



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ECOLOGÍA INDUSTRIAL; Y LA SINERGIA ENTRE EMPRESAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

JOSÉ GUADALUPE CRUZ ALANIS

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. José Javier Cervantes Cabello

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F. 2014





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Ecología industrial; y la sinergia entre empresas





DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme día a día en este largo camino por los triunfos y pruebas que puso en mi camino, puesto que esto me hizo mejorar como persona y siempre ver hacia adelante

A mis padres, quienes lucharon conmigo para alcanzar esta meta de mi vida. Gracias por darme la mejor educación para llegar a ser la persona que soy por su comprensión y cariño, por darme la fortaleza para superar todos los obstáculos, por darme su apoyo, por guiarme y darme los mejores consejos, por comprenderme en los momentos de desvelo y en aquellas ocasiones que la presión me superaba y mi actitud no era la mejor, gracias por todo los amo.

Hermanitos también este logro es suyo, por el apoyo que me dieron para cumplir esta meta.

Al Dr. José Javier cervantes cabello por su asesoría y consejos para poder realizar este trabajo de esta calidad.

A mis amigos, con quienes compartí esta gran etapa de mi vida con sus risas, enojos, trabajos, preocupaciones, fiestas. Gracias, porque sin ustedes nada hubiera sido igual.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a mi amada Facultad de Ingeniería les agradezco, por darme todas las herramientas que me formaron como profesionista.



Introducción	1
• Introducción	1
• Hipótesis	2
• Objetivos	2
• Problemática	2
Capítulo 1. La ecología industrial y la simbiosis industrial	3
1.1. ¿Qué es la ecología industrial?	4
1.2. Beneficios de la ecología industrial	5
1.3. Inicio de la ecología industrial	7
1.4. ¿Qué es la simbiosis industrial?	7
1.5. Elementos y herramientas de la simbiosis industrial	8
1.6. Beneficios y desventajas simbiosis industrial	14
1.7. Implementación de la simbiosis industrial	15
Capítulo 2. Legislación ambiental	25
2.1 Conceptos generales	25
2.2 Marco jurídico e institucional	27
2.3 Normas y leyes ambientales	31
2.4 Instrumentos jurídicos internacionales sobre el medio ambiente	35
2.5 Responsabilidad social empresarial	41
Capítulo 3. La ecoeficiencia como herramienta de la ecología industrial	45
3.1 Ingeniería verde	45
3.2 La ecoeficiencia	46
3.3 Objetivo de la ecoeficiencia	47
3.4 Definición de ecoeficiencia	47
3.5 Herramientas para la ecoeficiencia	49
3.6 Resiliencia	55
3.7 Los sistemas de gestión ambiental	55
3.8 Causas de la ineficiencia de la actividad industrial	57
Discusión	58
Conclusiones	60
Referencias	62
• Libros	62
• Mesografía	62
Anexos	64
• Normas Oficiales Mexicanas vigentes sobre ecología	64
• Decálogo ESR	68



INTRODUCCIÓN

- **Introducción**
- **Hipótesis**
- **Objetivos**
- **Problemática**

El deterioro ambiental actual a causa de la actividad industrial y el crecimiento poblacional durante los últimos siglos, sitúa a la sociedad en una posición en la que se deben replantear los procesos industriales bajo la idea de aprovechar al máximo los recursos (energía y recursos naturales) con el fin de reducir el impacto ambiental y maximizar su eficiencia. Así pues, El concepto de sustentabilidad representa el principal desafío del siglo XXI. La ecología industrial (EI) busca que las empresas funcionen como un sistema productivo en donde los aspectos ambientales, económicos, tecnológicos, políticos y sociales se interrelacionen para generar un ambiente confortable.

La actividad económica industrial es fundamentalmente un fenómeno físico de una gran concentración, derroche y transformación de materiales y la optimización de estos procesos está dirigido hacia lo que se conoce como Simbiosis Industrial (SI); ésta se da cuando las industrias de una región colaboran para utilizar los sub-productos de otras compañías o de otra forma compartir recursos (Ehrenfeld, 2005).

Hacia la década de los 50's del siglo pasado se hicieron intentos para tratar de mitigar el impacto causado al ambiente. En ese momento se introdujeron conceptos como: reciclaje, minimización de residuos, producción limpia y eco eficiencia. Sin embargo los precedentes más importantes, de la Ecología Industrial se encuentran cimentados bajo los conceptos de *Simbiosis Industrial* y *Sinergia de Subproductos*, nacidos en los años 70's. El Principio que siguen estos conceptos, es que el flujo de residuos de una industria se incorpore a otra convirtiéndose en materia prima para la segunda con lo que se busca cerrar el ciclo de la materia. (Ayres 2001).

A partir de este pensamiento, la industria reorienta sus acciones hacia la responsabilidad ambiental tomando en cuenta parámetros de calidad ecológica. Lo que da como resultado un nuevo espacio de productividad que se le conocería como Eco- Parque industrial; en este entorno se busca la interrelación entre dos industrias donde puedan tener un intercambio de materia y energía así también se crean nuevas tecnologías para la producción y el consumo eficiente de materiales.

Así pues, el concepto de Eco-parque es un concepto que en las últimas décadas ha sido utilizado como un nuevo modelo industrial el cual puede integrar tres dimensiones de la sustentabilidad: social, económica y medio ambiente.



La simbiosis industrial es una parte del concepto de ecología industrial. La simbiosis industrial (SI) involucra tradicionalmente industrias separadas en un enfoque colectivo como una ventaja competitiva al involucrar el intercambio de energía y materiales, agua y/o subproductos. La clave de la simbiosis industrial es la cooperación del sector productivo.¹

HIPÓTESIS

Actualmente el concepto de ecología industrial y simbiosis industrial es muy poco conocido en la industria y en sociedad en general, siendo este muy importante en el desarrollo sustentable, además se desconocen sus beneficios que traen para el ambiente y la industria.

OBJETIVOS

- Establecer los beneficios de la simbiosis industrial y saber cuál es su impacto en la industria
- Analizar la situación actual de la industria en materia de medioambiente
- Recopilar información sobre ecología industrial para tener más conocimiento de esta.

PROBLEMÁTICA

En la actualidad, el resultado del desarrollo y el avance tecnológico ha generado diversas formas de contaminación, las cuales alteran el equilibrio del medio ambiente. Debido a esto, la actual contaminación se convierte en un problema más crítico que en épocas pasadas. La mayoría de las industrias necesitan grandes cantidades de agua para operar y ejecutar sus procesos, así también como de otros recursos naturales. Como resultado de los procesos productivos un gran porcentaje de las aguas llevan consigo residuos de la industria, que deberían ser previamente tratados y depurados de acuerdo con las normativas ambientales. Lamentablemente no todas las industrias cumplen con estos requisitos, lo cual conlleva a un deterioro de los cauces del agua, una contaminación del ambiente y un desperdicio de recursos pues diversos sectores productivos no utilizan sus materiales a un 100% y la parte que desechan no se considera de utilidad.

¹Encuentro –Responsabilidad Empresarial- 28 de febrero del año 2013, Tlahuelilpan, Hidalgo, México.



CAPITULO I

La ecología industrial y la simbiosis industrial

- 1.1 ¿Qué es la ecología industrial?
- 1.2 Beneficios de la ecología industrial
- 1.3 Inicio de la ecología industrial
- 1.4 ¿Qué es la simbiosis industrial?
- 1.5 Elementos y herramientas de la simbiosis industrial
- 1.6 Beneficios y desventajas simbiosis industrial
- 1.7 Implementación de la simbiosis industrial

Introducción

Este capítulo dará a conocer el concepto de ecología industrial y simbiosis industrial, así como la descripción de las ventajas y desventajas de estos dos conceptos.

El concepto de ecología industrial es creado en el siglo pasado como resultado de la contaminación ambiental y el desperdicio de recursos. Para los años cincuenta la contaminación emitida a la atmosfera y al agua ya eran un problema por lo cual los defensores del medio ambiente reclamaron la reducción de los vertidos contaminantes. Para ello, las industrias se vieron en la necesidad de crear sistemas anticontaminantes para reducir la toxicidad de los vertidos. Después apareció el concepto de industria limpia que implicaba la modificación de procesos productivos para así disminuir los residuos y su toxicidad.

La ecología industrial propone tratar a la industria como un ecosistema donde diversas actividades industriales tienen una relación entre ellas con el medio ambiente y con la sociedad. De tal manera, que los residuos de un proceso productivo puedan ser utilizados como materia prima de otro proceso. Como puede verse la ecología industrial plantea una alternativa al problema de contaminación pero esta solución puede llegar a ser compleja.



1.1 ¿Qué es la ecología industrial?

Definición de ecología

“la ecología es la rama de la ciencia que se dedica al estudio del hogar o de la casa. Entendiéndose por casa el lugar que habitamos todos los seres vivos, sean estos personas, animales o plantas; es decir, la ecología se encarga de estudiar el sitio físico o área geográfica en que habita un conjunto de seres vivos que comparten dicho lugar”²

Ecología industrial

La Ecología Industrial responde a un concepto dinámico, por lo que es difícil encontrar una definición que lo abarque por completo.³

Las palabras “ecología” e “industria” puestas juntas sugieren diferentes cosas. La primera idea en que se puede pensar es que está hablando de algo imposible o, al menos, contradictorio. Otra idea en la que se puede pensar, es que se trata de una mera campaña de imagen. Lo “verde” o “ecológico” es, cada día más, argumento poderoso de venta.⁴

Este concepto sugiere una armonía entre la industria y el medio que la rodea a través de la creación de industrias “limpias”. La ecología industrial contempla todas las acciones realizadas a favor del medio ambiente pero su objetivo tiene límites más extensos.

Es así también, un área multidisciplinaria cuyo objetivo es dar un enfoque de ecosistema a la industria, semejante al de la naturaleza. Su primordial objetivo es relacionar a las industrias por medio del intercambio de materiales para generar una sinergia entre ellas. Pero, la transición de industria como actualmente la conocemos a un modelo de ecosistema, no es fácil, puesto que como en la naturaleza, cuando una especie cambia de hábitat tiende a tener un proceso de adaptación el cual implicará cambios extremos tanto en su alimentación como en su forma de vida, de igual forma pasaría esto con la industria al cambiar su sistema tradicional de producción, provocaría cambios que serían rápidamente identificados y que probablemente causarían molestias las cuales definirán la continuidad de este proceso de cambio o su desaprobación total

² Urbina Baca, Gabriela. Romero Vallejo, Sergio. Cruz Valderrama, Margarita. Proyectos ambientales en la industria. Pag.2. Grupo editorial patria.2007

³ Cervantes Torre-Marín, G, *et al.* / Ingeniería 13-1 (2009) 63-70

⁴ Valero Delgado, Alicia. Gil Usón Sergio. Ecología Industrial: cerrando el ciclo de materiales. Pag.9. Prensas Universitarias de Zaragoza 2011



1.2 Beneficios de la ecología industrial

Para la implementación de la Ecología Industrial es importante concretar los objetivos que ésta persigue, los cuales, atendiendo a la bibliografía consultada, pueden resumirse en cuatro objetivos básicos (Erkman, 2001):

1. Aprovechamiento sistemático de los residuos generados.
2. Minimizar la contaminación dispersa en el uso y consumo de productos y servicios.
3. Incremento de la productividad.
4. Minimizar la dependencia energética de los combustibles fósiles.

La ecología industrial fundamentalmente proporciona una mejor relación entre el medio ambiente la industria y la sociedad. Por lo cual, podemos aprovechar los residuos del entorno que rodean a una empresa, así también como minimizarlos, lo cual no es una tarea fácil puesto que los factores que rodean a esta decisión son variados.

Otro beneficio a destacar es la menor utilización de recursos, lo cual ayuda a preservar el medio ambiente y a generar una menor contaminación tanto en su utilización como en su extracción, ya que la utilización como materia prima de lo que antes era considerado como residuo de otras industrias ha generado un menor desperdicio de los recursos.

Por ejemplo, en la industria transformadora de leche, anteriormente el suero que se producía en la elaboración de crema y queso se desechaba en algunos casos como alimento para marranos y en otros simplemente se desechaba a drenaje, pero actualmente lo que diversas empresas de este sector lo que hacen es vender el suero como materia prima de jugos o gelatinas por su alto contenido en proteínas.

Por otra parte, la reducción de residuos implica menos contaminación, por lo cual, reduciría la demanda de plantas de tratamiento de agua, así como también los lugares para disposición final de estos residuos.

El intercambio de materia entre industrias lleva a tener relaciones entre diferentes empresas, por lo cual, si no existe una buena relación el intercambio será muy difícil, lo cual quiere decir que la ecología industrial también podría generar buenas relaciones sociales con otras industrias.

Otro aspecto dentro de los beneficios que trae la ecología industrial es tener una mejor rentabilidad de la empresa de tal modo que al reducir la cantidad de recursos a utilizar y al minimizar los residuos las ganancias aumentarían en un mediano plazo, a su vez también lograría generar una mejor imagen de la empresa, aun que no siempre, puesto que lograr tener una imagen “ecológica” en la mayoría de los casos se logra por la publicidad y no por las acciones a favor del medio ambiente.



Por otra lado, La ecología industrial impulsa al desarrollo sustentable a través de relacionar al sector social, ecológico y claramente al económico de tal forma que con lleva a crear un equilibrio con ambiente y una igualdad social como lo podemos ver en la figura 1.1.



Figura 1.1: Metas de la Ecología Industrial: Los tres elementos de la sustentabilidad, y las interrelaciones entre sus componentes (Modificado de Van Loon, 2005).

De la década de los 90's hasta nuestros días, el concepto de Ecología Industrial se ha consolidado incluyendo los tres sectores del desarrollo sustentable. En la figura 1.2, se muestra la evolución de los conceptos surgidos anteriormente hasta la concepción de la Ecología Industrial como el enfoque que hoy en día se aproxima y resalta la importancia de la sustentabilidad.

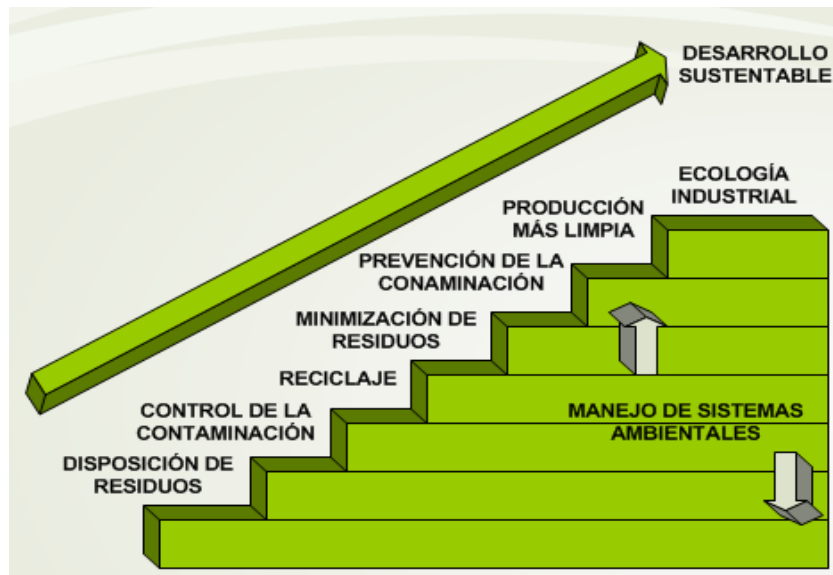


Figura 1.2: Pirámide hacia la sustentabilidad (Modificada de Basu y Dirk, 2006).



1.3 Inicio de la ecología industrial ⁵

La expresión ecología industrial como tal aparece en los años setenta, aunque el concepto no estaba definido. En esa década, el programa de las naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA), comienza a trabajar el concepto pero no se termina de desarrollar. En los ochentas, surgen algunas experiencias prácticas en Europa y Japón que responden al contenido de la ecología industrial, pero que no utilizan el nombre y, finalmente, desaparece. El concepto y el nombre se unen en 1989, cuando Robert Frosch y Nicholas Gallopoulos publican en un número especial de Scientific American, “managing planet earth” un artículo titulado “strategies for manufacturing”, donde desarrollaron el concepto de ecología industrial e introducen por primera vez el de ecosistema industrial. Hay diversos factores que hacen que la ecología industrial (EI) se desarrolle con fuerza a partir de este momento: la publicación en 1987 del informe brundtland, que es el inicio de la expansión de la idea de desarrollo sostenible; el hecho de que el artículo de Frosch y Gallopoulos se publique en una revista como Scientific American; el prestigio de dichos autores y el hecho que se refieran a una empresa tan influyente como General Motors. Además, la US National Academy of Sciences organizó un congreso a principios de los noventa, que se considera el acontecimiento fundador de la ecología industrial.

A partir de este punto, se incrementan las experiencias en parques ecoindustriales y la ecología industrial presenta un desarrollo exponencial. Se identifican las experiencias europeas en kalundborg (Dinamarca) y styria (Austria) y, a partir de ellas, en norteamérica se trabaja en el concepto y en la determinación de una metodología de implantación: después, se han desarrollado estas experiencias con mucha fuerza en Asia.

En 1997 se realiza el journal of industrial ecology, editado por MIT press. En 2001 se establece la International Society of industrial Ecology (ISIE) y en noviembre de ese año tiene lugar la conferencia inaugural de la ISIE en Holanda

1.4 ¿Qué es la simbiosis industrial?

La Simbiosis Industrial involucra a industrias y organizaciones tradicionalmente separadas en un intento colectivo para aumentar su competitividad mediante el intercambio comercial de materiales, energía, agua y otros subproductos, así como el uso compartido de activos, logística, experiencia y transferencia de conocimientos ⁶

La Simbiosis Industrial es la actividad que permite que empresas del mismo o de diferentes sectores, utilicen los residuos o subproductos derivados de procesos industriales, en otros distintos como materia prima o insumo; por lo anterior se vuelve fundamental el establecer las redes y sinergias adecuadas para que entre empresas, contemplen esta actividad como parte de sus principios en la búsqueda del

⁵ Valero Delgado, Alicia. Gil Usón Sergio. Ecología Industrial: cerrando el ciclo de materiales. Pag.13. Prensas Universitarias de Zaragoza 2011

⁶ Peter Laybourn, 2007



aprovechamiento y valorización de residuos y a su vez en reducir la dependencia hacia los recursos naturales.

Como se mencionaba anteriormente un ejemplo de esto es la utilización del suero producido en la transformación de leche en otros productos como jugos o gelatinas

Otro ejemplo que podríamos citar es en la industria azucarera donde actualmente todo el bagazo que se obtiene al triturar la caña anteriormente se tiraba o se regaba como abono pero en los últimos años este bagazo se ha utilizado como combustible en las calderas que se utilizan en esta industria pero no solo eso también los lodos que se obtienen de unos de los procesos del azúcar se vende a productores como abono orgánico por su alto contenido de nutrientes y por último el jugo que se obtiene al transformar la caña en azúcar sólida se vende a productores de bebidas alcohólicas.

A través de la Simbiosis Industrial se busca promover la adopción de patrones de producción y consumo sustentable en los distintos sectores industriales, y es en la Estrategia Nacional de Producción y Consumo Sustentable donde se expresa esta acción como parte de las actividades de fomento.⁷

La simbiosis industrial es la parte fundamental de la ecología industrial. Este concepto establece el intercambio de materia entre industrias la cual tendrá como resultado un mejor beneficio en comparación con los beneficios que da la empresa por sí sola.

La simbiosis se basa en tres tipos de oportunidades básicas para el intercambio de recursos:⁸

- Reutilización de subproducto.
- Utilización de infraestructura compartida.
- Utilización de servicios comunes.

1.5 Elementos y herramientas de la simbiosis industrial

La simbiosis industrial se basa principalmente en la cooperación de diversas empresas. Como lo explica Peter Laybourn.⁹

“Con la simbiosis industrial adoptamos esta metáfora y animamos a industrias que siempre han estado separadas a trabajar juntas para beneficio mutuo. Simplificando, es como los pájaros que se posan encima de una vaca y se comen sus garrapatas. Si aplicamos ese tipo de simbiosis a la industria, existen infinitas oportunidades de agrupar a las empresas en beneficio mutuo.”

⁷ Líneas de Acción para la Producción y Consumo Sustentable. www.semarnat.gob.mx

⁸ Valero Delgado, Alicia. Gil Usón Sergio. Ecología Industrial: cerrando el ciclo de materiales. Pag.14-15. Prensas Universitarias de Zaragoza 2011

⁹ Director del Programa británico del National Industrial Symbiosis Programme (NISP),



Para lograr un funcionamiento de la simbiosis industrial se tiene que tener en consideración lo siguiente:

- Relaciones sociales con otras industrias.
- Alta cooperación de las industrias involucradas en el intercambio.
- Establecimiento de normas.
- Un uso extendido de los recursos.
- Un cierre de ciclos y un seguimiento del flujo de materiales.

Las alternativas que ofrece la simbiosis industrial son diversas pero sus principales elementos que sugiere Laybourn son:

Compromiso industria

La simbiosis industrial se centra mucho en las empresas y no tiene nada que ver con otros programas del pasado; ni siquiera aparece ya en el título el término “medio ambiente” sino el término “industrial”.

Prestaciones regionales

Es una gran ventaja porque significa que la transferencia de información, tecnología e innovación es increíblemente rápida. En realidad, un estudio demostró que de las sinergias (cuando las empresas pactan entre ellas), un 70 % incluía un cierto grado de innovación, un 50 % implicaba mejores prácticas, y un 20 % a investigación y desarrollo absolutamente nueva. Por eso existe también una superación de la demanda en innovación e investigación y desarrollo.

Costo bajo muy rentable

El planteamiento de la simbiosis industrial resulta muy económico para los inversores gubernamentales o las autoridades regionales en términos del rendimiento que obtienen por el dinero que invierten en el programa; de hecho, el gobierno recupera unas 14 veces lo que invierte mediante un aumento de los impuestos procedentes de las empresas preocupadas por ser más rentables.

La simbiosis industrial está apoyada en el concepto de la ecología industrial y se puede alcanzar utilizando muchas y variadas herramientas (Cervantes¹⁰, 2006):

¹⁰Dra. en Química. Grupo de Investigación en Ecología Industrial, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, Profesora Titular dep. Bioprocesos.



Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Consiste en evaluar los efectos ambientales de la actividad, proceso o producto que se esté considerando, desde “la cuna hasta la tumba”, es decir, desde el momento de la extracción de las materias primas hasta el momento en que éstas son devueltas a la naturaleza en forma de residuos o emisiones.

El ACV se utiliza como medio para proveernos de un marco sistemático que ayude a identificar, cuantificar, interpretar y evaluar los impactos medioambientales de un producto, una función o servicio de manera ordenada. Se trata de una herramienta diagnóstica que puede ser utilizada para comparar productos o servicios existentes con otros o con normativas, pudiendo indicar áreas de mejora de productos existentes o ayudar en el diseño de nuevos productos.

Las fases principales del procedimiento para el ACV son cuatro:

1. Definición del objeto y alcance del estudio.
2. Preparación del modelo de ACV incluyendo las entradas y salidas. Esta etapa, en la que se recogen datos, se refiere habitualmente al Inventario de Ciclo de Vida (ICV).
3. La etapa en la que se definen la relevancia de las entradas y salidas se suele conocer como Valoración de Impacto del Ciclo de Vida (VICV).
4. Finalmente, interpretación de los resultados.

Normalmente se trata de un sistema definido como Modelo de Simulación Estático: consiste en que cada unidad del proceso (producción, transporte) tiene:

- Entradas: recursos, emisiones y cambios medioambientales
- Flujos de productos intermedios relacionados con las unidades de proceso.

Se trata de flujos de referencia, que son las cantidades específicas de flujos de producto para cada uno de los sistemas comparados que se requieren para producir una unidad de la función. El flujo de referencia se convierte en el punto de partida para construir los modelos necesarios de los sistemas de producto.

Análisis de Flujo de Materia (AFM)

El Análisis de los Flujos de Materiales (AFM) es una metodología para la cuantificación de los flujos de materiales intercambiados entre un sistema y su entorno. La metodología se puede aplicar a sistemas de diferentes dimensiones, desde un proceso industrial hasta la determinación de los flujos de determinadas sustancias a nivel global (Fischer–Kowalski y Hüttler 1999).

A pesar de que se pueden encontrar trabajos en los que se aplica el AFM a sistemas socioeconómicos desde los años '60 y '70



(Wolman 1965, Ayres et al. 1970, Flanagan et al. 1970) su aplicación más extensa y generalizada ha sido a partir de los años '90 (Adriaanse et al. 1997, Matthews et al. 2000, Ayres y Ayres 2002, Weisz et al. 2005). En los últimos años se ha cuantificado el AFM de numerosos estados, y los indicadores de consumo y uso de materiales han sido incorporados en las estadísticas nacionales de varios países.

En cambio, su desarrollo y aplicación a nivel regional es más reciente. La carencia de datos y su dispersión, junto con la dificultad para definir límites claros del sistema, que permitan cuantificar las entradas y salidas de materiales, son algunos de los principales problemas en la aplicación a nivel regional. Asimismo, tampoco se dispone de una metodología estandarizada y generalizada equiparable a la publicada por Eurostat (2001) para aplicaciones a nivel nacional, dificultando la comparación de los resultados entre diferentes territorios.

Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo son herramientas gráficas que permiten describir, de manera cualitativa y/o cuantitativa, la secuencia ordenada de las etapas que conforman los procesos y el movimiento de los distintos flujos entre ellos.

Las características más importantes de un diagrama de flujo son:

- Contar con una simbología/nomenclatura clara y precisa.
- Mostrar los datos cuantitativos con claridad.
- Debe ser fácilmente interpretable por cualquier persona incluso que no esté relacionada con el tema que visualiza el diagrama.
- Representar la realidad lo mejor posible.
- Ser un elemento clave para el análisis de datos y la toma de decisiones.

Mercado de subproductos

Consiste en la compra-venta de residuos y/o subproductos entre entidades distintas para lograr la sinergia entre varias entidades productivas.

Metabolismo Industrial

El concepto de metabolismo industrial, que promueve el flujo de materiales a través de los sistemas industriales para su transformación y posterior disposición como residuos también contribuyó al enriquecimiento del concepto de Ecología Industrial.¹¹

¹¹Cervantes Torre-Marín, G, *et al.* / Ingeniería 13-1 (2009) 63-70



Evaluación de Impacto Ambiental.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un procedimiento jurídico-técnico-administrativo que tiene por objeto la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado; así como la prevención, corrección y valoración de los mismos. Todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas Administraciones Públicas competentes.

Otra definición la considera como el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causa sobre el medio ambiente.

Los proyectos sujetos a EIA pueden ser, por ejemplo, la construcción de una represa hidroeléctrica, un puente o una fábrica; la irrigación de un gran valle; el desarrollo de una zona portuaria; el establecimiento de un área protegida o la construcción de un nuevo complejo de viviendas. El informe o estudio de la EIA identifica los problemas ambientales potenciales y las medidas para reducir los efectos ambientales adversos del proyecto.

Producción más limpia

Es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral a procesos, productos y servicios, para mejorar la eco eficiencia y reducir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente (Oficina de Industria y Medio Ambiente de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

- Para los procesos, incluye el uso eficiente de las materias primas, agua y energía, eliminación de productos tóxicos y la reducción de emisiones y desechos en la fuente
- En el caso de los productos la estrategia se centra en la disminución del impacto ambiental de estos, promoviendo diseños amigables desde su concepción hasta su desecho
- En el caso de los servicios, la estrategia se centra en la disminución del impacto ambiental, promoviendo procedimientos amigables en su gestión.

Eco-eficiencia

El concepto de eco eficiencia nace de la concepción global de los impactos ambientales, de las diferentes fases del ciclo de vida de un producto y de la voluntad de reducir los diferentes efectos ambientales negativos.

Consiste en proporcionar bienes y servicios a un precio competitivo, que satisfaga las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que reduzca



progresivamente el impacto ambiental y la intensidad de la utilización de recursos a lo largo del ciclo de vida, hasta un nivel compatible con la capacidad de carga estimada del planeta (World Business Council for Sustainable Development-WBCSD)”.

También se puede entender la eco eficiencia, como la relación entre el valor del producto o servicio producido por una empresa y la suma de los impactos ambientales a lo largo de su ciclo de vida.

$$\text{Ecoeficiencia} = \text{valor del producto o servicio} / \text{impacto ambiental}$$

La eco eficiencia se halla estrechamente ligada al desarrollo sostenible ya que equivale a optimizar tres objetivos: crecimiento económico, equidad social y valor ecológico. Es el principal medio a través del cual las empresas contribuyen al desarrollo sostenible y al mismo tiempo consiguen incrementar su competitividad. Este concepto significa añadir cada vez más valor a los productos y servicios, consumiendo menos materias primas, generando cada vez menos contaminación a través de procedimientos ecológica y económicamente eficientes y previniendo los riesgos.

Podemos ver que la ecología industrial tiene diversas herramientas y podemos ver en el siguiente cuadro el resumen de todas ellas



Figura 1.3: Herramientas de la ecología industrial



1.6 Beneficios y desventajas simbiosis industrial

La simbiosis industrial es un programa ambicioso pero a su vez ecológico lo cual da como resultado una gran cantidad de beneficios, entre los que destacan los siguientes:

Ventajas medibles.

Aumenta

- ↑ Ventas
- ↑ Empleos
- ↑ Ganancias
- ↑ Innovación
- ↑ Inversiones
- ↑ Aprendizaje
- ↑ Nuevas ideas
- ↑ Utilización de activos
- ↑ Transferencia de conocimientos.

Reduce

- ↓ Uso de recursos naturales
- ↓ Uso de agua potable
- ↓ Desechos tóxicos
- ↓ Emisiones de CO₂
- ↓ Rellenos sanitarios
- ↓ Contaminación
- ↓ Transporte
- ↓ Riesgos
- ↓ Costos

También genera un mejor bienestar social al aumentar el número de empleos y disminuir las molestias de la contaminación y como ya se había dicho anteriormente la Simbiosis Industrial (SI) aumenta la rentabilidad de la empresa y crea un mejor modelo de producción generando mejor eficiencia dentro de la empresa.¹²

Desventajas

La simbiosis industrial brinda beneficios a tres sectores (industria, ambiente y sociedad) pero el beneficio no siempre es equitativo puesto que el beneficio que pueda tener la industria a través de este programa es mucho mayor comparado con el beneficio que pueda tener el ambiente y la sociedad lo cual nos llevaría a pensar que la simbiosis no está enfocada a la reducción del impacto ambiental sino al aumento del valor de una industria.

Otra posible desventaja es la premisa de tener “0” residuos pues es cierto que en muchas ocasiones es poco probable y la reutilización de los residuos también genera una contaminación y además la reutilización de residuos de otras industrias resultaría más costoso que utilizar materia prima virgen. Una de las desventajas no tan vista es que la industria que intercambie sus residuos con otra, al darse cuenta que con sus residuos otra u otras industrias generan ganancias pedirá una parte de estas ganancias, a su vez la política de no divulgación de procesos y materiales sería un impedimento mas para lograr este intercambio y de igual forma se llegaría al punto de exigir una cuota económica por el uso de sus residuos.

¹² Simbiosis industrial, México, Distrito Federal a 25 de octubre de 2012, Ing. Carlos Benítez de la Garza, www.semarnat.gob.mx

1.7 Implementación de la simbiosis industrial

Para distinguir la Simbiosis Industrial de otros tipos de intercambios, se utiliza la “Heurística 3-2”, la cual establece como criterio mínimo que al menos tres entidades diferentes deben participar en el intercambio de al menos dos tipos de recursos para ser considerado como un caso básico de Simbiosis Industrial. Además, ninguna de las tres entidades puede basar su actividad industrial en el reciclaje (Chertow, 2007).

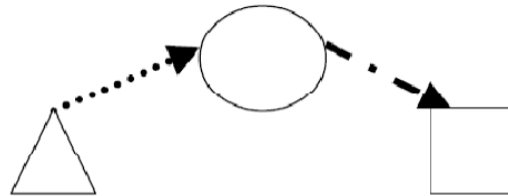


Figura 1.4: simbiosis industrial incluyendo el mínimo de tres entidades

Ecoparque industrial

El concepto de los Eco-Parques Industriales deriva de los intentos de aplicar los principios ecológicos en las actividades industriales y en el diseño de las comunidades. Amalgamando los principios de ecología industrial, con los preceptos de prevención de la contaminación, el desarrollo sustentable, la arquitectura y la construcción, y al incentivar la cooperación entre las organizaciones para lograr estos modelos, los eco parques industriales (EPIs) apoyan el desarrollo económico de comunidades sustentables. El objetivo de los EPIs es mejorar la actuación económica de las compañías participantes, a la vez que minimizan su impacto ambiental.¹³

En la actualidad, los ecoparques industriales más representativos son dos: el eco parque de Kalundborg (Dinamarca) y el eco parque de Styria (Austria).¹⁴

La simbiosis en Kalundborg.

Kalundborg es una ciudad de 20,000 habitantes localizada en el norte de Dinamarca. Desde 1960, la ciudad se convirtió en un centro industrial de gran importancia para el país gracias a la configuración de un parque eco-industrial a gran escala en su región; este hecho le ha merecido un reconocimiento como paradigma urbano de productividad (Cote, 1999).

El principio de la innovación ecológica en Kalundborg es sencillo: consiste en controlar la complejidad de las actividades industriales de la región ordenando las empresas en una estructura similar a la de una cadena alimenticia. Y de este modo, la ciudad se concibe como una unidad compuesta por relaciones orgánicas, estas abarcan una gran variedad de especies que interactúan con los recursos materiales disponibles (Fernandez, 2005).

¹³ Cesar Ulises Treviño, Presidente de Bioconstrucción y Energía Alternativa

¹⁴ Valero Delgado, Alicia. Gil Usón Sergio. Ecología Industrial: cerrando el ciclo de materiales. Pag.24. Prensas Universitarias de Zaragoza 2011



A través del Parque Eco-Industrial, la ciudad ha encontrado nuevos potenciales económicos donde parte del flujo material se recicla para proteger las reservas naturales. El aumento de oportunidades industriales ha fortalecido la diversidad y la estabilidad del sistema, ya que a mayor número de conexiones entre industrias, el parque eco-industrial ha asegurado su permanencia. (Cote, 1999)

Historia de La simbiosis en Kalundborg.¹⁵

El Parque Industrial de Kalundborg no fue planeado originalmente para la simbiosis industrial. Su estado actual de intercambio de materiales y calor se desarrolló en un período de 20 años. Pues si se compartía de manera temprana los materiales y el calor implicaría la venta de productos de desecho sin tratamiento.

Cada eslabón más en el sistema fue negociado como un acuerdo de negocios independientes, y se estableció sólo si se espera que fuera económicamente rentable.

El parque se inició en 1959 con la puesta en marcha de la central nuclear ASNES. El primer episodio de compartir entre dos entidades fue en 1972 cuando Gyproc, una planta de fabricación de cartón-yeso, estableció un ducto para suministrar gas de Tidewater Oil Company. En 1981 el municipio Kalundborg completó una red de distribución de calefacción urbana en la ciudad de Kalundborg, que utiliza el calor residual de la planta de energía.

Una línea de tiempo de la creación del parque industrial:

- 1959 La central eléctrica de ASNES se puso en marcha
- 1961 Tidewater Oil Company, construyó un gasoducto desde Lake Tisso para proporcionar agua para su funcionamiento
- Tidewater Oil Company es asumida por Esso
- 1972 Gyproc establece la planta de yeso-board. Se construye una tubería de la refinería a las instalaciones Gyproc para suministrar el exceso de gas.
- 1973 La central eléctrica de ASNES se expande. Una conexión se construye para la tubería Lake Tisso-Statoil
- 1976 Novo Nordisk inicia la entrega de lodos biológicos de las granjas vecinas
- 1979 ASNES inicia el suministro de cenizas volantes.
- 1981 El municipio Kalundborg completa una red de distribución de calefacción urbana en la ciudad que utiliza el calor residual de la planta de energía.
- 1982 Novo Nordisk y la refinería de Statoil construyen tuberías de suministro de vapor de la central. Con la compra de vapor de proceso de la planta de energía, las empresas son capaces de apagar las calderas de vapor ineficientes
- 1987 La refinería Statoil completa un gasoducto para suministrar el agua de enfriamiento de efluentes a la planta de energía para su uso como agua de alimentación de sus calderas.

¹⁵ Creada a través de datos del artículo Kalundborg Parque Eco-industrial, Historia, La simbiosis, Ahorro e Impactos Ambientales, Como modelo (Web Academia 2013) y Valero Delgado, Alicia. Gil Usón Sergio. Ecología Industrial: cerrando el ciclo de materiales. Pag.24-31. Prensas Universitarias de Zaragoza 2011



- 1989 La planta de energía comienza a utilizar el calor residual de la sal del agua de refrigeración para producir trucha y rodaballo en su granja de pescado local
- 1989 Novo Nordisk firma un acuerdo con el municipio de Kalundborg, la central eléctrica y la refinería para conectarse a la red de suministro de agua del Lago Tisso
- 1990 La refinería de Statoil finaliza la construcción de una planta de recuperación de azufre. El azufre recuperado se vende como materia prima a un fabricante de ácido sulfúrico en Fredericia
- 1991 Statoil comisiona la construcción de un gasoducto para abastecer la refinería, tratando biológicamente las aguas residuales de la planta de energía para su limpieza y estabilización.
- 1992 Statoil se encarga de la construcción de un gasoducto para suministrar gas de la antorcha de la planta de energía como combustible complementario
- 1993 La planta de energía completa un proyecto de desulfuración de gases de combustión de la pila. El sulfato de calcio resultante se vende a Gyproc, donde reemplaza yeso natural importado

Actualmente está constituido por siete integrantes:

- **Asnes** (central eléctrica), tiene 250 empleados. Alimentada principalmente de carbón, es la mayor central de Dinamarca.
- **Statoil** (refinería), cuenta con 330 empleados, siendo la mayor refinería de petróleo en Dinamarca.
- **Gyproc** (placas de yeso para construcción), tiene 165 empleados y su producción anual es de 20000 m²
- **Novo Nordisk** (empresa internacional de biotecnología), emplea a más de 4000 trabajadores
- **El municipio de kalundborg** provee calefacción a sus 20000 residentes y suministra agua a las casas y empresas de la localidad
- **RGS 90:** planta de reciclado de residuos
- **Kara Noveren:** la planta de tratamiento de residuos.



En resumen la simbiosis del bioparque industrial es presentado en la figura 1.5

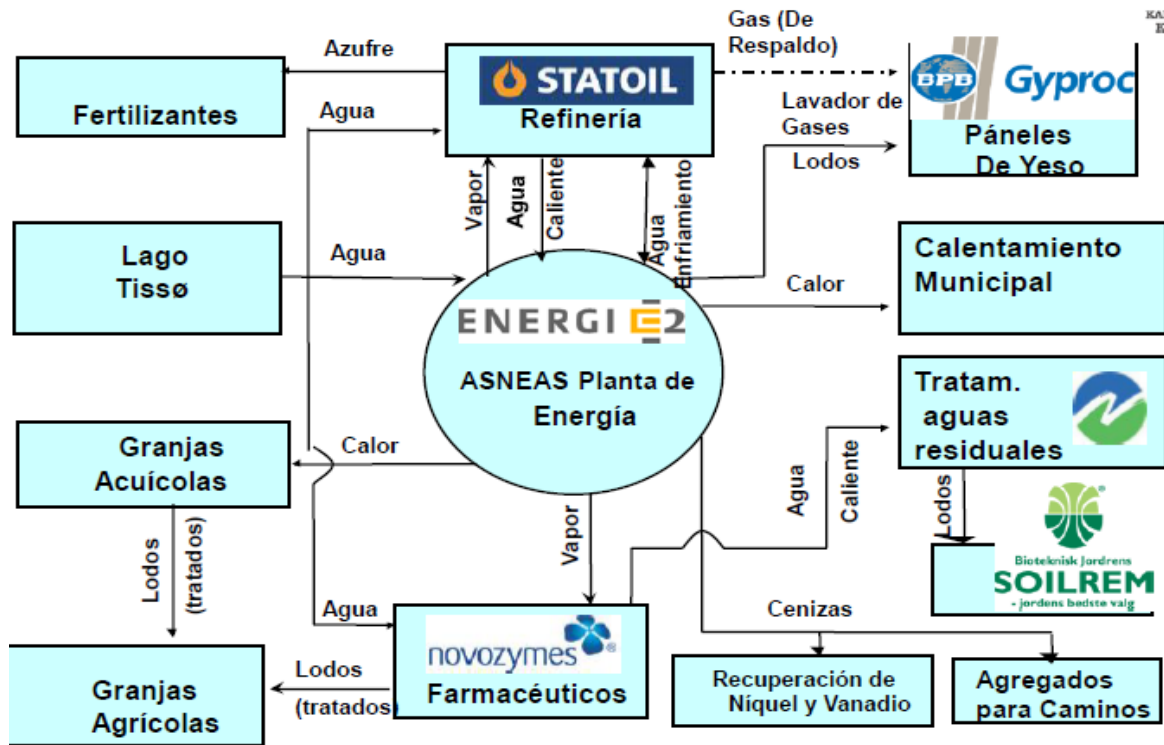


Figura1. 5: diagrama de simbiosis en kalundborg(fuente: Simbiosis industrial, México, Distrito Federal a 25 de octubre de 2012, Ing. Carlos Benítez de la Garza, www.semarnat.gob.mx)



Figura 1.6: kalundborg (Fuente: simbiosis.dk)



Figura 1.7: kalundborg (Fuente: simbiosis.dk)

Resultados de kalundborg

Todos los cambios han contribuido al ahorro de agua, y el ahorro en productos químicos y combustibles de entrada. Los residuos también se evitaron a través de estos intercambios. Por ejemplo, en 1997, Asnes salvó 30,000 toneladas de carbón mediante el uso de gas combustible Statoil. Y se evitaron 200,000 toneladas de cenizas volantes y clinker de Asnes vertedero.

Un estudio realizado en 2002 mostró que estos intercambios también contribuyeron a más del 95% del total del suministro de agua a la planta de energía. Esto representa un aumento del 70% en 1990. Por lo tanto, el sistema es cada vez más amplio en su capacidad para salvar las aguas subterráneas, sin embargo, todavía hay margen para la mejora. De los 1.2 millones de m³ de agua residual descargada de Statoil, sólo 9000 m³ fueron reutilizados en la central.

Cifras más recientes muestran una gran mejora, cuando se compara con las cifras de 1997, en el ahorro de recursos. Los datos de alrededor de 2004 muestran un ahorro anual de 2,9 millones de metros cúbicos de agua subterránea, y 1 millón de metros cúbicos de agua de la superficie. Ahorro de yeso se estiman alrededor de 170 000 toneladas, y la prevención de residuos de dióxido de azufre se estima en torno a 53 Ton. Estos números son en su mayoría estimaciones. Aspectos del parque eco-industrial han cambiado, y hay muchos niveles para tener en cuenta al hacer estos cálculos. En conjunto, sin embargo, estos intercambios han demostrado un ahorro anual de hasta \$ 15 millones, con inversiones en torno a \$ 78.5 millones. Los ahorros acumulados en total se estiman en torno a \$ 310 millones.

El caso del corredor industrial Altamira-Tampico¹⁶

Esta acción forma parte del proyecto CONACYT-CIENCIA BÁSICA, coordinado por la UAM-X: “Factores Determinantes para la Ecología Industrial en un sistema Complejo: El corredor Industrial de Altamira-Tampico y el parque Industrial Toluca 2000”. En este proyecto, aprobado en 2009, se implementan en estos corredores industriales, algunas de las herramientas de la Ecología Industrial como son los diagramas de flujo y la identificación de oportunidades de simbiosis industrial.

En la zona del corredor industrial Altamira-Tampico se encuentran establecidas muchas empresas, la gran mayoría de las empresas son de tipo petroquímico. Las industrias petroquímicas son generalmente icono de contaminación debido al tipo de residuos que generan y la mala disposición que hacían de estos residuos.

En octubre de 1997, el consejo empresarial para el desarrollo sostenible sección Golfo de México (BCSD-GM) implementó la demostración del proyecto Sinergia de subproductos en Tampico (Tamaulipas) con un grupo de 21 industrias locales para promover el desarrollo comercial conjunto entre los sectores económicos, fomentar la eco-eficiencia, convertir los residuos de una industria en insumos de otra y crear una nueva comunidad de empresas con mayor liderazgo en la industria.

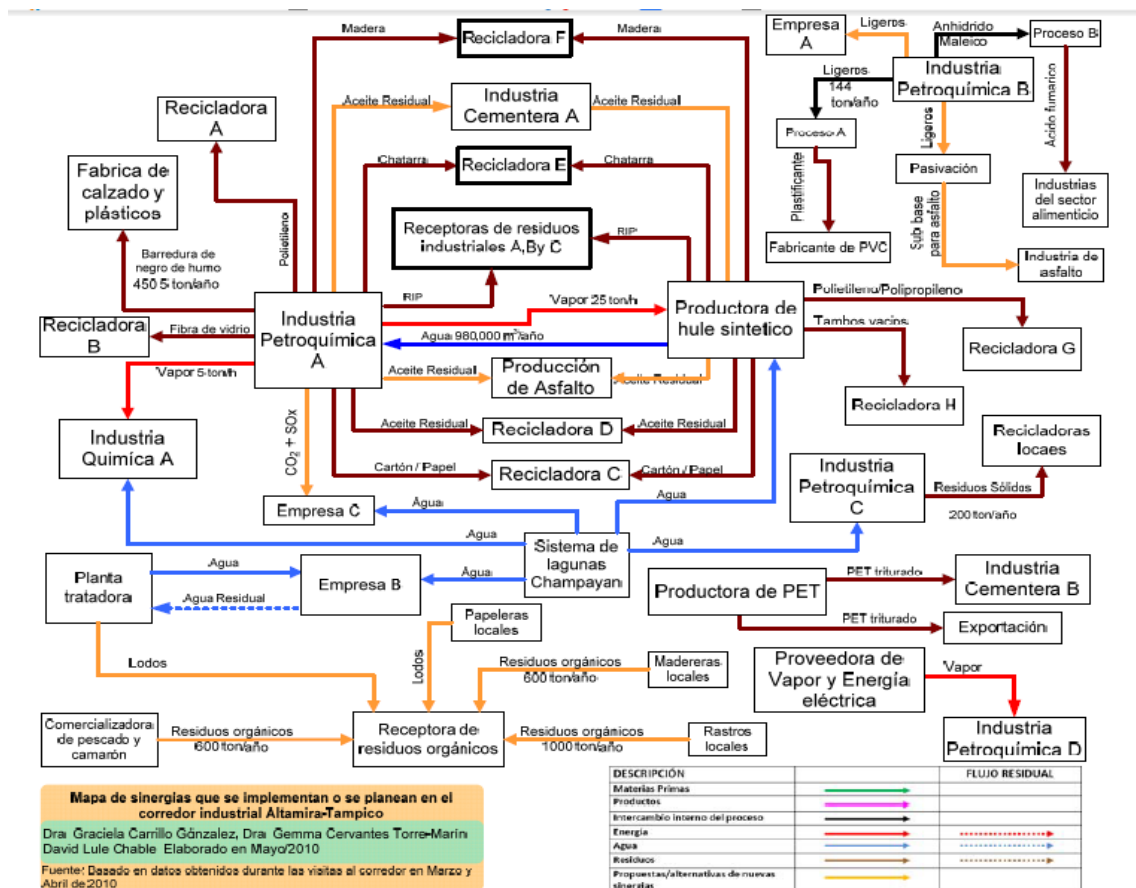


Figura 1.8 Diagrama de sinergias en el corredor industrial Altamira-Tampico en 2010
 Fuente: Estrategias de simbiosis industrial El caso de éxito de Altamira-Tampico (www.Semarnat.gob.mx)

¹⁶Innovación y ecología industrial, Lule y Cervantes.



Figura 1.9: Vista de corredor industrial Altamira-Tampico

Empresas en Altamira-Tampico	
PLÁSTICOS:	
Indelpro SA de CV	PVC
G.E. Plastics	ABS
Grupo Primes	PVC resina y polvo, phtalicanidrido
Policyd	PVC
Poliolles	Poliestireno
Pecten Poliesters	Poliestireno
MINERALES INDUSTRIALES:	
PPG	silicio puro
Dupont	pigmento TIO2
QUÍMICA / PETROQUÍMICA:	
Novaquim	Químicos para la industria del caucho y herbicidas
NHUMO	Caucho sintético
INSA-Emulsión	Productos de caucho o goma (mangueras)
INSA-Solución	Productos de caucho o goma (llantas, zapatos)
PEMEX	Productos refinados de petróleo
Petrocel-DMTX	Productos refinados de petróleo
Petrocel-PTA	Phteraphtalicacid
METALURGICA:	
Sulfamex	Sulfato de manganeso
Minera Autlán	Ferromanganeso, silicomanganeso
MISCELÁNEOS:	
Cryoinfra	Gases industriales
Grupo Tampico	Botes de Coca Cola
Johns Mansville	Membranas impermeables
Enertek	Energía eléctrica

Figura 1.10 empresas en Altamira-Tampico.

Fuente: Estrategias de simbiosis industrial El caso de éxito de Altamira-Tampico (www.Semarnat.gob.mx)



Otro caso de éxito es CONCAMIN-NISP México¹⁷

Origen

Bajo el marco del acuerdo *Diálogos por el Desarrollo Sustentable*, firmado por los gobiernos de México y el Reino Unido, se lanza en febrero de 2008 el programa CONCAMIN-NISP México en la región de Toluca - Lerma y zonas aledañas.

Asistido técnicamente por la compañía International Synergies Limited y por el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Reino Unido (DEFRA por sus siglas en inglés), e implementado en México por la Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, el programa CONCAMIN-NISP México es reconocido y apoyado por la SEMARNAT y las Secretarías de Medio Ambiente y de Desarrollo Económico del Estado de México y ha contado con la colaboración de organismos como el CESPEDES, el Consejo Empresarial del Valle de Toluca, la CANACINTRA Edo Mex. y la Asociación de Industriales del Estado de México.

Logros

Al mes de septiembre de 2009, CONCAMIN-NISP México **ha materializado 47 sinergias entre empresas** de las regiones Toluca, Lerma y zonas aledañas y desde su arranque ha realizado entre otras, las siguientes actividades:

- ✓ 4 talleres de simbiosis industrial
- ✓ 2 sobre el tema de energía y cambio climático
- ✓ Más de 150 empresas participantes
- ✓ Seguimiento a más de 1000 oportunidades de sinergia
- ✓ Presencia en foros y eventos relacionados con medio ambiente y negocios sustentables en Guatemala, Portugal, Guanajuato, Querétaro y Distrito Federal.

Los beneficios alcanzados por el programa han despertado el interés de empresas instaladas en otras importantes zonas del Estado de México que solicitan ingresar al Programa y por ende su ampliación a otras regiones. Asimismo Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Baja California, Nuevo León y Distrito Federal han mostrado mucho interés por establecer NISP regionales en sus estados.

Las sinergias logradas a la fecha han generado importantes beneficios económicos para las empresas miembro, algunas de las cuales han aumentado sus ganancias al tiempo que otras disminuyen costos. Del mismo modo, se ha conseguido beneficiar socialmente a la región pues nuevos empleos han sido creados e instituciones de beneficencia han sido favorecidas.

No menos importantes son los beneficios ambientales derivados de la consolidación de estos negocios, mismos que se expresan en términos de:

- ✓ Toneladas de dióxido de carbono no emitido gracias a la no extracción de materia prima virgen, al no envío de materiales valorizables a relleno sanitario y a la reducción de distancias de transportación.

¹⁷CONCAMIN-NISP México Programa de Simbiosis Industrial.(www.cmic.org)



- ✓ Toneladas de recursos no dispuestos en relleno sanitario, gracias a su ingreso a nuevas cadenas productivas y nuevos usos.

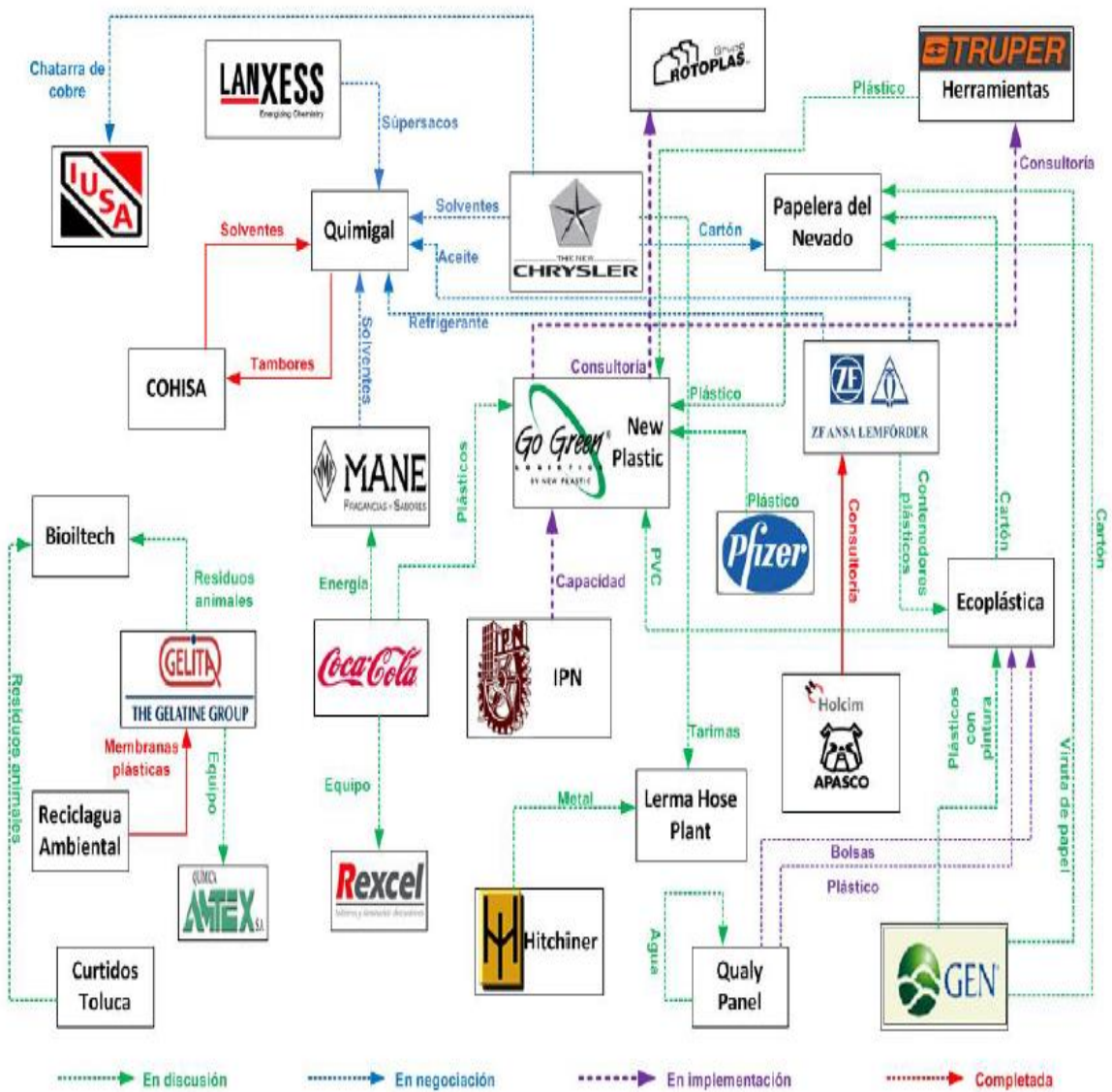


Figura 1.11 Diagrama de industrias en CONCAMIN NISP México (fuente: Simbiosis industrial, México, Distrito Federal a 25 de octubre de 2012, Ing. Carlos Benítez de la Garza, www.semarnat.gob.mx)



Resultados de Sinergias Completas	
En diciembre de 2009 se dieron los siguientes resultados: con 53 sinergias completas	
Concepto	Resultados
Recursos no dispuestos en relleno sanitario	3,135 ton/año
Bióxido de Carbono reducido	20,533 ton/año
Beneficio económico anual	\$ 802,573
Beneficio económico total	\$ 1,677,550
Espacio de almacenamiento liberado	72 m ²

Otros ejemplos de simbiosis industrial

El futuro de la simbiosis a nivel global es imprescindible puesto que las opciones que presenta el camino hacia un desarrollo sustentable

A continuación se presentan otros ecoparques en los diferentes continentes:

Europa	Asia	América
kalundborg (Dinamarca)	BuganganBaru (Indonesia)	Tampico (México)
Styria (Austria)	Naroda (India)	Burnside (Canadá)
Ora Eco-Park (Noruega)	AnkleshwarIE (India)	The Bruce Energy Center (Canadá)
Herning-ikast (Finlandia)	Nandeseri IE(India)	Calgary
Turku(Finlandia)	Thane-Belapur IE (India)	Quebec
Progetto CLOSED (Italia)	Calabarzan (Filipinas)	Fairfield (Maryland, EE.UU.)
		Brownsville (Texas, EE.UU.)
		Midlothian (Texas, EE.UU.)



Capítulo II

Legislación ambiental

2.1 Conceptos generales

2.2 Marco jurídico e institucional

2.3 Normas y leyes ambientales

2.4 Instrumentos jurídicos internacionales sobre el medio ambiente

2.5 Responsabilidad social empresarial

2.1 Conceptos generales

Para comprender mejor el capítulo es necesario precisar una serie de conceptos básicos que se presentan constantemente en la ley, normas y tratados que aplican con relación al ambiente las cuales se verán en este capítulo.

Legislación ambiental

Es el conjunto de normas, leyes y tratados que buscan la protección del medio ambiente y tienen como objetivo generar un equilibrio entre el ambiente y la humanidad.

Ambiente

El ambiente es definido por Silvia Jaquenod¹⁸ como el "... sistema de diferentes elementos. Fenómenos, procesos naturales y agentes socioeconómicos y culturales. Que interactúan condicionando en un momento y espacio determinados. La vida y el desarrollo de los organismos y el estado de los componentes inertes, en una conjunción integradora, sistémica y dialéctica de relaciones de intercambio".

Por su parte, el Consejo Internacional de la Lengua Francesa entiende por ambiente" el conjunto en un momento dado de los agentes físicos, químicos, biológicos y de los factores sociales susceptibles de tener un efecto directo e indirecto, inmediato o aplazado sobre los seres vivos y las actividades humanas".

¹⁸ autora del libro "derecho ambiental" de la editorial Dykinson



Contaminación

La contaminación es definida por Florelinda Chávez Salomón y José Icaza López¹⁹ como "La inclusión de un factor externo, ya sea un producto químico, una forma de energía, un ente biológico o un ambiente inadecuado para el hombre, trastocándolo y mermándolo en sus cualidades.

Otro término al que tenemos que acudir para comprender el concepto jurídico de contaminación es el de desequilibrio ecológico, que en ese mismo ordenamiento legal se define como: "La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos".

Preservación

Jurídicamente, la preservación es definida en la LGEEPA²⁰, en la frac XXIV del art 30, como "el conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de su hábitat natural."

Prevención

La LGEEPA define el término *prevención* como "el conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente."

Protección

En la LGEEPA (art 30, frac XXVI) se define la *protección* como "el conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro". De forma similar, la *Ley Ambiental del Distrito Federal* la define en el contexto ecológico como *protección*; "Es el conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones destinadas a mejorar el ambiente y a prevenir y evitar su deterioro".

Restauración

La LGEEPA define la *restauración* como "el conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales". La *Ley Ambiental del Distrito Federal* alude a la restauración del equilibrio ecológico y no sólo a la restauración, pero la define en idénticos términos que los establecidos en la LGEEPA.

¹⁹ Autores del libro Desequilibrio ecológico y educación ambiental, UNAM, escuela nacional preparatoria, coordinación de opciones técnicas.

²⁰ La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la Regulación Ambiental de la Industria



Equilibrio ecológico

Este vocablo encuentra su definición jurídica en la frac. XIV del art 30 de la LGEEPA, entendiéndose por tal "la relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos".

Recurso natural

La LGEEPA define la voz *recurso natural* como "el elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre."

Impacto ambiental

Tanto en la LGEEPA como en la *Ley Ambiental del Distrito Federal*, se incluye la definición jurídica del término *impacto ambiental* como la "modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza".

Material peligroso

El legislador federal define en la LGEEPA el material peligroso como los "elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas".

Residuo

De conformidad con el art 30, frac XXXI. De la LGEEPA se entiende por residuo "cualquier material remanente generado en los procesos de extracción, transformación, producción, consumo, utilización. Cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó."

Residuo peligroso

La LGEEPA, en su art 30. Frac XXXII. Define los residuos peligrosos como "todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o para el ambiente".

2.2 Marco jurídico e institucional²¹

Marco jurídico

En México, antes de los años 70 prácticamente no se aplicaba ningún criterio ambiental para el desarrollo industrial, a pesar de que había indicios de impactos crecientes en términos de contaminación atmosférica y generación de residuos. Fue a

²¹Julia Carabias Lillo, Enrique Provencio, *ELEMENTOS PARA UN PROCESO INDUCTIVO DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA*, INE-SEMARNAP, México 2000



partir de 1971 con la expedición de la primera Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación que el gobierno de México empezó a controlar el comportamiento ambiental de la industria. Los instrumentos de regulación ambiental de la industria han ido evolucionando hasta constituir hoy un complejo sistema de normas, reglamentos, acuerdos y convenios sobre los que se sustenta la relación de la industria con el medio ambiente.

Con sólo tres décadas de legislación ambiental se han hecho varias modificaciones a los instrumentos legislativos y normativos existentes con la intención de incorporar las nuevas tendencias y la relación que las actividades humanas tienen con él. El desarrollo de las leyes en materia ambiental refleja una evolución hacia un enfoque actualmente basado en principios de sustentabilidad económica y ambiental, como puede observarse en los siguientes párrafos:

- En 1971, la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación estaba orientada a criterios de salud con algunos elementos para el control de emisiones.
- En 1988 se aprueba la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), y se expidieron reglamentos en materia de impacto ambiental, residuos peligrosos, prevención y control de la contaminación atmosférica, prevención y control de la contaminación generada por los vehículos automotores que circulan en el Distrito Federal y los municipios de la zona conurbada.
- En 1996, la experiencia acumulada en casi ocho años de vigencia de la LGEEPA así como nuevas demandas de la sociedad hicieron necesario incorporar modificaciones en dicho ordenamiento, incluyendo grandes innovaciones orientadas a diversos propósitos, entre los que destacan :²²
 - El establecimiento de un proceso de descentralización ordenado, efectivo y gradual de la administración, ejecución y vigilancia ambiental, para obtener mayor participación de las autoridades locales.
 - La ampliación de los márgenes legales de participación ciudadana en la administración ambiental, a través de mecanismos como la denuncia popular, el acceso a la información ambiental y la posibilidad de impugnar por medios jurídicos los actos que dañen al ambiente en contravención a la normatividad vigente.
 - La incorporación de instrumentos económicos de administración ambiental, al igual que figuras jurídicas de cumplimiento voluntario de la Ley, como las Auditorías Ambientales.
 - El fortalecimiento y enriquecimiento de los instrumentos de política ambiental para que cumplan eficazmente con su finalidad.

²² Adaptado de la exposición de motivos de las reformas a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, México 1996.



Marco institucional

Para el ejercicio de las actividades regulatorias en materia de protección al ambiente y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, con un punto de vista integral y sistémico, se creó en 1994 la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, que a su vez coordina a cinco organismos desconcentrados:

- La Comisión Nacional del Agua (CNA).
- El Instituto Nacional de Ecología (INE).
- La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).
- El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- El Instituto Nacional de la Pesca (INP).

De estos órganos, los primeros tres son los encargados directos de coordinar, normar, vigilar y en su caso sancionar las actividades del sector industrial, de acuerdo a las atribuciones otorgadas en el Reglamento Interno de la SEMARNAP.

Estos cinco órganos desconcentrados de la SEMARNAP deberían mantener una amplia relación interactiva en la aplicación de los distintos instrumentos que componen los procesos regulatorios, coordinando acciones, eliminando la duplicidad de trámites, funciones y uniformando criterios para evitar contradicciones.

Comisión Nacional del Agua (CNA)

La CNA tiene como atribuciones más importantes, además de las que se establecen en la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento, el administrar y custodiar las aguas nacionales; realizar la inspección y verificar la medición del consumo que efectúen los usuarios de aguas nacionales; establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga impuestas a los responsables de descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, y en su caso, ordenar la suspensión de la actividad que dé origen a la descarga; establecer las medidas necesarias para evitar contaminación de las aguas por basura, residuos, materiales y sustancias tóxicas, lodos, producto de tratamiento de aguas residuales

Instituto Nacional de Ecología (INE)

El Instituto Nacional de Ecología, con facultades técnico normativas, está formado por una presidencia, cinco direcciones generales y una unidad administrativa.

Dentro de sus atribuciones y actividades más importantes están: formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de prevención de la contaminación y protección al ambiente, restauración de ecosistemas, desarrollo urbano y Desarrollo Sustentable, ordenamiento ecológico general del territorio nacional, regional y local, con la participación de los sectores social y privado; establecer áreas naturales protegidas; conducir la política general en materia de residuos peligrosos y de riesgo ambiental; otorgar los permisos, concesiones, autorizaciones, licencias, dictámenes, resoluciones, constancias y registros en materia de impacto ambiental, residuos



peligrosos, riesgo, atmósfera, conservación de áreas naturales protegidas y ordenamiento ecológico.

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)

La PROFEPA tiene como principal función, vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales aplicables al control y prevención de la contaminación ambiental, recursos naturales, bosques, flora y fauna silvestre y áreas naturales protegidas, atender y canalizar quejas y denuncias de la ciudadanía, de los sectores social, público y privado por el incumplimiento de las disposiciones legales que le confieren; asesorar a la población en asuntos de protección y defensa del ambiente, y recursos naturales; coadyuvar con las autoridades federales, estatales y municipales en el control de la aplicación de la normatividad ambiental; realizar auditorías y peritajes ambientales respecto de los sistemas de explotación, almacenamiento, transporte, producción, transformación, comercialización, uso y disposición de desechos y compuestos, así como la realización de actividades que, por su naturaleza, constituyen un riesgo para el ambiente.

Clasificación de las Políticas Regulatorias

Para que las políticas regulatorias nacionales en materia de protección ambiental y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales sean aplicadas efectivamente es necesario el diseño de instrumentos y herramientas pragmáticas que mantengan congruencia bajo objetivos comunes. De igual manera su instrumentación debe realizarse bajo un enfoque sistémico que genere sinergias. El logro de los objetivos de la regulación ambiental de la industria estará entonces en función directa de la calidad de diseño, aplicabilidad y aplicación de estos instrumentos como parte de un todo.

El análisis y las áreas de oportunidad de la regulación ambiental pueden entonces clasificarse bajo tres principios de política:

Políticas de Regulación Directa

Basada en un sistema de permisos o licenciamiento y la fijación de límites de emisión de contaminantes y condiciones mínimas de protección ambiental. Este es el sistema tradicional de comando control. (Fijar condiciones, verificar y sancionar)

Políticas de Regulación Negociadas o Autorregulación

Actualmente en un intento de complementar y apoyar a la regulación directa, se ha constituido una política de regulación negociada (o autorregulación). Las bases de este tipo de política son los acuerdos particulares y/o con asociaciones industriales, sobre niveles de mejoramiento ambiental que se habrán de alcanzar. En general conllevan acuerdos para ir más allá de las disposiciones legales mínimas de desempeño ambiental. El convenio o acuerdo requiere que las compañías tomen acciones negociadas y "semireguladas" reportando periódicamente sobre los logros, avances acordados y planes de acción subsecuentes.



Instrumentos Económicos y de Información Pública

Adicionalmente se han empezado a conceptualizar políticas de regulación inductiva que pretenden influenciar las actitudes y decisiones industriales hacia el medio ambiente mediante la aplicación de incentivos económicos y la distribución de información al público (comunidades) y mercados cuyas decisiones y acciones pueden basarse en el derecho a la información.

2.3 Normas y leyes ambientales

Normas²³

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) son otro elemento fundamental en la política ambiental del país y constituyen la base del esquema comando-control en México, al definir las condiciones mínimas bajo las cuales se llevan a cabo las operaciones de los agentes económicos.

En los últimos años se han incorporado criterios adicionales que han llevado a la sustitución de normas muy específicas por normas generales. Actualmente se cuenta con 57 normas mexicanas NOM's, estas normas se vinculan directamente a la actividad del sector industrial y que regulan aspectos como la contaminación atmosférica, del agua, residuos peligrosos, emisión de ruido, ordenamiento ecológico e impacto ambiental.

²³Graciela Carrillo G. Roberto Constantino T. Alejandra H. Roldán. Incentivos de la política ambiental para ecología industrial en México, SINNCO 2010



El cuadro siguiente se enumera las normas que corresponden a cada aspecto regulado.

Tabla 2.1 Normas Oficiales Mexicanas vigentes

Para Control de la Contaminación Atmosférica (industria)	Para Control de la Contaminación Atmosférica (para Vehículos)	Normas para Control de Emisión de Ruido	Normas de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental
Clave	Clave	Clave	Clave
NOM-039-ECOL-1993	NOM-041-ECOL-1999	NOM-079-ECOL-1994	NOM-113-ECOL-1998
NOM-040-ECOL-1993	NOM-042-ECOL-1999	NOM-080-ECOL-1994	NOM-120-ECOL-1997
NOM-043-ECOL-1993	NOM-047-ECOL-1993	NOM-081-ECOL-1994	NOM-114-ECOL-1998
NOM-046-ECOL-1993	NOM-044-ECOL-1993	NOM-082-ECOL-1995	NOM-116-ECOL-1998
NOM-051-ECOL-1993	NOM-045-ECOL-1996	NOM-052-ECOL-1993	NOM-117-ECOL-1998
NOM-075-ECOL-1995	NOM-048-ECOL-1993	NOM-053-ECOL-1993	NOM-115-ECOL-1998
NOM-085-ECOL-1994	NOM-049-ECOL-1993	NOM-054-ECOL-1993	
NOM-086-ECOL-1994	NOM-050-ECOL-1993	NOM-055-ECOL-1993	
NOM-092-ECOL-1995	NOM-076-ECOL-1995		
NOM-093-ECOL-1995	NOM-077-ECOL-1995		
NOM-097-ECOL-1995	NOM-086-ECOL-1994		
NOM-105-ECOL-1996			
NOM-121-ECOL-1997			
NOM-123-ECOL-1998			
Normas para la Conservación de los Recursos Naturales	Para Control de Residuos Peligrosos	Para Control de la Contaminación Atmosférica (Monitoreo ambiental)	Normas para Control de la Contaminación del Agua
Clave	Clave	Clave	Clave
NOM-059-ECOL-1994	NOM-056-ECOL-1993	NOM-034-ECOL-1993	NOM-001-ECOL-1996
NOM-060-ECOL-1994	NOM-057-ECOL-1993	NOM-035-ECOL-1993	NOM-002-ECOL-1996
NOM-061-ECOL-1994	NOM-058-ECOL-1993	NOM-036-ECOL-1993	NOM-003-ECOL-1996
NOM-062-ECOL-1994	NOM-083-ECOL-1996	NOM-037-ECOL-1993	
NOM-131-ECOL-1998	NOM-087-ECOL-1995	NOM-038-ECOL-1993	

Fuente: Página Web del Instituto Nacional de Ecología, www.ine.gob.mx.



Leyes

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la Regulación Ambiental de la Industria²⁴

El 13 de diciembre de 1996 se publicaron en el Diario Oficial de la Federación los decretos por los que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y del Código Penal para el Distrito Federal en materia de Fuero Común y para toda la República en materia de Fuero Federal.

En esta Ley se contemplan e incorporan principios bajo una visión más amplia y comprensiva de la dinámica ambiental, orientados hacia el Desarrollo Sustentable, como la inclusión de incentivos fiscales y económicos, incorporación de criterios y principios como “el que contamina paga”, orientación de acciones hacia la prevención de la contaminación, mejora de la coordinación entre dependencias e incorporación del Producto Interno Neto Ecológico, que formaría parte del Sistema Nacional de Cuentas; todos estos dentro del esquema de acciones para la formulación y conducción de la política ambiental.

Esta Ley provee las bases para:

- Definir los principios de política ambiental.
- Promover la coordinación de los distintos niveles de gobierno.
- Establecer instrumentos para la implementación de políticas.
- Proteger la biodiversidad.
- Favorecer la gestión sustentable de recursos naturales.
- Prevenir y controlar la contaminación de aire, agua y suelo.
- Promover la participación social y la educación ambiental.
- Establecer medidas de control, seguridad y sanciones por incumplimiento.

Para cumplir con los preceptos anteriores, en la Ley y sus reglamentos se plantean los siguientes instrumentos de la política ambiental:

- Planeación Ambiental.
- Instrumentos de regulación directa (LAU, COA, estudios de riesgo y manifiestos de residuos peligrosos).
- Ordenamiento Ecológico del Territorio.
- Instrumentos Económicos.
- Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos.
- Evaluación del Impacto Ambiental.
- Normas Oficiales Mexicanas en Materia Ambiental.
- Autorregulación y Auditorías Ambientales.
- Investigación y Educación Ecológica.

²⁴Julia Carabias Lillo, Enrique Provencio, *ELEMENTOS PARA UN PROCESO INDUCTIVO DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA*, INE-SEMARNAP, México 2000



Ley de Aguas Nacionales

La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.²⁵

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, sus disposiciones son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional, y tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX inciso G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable.²⁶

Ley General de Vida Silvestre

La presente Ley es de orden público y de interés social, reglamentario del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.²⁷

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional.

Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo

²⁵ Artículo 1 de la ley de aguas nacionales

²⁶ Artículo 1 Ley General de Desarrollo forestal Sustentable

²⁷ Artículo 1 de la Ley general de vida silvestre



especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.²⁸

2.4 Instrumentos jurídicos internacionales sobre el medio ambiente²⁹

El artículo 2º de la Ley sobre la Celebración de Tratados de nuestro país, dice que: “Tratado es el convenio regido por el Derecho Internacional Público, celebrado por escrito entre el gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y uno o varios sujetos de Derecho Internacional Público, ya sea que para su aplicación requiera o no la celebración de acuerdos en materias específicas, cualquiera que sea su denominación, mediante el cual los Estados Unidos Mexicanos asumen compromisos.”

Declaración de Estocolmo sobre el medio ambiente humano³⁰

La conferencia de Estocolmo, Suecia, realizada los días 5 y 6 de julio de 1972, conocida también como declaración de la conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, contiene los siguientes principios rectores:

- I. El hombre tiene el derecho fundamental a la libertad, la igualdad y el disfrute de condiciones de vida adecuadas en un medio de calidad tal que le permita llevar una vida digna y gozar de bienestar, y tiene la solemne obligación de proteger y mejorar el medio para las generaciones presentes y futuras.
- II. Los recursos naturales de la tierra, incluidos, el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna y especialmente muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras mediante una cuidadosa planificación u ordenación, según convenga.
- III. Debe mantenerse y, siempre que sea posible, restaurarse o mejorarse la capacidad de la tierra para producir recursos vitales renovables.
- IV. El hombre tiene la responsabilidad especial de preservar y administrar juiciosamente el patrimonio de la flora y la fauna silvestre y su hábitat, que se encuentren actualmente en grave peligro por una combinación de factores adversos.
- V. Los recursos no renovables de la Tierra deben emplearse de forma que se evite el peligro de su futuro agotamiento y se asegure que toda la humanidad comparta los beneficios de tal empleo.
- VI. Debe ponerse fin a la descarga de sustancias tóxicas o de otras materias y a la liberación de calor, en cantidades o concentraciones tales que el medio no

²⁸ Artículo de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

²⁹ Lic. Alejandro Nájera Martínez profesora de Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México, apuntes de legislación ambiental, México 2010

³⁰ Lic. Alejandro Nájera Martínez profesor de Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México, apuntes de legislación ambiental, México 2010



pueda neutralizarlas, para que no se causen daños graves irreparables a los ecosistemas.

- VII. Los Estados deberá tomar todas las medidas posibles para impedir la contaminación de los mares por sustancias que puedan poner en peligro la salud del hombre, dañar los recursos vivos y la vida marina, menoscabar las posibilidades de esparcimiento o entorpecer otras utilidades legítimas del mar.
- VIII. El desarrollo económico y social es indispensable para asegurar al hombre un ambiente de vida y trabajo favorable y crear en la Tierra las condiciones necesarias para mejorar la calidad de la vida.
- IX. Las deficiencias del medio originadas por las condiciones del subdesarrollo y los desastres naturales plantean graves problemas, y la mejor manera de subsanarlas es el desarrollo acelerado mediante la transferencia de cantidades considerables de asistencia financiera y tecnológica que complemente los esfuerzos internos de los países en desarrollo y la ayuda oportuna que pueda requerirse.
- X. Para los países en desarrollo, la estabilidad de los precios y la obtención de ingresos adecuados de los productos básicos y las materias primas son elementos esenciales para la ordenación del medio, ya que han de tenerse en cuenta tanto los factores económicos como los procesos ecológicos.
- XI. Las políticas ambientales de todos los Estados deberían estar encaminadas a aumentar el potencial de crecimiento actual o futuro de los países en desarrollo y no deberían coartar ese potencial ni obstaculizar el logro de mejores condiciones de vida para todos.
- XII. Deberían destinarse recursos a la conservación y mejoramiento del medio, teniendo en cuenta las circunstancias y las necesidades especiales de los países en desarrollo y cualesquiera gastos que pueda originar a estos países la inclusión de medidas de conservación del medio en sus planes de desarrollo, así como la necesidad de prestarles, cuando lo soliciten, más asistencia técnica y financiera internacional con ese fin.
- XIII. A fin de lograr una más racional ordenación de los recursos y mejorar así las condiciones ambientales, los Estados deberían adoptar un enfoque integrado y coordinado de la planificación de su desarrollo, de modo que quede asegurada la compatibilidad del desarrollo con la necesidad de proteger y mejorar el medio humano en beneficio de su población.
- XIV. La planificación racional constituye un instrumento indispensable para conciliar las diferencias que puedan surgir entre las exigencias del desarrollo y las necesidades de proteger y mejorar el medio.



- XV. Debe aplicarse la planificación a los asentamientos humanos y a la urbanización con miras a evitar repercusiones perjudiciales sobre el medio y a obtener los máximos beneficios sociales, económicos y ambientales para todos.
- XVI. En las regiones en que existe el riesgo de que la tasa de crecimiento demográfico o las concentraciones excesivas de población perjudiquen al medio o al desarrollo, o en que la baja densidad de población pueda impedir el mejoramiento del medio humano y obstaculizar el desarrollo, debería aplicarse políticas demográficas que respetasen los derechos humanos fundamentales y contasen con la aprobación de los gobiernos interesados.
- XVII. Debe confiarse a las instituciones nacionales competentes la tarea de planificar, administrar o controlar la utilización de los recursos ambientales de los Estados con el fin de mejorar la calidad del medio.
- XVIII. Como parte de su contribución al desarrollo económico y social, se debe utilizar la ciencia y la tecnología para descubrir, evitar y combatir los riesgos que amenazan al medio, para solucionar los problemas ambientales y por el bien común de la humanidad.
- XIX. Es indispensable una labor de educación en cuestiones ambientales, dirigida tanto a las generaciones jóvenes como a los adultos y que presente la debida atención al sector de población menos privilegiado, para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada y de una conducta de los individuos, de las empresas y de las colectividades inspirada en el sentido de su responsabilidad en cuanto a la protección y mejoramiento del medio en toda su dimensión humana
- XX. Se deben fomentar en todos los países en desarrollo, la investigación y el desarrollo científicos referentes a los problemas ambientales, tanto nacionales como multinacionales.
- XXI. De conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y con los principios del derecho internacional, los Estados tienen el derecho soberano de explotar sus propios recursos en aplicación de su propia política ambiental y la obligación de asegurar que las actividades que se lleven a cabo dentro de su jurisdicción o bajo su control no perjudiquen al medio de otros Estados o de zonas situadas fuera de toda jurisdicción nacional.
- XXII. Los Estados deben cooperar para continuar desarrollando el derecho internacional en lo que se refiere a la responsabilidad y a la indemnización a las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales que las actividades realizadas dentro de la jurisdicción o bajo el control de tales Estados causen en zonas situadas fuera de su jurisdicción.
- XXIII. Toda persona, de conformidad con la legislación nacional, tendrá la oportunidad de participar, individual o colectivamente, en el proceso de preparación de las decisiones que conciernen directamente a su medio ambiente y, cuando éste



haya sido objeto de daño o deterioro, podrá ejercer los recursos necesarios para obtener una indemnización.

- XXIV. Incumbe a toda persona actuar de conformidad con lo dispuesto en la presente Carta. Toda persona, actuando individual o colectivamente, o en el marco de su participación en la vida política, procurará que se alcancen y se observen los objetivos y las disposiciones de la presente Carta.
- XXV. Los Estados se asegurarán que las organizaciones internacionales realicen una labor coordinada, eficaz y dinámica en la conservación y mejoramiento del medio ambiente.
- XXVI. Es preciso librar el hombre y a su medio ambiente de los efectos de las armas nucleares y de todos los demás medios de destrucción en masa. Los Estados deben esforzarse por llegar pronto a un acuerdo, en los órganos internacionales pertinentes, sobre la eliminación y destrucción completa de tales armas.

Declaración de Río. ³¹

La cumbre de Río, fue celebrada en la ciudad del Río de Janeiro, Brasil los días del 3 al 14 de junio de 1992, y sus principios sobre el medio ambiente y desarrollo sustentable, son los siguientes:

I. Los seres humanos están en el centro de las preocupaciones por el desarrollo sustentable, tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.

II. Los Estados tienen, de acuerdo con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del Derecho Internacional, el derecho soberano de explotar sus propios recursos conforme a sus propias políticas ambientales y de desarrollo, y la responsabilidad de asegurar que las actividades dentro de su jurisdicción o control no causen daño al medio ambiente de otros Estados o áreas fuera de los límites de jurisdicción nacional.

III. El derecho al desarrollo debe ser cumplido para cubrir equitativamente las necesidades de desarrollo y medio ambiente de las generaciones presentes y futuras.

IV. Para lograr el desarrollo sustentable, la protección ambiental deberá construir una parte integral del proceso de desarrollo y no puede ser considerada en forma aislada de él.

V. Todos los Estados y toda la gente cooperaran en la tarea esencial de erradicar la pobreza como un requerimiento indispensable para el desarrollo sustentable, a fin de disminuir las disparidades en los estándares de vida y cubrir mejor las necesidades de la mayoría de la gente del mundo.

³¹Lic. Alejandro Nájera Martínez profesora de Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México, apuntes de legislación ambiental, México 2010



VI. Se deberá dar especial prioridad a las necesidades de los países en desarrollo, particularmente los menos desarrollados y aquellos que son más vulnerables ambientalmente. Las acciones internacionales en el campo del medio ambiente y el desarrollo deberán tratar los intereses y necesidades de todos los países.

VII. Los Estados cooperarán en un espíritu de asociación global, para conservar, proteger y restaurar la salud e integridad de los ecosistemas terrestres. En vista de las diferentes contribuciones a la degradación ambiental global, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas.

VIII. Los estados deberían de reducir y eliminar los patrones insostenibles de consumo y producción y promover políticas demográficas apropiadas, para lograr un desarrollo sustentable y una calidad de vida más alta para toda la gente.

IX. Los estados deberían cooperar para reforzar las capacidades internas para el desarrollo sustentable mediante la mejora del entendimiento científico y el conocimiento tecnológico fortaleciendo el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías, incluyendo tecnologías nuevas e innovadoras.

X. Los temas ambientales son manejados de una mejor manera con la participación de todos los ciudadanos involucrados. En el ámbito nacional, cada individuo tendrá acceso apropiado a la información que tengan las autoridades públicas, concerniente al medio ambiente, incluyendo la información sobre materiales peligrosos y actividades en sus comunidades.

XI. Los estados promulgarán una legislación ambiental efectiva. Los estándares, objetivos de administración y prioridades ambientales deberán reflejar el contexto al que se aplica. Los estándares aplicados por algunos países pueden ser inapropiados y de costo social y económico no garantizados a otros países, en particular a los países en desarrollo.

XII. Los estados deberían de cooperar para promover un sistema económico internacional abierto y favorecedor, que lleve al crecimiento económico y al desarrollo sustentable en todos los países, para tratar mejor los problemas de la degradación ambiental.

XIII. Los estados desarrollarán leyes nacionales respecto a responsabilidad y compensación por las víctimas de la contaminación y otro daño ambiental.

XIV. los estados deberán cooperar efectivamente para desalentar o prevenir la reubicación y transferencia a otros estados de cualesquiera actividades y sustancias que causen degradación ambiental severa o se encuentre que sean dañinas a la salud humana.

XV. Con objeto de proteger el medio ambiente, el enfoque precautorio se aplica ampliamente por los estados de acuerdo a sus capacidades. Donde haya amenazas de daño serio o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no será usada como



una razón para posponer medidas económicamente efectivas para prevenir la degradación ambiental.

XVI. las autoridades nacionales deberían reforzarse para promover la internacionalización de costos y el uso de instrumentos económicos tomando en cuenta el enfoque de que el contaminador debería, en principio, cubrir el costo de la contaminación, con la debida atención al interés público y sin distorsionar el comercio internacional y la inversión.

XVII. la evolución de impacto ambiental, cómo un instrumento nacional, será llevado a cabo para actividades propuestas que tienen probabilidades de tener un efecto adverso significativo en el ambiente, y está sujeto a la decisión de una autoridad nacional competente.

XVIII. los estados notificarán inmediatamente a otros estados de cualquier desastre natural u otras emergencias que son susceptibles de producir efectos nocivos repentinos en el medio ambiente de otros estados.

XIX. los estados proveerán notificación previa y oportuna e información relevante a los estados potencial mente afectados sobre actividades que pueden tener un efecto ambiental transfronterizo adverso significativamente y consultaran con aquellos países en una etapa temprana y en buena fe.

XX. las mujeres tienen un papel vital en la administración ambiental y el desarrollo. Su participación plena es por tanto necesaria para lograr el desarrollo sustentable.

XXI. la creatividad, ideales y valor de la juventud del mundo debería ser movilizada para forjar una asociación global a fin de lograr el desarrollo sustentable y asegurar un mejor futuro para todos.

XXII. los pueblos indígenas y sus comunidades, y otras comunidades locales; tienen un papel vital en la administración y en el desarrollo por su conocimiento y prácticas tradicionales.

XXIII. El medio ambiente y los recursos naturales de los pueblos bajo opresión, denominación ocupación serán protegidos.

XXIV. La guerra es inherentemente destructiva del desarrollo sustentable. Los estados, por tanto, respetaran el derecho internacional proveyendo protección para el medio ambiente en tiempos de conflicto armado y cooperaran en su desarrollo futuro, según sea necesario.

XXV. La paz, el desarrollo y la protección ambiental son interdependientes e indivisibles.

XXVI. Los estados resolverán todas las controversias ambientales pacíficamente y a través de medios apropiados, de acuerdo con la carta de las naciones unidas.

XXVII. Los estados y los pueblos cooperaran de buena fe y en espíritu de asociación en cumplimiento de los principios incorporados en esta declaración y en el futuro desarrollo del derecho internacional en el campo del desarrollo sustentable.

Las conferencias de las naciones unidas sobre medio ambiente y desarrollo indicadas produjeron importantes nuevos instrumentos jurídicos internacionales, que han servido de guía e inspiración a diversos países de la tierra para preservar y proteger el medio ambiente, tales como: convección marco sobre cambio climático, convección sobre biodiversidad, declaración de principios no vinculantes sobre conservación y uso sustentable de los bosques, entre otros, que vienen a ser un pilar fundamental del derecho internacional ambiental.

En el marco de leyes es muy extenso pero podemos ver que existen cinco rubros como podemos ver en la figura 2.1

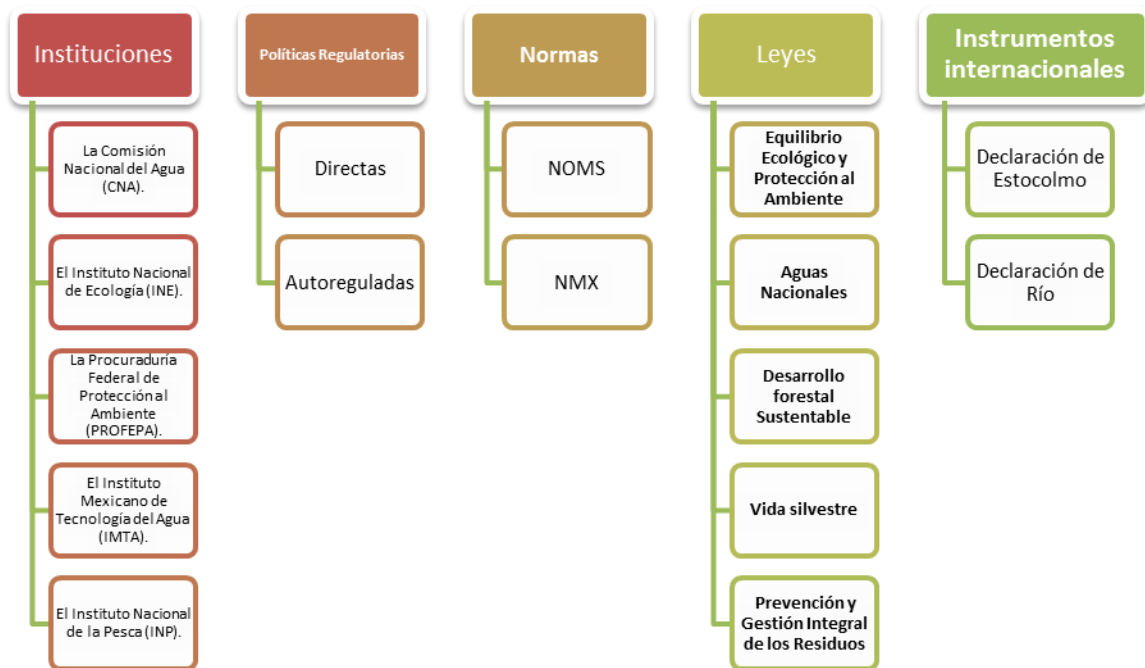


Figura 2.1: Marco jurídico de la ecología industrial

2.5 Responsabilidad social empresarial³²

La responsabilidad social empresarial (RSE) es algo inherente a la empresa, si no que se ha convertido en una nueva forma de gestión y realizar negocios, en la cual la empresa se ocupa de que sus operaciones sean sustentables en lo económico, social y ambiental, reconociendo las partes que se relaciona y buscando la preservación del medio ambiente y la sustentabilidad de las generaciones futuras

Es una nueva visión de negocios que integra el respeto por las personas, los valores éticos, la comunidad y el medioambiente con la gestión misma de la empresa.

Responsabilidad social empresarial³³, es el compromiso consciente y congruente de cumplir integralmente con la finalidad de la empresa, tanto en lo interno como en lo

³² <http://www.cemefi.org/>



externo, considerando las expectativas económicas, sociales y ambientales de todos sus participantes, demostrando respeto por la gente, los valores éticos, la comunidad y el medio ambiente, contribuyendo así a la construcción del bien común.

De esta forma la responsabilidad empresarial no es algo ajeno o añadido a la empresa. Por el contrario, implica cumplir con ella con la responsabilidad de que esto impacte de forma positiva o negativa, directa o indirectamente, a grupos y comunidades relacionadas con el funcionamiento. Lo cual respondería las expectativas de maximizar los impactos positivos y minimizar los negativos.

La responsabilidad social empresarial debe sustentarse en los valores de la empresa y debe estar plasmada en las políticas, prácticas y programas a lo largo de toda la cadena productiva para institucionalizarla. De lo contrario, se puede caer en el riesgo de implementar prácticas que, si bien son socialmente responsables, al no responder a un mandato y cultura institucionales, están en peligro de suspenderse ante cualquier eventualidad, coyuntura, crisis presupuestal o cambio en la dirección de la empresa.

Líneas estratégicas

La responsabilidad social empresarial sólo sigue cuatro líneas o ámbitos básicos y estratégicos que explican su presencia en toda actividad de la empresa. Estos son:

- Ética y gobernabilidad empresarial.
- Calidad de vida en la empresa (dimensión social del trabajo).
- Vinculación y compromiso con la comunidad y su desarrollo.
- Cuidado y preservación del medioambiente.

Principios de la responsabilidad social empresarial

La RSE responde a principios empresariales universales, y es el conocimiento y la profundización continua de esos principios lo que asegura su implementación exitosa. Estos son:

- Respeto a la dignidad de la persona
- Empleo digno
- Solidaridad
- Subsidiariedad
- Contribución al bien común
- Corresponsabilidad
- Confianza
- Ética en los negocios
- Prevención de negocios ilícitos
- Vinculación con la comunidad
- Transparencia
- Honestidad y legalidad
- Justicia y equidad
- Empresarialidad
- Desarrollo social

³³ <http://www.cemefi.org/>



Con base en lo anterior, una empresa socialmente responsable es aquella que asume la ciudadanía como parte de sus propósitos, fundamentando su visión y su compromiso social en principios y acciones que benefician a su negocio e impactando positivamente a las comunidades en las que opera.

Todas las acciones que realiza para ser socialmente responsable tienen que ser voluntarias e ir más allá de las obligaciones legales, pero en armonía con la ley. Con lo que, además, la empresa puede contribuir al desarrollo del país al maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales de sus actividades principales.

La responsabilidad social debe evitar ser confundida con las prácticas de filantropía, éticas o ambientales exclusivamente. Su implementación conlleva actividades de medición y reporte de sus impactos y su relación con el desempeño de la organización, por lo que exige de la empresa rendición de cuentas y transparencia.

La conveniencia de la responsabilidad social empresarial

Mientras que el desarrollo económico y social continúa mejorando las vidas de algunos en nuestro país, actualmente la labor para alcanzar las condiciones favorables en los ámbitos económico, social y ambiental que benefician a toda la sociedad son amplias. Con la privatización aumentando a través de todo el hemisferio, es cada vez más evidente que la construcción de una sociedad más justa y una economía más sostenible depende de la influencia hacia la comunidad de negocios para poner en ejecución acciones que permitan alcanzar estas metas.

Los mismos indicadores, cuantitativos y cualitativos, sirven de base para que la empresa y sus directivos establezcan las medidas necesarias para hacer más efectiva y eficiente la manera en que la responsabilidad social se integra a sus estrategias principales.

La RSE brinda beneficios reales y tangibles para la empresa, que pueden medirse de diferentes maneras, basándose en información cuantitativa y cualitativa. Entre ellos están:

- Lealtad y menor rotación de los grupos de relación
- Mejoramiento de las relaciones con vecinos y autoridades
- Contribución al desarrollo de las comunidades y al bien común
- Aumento de la visibilidad entre la comunidad empresarial
- Acceso a capital, al incrementar el valor de sus inversiones y su rentabilidad a largo plazo
- Decisiones de negocio mejor informadas
- Aumento en la capacidad para recibir apoyos financieros
- Mejoramiento en el desempeño financiero, se reducen costos operativos optimizando esfuerzos y se hace más eficiente el uso de los recursos enfocándolos al desarrollo sustentable
- Mejora de la imagen corporativa y fortalecimiento de la reputación de la empresa y de sus marcas.
- Incremento en las ventas, se refuerza la lealtad del consumidor
- Incremento en la productividad y en la calidad.
- Mejoramiento en las habilidades para atraer y retener empleados, se genera lealtad y sentido de pertenencia entre el personal.
- Reducción de la supervisión regulatoria.
- Se promueve y se hace más eficiente el trabajo en equipo



El camino a seguir hacia la responsabilidad social empresarial

Los principales organismos y expertos coinciden en que cada empresa debe encontrar su propio camino y ritmo. Cada empresa deberá organizar y realizar su propio modelo acorde a sus necesidades.

Este modelo debe estar basado en la combinación del análisis de riesgos que encara la empresa y el análisis de los intereses de los grupos de relación. Los elementos claves son:

1. El análisis de riesgos (internos y externos) basado en las cuatro líneas estratégicas
2. El análisis de los grupos de relación enfocado en sus intereses más relevantes
3. Evaluar dónde existe convergencia entre los intereses de la empresa, los riesgos que se quieren manejar y controlar, y los intereses de los grupos de relación.
4. Priorizar los intereses comunes e identificar un área específica para el desarrollo de un programa de Responsabilidad Social Empresarial.
5. Desarrollo de un programa apropiado.



Capítulo III

La ecoeficiencia como herramienta de la ecología industrial

3.1 Ingeniería verde

3.2 La ecoeficiencia

3.3 Objetivo de la ecoeficiencia

3.4 Definición de ecoeficiencia

3.5 Herramientas para la ecoeficiencia

3.6 Resiliencia

3.7 Los sistemas de gestión ambiental

3.8 Causas de la ineficiencia de la actividad industrial

3.1 Ingeniería verde ³⁴

La Ingeniería Verde es el diseño, descubrimiento e implementación de soluciones de ingeniería con una conciencia de los beneficios potenciales y los problemas en términos del medio ambiente, la economía y la sociedad a través del tiempo de vida del diseño. La propuesta de la ingeniería Verde es escalable y aplica a través de diseño molecular, de productos, de proceso y de sistema. Esta propuesta es tan amplia como las disciplinas de la ingeniería por sí mismas y se basa en las tradiciones de la innovación, creatividad y brillantez que los ingenieros utilizan para encontrar nuevas soluciones a cualquier reto.

La meta de la Ingeniería Verde es la de minimizar los impactos adversos y simultáneamente maximizar los beneficios a la economía, la sociedad y el medio ambiente.

Los impactos adversos del diseño de ingeniería convencional, con frecuencia implementados sin una perspectiva de sustentabilidad, pueden encontrarse a nuestro alrededor en la forma de ineficiencias de uso del agua, agotamiento de materiales finitos y recursos de energía, congestión urbana, y degradación de sistemas naturales como resultado de la actividad humana. Los beneficios mutuos resultantes del diseño de la ingeniería verde incluyen una economía competitiva y en crecimiento en el mercado mundial, calidad de vida mejorada para todas las especies, y protección y restauración mejorada de los sistemas naturales.

Los 12 principios deben considerarse no como reglas, leyes o estándares inviolables. Son, al contrario, un conjunto de lineamientos para pensar en términos de criterios de diseño sustentable que, si se siguen, pueden guiar a avances útiles en términos de retos de sustentabilidad y diseño mejorado para un amplio rango de problemas de ingeniería.

³⁴ Ingeniería ambiental : fundamentos, sustentabilidad, James R. Mihelcic, Julie Beth Zimmerman, México Alfa omega, 2012



En un sistema complejo puede haber sinergias en las que el progreso hacia lograr la meta de un principio mejorara el progreso hacia otros principios diversos. Otros casos pueden requerir pros y contras entre la aplicación de dos principios que pueden ser resultados solo por las opciones y valores específicos de los practicantes dentro del contexto de la sociedad.

Los 12 principios de la Ingeniería Verde ³⁵	
1. Los diseñadores necesitan procurar garantizar que todas las entradas y salidas de material y energía sean tan inherentemente no peligrosas como sea posible.	7. La durabilidad pretendida, no la inmortalidad, debe ser un objetivo de diseño.
2. Es mejor prevenir los residuos que tratar o limpiar los residuos después de que se han formado.	8. El diseño para la capacidad o aptitudes innecesarias se debe considerar como una falla de diseño. Esto incluye las soluciones de ingeniería de “un tamaño le queda a todos”.
3. Las operaciones de separación y purificación deben ser un componente de marco de diseño.	9. Los productos multicomponentes deben procurar la unificación de materiales para promover el desmontaje y la retención de valor (minimizar la diversidad de material).
4. Los componentes del sistema (productos, procesos y sistemas) se deben diseñar para maximizar la masa, la energía y la eficiencia temporal.	10. El diseño de procesos y sistemas debe incluir la integración de la interconectividad con los flujos de materiales y energía disponibles.
5. Los componentes del sistema se deben jalar hacia afuera en vez de ser empujados hacia adentro a través del uso de energía y materiales.	11. La métrica de desempeño incluye el diseño para el desempeño en la vida comercial “después de”.
6. La entropía incrustada y la complejidad deben ser vista como una inversión a la hora de tomar decisiones de diseño sobre reciclaje, reutilización o disposición benéfica.	12. El diseño debe estar basado en las entradas renovables y fácilmente disponibles durante el ciclo de vida.
(Anastas y Zimmerman, 2003)	

Figura 3.1 los 12 principios de la ingeniería verde.

Al final, la estructura de los 12 principios es una herramienta para ayudar *conscientemente y transparentemente* en el direccionamiento de las opciones de diseño relevantes para los retos de sustentabilidad.

3.2 La ecoeficiencia³⁶

En sus orígenes, la Ecoeficiencia estuvo muy centrada en mantener las características técnicas y de calidad de los productos industriales reduciendo la intensidad de uso de materiales (Desmaterialización). El objetivo era obtener el mismo beneficio económico usando menos materias primas, de esta forma se conseguía un mayor valor añadido del producto respecto al valor de las materias primas, y se reducía el impacto

³⁵ Ingeniería ambiental : fundamentos, sustentabilidad, James R. Mihelcic, Julie Beth Zimmerman, México Alfa omega, 2012

³⁶ Ecodiseño y análisis de ciclo de vida, Alfonso Aranda Usón, Ignacio Zabalza Bribián, prensas Universitarias de Zaragoza, 2010



ambiental del consumo, extracción, procesado, transporte y fabricación con las materias primas.

El uso racional de la energía y los materiales en las empresas no puede verse como una actuación aislada, sino que debe ir ligado a una minimización del impacto medioambiental, una conservación de los recursos naturales, una reducción de nuestra dependencia energética con el exterior y una mejora en la calidad de vida de la sociedad.

3.3 Objetivos de la ecoeficiencia

Para mejorar su ecoeficiencia, las industrias deberían conseguir, para el ciclo de vida completo de sus productos y servicios, los siguientes objetivos:

1. Reducir la intensidad de uso de materias primas.
2. Reducir la intensidad de uso de energía.
3. Reducir el daño a la salud humana y al medio ambiente.
4. Fomentar la reutilización y reciclabilidad de los materiales.
5. Proporcionar calidad de vida real.
6. Aumentar la intensidad de servicio de sus productos y servicios. Fomentar la Economía de Servicios.

3.4 Definición de ecoeficiencia

La definición de Ecoeficiencia de Marcus Lehni, director ejecutivo del World Business Council for Sustainable Development (WBCSD11), recoge de forma precisa lo que implica el objetivo de la Ecoeficiencia: Se dice que una empresa consigue la Ecoeficiencia cuando oferta productos y servicios a un precio competitivo, que satisfacen necesidades humanas incrementando su calidad de vida, mientras a lo largo de su ciclo de vida reducen progresivamente el impacto medioambiental y la intensidad del uso de recursos, al menos, hasta el nivel de la capacidad de carga del planeta (M. Lehni, 1999); es decir, cuando es capaz de producir más con menos.



Figura 3.2 La ecoeficiencia como un equilibrio entre el beneficio económico para la empresa, un servicio que proporcione verdadera calidad de vida al usuario y un reducido impacto medioambiental. Fuente: Grupo ID&EA

Es importante discutir algunos de los conceptos aparecidos en esta definición:

En primer lugar, la Ecoeficiencia va dirigida al desarrollo sustentable, y como tal, analiza el verdadero significado de la calidad de vida y solo oferta productos que el ser humano necesita.

Además, consigue aumentar el beneficio económico de las empresas, fomentando así su desarrollo.



También, se considera el ciclo de vida físico completo del producto o servicio. El objetivo de esto es reducir su impacto medioambiental, ya sea debido a la contaminación por emisiones y vertidos, o al consumo de recursos naturales.

La ecoeficiencia implica la consecución de estándares de calidad de vida mediante la producción de bienes y servicios, sin menoscabo del cuidado ambiental. Todo ello se puede alcanzar mediante procesos limpios, un consumo responsable y sostenible creando valor por parte de las empresas para conseguir una sostenibilidad económica.

Igualmente busca lograr la eficiencia económica de las empresas a través de la eficiencia ecológica, concretándose en la necesidad de reducir el consumo de recursos naturales y disminuir la producción de residuos, consiguiendo así un desarrollo sostenible que conjugue los criterios ambientales con los económicos y sociales.

Además debe considerarse ante todo como una cultura de gestión administrativa capaz de guiar a las empresas para asumir su responsabilidad con la sociedad, y motivarlas a una mayor competitividad, impulsando una innovación productiva en su negocio y adquiriendo una mayor responsabilidad ambiental.

Las inversiones para la mejora de la ecoeficiencia aseguran la consecución de un desarrollo sostenible y de importantes ahorros económicos a corto y medio plazo.

La habilidad de una compañía para incorporar métodos más ecoeficientes en el proceso de creación de su producto, sin pérdida de calidad o valor, determinara su éxito. De esta manera, las empresas que no puedan cumplir con las obligaciones medioambientales exigidas por parte de un consumidor cada vez mejor informado y concienciado se verán fuera del negocio en un futuro.

La gestión energética y medioambiental de las empresas no solo debe buscar la máxima eficiencia de un determinado proceso o producto, sino cuestionar su propia necesidad o su situación por otro más eficiente.

Viendo la eco-eficiencia en un panorama general en la siguiente figura 3.2 podemos de manera más clara como interactúa esta con sus elementos

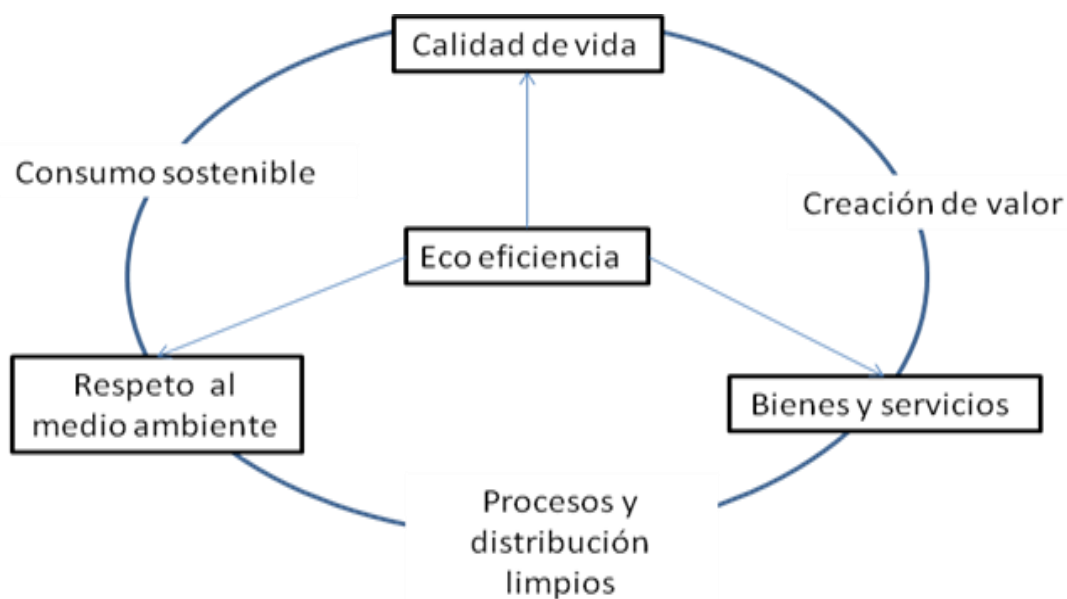


Figura 3.3 Eco eficiencia

3.5 Herramientas para la ecoeficiencia³⁷

La Ecoeficiencia, como ya se ha dicho, es un conjunto de objetivos para conseguir la Ecología Industrial. De forma que, si el modo en que esta se calcula es muy importante para permitir desarrollar futuras normativas y políticas medioambientales, la trascendencia de la ecoeficiencia se basa principalmente en su papel de motor de la ecoinnovación.

A este respecto, varias son las herramientas que permiten eco innovar para conseguir una mayor Ecoeficiencia. De entre ellas destaca por su potencial el ciclo de vida, el ecodiseño y six-sigma.

Ciclo de vida

Las consideraciones del ciclo de vida toman en cuenta el desempeño ambiental de un producto, proceso o sistema durante todas las fases de adquisición de materias primas para reinar dichos materiales, la manufactura, el uso y el manejo de fin de vida. En el caso de infraestructura de ingeniería, las etapas de vida serían el desarrollo del sitio, la entrega de materiales y producto, la manufactura de la infraestructura, el uso de la infraestructura, y la remodelación, reciclaje y disposición. En algunos casos, los impactos de transportación de movimientos entre estas etapas de ciclo de vida también son considerados.

El ciclo de vida total debe considerarse debido a que los distintos impactos ambientales pueden suceder durante distintas etapas. Por ejemplo, algunos materiales pueden tener una consecuencia ambiental adversa al ser extraídos o procesados, pero pueden ser relativamente benignos en el uso y facilidad para reciclar

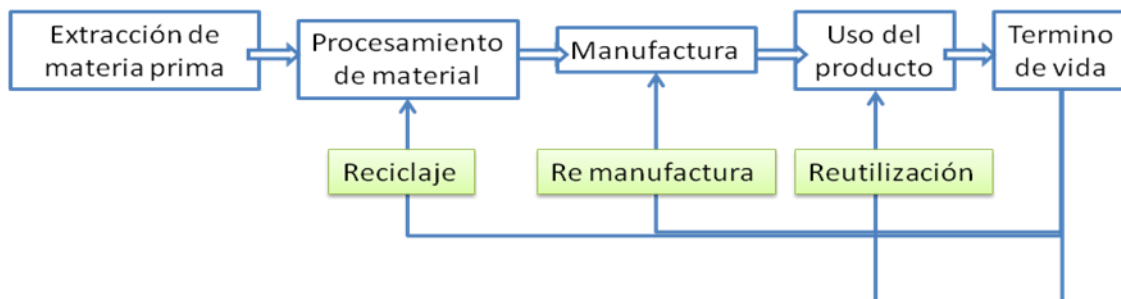


Figura 3.3 Ciclo de vida

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

La creciente conciencia con respecto a la importancia de la protección ambiental y los posibles impactos asociados con los productos y servicios, tanto manufacturados como consumidos, han aumentado el interés por el desarrollo de métodos para comprender mejor.

La primera definición oficial de ACV se estableció en 1993; según ella, " el ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad. Esto se lleva a término identificando la energía, materia utilizadas y los residuos de todo tipo de vertido al medio; evaluando e implementando prácticas

³⁷ Ecodiseño y análisis de ciclo de vida, Alfonso Aranda Usón, Ignacio Zabalza Bribián, prensas Universitarias de Zaragoza, 2010



de mejora ambiental”. El análisis incluye el estudio de ciclo de vida completo del producto, proceso o actividad, y comprende las etapas de extracción y procesado de materias primas; manufactura, transporte y distribución; uso, reutilización y mantenimiento; reciclaje y destino final de la fracción de residuos.

Fases de un análisis de ciclo de vida.

Tal y como se refleja en la norma ISO 14040: 2006, la metodología general del ACV consta de cuatro fases fundamentales, si bien es posible realizar estudios simplificados en lo que se elimine alguna de ellas:

1. Definición de objetivos y alcance: incluye los límites del sistema y el nivel de detalle; depende el tema y del uso previsto del estudio.
2. Análisis de inventario: es un inventario de los datos de entrada-salida en relación con el sistema a estudio. Implica la recopilación de los datos necesarios para cumplir los objetivos del estudio definido.
3. Evaluación del impacto ambiental: proporciona información adicional para evaluar los resultados del inventario del ciclo de vida de un sistema del producto a fin de comprender mejor su importancia ambiental. De este modo, relaciona los resultados del inventario de ciclo de vida con efectos ambientales observables por medio de categorías de impactos (acidificación del terreno, reducción de la capa de ozono, toxicidad, agotamiento de los recursos, etc.).
4. *Interpretación*: Es la fase final del procedimiento de ACV, en la cual se resumen y examinan los resultados de los estudios anteriores como base para conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y el alcance definidos. Para ello se incluyen diversas técnicas, como el análisis de sensibilidad sobre los datos utilizados, análisis de la relevancia de las etapas del proceso, análisis de escenarios alternativos, etc.

El ecodiseño

El ecodiseño puede definirse como el conjunto de acciones orientadas a la mejora medioambiental de un producto en la etapa inicial del diseño, mediante la mejora de la función desempeñada, la selección de materiales menos impactantes para su fabricación, la aplicación de procesos de mínimo impacto ambiental, la mejora en el transporte y en el uso del producto, y la minimización de los impactos en la disposición final del producto.

El objetivo del ecodiseño es reducir el impacto ambiental de un producto a lo largo de todo su ciclo de vida, entendiendo este como todas las etapas de la vida de un producto, desde la extracción de materias primas para su posterior fabricación hasta la eliminación del producto una vez que es desechado. Los criterios se basan en el diseño de productos orientados hacia su durabilidad, reparabilidad, actualización y reciclado.

Por tanto, el ecodiseño es una técnica muy relacionada con el Análisis de Ciclo de Vida. De hecho, la realización de estudios de ACV permite establecer las pautas a la hora de implantar una política de ecodiseño en las empresas. El ACV constituye la base para la selección de los materiales utilizados en la elaboración de un producto, ya que permite detectar y eliminar el uso de los materiales y productos tóxicos así como reducir el número de componentes y materiales distintos empleados en la fabricación de un producto.

Esta última idea se conoce como *desmaterialización de los productos*, que consiste en la utilización de una menor cantidad de materiales para su elaboración, consiguiendo



al mismo tiempo un mejor aprovechamiento de los materiales y una mayor eficiencia energética en su fabricación y uso. El resultado obtenido son productos más pequeños, ligeros y multifuncionales o su situación por servicios.

La implantación de una estrategia de desmaterialización en las empresas, promoviendo diseños que reduzcan el consumo de materiales, conlleva una disminución de los costos de adquisición de materias primas y una disminución del impacto medioambiental producido por la empresa, como consecuencia del ahorro de recursos energéticos y materiales en las fases de extracción, procesado y transporte, necesarias para poner el producto a disposición del consumidor.

Las estrategias y acciones de mejora ambiental dentro del enfoque del Ecodiseño de un producto se presentan en la siguiente tabla:

<i>Etapas ciclo de vida Producto</i>	<i>Estrategias y acciones de mejora ambiental</i>
Concepto producto	Desmaterialización Multifunción Eficiencia (multiusuario) Optimización Funcional (Reducción componentes)
Materiales	Eliminación compuestos tóxicos Renovables Baja mochila energética (energía en la obtención) Reciclados Reciclables Reducción volumen Minimización peso
Producción	Ahorro energía Reducción consumo recursos Segregación de flujos contaminantes Mejoras mantenimiento Minimización emisiones contaminantes
Distribución	Envases reutilizables Envases reciclables Envases de materiales reciclados Reducción volumen envases Minimización peso de los materiales Envases mono materiales Transporte eficiente energéticamente Transporte con energías renovables
Uso	Utilización energías renovables Eficiencia energética Reducción consumo recursos Recursos renovables Recursos con bajo impacto ambiental Reducción emisiones Reparables Durables Bajo impacto mantenimiento Productos atemporales Productos modulares
Gestión final	Reutilizables Reciclables Valorizables material y energéticamente

Figura 3.4 Estrategias y acciones de ecodiseño



La aplicación de técnicas de ecodiseño permite a las empresas obtener las siguientes ventajas competitivas:

- Logro de la mejor relación entre las prestaciones del producto, su impacto ambiental y consumo de energía asociado.
- Mejora del producto en cuanto a la utilización de materiales menos impactantes, la extensión de su vida útil, un transporte más racional y un tratamiento posterior más eficaz.
- Fidelización de clientes y apertura de nuevas líneas de negocio para la reparación y el mantenimiento de los productos elaborados.
- Disminución de los costos económicos y mejora de la imagen de la empresa, elaborando productos que consuman menos productos energéticos y materiales, contengan gran parte de componentes reutilizados y/o reciclados, y sean fácilmente reutilizables y/o reciclables al final de su vida útil.
- Reducción de la carga medioambiental, asociada al ciclo de vida del producto.

Uno de los puntos clave del ecodiseño es la elaboración de productos fácilmente reutilizables o reciclables. Esto implica la aceptación del producto por parte de la empresa fabricante una vez finalizada su vida útil, para su reutilización, ya que la responsabilidad del producto en su fase de desecho debe de ser del fabricante, no del consumidor.

Seis-sigma (SS)³⁸

Seis-sigma representa una métrica, una filosofía de trabajo y una meta. Como **métrica**, Seis-Sigma representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación. Como **filosofía de trabajo**, Seis-Sigma significa mejoramiento continuo de procesos y productos apoyado en la aplicación de la metodología Seis-Sigma, la cual incluye principalmente el uso de herramientas estadísticas, además de otras de apoyo. Como **meta**, un proceso con nivel de calidad Seis-Sigma significa estadísticamente tener un nivel de clase mundial al no producir servicios o productos defectuosos

El Ciclo Shewhart/Deming (Modificado de Deming, 1982)

El programa SS se basa, aunque no esté expresado directamente, en el ciclo Deming (ver figura 3.4). El ciclo Deming es un procedimiento para el *mejoramiento*. Es una guía lógica y racional para actuar en una gran variedad de situaciones, una de las cuales es *resolver problemas*.

³⁸ Seis-sigma : metodología y técnicas ,Edgardo J. Escalante Vázquez, ,México, limusa, 2013

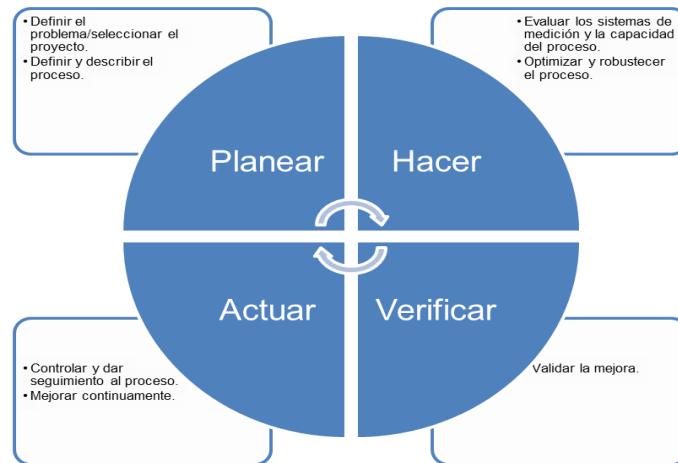


Figura 3.5 Ciclo Shewhart/Deming

Existe también otra forma de llamar a las fases de Seis-Sigma con base en lo que se conoce como DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve and Control), tal como se muestra en la siguiente figura.

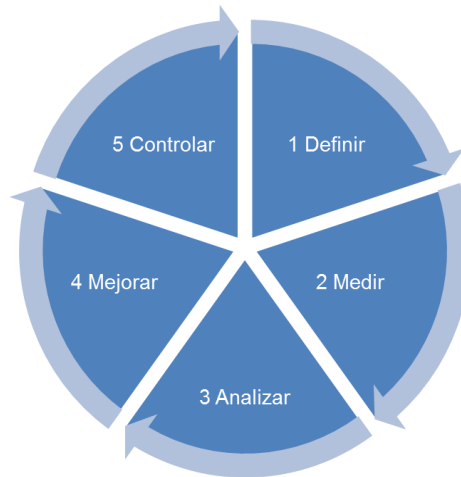


Figura 3.6 Desarrollo de la metodología Seis-Sigma

1. Definir
 - a) Definir el problema/seleccionar el proyecto. Describir el efecto provocado por una situación adversa, o el proyecto de mejora que se desea realizar, con la finalidad de entender la situación actual y definir objetivos. (Seleccionar el equipo. Preferentemente un equipo interfuncional, con un objetivo definido de manera clara y completa.)
2. Medir
 - a) Definir y describir el proceso. Definir los elementos del proceso, sus pasos, entradas, salidas y características.
 - b) Evaluar los sistemas de medición. Evaluar la capacidad y estabilidad de los sistemas de medición por medio de estudios de receptibilidad, reproducibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad.
3. Analizar
 - a) Determinar las variables significativas. Las variables del proceso definidas en el inciso a del punto 2 deben ser confirmadas por medio de diseños de



experimentos y/o estudios multivariados, para medir la contribución de esos factores en la variación del proceso. Las pruebas de hipótesis e intervalos de confianza también son útiles para el análisis del proceso.

- b) Evaluar la estabilidad y la capacidad del proceso. Determinar la habilidad del proceso para producir dentro de especificaciones por medio de estudios de capacidad largos y cortos, a la vez que se evalúa la fracción defectuosa

4. Mejorar

- a) Optimizar y robustecer el proceso. Si el proceso no es capaz, se debe optimizar para reducir su variación. Se recomienda usar diseño de experimentos, análisis de regresión y superficies de respuesta.
- b) Validar la mejora. Realizar estudios de capacidad.

5. Controlar

- a) Controlar y dar seguimiento al proceso. Monitorear y mantener en control al proceso.
- b) Mejorar continuamente. Una vez que el proceso es capaz, se deberán buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, etc., que conduzcan a un mejor desempeño del proceso.

Otras herramientas de gran utilidad son:

Ecoindicadores. Como ya se ha descrito son funciones que, con base en los valores de contaminación medidos para un producto, calculan un valor de impacto ambiental para dicho producto.

Contabilidad Medioambiental. Sistema de contabilidad que convierte en unidades cuantitativas (habitualmente unidades monetarias), los impactos ambientales a lo largo del proceso de fabricación de un producto. El cálculo de costo medioambiental más difundido se basa en el costo de las actividades de descontaminación. Permite, por un lado analizar el perfil de costos medioambientales de una empresa y, por otro lado, asignar un costo medioambiental a los productos que oferta.

Análisis de los Costos del Ciclo de Vida. Herramienta parecida a la Contabilidad Medioambiental pero que amplía el estudio al ciclo de vida físico del producto.

Análisis de valor. Metodología para el cálculo del valor añadido de cada función o sistema de un producto industrial. Compara el valor que añade al producto cada una de sus características con su costo económico. Así permite distinguir funciones necesarias baratas de funciones necesarias caras y funciones prescindibles baratas de funciones imprescindibles caras. La ecoeficiencia se consigue cuando todas las funciones son necesarias y baratas (en recursos de cualquier tipo).



3.6 Resiliencia³⁹

Otro concepto fundamental en el diseño de sustentabilidad es el concepto de resiliencia: la capacidad de un sistema para sobrevivir, adaptarse y crecer frente a cambios no previstos, aun en incidentes catastróficos (Fiskel, 2003).

La resiliencia es una característica común de los sistemas complejos como empresas, ciudades o ecosistemas. Estos sistemas evolucionan perpetuamente a través de ciclos de crecimiento, acumulación, crisis y renovación y con frecuencia se auto organizan en nuevas configuraciones inesperadas.

Por las leyes de la termodinámica, los *sistemas cerrados* decaerán gradualmente del orden hacia el caos, con tendencia en la máxima entropía. Sin embargo, los sistemas vivientes están *abiertos* en el sentido de que continuamente aprovecharán las fuentes externas de energía y mantendrán un estado estable de baja entropía (Schrödinger, 1943). Esto permite que los sistemas resilientes soporten grandes perturbaciones sin falla o colapso. Esto es, estos sistemas son sustentables en términos de supervivencia a largo plazo y pueden adaptarse y evolucionar a un nuevo estado de equilibrio. Dada la incertidumbre y vulnerabilidad que rodean a los retos de sustentabilidad como el cambio climático, escasez de agua y demandas de energía, los diseños sustentables probablemente necesitarán incorporar a la resiliencia como un concepto fundamental.

La idea de diseñar sistemas de ingeniería para la resiliencia será la de introducir sistemas más distribuidos y más pequeños que puedan continuar funcionando efectivamente en situaciones inciertas con mayor resiliencia. Los ejemplos incluyen la generación de energía y la recolección de agua pluvial a nivel casero y comunitario y el tratamiento de aguas residuales descentralizado. Otra vez, es necesario considerar los impactos del ciclo de vida del sistema entero al diseñar un sistema distribuido nuevo con más redundancia para reemplazar un sistema más centralizado para entender las ventajas y las desventajas potenciales entre los impactos ambientales y de salud humana para la resiliencia. Aquí es donde el tiempo de vida del sistema se vuelve un factor crucial en la evaluación del ciclo de vida.

3.7 Los Sistemas de Gestión Medioambiental⁴⁰

La aplicación de instrumentos y programas de gestión medioambiental surge de la necesidad de incorporar el factor medioambiental en las políticas globales y los planes sectoriales regionales y locales.

Los Sistemas de Gestión Medioambiental (SGMA) permiten obtener múltiples beneficios, entre los que cabe destacar:

- Mejora de la gestión empresarial y del grado de competitividad de la empresa dentro del sector.
- Disminución de costos a través del control y reducción de materias primas, recursos y energía, pudiendo obtener ingresos adicionales por la venta de los subproductos y residuos generados.
- Diagnóstico y corrección de las ineficiencias en los distintos equipos y procesos, buscando optimizar su rendimiento energético.
- Optimización de los flujos energéticos y de materiales en la empresa con el consiguiente ahorro de energía, materias primas, disminuyendo así los costos asociados.

^{39 38} Ingeniería ambiental : fundamentos, sustentabilidad, James R. Mihelcic, Julie Beth Zimmerman, México Alfa omega, 2012



- Impulso de las estrategias de marketing para la diferenciación de producto a través de la consecución del etiquetado ecológico.
- Anticipación al mercado y a las exigencias futuras, especialmente en lo referente al cumplimiento de la legislación medioambiental.
- Aumento de la motivación de los empleados.

Para la implantación de un SGMA, actualmente existen dos normas de carácter voluntario, mediante las cuales una empresa puede obtener la certificación o el registro:

La norma de ámbito internacional ISO 14000: Comprende un conjunto de guías y normativas a cumplir por la empresa. Los requisitos para un sistema de gestión ambiental se establecen en la ISO 14001 “Sistemas de Gestión Ambiental – Requisitos con orientación para uso”.

Reglamento europeo CE n.º 761/101 (también llamado reglamento EMASII): A través del mismo se permite que las empresas se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales.

ISO 14000

La ISO 14000 es una serie de normas internacionales para la gestión medioambiental. Es la primera serie de normas que permite a las organizaciones de todo el mundo realizar esfuerzos medioambientales y medir la actuación de acuerdo con unos criterios aceptados internacionalmente.

La ISO 14001 es la primera norma de la serie 14000 y especifica los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión medioambiental. Se trata de una norma desarrollada por la International Organization for Standardization (ISO) en Ginebra; que está destinada a ser aplicable a “organizaciones de todo tipo y dimensiones y albergar diversas condiciones geográficas, culturales y sociales”.

Su objetivo es apoyar la protección medioambiental y la prevención de la contaminación.

De acuerdo con la norma, entre los requisitos de un SGMA (Sistema de gestión medio ambiental) cabe destacar:

- Elaboración de una política medioambiental.
- Etapa de implantación y operación.
- Etapa de verificación.
- Revisión por la dirección.

Dentro de esta normativa se debe destacar la norma ISO 14040, que define todos los aspectos a considerar para que una empresa pueda llevar a cabo un estudio de análisis del ciclo de vida de los productos o servicios que ofrece a sus clientes.

Reglamento CE n.º 761/101-EMAS II

El objetivo del reglamento EMAS (Eco-Management and AuditScheme) es cumplir con la obligación de la CE de <<desarrollar una política y acciones relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sostenible>> recogida en el Tratado de la Unión Europea (Maastricht, 1992). El Reglamento reconoce que la industria tiene su propia



responsabilidad para gestionar el impacto medioambiental de sus actividades y debería:

- Adoptar un enfoque activo en este campo.
- Prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, eliminar la contaminación.
- Asegurar una gestión sólida de los recursos.
- Emplear tecnologías limpias o más limpias.

Hay que destacar que el Reglamento EMAS II y la norma ISO 14001 presentan similitudes en ciertos aspectos, pero también diferencias apreciables.

3.8 Causas de la ineficiencia de la actividad industrial⁴¹

Analizando con perspectiva histórica, la eficiencia industrial, en media global, crece todos los años un 0.5%, es decir, muy poco. Este sorprendente hecho ha conducido en numerosas publicaciones a la reflexión sobre las causas de la ineficiencia de los productos y servicios industriales. Tres son las causas principales que coinciden en destacar todos los autores:

- La baja eficiencia del sistema económico actual. El precio de los bienes de consumo no refleja su costo medioambiental o social, solo un balance económico entre los costos de fabricación y los precios de venta que fija el mercado.
- El bajísimo precio de los recursos naturales. Recursos como la madera, el acero, el agua, los combustibles, etc., son mantenidos a precios mínimos mediante un comercio internacional desigual, favorable a los países dueños de los recursos naturales.
- La falta de conciencia social. Ni el consumidor ni la normativa fomenta o exige la ecoeficiencia de los productos industriales.

⁴¹ Ecodiseño y análisis de ciclo de vida, Alfonso Aranda Usón, Ignacio Zabalza Bribián, prensas Universitarias de Zaragoza, 2010



Discusión

El deterioro ambiental que presenta el planeta es debido a la alteración que el hombre le ha generado durante décadas a través de diversas actividades industriales en las que ha hecho un uso irracional de todos los recursos que el planeta provee y este uso irracional se debe a que la población en general ha creado necesidades que han llevado a la industria a fabricar productos en mayor volumen sin tomar en cuenta la contaminación y la cantidad de materia prima que existe en el planeta y no solo se ha contaminado de manera física, sino también el incremento de las demandas industriales genera una cadena de contaminantes puesto que se necesita mayor consumo de todos sus insumos, por ejemplo, se necesita más energía (como sabemos la mayor parte de producción de energía es generada a través de la quema de combustibles derivados del petróleo), la cual, al producirse en mayor volumen genera más contaminación atmosférica por la emisión de gases contaminantes y eso a su vez genera más calor en el ambiente puesto que también hay que sumar los gases contaminantes de la industria por la alta producción.

Cabe decir que siempre la alteración negativa del medio, por lo general, ha sido causada por alguna actividad humana y en su mayoría industrial.

La concentración de desperdicios es mayor cada día ya que toda industria siempre tendrá un residuo de algún proceso y es aquí donde radica un problema porque la materia prima de diversos productos es menor cada día con riesgo a dejar de existir en algunos años. Como es el caso del indio pues las pantallas táctiles contienen óxido de indio y estaño el cual sirve para detectar el contacto de los dedos.

El rápido crecimiento de la población urbana e industrial ha ocasionado enormes desechos residuales que son nocivos en su mayoría para la salud humana y también para la salud del planeta, ya que han sido depositados en ríos, mares, suelos y algunos ecosistemas. La depuración del medio es de manera lenta en comparación a la cantidad de contaminantes que se han generado durante los últimos años y ha dado como resultado un daño generalizado en los ecosistemas naturales.

En el siglo pasado la contaminación ambiental era percibida generalmente por la población como un problema de humos y hollín que eran residuos de las plantas industriales y de energía y de algunos sistemas de calefacción doméstica sin saber que ese solo era un pequeño foco rojo de todos los problemas ambientales que hoy existen y claro, es en gran parte el origen de los problemas de contaminación pero los desperdicios y la disposición final de estos en ocasiones genera más contaminación puesto que en muchas ocasiones se queman sin control o simplemente se depositan en suelos para su "degradación natural" que es el caso de las llantas de automóviles.

Actualmente vemos que estos problemas ya no son de una región, población o país sino más bien de todos, la cultura del uso adecuado de productos debería ser algo que se les enseñe a las nuevas generaciones porque su futuro puede estar basado en el cuidado del planeta.



La ecología industrial actualmente está dando una alternativa a algunos problemas ambientales, además es una práctica innovadora la cual da respuesta a la presión del cumplimiento de normas, leyes y reglamentos nacionales e internacionales y con el objetivo de alcanzar la sustentabilidad, pero más que tratar políticas ambientales también responde a desafíos más globales como el decremento de materia prima.

la ecología industrial consigue el consumo eficiente de la materia prima y ayuda de manera indirecta al medio ambiente a depurar los contaminantes pues la reutilización y uso eficiente da un mayor tiempo al medio para realizar sus procesos de degradación de manera más rápida.

Se dice que una empresa consigue ecoeficiencia cuando oferta productos y servicios a un precio competitivo, y estos satisfacen necesidades humanas e incrementan su calidad de vida, mientras a lo largo de su ciclo vital reducen progresivamente el impacto medioambiental y la intensidad del uso de recursos, hasta el nivel de la capacidad de carga del planeta. (Lehni, M.: 1999).

Según el informe Brundtland de la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas en 1987 – informe Brundtland se define como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.

Cada vez son más las empresas adheridas al EMAS (Eco-Management and AuditScheme o Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría), una normativa voluntaria de la Unión Europea que reconoce a aquellas empresas y organizaciones con un compromiso material con el medio ambiente. Según los datos aportados por MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino) en el año 2010.

La ecología industrial no se limita sólo a estos métodos de cierre de ciclo, también denominados simbiosis industrial y metabolismo industrial, sino que se sirve de otros muchos métodos que contribuyan a disminuir el impacto ambiental, mejorar la ecoeficiencia y aumentar la rentabilidad, siempre tendiendo hacia una mayor sostenibilidad.

También la ecología industrial tiene sus defectos puesto que muchas empresas solo hacen uso de este recurso para evitar gastos generados por multas o sanciones por el no cumplimiento de normas o reglamentos establecidos y es válido porque si no existieran estas sanciones las empresas seguirían cometiendo actividades contaminantes de mayor grado y la ecología industrial entonces también les brinda esa facilidad para tener una mejor eficiencia tanto económica como ambiental, cabe destacar que en los últimos años las sanciones han ido creciendo y las empresas prefieren gastar en prevención que en una sanción, pero debería ser por el verdadero sentido de preocupación del cuidado de nuestro medio, sin embargo es muy difícil crear ese pensamiento en muchas personas, entonces, una de las posibles soluciones para que la ecología industrial siga creciendo y desarrollándose durante los siguientes años es hacer ver a la prensa que no es un gasto, si no, una inversión donde todos ganan pues pueden generar ingresos por la venta de residuos, pueden evitar sanciones y a su vez pueden ser acreedores a un reconocimiento o estímulo por el cuidado del ambiente.



Conclusiones

El estudio realizado permite establecer las siguientes conclusiones al respecto de la ecología industrial:

- Imita el funcionamiento de los ecosistemas naturales donde los residuos de una especie son la materia prima de otra.
- Permite crear una red de empresas o entidades relacionadas con su entorno a través de sus productos y sus subproductos.
- Incluye los tres aspectos fundamentales de la sustentabilidad (social, ambiental y económica).

Al final de este trabajo puedo decir que la ecología industrial es una actividad donde participan varios sectores, intentando imitar el funcionamiento de un ecosistema natural, mediante la utilización de subproductos y residuos industriales como materia prima de otras empresas

Actualmente el porcentaje de la actividad industrial en los parques industriales de nuestro país es muy alto en comparación con las empresas de transformación que se ubica en algún predio solo, las empresas que conforman un parque industrial pertenecen a una organización de interés la cual se podría transformar en un ecosistema industrial y en un futuro cercano la competencia será más alta entre las empresas, por lo cual requiere un replanteamiento para enfrentar nuevo entorno económico, social y ambiental por lo cual las empresas deberán pensar en realizar simbiosis en el parque industrial donde se desarrolle para ayudar al ambiente y ser más competitivas, pero en esta idea se debe visualizar más allá de solo compartir productos con sus empresas vecinas sino que en la red de parques industriales que existe en nuestro país podría convertirse en red de ecosistemas industriales donde una empresa pueda compartir o recibir residuos como recursos de otro parque industrial.

Puesto que las industrias en algunas ocasiones desconocen los residuos industriales del parque industrial donde se desarrollan y con mayor razón los de parques industriales vecinos, entonces la simbiosis industrial no se puede lograr, es por lo cual que la empresas y la Asociación Mexicana de Parques Industriales (AMPIP) ayude a generar una base de datos donde se tenga un registro de los residuos de cada empresa además hacer un estudio sobre la factibilidad de compartir residuos entre empresa analizando los puntos de traslado, secreto industrial y beneficio ecológico también el gobierno federal puede crear lineamientos para poder realizar esta simbiosis conforme a los estatutos de ley.

Otra propuesta sobre esta temática es que al momento de diseñar un sistema productivo se considere este punto de la factibilidad o la oportunidad de hacer simbiosis en el lugar donde se va instalar la empresa, es por lo cual que en la materia de diseño de sistemas productivos deberían tocar este tema en la parte de localización de planta



La ecología industrial como vimos en todo el trabajo no sólo apunta hacia la contaminación y medio ambiente sino que le da igual importancia a al diseño correcto de las cadenas de producción.

La aplicación de la metodología de la simbiosis industrial utilizada en Ecología industrial, permite de manera ordenada identificar las principales problemáticas en cuanto a gestión de residuos y priorizar los puntos en que debería centrarse la optimización de recursos.

La propuesta de optimizar recursos como una manera de inversión a corto y largo plazo se ha visto que es una buena idea y esto se ve reflejado en el incremento de la creación de eco parques.

Se observa que el tratamiento de residuos y su transformación o usos como una materia prima dan buenos resultados tanto económicos como ambientales.

Además se puede ver que la legislación es todavía imprecisa en los incentivos para llevar a cabo esta filosofía de la reutilización, más sin embargo si está bien definida sobre las sanciones y repercusiones que tiene no llevar a la práctica esta filosofía del cuidado del medio ambiente

En México se está iniciando la implantación y aplicación de la Ecología Industrial. En el Instituto Politécnico Nacional (México DF) se creó en el 2007 el GIEI, Grupo de Investigación en Ecología Industrial, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), que está desarrollando proyectos de aprovechamiento de residuos en granjas y en otras industrias. También está iniciando la creación de una Red de Ecología Industrial. Por otro lado CONCAMIN (Confederación de Cámaras Industriales de México) a través del Programa NISP (National Industrial Symbiosis Programme) está iniciando experiencias de simbiosis industrial en una zona industrial de Toluca.

A nivel académico la Ecología Industrial se va implementando como un área importante dentro de los estudios de licenciatura, maestría y doctorado. En Europa, existen master's de Ecología Industrial en Holanda, en Noruega, en Italia y en Catalunya. Existen estudios de doctorado en Noruega. También asignaturas de 2º ciclo y doctorado en Catalunya. En septiembre de 2007 inició en la UPC (universidad politécnica de Cataluña) un master de sustentabilidad con especialidad en "Ecología Industrial e Innovación Tecnológica". En México se imparte Ecología Industrial a nivel de licenciatura en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI) del IPN.

En general si la industria no toma esta cultura de cuidar el medio ambiente y reciclar materiales el futuro no será algo favorable, ya que la disminución de la calidad de aire y de las materias primas en general es más visible cada día.



Referencias

Libros

- **Valero Delgado, Alicia. Gil Usón Sergio (2011).** Ecología Industrial: cerrando el ciclo de materiales. Prensas Universitarias de Zaragoza.
- **James R. Mihelcic, Julie Beth Zimmerman (2012).** Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, México Alfa omega.
- **Alfonso Aranda Usón, Ignacio Zabalza Bribián (2010).** Ecodiseño y análisis de ciclo de vida, prensas Universitarias de Zaragoza.
- **Edgardo J. Escalante Vázquez (2013).** Seis-sigma: metodología y técnicas, México, limusa.
- **Silvia Jaquenod (2002).** Derecho ambiental, Dykinson.
- **Floreinda Chávez Salomón, José Icaza López (1992),** Desequilibrio ecológico y educación ambiental, México, UNAM, Escuela Nacional Preparatoria, Dirección General, Coordinación de Opciones Técnicas.
- **Urbina Baca, Gabriela. Romero Vallejo, Sergio, Cruz Valderrama, Margarita (2007).** Proyectos ambientales en la industria. Grupo editorial patria.
- **SEMARNAT, INE, PROFEPA (2000).** Gestión ambiental hacia la industria. SEMARNAT. México.
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/256.pdf>

Mesografía

- **UAEH (2013).** Encuentro, Responsabilidad Empresarial, Tlahuelilpan, Hidalgo, México.
http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/5570/3_micro_parque.pdf
- **INE (2013).** Instituto Nacional de Ecología, NOMs sobre ecología
www.ine.gob.mx
- **E-CENTRO (2012),** Kalundborg Parque Eco-industrial, Historia, La simbiosis, Ahorro e Impactos Ambientales, Como modelo.
http://centrodeartigo.com/articulos-noticias-consejos/article_135699.html
- **SIMBIOSIS (2012).** Simbiosis y ecología industrial.
Simbiosis.dk



- **CONCYTEG (2010).** Lule y Cervantes: Innovación y ecología industrial.
http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2010/MT9/SESION1/MT91_DLU_LEC_129.pdf
- **CONCAMIN-NISP (2011).** México Programa de Simbiosis Industrial.
www.cmic.org
- **SEMARNAT (2012).** Foro simbiosis industrial.
<http://web2.semarnat.gob.mx/temas/pycs/Documents/simbiosis>
- **SEMARNAT (2012).** Líneas de Acción para la Producción y Consumo Sustentable.
www.semarnat.gob.mx
- **UADY (2009).** Ecología industrial y desarrollo sustentable.
http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen13/ecologia_industrial.pdf
- **TESOEM (2010).** Apuntes de legislación ambiental.
<http://www.tesoem.edu.mx/alumnos/cuadernillos/2010.018.pdf>
- **COMEFI (2013).** El concepto de responsabilidad social empresarial
http://www.cemefi.org/esr/images/stories/pdf/esr/concepto_esr.pdf
- **COMEFI (2013).** Decálogo ESR
http://www.cemefi.org/esr/images/stories/pdf/esr/decalogo_esr.pdf
- **CONCYTEG (2010).** Carrillo et al: Incentivos de la política ambiental para ecología industrial en México.
http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2010/MT9/SESION1/MT91_GCARRILLOG_127.pdf
- **DIPUTADOS GOB (2013).** Leyes sobre ecología.
 - Ley de aguas nacionales
 - Ley General de Desarrollo forestal Sustentable
 - Ley general de vida silvestre
 - Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
 - La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la Regulación Ambiental de la Industriawww.diputados.gob.mx



Anexos

Normas Oficiales Mexicanas vigentes sobre ecología

Para Control de la Contaminación Atmosférica (Industria)		
Clave	Regulación	Fecha de publicación
NOM-039-ECOL-1993	Plantas productoras de ácido sulfúrico. (Bióxido y Trióxido de Azufre)	22-oct-93
NOM-040-ECOL-1993	Fabricación de cemento. (Emisiones Fugitivas)	22-oct-93
NOM-043-ECOL-1993	Partículas sólidas provenientes de Fuentes Fijas.	22-oct-93
NOM-046-ECOL-1993	Procesos de producción de ácido Dodecibencensulfónico en Fuentes Fijas.	22-oct-93
NOM-051-ECOL-1993	Gasóleo industrial que se consume por Fuentes Fijas en la ZMCM.	22-oct-93
NOM-075-ECOL-1995	Compuestos orgánicos volátiles provenientes del proceso de separadores agua-aceite de las refinerías de petróleo.	26-Dic.95
NOM-085-ECOL-1994	Combustibles para equipo de calentamiento indirecto y directo por combustión.	2-dic-94
NOM-086-ECOL-1994	Contaminación atmosférica especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en Fuentes Fijas y Móviles.	2-dic-94
NOM-092-ECOL-1995	Instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo en el Valle de México.	6-sep-95
NOM-093-ECOL-1995	Sistemas de recuperación de vapores de Gasolina en estaciones de servicio y autoconsumo. (Método de prueba)	6-sep-95
NOM-097-ECOL-1995	Material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio en el país.	1-feb-96
NOM-105-ECOL-1996	Que establece los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total provenientes de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa.	02-abr-98
NOM-121-ECOL-1997	Que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (COV's) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles, unidades de uso múltiple, de pasajeros y utilitarios; carga y camiones ligeros, así como el método para calcular sus emisiones.	14-jul-1998
NOM-123-ECOL-1998	Que establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV's), en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.	14-jun-1999
Para Control de la Contaminación Atmosférica (Monitoreo Ambiental)		
Clave	Regulación	Fecha de



		publicación
NOM-034-ECOL-1993	Concentración de monóxido de carbono en aire ambiente, calibración equipos de medición.	18-oct-93
NOM-035-ECOL-1993	Concentración de partículas suspendidas totales en aire ambiente, calibración de equipos de medición.	18-oct-93
NOM-036-ECOL-1993	Concentración de ozono en aire ambiente, calibración equipos de medición.	18-oct-93
NOM-037-ECOL-1993	Concentración de bióxido de nitrógeno en aire ambiental, calibración equipos de medición.	18-oct-93
NOM-038-ECOL-1993	Concentración de bióxido de azufre en aire ambiental, calibración equipos de medición.	18-oct-93
Para Control de la Contaminación Atmosférica (Para Vehículos)		
Clave	Regulación	Fecha de publicación
NOM-041-ECOL-1999	Vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible (Gases)	06-ago-99
NOM-042-ECOL-1999	Vehículos automotores nuevos en planta con peso bruto vehicular que no exceda los 3,856 kg.	06-sep-99
NOM-047-ECOL-1993	Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos	10-may-00
NOM-044-ECOL-1993	Motores nuevos que usan diesel, con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos.	22-oct-93
NOM-045-ECOL-1996	Vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.	22-abr-97
NOM-048-ECOL-1993	Motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.	22-oct-93
NOM-049-ECOL-1993	Motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.	22-oct-93
NOM-050-ECOL-1993	Vehículos automotores en circulación que usan GLP, GN u otros combustibles.	22-oct-93
NOM-076-ECOL-1995	Emisión de HC no quemados, CO y NO provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, GLP, GN y otros combustibles alternos y que se utilizaran para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kg nuevos en planta.	26-dic-95
NOM-077-ECOL-1995	Procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.	13-nov-95
Para Control de la Contaminación Atmosférica (Calidad de Combustibles)		
Clave	Regulación	Fecha de publicación
NOM-086-ECOL-1994	Combustibles Líquidos y Fósiles para Fuentes Fijas y Móviles.	2-dic-94
Normas para la Conservación de los Recursos Naturales		
Clave	Regulación	Fecha de



		publicación
NOM-059-ECOL-1994	Especies y subespecies de Flora y Fauna Silvestres terrestres y Acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, especificaciones para su protección.	16-may-94
NOM-060-ECOL-1994	Manifestación de efectos adversos en Suelos y Cuerpos de Agua por el aprovechamiento Forestal.	13-may-94
NOM-061-ECOL-1994	Mitigación de efectos adversos en Flora y Fauna Silvestres por el aprovechamiento Forestal.	13-may-94
NOM-062-ECOL-1994	Mitigación de efectos Adversos sobre Biodiversidad por el cambio de usos del suelo de terrenos Forestales Agropecuarios.	13-may-94
NOM-131-ECOL-1998	Que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de Ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat.	10-ene-00
Normas para Control de la Contaminación del Agua		
Clave	Regulación	Fecha de publicación
NOM-001-ECOL-1996	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residuales en aguas y Bienes Nacionales. (Aclaración 30-abril-1997)	6-ene-97
NOM-002-ECOL-1996	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas Residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	03-jun-98
NOM-003-ECOL-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicios al público.	21-sep-1998
Para Control de Residuos Peligrosos		
Clave	Regulación	Fecha de publicación
NOM-052-ECOL-1993	Listado de Residuos Peligrosos por su toxicidad al ambiente.	22-oct-93
NOM-053-ECOL-1993	Determinación de Residuos Peligrosos por su Toxicidad al ambiente.	22-oct-93
NOM-054-ECOL-1993	Incompatibilidad entre dos o más Residuos Peligrosos según la NOM-052-ECOL-1993.	22-oct-93
NOM-055-ECOL-1993	Confinamiento controlado de Residuos Peligrosos, excepto los Radiactivos.	22-oct-93
Para Control de Residuos Peligrosos		
Clave	Regulación	Fecha de publicación
NOM-056-ECOL-1993	Obras complementarias de un confinamiento controlado de Residuos Peligrosos.	22-oct-93
NOM-057-ECOL-1993	Diseño, construcción y Operación de celdas de un confinamiento controlado para Residuos Peligrosos.	22-oct-93
NOM-058-ECOL-1993	Operación de un confinamiento controlado de Residuos Peligrosos.	22-oct-93
NOM-083-ECOL-1996	Condiciones que Deben Reunir los sitios destinados a la disposición final de los Residuos Sólidos Municipales. (Aclaración 7-MARZO-1997)	25-nov-96



NOM-087-ECOL-1995	Separación, Envasado, Almacenamiento, Recolección, Transporte, Tratamiento y Disposición final de los Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica.	7-nov-95
Normas de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental		
Clave	Regulación	Fecha de publicación
NOM-113-ECOL-1998	Establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.	26-oct-1998
NOM-120-ECOL-1997	Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos. (Aclaración: 6-ene-99)	19-nov-1998
NOM-114-ECOL-1998	Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas. (Aclaración: 1-feb-99)	23-nov-1998
NOM-116-ECOL-1998	Que establece las especificaciones de protección ambiental para prospecciones sismológicas terrestres que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.	24-nov-1998
NOM-117-ECOL-1998	Que establece las especificaciones de protección ambiental para la instalación y mantenimiento mayor de los sistemas para el transporte y distribución de hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso, que se realicen en derechos de vía terrestres existentes, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.	24-nov-1998
Normas de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental		
Clave	Regulación	Fecha de publicación
NOM-115-ECOL-1998	Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación de pozos petroleros terrestres para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales. (Aclaración: 29-ene-99)	25-nov-1998
Normas para Control de Emisión de Ruido		
Clave	Regulación	Fecha de publicación
NOM-079-ECOL-1994	Vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición	12-ene-95
NOM-080-ECOL-1994	Escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación. (Método de Medición)	13-ene-95
NOM-081-ECOL-1994	Emisión de Ruido de las Fuentes Fijas. (Método de Medición)	13-ene-95
NOM-082-ECOL-1995	Motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta. (Método de medición)	16-ene-95



Decálogo empresa socialmente responsable



DECÁLOGO



EMPRESA SOCIALMENTE RESPONSABLE

Las empresas pueden adecuar, adoptar y publicar el Decálogo de la **Empresa Socialmente Responsable**.

La Empresa Socialmente Responsable...

1. Promueve e impulsa una **cultura de competitividad responsable** que busca las metas y el éxito del negocio, contribuyendo al mismo tiempo al **bienestar de la sociedad**.
2. Hace públicos sus valores, **combate interna y externamente prácticas de corrupción** y se desempeña con base en un código de ética.
3. Vive esquemas de liderazgo participativo, solidaridad, servicio y de **respeto a los derechos humanos** y a la dignidad humana.
4. Promueve **condiciones laborales favorables para la calidad de vida**, el desarrollo humano y profesional de toda su comunidad (empleados, familiares, accionistas y proveedores).
5. Respeta el entorno ecológico en todos y cada uno de los procesos de operación y comercialización, además de **contribuir a la preservación del medio ambiente**.
6. Identifica las **necesidades sociales del entorno en que opera y colabora en su solución**, impulsando el desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida.
7. Identifica y **apoya causas sociales** como parte de su estrategia de acción empresarial.
8. Invierte tiempo, talento y recursos en el **desarrollo de las comunidades en las que opera**.
9. Participa, mediante **alianzas intersectoriales** con otras empresas, organizaciones de la sociedad civil, cámaras, agrupaciones y/o gobierno, **en la discusión, propuestas y atención de temas sociales de interés público**.
10. Toma en cuenta e **involucra a su personal, accionistas y proveedores** en sus programas de inversión y desarrollo social.