



Sostenibilidad en la Industria Papelera

Conceptos Básicos y Mejores Prácticas

Solenis Argentina
Mayo 2025



Agenda

- Sostenibilidad - Introducción
- Sostenibilidad:
 - Reducción del Consumo de Energía
 - Disminución de Emisiones de CO₂
 - Reducción del Consumo de Agua Fresca
- Sostenibilidad - Algunos Ejemplos
- Conclusión - Sostenibilidad en la Industria de Celulosa & Papel

Sostenibilidad

Introducción

Sostenibilidad

Informe Brundtland de 1987 redactado por la ONU:

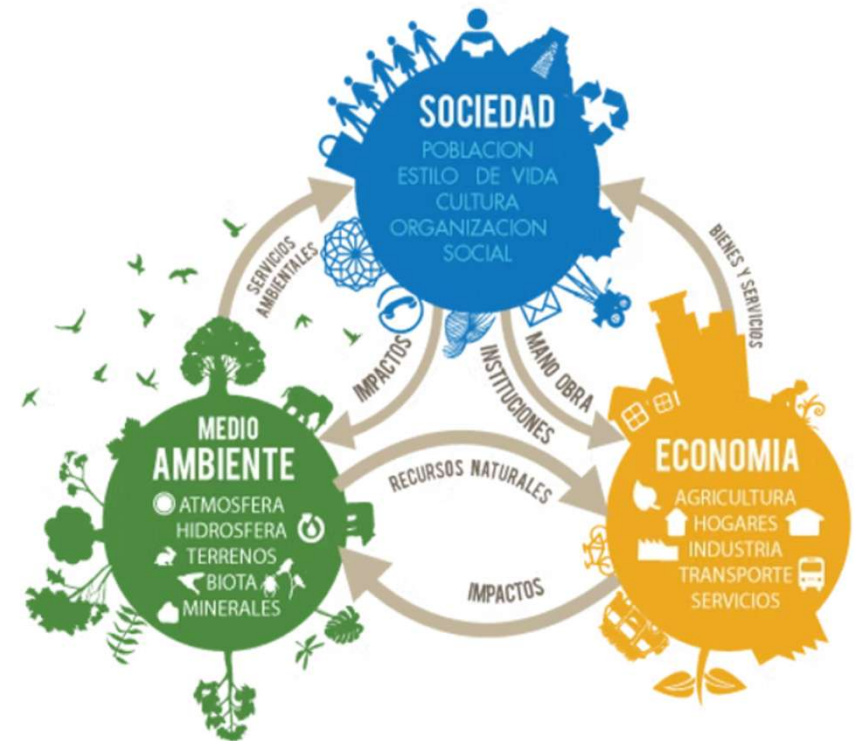
Desarrollo Sostenible: “Hace referencia a la capacidad que ha desarrollado el ser humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras”



Sostenibilidad

Sistema Nervioso Central

- También conocido como “sistema socioecológico” o “sistema eco-socio-técnico”.
- Interacción e interdependencia entre el Medioambiente, la Sociedad y la Economía.
- Medioambiente: ecosistemas, biodiversidad, recursos naturales, etc.
- Sociedad: educación, relaciones sociales, salud, cultura, etc.
- Economía: producción, consumo, distribución de bienes y servicios, etc.



Sistema nervioso de sustentabilidad aportado por **subhab**

Sostenibilidad

Aspectos Relevantes para la Industria de Celulosa & Papel

- Gestión forestal responsable.
- Aumento del reciclado de papel.
- Reducción del consumo de energía.
- Disminución de las emisiones de CO₂.
- Reducción del consumo de agua fresca.
- Disminución de la generación de residuos.
- Innovación para el diseño de nuevos productos.

Sostenibilidad

Beneficios Importantes para la Industria de Celulosa & Papel

- Reducción del impacto ambiental.
- Aumento de la eficiencia.
- Mejora de la imagen empresarial.
- Adhesión a los ODS.
- Mejora de la competitividad.



Sostenibilidad

Oportunidades en la Industria de Celulosa & Papel

- Reducción del consumo de energía (kWh/año).
- Disminución de las emisiones de CO₂ (ton/año).
- Reducción del consumo de agua fresca (m³/año).

Todos estos ahorros, además de expresarse como valores relacionados a la sostenibilidad, pueden monetizarse.



Sostenibilidad

Reducción del Consumo de Energía

Sostenibilidad

Consumo de Energía - Industria de Celulosa & Papel

- La Industria de Celulosa & Papel es la 4° mayor industria consumidora de energía (Man et al.,2019a).
- Representa aproximadamente el 7% del consumo global de energía por parte de la industria (Hu et al., 2019).
- Se estima que se consumen 7.000 kWh para producir 1 tonelada de papel a partir de fibra virgen, incluyendo procesamiento de árboles, producción de celulosa, fabricación del papel y transporte.
- La utilización de fibra reciclada resulta en un 70% menos de consumo energético y consecuentemente en menor generación de CO₂.

Sostenibilidad

Reducción del Consumo de Energía - Refinación

- Operación con un uso intensivo de energía.
- Se pueden implementar diferentes mejores prácticas para reducir el consumo de energía, por ejemplo:
 - Uso de refinadores más eficientes.
 - Modificación de los parámetros de la refinación.
 - Utilización de enzimas para la biorefinación.

Table: Specific Energy input for the major pulp grades (ref: FineBar)

Grade	Pulp	hpd/t	kWh/t
Fine Papers	Hardwood	1.5-6.0	30-120
	Softwood	2.0-6.0	40-120
News	SW Kraft	1.0-3.0	20-60
	Groundwood	1.0-3.0	20-60
Linerboard	OCC	1.5-3.0	30-60

Sostenibilidad

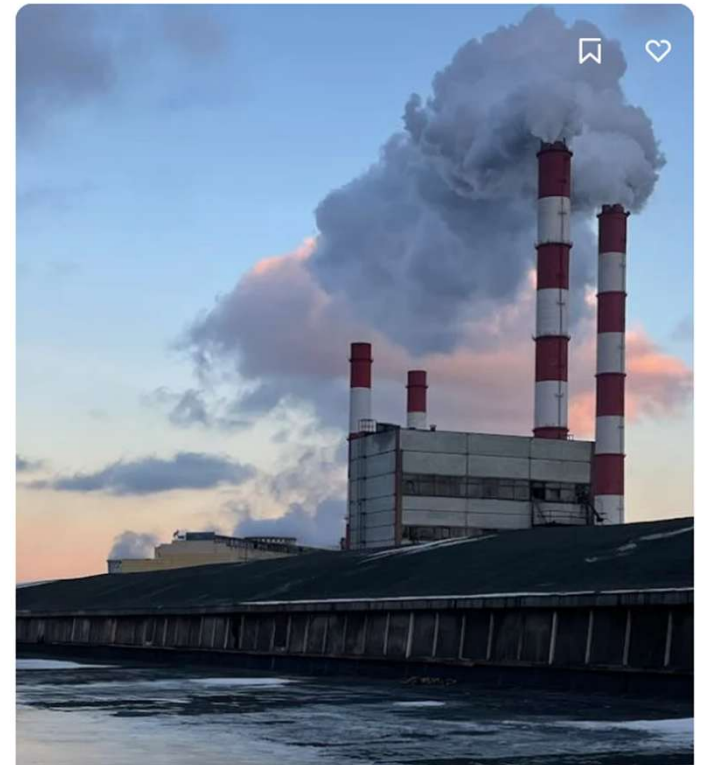
Reducción del Consumo de Energía - Sección de Secado

- La eliminación del agua es una parte muy importante del proceso de producción de celulosa y papel.
- En una máquina papelera, el secado representa el mayor consumo de energía, estimándose en un 70% del consumo total energético del proceso de fabricación del papel (Man et al., 2017).
- Se pueden implementar diferentes mejores prácticas para reducir el consumo de energía, por ejemplo:
 - Mejora del drenaje en la sección de formación (mecánica y/o química).
 - Optimización de la sección de prensas (acondicionamiento mecánico y/o químico).
 - Tecnologías de secado más eficientes.

Sostenibilidad

Reducción del Consumo de Energía - Industria de Celulosa & Papel

- Existen diversas medidas que pueden tomarse para reducir el consumo energético, siendo algunas de ellas:
 - Maximización de la eficiencia de las operaciones.
 - Mejora de la remoción de agua en las secciones de formación y prensas.
 - Aumento del reciclado de papel.
 - Implementación de la cogeneración.
 - Mayor uso de energías renovables.
 - Innovación tecnológica.



Sostenibilidad

Disminución de las Emisiones
de CO₂

Sostenibilidad

Emisiones de CO₂ - GEI

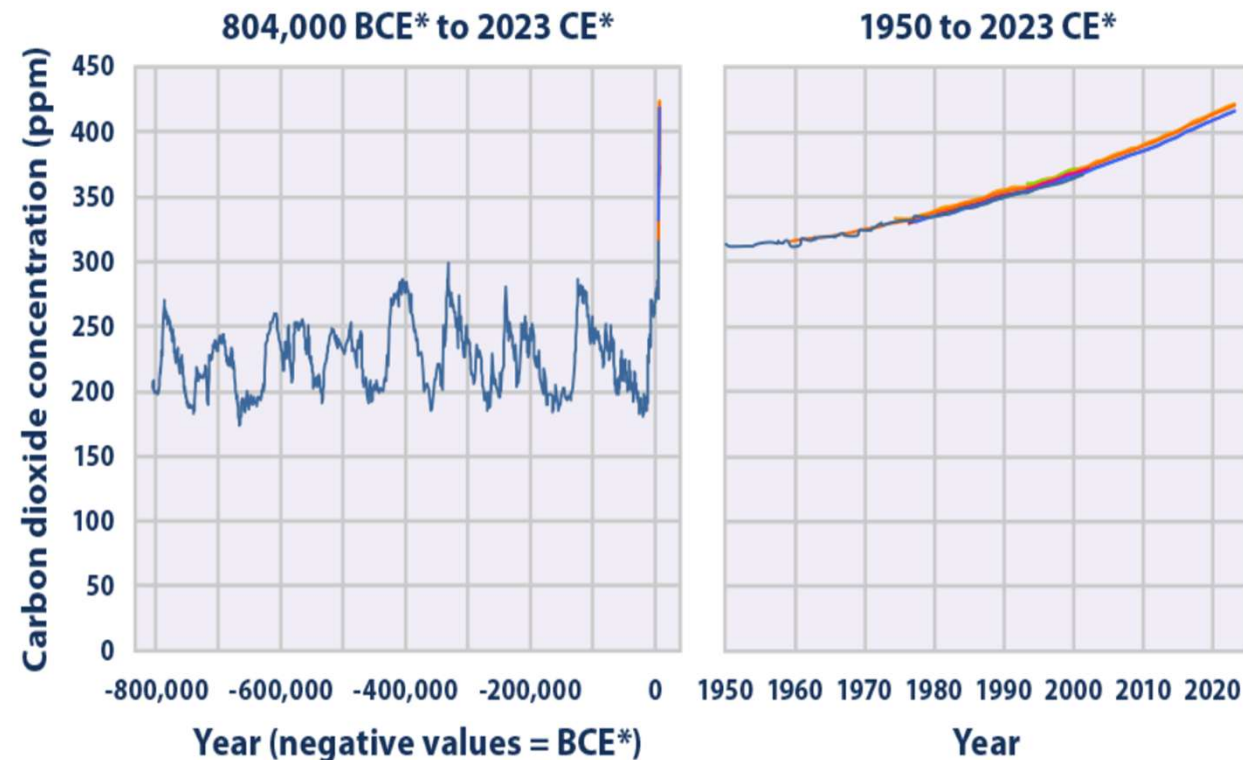
- Los gases de efecto invernadero, GEI, absorben y emiten radiación infrarroja.
- Entre los principales se encuentran:
 - Dióxido de carbono: CO₂.
 - Vapor de agua: H₂O.
 - Ozono: O₃.
 - Metano: CH₄.
 - Óxido Nitroso: N₂O.
 - Compuestos fluorados: hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, hexafluoruro de azufre, trifluoruro de nitrógeno.



Sostenibilidad

Emisiones de CO₂ - GEI

- Cada GEI contribuye al efecto invernadero por sus características, su concentración en el aire y su vida media.
- El CO₂ es la referencia para el resto de los GEI.
- Se elige el CO₂ como el equivalente al total de los GEI ya que es el que más ha crecido en concentración en la atmósfera terrestre y es el más abundante (%) de todos ellos.



Sostenibilidad

Emisiones de CO₂ - GEI

- La “Environmental Protection Agency” (EPA) tiene una página en la cual se encuentran referencias sobre las cantidades generadas de GEI.



The screenshot shows the top navigation bar of the EPA website. On the left is the EPA logo with the text "Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos". On the right is a search bar with the placeholder text "Buscar en EPA.gov" and a magnifying glass icon. Below the navigation bar is a dark blue horizontal menu with four items: "Infórmese", "Ciencia y tecnología", "Leyes y normas", and "Conozcanos", each followed by a downward arrow. Below this menu is a breadcrumb trail: "Inicio / La energía y el medioambiente". The main content area features a large heading: "Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias".

Sostenibilidad

Emisiones de CO₂ - GEI

- Algunos datos provistos por la “Environmental Protection Agency” (EPA):

Electricidad consumida (kilovatios-hora)

La Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero utiliza la tasa de salida de CO₂ regionalmente específica o nacional de promedio anual de EE. UU. de eGRID para convertir los kilovatios-hora de uso de energía en unidades de emisiones de dióxido de carbono, dependiendo en la entrada del usuario.

Este cálculo es para los usuarios que desean conocer las equivalencias correspondientes a las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la electricidad usada, no la evitada. Este es una tasa regionalmente específica o nacional de promedio, dependiendo en la entrada del usuario.

Factor de emisión

$823.1 \text{ lb CO}_2/\text{MWh} \times 1 \text{ tonelada métrica} / 2,204.6 \text{ lbs} \times 1/(1-0.051) \text{ MWh suministrado/MWh generado} \times 1 \text{ MWh}/1,000 \text{ kWh} = 3.94 \times 10^{-4} \text{ toneladas métricas de CO}_2/\text{kWh}$

Galones de diésel consumidos

En el preámbulo de la reglamentación conjunta de la EPA y el Departamento de Transporte del 7 de mayo del 2010 que estableció los estándares iniciales de economía de combustible del Programa nacional para los modelos de los años 2012-2016, las agencias indicaron que habían acordado usar un factor de conversión común de 10,180 gramos de emisiones de CO₂ por galón de diésel consumido (Registro Federal 2010). Como referencia, para obtener la cantidad de gramos de CO₂ emitidos por galón de diésel quemado, el contenido de calor del combustible por galón puede multiplicarse por kg de CO₂ por contenido de calor del combustible.

Este valor supone que todo el carbón en el diésel se convierte en CO₂ (IPCC 2006).

Cálculo

$10,180 \text{ gramos de CO}_2/\text{galón de diésel} = 10.180 \times 10^{-3} \text{ toneladas métricas de CO}_2/\text{galón de diésel}$

Sostenibilidad

Emisiones de CO₂ - Industria de Celulosa & Papel

- Las emisiones de CO₂ están íntimamente ligadas al consumo de energía.
- De acuerdo a la “International Energy Agency” (IEA), en 2021 la Industria de Celulosa y Papel emitió 190.000.000 de toneladas de CO₂, contribuyendo al 2% de las emisiones globales.
- Se ha observado una reducción promedio anual de emisiones del 3%, pero no alcanzaría para lograr el objetivo de cero emisiones netas de GEI para el año 2050.
- La reducción del consumo de energía incidirá positivamente en las emisiones de CO₂.
- Los proyectos de captura y almacenamiento de CO₂ deberán seguir expandiéndose.

Sostenibilidad

Reducción del Emisiones de CO₂ - Industria de Celulosa & Papel

- Existen diversas medidas que pueden tomarse para reducir las emisiones de CO₂, siendo algunas de ellas:
 - Aumento del reciclado de papel.
 - Mayor uso de energías renovables.
 - Innovación tecnológica en la recuperación del calor de corrientes que normalmente se pierden.
 - Implementación de la cogeneración.
 - Acciones ejecutadas para la reducción del consumo de energía.
 - Cambio del combustible utilizado (2.5 kg CO₂/litro gasoil; 1.9 kg CO₂/m³ gas natural).



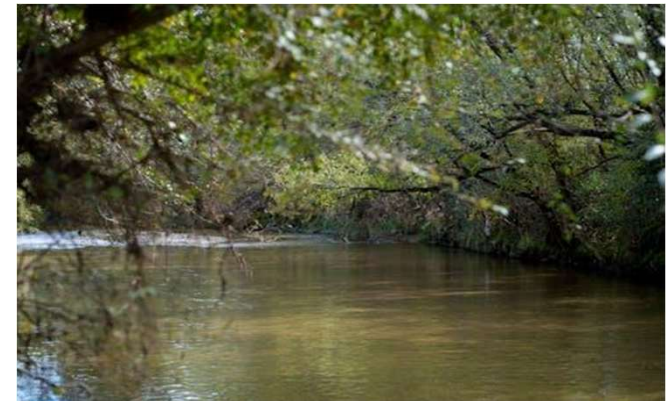
Sostenibilidad

Reducción del Consumo de Agua Fresca

El Agua - Un Recurso Vital

Distribución en la Tierra

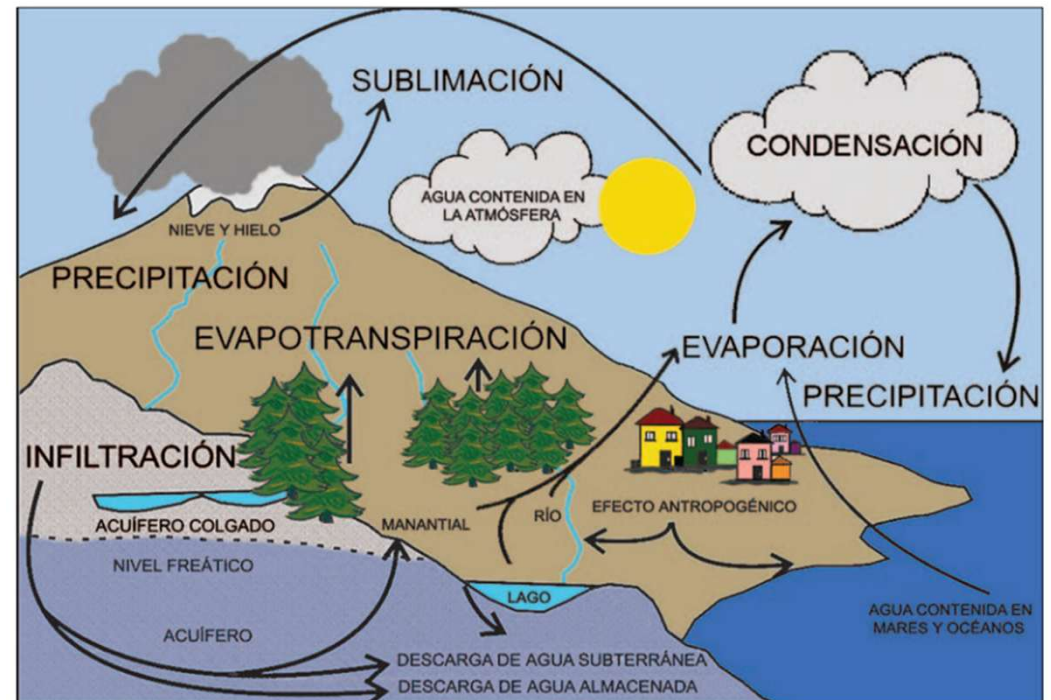
- Aproximadamente el 97% del total es agua salada (océanos y mares; 70% de la superficie terrestre).
- Solo el 3% del total es agua dulce.
- Alrededor del 70 al 75% del agua dulce se concentra en casquetes polares y glaciares de alta montaña.
- El agua superficial solo representa el 1% del agua dulce (ríos, lagos, embalses, etc).
- Cerca del 20% del agua dulce se localiza en acuíferos subterráneos.



El Agua - Un Recurso Vital

Ciclo Hidrológico

- Circulación del agua a través del planeta, la cual sufre diversas transformaciones y cambios de estado.
- Las principales etapas son evaporación, condensación, precipitación, infiltración y escurrimiento, constituyendo un proceso continuo.
- El principal problema es la reducción progresiva de la disponibilidad de agua dulce de calidad adecuada para consumo humano, uso industrial y agrícola.



El Agua - Un Recurso Vital

Principales Contaminantes

- Fuentes naturales: liberación de metales, sólidos suspendidos, sedimentos, plantas, etc.
- Fuentes antropogénicas: transportados por los escurrimientos hacia las aguas superficiales y/o por ingreso a los acuíferos subterráneos.
 - Descargas de efluentes industriales.
 - Agentes patógenos.
 - Productos químicos, petróleo.
 - Nitratos y fosfatos: eutrofización.
 - Entre muchos otros.
- Según estimaciones de la ONU, se producen anualmente 1.500 km^3 de aguas residuales, 6 veces más que el agua de todos los ríos del mundo.



Sostenibilidad

Consumo de Agua Fresca - Industria de Celulosa & Papel

- El agua es la materia prima que se utiliza en mayor cantidad en el proceso de fabricación de celulosa y papel.
- Esta industria, a nivel global, hace un uso intensivo del agua.
- Hay significativos esfuerzos para reducir el consumo del agua fresca y de esa forma hacer más sostenible el proceso de producción.
- El cierre de los circuitos de aguas, a través de medidas internas y tratamientos externos, ha conducido a una importante disminución del consumo de agua fresca.

Sostenibilidad

Reducción del Consumo de Agua Fresca - Industria de Celulosa & Papel

Principales impulsores:

- Disponibilidad limitada del agua fresca.
- Conservación de fibras, aditivos, agua y energía.
- Costos involucrados en la captación de agua fresca y en la descarga de efluentes.
- Cumplimiento de la legislación ambiental.
- Sostenibilidad como pilar fundamental de las organizaciones.

Sostenibilidad

Reducción del Consumo de Agua Fresca - Industria de Celulosa & Papel

USA

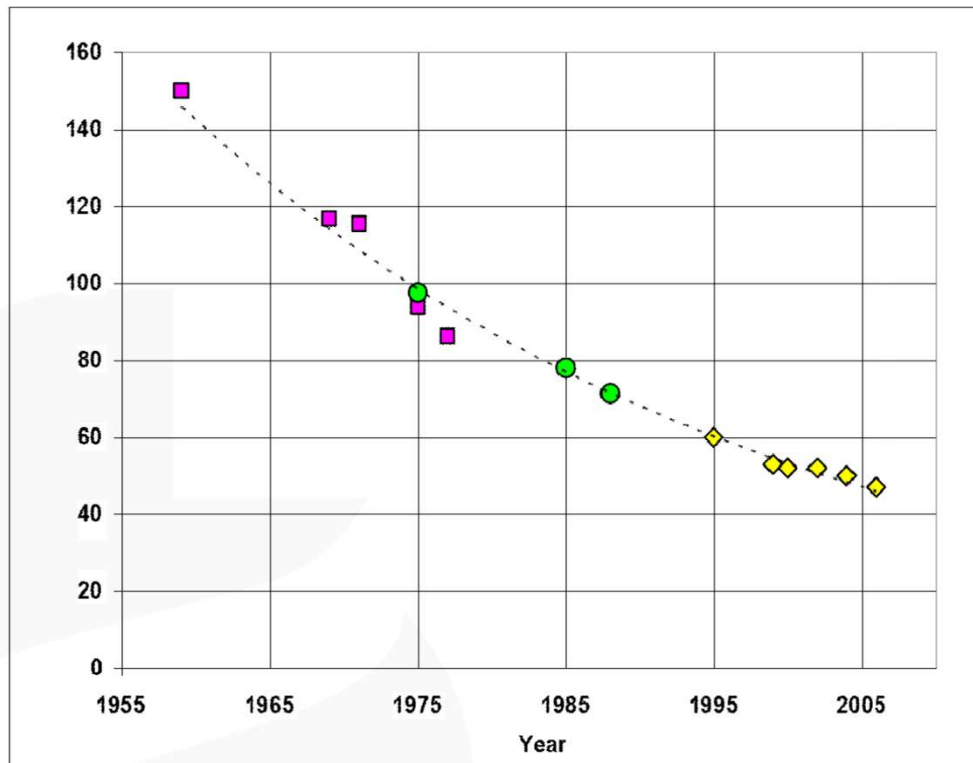


Figura de Environmental Footprint Comparison Tool
National Council for Air and Stream Improvement

Alemania

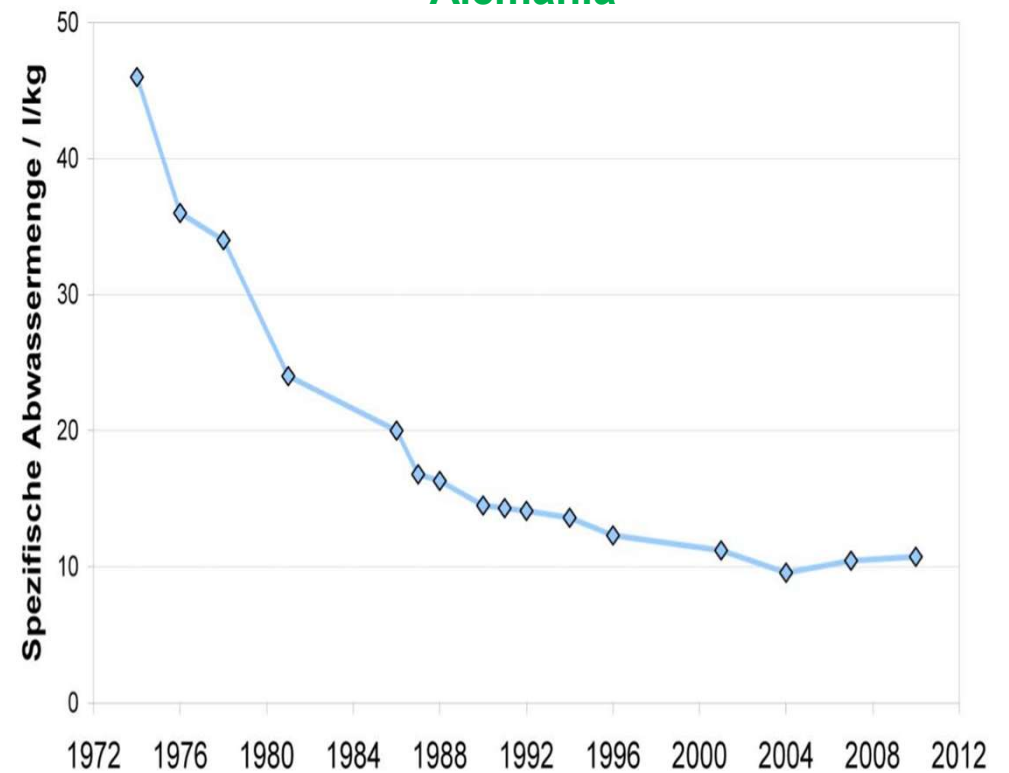


Figura de H. Jung und Dr. J. Kappen - Papiertechnische Stiftung (PTS)
München/Germany

Sostenibilidad

Reducción del Consumo de Agua Fresca - Industria de Celulosa & Papel

Tipo de Papel	Años 70's (m ³ /ton)	Actual (m ³ /ton)
Diario	85	5 - 15
Fino	180	5 - 10
Supercalandrado	120	10 - 15
Tissue	290	5 - 15
Liner	40 - 85	2 - 10
Cartón	130	8 - 15

Sostenibilidad

Reducción del Consumo de Agua Fresca - Industria de Celulosa & Papel

Principales beneficios:

- Menor consumo de agua fresca.
- Reducción de la pérdida de energía.
- Menor cantidad de fibras y aditivos al efluente.
- Disminución del costo del tratamiento del efluente.
- Entre otros posibles ahorros.

Sostenibilidad

Reducción del Consumo de Agua Fresca - Industria de Celulosa & Papel

Las Tres R

Reducir

Sostenibilidad

Reutilizar

Reciclar

Sostenibilidad

Reducir el Consumo de Agua - Industria de Celulosa & Papel

Por cada área específica dependiendo de su “peso” en el consumo total de agua.

Propósito	% del Consumo Total
Dilución de Fibras	60 - 65%
Regaderas	10 - 15%
Sellos de Bombas	3 - 5%
Enfriamiento	7 - 12%
Otros	4 - 6%

Sostenibilidad

Reciclar al Agua - Industria de Celulosa & Papel

El agua se puede utilizar en la misma área en la cual se originó ya que sus características y propiedades físico-químicas y microbiológicas son similares a las del agua de reposición.

- Bombas de vacío.

Mejores Prácticas

Reutilizar el Agua - Industria de Celulosa & Papel

- Puede ser en diversas áreas.
- En forma directa, sin requerir ningún tratamiento, cuando las características y propiedades son similares a las del agua de proceso.
- Diluida con agua cuando las características y propiedades son similares a las del agua de proceso pero es necesario un mayor flujo.
- Con tratamiento cuando las características y propiedades no son similares a las del agua de proceso
 - Agua para ajuste de consistencia.
 - Agua para regaderas.

Sostenibilidad

Referencias Externas - MTD (Mejores Técnicas Disponibles) para la producción de pasta, papel y cartón, conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las emisiones industriales

1.5.2 Aguas residuales y emisiones al agua

MTD 43. Para reducir el uso de agua fresca, el caudal de aguas residuales y la carga contaminante, la MTD consiste en usar una combinación de las técnicas siguientes.

	Técnica	Descripción
a	Separación de los sistemas de agua	Véase la sección 1.7.2.1.
b	Caudal a contracorriente de agua del proceso y recirculación del agua	
c	Reciclado parcial de las aguas residuales tratadas después del tratamiento biológico	Muchas plantas de papel RCF devuelven una parte de las aguas residuales tratadas biológicamente al circuito de agua, en especial las fábricas que fabrican papel ondulado o Testliner.
d	Clarificación de las aguas blancas	Véase la sección 1.7.2.1.

Sostenibilidad

Referencias Externas - MTD (Mejores Técnicas Disponibles) para la producción de pasta, papel y cartón, conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las emisiones industriales

MTD 44. Para mantener un cierre avanzado del circuito de agua en plantas de procesamiento de papel a partir de papel para reciclar y con el fin de evitar los posibles efectos negativos del incremento del reciclado del agua del proceso, la MTD es utilizar una o varias de las técnicas descritas a continuación.

	Técnica	Descripción
a	Monitorización y control continuo de la calidad del agua del proceso	Véase la sección 1.7.2.1.
b	Prevención y eliminación de biopelículas con métodos que minimicen las emisiones de biocidas	
c	Eliminación del calcio del agua del proceso mediante precipitado controlado de carbonato de calcio	



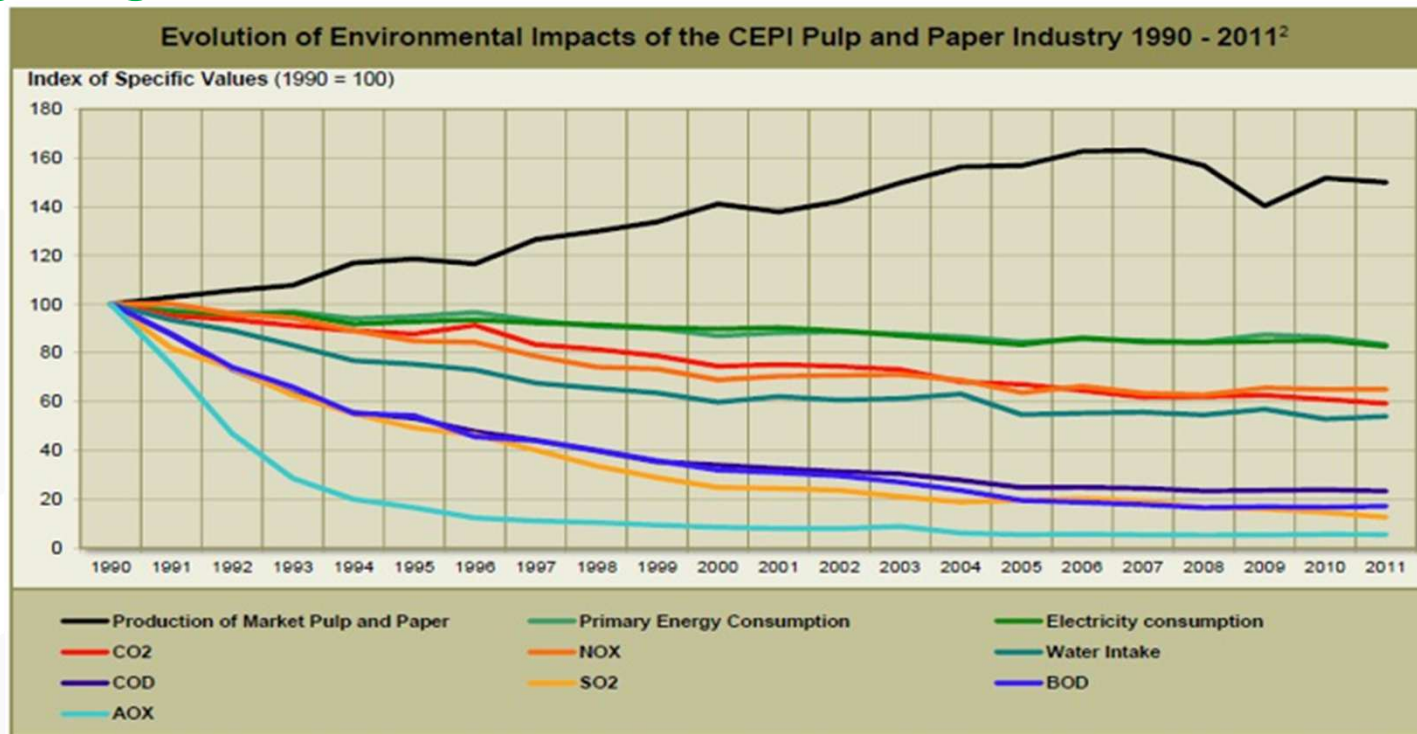
Sostenibilidad

Algunos Ejemplos

Sostenibilidad

Ejemplo de Europa - Industria de Celulosa & Papel

Reduction of specific water intake by 50% since 1990 also because of more recycling of fibres and water - A. Reichart, Umweltbundesamt



Water Emissions: COD (Chemical Oxygen Demand) - BOD (Biological Oxygen Demand) - AOX
Air Emissions: CO₂ - NOX (Azote Oxydes) - SO₂

Sostenibilidad

Ejemplo de Argentina - Industria de Celulosa & Papel

Según datos de la Cámara Argentina del Papel y Afines (CAPA), el consumo promedio de agua se ha reducido de aproximadamente 60 m³ por tonelada de papel producido en la década de 1990 a cerca de 20-30 m³ en la actualidad.

12 sept 2024

Conclusión

Sostenibilidad en la Industria de Celulosa y Papel

La sostenibilidad en la Industria de Celulosa y Papel está focalizada en una continua reducción del impacto ambiental. Las plantas productoras promueven el uso responsable de los recursos naturales, reduciendo el consumo de agua fresca, la emisión de gases de efecto invernadero y el consumo de energía, gestionando en forma eficiente los residuos e implementando las mejores practicas productivas y ambientales



¡Muchas Gracias!