiples ODS, especialmente:

- 6 Agua limpia y saneamiento
- 7 Energía asequible y no contaminante
- 9 Industria, innovación e infreestructura
- 12 Producción y consumo responsables
- 13 Acción por el clima
- 15 Vida de ecosistemas terrestres

Producción más limpia: concepto y enfoque estratégico

¿QUÉ ES PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA?

Estrategia **ambiental preventiva** e **integrada** que busca aumentar la **eficiencia en el uso de recursos,** minimizar la generación de residuos y **reducir los impactos ambientales** en todo el ciclo de vida de los procesos, productos y servicios.



ENFOQUE ESTRATÉGICO

La Producción Más Limpia se integra a la estrategia empresarial como un factor clave para la **competitividad, la innovación** y la generación de **valor económico, ambiental y social** en el largo plazo.



PRINCIPIOS CLAVE

Prevención
Evitar la generación de contaminación desde la fuente.

Eficiencia
Uso más eficiente de recursos (energía, agua, materias primas).

Integración
Consideración del ciclo de vida de productos y procesos.

Mejora continua
Innovación y aprendizaje permanente.

ÁREAS DE APLICACIÓN

- Procesos productivos
- Productos
- Servicios
- Cadena de valor y ciclo de vida

RESULTADOS ESPERADOS

- Menor consumo de recursos (energía, agua, materias primas)
- Menores emisiones y residuos
- Reducción de costos y mayor eficiencia
- Mejora de la salud y seguridad de las personas
- Mayor competitividad y resiliencia empresarial



La Producción Más Limpia contribuye a un modelo de producción y consumo más **responsable, eficiente y resiliente,** en equilibrio con el ambiente y la sociedad.

PRODUCCIÓN LIMPIA

Tres definiciones complementarias



1 Prevención de la contaminación



> La aplicación continua de una **estrategia ambiental preventiva e integrada** a los procesos, productos y servicios, con el objetivo de aumentar la eficiencia en el uso de los recursos y minimizar los riesgos para los seres humanos y el ambiente."

PNUMA
(Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2002). *Producción más limpia. Perspectiva ambiental global.*

2 Mejora continua de procesos



> La Producción Limpia es la aplicación continua de una **estrategia integrada de prevención ambiental** a los procesos, productos y servicios, con el fin de aumentar la eficiencia en el uso de los recursos y disminuir o evitar la generación de contaminantes desde su origen."

Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL)
(1999). *Producción Limpia: Conceptos, técnicas y experiencias.*

3 Enfoque integral y de sostenibilidad



> La Producción Limpia es un **enfoque preventivo e integrado** que busca mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, reducir los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de los productos y generar beneficios económicos, sociales y ambientales, mediante la innovación continua en procesos, productos y servicios."

Klemm, D. y Schreiber, D.
(2007). Cleaner production and sustainable industrial development.
UNIDO (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial).

Pensamiento Estratégico y Aprendizaje Organizacional

UNA MEJORA AMBIENTAL AISLADA NO GARANTIZA UNA TRANSFORMACIÓN SOSTENIBLE

La Producción Limpia requiere una **visión estratégica** y una **organización que aprenda** para sostener y escalar la transformación en el tiempo.

PENSAMIENTO ESTRATÉGICO

- Interpretar el entorno
- Anticipar escenarios
- Cuestionar supuestos
- Identificar alternativas

¿Hacia dónde y por qué transformar?





APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL

- Experimentar
- Evaluar e interpretar
- Compartir conocimientos
- Institucionalizar mejoras

¿Cómo sostener y perfeccionar la transformación?



ARTICULACIÓN: El pensamiento estratégico **orienta la transformación**; el aprendizaje organizacional permite **incorporar la experiencia** y **consolidar nuevas capacidades.**

IDEA CLAVE: La **Producción Limpia** adquiere **continuidad** cuando la empresa no solamente implementa mejoras, sino que **aprende de ellas** y **revisa sus decisiones futuras.**

La Gestión Tecnológica como habilitadora de la Producción Limpia

LA TECNOLOGÍA NO GENERA SOSTENIBILIDAD AUTOMÁTICAMENTE

La Gestión de la Tecnología y la Innovación permite **identificar, seleccionar, desarrollar, adaptar y combinar** tecnologías para alcanzar objetivos productivos y ambientales.

RECURSOS TECNOLÓGICOS

Equipos · información · conocimientos · infraestructura



COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS

Saber adaptar · operar · integrar · mejorar



CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

Articular recursos y competencias de manera sistemática



PRODUCCIÓN LIMPIA

Prevención · eficiencia · generación de valor



INNOVACIÓN: articulación transversal de toda la base tecnológica

Nuevas tecnologías → Adaptación y combinación → Mejora de procesos y productos → Mayor desempeño económico, ambiental y social

Retroalimentación y aprendizaje organizacional

IDEA CLAVE: La contribución ambiental de una tecnología depende de su **pertinencia estratégica** y de las **capacidades de la empresa** para aprovecharla.

LA PRODUCCIÓN LIMPIA APLICA



PROCESOS PRODUCTIVOS

- Para los **procesos productivos**: ahorro de materias primas y energía; sustitución de materiales peligrosos por otros que no lo sean o lo sean menos; y reducción de la cantidad y peligrosidad de las emisiones, vertidos y residuos generados, previo a que finalice el proceso de producción.



PRODUCTOS

- Para los **productos**: reducción de los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta la eliminación final del producto.



SERVICIOS

- Para los **servicios**: incorporación de los aspectos ambientales en el proyecto y la prestación de las actividades que se realizan.

Producción Limpia significa

Para los procesos:	Conservación de materia prima y energía. Eliminación del uso de materias primas tóxicas. Reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desechos antes de que salgan del proceso.
Para los productos:	Reducción de los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida, desde la extracción de materia prima hasta su disposición.
La producción más limpia reduce los riesgos para:	Los trabajadores. La comunidad. Los consumidores de productos. Las futuras generaciones.
La producción más limpia reduce los costos de:	Producción. Tratamiento al final del proceso (end of pipe o "al final del tubo"). Servicios de salud. Recomposición del ambiente.
La producción más limpia mejora:	La eficiencia de los procesos. La calidad del producto. Incluso cuando los costos de inversión son altos, el periodo de recuperación de la inversión puede ser corto.

Fuente: Manual de Producción más Limpia - PNUMA en Francia.

Consideraciones sobre la Producción Limpia

- ✓ Implica un proceso preventivo y continuo, no es una actuación puntual, ni en un tiempo determinado.
- ✓ Puede aplicarse a cualquier tipo y/o tamaño de empresa.
- ✓ Tiene como propósito conseguir un equilibrio razonable entre la disponibilidad y el consumo de materias primas y energía.
- ✓ Significa producir bienes con menores impactos ambientales.
- ✓ No se limita solo a la minimización de residuos, sino que aplica el término “impactos” en todo el ciclo de vida de los productos.
- ✓ Se enfoca en reducir los riesgos sobre la higiene y seguridad de los trabajadores y el bienestar de los ciudadanos.
- ✓ Resulta eficiente (aumenta la productividad) y efectiva (resultados positivos para el largo plazo).
- ✓ Su implementación posibilita una **triple ventaja integrada**: previene la contaminación del ambiente, protege a los seres humanos y beneficia a las empresas.

Prácticas de PL en la empresa

A procesos

Administración de procedimientos de Producción	▪ Controlar de consumo de agua, energía y materia prima. ▪ Recoger vertimientos en el transporte de partes o productos. ▪ Optimizar las configuraciones de las máquinas. ▪ Minimizar desechos a partir de cambios de operaciones. ▪ Prevenir y optimizar el manejo de las materias primas y los escapes.
Cambios en Tecnología	▪ Limpiar de forma mecánica en lugar de limpiar con solventes y/o detergentes. ▪ Utilizar pintura en polvo en lugar de pintura tradicional. ▪ Verter químicos en un proceso de forma automática (dosificación) y no manualmente.
Aprovechamiento de Residuos	▪ Reciclar internamente el agua empleada en el proceso. ▪ Reciclar internamente los desechos del proceso. ▪ Separar los empaques obsoletos. ▪ Re-usar los subproductos en otros procesos productivos o elementos de uso (mobiliarios).

Fuente: Aplicación de la PML a nivel de procesos (Van Hoof, 2008)

Prácticas de PL en la empresa – cont.

A productos

Sustitución de Materiales	▪ Sustituir solventes por agua Ej. (tintas, derivados de petróleo, tintas a base de agua). ▪ Evitar el uso de ácidos. ▪ Evitar el uso de cloritos. ▪ Evitar el uso de metales pesados.
Rediseño del Producto	▪ Usar materiales reciclados. ▪ Disminuir el uso de materiales. ▪ Utilizar empaques re-utilizables. ▪ Disminuir el consumo de energía y agua durante el uso. ▪ Aumentar la durabilidad del producto.

Fuente: Aplicación de la PML a nivel de procesos (Van Hoof, 2008)

Prácticas de PL en la empresa – cont.

A servicios

Eficiencia en la utilización de recursos	▪ Usar de manera eficiente el agua y la energía eléctrica. ▪ Optimizar el uso de materiales e insumos de oficina y tareas de campo. ▪ Programar las actividades que involucran la utilización de combustibles, aceites, etc.
Manejo y reducción de desechos	▪ Hotelería (manejo de desechos provenientes de empaque para alimentos, uso eficiente de elementos de limpieza en instalaciones y lavandería, etc.). ▪ Hospitalarios (almacenamiento adecuado de residuos patológicos, tratamiento discriminado de residuos patológicos, protección del personal que maneja residuos peligrosos, etc.).

Producción Limpia versus Final del Tubo

Gestión ambiental convencional (Final del Tubo)

¿Qué podemos hacer con los **desechos y emisiones existentes?**



- Se enfoca en el **síntoma**.
- Actúa después de que se generan los desechos y emisiones.
- Implica costos de tratamiento y disposición.
- No evita los impactos, solo los gestiona.

Producción Limpia (Gestión ambiental integrada a la producción)

¿De dónde **provienen** nuestros desechos y emisiones? ¿Por **qué** se generan los desechos?



- Se enfoca en la **causa**.
- Previene la generación de desechos y emisiones.
- Integra los aspectos ambientales al diseño y operación del proceso.
- Genera beneficios ambientales y productivos.

Del síntoma a la fuente

La diferencia esencial radica en el hecho de que la Producción Limpia no trata el síntoma, sino que intenta llegar a la fuente del problema.

EJEMPLO DE PL (gestión ambiental integrada a la producción)

En la unidad de tratamiento de agua de un fabricante de cobre **se genera fango que contiene metal**, el cual debe comercializarse debido a los crecientes costos de eliminación. Su venta resulta ser bastante difícil debido al hecho que el fango contiene demasiado hierro.

Una investigación más a fondo revela que el hierro se agrega en cantidades considerables después del proceso. Se lo incorpora en la unidad de tratamiento de aguas residuales en forma de cloruro de hierro (**como un típico floculante**). Así la compañía comprende que su problema no está en el fango generado, sino que es un **problema de aguas residuales**.

Un análisis posterior de las principales fuentes de aguas residuales ha mostrado que **en dos puntos del proceso de producción se consume una cantidad enorme de cobre electrolítico en solución** y por consiguiente termina en las aguas residuales.

El problema del fango o de aguas residuales finalmente ha **resultado ser un problema de proceso**. Medidas relativamente simples en los **niveles organizativo y tecnológico** finalmente ayudaron a **reducir el consumo de materias primas** considerablemente en estos dos puntos, lo que implicó a una **reducción del 50% del fango producido** (ONUDI, 2025).

ACTIVIDAD

ÁULICA 8

Identificación y evaluación de los aspectos ambientales clave de la empresa

Evaluando los procesos productivos y las actividades auxiliares de la empresa, se identifican y valoran (cuantitativa y cualitativamente) los aspectos ambientales asociados.

Entradas de la empresa

Materias primas, agua, energía, insumos

Proceso productivo y actividades auxiliares

Salidas de la empresa

CO_2

Emisiones, efluentes, residuos, ruido, entre otros

Identificación de los aspectos ambientales clave

Emisiones a la atmósfera
- Gases de combustión
- Polvos y partículas
- Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Aguas residuales
- Efluentes de proceso
- Aguas de limpieza
- Lixiviados

Consumo de agua
- Agua de proceso
- Agua de limpieza
- Agua sanitaria

Otros aspectos
- Generación de residuos
- Consumo de energía
- Uso de sustancias peligrosas
- Ruido, vibraciones, etc.

Identificación de los impactos ambientales asociados

Impactos por emisiones a la atmósfera
- Cambio climático
- Deterioro de la calidad del aire
- Afectación a la salud

Impactos por aguas residuales
- Contaminación del agua
- Eutrofización
- Riesgos para la salud

Impactos por consumo de agua
- Agotamiento del recurso
- Conflictos por uso del agua
- Afectación a ecosistemas

Otros impactos
- Contaminación del suelo
- Generación de residuos
- Consumo de recursos
- Afectación a la biodiversidad

Evaluación de los impactos
(criterios cuantitativos y cualitativos)

Determinación de los aspectos ambientales clave de la empresa

Identificación de los aspectos ambientales clave: niveles de análisis en la empresa

Nivel 1
Empresa
(visión global)



Descripción del Nivel 1: Empresa

- Visión global de la organización y su interacción con el entorno.
- Permite identificar las entradas (materias primas, auxiliares, energía y agua) y las salidas (productos, subproductos, residuos, vertidos y emisiones).
- Se analizan todas las actividades productivas y auxiliares de la empresa.
- Se identifican los aspectos ambientales clave asociados a cada entrada y salida, considerando su magnitud e importancia.
- Sirve como punto de partida para priorizar procesos y profundizar el análisis en los niveles siguientes.

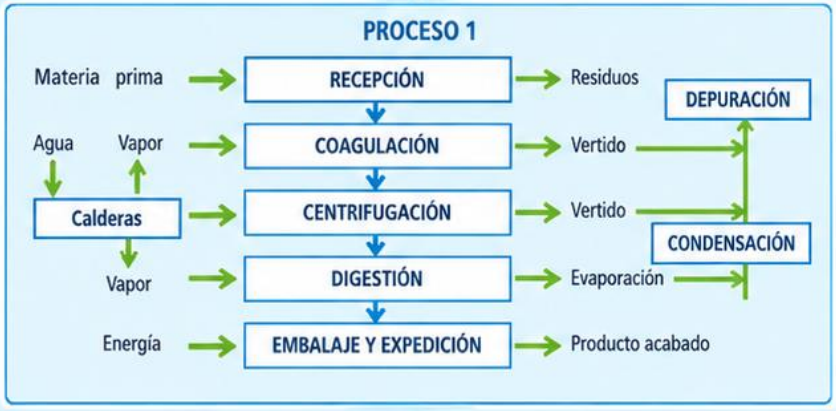
Nivel 2
Procesos
(visión por procesos)



Descripción del Nivel 2: Procesos

- Desagrega la empresa en sus principales procesos productivos y actividades auxiliares (p. ej., calderas, depuración, limpieza).
- Permite identificar los aspectos ambientales asociados a cada proceso, considerando sus entradas y salidas específicas.
- Facilita la comparación entre procesos para determinar cuáles generan los mayores impactos.
- Ayuda a priorizar aquellos procesos que requieren mejoras o intervenciones tecnológicas.
- Constituye la base para el análisis detallado de cada proceso en el nivel 3.

Nivel 3
Proceso específico
(visión detallada)



Descripción del Nivel 3: Proceso específico

- Analiza en detalle un proceso concreto (p. ej., Proceso 1).
- Muestra las etapas u operaciones unitarias y los flujos de materiales, agua, energía y emisiones asociados.
- Identifica los aspectos ambientales generados en cada etapa (residuos, vertidos, emisiones, consumo de recursos, etc.).
- Permite evaluar la magnitud e importancia de los impactos ambientales específicos del proceso.
- Facilita la identificación de opciones de Producción Limpia y mejoras tecnológicas para prevenir o reducir los impactos.

Modificación del proceso (sustitución y reciclado externo)

1 Sustituir los solventes orgánicos por agentes acuosos

Reduce emisiones, riesgos para la salud y la generación de residuos peligrosos.

Antes
(Solventes orgánicos)



Barnices y desengrasantes con base solvente

Después
(Agentes acuosos)



Barnices solubles en agua y limpiadores alcalinos acuosos

Ejemplos

- Barnices solubles en agua.
- Agentes limpiadores alcalinos con base acuosa para desengrasar metales.

2 Sustituir los productos petroquímicos por bioquímicos

Disminuye la toxicidad, mejora la biodegradabilidad y reduce la dependencia de recursos fósiles.

Antes
(Productos petroquímicos)



Agentes de tinte de base petroquímica

Después
(Bioquímicos)



Colorantes naturales y lubricantes de bases biológicas

Ejemplos

- Sustancias colorantes naturales en lugar de agentes de tinte petroquímicos.
- Lubricantes sobre bases biológicas.

3 Seleccione los materiales con menos impurezas

Reduce emisiones, mejora la calidad del producto y facilita el tratamiento de residuos.

Antes
(Materiales con mayor impureza)



Combustibles con alto contenido de azufre (carbón)

Después
(Materiales más limpios)



Combustibles con menor azufre (gas natural)

Ejemplos

- Uso de gas natural en lugar de carbón por su menor contenido de azufre.
- Uso de cartón corrugado claramente separado en la industria del embalaje.

4 Uso de residuos como materias primas

Promueve la economía circular, reduce el consumo de materias primas vírgenes y valoriza residuos.

Antes
(Materia prima virgen)



Uso de materia prima virgen

Después
(Residuos como insumo)



Uso de residuos y subproductos como materia prima

Ejemplos

- Uso de fibras solubles vegetales (mucílagos) de la producción química de pulpa para la industria del ladrillo.
- Productos a partir de materiales reciclados (vidrio, papel, etc.).

Modificación del proceso (cambios tecnológicos)

1 Sustituir procesos termoquímicos por alternativas mecánicas

Permite reducir el uso de productos químicos, las emisiones y los riesgos para la salud.

Antes
Limpieza con químicos



Uso de ácidos o soluciones alcalinas.

Después
Limpieza mecánica



Cepillos o métodos supersónicos.

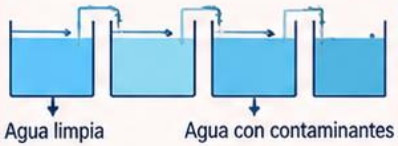
Ejemplos
- Limpieza de superficies con cepillos o métodos supersónicos.
- Grabado mecánico en lugar del grabado químico.

Beneficios
- Menor uso de químicos
- Reducción de residuos peligrosos
- Mejora de la seguridad laboral

2 Uso de contracorriente en lugar de técnicas de una sola cascada

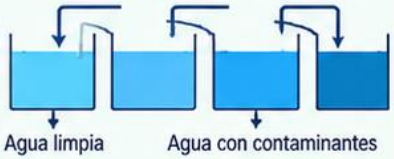
Aumenta la eficiencia en el uso de agua y energía, reduciendo el consumo de recursos.

Antes
Lavado en una sola cascada



Mayor consumo de agua

Después
Lavado en contracorriente



Menor consumo de agua

Ejemplos
- Cascadas en contracorriente en procesos de lavado.
- Método de contracorriente en las unidades de secado.
- Integración del calor en procesos con diferentes temperaturas.

Beneficios
- Ahorro de agua y energía
- Menor generación de efluentes
- Mayor eficiencia del proceso

3 Manejo por separado de flujos de desechos y aguas residuales

Facilita la recuperación de materiales y el reciclaje interno y externo.

Antes
Mezcla de efluentes



Aguas residuales y desechos mezclados.

Después
Separación de flujos



Ejemplos
- Separación de aguas residuales para recuperación electrolítica de metales.
- Colecta separada de residuos para reciclaje interno y externo.

Beneficios
- Recuperación de materiales valiosos
- Menor volumen de residuos a tratar
- Reducción de costos de disposición

4 Recuperación del calor

Permite aprovechar la energía térmica disponible, disminuyendo el consumo de combustibles y las emisiones.

Antes
Pérdida de calor



Gases de escape del horno sin aprovechamiento.

Después
Recuperación de calor



Intercambiador de calor para precalentar el aire de combustión.

Ejemplos
- Precalentamiento de aire con el gas de escape del horno.
- Uso del vapor resultante del enfriamiento del líquido refrigerante.

Beneficios
- Menor consumo de combustibles
- Reducción de emisiones de CO_2
- Mayor eficiencia energética

Alternativas de buenas prácticas y funcionamiento

1 Cambiar la dosificación / la concentración

Optimiza el uso de reactivos y reduce el consumo de agua y la generación de efluentes.

Situación actual
Dosificación inadecuada



Mejora propuesta
Dosificación / concentración optimizada



Ejemplos

- Ajustar los valores de pH de soluciones.
- Verificar la concentración de químicos recomendada por el proveedor.
- Instalar sistemas de regulación para el agua de enjuague (válvulas, sensores).

2 Aumento del uso de las capacidades del proceso

Incrementa la eficiencia, reduce consumos específicos y costos operativos.

Situación actual
Operación a carga parcial



Secador operando con baja carga

Mejora propuesta
Operación a capacidad óptima



Secador operando a carga completa

Ejemplos

- Llenar al máximo la unidad de secado.
- Crear capacidades de compensación para operar continuamente.
- Apagar equipos y máquinas en intervalos de inactividad.
- Programar la producción para minimizar arranques y paradas.

3 Reorganización de los intervalos de limpieza y mantenimiento

Reduce el uso de productos químicos, el tiempo de limpieza y mejora la vida útil de los equipos.

Situación actual
Limpieza frecuente



Uso elevado de productos químicos y paradas frecuentes

Mejora propuesta
Limpieza y mantenimiento optimizados



Menos etapas de limpieza y limpieza más eficiente

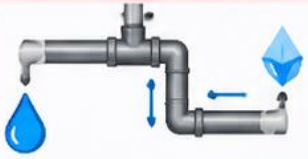
Ejemplos

- Reducir el número de etapas de limpieza.
- Monitorear el estado de equipos (cambios de aceite, filtros, etc.).
- Establecer un plan preventivo de mantenimiento.
- Controlar tiempos de trabajo y asegurar la calidad del proceso.

4 Seguir el flujo del material

Permite identificar los puntos de mayor consumo de recursos y las oportunidades de mejora en el uso del agua, energía y materias primas.

Situación actual
Sin seguimiento del flujo



Consumo de agua no identificado y sin control

Mejora propuesta
Balance y monitoreo del flujo



Medición y control del consumo de agua en línea

Ejemplos

- Realizar un balance de agua que muestre los consumos principales y los puntos de escape.
- Instalar medidores de flujo y sistemas de monitoreo.
- Evaluar alternativas para la recirculación y el ahorro de agua.
- Utilizar los datos para definir acciones de mejora y metas de reducción.

Alternativas de reciclado interno

1 Re-utilización

Utilización renovada de un material o producto para el mismo propósito de antes.

Antes
Material usado



Solventes usados de limpieza

Después
Re-utilización interna



Sistema de filtración y recuperación de solventes

Otros ejemplos

- Paquetes y envases retornables.
- Lavado y reutilización de trapos de limpieza.
- Reciclaje electrolítico o químico de soluciones cáusticas.

Beneficios

- ✓ Requce la compra de insumos.
- ✓ Disminuye residuos peligrosos.
- ✓ Ahorra costos de disposición.

2 Utilización posterior

Uso de un material o producto para un propósito diferente al original.

Antes
Residuo del proceso



Residuos de barniz

Después
Nuevo uso interno



Uso como pintura/recubrimiento para partes no visibles

Otros ejemplos

- Acetona solvente solo para limpieza.
- Residuos de barniz para pintar con atomizador las partes invisibles (p. ej., tratamiento anticorrosivo).

Beneficios

- ✓ Aprovecha materiales residuales.
- ✓ Reduce la compra de insumos vírgenes.
- ✓ Disminuye la generación de residuos.

3 Bajos ciclos

Explotación posterior de un material para otro propósito, generalmente de menor calidad.

Antes
Residuos de plástico o papel



Recortes y residuos de embalaje

Después
Uso como relleno o embalaje



Material de relleno para embalaje interno

Otros ejemplos

- Residuos de plástico o papel como relleno para embalar.
- Rechazos de madera como material de embalaje.
- Retazos textiles para trapos de limpieza.

Beneficios

- ✓ Reduce el volumen de residuos.
- ✓ Sustituye materiales virgenes.
- ✓ Genera ahorros en insumos y embalajes.

4 Recuperación

Uso parcial de una sustancia residual, recuperando un componente de valor.

Antes
Solución agotada



Solución con metales disuelta

Después
Recuperación de metales



Recuperación electrolítica de plata u otros metales

Otros ejemplos

- Recuperación de plata a partir de soluciones químicas usadas en fotografía.
- Recuperación de metales de efluentes de proceso.
- Recuperación de calor o energía de corrientes residuales.

Beneficios

- ✓ Recupera materiales de valor.
- ✓ Reduce la carga contaminante de efluentes.
- ✓ Disminuye costos de tratamiento.

Evaluación Ambiental de Alternativas

Se utilizan criterios para comparar alternativas (tecnológicas, operativas o de gestión) y seleccionar la opción más conveniente desde el punto de vista ambiental, técnico, económico y social.

Criterios de Evaluación
(¿Con qué medir?)

1. **Cumplimiento de la legislación ambiental**
   Verificar el cumplimiento normativo y descartar alternativas que no lo garanticen.
2. **Consumo de energía**
   Comparar el consumo energético y priorizar opciones de mayor eficiencia.
3. **Consumo de agua y materiales**
   Analizar el consumo de agua y materias primas y priorizar alternativas que reduzcan su uso.
4. **Riesgos ambientales y para la salud**
   Identificar los riesgos y priorizar alternativas de menor probabilidad y severidad de impactos.
5. **Generación de residuos y emisiones**
   Estimar la cantidad y tipo de residuos y emisiones y priorizar alternativas que los minimicen.
6. **Impactos en la salud humana**
   Evaluar los posibles efectos sobre los trabajadores y la población cercana y priorizar alternativas que reduzcan la exposición.
7. **Control de la contaminación**
   Analizar la necesidad de sistemas de control y priorizar alternativas que faciliten su implementación y minimicen la contaminación.

EVALUACIÓN AMBIENTAL
Criterios + Alternativas

Resultado

Seleccionar la alternativa más conveniente desde el punto de vista ambiental, técnico, económico y social.

Alternativas
(¿Qué opciones tenemos?)

A. Alternativa tecnológica
Instalar un sistema de captación y tratamiento de emisiones.

B. Alternativa operativa
Modificar el proceso productivo (p. ej., reducir el consumo de agua y energía).

C. Alternativa de gestión
Implementar buenas prácticas operativas y de mantenimiento (p. ej., segregación de residuos, capacitación del personal).

D. Otras alternativas
Sustituir materias primas o insumos por alternativas más sostenibles (p. ej., materiales no tóxicos o reciclados).

En síntesis: Los criterios permiten evaluar y comparar distintas **alternativas**, para elegir la opción que mejor equilibre el desempeño ambiental con los objetivos de la empresa y de la sociedad.

UN CASO PRÁCTICO

Reducción de la neblina de pulverización en la aplicación de pintura

Sector industrial

Fabricación de piezas metálicas con aplicación de pintura en cabina.

Proceso de fabricación asociado

- Las piezas se preparan, se cuelgan en el marco y entran en la cabina de pintura.
- Se aplica una capa base, luego otra de pintura y una última de barniz.
- La cabina tiene un circuito cerrado de agua para evitar que salga pintura.

Aplicación de pintura (Situación inicial)



Aspectos ambientales clave

Consumo de materias primas

- Alto porcentaje de pintura desperdiciado por la neblina.
- Mayor consumo de pintura.

Residuos sólidos

- Exceso de pintura en la cortina de agua de la cabina.
- Aguas residuales con restos de pintura que deben tratarse antes de su recirculación.

Alternativa aplicada: Pistola HVLP

Situación inicial
Pistola convencional



- Alta neblina de pulverización
- Mayor pérdida de pintura
- Mayor generación de residuos
- Menor transferencia de pintura

Alternativa
Pistola HVLP
(High volume/low pressure)



- Menor neblina de pulverización
- Mayor transferencia de pintura
- Menor generación de residuos
- Mejor aprovechamiento de la pintura

Descripción de la T+L aplicada

- La diferencia entre el proceso con pistolas HVLP y el convencional es que el antiguo utilizaba una gran cantidad de pintura.
- La presión para atomizar la pintura se reduce y el volumen de aire aumenta.
- La presión reducida disminuye la velocidad de las partículas, aumenta la eficiencia en los baños de pintura y reduce hasta un 30-40% la neblina de pulverización.

Resultados esperados

30–40 %
Reducción de la neblina de pulverización

Menor consumo de pintura
y de materias primas

Menor generación de residuos sólidos
y de aguas residuales con restos de pintura

Mayor eficiencia del proceso
y mejor aprovechamiento de los recursos

UN CASO PRÁCTICO - Cont.

Reducción de la neblina de pulverización en la aplicación de pintura

1 Situación inicial

- Pintado de piezas en cabina con pistolas convencionales.
- Alto consumo de pintura.
- Generación de neblina de pulverización y fangos en la cabina.



Pistola convencional

2 Acción implementada

- Sustitución de pistolas convencionales por pistolas HVLP (High volume/low pressure).
- Misma calidad de acabado,
- Sin otros requisitos técnicos adicionales.



Pistola HVLP

3 Resultados

- Menor consumo de pintura y materiales.
- Menor generación de fangos.
- Reducción de la neblina de pulverización (30–40 %).
- Ahorros económicos y rápido retorno de la inversión.

	Parámetros	Antes de la actuación (Pistola convencional)	Después de la actuación (Pistola HVLP)	Mejora
Evaluación ambiental	Consumo de materias primas (pintura)	425,55 t/año	297,88 t/año	↓ –30 %
	Gestión de fangos de cabina	284,70 t/año	199,29 t/año	↓ –30 %
Evaluación técnica	La aplicación de la T+L implicó la interrupción de las operaciones de pintado. Se sustituyeron las pistolas convencionales por pistolas HVLP. No hubo otros requisitos técnicos que afectaron la decisión de implementar la T+L.			
Evaluación económica	Consumo de materias primas	2.300 €/año	1.610 €/año	↓ –30 %
	Gestión de fangos de cabina	51.000 €/año	36.000 €/año	↓ –29 %
	Ahorros anuales	15.690 €/año		
	Inversión	30.320 €		
	Período de retorno	2 años		
Balance final	Los ahorros obtenidos al reducir el consumo de materia prima convencieron a la empresa para aplicar la misma T+L al resto de las plantas.			







Conclusión: La implementación de pistolas HVLP reduce la neblina de pulverización, disminuye el consumo de pintura y la generación de fangos, y genera ahorros económicos con un período de retorno de 2 años.

Beneficios de la Producción Más Limpia: una visión integral

BENEFICIOS ECONÓMICOS

- **Reducción de costos operativos** (menor consumo de recursos y materiales)
- **Mayor eficiencia y productividad**
- **Mejora** en la **competitividad**
- **Acceso a nuevos mercados**
- **Menor riesgo regulatorio** y mayor estabilidad del negocio



BENEFICIOS AMBIENTALES

- **Menor consumo de recursos** (energía, agua y materias primas)
- **Prevención de la contaminación** (emisiones, efluentes y residuos)
- **Reducción de emisiones de GEI** (mitigación del cambio climático)
- **Conservación de ecosistemas y biodiversidad**
- **Uso más eficiente del territorio**



BENEFICIOS SOCIALES

- **Mejora de la salud y seguridad** de los trabajadores
- **Mayor calidad de vida** en la comunidad
- **Generación de empleo verde**
- **Fortalecimiento de la aceptación social** y la legitimidad de la empresa
- **Contribución a una transición justa** hacia modelos de desarrollo sostenibles



GENERACIÓN DE VALOR EN EL LARGO PLAZO

EFICIENCIA Y RESILIENCIA

Procesos más eficientes y con mayor capacidad de adaptación.

INNOVACIÓN Y REPUTACIÓN

Nuevas oportunidades de innovación y fortalecimiento de la imagen institucional.

SOSTENIBILIDAD DEL NEGOCIO

Continuidad operativa con menores riesgos y mayor legitimidad social.

CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE

Valor económico, ambiental y social para las generaciones presentes y futuras.

La Producción Más Limpia genera valor compartido, integrando eficiencia económica, cuidado ambiental y bienestar social.

Implementación de la Producción Más Limpia en la empresa

ETAPAS DEL PROCESO

1 DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS

- Revisión de procesos, productos y servicios
- Identificación de aspectos e impactos ambientales
- Línea base de consumo de recursos y generación de residuos



2 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES

- Prevención en la fuente
- Eficiencia en el uso de recursos
- Sustitución de insumos más limpios
- Mejora de procesos, productos y servicios



3 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN

- Análisis técnico, económico, ambiental y social
- Priorización de medidas de Producción Más Limpia
- Viabilidad de implementación



4 IMPLEMENTACIÓN

- Ejecución de las medidas seleccionadas
- Capacitación del personal
- Adecuación tecnológica y operativa
- Establecimiento de indicadores de seguimiento



5 SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

- Monitoreo de resultados
- Evaluación de desempeño de indicadores
- Ajustes y nuevas oportunidades
- Integración a la estrategia empresarial



MEJORA CONTINUA

Aprendizaje organizacional y fortalecimiento de capacidades

RESULTADOS ESPERADOS

RESULTADOS ECONÓMICOS

- Reducción de costos operativos
- Mayor eficiencia y productividad
- Mejora de la competitividad
- Acceso a nuevos mercados

RESULTADOS AMBIENTALES

- Menor consumo de recursos
- Reducción de emisiones, efluentes y residuos
- Prevención de la contaminación
- Conservación de ecosistemas y biodiversidad

RESULTADOS SOCIALES

- Mejora de la salud y seguridad
- Mayor calidad de vida en la comunidad
- Generación de empleo verde
- Fortalecimiento de la aceptación social y la legitimidad de la empresa

RESULTADOS ORGANIZACIONALES

- Innovación y aprendizaje
- Fortalecimiento de capacidades tecnológicas
- Cultura organizacional orientada a la sostenibilidad
- Resiliencia y adaptación al cambio

Barreras para la PL - Del entorno

a) Barreras del Mercado

Clasificación ambigua de "productos verdes"
Falta de criterios claros y homogéneos para definir qué es un producto o proceso ambientalmente sostenible.

Los mercados no premian productos o procesos de PML
Los productos más limpios no siempre son valorados por el precio o por la demanda, lo que limita su difusión.

Problemas culturales de los mercados
Existe bajo conocimiento o resistencia por parte de los consumidores para adquirir productos y servicios más sostenibles.

b) Barreras financieras externas

Falta de fondos de financiación adecuados
Dificultad de acceso a créditos, subvenciones o incentivos específicos para proyectos de PML.

Fallas en la divulgación de los mecanismos de financiación
Las empresas desconocen los instrumentos y programas de apoyo disponibles.

Bajo costo de recursos naturales
Los precios bajos del agua, energía y materias primas reducen el atractivo económico de invertir en alternativas de PML.

Burocratización de los instrumentos de promoción ambiental
Procesos administrativos complejos y lentos para acceder a incentivos y financiamiento.

c) Barreras Legislativas

Normas ambientales con enfoque parcial
La legislación suele centrarse en los impactos finales de contaminación y no considera el gasto de recursos naturales a lo largo del ciclo de vida.

Politización de la legislación y acciones de la autoridad ambiental
Las decisiones pueden verse influenciadas por intereses políticos, lo que favorece soluciones cortoplacistas en detrimento de estrategias integrales y de largo plazo de PML.

Enfoque en grandes empresas
Las autoridades ambientales concentran sus esfuerzos en los "grandes contaminantes" (unidades de gran escala), y no en su participación en los volúmenes totales de contaminación del país, por lo que se descuida a las pequeñas y medianas empresas.

Barreras para la PL – Al interior de la empresa

La implementación de la **Producción Limpia (PL)** en las **empresas enfrenta diversas barreras internas** que pueden dificultar la adopción de tecnologías, cambios en los procesos y la asignación de recursos.

a) Barreras Tecnológicas

- **Falta de desarrollo de nuevas tecnologías** que permitan resolver múltiples problemas tecnológicos actuales en la implementación de PL.
- Falta de **divulgación y diseminación de tecnologías más limpias** que las coloque al alcance de medianas y pequeñas empresas.
- Falta de **masificación de las nuevas tecnologías** para que sus precios bajen al alcance de los pequeños productores.
- Muchas nuevas tecnologías de PL no son **totalmente compatibles** con otros procesos o requieren adaptaciones que encarecen, demoran y dificultan su implementación.
- Falta de **confianza** de los empresarios en las capacidades nacionales de I+D e ingeniería para el desarrollo de tecnologías limpias autóctonas.
- **En muchas empresas con equipos antiguos**, existe poco incentivo para invertir y modernizar sus procesos, debido a la competitividad y a los altos costos de reconversión o adaptación.

b) Barreras Organizacionales

- **Falta de compromiso** de los **directores** de las empresas u organizaciones con la **PL**.
- **Falta de comunicación interna** que impide que las estrategias de PL generadas desde arriba se implementen correctamente.
- La primera etapa de implementación de la **PML requiere** medidas sencillas, pero el siguiente nivel implica cambios en tecnologías o procesos, lo que demanda Recursos Humanos capacitados para manejar un tema complejo y/o multidisciplinario.
- **Ignorancia general** sobre las fuentes contaminantes y los flujos de desechos que pueden ser susceptibles de soluciones de PL.
- **Problemas culturales** que generan rechazo a los cambios en PL (resistencia al cambio).
- **Diferencia** entre la concepción **sentimental** sobre los aspectos ambientales y su materialización **práctica** en las acciones de la empresa.

c) Barreras Financieras Internas

- Muchas **inversiones** en PL son de **retorno a mediano plazo**, lo que dificulta las innovaciones en empresas que requieren resultados económicos a corto plazo o compiten por recursos.
- **Alto riesgo** de un retorno adecuado **sobre las inversiones** en tecnología para mercados ambientalistas.
- Las empresas suelen priorizar la **rentabilidad a corto plazo**, por lo que muchas inversiones de PML se consideran desventajosas.
- **Falencias** en los **cálculos** reales de los costos de la "no calidad ambiental" (desperdicios, ineficiencias) y de los ahorros potenciales con medidas de PL.
- **Desconocimiento** de los costos por unidad **de recursos** (agua, energía, materias primas, etc.), lo cual dificulta la evaluación de alternativas de PL.

ACTIVIDAD

ÁULICA 9

Herramientas para la Producción Limpia

1. Clasificación

Según su función

- De diagnóstico (Ecomapas)
- De planeación (Evaluación de Impacto Ambiental)
- De priorización (Costos de Ineficiencia)
- De mejora (Buenas Prácticas de Manufactura)

2. Según la unidad de análisis

Enfocadas hacia el entorno
(Análisis de Riesgos)

Enfocadas en la entidad como un todo
(Auditoría Ambiental)

Enfocadas a la cadena de producción
(Análisis de flujos)

Enfocadas en el proceso
(Ecobalances)

Enfocadas en el producto
(Matriz MED – Análisis de ciclo de vida)

3. Según el tipo de resultados

Cuantitativas

- Que producen datos absolutos (indicadores de contaminación)

Cuantitativas relativas

- Que producen datos relativos (proceso/desempeño general empresa)

Cualitativas

- Matrices de resumen de producto

Ejemplos de herramientas

Ecomapas
Identifican entradas y salidas de materiales y energía.

Evaluación de Impacto Ambiental
Analiza los efectos ambientales de un proyecto o actividad.

Costos de Ineficiencia
Cuantifica las pérdidas asociadas a la generación de residuos y consumos excesivos.

Buenas Prácticas de Manufactura
Mejoran la eficiencia y reducen la contaminación en los procesos.

Matriz MED (ACV)
Evalúa los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto.

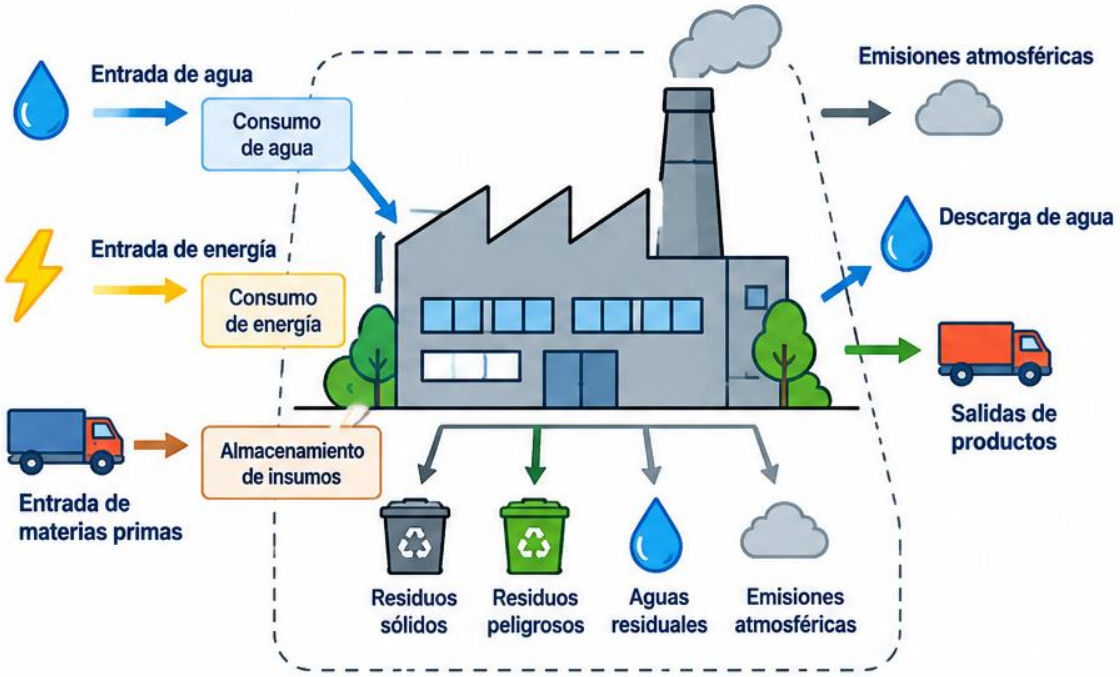
Herramientas para la Producción Limpia

Según su función: Ecomapas

Permite una visualización general, en **forma gráfica a través de símbolos**, de las **prácticas realizadas por una actividad productiva o de servicio**, así como algunas de sus variables y los problemas que se generan.

Es una herramienta de apoyo útil para **concientizar a los empleados y a las partes interesadas** sobre los impactos ambientales de las actividades de una organización.

Ejemplo de ecomapa de una empresa



Ecomapas más comunes

Mapa del vecindario
Sitúa el contexto urbano o rural de la empresa o actividad productiva.

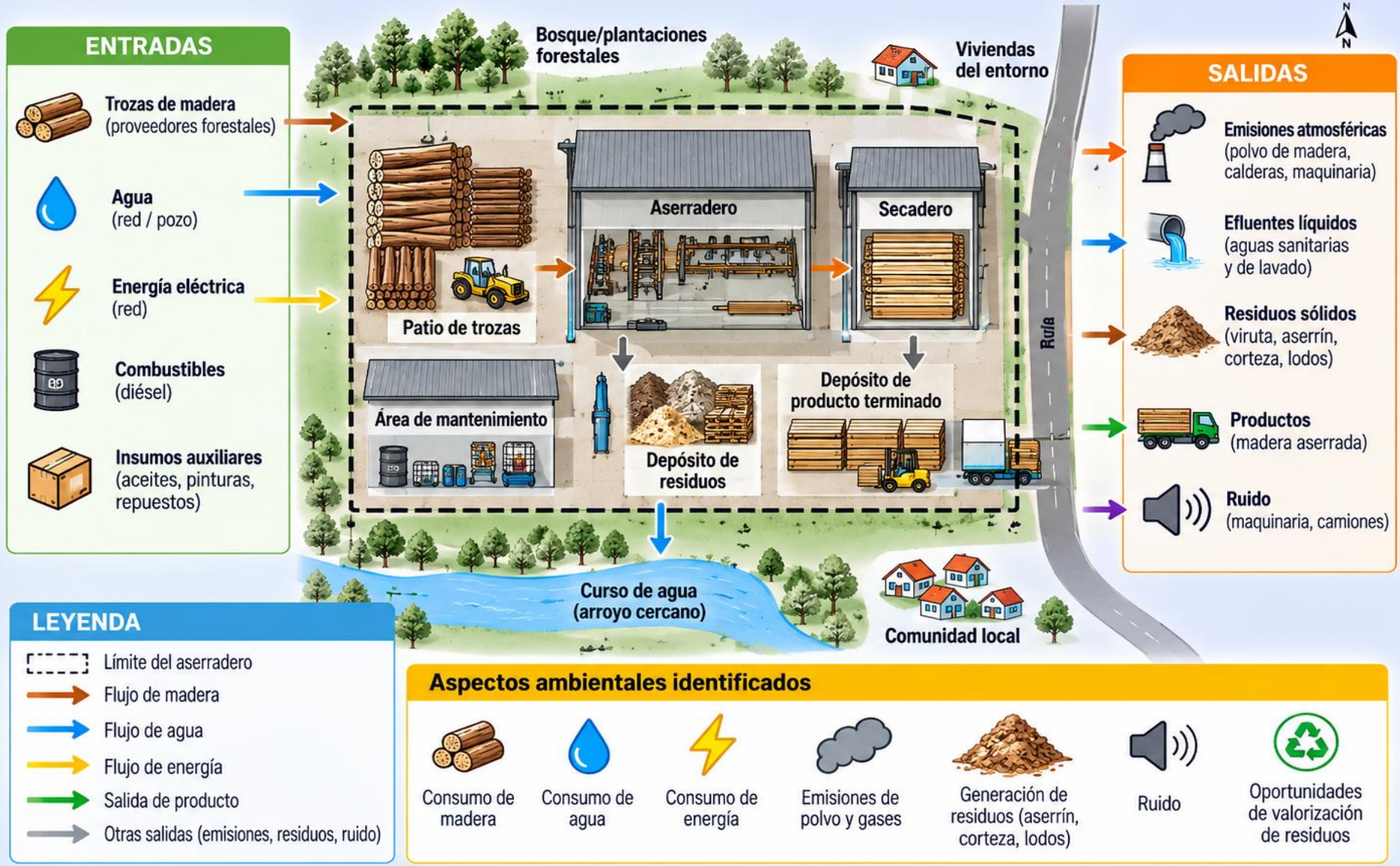
Mapa de agua
Se refiere a los puntos de consumo y descarga de agua.

Mapa de residuos
Se enfoca en los puntos de generación y manejo de residuos.

Mapa de energía
Identifica los puntos de consumo y generación de energía.

Mapa de riesgos laborales y ambientales
Identifica los riesgos de accidentes y contaminación.

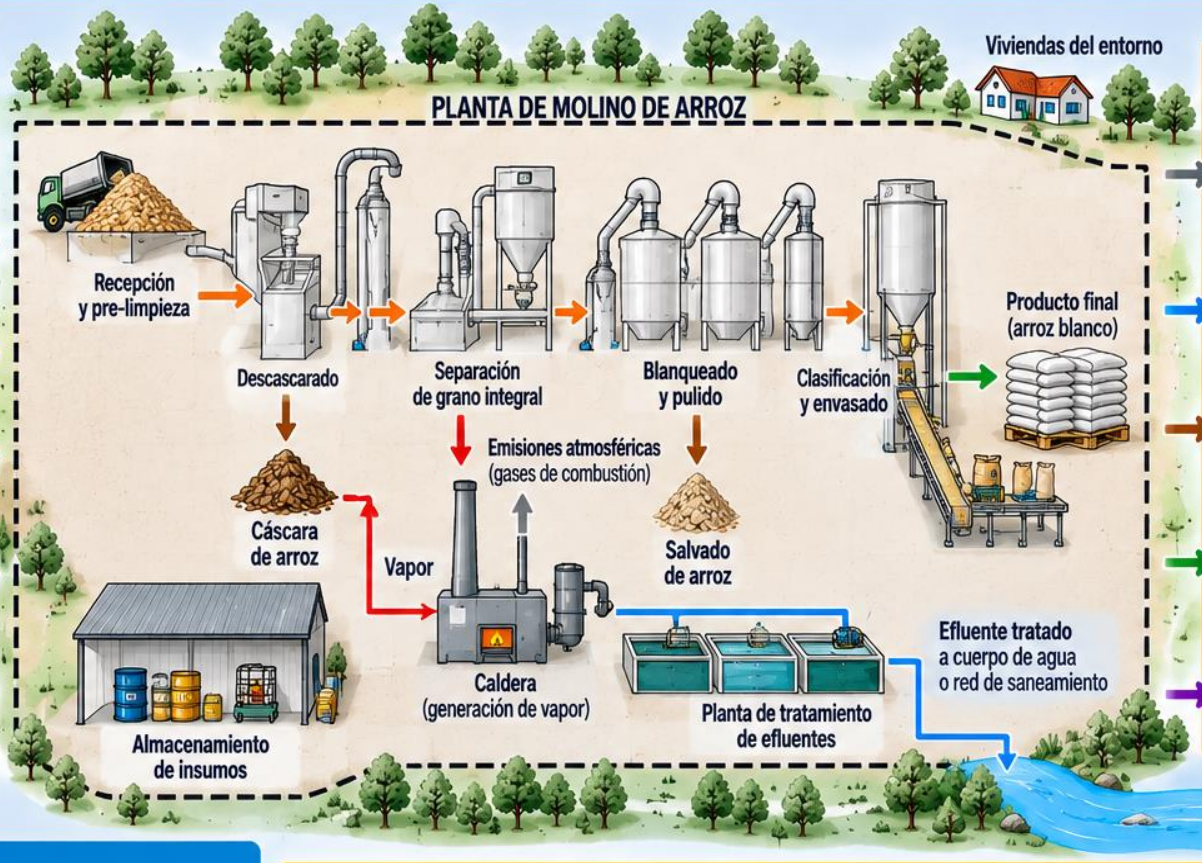
Ejemplo de Ecomapa – Aserradero



Ejemplo de Ecomapa – Planta de Molino de Arroz

ENTRADAS

- **Arroz en cáscara** (proveedores agrícolas)
- **Agua** (red / pozo)
- **Energía eléctrica** (red)
- **Combustibles** (gas natural/GLP/ diésel)
- **Insumos auxiliares** (lubricantes, productos de limpieza)
- **Envases** (sacos, film, pallets)



SALIDAS

- **Emisiones atmosféricas** (polvo de arroz, gases de combustión)
- **Efluentes líquidos** (aguas de lavado, condensados)
- **Residuos sólidos** (cáscara, salvado, polvo, impurezas)
- **Producto final** (arroz blanco envasado)
- **Ruido** (máquinas, transporte)

LEYENDA

- Límite de la planta
- Flujo de materia prima
- Flujo de agua
- Flujo de energía
- Flujo de vapor
- Salida de producto
- Residuos sólidos
- Otros insumos
- Emisiones/otras salidas

Aspectos ambientales identificados

- Consumo de **materia prima** (arroz en cáscara)
- Consumo de **agua** y generación de efluentes
- Consumo de **energía** eléctrica y térmica (vapor)
- Emisiones de polvo y gases de combustión
- Generación de **residuos sólidos** (cáscara, salvado, impurezas)
- **Oportunidades** de **valorización** de subproductos (cáscara y salvado)

Según la unidad de análisis: Ecobalances

¿Qué es?

Es un método estructurado para **reportar los flujos**, hacia el interior y el exterior, de recursos, materias primas, energía, productos, subproductos y residuos que ocurren en procesos de una organización en particular y durante un cierto periodo de tiempo.

¿Para qué sirve?

Cumple una **función de diagnóstico**, ya que sirve para identificar qué procesos u operaciones unitarias están siendo más ineficientes. Está **orientado hacia el proceso productivo** y genera información de tipo cuantitativo.

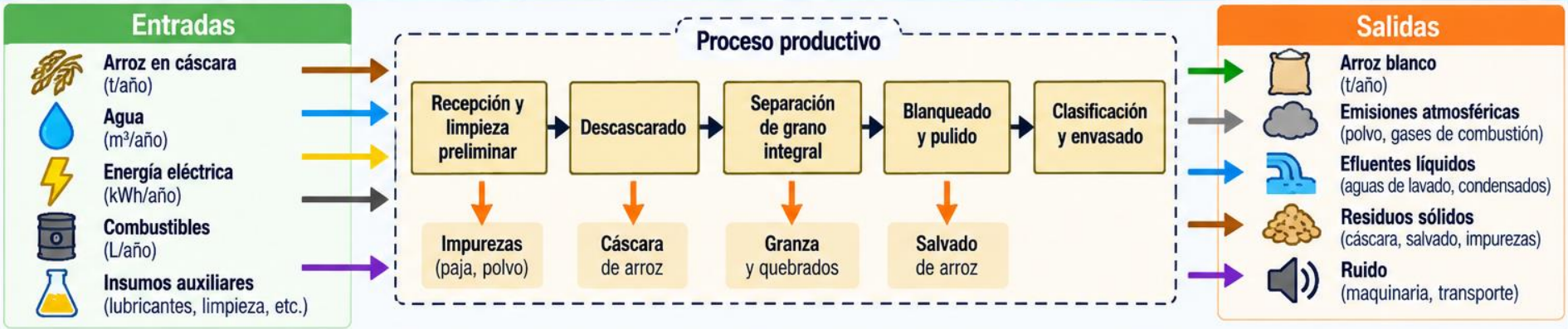
¿Qué se analiza?

- Procesos u operaciones unitarias del ciclo productivo (por ejemplo, una caja negra).
- Qué entra y qué sale de cada proceso.
- Materiales, energía, productos, subproductos y residuos.
- También se pueden considerar actividades no directamente relacionadas con el ciclo productivo.

Etapas

1. Se identifican los aspectos ambientales y se evalúan los materiales y la energía utilizados en el proceso productivo.
2. Se identifican los impactos ambientales de las actividades del proceso productivo.
3. Se identifican los impactos ambientales de las actividades que no están directamente relacionades con el ciclo productivo.

Ejemplo de ecobalance simplificado – Planta de Molino de Arroz

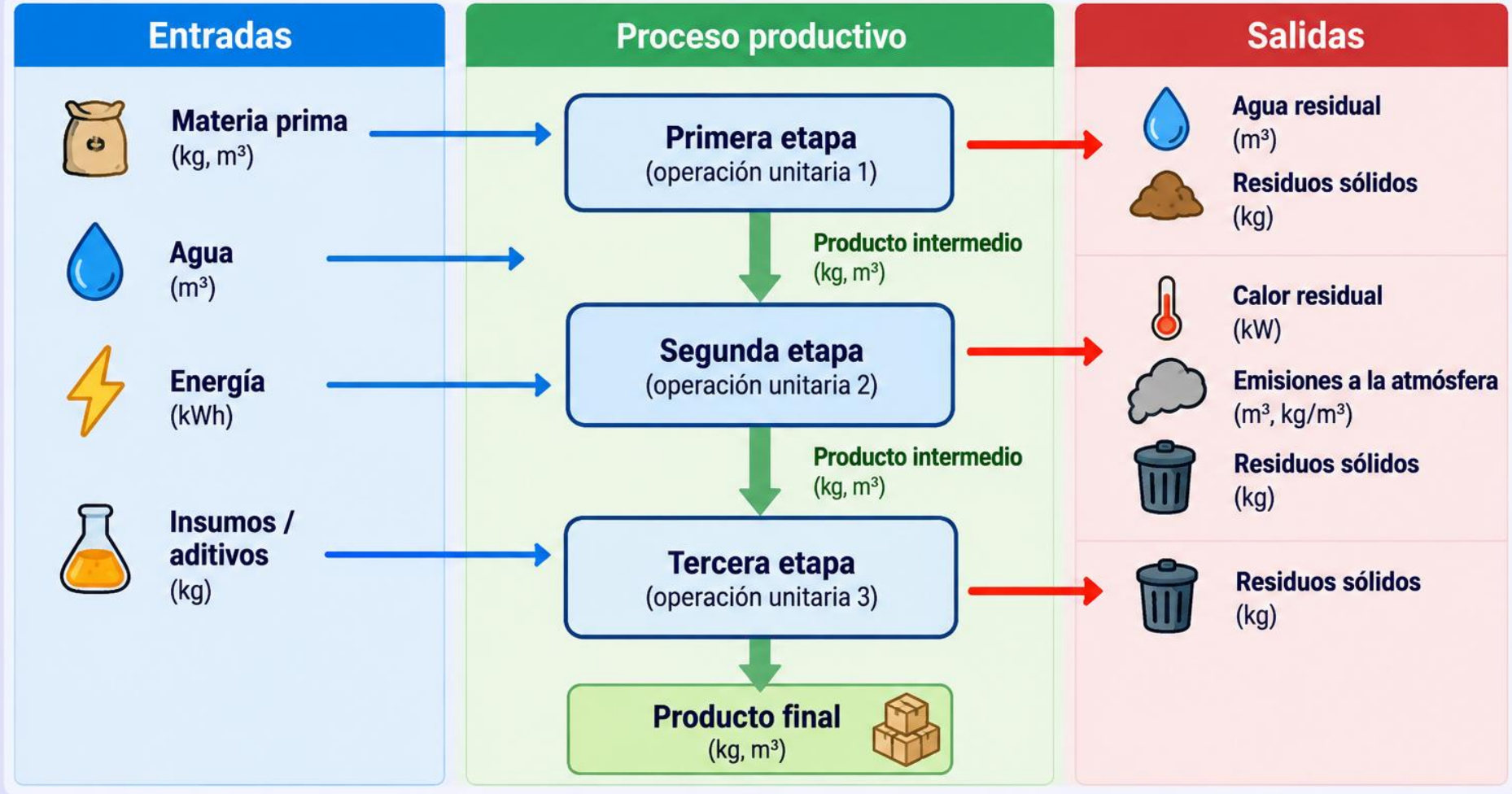


Ecobalances – Elementos e información necesaria

ELEMENTOS	INFORMACIÓN NECESARIA
Materias primas	■ Materiales que se transforman en el producto final del proceso. ■ Calcular las cantidades de materias primas. ■ Distinguir entre materias primas que tienen su destino en el producto final, y las que se utilizan para procesos de transformación.
Energía	■ Información sobre las cantidades de los diferentes tipos de energía y sus fuentes. ■ Distinguir entre fuentes renovables y no renovables.
Aditivos	■ Materiales necesarios en el proceso de transformación, pero que no forman parte del producto final. ■ Calcular las cantidades de aditivos (filtros, aceite de motor, etc.).
Residuos sólidos	Información detallada sobre cantidades y diferentes tipos de residuos sólidos: ■ Residuos de productos (productos en el fin de su vida útil). ■ Residuos del proceso (materia prima sobrante, productos fuera de especificación, materiales que son necesarios para el funcionamiento del proceso: filtros, aceites, etc.). ■ Residuos de empaques (de materias primas, para empacar el producto, etc.). ■ Residuos diversos (polvillo, escorias de metales, etc.).
Residuos líquidos	■ Cantidades, concentraciones y diferentes tipos de descargas. ■ Distinguir entre soluciones y suspensiones.
Residuos de gases	■ Cantidades y tipos de emisiones.
Producto terminado	■ Producto principal del proceso de transformación, el cual puede ser un producto terminado, un subproducto, un compuesto o un material refinado.

Fuente: Elementos a considerar en la realización de un ecobalance (Van Hoof, 2008).

Ecobalances – Ejemplo genérico



Leyenda:

- **Flujos de entrada** (materias, energía, agua, insumos)
- **Flujos de salida** (residuos, emisiones, efluentes)
- **Flujos de producto** (producto intermedio y final)

Matriz MED (Materiales – Energía – Desechos)

¿Qué es?

Herramienta que organiza, en forma de matriz, los flujos de **materiales, energía y desechos** asociados a **cada proceso u operación unitaria** de una organización, durante un período determinado.

¿Para qué sirve?

- Visualizar de forma integral los insumos y salidas ambientales del proceso productivo.
- Identificar los procesos más intensivos en recursos.
- Detectar oportunidades de mejora y ecoeficiencia.
- Apoyar la toma de decisiones y la priorización de acciones.

Ejemplo de Matriz MED – Planta de Molino de Arroz

Proceso / Operación	MATERIALES (kg/mes)			ENERGÍA (kWh/mes)		DESECHOS (kg/mes o m³/mes)			
	Arroz con cáscara	Aditivos (otros)	Envases	Electricidad	Combustible térmico	Cáscara de arroz	Polvillo y granza	Efluentes líquidos	Emisiones (kg)
1. Recepción y almacenamiento	100.000	-	-	5.000	-	-	500	2	-
2. Limpieza y preselección	100.000	50	-	8.000	-	-	1.000	5	-
3. Descascarado	98.000	-	-	15.000	2.000	20.000	5.000	10	500
4. Blanqueado y pulido	78.000	100	-	25.000	3.000	-	8.000	20	800
5. Clasificación y envasado	70.000	-	5.000	10.000	-	-	2.000	5	-
Total	**446.000**	**150**	**5.000**	**63.000**	**5.000**	**20.000**	**16.500**	**42**	**1.300**

Cómo se interpreta

- Cada fila representa un **proceso u operación unitaria**.
- Las columnas muestran las **entradas de materiales y energía** y las **salidas de desechos** (sólidos, líquidos y gaseosos).
- Permite identificar dónde se consumen más recursos y dónde se generan los principales desechos.
- Los totales facilitan la **evaluación global del desempeño ambiental** del proceso.

Leyenda

Entradas (Insumos)

- Materia prima
- Aditivos / Insumos
- Envases / Materiales de empaque
- Energía eléctrica
- Combustible / Energía térmica

Salidas (Desechos)

- Residuos sólidos (cáscara, polvillo, granza)
- Efluentes líquidos
- Emisiones atmosféricas (polvo, gases de combustión)

Según el tipo de resultados: Cualitativas
Matrices de resumen de productos

¿Qué son?

Son **matrices cualitativas** que presentan, de manera integrada, los **principales productos** de una organización y los **aspectos ambientales** asociados a cada uno de ellos. Permiten identificar las etapas del ciclo de vida, los insumos utilizados, los subproductos y residuos generados, y los impactos ambientales más relevantes.

¿Para qué sirven?

- Resumir la información ambiental de los productos.
- Identificar los aspectos e impactos más significativos.
- Comparar productos y priorizar acciones de mejora.
- Apoyar la comunicación interna y externa.

Aspectos que incluye

- Productos principales y subproductos.
- Etapas del proceso (o ciclo de vida).
- Principales insumos: materiales, agua, energía, aditivos.
- Emisiones, efluentes y residuos generados.
- Impactos ambientales potenciales (cualitativos).
- Medidas de control o oportunidades de mejora.

Ejemplo de matriz de resumen de productos – Planta de Molino de Arroz

Producto	Etapas principales	Insumos principales	Subproductos / Residuos	Aspectos ambientales	Impactos potenciales (cualitativos)	Medidas de control / Oportunidades
 **Arroz blanco (envasado)**	• Recepción y limpieza • Descascarado • Pulido y blanqueado • Clasificación y envasado	• Arroz en cáscara • Agua • Energía eléctrica • Aditivos (si aplica) • Envases	• Cáscara de arroz • Polvillo y granza • Efluentes de lavado • Residuos de envases	• Consumo de agua y energía • Generación de residuos sólidos y efluentes • Emisiones de polvo	• Agotamiento de recursos (agua y energía) • Contaminación de agua y aire • Generación de residuos	• Recirculación de agua • Uso eficiente de energía • Aprovechamiento de cáscara como biomasa • Control de emisiones de polvo (filtros)
 **Salvado de arroz (subproducto)**	• Separación de grano • Pulido • Recolección y almacenamiento	• Arroz en cáscara • Energía eléctrica	• Polvillo fino	• Generación de polvillo • Consumo de energía	• Contaminación del aire (material particulado) • Generación de residuos	• Sistemas de aspiración y filtrado • Valorización del polvillo (como alimento animal)
 **Cáscara de arroz (subproducto)**	• Descascarado • Transporte y almacenamiento	• Arroz en cáscara • Energía eléctrica	-	• Generación de residuo sólido (cáscara) • Emisiones de polvo	• Ocupación de espacio • Contaminación del aire • Potencial impacto positivo si se valoriza (biomasa)	• Control de emisiones de polvo • Uso como combustible en calderas • Valorización en otros usos (energía, materiales)

Metodología para la selección de herramientas de Producción Limpia

SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA (Filtros)

1 Tipo de información requerida

Ambiental / técnico

- Aspectos e impactos ambientales.
- Consumo de recursos (agua, energía, materiales).
- Emisiones, efluentes y residuos.
- Condiciones técnicas del proceso.

Económica

- Costos de inversión y operación.
- Ahorros potenciales.
- Análisis de rentabilidad.
- Evaluación de costos de control y medidas de mejora.

Social

- Salud y seguridad ocupacional.
- Aceptación de los trabajadores y la comunidad.
- Generación de empleo.
- Comunicación y percepción social.

2 Alcance de la información requerida

Cualitativa

- Descripción de procesos.
- Identificación de aspectos e impactos.
- Priorización de problemas.
- Generación de ideas de mejora.
- Información descriptiva y general.

Cuantitativa

- Cantidades de materiales, agua y energía.
- Generación de residuos y emisiones.
- Indicadores de desempeño.
- Evaluación de costos y beneficios.
- Información numérica y medible.

Orientación

- Identificar y comprender la situación actual.
- Diagnóstico inicial.

Investigación

- Análisis detallado de procesos.
- Evaluación de alternativas.
- Cuantificación de resultados.

Integración

- Relación entre aspectos ambientales, económicos y sociales.
- Selección de la herramienta más adecuada.

3 Tema de análisis relacionado con información requerida

Gerencial

- Visión general de la organización.
- Planificación y toma de decisiones.
- Priorización de acciones de PL.
- Seguimiento del desempeño.

Operacional

Proceso/s

- Consumo de insumos.
- Eficiencia en el uso de recursos.
- Generación de residuos y emisiones.
- Oportunidades de mejora en el proceso.

Producto/s

- Ciclo de vida del producto.
- Materiales y empaques.
- Impactos asociados al producto.
- Alternativas de diseño o sustitución.

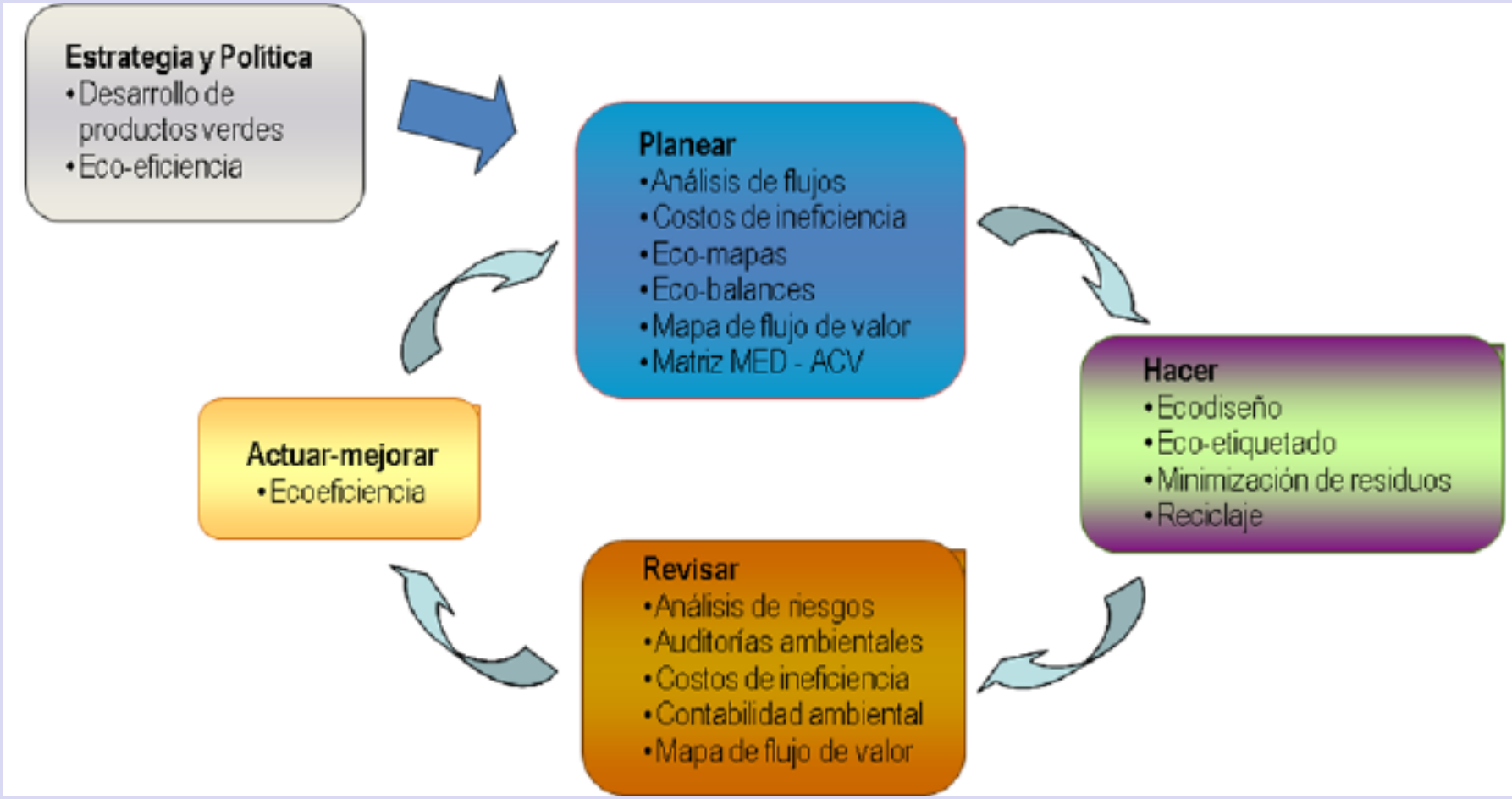
Entorno

- Condiciones del área de influencia.
- Uso del suelo y recursos naturales.
- Requisitos legales y normativos.
- Expectativas de la comunidad.

Fuente: Adaptado de Van Hoof (2008). Diferentes filtros para la selección de herramientas apropiadas para la PML.

Herramientas para la Producción Limpia – SGA

"*Instrumentos que permiten definir el estado ambiental y económico de un proceso o producto, bien sea administrativo o productivo y con base en el análisis de estos resultados, establecer los objetivos, apoyar la implementación del mismo y verificar sus resultados*" (Van Hoof , 2008).



Fuente: Herramientas de PML dentro del contexto de un SGA (Van Hoof, 2008)

METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE PRODUCCIÓN LIMPIA (PL)



Fuente: El proceso de aplicación de la PML (Van Hoof, 2008)

Método para el análisis asociativo de recursos tecnológicos, aspectos ambientales y ODS

- Empresas de manufactura -

Método para el análisis asociativo de recursos tecnológicos, aspectos ambientales y ODS

(Empresas de manufactura)

Paso 1 — **Identificación de estaciones de trabajo y recursos tecnológicos**

- Relevar las estaciones de trabajo o procesos productivos.
- Identificar los recursos tecnológicos (equipos, maquinaria, infraestructura, software, etc.).

Paso 2 — **Identificación de aspectos ambientales**

- Determinar los aspectos ambientales asociados a cada estación de trabajo o recurso tecnológico (consumo de recursos, emisiones, efluentes, residuos, ruido, etc.).

Paso 3 — **Valoración de aspectos ambientales**

- Evaluar la significancia de los aspectos ambientales identificados (por criterios técnicos, legales, de riesgo, etc.).
- Identificar los aspectos prioritarios o críticos y las alternativas para su gestión y mejora.

Paso 4 — **Análisis tecnológico-ambiental y ODS**

- Analizar la vinculación entre los recursos tecnológicos, los aspectos ambientales y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
- Identificar oportunidades de mejora tecnológica y ambiental que contribuyan al cumplimiento de los ODS.

Método de análisis tecnológico-ambiental
(Pasos 1 y 2)

Paso 1 — Identificación de estaciones de trabajo y de recursos tecnológicos

Se realiza el reconocimiento de todas las estaciones de trabajo que intervienen en el proceso productivo y luego se identifican los recursos tecnológicos. Para esto, se considera la definición de recursos tecnológicos propuesta por Morin (1992), clasificándolos en:

Recursos tecnológicos tangibles

- Máquinas y equipos
- Herramientas
- Instrumentos
- Instalaciones
- Software y hardware
- Entre otros



Recursos tecnológicos intangibles

- Conocimientos personales y grupales
- Habilidades individuales
- Rutinas organizacionales
- Procedimientos e instrucciones de trabajo
- Comunicaciones internas
- Entre otros



Paso 2 — Identificación de aspectos ambientales

Consiste en el análisis asociativo de las estaciones de trabajo y sus recursos tecnológicos con los correspondientes aspectos ambientales. Se considera aspecto ambiental a todo aquel elemento y/o acción del proceso productivo que puede interactuar con el entorno ambiental.

Se propone un listado de aspectos ambientales, que puede ser adaptado y precisado según el tipo de empresa:

Uso de agua
- Consumo de agua
- Aguas residuales

Uso de energía
- Consumo eléctrico
- Combustibles

Uso de materia prima
- Insumos y materiales
- Eficiencia en el uso

Emisiones
- Gases y partículas
- Compuestos orgánicos volátiles (COV)
- Polvo y olores

Generación de residuos
- Sólidos
- Líquidos
- Gaseosos

Almacenamiento de residuos
- Condiciones de almacenamiento
- Riesgos de derrames

Paso 3: Valoración de aspectos ambientales

El propósito de este paso es establecer aquellas estaciones de trabajo que resultan críticas en el proceso productivo, a partir de la identificación de los recursos tecnológicos y la valoración de sus respectivos aspectos ambientales asociados, mediante la aplicación de la **matriz de asociación y valoración de aspectos ambientales**.

1 Matriz de asociación y valoración

Para cada estación de trabajo se identifican los recursos tecnológicos (tangibles e intangibles), se asocian los aspectos ambientales y se evalúan su alcance, efecto e intensidad.

Figura 2. Matriz de asociación y valoración de aspectos ambientales.

Estación de trabajo	Proceso productivo										
	Recursos tecnológicos						Aspectos ambientales	Alcance	Efecto	Intensidad	
	Tangibles			Intangibles						Va	Ca
	RTT 1	RTT 2	⋮	RTT 1	RTT 2	⋮					

Fuente: elaboración propia.

2 Pasos para completar la matriz

1. En la columna **estación de trabajo** se listan los diferentes puestos de trabajo identificados en el proceso de producción.
2. En la columna **recursos tecnológicos** se identifican los recursos tangibles (máquinas, equipos, aparatos, etc.) y los intangibles (experticias, rutinas, instrucciones de trabajo, procedimientos, etc.).
3. En la columna **aspectos ambientales** se los identifica para cada estación de trabajo en asociación con los recursos tecnológicos.
4. Se asigna un valor al **alcance** (0 a 5) según las cinco preguntas.
5. Se indica el valor del **efecto** (1 a 5) según la Tabla 1.
6. Se calcula la **intensidad** (Va = Alcance × Efecto) y se asigna la categoría (Ca) según la Tabla 2.

3 Preguntas para evaluar el alcance

Se asigna un valor de 1 si la respuesta es Sí y 0 si la respuesta es No. El valor del alcance estará comprendido entre 0 y 5.

- **a** ¿Está considerado el aspecto ambiental en algún tipo de legislación y/o regulación para el tipo específico de actividad industrial?
- **b** ¿El funcionamiento de la estación de trabajo implica algún tipo de efecto ambiental?
- **c** ¿Es factible accionar sobre el recurso tecnológico para eliminar o mitigar el efecto ambiental asociado al aspecto?
- **d** ¿Están el recurso tecnológico, el aspecto ambiental y su efecto asociados directamente con algún problema de producción, y/o indirectamente con una problemática ambiental local o regional?
- **e** ¿El recurso tecnológico y su aspecto ambiental asociado son considerados prioritarios para mejorar el desempeño ambiental de la empresa?

4 Valoración del efecto

Se indica el valor del posible efecto perjudicial asociado al aspecto ambiental.

Tabla 1. Valoración del efecto

Efecto	Valoración
Insignificante	1
Asimilable	2
Moderado	3
Severo	4
Crítico	5

Fuente: elaboración a partir de Mantulak et *al.* (2017).

5 Categorías de la intensidad

La intensidad (Va) se obtiene del producto Alcance × Efecto y se asigna una categoría.

Tabla 2. Rango de valores y categorías de la intensidad

Rango de valores (Va)	Categoría (Ca)
0 – 4	Insignificante (I)
5 – 9	Bajo (B)
10 – 14	Medio (M)
15 – 19	Alto (A)
20 – 25	Excesivo (E)

Fuente: elaboración a partir de Mantulak et *al.* (2012).

Paso 4: Análisis tecnológico-ambiental

1 Selección de ODS prioritarios

Se realiza un análisis de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas y se identifican como prioritarios aquellos más pertinentes según el tipo de actividad productiva, con el propósito de contribuir al desarrollo sostenible.

2 Metas e indicadores

Se identifican las metas más aplicables al funcionamiento de la organización y se determinan los indicadores asociados, utilizando como referencia la Agenda 2030, la Norma IRAM-ISO 14031 (2000) y, en algunos casos, indicadores sugeridos por la OCDE.

Indicadores específicos
(por proceso o estación de trabajo)

Indicadores globales
(de la empresa)

3 Matriz ODS para la organización

A modo de síntesis, se construye una matriz que vincula los ODS seleccionados, sus metas y los indicadores definidos para la empresa.

Figura 3. Matriz ODS para una empresa de manufactura.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	Metas				Indicadores	E	G
	$M_{1.1}$	$M_{1.2}$	...	$M_{n.i}$	Especificación del indicador 1. ...		
ODS 6 Agua limpia y saneamiento	$M_{6.1}$	$M_{6.2}$	...	$M_{6.i}$	...		
ODS 7 Energía asequible y no contaminante	$M_{7.1}$	$M_{7.2}$	...	$M_{7.i}$	...		
ODS 12 Producción y consumo responsables	$M_{12.1}$	$M_{12.2}$	...	$M_{12.i}$	...		
ODS 13 Acción por el clima	$M_{13.1}$	$M_{13.2}$	...	$M_{13.i}$	...		
...	...	...	...	...	...		

Fuente: elaboración propia.

4 Matriz agregada de gestión tecnológica-ambiental

Se construye una matriz que integra las estaciones de trabajo (en particular las críticas), los aspectos ambientales, los recursos tecnológicos (tangibles e intangibles) y los ODS prioritarios. Se indican con una "X" las asociaciones existentes.

Figura 4. Matriz agregada de gestión tecnológica-ambiental para empresas de manufactura.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	Estación de trabajo	Proceso productivo											
		Aspectos Ambientales				Recursos Tecnológicos							
						Tangibles (RT_t)				Intangibles (RT_i)			
		AM_1	AM_2	...	AM_a	RT_{t1}	RT_{t2}	...	RT_{tn}	RT_{i1}	RT_{i2}	...	RT_{im}
ODS 6	Est. 1												
	Est. 2												
ODS 7	Est. 1												
	Est. 2												
ODS 12	Est. 1												
	Est. 2												
ODS 13	Est. 1												
	Est. 2												
...	...												

Fuente: elaboración propia.

5 Resultado esperado

- Identificación de ODS y metas prioritarias para la empresa.
- Definición de indicadores ambientales (específicos y/o globales).
- Análisis de las asociaciones entre recursos tecnológicos, aspectos ambientales y ODS.
- Base para el diseño de una estrategia y plan tecnológico con enfoque ambiental.

Contribuir a mejorar el desempeño ambiental de la empresa mediante una gestión tecnológica eficiente y garantizar el cumplimiento de los objetivos de mediano y largo plazo, en compatibilidad con un desarrollo sostenible.

APLICACIÓN DEL MÉTODO A UNA INDUSTRIA DE ASERRADO

1 Aplicación del método – Pasos 1 y 2

Identificación de estaciones de trabajo, recursos tecnológicos y aspectos ambientales

Proceso de aserrado



Descortezado → Corte principal → Corte múltiple → Tableado → Canteado → Escuadrado → Clasificación

Ejemplo de estaciones de trabajo y recursos tecnológicos (Tabla 3)

Estación de trabajo	Recursos tecnológicos	
	Tangibles (máquinas, equipos, etc.)	Intangibles (conocimientos, habilidades, rutinas, etc.)
Descortezado	Descortezadora, motorización A	Habilidades individuales, rutinas organizacionales
Corte principal	Sierra sin fin vertical, carro principal, comandos y motorización B	Rutinas organizacionales, dominio de tecnologías específicas, prácticas de mantenimiento
Corte múltiple	Sierras circulares múltiples en paralelo, motorización C	Rutinas organizacionales, prácticas de mantenimiento
Tableado	Sierra circular simple, motorización D	Habilidades individuales, rutinas organizacionales
Canteado	Sierra circular doble en paralelo, motorización E	Prácticas de mantenimiento, dominio tecnológico
Escuadrado	Sierra circular simple, motorización F	Rutinas organizacionales, habilidades individuales
Clasificación	Herramientas de medición	Habilidades individuales

Fuente: adaptado de Mantul ak & Hernández Pérez (2021).

Aspectos ambientales considerados (Paso 2)

- Uso de agua
- Uso de energía
- Uso de materia prima
- Generación de residuos sólidos
- Generación de residuos líquidos
- Generación de contaminantes atmosféricos
- Almacenamiento de residuos (madera)

2 Aplicación del método – Paso 3
Valoración de aspectos ambientales (estación de corte principal)

En este paso se trabaja con la matriz de asociación y valoración de aspectos ambientales. A modo de referencia, se presenta la planilla correspondiente a la estación de trabajo de **corte principal**, considerada la más crítica dentro del proceso de aserrado (Figura 5).

Figura 5. Matriz de asociación y valoración de aspectos ambientales – Vista parcial para la estación de corte principal del proceso de aserrado

Proceso: aserrado												
Estación de trabajo	Recursos tecnológicos						Aspectos ambientales		Alcance	Efecto	Intensidad	
	Tangibles			Intangibles							Va	Ca
Corte principal	Sierra sin fin vertical	Carro principal	Comandos y motorización	Rutains organizacionales	Dominio de tecnologías específicas	Prácticas de mantenimiento	AM_1	Uso de energía eléctrica	3	3	9	B
							AM_2	Materia prima	4	3	12	M
							AM_3	Residuos sólidos (madera)	3	3	9	B
							AM_4	Residuos líquidos	3	3	9	B
							AM_5	Partículas en suspensión	4	3	12	M
	RT_{T3}	RT_{T4}	RT_{T5}	RT_{T2}	RT_{T3}	RT_{T4}	AM_6	Ruido ambiental	4	4	16	A

Escala de valoración del efecto

Efecto	Valoración
Insignificante	1
Asimilable	2
Moderado	3
Severo	4
Crítico	5

Fuente: Mantulak et *al.* (2017).

Rango de valores y categorías de la intensidad

Rango de valores (Va)	Categoría (Ca)
0 – 4	Insignificante (I)
5 – 9	Bajo (B)
10 – 14	Medio (M)
15 – 19	Alto (A)
20 – 25	Excesivo (E)

Fuente: Mantulak et *al.* (2012).

Aspecto ambiental prioritario

Ruido ambiental
Va = 16
Categoría: **Alto (A)**

Requiere intervención tecnológica y de gestión

3 Aplicación del método – Paso 4
Análisis tecnológico-ambiental y vinculación con los ODS

Objetivo del paso

Identificar los ODS prioritarios para el aserradero, sus metas más pertinentes y los indicadores asociados, con el fin de vincular los recursos tecnológicos y los aspectos ambientales con la Agenda 2030.

ODS prioritarios



Figura 6. ODS seleccionados para el aserradero con metas determinadas y sus correspondientes indicadores

ODS	Meta	Indicadores	E	G
ODS 7	M7.2	Costo promedio de energía eléctrica por m^3/mes de producto.	X	X
	M7.2	Cantidad de energía eléctrica consumida por m^3/mes de producto.	X	X
	M7.3	Porcentaje mensual de energía eléctrica generada mediante energías renovables con respecto al total utilizado por la empresa.		X
ODS 8	M8.4	Porcentaje de procedimientos y/o métodos innovados por año.		X
	M8.4	Cantidad de máquinas/equipos tecnológicos incorporados/modificados por año.	X	X
	M8.5	Cantidad de trabajadoras y trabajadores registrados por año.		X
	M8.5	Tasa promedio anual de ingreso de personal desglosada por sexo y edad.		X
	M8.8	Tasas de accidentes laborales mortales y no mortales desglosadas por sexo.		X
	M8.8	Nivel de ruido sonoro equivalente en sectores con ruido ambiental crítico.	X	
	M8.8	Número de horas de mantenimiento de equipos e instalaciones por año.	X	X
ODS 9	M9.1	Tasa de valor agregado por tipo de producto fabricado.		X
	M9.1	Cantidad de horas de capacitación del personal para fomento de una industrialización inclusiva y sostenible.		X
	M9.3	Tasa de acceso a servicios financieros y créditos para construcción de infraestructura y fomento de la innovación.		X
	M9.4	Cantidad promedio mensual de residuos generados y emisiones.	X	X
	M9.4	Inversión anual en tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales.		X
	M9.5	Inversión anual en innovaciones de procesos y/o productos.	X	X
ODS 12	M12.2	Volumen anual de materia prima aprovechada por mejoras en proceso de producción.	X	X
	M12.4	Porcentaje de reducción de energía eléctrica consumida por m^3/año de producto tendiente a lograr la gestión sostenible.	X	X
	M12.5	Tasa de reducción de residuos en los procesos de producción.	X	X
	M12.5	Cantidad anual de material complementario reciclado por la empresa.		X

E: Indicador específico G: Indicador global. Fuente: elaboración propia.

4 Aplicación del método – Paso 4
Análisis tecnológico-ambiental y vinculación con los ODS

Figura 7. Matriz agregada de gestión tecnológica-ambiental – Vista parcial para la estación de corte principal del proceso de aserrado

Proceso: aserrado														
Estación de trabajo: Corte principal			Aspectos Ambientales						Recursos Tecnológicos						
									Tangibles (RT_{Ti})				Intangibles (RT_{Ii})		
			AM_1	AM_2	AM_3	AM_4	AM_5	AM_6	RT_{T1}	RT_{T2}	RT_{T3}	RT_{TS}	RT_{I2}	RT_{I3}	RT_{I4}
Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	ODS 7	M7.2	X		X		X		X	X	X				X
		M7.3							X		X				X
	ODS 8	M8.4		X	X						X	X	X	X	X
		M8.5					X	X	X		X	X	X	X	X
		M8.5	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X
	ODS 9	M9.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
		M9.4		X	X				X	X	X				X
		M9.5		X	X					X	X		X	X	X
	ODS 12	M12.2	X							X	X		X	X	X
		M12.5			X	X	X			X	X		X	X	X

AM_1: uso de agua
AM_2: uso de energía
AM_3: uso de materia prima
AM_4: residuos sólidos
AM_5: residuos liquidos
AM_6: contaminantes atmosféricos
RT_{Ti}: recursos tecnológicos tangibles
RT_{Ii}: recursos tecnológicos intangibles

Fuente: elaboración propia.

¿Qué muestra la Figura 7?

Integra las metas de los ODS, los aspectos ambientales y los recursos tecnológicos (tangibles e intangibles) de la estación de corte principal del proceso de aserrado.

¿Cómo se interpreta?

1. Se lee de forma horizontal por cada meta de los ODS.
2. Las "X" indican los aspectos ambientales y recursos tecnológicos asociados a dicha meta.
3. Permite reconocer vinculaciones e identificar elementos transversales.
4. Orienita decisiones tecnológices y la vinculación de la Producción Limpia con los ODS.

Principales aportes para la gestión

- **Reconocer vinculaciones** entre metas, aspectos ambientales y recursos tecnológicos.
- **Identificar elementos transversales** que se repiten en varias metas.
- **Orientar decisiones** de mejora tecnológica y ambiental.
- **Vincular oportunidades de Producción Limpia con los ODS.**

Aspectos clave a considerar

- Las "X" representan **asociaciones** identificadas, pero **no cuantifican su magnitud ni su importancia.**
- Para evaluar la **contribución efectiva** a los ODS, es necesario utilizar los indicadores definidos en la etapa anterior y medir su evolución.
- La matriz no establece automáticamente prioridades de intervención; estas se definen con base en la valoración de aspectos ambientales del Paso 3.

Ejemplo de interpretación

En la **meta 8.8** del ODS 8, se observan asociaciones con varios aspectos ambientales y recursos tecnológicos, entre ellos el ruido ambiental, que fue valorado con intensidad alta (Va = 16) en el Paso 3, por lo que constituye un aspecto prioritario para orientar acciones de mejora.

Conclusión

La matriz agregada es una herramienta de análisis estratégico que integra tecnología, ambiente y sostenibilidad, y orienta la gestión hacia oportunidades de Producción Limpia, cuya contribución debe verificarse con indicadores.

XX CONGRESO Latino-iberoamericano de Gestión Tecnológica y de la Innovación ALTEC 2023
20, 21, 22 de septiembre | PARANÁ | ENTRE RÍOS | ARGENTINA
www.altecasociacion.org

CONCLUSIONES

- El análisis transversal de los vínculos existentes entre los recursos tecnológicos, los aspectos ambientales y su consecuente vinculación con los ODS, contribuye al diseño e implantación de una adecuada estrategia tecnológica, con el propósito de mejorar el desempeño ambiental de la empresa de manufactura y canalizar su gestión hacia el desarrollo sostenible.
- El método diseñado contribuye al proceso de toma de decisiones para implementar una gestión tecnológica con un enfoque ambiental y su encuadre en determinados ODS, a partir de metas e indicadores pertinentes, que favorezcan al mejor desempeño ambiental de la empresa.
- La aplicación del método en un aserradero permite determinar las estaciones de trabajo críticas, mediante el análisis de recursos tecnológicos, aspectos ambientales y consecuentes intensidades de interacción, y posibilita su enfoque dentro de los ODS considerados como prioritarios, con el propósito de contribuir a la toma de decisiones que fortalezcan al mejor desempeño ambiental de la empresa, mediante un adecuado diseño e implementación de su estrategia tecnológica.

ACTIVIDAD ÁULICA 10