



## **El Colegio de Chihuahua**

“SIMBIOSIS INDUSTRIAL EN EL SUR DEL MUNICIPIO DE  
JUÁREZ, CHIHUAHUA, MEXICO”

Tesis presentada por

**Jesús Rodarte Dávila**

para obtener el grado de

**DOCTOR EN INVESTIGACIÓN**

Ciudad Juárez, Chihuahua, febrero,  
2017





## **El Colegio de Chihuahua**

“Simbiosis industrial en el sur del Municipio de Juárez, Chihuahua,  
México”

Tesis presentada por

**Jesús Rodarte Dávila**

para cumplir con los requisitos parciales para obtener el grado de

**DOCTOR EN INVESTIGACIÓN**

Director de Tesis

Dr. Jorge A. Salas Plata Mendoza

Comité de Tesis

Dr. Arturo Woocay Prieto

Dr. Hector Quevedo Urias

Ciudad Juárez, Chihuahua, febrero, 2017

**Se autoriza el uso del contenido de esta tesis, siempre y cuando sea sin fines de lucro o para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente sin alteración del contenido y dando los créditos autorales.**

Se recomienda citar esta tesis de la siguiente manera:

Rodarte, D. J. (2017). *Simbiosis industrial en el sur del Municipio de Juárez, Chihuahua, México* (Tesis doctoral). Recuperada de: COPIAR Y PEGAR LA DIRECCIÓN WEB DE DONDE ENCONTRÓ LA TESIS.

El Colegio de Chihuahua  
Institución Pública de Investigación y Posgrado



Sínodo de tesis

Dr. Héctor Adolfo Quevedo Urías  
Presidente

Dr. Arturo Woocay Prieto  
Secretario

Dr. Jorge Arturo Salas Plata Mendoza  
Vocal

Dr. Jaime Romero González  
Vocal

Dr. Abdiel Keni Cota Ruíz  
Vocal

# Agradecimientos

Agradezco al Dr. Jorge A. Salas Plata M., mi director de tesis por su apoyo y confianza en la realización de este trabajo, nunca escatimó su tiempo y esfuerzo en la guía y revisión del mismo.

Al Dr. Arturo Woocay P. por su esfuerzo, empeño y consejos; aunque ya habíamos trabajado en proyectos relacionados a la ecología, no había tenido la oportunidad de contar con su ayuda directa.

Finalmente quiero agradecerle al Dr. Hector Quevedo, que aunque somos compañeros de trabajo, no había tenido la oportunidad de establecer una relación más directa como la actual.

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo de mis compañeros de estudio, por sus consejos, sus comentarios y sobre todo por el ánimo brindado para la conclusión del mismo.

## Resumen

La urgente naturaleza de la eficiencia en costos, protección ambiental, gestión de recursos, reducción de gases de efecto invernadero y las vigilancias sociales está imponiendo una creciente presión al sector industrial. Existe una gran variedad de pequeñas y medianas empresas industriales ubicadas en la franja fronteriza que, por su ubicación y crecimiento económico, son de gran importancia ya que generan empleos y mejoran la economía, pero a su vez degradan el medio ambiente por el manejo no siempre eficiente de la energía y por la generación de residuos contaminantes, así como por el desperdicio de materiales sólidos, líquidos y gases. La Ecología Industrial (EI) trata de entender el cómo minimizar el impacto ecológico del flujo de materia prima.

La EI sigue desarrollando un conjunto de herramientas y conceptos para el modelado de los sistemas socio-económicos de una manera metafórica como sistemas ecológicos. En el Sistema ecológico, como cualquier sistema (un motor o un televisor, etc.) necesita de energía para activarse. En el motor la energía la provee el combustible, en el tv se activa con electricidad. Para la EI una comunidad de un sistema ecológico se activa y se mantiene con una gestión energética. Una de las herramientas para mejorar la eco eficiencia de las industrias es la reducción de la intensidad de uso de la energía (Monteiro, 2009). La simbiosis industrial es sin duda el ejemplo más concreto del concepto de ecología industrial. El desafío consiste en la circulación de materiales residuales y energía para sustituir a las entradas del otro, y así el prolongar el ciclo de vida de los recursos mediante la sustitución y mutualización de flujos de material.

El objetivo del presente estudio es abordar el caso del sur de Ciudad Juárez y bosquejar una simbiosis industrial que haga uso de la materia y energía de manera eficiente el uso de la materia

y energía. La metodología se basa en la aplicación de varios modelos relacionados con el tema. Se presenta como resultado un modelo aplicable a la región como eje central del poblado Samalayuca.

### **Abstract**

The urgent nature of cost efficiency, environmental protection, resource management, reducing greenhouse gases and social considerations impose an increasing pressure to the industry. There are a variety of small and medium industrial enterprises in the border strip, their locations and economic growth are very important because they generate jobs and improve the economy, however, they degrade the environment by inefficient management of the energy and the generation of pollutants, waste, as well as waste solids, liquids and gases. The aim of Industrial Ecology (IE) is trying to understand how to minimize the ecological impact of the raw materials flow.

The IE continues developing a set of techniques and concepts for modeling socio-economic systems in a metaphorical way as ecological systems. The Industrial symbiosis is undoubtedly the most concrete example concept of IE. The challenge is to move energy and waste materials to replace other entries, and thus prolonging the resources life cycle by replacing and pooling the material flows.

The aim of this study is to address the case of south of Ciudad Juarez and outline an industrial symbiosis that make more efficient the use of matter and energy. The methodology is based on the application of various models related to this issue. As a result, a model applicable to the region is presented as a central axis for the Samalayuca town.

# TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos .....	i
Resumen .....	ii
TABLA DE CONTENIDO .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
GLOSARIO DE ABREVIATURAS .....	xi
I INTRODUCCIÓN .....	1
I.1 Planteamiento del problema y justificación .....	2
I.2 Antecedentes y revisión de la literatura .....	3
I.2.1 Ecología Industrial paradigma eco-industrial .....	5
I.2.1.1 Parques Industriales .....	7
I.2.2 Perspectivas en la EI .....	12
I.2.2.1 Perspectiva macroeconómica .....	15
I.2.2.2 Perspectiva microeconómica .....	16
I.2.3 Red de desarrollo eco-industrial .....	17
I.3 Área de estudio .....	25
I.3.1 Samalayuca, localización geográfica .....	26
Grupo Cementos de Chihuahua .....	27

Recicladora Bestway.....	30
Central Termoeléctrica Samalayuca .....	31
Solvay Fluor de México.....	33
El relleno Sanitario .....	34
Biogás .....	34
Proyecto de Carbono.....	35
I.4 Objetivos generales .....	36
I.4.1 Objetivos específicos.....	36
I.5 Pregunta de investigación.....	37
<b>II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>38</b>
II.1 La Biología y la Simbiosis Industrial.....	38
II.1.1 El ciclo cerrado de la “naturaleza” .....	38
II.2 Ecosistema .....	39
II.3 La Ecología Industrial.....	41
II.3.1 Objetivos de la EI.....	44
II.3.2 El contexto del negocio “Ecología Industrial” .....	46
II.3.3 El Metabolismo Industrial .....	49
II.4 Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable.....	50
II.4.1 Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018 (PND).....	51
II.4.2 Plan Estatal de Desarrollo 2010-2016 (PED).....	52

II.4.3 Plan Municipal de Desarrollo 2013-2016 (PMD) .....	53
II.5 El proceso de construcción de la teoría en el caso de estudio .....	53
II.5.1 La naturaleza como modelo ecológico industrial.....	55
II.5.2 Modelo matemático aproximado a una simbiosis .....	57
II.5.3 El proceso de construcción de una SI.....	60
II.6 Modelo Propuesto .....	64
II.6.1 Aplicación del modelo .....	65
III DESARROLLO .....	66
III.1 Construcción de un modelo de factibilidad .....	67
Posible aportación simbiótica de Samalayuca .....	69
Posible aportación simbiótica de GCC .....	70
Posible aportación simbiótica de PASA .....	73
Posible aportación simbiótica de CFE .....	75
Posible aportación simbiótica de Solvay .....	76
Posible aportación simbiótica del Relleno Sanitario .....	77
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	78
Descripción general de las posibles sinergias entre los simbioses de la SI de Samalayuca .....	79
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	83
REFERENCIAS .....	86
ANEXO A.....	95

CUESTIONARIO ENVIADO A LAS EMPRESAS MAQUILADORAS.....	95
ANEXO B .....	97
PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2013-2018 .....	97
Desarrollo sustentable .....	97
Acceso a servicios de telecomunicaciones .....	98
Tecnologías de la Información.....	99
Energía .....	100
Plan de acción: Eliminar las trabas que limitan el potencial productivo del país.....	102
ANEXO C .....	105
PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2010-2016.....	105
Medio ambiente y sustentabilidad .....	105
ANEXO D .....	107
PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2013-2016 .....	107
Diagnóstico .....	108
INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO URBANO Y MEDIO AMBIENTE.....	109
CALIDAD EN EL SERVICIO .....	109
ECOLOGÍA .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cambios en los problemas ambientales .....	4
Figura 2 Eco-innovación y manufactura sostenible .....	7
Figura 3 Parque Eco-Industrial Bridgeport .....	10
Figura 4 Jerarquía de actividades para la Directiva de la UE .....	11
Figura 5 Los elementos de la EI desde el punto de vista operativo en sus diferentes niveles .....	13
Figura 6 Agenda Ecológica Industrial Regional .....	15
Figura 7 Empresas de uso eficiente de recursos a través del intercambio de recursos .....	18
Figura 8 Prototipo “Kalundborg” en sus inicios. ....	21
Figura 9 Descripción general de las sinergias entre los principales socios de la Simbiosis Industrial de Kalundborg .....	22
Figura 10 En expo, fabricante muestra su gama de productos.....	29
Figura 11 La planta de Samalayuca II CCGT.....	32
Figura 12 Organización de la Gerencia Regional de Producción Norte .....	33
Figura 13 Planta-de-Generación-estación-booster1 .....	34
Figura 14 Ciclo de la naturaleza .....	39
Figura 15 Esquema de ciclo abierto industrial.....	42
Figura 16 Esquema de un sistema ecológico-industrial .....	48
Figura 17 Ejemplo de transformación industrial.....	50
Figura 18 Características de la SI.....	56
Figura 19 Abducción creativa y selectiva. ....	57
Figura 20 Diagrama de fase para el modelo de simbiosis de dos especies .....	59

Figura 21 La ilustración de fase de una dimensión para la existencia de una especie .....	60
Figura 22 Pasos de implementación de una SI.....	62
Figura 23 Modelo Fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta.....	64
Figura 24 Modelo Presión-Estado-Respuesta: Simbiosis Industrial. ....	65
Figura 25 Planta GCC Chihuahua. ....	71
Figura 26 GCC construye el domo donde procesarán plásticos, textiles, papel y llantas. ....	72
Figura 27 Gasoducto Waha-San Elizario .....	75
Figura 28 Simbiosis propuesta en Samalayuca. ....	79
Figura 29 Mapa satelital del área de estudio e imágenes de empresas de SI .....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Evolución de la Simbiosis Industrial en el tiempo.....	19
Tabla 2 Sistema de simbiosis industrial Danés .....	24
Tabla 3 Clasificación de plásticos de desecho que emplea la compañía Bestway Juárez .....	31
Tabla 4 Método/Pasos en el ámbito de influencia de la Simbiosis Industrial.....	63
Tabla 5 Empresas del área de estudio dentro de un radio de 10 km de la empresa GCC. ....	67
Tabla 6 Entrevistas a directivos de empresas del área de Samalayuca. ....	68

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

<b>ADL</b>	<b>Arthur D. Little de México S.A.</b>
<b>AEIR</b>	Agenda Ecológica Industrial Regional
<b>AMAC</b>	Asociación de Maquiladoras Asociación Civil
<b>CA</b>	Contabilidad ambiental
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad
<b>CTTÉI</b>	El Centro de Transferencia de Tecnología en Ecología Industrial
<b>DfE</b>	Diseño para el medio ambiente
<b>EI</b>	Ecología Industrial
<b>EID</b>	Desarrollo Eco-industrial
<b>EIP</b>	Eco-Parque Industrial
<b>EIPs</b>	Parques eco-industriales
<b>FUMEC</b>	Fundación México/Estados Unidos para la ciencia
<b>GCC</b>	Grupo Cementos de Chihuahua

<b>GEAPC</b>	GEA Power Cooling de México S. de R.L. de C.V.
<b>IDETC/CIE</b>	Jornadas Técnicas de la ingeniería de diseño internacional/Computadoras e Información en la Conferencia de ingeniería
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>KIA</b>	Área Industrial Kwinana
<b>LCA</b>	Análisis de ciclo de vida
<b>LCC</b>	Costo del ciclo de vida
<b>LCD</b>	Diseño de ciclo de vida
<b>MI</b>	Metabolismo Industrial
<b>MW</b>	Mega Watts
<b>NPPCHE</b>	Centro Nacional de Prevención para la Educación Superior
<b>NSPE</b>	Sociedad Nacional de Ingenieros Profesionales

<b>OECD/IEA</b>	Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo/ Agencia Internacional de Energía
<b>OEM</b>	Organización Editorial Mexicana
<b>PASA</b>	Promotora Ambiental de la Laguna Sociedad Anónima de Capital Variable
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto
<b>PIF</b>	Programa de Industrialización Fronteriza
<b>PPIE</b>	Prevención de la contaminación y ecología Industrial
<b>SI</b>	Simbiosis Industrial
<b>SIL</b>	Sistema Industrial Lineal

*Una conexión oculta es más fuerte que una obvia.*

**Heráclito de Éfeso**

## I INTRODUCCIÓN

El crecimiento expansivo de Ciudad Juárez no se asemeja al desarrollo económico en el que los aspectos socio-económicos, políticos y ecológicos forman un todo armónico que debe prevalecer en la toma de decisiones para beneficio equitativo de los productores, los consumidores y el medio ambiente. En las grandes ciudades, sobre todo europeas, existen una serie de estrategias que posibilitan la reutilización de desechos en subproductos y energía, reduciendo el uso de materia prima y la contaminación (Michael W. Tait, 2015). Para que esta posibilidad se pueda concretar en acciones y prácticas industriales sustentables, estas deben ser el resultado de una auténtica preocupación de las instituciones públicas y empresas privadas en la búsqueda de un medio ambiente mínimamente contaminado. Ciudad Juárez carece de un desarrollo eco-industrial que integre las preocupaciones anteriormente mencionadas. El acelerado crecimiento de la urbe y la falta de observación de los planes de desarrollo en la región fronteriza de Ciudad Juárez, Chihuahua, pero sobre todo, la falta de planeación urbana, han evidenciado la incomprensión de la función natural de los ecosistemas naturales como legados de vida. Los fundamentos de la política económica e industrial de los gobiernos en sus tres niveles que generan sólo crecimiento cuantitativo, han incidido directamente en el entorno y medio ambiente de la ciudad exacerbando el agotamiento del patrimonio natural y deteriorando los ecosistemas urbanos. Pareciera ser que toda la mayoría de estos problemas tienen su origen en las políticas de crecimiento económico implementadas a finales del siglo pasado que aceleraron los desequilibrios ambientales, de salud, infraestructura urbana y de crecimiento de la población, en el contexto de un consumo excesivo y

a veces irresponsable de recursos materiales y energéticos. Los problemas ambientales cada vez más graves y sus efectos económicos, sociales y en los ecosistemas, motivan al establecimiento de propuestas consensuadas, respecto a la necesidad de la asociación de procesos industriales para recibir un provecho mutuo, es decir una Simbiosis Industrial (SI). El estudiar y entender a fondo las respuestas esperadas de los procesos de intervención de la industria sobre la naturaleza, así como el beneficio que logrará tener la industria limitando el consumo de recursos primarios, pudiera generar un especie de asociación que vendría a ser el inicio de procesos que, de replicarse, disminuirían enormemente el problema del uso excesivo de materia y energía.

## **I.1 Planteamiento del problema y justificación**

Existe una gran variedad de pequeñas y medianas empresas ubicadas en la franja fronteriza que, por su ubicación y crecimiento económico, son de gran importancia ya que generan empleos y mejoran la economía, pero a su vez degradan el medio ambiente por el manejo no siempre eficiente de la energía y por la generación de residuos contaminantes, así como por el desperdicio de materiales sólidos, líquidos y gases. Esta situación da pauta para adquirir conocimientos que ayuden a hacer más eficiente los procesos industriales, reduciendo los costos de materia prima, ahorrando insumos y conservando los ecosistemas. Durante la realización de esta investigación, se encontraron escasos estudios que aborden el tema de SI en nuestra región.

La SI conduce a la formación de un sistema humano/natural integrado que ayuda a minimizar los impactos de la actividad industrial en el medio ambiente (Won, Kim, Lee, & Park, 2006). Mientras que estos últimos años han sido testigos de varios intentos de implantación de sistemas de SI a escala mundial, no todos ellos alcanzaron una situación sostenible. De hecho, el grado de alta complejidad de este tipo de organización fácilmente se encuentra con barreras no solo

físicas sino también sociales tales como la confidencialidad empresarial, falta de confianza entre empresas o las rigurosas normatividades ambientales. El Municipio de Juárez tiene las características necesarias para desarrollar una organización tipo SI. Una región específica de este municipio es el sur, donde se ubican la Termoeléctrica de Samalayuca de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Grupo Cementos de Chihuahua (GCC), el poblado de Samalayuca, la empresa Biogás, la empresa PASA, recolectora de basura y el relleno sanitario que depende del Gobierno Municipal. Se parte de los siguientes supuestos:

1. Varias empresas y comunidades del área de estudio tienen el potencial para desarrollar un esquema de SI.
2. Estas empresas y comunidades se ubican en un ecosistema árido que requiere del uso eficiente de los recursos naturales y de la energía.
3. Un sistema de SI mejorará la reutilización de residuos, reducirá el consumo de los recursos renovables y/o no renovables y reducirá las emisiones de Gases de efecto invernadero.

## **I.2 Antecedentes y revisión de la literatura**

La actividad industrial en todo el mundo no cesa de aumentar desde la revolución industrial del siglo XIX. Hasta hace cincuenta años, el mundo natural parecía no tener límites, y por lo tanto, podía producir y proveer recursos de forma abundante (OECD, 1999). Recientemente, las proyecciones de la investigación han permitido cuantificar posibilidades limitadas en términos del uso de los recursos energéticos no renovables (energéticos fósiles especialmente). La industria representa aproximadamente 1/3 del consumo mundial de energía ((OECD/IEA), 2007).

Una consecuencia del uso masivo de energías fósiles es el calentamiento global, causado por la emisión de gases que retienen el calor del sol en la atmósfera, llamado efecto invernadero.

Electricidad, Productos petrolíferos y carbón son los diferentes productos de energía secundaria y son las formas de energía más consumida en el nivel de uso final. El objetivo principal de la producción de energía secundaria es convertir energía en productos energéticos más útiles. El total de la energía perdida durante el proceso de conversión de energía primaria en energía secundaria es considerable, y representa el 31% de la oferta total y resultando en 46% del total de emisiones de gases de efecto invernadero International (EIA, 2015). Lo anterior significa que el sector de la industria es uno de los principales responsables de la generación de gases efecto invernadero ((OECD/IEA), 2007). En 2008, la industria y la construcción alcanzaron un volumen record de basura del 90.7% de todos los residuos producidos por las actividades humanas (Unión Europea, 2014). La figura 1 muestra un diagrama conceptual del avance en la complejidad de los problemas ambientales desde lo local/simple a lo global/complejo como una función del tiempo (Danish-Industry, 2002).

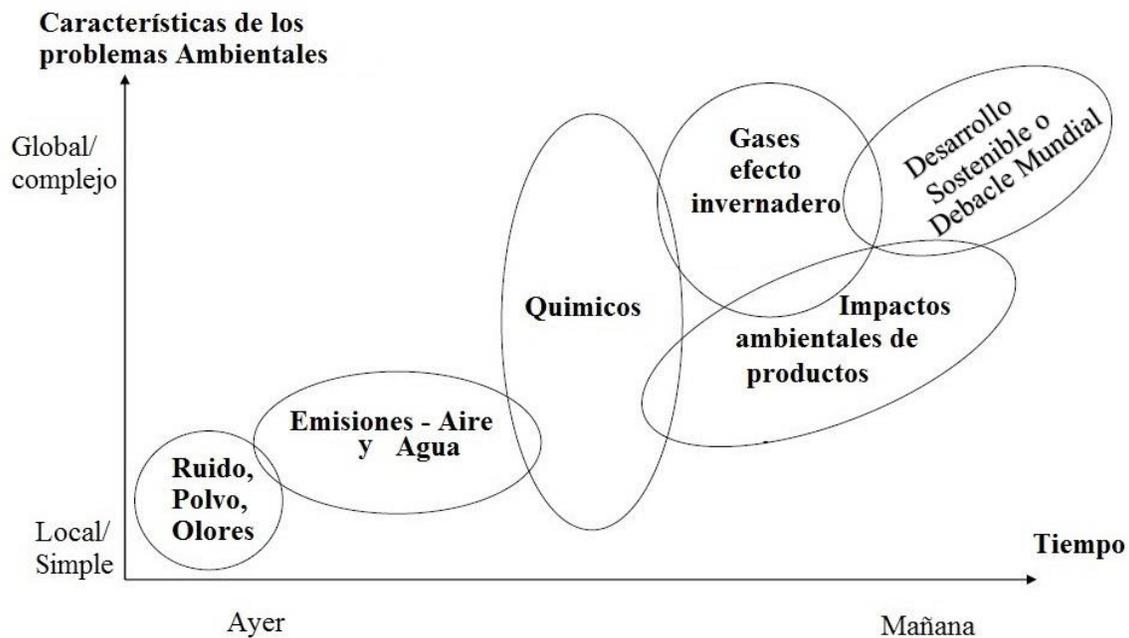


Figura 1 Cambios en los problemas ambientales (Adaptado de Danish-Industry, 2002)

### **I.2.1 Ecología Industrial paradigma eco-industrial**

En la escala mundial de los 60's, en la mayoría de las ciudades la gran preocupación era la maximización de las ganancias de las empresas en el corto plazo mediante la generación de empleo barato, dejando a un lado el impacto causado al ambiente por la industria. Hace cincuenta años, la conciencia del medio ambiente y de los impactos generados por las actividades humanas era limitada (OECD, 1999). No había restricciones legales, por esto, hay una gran necesidad de desarrollar las ciencias desde estas perspectivas interdisciplinarias ambientales e industriales. La Ecología Industrial (EI) era una de ellas. El oxímoron, que incorpora la EI, es tratar de minimizar el impacto de los sistemas industriales sobre el medio ambiente. A principios de los 50's, el punto de vista de fin de la tubería (end-of-pipe) fue adoptado por los ecologistas, cuyos primeros estudios tenían el enfoque de las consecuencias de las diversas formas de contaminación sobre la naturaleza. No hay duda que el concepto de ecología industrial existió mucho antes de la expresión, la cual comenzó a aparecer esporádicamente en la literatura de la década de 1970 (Erkman S. , 1997), con la idea de que las industrias debían reorganizarse y comportarse como un ecosistema que dejasen de dañar al medio ambiente. La EI trata acerca de la comprensión de los sistemas industriales y cómo estos tienen que interactuar para adaptarse a los ecosistemas regionales (Erkman, 1997).

La SI es una sub-disciplina de la EI y se relaciona con los flujos de recursos entre las empresas. Puede ser vista como una aplicación práctica de los principios de la EI (Harris S. , 2007). El metabolismo industrial (MI) se compone de los materiales y los flujos de energía que se transfieren a través del sistema (Ayres, Robert U., 1994). La red de la SI se basa en información,

flujos de energía y subproductos de las empresas involucradas. La SI, establece tres oportunidades que ofrecen incentivos para el intercambio de recursos (Chertow M. , 2007):

- La primera es reutilizar las aguas residuales o subproductos para ser transportadas (os) en tuberías de una empresa a otra.
- La segunda es compartir la infraestructura como los edificios.
- La tercera es la prestación conjunta de servicios entre las empresas.

La figura 2 muestra el proceso de manufactura de una manera gráfica desde el control de la contaminación hasta la ecología industrial (Machiba, 2013) y ayuda a responder a las preguntas de “qué” (izquierda) y “cómo” (derecha) se puede llegar a una manufactura sostenible.

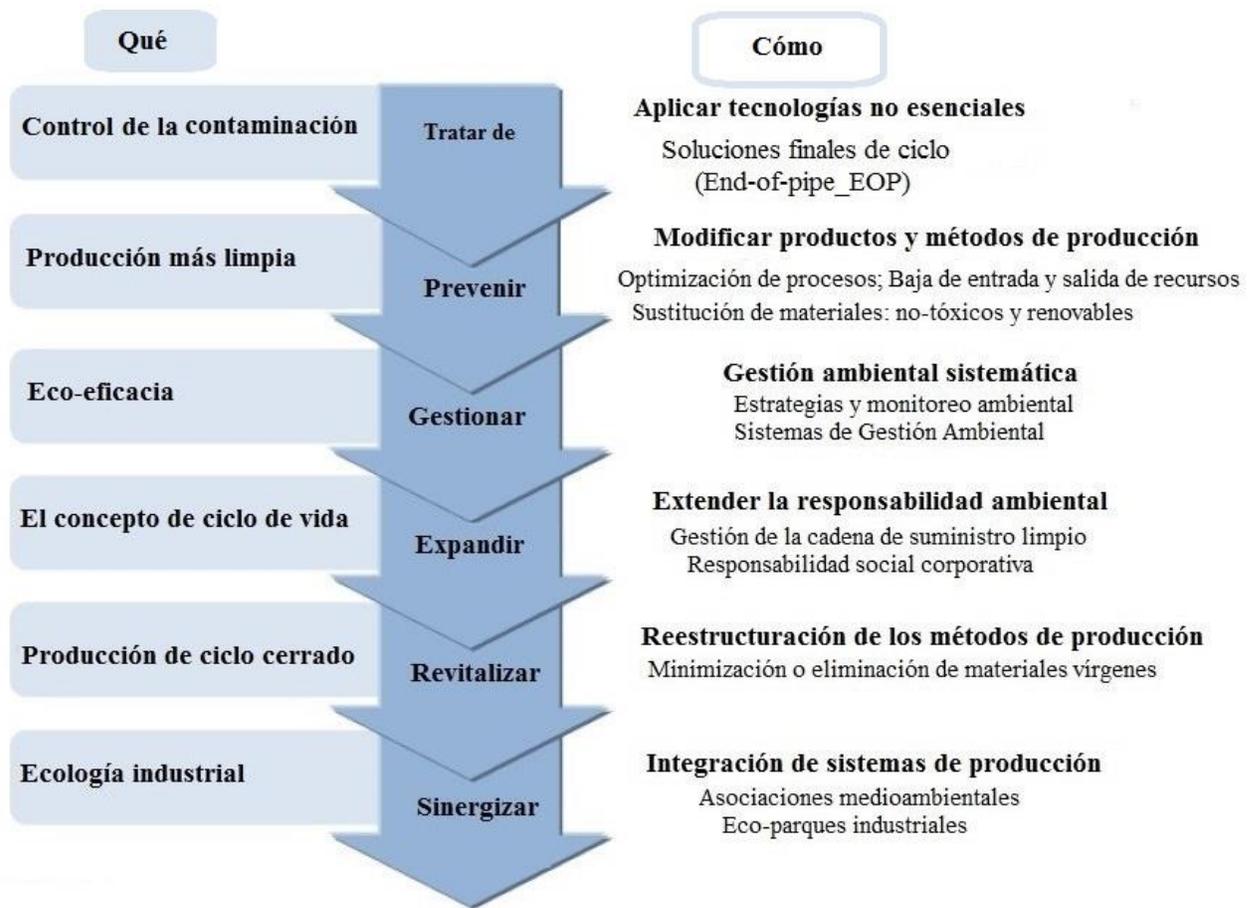


Figura 2 Eco-innovación y manufactura sostenible (Adaptado de Machiba, 2013)

### I.2.1.1 Parques Industriales

Un desarrollo eco-industrial es como un sistema dinámico con flujos de infraestructura integrados con el objetivo de compartir recursos, mejorar la productividad, eliminación / reducción de flujo de residuos (Stephens, 2015). El Desarrollo Eco-industrial (EID) tiene una gran variedad de términos relacionados incluyendo:

- Ecosistema Industrial.
- Clúster Eco-Industrial.

- Desarrollo Eco-Industrial.
- Red Eco-Industrial.
- Parque Eco-Industrial.
- Ecología Industrial.
- Simbiosis Industrial.
- Parque Tecnológicamente Sustentable.
- Clúster Cero Emisiones.

En la actualidad, como las iniciativas de SI aumentan, el número de detalles sobre sus límites, las entidades que participan y los recursos compartidos/intercambiados, son temas que permanecen abiertos. Aún no existe una clasificación común de las redes de SI. La coincidencia de entrada y salida de materiales y energía entre empresas, es la herramienta más importante para analizar la SI (Haesen, 2011).

Para su análisis, se adopta un enfoque de insumo-producto para definir una red de SI y para proponer un modelo de clasificación a nivel técnico (es decir, el tipo de flujo físico, número de cadenas de producción involucradas y estructura de la red) (Albino, Garavelli, & Romano, 2013). El ejemplo más próximo a estas cadenas de producción que forman redes industriales son los parques industriales. Un Eco-Parque Industrial (EIP, acrónimo de Eco-Industrial Park) es una comunidad de compañías, localizadas en una sola región cuya característica es el intercambio y uso de subproductos o energía entre cada una de ellas (Lowe, 2001).

Los defensores de los EPIs consideran a la ciudad costera danesa de Kalundborg como un modelo de Eco-Parque Industrial. Allí, las principales industrias y gobierno local han convertido subproductos en materia prima, comercializando y haciendo uso de sus flujos de residuos y recursos energéticos (Jacobsen, 2006). Kwinana, Australia es otro de los ejemplos líderes de

desarrollo espontaneo de sinergias industriales, con aproximadamente 50 regiones sinérgicas propiamente identificadas. El área industrial Kwinana (KIA por su acrónimo en ingles de Kwinana Industrial Area) se localiza en una franja costera con una longitud de aproximadamente 8 km y a 40 km al sur de Perth, en el Oeste de Australia (Van Beers, 2009).

Muchos autores han realizado el papel importante que las ciudades han jugado históricamente como ciclos cerrados industriales (Desrochers, 2001). Otro de los ejemplos actuales de EPI es el Parque Eco-Industrial Bridgeport (Association, 2014). La Figura 3 (Adaptada de Chen, 2014) muestra su localización en la ciudad de Bridgeport Connecticut, EE.UU, en una zona adyacente a la Bahía Marina del Capitán y el Parque de diversiones “Seaside” a ambos lados de la entrada de Cedar Creek. Esta zona de la ciudad tiene varios atributos importantes que se prestan a la creación de un Parque Eco-Industrial: interconexiones eléctricas confiables a la red, acceso a gas natural, cantidades significativas de calor y de aguas negras que pueden aprovecharse para servir al distrito, y transporte por carretera, ferrocarril y agua, dentro de un diámetro de 500 m (Chen, 2014).

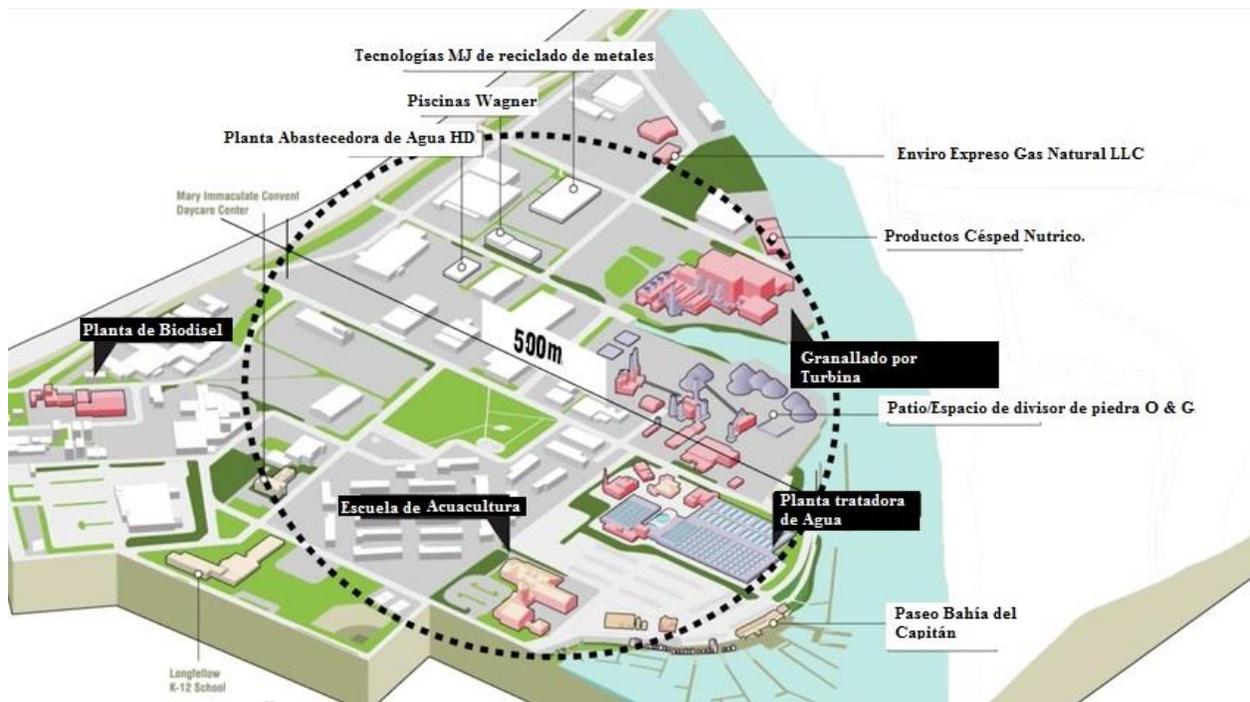


Figura 3 Parque Eco-Industrial Bridgeport (Adaptado de Chen, 2014)

Ciudad Juárez, al igual que otras ciudades fronterizas donde se han establecido numerosas industrias manufactureras de exportación, depende de una gran cantidad importante de energía y materiales importados, pero a diferencia de los EPIs mencionados, se privilegia la ocupación de personas (generación de empleo). La crisis ambiental actual es el resultado de sociedades con organización empresarial, las cuales guían su actuar a partir de la lógica del pensamiento administrativo tradicional, transformando parámetros culturales, ancestrales y experiencias humanas en lenguajes mercantiles y de productividad (Hoff & Polack, 1993). Bajo este contexto se es proclive a la desadaptación de la naturaleza y la deshumanización del hombre (Pineda, 2011). No fue hasta los 70's y como resultado de los beneficios obtenidos por el reciclaje de ciertos productos, que surgen las propuestas de las buenas prácticas ambientales (Cervantes Torre-Marín, Sosa Granados, Rodríguez Herrera, & Robles Martínez, 2009), primero como propuestas y más

tarde como prácticas, cuyo objetivo era reducir los impactos causados por las actividades humanas al medio ambiente. La Figura 4 (Adaptada de Quicker, 2013) señala la jerarquía de las acciones para reducir los impactos ambientales en la forma de una pirámide que se eleva en función de la mejor y mayor sustentabilidad.



Figura 4 Jerarquía de actividades para la Directiva de la UE 2008/98 / CE (Adaptado de Quicker, 2013)

A partir de la década de los 2000's, se introdujeron conceptos como: prevención de la contaminación, reciclaje<sup>i</sup>, minimización de residuos, producción más limpia o eco-eficiencia (Glavič & Lukman, 2007). Aun así, los precedentes más importantes de la EI se encuentran cimentados bajo los conceptos de SI y Sinergia de Subproductos, nacidos en los años 70's. Si bien las preocupaciones ambientales son cada vez más globales en su naturaleza y alcance (ESA-Mexico, 2013), el movimiento internacional de personas, bienes y servicios, y la economía global

---

<sup>i</sup> Según el Diccionario Etimológico en línea, la palabra "ambiente" fue utilizada primero en su sentido actual en 1956. Paso a ser una palabra domestica hasta la década de 1960. Mucho antes de ese tiempo, sin embargo, el reciclaje era una importante actividad industrial llevado a cabo por razones económicas pero con diferentes nombres. <http://www.encyclopedia.com/science-and-technology/biology-and-genetics/environmental-studies/recycling>

resultante, contribuyen tanto a los impactos ambientales a nivel local como mundial. A pesar de estos desafíos y las oportunidades de crecimiento, la investigación ecológica sigue centrada en el ámbito local, con la colaboración limitada por las fronteras y los fondos nacionales (Hernández, 2011).

La idea, como sugiere la EI, es integrar a las empresas en la red de servicios, subproductos y flujos de energía que los harían dependientes positivamente hablando, el uno del otro. Esto conduciría a la creación de una entidad flexible que se comportará como un ecosistema, donde las salidas de cada uno se conviertan en las entradas del otro. El resultado es un sistema cíclico donde no hay pérdidas de energía y donde los conceptos de “recursos” y “residuos” desaparecen. Entonces, es interesante analizar el concepto en sus características macroeconómicas, microeconómicas y ambientales (Hawken, Lovins, & Lovins, 2008).

### **I.2.2 Perspectivas en la EI**

La EI trata de entender el cómo minimizar el impacto ecológico del flujo de materia prima. La EI ha seguido desarrollando un conjunto de herramientas técnicas y conceptos para el modelado de los sistemas socio-económicos de una manera metafórica como sistemas ecológicos (Green & Randles, 2006). La EI es “industrial” en su interés en el diseño de productos y procesos de manufactura y distribución; y es “ecológica” en el uso de analogías de eco-sistemas como modelos para la actividad productiva en un ambiente amigable que es sustentable como actividad dentro del gran soporte de los eco-sistemas (Lifset & Graedel, 2002).

La ecología ha venido a ser una parte vital en la misión de obtener la “sustentabilidad”. La Figura 5 (Adaptada de (Lifset & Graedel, 2002)), bosqueja los elementos de la EI desde el punto de

vista operativo en sus diferentes niveles, en un marco de análisis y políticas que, bajo el término “Ecología Industrial”, se han acumulado a lo largo de 15 años de trabajo. La EI ahora incorpora un número de métodos de análisis (contabilidad “verde”, análisis de flujo de materiales y análisis de ciclo de vida) con una serie de técnicas para el rediseño del producto y proceso (diseño para el ambiente, eco-eficiencia) y un amplio número de referencias.

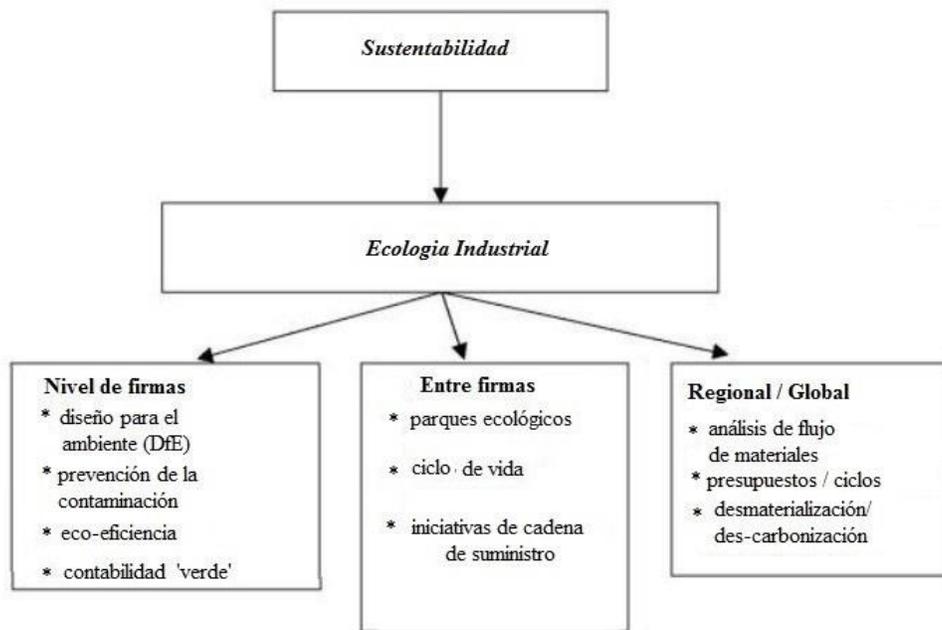


Figura 5 Los elementos de la EI desde el punto de vista operativo en sus diferentes niveles (Adaptado de Lifset & Graedel, 2002)

Para el rediseño de colectivos industriales (“parques ecológicos”, iniciativas de cadena de suministro) y programas tecnológicos (desmaterialización / des-carbonización), la reducción, reutilización, y el reciclado hace más lento el ritmo de contaminación y agotamiento de los recursos pero no detiene el proceso industrial (McDonough & Braungart, The Atlantic Monthly Group, 1998). “Eco-eficiencia” es la palabra de moda industrial actual para salvar el medio ambiente

fomentando el ingenio y la productividad (McDonough & Braungart, The Atlantic Monthly Group, 1998). Los autores proponen un nuevo enfoque, “Innovar”, con ello pretenden resolver en lugar de aliviar los problemas que la industria genera.

El debate actual sobre cuánto puede la innovación industrial promover los objetivos de la EI, en términos de productividad de los recursos físicos, la minimización de residuos y flujos de materiales de ciclo cerrado, pareciera ser abordado a través de la modelización analítica y evaluación comparativa de la interacción de los flujos económicos con flujos ambientales. Tales modelos potencialmente pueden trabajar bien en la escala regional (Ravetz J. , 2006). La Figura 6 (Adaptado de Ravetz, 2006) muestra el esquema planteado por Ravetz, llamado Agenda Ecológica Industrial Regional (AEIR). La EI, evaluación del entorno empresarial y la innovación estratégica, pueden ser esquemas que se adopte a la región de estudio. Con sus respectivas adecuaciones, serían para lograr un balance entre los entornos empresariales y regionales en la medida que se adopte una agenda ecológica que vaya de la mano con la agenda de innovación estratégica.



Figura 6 Agenda Ecológica Industrial Regional (Adaptada de Ravetz, 2006)

### I.2.2.1 Perspectiva macroeconómica

En efecto, mediante el intercambio de servicios, infraestructuras y eliminación de vertederos, el sistema de Kwinana (Australia) resultó en una disminución de 170,000 toneladas anuales de emisiones de CO<sub>2</sub> (Harris P. G., 2007). Sobre una base económica, la formación de una red interdependiente de miembros crea una zona industrial diversificada y flexible que se adapta a los cambios del medio ambiente y de la legislación ambiental. Lo anterior produce un fenómeno de “agrupamiento” entre empresas que genera economías de escala (Wahl, 2008).

Estas economías de escala resultan de las externalidades positivas relacionadas con el tamaño del área industrial y ofrecen una amplia gama de oportunidades para las empresas participantes: un grupo de empleados calificados, una fuerza laboral móvil común y la posibilidad

de intercambio de servicios y de infraestructuras, así como de sus costos (Wahl, 2008). Por otra parte, la teoría del efecto red (ley de Metcalfe) sugiere que, cuando el número de empresas crece, también sube el número de posibles sinergias en forma geométrica. También crece la utilidad económica de estar en dicha red (Shapiro & Varian, 2013). Esta utilidad (valor) aumentará hasta un punto donde nuevas empresas decidirán unirse. Este aumento alimentará el círculo virtuoso de creación de valor (Shapiro & Varian, 2013). La SI puede combinar crecimiento económico y reducción de los impactos industriales en el medio ambiente (Chertow M. R., 2000).

### **1.2.2.2 Perspectiva microeconómica**

En cuanto a las empresas individuales, los resultados en términos de reducción de sus impactos sobre el medio ambiente son obvios (Rice, 2013). Al ser parte de un sistema, la empresa generalmente reorganiza su proceso de producción, utiliza salidas de otra compañía y disminuye el uso de materias primas “Virgen”. Gran parte de los residuos de una empresa se depositan en rellenos sanitarios, contaminando el suelo y las aguas subterráneas, es entonces como otra empresa puede utilizar dichos residuos (Boyle, 1976).

La microeconomía tiene una visión más cercana y enfocada más a teorías de suministro y demanda (Investopedia, 2015), en este sentido la SI, en cuanto al suministro y demanda de la energía, permite sinergias con base en el intercambio de los flujos de energía, evitando una pérdida muy fuerte de ésta, relacionada con el efecto de alta entropía. La energía se produce una sola vez y luego se reutiliza. Lo anterior reduce la dependencia del sistema industrial de energías no renovables. Desde una perspectiva económica, los argumentos son numerosos. Las empresas que componen este sistema son muy diferentes una de la otra (Fronde, Ritter, Schmidt, & Vance,

2010). Aunque adopten un enfoque individual de mercados de sus propios productos, estas siguen estando colectivamente integradas y organizadas en sus medio ambiente. La SI puede proporcionarles una ventaja competitiva en sus respectivos mercados, transfiriendo sus residuos a los demás, y evitando costos de eliminación de dichos desechos. Este intercambio puede ser remunerado y contribuir a un aumento de los ingresos de la compañía. Es una situación de ganar-ganar. En la mayoría de los casos, es necesaria una reorganización del proceso de producción que no necesariamente implica costos adicionales.

### **I.2.3 Red de desarrollo eco-industrial**

El intercambio de recursos y los procesos de negociación son aspectos básicos de los países en desarrollo. La SI se define como “la reunión de empresas tradicionalmente separadas en un enfoque colectivo para beneficiarse de la ventaja competitiva que implica el intercambio físico de materiales, energía, agua y subproductos” (Chertow M. R., 2000). El trabajar juntos le permite a las empresas obtener mayores beneficios que la suma de beneficios individuales logrados por actuar solos. A través de esta colaboración, las relaciones sociales entre los participantes se mejoran (Zhu, Geng, & Haight, 2007).

Un desarrollo Eco-Industrial es un sistema integrado de recursos compartidos (material, social, basado en el conocimiento, etc.) entre la industria, empresas, y comunidad local que conduce a mayores ganancias económicas, mejora la calidad ambiental, y perfecciona los recursos humanos para los negocios y la comunidad local (Lowitt, 2011). La Figura 7 (Adaptada de Lowitt, 2011) muestra ejemplos de algunas empresas exitosas como resultado de trabajar dentro de los límites de la naturaleza como establece la SI, al lograr la utilización de los recursos eficiente y productivamente, minimizando el uso de energías fósiles y materiales tóxicos, protegiendo y

restaurando los ecosistemas. Con lo anterior se alcanzan objetivos como la promoción de sociedades de negocios, maximización de las oportunidades de mercado y minimización de los gastos redundantes (Lowitt, 2011).

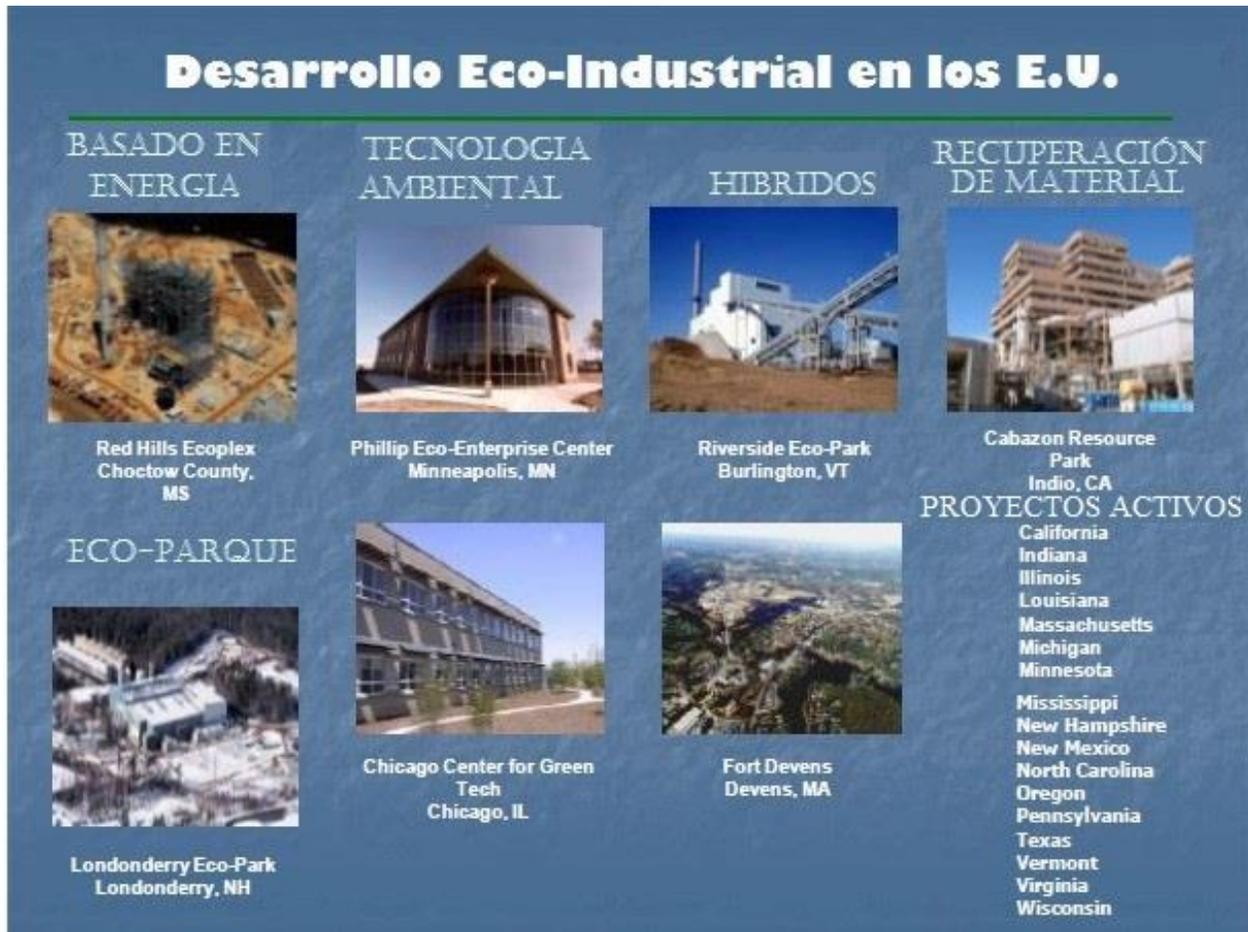


Figura 7 Empresas de uso eficiente de recursos a través del intercambio de recursos (Adaptado de Lowitt, 2011)

Como parte de la EI, la SI ha ganado cada vez más atención, especialmente desde 1989 cuando la EI creó una nueva perspectiva sobre el desarrollo industrial, a saber, los complejos industriales diseñados para simular a los ecosistemas naturales y para utilizar de manera óptima la energía, el agua y los recursos materiales al tiempo que minimiza los residuos (Heeres, 2004). La Tabla 1 (Adaptada de Almasi, 2006) muestra un recorrido histórico del tema de la SI como

propuesta metodológica y nuevo paradigma. Los procesos lineales de producción industrial aumentan el riesgo de destrucción de los recursos naturales debido al daño irreversible al medio ambiente por la extracción cada vez mayor de recursos y su conversión a residuos, limitando las funciones de asimilación de contaminantes y su rápida reconversión como materia útil (Schmidt-Bleek, 1993). Esta discrepancia entre la emisión de contaminantes y residuos y la capacidad de regeneración del entorno natural, muestra una especial importancia el tener que limitar el consumo desproporcionado de recursos naturales (Schmidt-Bleek, 1993).

Tabla 1 Evolución de la Simbiosis Industrial en el tiempo (Adaptada de (Almasi A. M., 2006)

1947	El término Simbiosis Industrial se utilizó primero en la literatura de la geografía económica por Renner para describir “relaciones orgánicas” entre industrias diferentes incluyendo “el uso de desechos de una como insumos de la otra”.
1970	Se inician las actividades de Simbiosis Industrial en Kalundborg (Gyproc usa gas como combustible de Statoil; la planta de energía Asnaes se junta con Statoil para conducir agua en tubería del Lago Tisso; Novo empieza a entregar lodo como fertilizante a los agricultores).
1989	Frosh y Gallopoulos publicaron el artículo “Estrategias para la Manufactura” que se considera como el inicio de la Ecología Industrial.
1989	Al vínculo entre las empresas de Kalundborg se le conoce por primera

	vez como de Simbiosis Industrial y se empieza a utilizar el término por primera vez.
1996	Se forma el Centro de Kalundborg para la Simbiosis Industrial para facilitar la interacción entre las empresas y formar recursos humanos en el tema de la SI.
2001	Se forma La Sociedad Internacional de EI. Esta promueve el uso de la EI en la educación, la política, desarrollo comunitario y actividades industriales en todo el mundo.
2004	Se lleva a cabo el Primer Simposio Internacional de Investigación de Simbiosis en Yales, el cual reúne a investigadores y técnicos de todo el mundo.
2005	Se da inicio al Programa Nacional de Investigación en Simbiosis Industrial en Inglaterra, como el primer proyecto nacional para promover sinergias entre las empresas de la región.

Ante esta situación, la SI se presenta como un concepto central en la literatura ecológica industrial donde se describen las relaciones entre empresas geográficamente próximas que implican el intercambio de materiales residuales, el agua y la energía, y en el que se reutilicen los residuos de una industria para ser utilizados como materia prima, como forma de contener la creciente generación de residuos, reduciendo el creciente consumo de recursos naturales (Kurup & Stehlik, 2006). Los casos de estudio apuntan principalmente a la duplicidad que ofrece el paradigma “Kalundborg”. La Figura 8 muestra el prototipo de un ecosistema industrial (Erkman S. , 2004), como el de Kalundborg (La Central Eléctrica de Asnaes, La Refinería de Statoil, y a la

Municipalidad de Kalundborg). La comunidad de industrias y sus procesos industriales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de diversos procesos de fabricación en un mismo ambiente; en este esquema formal de organización los residuos de una industria sirven de materia prima de la otra. Se puede apreciar en la Figura 8 que el flujo de agua, se maneja significativamente en cascada; la misma agua a diferentes temperaturas se puede utilizar como agua de enfriamiento (o por el contrario como calentamiento de agua, o agua de enjuague, etc.) por diferentes empresas.

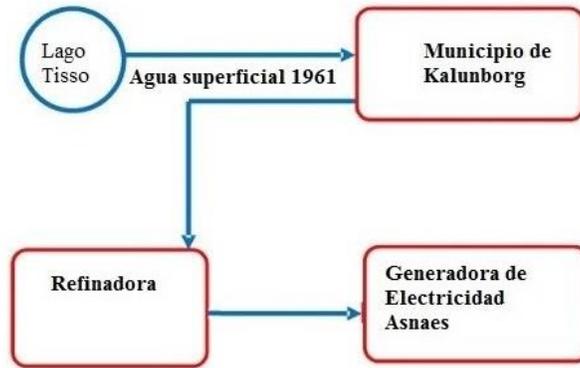


Figura 8 Prototipo “Kalundborg” en sus inicios. (Adaptado de Kalundborg, 1961)

En la figura 9 se muestra el modelo de SI “Kalundborg”, más maduro (1998), en diferentes niveles que se describen a continuación.

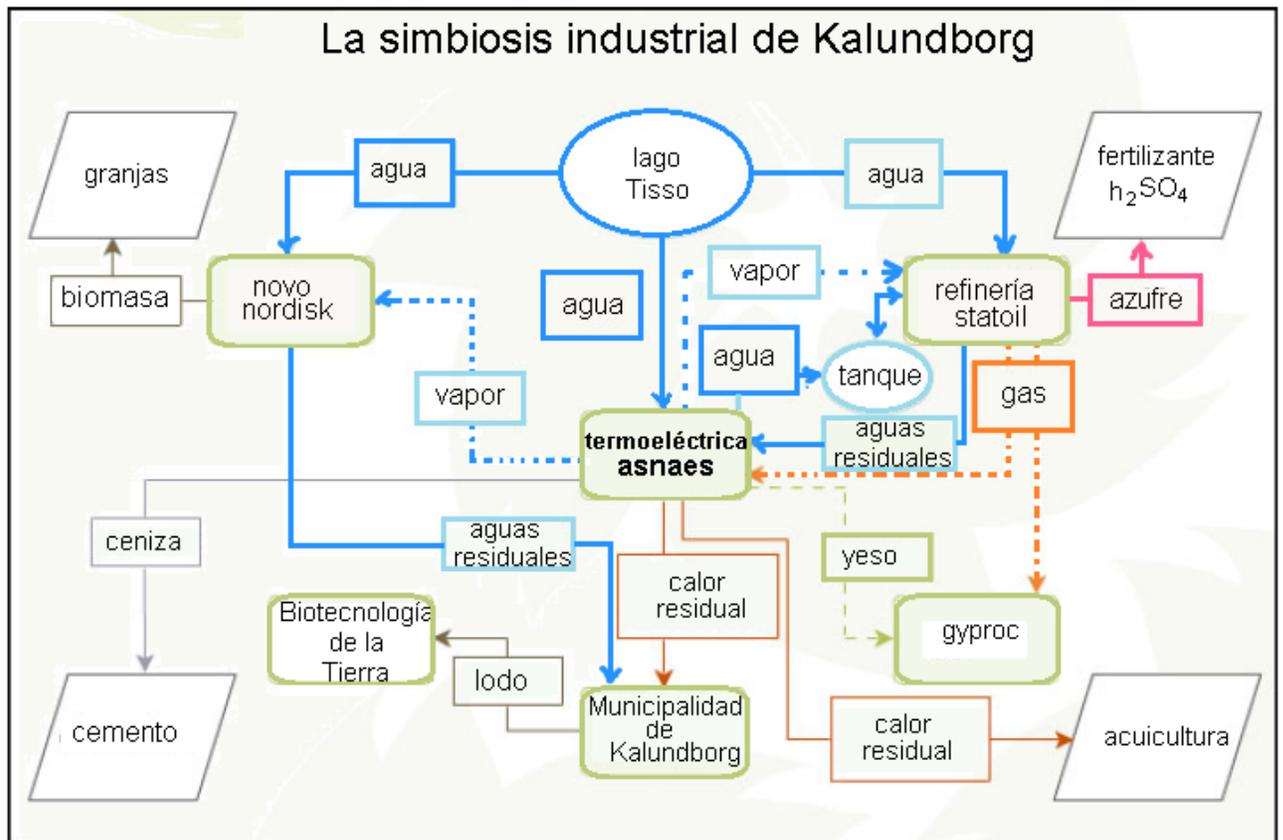


Figura 9 Descripción general de las sinergias entre los principales socios de la Simbiosis Industrial de Kalundborg (Adaptado de Erkman, 2006)

1. Ingeniería ambiental. La refinería Statoil contribuye aún más a la reducción del consumo de agua entre sus socios al suministrar el agua tratada que utiliza.

2. Prevención de la contaminación. La estación generadora de Electricidad Asnaes suministra el vapor residual de su proceso de generación de electricidad a Statoil y la planta productora de encimas industriales Novo Nordisk.
3. Diseño consciente del medio ambiente y la fabricación. La empresa Suiza Gyproc, productora de placas de yeso, recibe de la refinería Statoil gas libre de azufre como fuente de energía.
4. La Ecología Industrial. La planta Bioteknisk Jordrens compañía dedicada a la tecnología de remediación de suelos se incorporó al modelo de Simbiosis Industrial “Kalundborg” en 1998 (37 años del inicio de este proceso); recibe de la refinería Statoil el azufre eliminado del gas excedente como materia prima para la producción de ácido sulfúrico.
5. El desarrollo sostenible. El calor residual también es proporcionado por la estación generadora de Electricidad Asnaes para el sistema de calentamiento de la ciudad, de tal manera que el intercambio de calor y el agua “industrial” se mantienen separados (Cervantes, 2013).

La inversión realizada (hasta el año de 1997) para este modelo de SI (intercambio de material y energía) ha sido estimado en 1,125 millones de pesos mexicanos (al tipo de cambio de 15 por 1USD), costo de 18 proyectos hasta 1998 inclusive. Si se considera que cada intercambio está basado en contratos por separado de las compañías involucradas, se han ahorrado aproximadamente 2,400 millones de pesos en recursos y desperdicios de material. Esta lección de SI nos muestra que el costo de recuperación de la inversión es menor a los cinco años (Erkman S. R., 2006). La Tabla 2 muestra el sistema o parque de simbiosis industrial de Kalundborg que está constituido principalmente por cinco integrantes (Rosemberg A. , 2012), a continuación descrito.

Tabla 2 Sistema de simbiosis industrial Danés (Adaptada de Estrucplan on line).

INDUSTRIA	COMPONENTES
<b>ASNAES (CENTRAL ELÉCTRICA)</b>	600 empleados; alimentada por carbón, es la mayor central de Dinamarca, con una capacidad de 1, 500 Megavatios.
<b>STATOIL (REFINERÍA)</b>	250 empleados; siendo la mayor refinería de petróleo de Dinamarca, con una capacidad de 3.2 millones de toneladas procesadas/año. Con proyección a alcanzar los 4.8 millones de toneladas procesadas/año.
<b>GYPROC (PLACAS DE YESO PARA LA CONSTRUCCIÓN)</b>	160 personas y su producción anual es de 14 millones de m <sup>2</sup> .
<b>NOVO NORDISK (EMPRESA INTERNACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA)</b>	1400 personas con ventas anuales de 2000 millones de dólares. La planta que posee en Kalundborg es la mayor de la empresa: elabora productos farmacéuticos (incluyendo el 40% de la oferta mundial de insulina) y enzimas industriales.
<b>MUNICIPIO DE KALUNDBORG</b>	20,000 residentes son provistos de calefacción y suministro de agua a sus casas y a varias empresas de la localidad.

Se toma el caso de Kalundborg como ejemplo de este estudio porque este es el modelo más maduro y dinámico en el mundo. Este estudio de caso se convirtió en el más conocido ejemplo en el campo de la SI debido a su constante evolución y la gran variedad de flujos, materiales, infraestructuras y los intercambios de servicios entre empresas. Por lo tanto, es muy importante

comprender los elementos subyacentes en dicho sistema para revelar las fuerzas impulsoras que conducen a las asociaciones de sinergia sostenible (Almasi. et al, 2011).

### **I.3 Área de estudio**

Ciudad Juárez, conocido en el pasado como Paso del Norte (Pass of the North), y comúnmente referido por los juarenses simplemente como Juárez, es la ciudad sede del Municipio de Juárez con coordenadas: 31°44'22" N 106°29'13"O, en el estado de Chihuahua (Rivers, 2010). La población estimada es de 1, 321,004 habitantes (INEGI, 2010). Aproximadamente 464, 515.2 m<sup>2</sup> (5, 000, 000 sq ft) se añaden al año por las empresas existentes o recién llegadas para ensamblar productos como ordenadores, teléfonos móviles, electrodomésticos, auto partes y dispositivos médicos (Chamberlain, 2007). Ciudad Juárez limita al norte y es frontera con el Paso, Texas, y pareciera ser que ambas se benefician proporcionalmente: en el año 2006, se tenía \$55 billones de USD de flujo comercial entre las fronteras EE.UU.-México, 18% de todo el comercio México-EE.UU. Existen 267,000 personas empleadas en las fábricas en la región del Paso - Juárez. “Esto es un reflejo de que las dos ciudades funcionan simbióticamente”, según el criterio de Bob Cook, Presidente de la Corporación de desarrollo económico sin fines de lucro (Chamberlain, 2007).

Muchas compañías internacionales — con base en Europa, Norteamérica, Japón y, cada vez más, de China y Taiwán— construyen sus propias plantas. Por ejemplo, Electrolux, un fabricante sueco, está expandiendo su campus Juárez por más de 92,903.04 m<sup>2</sup> (1 millón sq ft) para ensamblar refrigeradores. La razón principal para construir en Juárez, por supuesto, es el bajo costo de mano de obra y no los costos de construcción. (Chamberlain, 2007). La industria maquiladora tiene sus inicios en Ciudad Juárez en el año de 1965, convirtiendo al estado de Chihuahua en el mayor generador de empleo en México (26% del total en el país) (AMAC, 2011), es el área binacional

metropolitana más grande de la frontera México y los EE.UU. y el séptimo centro manufacturero más grande en Norteamérica; se estima que para 2020 se convertirá en la séptima mayor economía en el mundo y contribuirá con el 7.8% del PIB mundial, más que Rusia e India (Troitiño, 2013).

En 1965 después de finalizar el Programa Bracero, el gobierno mexicano puso en marcha el Programa de Industrialización Fronteriza (PIF) o el Programa de Maquiladoras, para resolver el problema del aumento del desempleo a lo largo de la frontera (Griego, 1996). Las instalaciones de la industria de transformación “Maquiladora” en sus inicios fueron en locales y edificios seleccionados por su cercanía a los puentes internacionales de manera estratégica para facilitar la exportación los productos ensamblados, procesados o manufacturados, y a veces regresando al país de origen las materias primas. El empresario Antonio J. Bermúdez quien contrató a la consultoría Arthur D. Little de México, S.A. (ADL) para estudiar la situación de la ciudad y recomendar una estrategia de desarrollo, fue el primero en establecer un parque Industrial (Santiago, 2007). Bajo un proyecto basado en la creación de empleos que requirieran poca experiencia y bajo costo para servir al mercado estadounidense, introdujo el término de “plantas gemelas”, que expresaba el potencial de este proyecto. Según información de la Asociación de Maquiladoras (AMAC) para 1979, la maquiladora tuvo en nuestro país un crecimiento lento pero sostenido, de modo que para 1969 eran 147 las empresas registradas bajo el régimen del PIF (AMAC, 2011).

### **I.3.1 Samalayuca, localización geográfica**

El poblado de Samalayuca fue fundada en 1880, con una población total de 1,474 habitantes (INEGI, 2010), se localiza en la región desértica de la parte norte del estado de Chihuahua, a 52 kilómetros al sur de Ciudad Juárez, latitud Norte 31°20'29”, longitud Oeste 106°28'42”. Hidrológicamente se ubica en la Región 34 y significa el 74.93% de la superficie municipal, se

dice que la única corriente superficial era La Morita, ubicada al sur del municipio en la colindancia con Ahumada y fue la que dio sustento a la formación de esta región (Quintero, 2007). En la zona no existe corriente de agua superficial y hacia el oeste del poblado se localiza un área denominada Barreal, que se extiende hasta por 40 kilómetros; es un “lago seco o intermitente, que fue la parte más profunda del fondo de esos lagos” (Barraza, 1998). Los usos de este recurso eran fundamentalmente domésticos y agrícola-ganadero hasta 1979, en que aparece la planta termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (Jiménez, Torregrosa, & Aboites, 2010).

En 1979 fue construida en el pueblo una termoeléctrica por la Comisión Federal de Electricidad que proporciona energía eléctrica a toda la zona norte del estado de Chihuahua. En 1995 fue construida una segunda termoeléctrica para dar servicio a las necesidades de energía crecientes en la región. En 1998 fue construida igualmente en la población la planta cementera de Cementos de Chihuahua. Ambas empresas proveen el principal sustento económico de la población, sin embargo, la mayoría de sus trabajadores son habitantes de Ciudad Juárez (Kable, 2014).

Las instalaciones de la termoeléctrica fueron desarrolladas por GEA Power Cooling de México S. de R.L. de C.V. y dentro de las soluciones térmicas establecidas en las instalaciones están las chimeneas con una altura de 15 y 20 metros (Gea-power-cooling, 2013), que emiten al medio ambiente vapor de agua; energía calorífica que se pudiera utilizar al igual que el paradigma de Kalundborg para la calefacción de los hogares de esa región.

### **Grupo Cementos de Chihuahua**

La mención siguiente se considera pertinente escribirla tal cual por su trascendencia y originalidad en el nacimiento del Grupo Cementos de Chihuahua. Manifiesta el autor de la nota que esto sucedió aproximadamente en el año de 1941. La guerra sacude el ámbito internacional y

mientras el planeta se convulsiona. Un grupo de hombres de negocios se lanzan a la empresa de crear una nueva cementera en el estado de Chihuahua. Los datos oficiales del grupo indican que la empresa inicia con una capacidad anual de producción de cemento de 60 mil toneladas, en 1952 y 1967 se plasmaron dos expansiones a la capacidad de producción (OEM, 2009). En el año de 1972 inició operaciones la planta productora de cemento de Ciudad Juárez, Chihuahua, con lo que GCC alcanzó una capacidad instalada de producción de 420 mil toneladas anuales de cemento. En el año de 1974 se instaló un sistema pre-calentador de dos etapas y de recolección de polvos para la planta Chihuahua, logrando incrementar la capacidad de producción de cemento a 90 mil ton anuales. Según referencias de la Asociación Mexicana de Intermediarios Bursátiles, el crecimiento de grupo Cementos de Chihuahua fue vertiginoso. En el año de 1982 arrancó operaciones una nueva línea de producción de cemento en la planta Chihuahua con la más avanzada tecnología existente, con lo que se elevó la capacidad instalada de producción de GCC a 1 millón 100 mil ton anuales. Según consta en el referente de la historia de GCC, en el año de 1991 se formó Grupo Cementos de Chihuahua SA de CV (GCC) como empresa controladora. En 1992 se colocó 25.9 por ciento del capital de GCC en la Bolsa Mexicana de Valores. Los fondos obtenidos se utilizaron para financiar la construcción de una nueva planta de producción de cemento en Samalayuca, Chihuahua, poblado localizado a 35 kilómetros al sur de Ciudad Juárez, la cual inició operaciones en 1995 con una capacidad de producción de cemento de 900 mil ton métricas anuales.

En el año de 1994 GCC, a través de la compañía subsidiaria de Estados Unidos GCC Río Grande Inc, adquirió una planta productora de cemento localizada en Tijeras, Nuevo México, con una capacidad de producción de cemento de 450 mil ton anuales. Luego, en 1982 arrancó operaciones una nueva línea de producción de cemento en la planta Chihuahua con la más avanzada tecnología existente, con lo que elevó la capacidad instalada de producción a 1 millón 100 mil ton

anuales. En el año de 1991 se constituyó Grupo Cementos de Chihuahua como empresa controladora.

En marzo de 2001, GCC expandió sus operaciones en Estados Unidos mediante la incorporación de GCC Dacotah, Inc. que adquirió los activos cementeros y capital de trabajo de Dacotah Cement localizados en el estado de Dakota del Sur. En marzo de 2005 GCC adquirió las operaciones de National King Coal Mine (NKC), ahora GCC Energy, la cual cuenta con una mina de carbón ubicada cerca de la ciudad de Durango, Colorado.



Figura 10 En expo, fabricante muestra su gama de productos. Fuente: behance.net

Después de la finalización de la nueva planta en Pueblo, CO, EE.UU., GCC ha alcanzado una capacidad de producción instalada anual de 5 millones de toneladas de cemento: 2.5 millones se obtienen de las tres plantas en EU, y los otros 2.5 millones de toneladas de las tres plantas en México. GCC cuenta, entre otros productos, con el concreto de resistencia rápida, óptimo en la construcción o reparación de elementos en donde los tiempos de ejecución y puesta en servicio son

críticos, la Figura 10 muestra algunos de estos productos. Estos productos son una opción para los trabajos de reparación de superficies, pavimentos y algunos elementos estructurales que deben de ser sometidos a condiciones de carga en el menor tiempo posible (GCC, 2015).

### **Recicladora Bestway**

La Recicladora Bestway Juárez - Bestway Juárez S de R.L. de C.V., localizada en Avenida Panamericana 20103, 32730 Samalayuca, Chihuahua, Juárez, Samalayuca, (656) 6330847, <http://www.pek.mx/bestway-juarez/>, <http://bestwayrecycling.co.uk/index.html>, es subsidiaria de Bestway Recycling establecida en 1980 con el objetivo de reducir el volumen de residuos plásticos en el relleno sanitario en el Reino Unido, se estableció en Juárez el 10 de Octubre de 2007, y se encuentra localizada en la calle Samalayuca, entre el Eje vial Juan Gabriel y el Boulevard Oscar Flores Sanchez, antes de llegar a Barranco Azul. La Tabla 3 muestra como clasifica la empresa Bestway los plásticos de desecho para su tratamiento y reciclado.

Tabla 3 Clasificación de plásticos de desecho que emplea la compañía Bestway Juárez

LOGO	ABREVIATURA	EJEMPLOS
	PET: Tereftalato de Polietileno	Botellas de bebidas gaseosas, bandejas de comidas preparadas para horno de microondas.
	HDPE: Polietileno de Alta Densidad	Botellas para la leche y líquidos para lavado
	PVC: Cloruro de Polivinilo	Bandejas de comida, película plástica para cubrir comida o fruta expuesta, botellas de concentrados, agua mineral y champú
	LDPE: Polietileno de Baja Densidad	Bolsas plásticas de mandado, bolsas de basura, las cubiertas de paletas, film extensible y carretes de embalaje/paquetería
	PP: Polipropileno (polímero termoplástico)	Envases de margarina, contenedores reutilizables de comida para microondas
	PS: Poliestireno	Envases de yogur, vasos expendedores, embalaje de protección para los productos electrónicos y juguetes
	OTROS:	Cualquier otro tipo de plástico que no se incluya en la descripción de las categorías mencionadas anteriormente

La otra parte de desechos sólidos como los neumáticos son confinados en espacio abierto para ser procesados y/o utilizados como fuente de energía complementaria en la planta de Cementos de Chihuahua (GCC) en Samalayuca.

### Central Termoeléctrica Samalayuca

La Superintendencia Central Termoeléctrica Samalayuca pertenece a la Subgerencia Regional de Generación Termoeléctrica Centro Norte. La Figura 12 (página 34) muestra la

organización de la superintendencia Central Termoeléctrica Samalayuca que tiene a su cargo la superintendencia de producción, la superintendencia de mantenimiento, y en un nivel jerárquico de los departamentos la administración general, y el departamento de capacitación adiestramiento y seguridad en el mismo nivel jerárquico de la administración general. El sistema eléctrico nacional tiene una capacidad instalada de 59,398 MW, de los cuales, 49,931 MW corresponden a CFE incluyendo Instalaciones con Participación Privada (Independent Power Producer IPP's). (CFE, 2007-2016). La planta de Samalayuca II CCGT actualmente genera 700MW utilizando sistemas de combustión seco que limita las emisiones de Óxido de Nitrógeno a menos de 25 ppm.

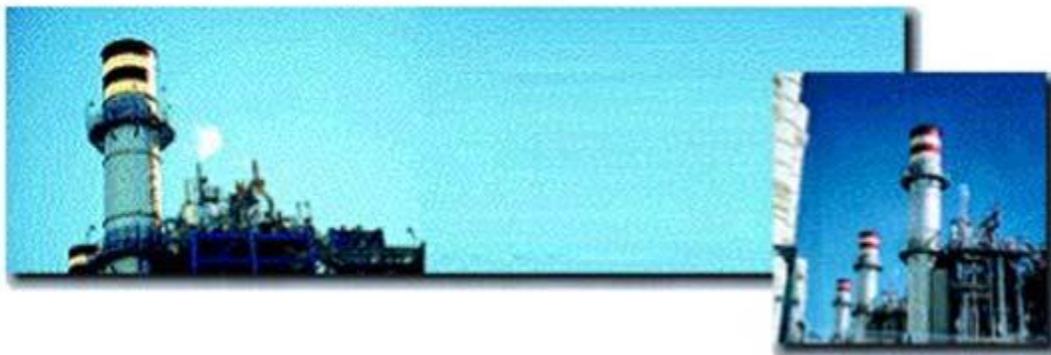


Figura 11 La planta de Samalayuca II CCGT. [Fuente: Power-technology.com]

Gracias a la sustitución en la combustión de combustóleo por gas natural, se ha logrado una mayor eficiencia térmica (de 32% a 48%), esto en conjunto con el uso de energías renovables permitirá reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 28% por kilowatt generado, en el periodo 1999-2017.

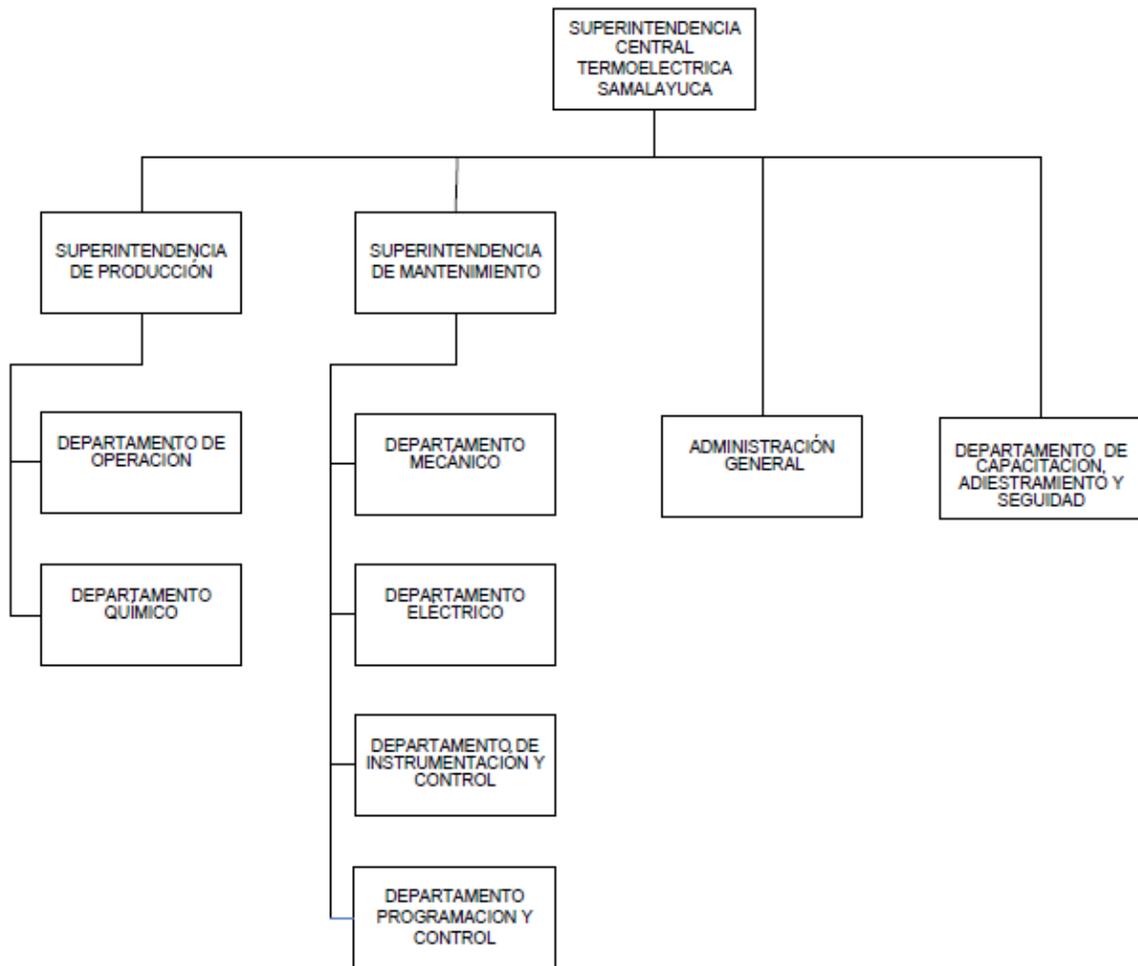


Figura 12 Organización de la Gerencia Regional de Producción Norte (Fuente: Manual de Organización de la Gerencia Regional de Producción Norte (Cañamar & Méndez, 2012))

### Solvay Fluor de México

Solvay Fluor México S.A. de C.V. localizada al sur de Cd. Juárez (aprox. a 30 Km), nace en 1979 como Fluorex y ahora es parte del grupo internacional químico Solvay. Fundada en 1863 por Ernest Solvay para producir carbonato de sodio, la empresa se ha diversificado en dos grandes

sectores de actividad: químicos y plásticos. Aunque antiguamente era también activo en la industria farmacéutica, acordó vender esa división entera a los Laboratorios Abbott por 4.5 billones de Euros en septiembre de 2009, un acuerdo concluido en febrero de 2010 (solvay, 2014).

### **El relleno Sanitario**

Al sur de ciudad Juárez y a unos 20 km al norte de Samalayuca se encuentra la zona de la ciudad para tratar los residuos sólidos urbanos. En el oeste de la ciudad los residuos son recolectados y llevados al relleno sanitario. Un pozo recubierto por una capa impermeabilizante en el que luego se depositan los residuos a cielo abierto. Este Relleno Sanitario inicio operaciones en 1993, tiene una extensión de 200 hectáreas, de las cuales se utiliza hasta el momento una celda de 45 mil m<sup>2</sup> de extensión con 32 m de profundidad y cuenta aún con una vida útil de 20 años. Recibe diariamente mil doscientas toneladas de basura; de éstas, el 80 por ciento son desechos de recolección domiciliaria y el resto es ingresado por empresas privadas (Pérez, 2014).

### **Biogás**



Figura 13 Planta-de-Generación-estación-booster1 (MéxicO2, 2014)

En la Figura 13 se muestra una de las estaciones, localizada en las cercanías del relleno sanitario, con la cual Biogás aprovecha el metano generado por la basura para producir energía eléctrica misma que se utiliza para el alumbrado público, que en 2012 le ahorró al Ayuntamiento de Juárez aproximadamente 9 millones de pesos (Rosas J. R., 2011).

### **Proyecto de Carbono**

Número de bonos: 147,877, Estándar: MDL

Biogás de Juárez, se especializa en la captura, extracción y aprovechamiento de gas metano producido por la descomposición de los desechos orgánicos confinados en el relleno sanitario, participa de manera activa en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante el registro que otorga el comité ejecutivo de las Naciones Unidas a través del protocolo de Kioto y el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Genera energía eléctrica verde a partir de fuentes renovables con el fin de abastecer los sistemas de alumbrado público de los municipios de Cd. Juárez, Nuevo Casas Grandes y próximamente Chihuahua (MéxicoO2, 2014).

## **I.4 Objetivos generales**

1. Analizar la viabilidad de una SI mediante la mejora de la reutilización de subproductos de materia y energía, poniendo de relieve las potencialidades y barreras existentes en la zona industrial del sur del Municipio de Juárez.
2. Potenciar entre los actores del área de estudio, la importancia de la SI como mecanismo desencadenante a favor de la conservación de los recursos naturales y la reducción de costos de las empresas y demás actores.

### **I.4.1 Objetivos específicos**

1. Diseñar un modelo para el área de estudio, con base en la experiencia de Kalundborg.
2. Utilización de la SI como una herramienta de análisis para evaluar el grado de cumplimiento del área de estudio con los prerrequisitos de la SI.

## **I.5 Pregunta de investigación**

Si partimos de la premisa de que la interacción simbiótica entre dos o más especies puede tener efectos benéficos, sin efectos o, en el peor de los casos, ser perjudicial para las especies involucradas en esta interacción. Los socios de una relación simbiótica, llamados “simbiontes”, pueden tomar tres formas diferentes: mutualismo, comensalismo y parasitismo. En el mutualismo ambos socios se benefician; en el comensalismo uno de los socios se beneficia y el otro o los demás no son afectados, y en el parasitismo uno de los socios se beneficia (parásito) y el otro (el anfitrión) es perjudicado.

¿Existe la posibilidad de una simbiosis industrial al sur de Ciudad Juárez?

¿Qué características tendría la simbiosis industrial en el caso particular que nos ocupa?

## II MARCO TEÓRICO

### II.1 La Biología y la Simbiosis Industrial

La interacción simbiótica entre dos o más especies puede tener efectos benéficos, sin efectos o, en el peor de los casos, ser perjudicial para las especies involucradas en esta interacción. Los socios de una relación simbiótica, llamados “simbiontes”, pueden tomar tres formas diferentes: mutualismo, comensalismo y parasitismo. En el mutualismo ambos socios se benefician; en el comensalismo uno de los socios se beneficia y el otro o los demás no son afectados, y en el parasitismo uno de los socios se beneficia (parásito) y el otro (el anfitrión) es perjudicado.

#### II.1.1 El ciclo cerrado de la “naturaleza”

“naturaleza” entre comillas porque hay muchas formas en las que la notación de los ecosistemas naturales es complicada o impugnada. Más sutilmente, la noción de “natural” es una construcción social y sujeta a diversas interpretaciones a través de culturas (Williams 1980; Cronon 1996)

Todos los seres vivos (animales y plantas), en un área de condiciones ambientales uniformes que provee espacio vital al conjunto de todas las especies (biotopo) y que al coexistir en este espacio formando comunidades (comunidad biótica, biocenosis), ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia, conforman un complejo “ecosistema”; este nivel de organización de la naturaleza es de particular interés de la ecología (Prim, 1998). Toda la energía utilizada por un ecosistema proviene del sol; ésta energía es transformada para su consumo por la biocenosis y después de una serie de procesos, es utilizada por el resto de las comunidades



En el artículo clásico de 1935 (G.Tansley, 1935), Tansley describió un ecosistema como: “El sistema completo,... incluyendo no sólo el complejo de organismos, sino también todo el complejo de factores físicos que forman lo que llamamos medio ambiente”. Tansley consideraba los ecosistemas no simplemente como unidades naturales sino como “aislamientos mentales” (“mental isolates”). Tansley posteriormente definió los espacios de los ecosistemas mediante el término “ecotopo” (“ecotope”). El concepto de ecosistema marcó un paso crítico en el estudio de la ecología, ya que Tansley lo utilizó específicamente para reemplazar el concepto previo de “superorganismo”, estableció que las comunidades de organismos conformados por lo más parecido a un organismo de nivel más elevado y complejo - una concepción errónea que formó una barrera teórica para la investigación científica ecológica - (G.Tansley, 1935).

Esta analogía biológica ha sido aplicada principalmente al nivel de instalaciones, distritos y regiones, utilizando conceptos y nociones tomados de la ecología de los ecosistemas en relación con el flujo y especialmente en el aprovechamiento de nutrientes, materiales y energía en los ecosistemas como modelo potencial para la relación entre instalaciones y firmas (Lifset & Graedel, 2002). Los ecosistemas varían de acuerdo a la linealidad del flujo de sus recursos, según tres tipos.

- **Tipo I** El flujo de materiales es lineal y dependiente de recursos externos y desechos: tanto la entrada y salida de los recursos a los componentes del ecosistema son ilimitados.
- **Tipo II** El flujo de materiales es Cuasi-cíclico: la entrada de los recursos y energía a los componentes del ecosistema cíclico son limitados, así como los desechos.
- **Tipo III** Es el extremo del ciclo I: ciclo bien conformado y menos dependencia de recursos externos y desechos.

El ciclo de los recursos en un sistema biológico tiende a ser ideal para los sistemas industriales en muchos niveles. Este marco de referencia sirve como conexión entre la analogía biológica y la EI haciendo énfasis en la importancia del cierre de los ciclos de materiales o “ciclo cerrado”.

### **II.3 La Ecología Industrial**

La EI reúne las contribuciones de reconocidos especialistas en varias disciplinas, en un campo de estudio específico para revertir la generación de energía de las actividades humanas (antropogénica) y el flujo de materiales que provocan cambios desfavorables al medio ambiente, teniendo como escenarios los complejos industriales (Kondo, 2003). Los procesos industriales ecológicamente bien planeados no chocan con las políticas de una empresa determinada y pueden ser el complemento que requiere la industria local para ayudar a lograr un ciclo cerrado y autosustentable en la elaboración, empaquetamiento y reducción de costos de transporte de sus productos. La EI proporciona un fundamento para una industrialización sustentable, no solamente en la mejora de estrategias ambientales. Sus objetivos plantean un potencial de reindustrialización en la economía regional que haya perdido componentes importantes en su base industrial. Estos objetivos plantean también una nueva forma para el desarrollo industrial (Allenby, 2003).

El enfoque en este trabajo es el de la EI que reconoce que el modelo tradicional de la industria en general adquiere las materias primas y genera productos para su venta, así como desechos para su disposición final en un ciclo lineal abierto que acentúa la contaminación y la degradación del entorno. Este ciclo debe cerrarse mediante un modelo de SI propuesto aquí que transforme un área industrial en un esquema más integrado conocido como ecosistema industrial. La Figura 15 (Adaptada de (Vida, 2014) muestra un ciclo en el que los recursos naturales se extraen y transforman durante el proceso productivo, generando artículos para el mercado; estos a su vez

se utilizan y/o consumen formando residuos que se pueden tratar para transformarlos en productos reciclados que se manejan como materia prima en sustitución de los recursos naturales. Este es lo que se conoce en EI como ciclo cerrado.



Figura 15 Esquema de ciclo abierto industrial. (Adaptado de Red Peruana Ciclo de vida. Vida, 2014)

A manera de conciliar las esferas de desarrollo sustentable, la EI ha desarrollado conceptos y prácticas innovadoras industriales como “de la cuna a la tumba (durante todo el ciclo de vida)” (Vida, 2014). Debido a la situación industrial actual, la EI debe surgir más como una aplicación práctica que como una teoría conceptual sino, auto modelándose al igual que los ecosistemas naturales, la EI establece herramientas para optimizar el uso de recursos y reducir la cantidad de residuos generados en un enfoque de “circuito cerrado”. La SI pareciera ser el ejemplo más concreto del concepto de EI. El desafío consiste en la circulación de materiales residuales y energía

para sustituir a las entradas del otro. El objetivo es entonces el prolongar el ciclo de vida de los recursos mediante la sustitución y mutualización entre industrias de sus flujos de material. Este movimiento circular también se aplica a recursos humanos a través del intercambio de conocimientos, servicios y de equipos, etc. La creación de una SI marca o proporciona una estrategia relativamente simple para crear un proyecto de colaboración.

“La esencia de la EI es que ésta es la combinación de tecnología con sociedad, y esta combinación tiene muchas facetas y muchas implicaciones. El ecologista industrial necesita apreciar las interacciones entre el corporativo y sociedad, y entender algo de las interacciones de la actividad industrial con el medio ambiente. Sólo en este punto existe un marco lógico en el cual establecer metas y técnicas.” (Graedel, Allenby 2003).

Bourg y Erkman (2003) consideran a la EI como el eje central de todos los campos de estudio, con el ingrediente adicional que hasta hace algunos años atrás significaba un cuerpo emergente teórico, con herramientas y prácticas que la han convertido en una disciplina por derecho propio. Es especialmente en la búsqueda de políticas y principios de gestión una fuente importante de conocimientos para estudios multifacéticos en la reducción del impacto ambiental antropogénico y el desarrollo direccionado de patrones sustentables (Bourg, *Industrial ecology: Philosophical and political meanings*, 2003). La EI se ha convertido en conexo para describir los sistemas de producción y redes de consumo que tienen como un objetivo principal un impacto mínimo sobre el medio ambiente y la expansión económica ambientalmente sostenible (Richards & Frosch, 1997).

La EI... “se define por el metabolismo de los materiales (el flujo de materiales a través de los sistemas industriales, incluyendo sus transformaciones durante el flujo), el uso

de energía, mano de obra y de capital, y la aplicación de la información o el conocimiento” (Ayres, 1989).

Una característica de los sistemas ecológicos es su evolución. La evolución de los sistemas industriales y el uso (y almacenaje) de los recursos se ven afectados por la introducción de las nuevas tecnologías, las decisiones tomadas en el diseño, las preferencias de los consumidores y la normatividad regulatoria.

### **II.3.1 Objetivos de la EI**

El objetivo principal es la promoción del desarrollo sustentable de una manera local, luego regional y finalmente global (Garner & Keoleian, 1995). Ciertamente hay una necesidad de educar a las personas sobre cómo afecta el entorno local y global el ejercicio de las preferencias del consumidor como comportamiento. En el problema ambiental, mayormente nos enfrentamos al deseo como individuos de una libertad generalizada. No queremos limitaciones impuestas que afecten la movilidad, forma de vida, conveniencia o las decisiones de compra. “Es cierto que las regulaciones reducen nuestra libertad de elección, pero también un deterioro del medio ambiente” (Walter Royal Lynn, 2011). En la EI la complejidad y los gastos remediales en el medio ambiente, han llevado a las prácticas industriales en los Estados Unidos a querer “hacer las cosas bien desde el primer momento” y alejarse de las estrategias (métodos empleados para eliminar contaminantes) del final del proceso, es decir a la Fabricación Sustentable e Ingeniería del Ciclo de Vida (Herrmann, Hauschild, Gutowski, & Lifset, 2014). Esto ha conducido de una manera natural al diseño ambiental DfE (por sus siglas en Inglés de Design for Environment).

Recientes investigaciones han señalado la importancia tanto del desarrollo del producto como clave esencial en la etapa de su ciclo de vida y la necesaria evaluación del impacto de las alternativas de diseño en el soporte de la toma de decisiones durante el desarrollo del producto (Hermann, Hauschild, Gutowski, & Lifset, 2014). Como resultado de lo anterior, han surgido nuevas áreas del conocimiento (Operación y Mantenimiento, Amplitud Técnica, Gestión de Proyectos, etc. (NSPE, 2013)) para facilitar la reparación de los productos más fácilmente, así como el diseño para el desensamblado y reciclado de los productos.

Los objetivos a lograr y que dan soporte al desarrollo sustentable, son:

- a) El uso sustentable de recursos: La energía solar es un recurso inagotable no así otros recursos naturales. El agotamiento de recursos no renovables y la degradación de los renovables deben de ser mínima con el objetivo de mantener una actividad industrial sustentable a largo plazo.
- b) La preservación de la salud ecológica y humana: La actividad humana está fuertemente relacionada y/o es co-dependiente de la salud ecológica; es por esto que la función y estructura de un ecosistema deberá ser agendada en un sistema ecológico industrial.
- c) La promoción de la equidad ambiental: Este objetivo debiera ser el objetivo central de la EI, ya que frecuentemente se conoce de cómo empresas grandes y poderosas realizan sus actividades industriales en países menos desarrollados, utilizando un número mayor de recursos que los permitidos en sus países, poniendo en riesgo muchas veces la salud humana y ecológica por el gran número de contaminantes tóxicos asociados al mal manejo de recursos naturales (Hampton, 1999).

### **II.3.2 El contexto del negocio “Ecología Industrial”**

El desafío ambiental emergente requiere un enfoque técnico y de gestión capaz de abordar los problemas de alcance global. Por el contrario, la agenda ambiental de las empresas hoy en día con frecuencia es conducida por una lista de problemas individuales porque no hay ningún marco general aceptada para alinear programas integrales. “Un programa eficaz del medio ambiente será uno que la industria puede alinear con facilidad” (Tibbs, 1992). Los niveles actuales de rendimiento industrial a nivel local, están dañando seriamente la capacidad de reacción del ecosistema ambiental urbano para reponer las existencias naturales y biológicas hacia la neutralización de la contaminación (Meadows, Meadows, & Randers, 1992). Aunque existan evidencias de un daño ambiental sistemático, generalmente no son reconocidas, quedando latente la amenaza de empeorar la situación. Hay consenso a favor de enfoques como la interdependencia de flujo de materiales de desecho y los intercambios en los clústeres industriales y a lo largo de las cadenas de suministro industrial, con el objetivo de satisfacer tanto los objetivos económicos como los ambientales (Chertow M. R., 2000). Sin embargo, también hay un reconocimiento de que los resultados no siempre coinciden (Ravetz J. R., 2006).

La adopción de la “Ecología Industrial” por parte de un grupo de industriales, como gestión de residuos, primeramente con un objetivo ambiental, y posteriormente como estrategia racional de los recursos ha logrado importantes avances. (Graedel & Allenby, 1994) en el libro de texto publicado sobre la EI expresan que:

“La Ecología Industrial es el medio por el cual la humanidad puede, deliberada y racionalmente, acercarse y mantener una capacidad de carga deseable, dada la continua evolución económica, cultural y tecnológica. El concepto requiere que un sistema

industrial no sea percibido aisladamente, sino dentro de sus sistemas circundantes, pero en interacción con ellos. Es un sistema en el que se busca optimizar el ciclo total de los materiales a partir de material virgen, a producto terminado, de componente, a producto obsoleto, para su disposición final. La Ecología Industrial plantea que una parte considerable de la materia prima utilizada por la industria cumple un ciclo de vida abierto, que se inicia con la extracción de recursos naturales que se procesan y/o transforman en bienes económicos y que se llevan al consumidor para su uso final” (Green & Randles, 2006).

Una vez consumido el producto en cuestión, dicha materia se convierte en desecho. Este residuo puede crear una utilidad adicional a la economía y al entorno si se somete a un tratamiento de recuperación y reciclado en lugar de enviarse a su disposición final o bien si se utiliza como insumo en otros procesos industriales. Los factores a ser optimizados incluyen recursos, energía y capital. Es necesario entender que el acercamiento racional se da con tecnología y toma de decisiones acertadas, a fin de que estas nos puedan ayudar a ajustar y optimizar el sistema en conjunto, no solamente por las prestaciones del producto para satisfacer las necesidades del usuario, sino también para minimizar el deterioro ambiental provocado por el ciclo de fabricación del producto. La Figura 16 (Adaptado de (Carnegie-Mellon-University, 2003) muestra el esquema de un sistema ecológico industrial completo, tal como lo representó Bob Ayres y Kneese a principios de los 70's (Ayres, Robert U., 1994). El esquema muestra las dos entradas básicas del sistema: la energía que proporciona la luz solar incorporada a los materiales naturales a través de la fotosíntesis, y los minerales extraídos de la tierra. El inicio del sistema es desde esas dos entradas, y con la adición de agua y aire, forma en nuestra sociedad industrial un sistema complejo de materiales y energía.

Es de notarse las grandes cantidades de “residuos”, o desechos en la proporción del tamaño del sistema.

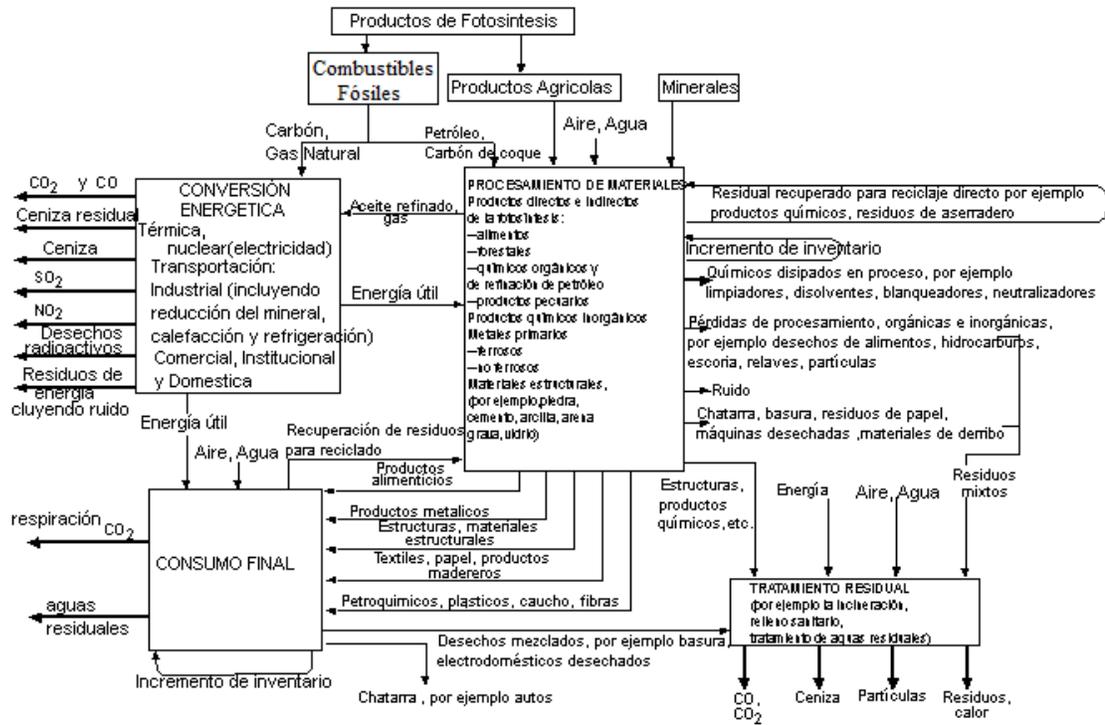


Figura 16 Esquema de un sistema ecológico-industrial (Adaptado de Environmental Decision Making, Science, and Technology, CMU)

Este flujo de materiales y energía es conocido como “Metabolismo Industrial”, tomando la analogía de biología. El metabolismo de materiales en la industria utiliza energía, mano de obra, capital y conocimientos. Frosch y Gallopoulos, (Frosch & Gallopoulos, 1992) manifiestan que la analogía entre el concepto de ecosistema industrial y el ecosistema biológico no es perfecto, pero

mucho se podría lograr si el sistema industrial imitara las mejores características de la analogía biológica:

“En un ecosistema biológico, algunos de los organismos utilizan la luz solar, agua y minerales para crecer, mientras que otros consumen a los organismos, vivos o muertos, junto con minerales y los gases, y producen sus propios desechos. Estos residuos forman los alimentos a su vez para otros organismos, algunos de los cuales pueden convertir los desechos en los minerales utilizados por los productores primarios, y algunos los consumen entre sí en una compleja red de procesos en los que todo lo producido es utilizado por algún organismo para su propio metabolismo. Del mismo modo, en el ecosistema industrial, cada proceso y la red de procesos deben ser vistos como una parte dependiente e interrelacionada de un todo más grande. La analogía entre el concepto de ecosistema industrial y el ecosistema biológico no es perfecto, pero mucho se podría ganar” (Ayres, et.al., 1970).

### **II.3.3 El Metabolismo Industrial**

El metabolismo industrial describe todos los procesos físicos que convierten materia prima y energía en productos terminados. Este concepto puede ser aplicado globalmente, a regiones o a naciones, así como al nivel de firmas o empresas manufactureras (Simonis. & Ayres, 1994). El sistema industrial actual se asemeja a la etapa temprana de la evolución biológica, cuando los organismos vivos más primitivos obtenían su energía de un almacén de moléculas orgánicas acumuladas durante tiempos prebióticos. El metabolismo industrial comprende tanto la producción como el consumo, un sistema completo para la transformación de materiales, la energía y el valor agregado del proceso son esenciales al desarrollo económico (Ayres, 1989).

# METABOLISMO

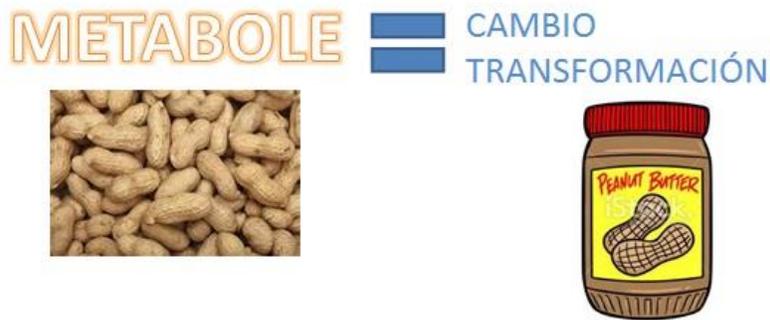


Figura 17 Ejemplo de transformación industrial. (Adaptado de (Williams, 2011))

El de metabolismo industrial, incentiva 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 EI. Sin embargo, aún no se lograba abarcar los tres sectores esenciales para la sustentabilidad: ambiente, economía y sociedad (Cervantes Torre-Marín, Sosa Granados, Rodríguez Herrera, & Robles Martínez, 2009).

## II.4 Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable

Sustentabilidad es un concepto que describe la capacidad de la humanidad para crear un mundo para los seres humanos y no humanos y que ambiental, social y económicamente prevé las necesidades actuales de la población sin dañar la capacidad de las generaciones futuras para cuidar de sí mismos (Blackburn, 2007). La sustentabilidad tiene su origen en la preocupación sobre el balance entre el medio ambiente y la economía (Kahle & Gurel-Atay, 2013). El término se relaciona con la responsabilidad y ciudadanía y generalmente han surgido de la tradición de filantropía corporativa (Norton, 2005).

Con el advenimiento del triple fondo (abreviado como TBL o 3BL, término acuñado por John Elkington en 1994. Marco de referencia contable con tres partes: social, ambiental (o ecológico) y financiero. Estas tres divisiones también son llamadas los tres Ps: (people, planet, profit) gente, planeta y ganancia o los "tres pilares de la sostenibilidad". El interés en la contabilidad TBL ha ido creciendo tanto en sectores con fines de lucro, como en sectores sin fines de lucro y sectores del gobierno. Muchas organizaciones han adoptado el marco TBL para evaluar su desempeño en un contexto más amplio (Hindle, Triple Bottom Line, 2009), todos esos conceptos se han ido formando juntos (Slaper & Hall., 2011). Sustentabilidad y desarrollo sustentable son dos términos que cubren las 2Rs aplicables a una organización. Pero existen otros términos cercanos, también relacionados. Empresa socialmente responsable (CSR acrónimo del término Corporate Social Responsibility), Organización socialmente responsable (OSR acrónimo del termino en inglés de Organization Social Responsibility).

#### **II.4.1 Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018 (PND)**

##### **Desarrollo sustentable**

Como una vía para incrementar la productividad en el país, el PND propone promover el uso eficiente de los recursos productivos de la economía (Ver Anexo B). Particularmente el acceso a financiamiento, la productividad en el empleo y el desarrollo sustentable. En específico, el PND plantea democratizar el acceso al financiamiento de proyectos con potencial de crecimiento. Ello implica retos importantes para propiciar el crecimiento y el desarrollo económicos y a la vez asegurar que los recursos naturales continúen proporcionando las utilidades ambientales de los cuales depende nuestro bienestar.

Para impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve el patrimonio

natural y que produzca riqueza, competitividad y empleo de manera eficaz, el PND recomienda hacer del cuidado del medio ambiente una fuente de beneficios palpable.

En el PND se define que, la productividad de una economía no sólo depende de la disponibilidad y de la calidad de los insumos de producción, sino también de la manera en que éstos interactúan.

En este sentido, es fundamental para el PND avalar reglas claras que incentiven el desarrollo de un mercado interno competitivo, donde la principal fuente de diferenciación entre las empresas radique en la calidad y precio de sus productos y servicios. Según el PND se privilegiará una regulación que inhiba las prácticas monopólicas e incentive a las empresas a producir mejores productos y servicios de una manera más eficiente.

#### **II.4.2 Plan Estatal de Desarrollo 2010-2016 (PED)**

b) Uno de los objetivos marcados en este plan es el contribuir al fortalecimiento y consolidación de una cultura demográfica integral, mediante procesos educativos y de información orientados a ampliar y profundizar el conocimiento y la comprensión de la naturaleza, causas y consecuencias de los fenómenos demográficos (Ver Anexo C). Vigorizando los esfuerzos de información y educación en la población para desarrollar y promover actitudes participativas en la solución de problemas de crecimiento y distribución de la población, favoreciendo el desarrollo sustentable.

### **II.4.3 Plan Municipal de Desarrollo 2013-2016 (PMD)**

En el Plan Municipal de Desarrollo 2013-2016, el gobierno del Municipio de Ciudad Juárez lo convierte en el Instrumento de Trabajo que cotidianamente oriente las acciones de la administración municipal y permita unir esfuerzos de los diversos sectores de la sociedad a y desde luego, el de los servidores públicos que tienen una responsabilidad pública (Ver Anexo D). En lo referente a la salud comunitaria que contiene elementos sobresalientes ecológicamente hablando, busca promover la vinculación con las dependencias que estén relacionadas con la salud: planeación, finanzas, agua y saneamiento, ecología, educación, tránsito y policía. Debido al crecimiento poblacional de ciudad Juárez, se ocasiona la multiplicación del abasto de servicios públicos, combustibles y bienes, se incrementa el ruido, al igual que la necesidad de incrementar el transporte de pasajeros, de mercancías y del parque vehicular. Adicionalmente el acelerado crecimiento de la zona urbana, ha traído como consecuencia, problemas de tránsito en las zonas de mayor actividad, mayores distancias a recorrer y mayores tiempos de transferencia. Trayendo como consecuencia un aumento en los niveles de contaminación atmosférica en la ciudad, por lo que cabe destacar la importancia de concientizar a la ciudadanía de que todo lo que se realice impactará en el medio ambiente (Juárez, 2013).

### **II.5 El proceso de construcción de la teoría en el caso de estudio**

El esquema planteado por Ravetz (Ravetz J. , 2006), llamado Agenda Ecológica Industrial Regional (AEIR) en el que el centro de intersección están las agendas de desarrollo regional, Ecología Industrial, evaluación del entorno empresarial y la innovación estratégica, además de haber sido probada en el Reino Unido, se sabe que se han estado implementando con un enfoque

estatal en México. Las Agendas Ecológicas Industriales tienen como objetivo principal contribuir al desarrollo económico estatal y regional para aprovechar el potencial de innovación que existe en México. Estas Agendas han buscado motivar la participación del sector gobierno, empresa y academia para generar una visión compartida, definir las prioridades de cada estado o región y que éstas respondan a sus intereses y capacidades reales (FUMEC, 2014). Respecto al enfoque económico de esta agenda propuesta, es claro que las estrategias económicas de México necesariamente van de la mano con las estrategias comerciales del vecino país del norte. En una entrevista llevada a cabo el 4 de mayo de 2013, en Costa Rica, entre el presidente de los Estados Unidos y México, se puso de manifiesto que México es el segundo mercado más grande de las exportaciones norteamericanas (Kahn, 2013).

El distrito en Kalundborg, Dinamarca, conocido como un “ecosistema industrial” o “simbiosis industrial”, donde se puede apreciar claramente el intercambio de residuos, sub-productos y energía a lo largo de un circuito cerrado, formado por diversas compañías próximas unas a otras es uno de los rasgos distintivos de los principios de la Ecología Industrial (EI). El principal enfoque de la EI es en las relaciones críticas entre las acciones humanas y el entorno natural, resaltando que el problema real que se presenta en el mundo industrializado actual es una falta de conciencia de las partes involucradas dado que el funcionamiento de la economía (producción-consumo) es un sistema abierto.

En la publicación del libro “Industrial Ecology”, se pone de manifiesto que “La EI es el medio por el cual la humanidad puede aprovechar de una manera racional una deseable capacidad de carga, proporcionando una continuidad cultural, económica y tecnológica (Graedel y Allenby, 1994)”. Entendiendo por capacidad de carga, al sistema el cual se busca optimizar su ciclo total de recursos desde los primarios (vírgenes) hasta los terminados. Los factores que deberán ser

optimizados incluyen recursos, energía, y capital. El objetivo principal de la EI es observar todo el sistema de producción, uso y eliminación. El enfoque principal de esta (Ayres, 1970), es:

“Identificar oportunidades de reducción de desechos y contaminación en las secciones de materiales intensivos mediante la explotación de oportunidades para usar el valor bajo de los sub-productos (o residuos) de ciertos procesos como materia prima para otros. Viabilidad técnica es el criterio principal para la consideración inicial”.

Un enfoque más global de la EI sería planificar y llevar a cabo todas las actividades industriales relacionadas, incluyendo costumbres de los consumidores, de manera que se minimice el daño ambiental, pensar en la ecología como un principio rector para nuestros sistemas económico-tecnológicos.

### **II.5.1 La naturaleza como modelo ecológico industrial**

Cualquier pretensión de “nuevo pensamiento” merece ser tratado con escepticismo. ¿Hay algo nuevo aquí, o simplemente un nuevo envoltorio de sentido común? (Socolow, 1994). Sin embargo, sin un marco conceptual referencial y asociativo y sin una aclaración filosófica más amplia, la perspectiva de la SI de entender la naturaleza como modelo, probablemente seguirá siendo solamente especulativa (Isenmann, 2003). En el desempeño de la práctica docente, en materias como comunicaciones es común apoyarse en analogías naturales para la comprensión de ciertos temas, por ejemplo el crecimiento fractal de las ramas de los árboles para referenciar la formación de antenas de mejor recepción. El patrón zigzagueante de las abejas para mostrar el patrón de comunicación de técnicas ZigBee (ZigBee-Alliance, 2014), etc. La Alianza ZigBee fundada en 2002 crea estándares E/S que ayudan a controlar dispositivos electrónicos, es una

asociación abierta sin ánimo de lucro que ha creado un ecosistema global próspero. Hoy en día, han creado una familia creciente de normas ZigBee innovadoras, confiables y fáciles de usar.

De acuerdo con los primeros esfuerzos de descubrir y esclarecer de la SI la "filosofía oculta" de la naturaleza, es muy útil describir sus contornos disciplinarios en un marco básico. Este marco conceptual se basa en cinco características, ilustrado por lo que pareciera una red simple. La Figura 19 (Adaptada de (Isenmann, 2003)) muestra el marco referencial como una red que incluye la idea de la SI como centro de la red, su perspectiva fundamental de la comprensión de la naturaleza, su objetivo básico de la investigación, una definición de trabajo adecuado y los principales objetos investigados por la SI.

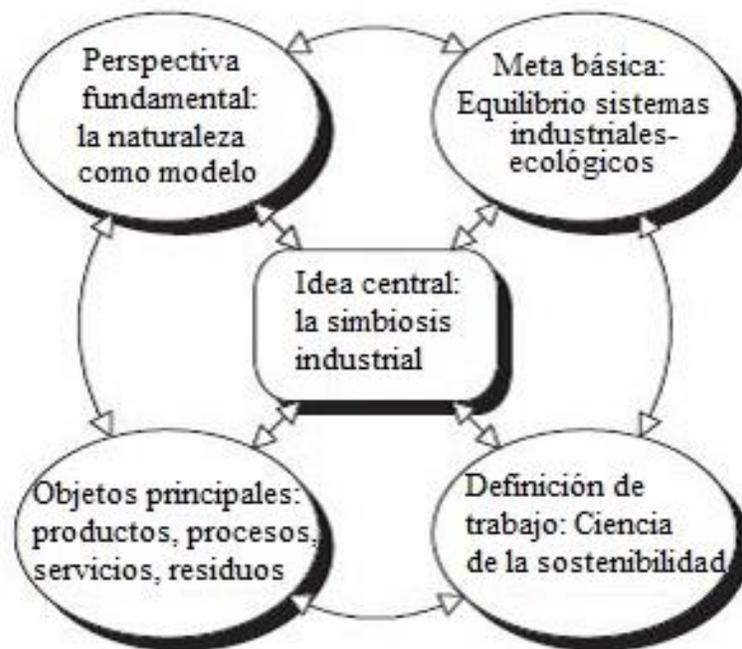


Figura 18 Características de la SI (Adaptado de Isenmann, 2003)

Existen dos principales significados epistemológicos de la palabra abducción (Magnani,

1990), abducción que sólo genera hipótesis "plausibles" (selectiva o creativa) y abducción considerada como inferencia a la mejor explicación, la cual también evalúa hipótesis.

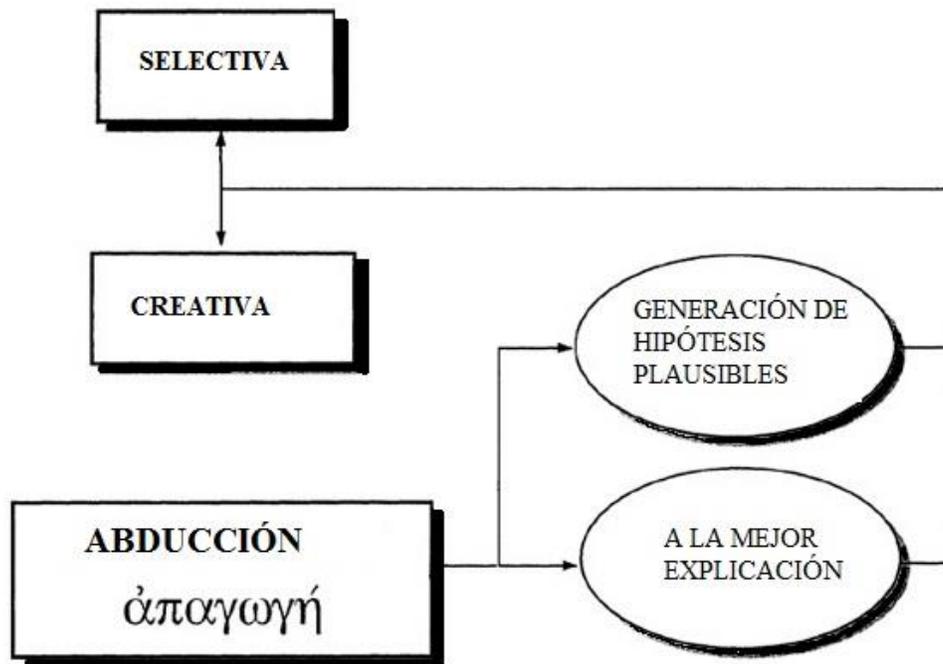


Figura 19 Abducción creativa y selectiva. (Adaptado de Magnani, 1990)

El positivismo busca descubrir la realidad única y auténtica con base en los hechos físicos y visibles. El realismo crítico busca la aproximación a la realidad mediante las interconexiones entre la humana y la física, por lo tanto observa los hechos físicos (Tabla 2, Página 23). Este último enfoque es lo que en este trabajo se entiende por método abductivo (Almasi A. M., 2011).

### II.5.2 Modelo matemático aproximado a una simbiosis

El primer modelo ecológico para las poblaciones que interactúan es el modelo presa-depredador construido por Volterra-Lotka (Lotka, 1910). Las ecuaciones Lotka-Volterra, también conocidas como ecuación depredador-presa, son ecuaciones diferenciales, no lineales de primer

orden, frecuentemente utilizadas para describir la dinámica de sistemas biológicos en las que dos especies interactúan, una como depredador y la otra como presa.

$\dot{x} = ax$  Sin depredador existe una reproducción exponencial, donde  $x$  es la población de presas (ejemplo conejos).

$\dot{y} = dxy - cy$  Sin presas disponibles la población de depredadores tiende a desaparecer  $\dot{y} = -cy$ , donde  $y$  son los depredadores (ejemplo zorros), con la existencia de depredadores, comiendo la mayor cantidad de presas  $\dot{x} = ax - bxy$ , la cantidad de presas comidas favorece la reproducción de depredadores  $\dot{y} = -cy + dxy$ , donde  $a, b, c, d$  son parámetros positivo que describe la interacción de las especies.

Los siguientes dos modelos describen la cooperación entre poblaciones conocido en biología como mutualismo y/o simbiosis. El primer modelo cubre el caso cuando existe una asistencia mutua; condición necesaria de existencia ya que la vida independiente de cada población significa su extinción (Neimark, 2003). Este modelo también describe una competencia interna entre cada población. Con sus parámetros iniciales, este modelo tiene la forma siguiente:

$$\dot{x}_1 = -a_1x_1 + \frac{bx_1x_2}{1 + A_1x_2} - c_1x_1^2$$

$$\dot{x}_2 = -a_2x_2 + \frac{bx_1x_2}{1 + A_2x_1} - c_2x_2^2$$

$\dot{x}_1 \dot{x}_2$  modelos resultante de una asistencia mutua como condición necesaria para sobrevivir

$x_1$  define la población en un tiempo 1

$x_2$  define la población en un tiempo 2

$a_1$  presa 1

$c_1$  depredador 1

$A_2$  grado de competencia entre poblaciones

$A_1$  resultante de la asistencia1 y población 1

La otra forma del diagrama de fase está representada por la Figura 20. En la parte sombreada

del espacio de fase, todas las trayectorias de fase tiende a coordinar el origen y esto significará la muerte para ambas poblaciones.

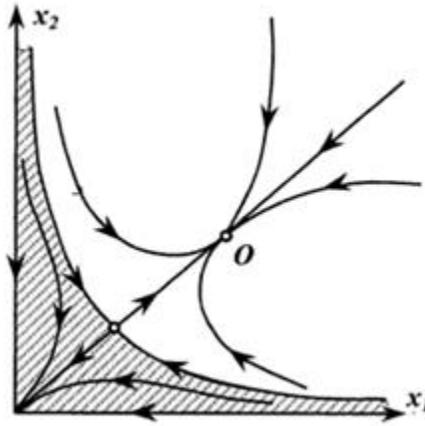


Figura 20 Diagrama de fase para el modelo de simbiosis de dos especies

Una variedad fundamental de la dinámica de simbiosis de dos poblaciones es observada en el modelo, el punto 0 se establece un equilibrio, donde cada población puede existir de una manera independiente, a través de su cantidad debe superar un cierto umbral - ya que una población de tamaño pequeño se extinguirá. Dicha especificidad en el comportamiento biológico de la población aislada puede ser representada por el modelo de la forma:

$$\dot{x} = -ax(x - L_1)(x - L_2) \quad (0 < L_1 < L_2)$$

En los modelos propuestos (Neimark, 2003), es ocioso manifestar que además de ser modelos biológicos son modelos ideales, no se consideran fenómenos de depredación como sucede en la realidad. Pero haciendo un lado lo anterior y si consideramos el modelo propuesto para una población asilada, ajustaríamos a  $L_1$  como una organización recolectora de basura (por ejemplo sería Promotora Ambiental de la Laguna, S.A. -P.A.S.A-) y  $L_2$  como organización establecida y productora (Grupo Cementos de Chihuahua -GCC-). En grandes cantidades  $L_1$  y  $L_2$  de las poblaciones, relativos a la parte no sombreada de la Figura 21, habrá establecido una equilibrada

convivencia mutuamente beneficiosa. La Figura 22 muestra el comportamiento de este modelo de una manera gráfica para la existencia de una especie.

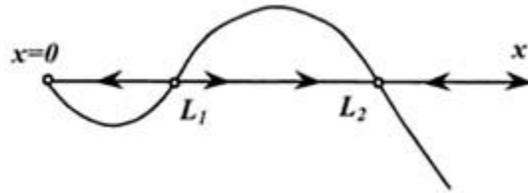


Figura 21 La ilustración de fase de una dimensión para la existencia de una especie

### II.5.3 El proceso de construcción de una SI

La metodología desarrollada por Le Centre de Transfert Technologique at Écologie Industrielle (CTTÉI) se basa en los conceptos de EI, principios de la ley de desarrollo sostenible de Quebec, pero principalmente en retroalimentación de los proyectos de SI que se han desarrollado desde el año 2008 (Cttéi, 2014). El Centro de Transferencia de Tecnología en Ecología Industrial (CTTÉI) propone los pasos siguientes en la creación de una SI.

#### 1. Planificación del proyecto

- Definir el lugar del proyecto.
- Identificar, contacto y participación de los asociados.
- Asegurar el financiamiento para el proyecto.
- Lanzar y promover el proyecto.

#### 2. Evaluación del sitio

- Identifica a los interesados y analizar el contexto local.
- Comprende las características de la industria de la localización e identificar los canales existentes para la recuperación de residuos y la extracción de valor.

- Seleccione las empresas a estimular.
3. Reclutamiento de participantes y recolección de datos
- Contactar negocios seleccionados.
  - Selecciona datos sobre los flujos de materiales y energía consumida y generada por las organizaciones participantes con el fin de crear un mapa de flujo.
  - Compendiar la información allegada.
4. Identificación del potencial sinérgico
- Analizar las oportunidades de sinergias basadas en ofertas y demandas de las empresas establecidas en el paso 3.
  - Evaluar y priorizar las sinergias más prometedoras sobre la base de criterios establecidos por las organizaciones participantes, la viabilidad técnica de las sinergias y beneficios que podrían proporcionar.
5. Implementación y supervisión
- Notificar a los participantes del potencial sinérgico.
  - Ayudar a los participantes en la toma de decisiones y la aplicación de las recomendaciones.
  - Prueba y evaluación de la viabilidad (económica, técnica, logística, etc.) según sea necesario a través de las pruebas preliminares en el laboratorio, la industria, en el lugar o por consulta de expertos.
  - Establecer los términos de intercambio, servir como intermediario imparcial, según sea necesario en las negociaciones o discusiones entre los que participan en la sinergia.
  - Monitorear el progreso de los intercambios, recopilar comentarios y compartir los resultados.

La Figura 23 muestra la guía para la creación de una SI en forma gráfica.

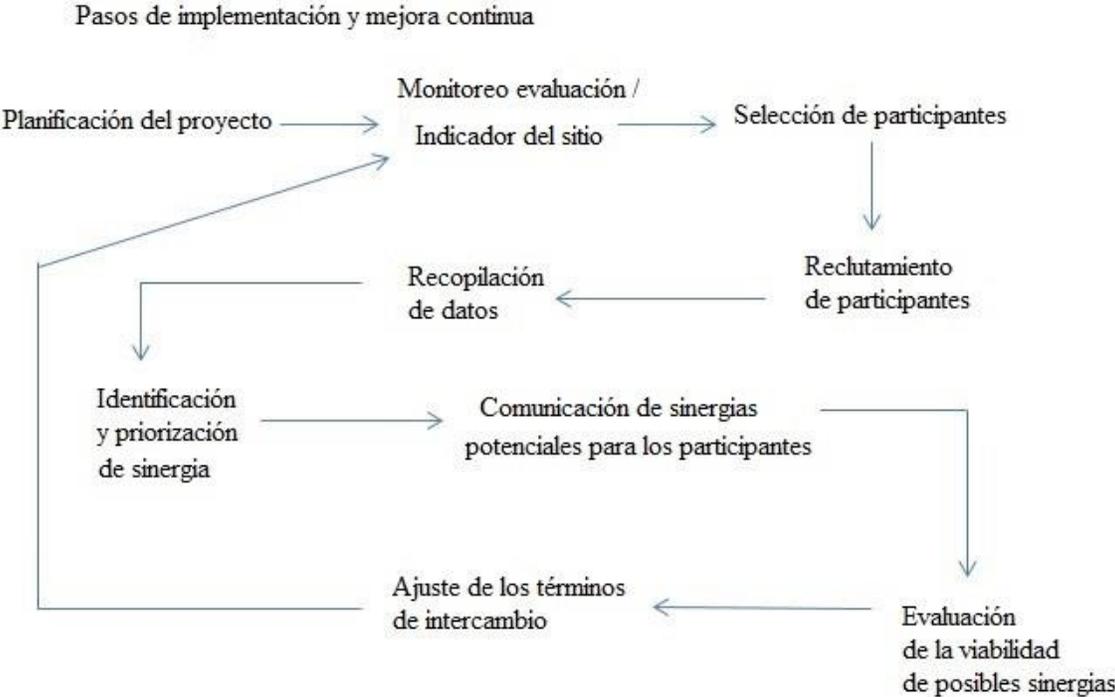


Figura 22 Pasos de implementación de una SI (Adaptado de CTEEI, 2014)

La Tabla 5 muestra los pasos en el ámbito de la SI que se basa esencialmente en aspectos cuantitativos (observar a empresas vecinas en lo referente a sus conexiones vía tuberías o transporte automotor de flujos de masa, productos, etc.) y aspectos cualitativos (observar a empresas vecinas directamente con visitas, entrevistas, etc.) de cara al intercambio de materiales (residuos) y energía con el fin de reducir costos de producción y tratamiento de residuos.

Tabla 4 Método/Pasos en el ámbito de influencia de la Simbiosis Industrial (Adaptada de Rosemberg A. , 2006)

<b>Aspectos cuantitativos</b>	<b>Aspectos cualitativos</b>
<p>Observaciones obtenidas a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujos de masa</li> <li>• Insumos/productos</li> <li>• Evaluación del ciclo de vida</li> </ul>	<p>Observaciones obtenidas a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Artículos</li> <li>• Visitas de campo</li> <li>• Evaluación</li> <li>• Entrevistas</li> </ul>
<p>Datos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Material de desecho</li> <li>• Energía</li> <li>• Servicios</li> <li>• Información</li> </ul>	<p>Datos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Opinión de la empresa acerca del proyecto de SI</li> <li>• Leyes y normatividad</li> <li>• Redes de comunicación entre empresas</li> <li>• Intereses de las empresas</li> </ul>

## II.6 Modelo Propuesto

La fuerza motriz representada por las actividades humanas ejercen una presión sobre el medio físico, y como consecuencia el status cambia, lo que induce pequeños o grandes impactos sobre la salud humana, los ecosistemas y los recursos (Díaz & Escárcega, 2009). Dependiendo de la magnitud de estas fuerzas motrices será la respuesta de las sociedades humanas, modificando o retroalimentando las presiones y los impactos de las mismas. El modelo que se presenta describe, pues, una situación dinámica, con énfasis en las diversas retroalimentaciones del sistema (Díaz & Escárcega, 2009).

La Figura 24 (Adaptada de Diaz y Escárcega, 2009) muestra como las tendencias ambientalmente relevantes (fuerzas motrices: sociales y económicas) son las responsables de la situación del sistema, las actividades humanas ejercen presiones sobre el medio ambiente (presión) y cambian su calidad y la calidad de los recursos naturales (estado), así como los efectos adversos en la salud, el medio ambiente, la economía y la sociedad (impacto)



Figura 23 Modelo Fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta. (Adaptado de Diaz y Escárcega, 2009).

## II.6.1 Aplicación del modelo

La Figura 25 (Adaptada de Díaz y Escárcega, 2009) muestra el modelo: Presión-Estado-Respuesta, basado en el concepto de causalidad, en el cual el desorden en el uso de desechos y energías ejercen presiones sobre el medio ambiente con el acumulamiento de manera anárquica de subproductos modificando la calidad y cantidad de los recursos naturales. La respuesta hacia un nuevo estado se consigue al modificar sustancialmente la reutilización de desechos energéticos y materiales.

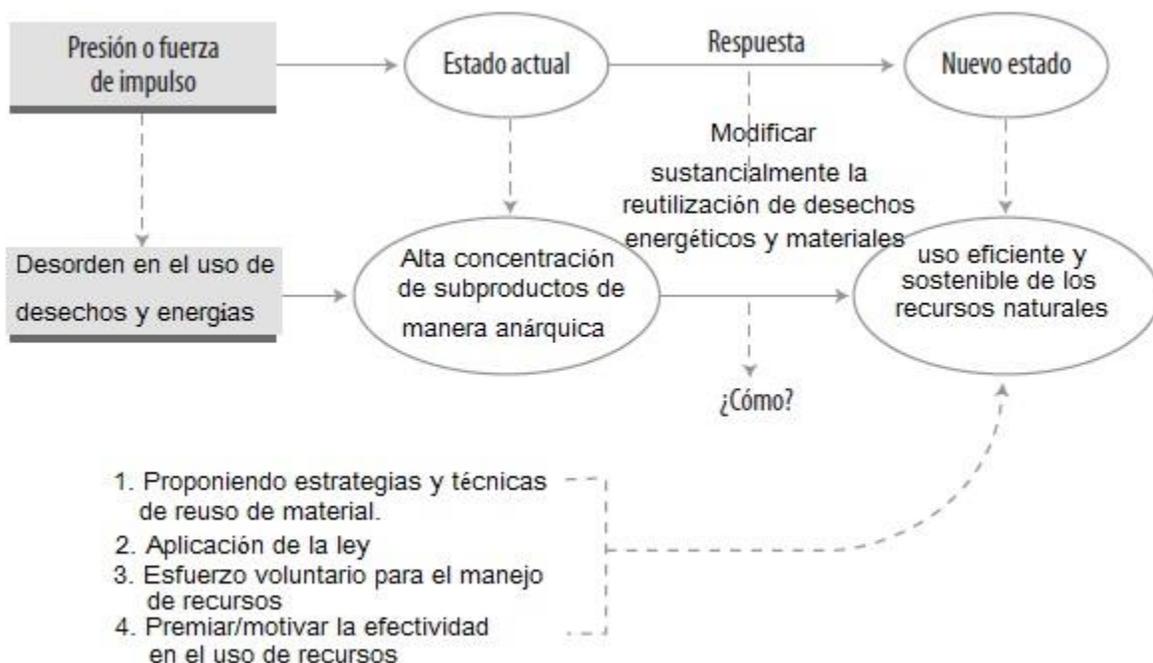


Figura 24 Modelo Presión-Estado-Respuesta: Simbiosis Industrial (Adaptado de Díaz y Escárcega, 2009).

La aplicación de un modelo de viabilidad al área permite comparar los mecanismos que hacen factible la SI en el área de estudio. Esta técnica se utiliza con el fin de poner al descubierto las

posibles barreras para el desarrollo del proyecto de SI. También permite evaluar, según el modelo, qué tan bien se cumplen los requisitos previos en esta área. Esto se logra mediante la adopción de un método de razonamiento con base a cómo es el modelo (reducción de la realidad) en comparación con la realidad misma.

Esta fase de prueba se realiza a varios niveles usando diferentes herramientas (visitas al área de estudio, entrevistas personales, cuestionarios dirigidos, etc.). En un nivel físico, una visita permite una colección de información factual y visible. Lo que parece ser la mejor manera de detectar factores físicos en el área de estudio para confirmar la presencia de las barreras.

### **III DESARROLLO**

A nivel organizacional y social, el método de recopilación de datos es diferente. Como el investigador/estudiante constituye una entidad externa a la esfera industrial, es apenas posible medir las interacciones (organizacionales o sociales) entre los actores (como sugiere el modelo) sin ser un actor por sí mismo. Por lo tanto, se decidió recopilar información directamente de actores industriales, de manera similar como se describe en el primer paso de la Tabla 5. En esta perspectiva, un cuestionario (Ver Anexo I) fue creado y enviado a las empresas, en este punto de iteración no fue mucho lo que se logró, ya que la validación del mismo cuestionario (Huerta, 2005) no fue posible debido a la heterogeneidad industrial. En el diseño del mismo se ponderó la obtención de datos cualitativos sobre la percepción de los demás negocios, cuestiones de transparencia empresarial, conciencia de la presión ambiental y los beneficios que se podrían evaluar.

### III.1 Construcción de un modelo de factibilidad

Como se mencionó en el Objetivo General, esta tesis pretende potenciar entre los actores del área de estudio de este importante mecanismo desencadenante a favor de la conservación de los recursos naturales y la reducción de costos en el sur del Municipio de Juárez. El análisis de las características existentes en esta área se realiza gracias a un modelo generado a partir de varios casos alrededor del mundo. La Figura 20 (Adaptado de Magnani, 1990 (Página 58)) muestra la construcción de este modelo siguiendo el método abductivo basado en “adivinar” las relaciones causa-efecto, con relación a una perspectiva filosófica críticamente realista.

Por lo tanto, la recolección de evidencias y hechos reales de observaciones de campo parece ser la mejor manera de obtener información completa y confiable. A nivel organizacional y social, se ha recogido información a través de la literatura alrededor de la experiencia de Kalundborg. Para tener una visión completa de los intereses en juego de la potencial SI del área de estudio, se realizaron varias entrevistas considerando únicamente a las empresas (Tabla 6) más importantes del área de estudio.

Tabla 5 Lista de las empresas del área de estudio dentro de un radio de 10 km de la empresa GCC.

• Termoeléctrica de Samalayuca (Comisión Federal de Electricidad CFE)
• Solvay Flúor México S.A. de C.V. (Antes Fluorex)
• Planta de producción de Cemento (Cementos de Chihuahua-GCC)
• Promotora Ambiental de la Laguna S.A. de C.V. (PASA)
• Gobierno Municipal (Relleno Sanitario)
• Biogás de Ciudad Juárez
• Gobierno Municipal (Ejido Villa Luz-Samalayuca)

La Tabla 7 muestra los nombres de los directivos y lugares donde se realizaron un total de cinco de siete entrevistas programadas a las empresas mencionadas en este estudio.

Tabla 6 Listado de entrevistas a directivos de empresas del área de Samalayuca.

Empresas	Directivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Termoeléctrica de Samalayuca (Comisión Federal de Electricidad CFE)</b></li> </ul>	Super-Intendente General CFE, Samalayuca, Central Norte III Ing. Reginaldo Hernández Martínez
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Solvay Flúor México S.A. de C.V. (Antes Fluorex)</b></li> </ul>	Gerente de la Planta, Ing. Mario A. Terrazas Pérez
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Planta de producción de Cemento (Cementos de Chihuahua-GCC)</b></li> </ul>	Gerente de planta Ing. Antonio Sanchez
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Promotora Ambiental de la Laguna S.A. de C.V. (PASA)</b></li> </ul>	Director de Soporte de PASA S.A DE C.V. Ing. José Antonio Pérez
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Gobierno Municipal (Relleno Sanitario)</b></li> </ul>	Maestro Manuel Herrera Mercado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Biogás de Ciudad Juárez</b></li> </ul>	Director de Biogás de Juárez, Lic. Jesús Velázquez
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Gobierno Municipal (Ejido Villa Luz-Samalayuca)</b></li> </ul>	Presidente Ejidal Martín Esparza

1) La primera entrevista se realizó con el Presidente Ejidal de Samalayuca Martín Esparza. Samalayuca, a pesar de ser una zona desértica, es un importante productor de hortalizas y cuenta con más de mil hectáreas que se dedican al cultivo de sandía, cebolla de rabo y redonda, rábanos,

tomate chile chilaca, chile morrón y zanahoria aunque su principal siembra es de calabacita (Rosas J. R., 2012).

La mayor producción de hortalizas se da en los meses de julio y agosto exportando la mayoría (dos mil cajas de calabaza) en tráileres, dependiendo de la capacidad de los mismos y normativas del país, los que circulan por carretera soportan las 30000 lbs (13607Kg), comparativamente con los contenedores de tren el máximo permitido es de 40000 lbs (18144Kg). Si son sobre pesados no se les es permitido circular por medidas de seguridad. Siete tráileres aproximadamente salen diariamente al mercado de abastos de la ciudad de Hermosillo Sonora. Según la versión del hoy Presidente Ejidal Armando Esparza, se llega a desechar hasta un tráiler diario, aprox. 18 ton de producto que no cumple con las características deseadas (peso, tamaño, “picada”, maltratada), se consideran residuos sólidos en el momento que son transportados desde el punto de descarga o área de embalaje (Hawkins, 2014), para los cuales pudieran encontrarse estrategias para su procesamiento.

### **Posible aportación simbiótica de Samalayuca**

Mientras que la composta de residuos orgánicos, como método ecológico y sostenible de luchar contra un problema de los residuos orgánicos, es igualmente eficaz en pequeñas o grandes situaciones domésticas, agrícolas o industriales con los beneficios de un pequeño desembolso de capital comparativamente y costos bajos de trabajo y mantenimiento, no puede ser aplicable para cada situación. Uno de los mejores métodos de tratar con los productos de desecho de una hortaliza, o empacadora de hortalizas es reducir la cantidad de material inservible a la empacadora (Wormsdirectuk, 2014). El tratamiento previo para evitar pérdidas incluye el procesamiento previo de frutas y verduras: blanqueo para inactivar enzimas y microorganismos, curado de raíces y

tubérculos para prolongar la vida útil, tratamiento previo de los productos con temperaturas frías o altas y conservantes químicos para controlar plagas después de la cosecha. El almacenamiento del producto bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa prolongará su perecibilidad y reducirá el deterioro. El embalaje de productos en material adecuado mejora la apariencia de color y comercialización.

Junto a esto sería factible una empresa procesadora de estos residuos orgánicos para la fabricación de composta que es básicamente fertilizante orgánico, es decir, sin químicos. Además de los aspectos cuantitativos arriba mencionados, Samalayuca cuenta con aspectos cualitativos como lo son a) Convertirse en proveedor potencial de energía limpia por medio de paneles de celdas fotovoltaicas ya que se trata de un desierto con área de radiación solar (Rodarte, 214), y b) Samalayuca es un proveedor potencial de mano de obra para las industrias participantes en el circuito simbiótico.

### **Posible aportación simbiótica de GCC**

2) La segunda entrevista se realizó con el Ing. Antonio Sanchez, Gerente de planta Samalayuca del Grupo Cementos de Chihuahua, ubicada en el km. 332 Carretera Federal 45. En esta entrevista el día 11 de Abril de 2014 se comentó que Cementos de Chihuahua es fabricante de cemento mexicano conocido como Grupo Cementos de Chihuahua (GCC), a través de sus subsidiarias. Se dedica a la fabricación y venta de materiales para la industria de la construcción tales como concreto, cemento, bloques de hormigón, yeso escayola y agregados. Es uno de los surtidores del país más grandes de materiales de construcción. Las operaciones de GCC en México incluyen tres plantas de producción de cemento, 30 plantas pre mezcladoras de concreto, seis plantas de bloques de concreto, y cuatro plantas de agregados en las ciudades de Chihuahua, Juárez y Samalayuca,

con capacidad anual de producción de cemento de 2.25Bt (2267961 kg, aprox). La compañía también opera en los Estados Unidos. GCC, como una filial de Control Administrativo Mexicano, cuya fundación fue en 1941 su sede se localiza en Chihuahua, México.

Además de la quema de gas natural para el calentamiento de los hornos en la fabricación de cemento, se utiliza la trituración de basura para generar combustible alternativo, a la par de la transformación de llantas recicladas en combustible que les proporciona Promotora Ambiental de la Laguna S.A. de C.V. (PASA) en arreglo comercial, también para los hornos. Adelantó que entre los proyectos de GCC a mediano plazo está también el uso de la energía solar. La Figura 26 (Adaptada de (OEM, 2009) muestra una vista aérea del conjunto de edificios que forman la planta productora de cemento en Samalayuca.

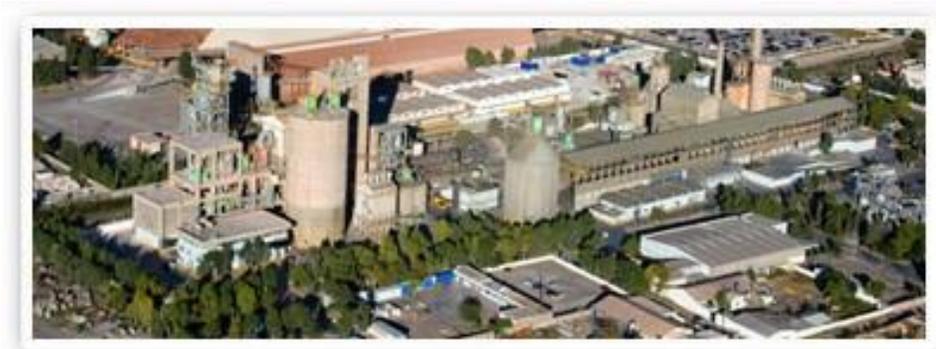


Figura 25 Planta GCC Chihuahua. (Fuente, foto: El Heraldo de Chihuahua.2009)

Carlos Guardiola Gasson, director de las plantas de GCC en Juárez y Samalayuca, resaltó que ellos se proponen acercar a los proveedores con los usuarios, como es su caso, y conocer a detalle todos los productos y servicios que ofrecen para así aprovecharlos. Agregó que Grupo Cementos de Chihuahua (GCC) cuenta con más de mil proveedores. Indicó que la conexión directa con ellos permite a la cementera tener de manera rápida las soluciones que necesita para crecer.

También están aquí una planta de prefabricado y otra de paneles. El prefabricado es a lo que se apuesta para dar soporte al crecimiento que ya registra el sector de la construcción tanto a nivel local como en EE.UU.



Figura 26 Actualmente GCC construye el domo donde procesarán plásticos, textiles, papel y llantas. (Fuente: El Diario/Mauricio Jiménez (Ávila, 2014)

### **Convertirá GCC desechos industriales en combustible**

Dice una nota de un periódico local “El Diario” que Grupo Cementos de Chihuahua (GCC) comenzó en diciembre del 2014, con una inversión de 3 millones de dólares aproximadamente a generar un combustible alternativo para sus hornos a base de desechos industriales (Ávila, 2014). Según el encargado del Departamento de Calidad de GCC, Gustavo Núñez Casas, explicó que como parte del proceso de generación de combustible alternativo, en las instalaciones de la planta Samalayuca se construyó un domo que resguarda trituradoras provenientes de España en las que se procesarán: plásticos, textiles, papel, llantas, entre otros desechos. Luis Mendoza Juárez, gerente

de Relaciones Industriales de GCC, detalló que los hornos de la compañía en los que se da vida al cemento y otros derivados, funcionan con gas carbón y que el carburante alternativo que se generará tiene propiedades similares pero no daña el medio ambiente.

Indicó que será una empresa privada la que preseleccionará la basura que luego serán reubicados a la planta de Samalayuca en donde pasarán por otra selección y los desechos serán triturados. Ya convertidos en combustible, irán solamente a los hornos de la empresa. Mendoza Juárez indicó que el propósito de generar y usar combustibles alternos es ahorrar en consumo de energéticos, reducir costos operativos y conservar el medio ambiente. Adelantó que entre los proyectos de GCC a mediano plazo está también el uso de la energía solar. La trituración de basura para generar combustible alternativo es llevada a la par de la transformación de llantas recicladas en combustible, también para los hornos.

### **Posible aportación simbiótica de PASA**

3) Una tercera entrevista ha tenido lugar con el Ing. José Antonio Pérez Director de Soporte de Promotora Ambiental de la Laguna (PASA S.A DE C.V.) Samalayuca, Francisco I. Madero No. 5725, Ciudad Juárez, Chih., C.P. 32658, el día 10 de Abril de 2014. Esta empresa está dedicada a la recolecta de los desechos (basura) de la ciudad, manteniendo un contrato con el Municipio de Ciudad Juárez desde hace ya más de 10 años.

La basura que se recolecta al mes en promedio son 25,000 toneladas proveniente de la población de Ciudad Juárez. El trabajo principal de esta empresa es la separación de desechos sólidos de la basura orgánica. Los desechos sólidos son manejados por la empresa Bestway quien tiene la concesión del municipio. Sobre la cantidad de desechos orgánicos desechados o vertidos

al relleno sanitario comenta el Ing. Pérez que son potencialmente productoras de gas pero es la empresa Biogás quien tiene la concesión del municipio para procesar estos desechos una vez ya confinados en el relleno sanitario, localizado a 500 metros de las instalaciones de PASA, donde se lleva a cabo el intercambio y separación de la basura, principalmente.

### **Basura y Negocio**

Jorge Ruiz, gerente de la empresa Promotora Ambiental de la Laguna S. A. (PASA) (OEM R. , 2008), manifestó en su momento, (29 de febrero de 2008), que ellos están trabajando al cien por ciento en lo que les corresponde y que trajeron cuatro nuevos camiones para poder dar el servicio a los nuevos asentamientos como son los fraccionamientos que llevan como primer nombre Hacienda y Parajes. Son dos camiones de 20 yardas cúbicas y otro par de 25, son automáticos y estos tienen la particularidad de que cuando están en movimiento van haciendo la compactación de la basura, por lo que ahorran tiempo y el servicio se hace más eficiente y más rápido. Sobre la recolección de la basura de las principales avenidas, todas las noches los camiones recorren 211 kilómetros recolectando la basura de las vialidades, mientras que en lo que les corresponde a ellos en la zona centro, se hace en forma manual.

Informó que PASA cuenta con:

- 54 camiones recolectores con capacidad de 20 yardas cúbicas (dos son automáticos).
- 2 camiones recolectores automáticos con capacidad de 25 yardas cúbicas.
- 49 camiones con capacidad de 45 yardas cúbicas, 2 rollo off de 14 toneladas.
- 2 mini recolectores de 14 yardas cúbicas, 4 tracto barredoras que hacen un barrido mecánico de 90 kilómetros diariamente.
- 10 aspiradores industriales manuales que limpiarán 14 kilómetros diarios.

- 10 camionetas Nissan tipo estacas.
- 3 camionetas pick up F 150 y 100 radio comunicadores.

### **Posible aportación simbiótica de CFE**

4) Una cuarta entrevista tuvo lugar en las instalaciones de CFE con el representante del Ing. Reginaldo Hernández Martínez Super-Intendente General CFE, Samalayuca, Central Norte III, el viernes 7 de marzo de 2014. Esta entrevista fue muy corta su aportación, ya que nos comentó que se tiene un despacho de relaciones públicas en la ciudad de México encargado de proporcionar toda la información de carácter técnico/ambiental. Se debe hacer una cita y respaldarla con documentación oficial donde se exponga que la información será tratada en forma confidencial y de carácter académico.

### **CFE adjudica contrato para transporte de gas natural en Texas**



Figura 27 Gasoducto Waha-San Elizario (Fuente: Notimex)

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) adjudicó al consorcio integrado por Energy Transfer Partners, Mastec y Carso Energy el contrato para el transporte de gas natural, a través del

gasoducto Waha-San Elizario, en Texas. Mediante un comunicado, informó que el proyecto comprende el diseño, ingeniería, suministro, construcción, operación y mantenimiento del ducto con un diámetro de 42 pulgadas y con capacidad para transportar mil 135 millones de pies cúbicos diarios. El ducto de 290 kilómetros de longitud que proveerá gas a las regiones centro, norte y occidente de México, se dice que se interconectará con el gasoducto San Isidro-Samalayuca, en Chihuahua. En este proceso al parecer se recibieron varias propuestas, de las cuales una de ellas, por 596 millones 260 mil 222 dólares, estuvo dentro de los márgenes presupuestados autorizado de mil 365 millones 276 mil 754 dólares. La compañía que presentó el anterior presupuesto y que según la CFE también resultó ganadora del proyecto para prestar el servicio de transporte de gas natural a través del segmento Waha-Presidio, el 8 de enero. Energy Transfer Partners LP es propietaria y operadora de una considerable cartera de activos en EE.UU, que incluye más de 53 mil kilómetros de gasoductos (La Prensa, 2015).

### **Posible aportación simbiótica de Solvay**

5) Una quinta entrevista tuvo lugar en las instalaciones de la planta Solvey con el Gerente General de la planta el Ing. Mario A. Terrazas Pérez el 4 de Junio de 2014, lo expuesto ahí fue a base de presentaciones y lo que transcribo enseguida es el resumen de lo expresado: El proceso Solvay, proceso de amoníaco-soda fue desarrollado en su forma moderna por Ernest Solvay durante la década de 1860. Es un proceso industrial para la producción de la ceniza de soda (valorada principalmente por su contenido de carbonato de sodio). Los ingredientes para este proceso son fácilmente disponibles y baratos: sal salmuera (provenientes del interior o del mar) y piedra caliza (de minas). La producción mundial de ceniza de soda en el año 2005 se ha estimado en 42 billones de kilogramos (92 billones de libras), que es más de seis kilogramos por año (13 libras) por cada

persona en la tierra. Las plantas químicas basadas en Solvay producen ahora aproximadamente tres cuartas partes de esta fuente, el resto se extrae de los depósitos naturales.

Actualmente Solvay produce fluoruro de hidrógeno del amonio y fluoruro de hidrógeno. Sus principales mercados son productos agroquímicos, aire acondicionado automotriz, productos químicos, construcción, ingeniería eléctrica y seguridad contra incendios. Durante mucho tiempo, cuando la planta se inició como fluorex, se procesaba la fluorita y había material calizo de desecho, el acumulamiento del mismo llegó a formar pequeños cerros a la vista de todos creando un serio problema ambiental. Hubo una serie de propuestas para su uso como material de construcción, esto no prospero. El proceso de fabricación/producción y la planta misma sufrieron una gran transformación a raíz de la adquisición de la misma por el grupo Solvay.

### **Posible aportación simbiótica del Relleno Sanitario**

Los costos de operación y mantenimiento son menores comparados con los métodos de tratamiento, desde su puesta en marcha ha generado empleo de mano obra del área. Se considera que este relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de residuos sólidos. Al recuperar gas metano constituye una fuente alternativa de energía, permitiendo también recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles. Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal (MéxicoO2, 2014).

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de determinar el alcance de la observación, se tuvo que definir un área de enfoque. Se eligió el área industrial del sur del Municipio de Juárez. Según un primer análisis de varias descripciones de casos en todo el mundo especialmente Kalundborg, esta zona parece tener similitud física. El área de estudio tiene el potencial para cubrir las necesidades en términos de Simbiosis Industrial. Esta se caracteriza por las actividades de manufactura pesada como la industria del cemento (GCC), producción de energía (Termoeléctrica de Samalayuca) y, aunque no tiene un puerto marítimo, la ciudad de El Paso Texas, cumple este requisito.

La Tabla 6 y la Figura 30 (página 83) muestran el grupo de seis empresas base de esta investigación que cumplen con los siguientes requisitos:

- Estar ubicado en la parte sur del Municipio de Juárez
- Que sea la empresa principal (CFE) el centro de gravedad del área de estudio y que las demás estén a un radio de 10 km de esta.
- Que esté en actividad económica en la actualidad
- Tener procesos de manufactura o agrícolas que usen insumos y obtengan productos y residuos de materia y/o energía.

Con las entrevistas y obtención de datos y notas periodísticas relacionadas a Samalayuca, se estuvo en condiciones de proponer una Simbiosis Industrial al sur del municipio, específicamente en el Ejido Villa Luz y sus alrededores. Ésta propuesta se adaptó del ejemplo Kalundborg, Dinamarca. Se puede decir, entonces que se tiene el primer esbozo de simbiosis en

esa región, que, al igual que Kalundborg, fue creciendo y madurando.

### Descripción general de las posibles sinergias entre los simbiosites de la SI de Samalayuca

La Figura 29 (Adaptada de (Christensen, 1999) muestra la Simbiosis Industrial en el sur del municipio de Ciudad Juárez.

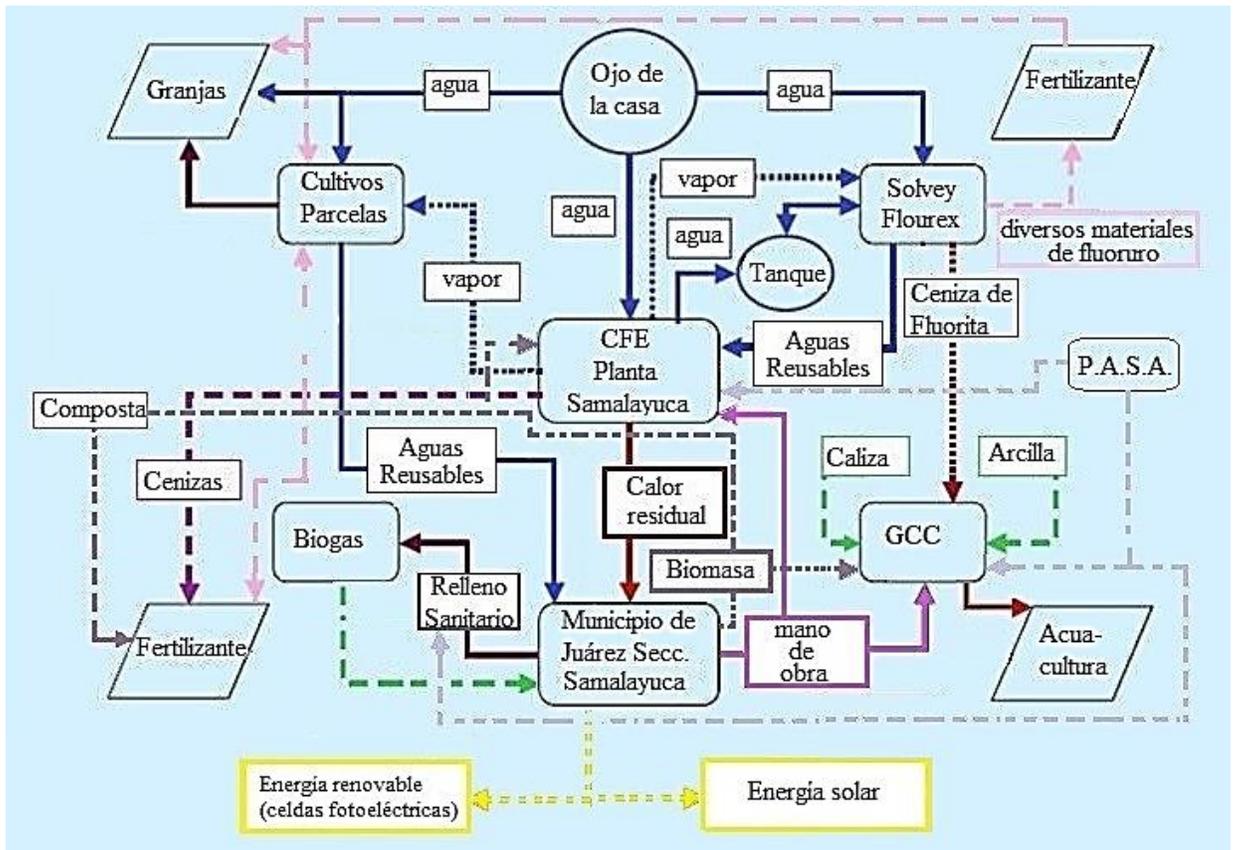


Figura 28 Simbiosis propuesta en Samalayuca. (Adaptada de Christensen, 1999)

Simbionte 1: El Ojo de la casa también conocido como Ojo de Samalayuca en la región de Samalayuca, Chihuahua a una distancia aprox. de 40 km de Ciudad Juárez, es un manantial de agua que hasta hace pocos años brotaba sin necesidad de extracción; el lugar es utilizado como centro recreativo. En la actualidad la corriente superficial de agua "La Morita" abastece de agua tanto al

poblado de Samalayuca como a CFE y GCC por medio de pozos de extracción.

Simbionte 2: Cementos de Chihuahua es fabricante de cemento mexicano conocido como Grupo Cementos de Chihuahua (GCC). GCC utiliza como fuente de energía primaria gas natural para el calentamiento de los hornos en la fabricación de cemento, utiliza además la trituración de llantas como fuente de energía alterna y/o complementaria. Puede aportar calor residual transportado este por tuberías tanto para la población como para la piscicultura de la región.

Simbionte 3: Promotora Ambiental de la Laguna S.A de C.V., empresa recolectora de desechos del Municipio de Juárez, tiene su centro de acopio e intercambio a 15 km de Samalayuca. La importancia de esta empresa participante es el intercambio de desechos que puede proporcionar, ya que además de alimentar el relleno sanitario (también a 17 km aprox. de Samalayuca) para la generación de biogás, al separar los sólidos (plásticos y llantas) de la demás basura, suministra algunos de estos desechos a GCC para que sirvan como energía alterna.

Simbionte 4: El poblado de Samalayuca es un importante productor de hortalizas; la eliminación de los productos maltratados y que no cumplen con los requerimientos de la Secretaría de Agricultura en lo relacionado al consumo humano son considerados desechos sólidos. La composta de residuos orgánicos, como método ecológico y sostenible de luchar contra el problema de los residuos orgánicos, pudiera ser una posible aportación del poblado a la SI. Samalayuca por su situación geográfica y la radiación solar recibida la mayor parte del año puede contribuir en la generación de energía eléctrica y recibir de parte de las empresas mencionadas en retribución a su aportación, energía calorífica y residuos (cenizas, caliza, etc.) tanto de GCC como de CFE para lograr una recombinación con la composta y generar fertilizantes organominerales.

Simbionte 5: La planta CFE de Samalayuca (Samalayuca II CCGT) para la generación de electricidad se surte del agua de la región (ojo de la casa). Actualmente genera 700MW utilizando

sistemas combinados para la generación de electricidad. La generación de vapor es por medios de combustión a base de gas natural logrado una eficiencia térmica (de 32% a 48%) (CFE, 2007-2016). Esto en conjunto con el uso de energías renovables (celdas fotovoltaicas) permitirá reducir costos de generación y contaminación atmosférica. Esta planta desde su funcionamiento ha contratado y subcontratado personal del poblado, y su posible aportación simbiótica sería el vapor residual para la calefacción de los hogares del lugar, además de los residuos de la quema del combustible (cenizas).

Simbionte 6: Solvay Fluor de México contribuiría con la producción de carbonato de sodio, la ceniza de soda (valorada principalmente por su contenido de carbonato de sodio). Hasta hace algún tiempo se pensó que hasta para bacheo de las calles podría servir por su alta resistencia a la hidratación. Los ingredientes para este proceso son fácilmente disponibles y baratos del mismo lugar donde hace su extracción GCC para la elaboración de cemento. Una posible aportación de esta empresa sería la ceniza de soda para un nuevo proyecto.

Simbionte 7: La empresa Biogás aprovecha el metano que genera la basura para producir energía eléctrica, mediante un proceso de filtrado y extracción segura del gas, este es utilizado como combustible mediante un proceso parecido al que utiliza CFE para generar electricidad, misma que se utiliza para el alumbrado público. La posible aportación simbiótica de esta empresa sería suministrar este gas directamente a CFE como energía alterna al gas natural, y dejaría todo el proceso de generación a CFE.

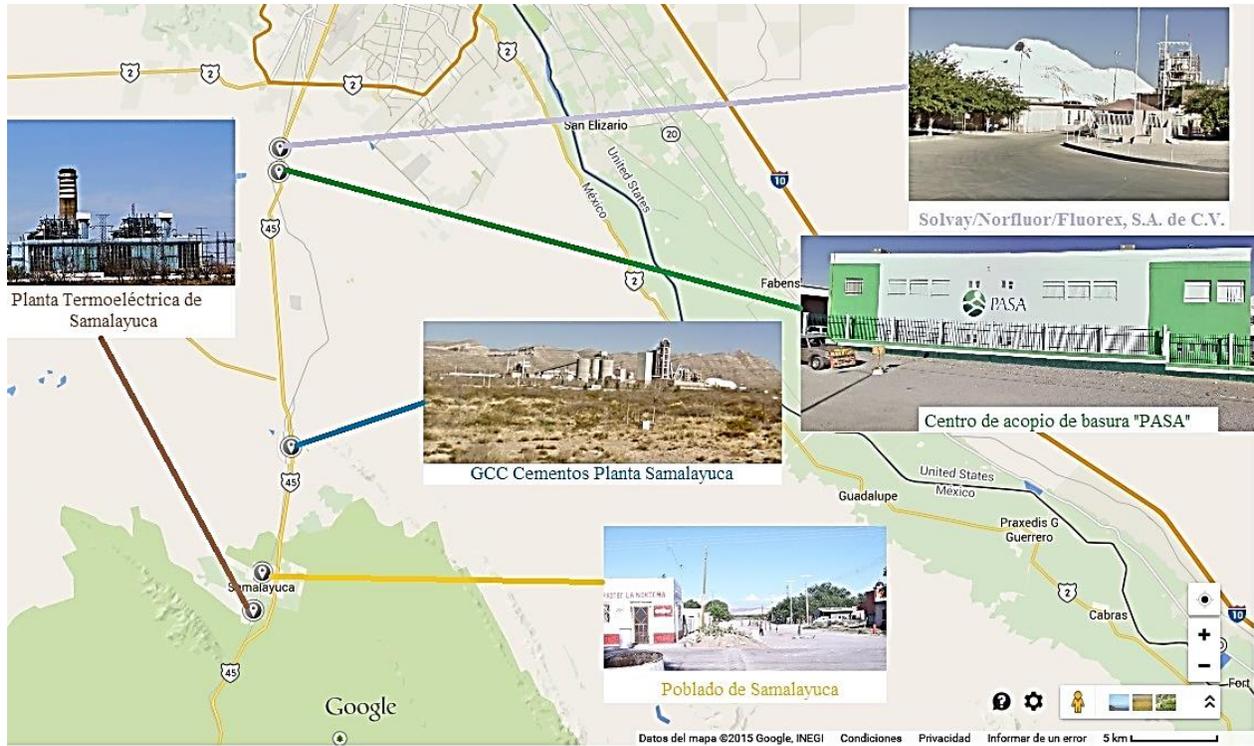


Figura 29 Mapa satelital del área de estudio e imágenes de empresas de SI (Fuente: Imágenes Google y Google maps)

## V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los tiempos que estamos viviendo son de reto tanto para investigadores académicos como para investigadores industriales con un enfoque tanto económico como ambiental. Inmersos en caudales de malas noticias, es necesario plantear estrategias ambientales que nos lleven a un resultado económico ya sea muy o medianamente exitoso. Todo esto enmarcado por políticas públicas, estímulos fiscales y flexibilidad cuantitativa. Ante las evidencias del cambio climático las y los académicos deberemos de proveer fórmulas y/o propuestas que muestren información del estado que guarda nuestro entorno, para de esta forma contribuir a las instituciones responsables de las políticas públicas y educativas a remediar el acrecentamiento del deterioro ambiental. De acuerdo a la información recabada en esta investigación, los lugares donde se establece la mayor cantidad de la industria de exportación es en parques industriales y de estos hay varios al sur de la ciudad. Samalayuca es una población que existe cerca del sector industrial con todas las cualidades y elementos para la generación de una SI.

Esta Tesis se consideró al sur del Municipio de Juárez y se estableció contacto con las empresas en un radio de 10 Km tomando como centro de la actividad simbiótica a la Comisión Federal de Electricidad. La determinación del número e identidad de los participantes en una asociación mutualista es un primer paso necesario para cualquier análisis evolutivo, pero puede ser una tarea sorprendentemente no trivial. Es importante señalar que una vez ya identificados a los participantes del proyecto, y como parte de la evaluación del sitio, se descubrió la diversidad de procesos mutualistas que se podrían dar y/o que se están dando de una manera informal e incipiente. En un editorial presentado por una reconocida revista en el año de 2001, del coeditor de la Revista Ecología Industria (D. Allen (2001, p. 1),) enfatiza la necesidad para formar contornos

disciplinarios de EI. Por lo tanto, es obvio que la EI constituye un componente integral dentro de los procesos abordados en este trabajo.

Con el fin de identificar las posibles sinergias en el entorno seleccionado y de acuerdo a las recomendaciones apuntadas en el capítulo III de este documento, se concluye que:

1. Se obtuvo información cuantitativa y cualitativa sobre las entradas y salidas de las organizaciones (entrevistas, solicitudes y ofertas de los materiales, la energía y los servicios).

2. Se analizaron las ofertas y demandas del sitio. Se realizó este paso de forma limitada que fue en todo momento una de las disposiciones de que toda la información fuera con cierto grado de confidencialidad.

3. Se identificó plenamente las sinergias potenciales mediante la comparación de las ofertas con las demandas. Este paso se pudo realizar manualmente aunque existe la posibilidad de un análisis que permite identificar semi-automáticamente algunas coincidencias.

Algunos intercambios son sencillos. Por ejemplo, una oferta de neumáticos de desecho fácilmente puede corresponder con una solicitud para el mismo producto. Sin embargo, la experiencia nos mostró que puede haber apareamientos más complejos, tales como la incorporación de vidrio residual en la fabricación de cemento para crear un nuevo producto. El reciclaje de cenizas residuales en los fertilizantes, etc. Estos intercambios no tradicionales multiplican el número de posibles correlaciones. Este tipo de experiencia se acumula con el tiempo o a través de colaboraciones con consultores o especialistas con más conocimientos técnicos o experiencia en el sector. Habría que agregar a lo anteriormente descrito que debido al moderado desarrollo de lo que pudiera una SI por la proximidad geográfica de las empresas, los escasos ejemplos regionales disponibles y las presunciones insuficientes para fundamentar sustancialmente el uso, reconversión y re direccionamiento para el reúso de los recursos.

Por último agregaría que esta propuesta/proyecto es factible de llevar a cabo dado que el problema existente como lo son los Sistemas Industriales Lineales (SILs) existentes en el área se pudiera lograr una SI al utilizar los subproductos generados en ese entorno, el desarrollo de esta SI está supeditado a que los procesos llevados por todos y cada una de las entidades en el área sean interconectados buscando el beneficio mutuo, las actividades a desarrollar para lograr estas acciones deberán estar forzosamente normadas y dirigidas por el gobierno, ¿Porqué por el gobierno?, este cuenta con el poder de planear y regular las acciones de una manera axiomática. Lo aquí expuesto en este proyecto contiene el planteamiento del problema, se describen los objetivos de una manera clara y precisa, existe una justificación de la propuesta, cuenta con un marco de referencia bastante amplio, se realizó un diagnóstico/análisis de la situación de la región, así como el estado de cosas que guarda, se presenta las aportaciones que cada entidad pudiera proporcionar para cerrar el ciclo de producción industrial en el área de estudio.

## REFERENCIAS

- (OECD/IEA), O. F.-O. (29 de April de 2007). *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions*. Obtenido de International Energy Agency.org: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/tracking\\_emissions.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/tracking_emissions.pdf)
- Albino, V., Garavelli, A. C., & Romano, & V. (2013). Advances in Production Management Systems. Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services. En C. Emmanouilidis, M. Taisch, & D. Kiritsis, *A Classification of Industrial Symbiosis Networks: A Focus on Materials and Energy Recovery*. In *Advances in Production Management Systems. Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services* (págs. 216-223). Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Allenby, B. R. (2003). *Industrial ecology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Almasi, A. M. (12 de May de 2006). *Kalundborg Symbiosis*. Obtenido de Kalundborg Symbiosis er verdens første fungerende industrielle symbiose: <http://www.symbiosis.dk/sites/default/files/P7%20Industrial%20Symbiosis%20Aalborg%20University%20Christoffer.pdf>
- Almasi, A. M. (5 de January de 2011). *Business Model Implant for Sustainable Economic Growth*. Obtenido de Aalborg Universitet: [http://vbn.aau.dk/ws/files/58670552/Business\\_Model\\_Implant\\_for\\_Sustainable\\_Economic\\_Growth.pdf](http://vbn.aau.dk/ws/files/58670552/Business_Model_Implant_for_Sustainable_Economic_Growth.pdf)
- AMAC. (2011). *Datos Estadísticos*. Juárez INDEX. El Paso/Juarez: slideshare.net. Recuperado el 15 de June de 2015, de <http://www.slideshare.net/elperrote/juarez-amac-datos-estadisticos>
- Association, R. P. (29 de May de 2014). *BGreen 2020*. Obtenido de BGreen Bridgeport, Eco-Industrial Park: <http://www.bgreenbridgeport.org/news/2011/9/20/eco-industrial-park.html>
- Ávila, C. (27 de October de 2014). Convertirá GCC desechos industriales en combustible. *El Diario*, pág. 5. Recuperado el 8 de February de 2015 , de [http://diario.mx/Economia/2014-10-27\\_5f017ecb/convertira-gcc-desechos-industriales-en-combustible/](http://diario.mx/Economia/2014-10-27_5f017ecb/convertira-gcc-desechos-industriales-en-combustible/)
- Ayres, R. U. (1989). Chapter 1: Frameworks for analysis. En A. J. (Ed.), *Technology and Environment* (págs. 23-49). Washington, DC: National Academies Press.
- Ayres, Robert U. (1994). "Industrial metabolism: Theory and policy". En R. U. Ayres, & U. E. Simonis, *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development* (pág. 390). Tokyo: United Nations University Press.
- Barraza, L. (1998). *Ordenamiento ecológico territorial del área de médanos de Samalayuca: anexos*. Juárez: Gobierno del Estado/UACJ.
- Blackburn, W. R. (2007). *The sustainability handbook: The complete management guide to achieving social, economic, and environmental responsibility* (6th ed.). London: Earthscan.
- Bourg, D. (2003). Industrial ecology: Philosophical and political meanings. En D. Bourg, & S. Erkman, *Perspectives on Industrial Ecology* (págs. 58-62(5)). Canada: Greenleaf Publishing Limited. doi:[http://dx.doi.org/10.9774/GLEAF.978-1-909493-30-8\\_1](http://dx.doi.org/10.9774/GLEAF.978-1-909493-30-8_1)

- Bourg, D., & Erkman, S. (2003). *Perspectives on Industrial Ecology*. Switzerland: Greenleaf Publishing.
- Boyle, W. C. (1976). Energy recovery from sanitary landfills—a review. En H. S. Barnea, *Microbial Energy Conversion* (págs. 119-138). Oxford, UK: Pergamon Press.
- Cañamar, P. A., & Méndez, G. (27 de March de 2012). MANUAL DE ORGANIZACIÓN DE LA GERENCIA REGIONAL DE PRODUCCION NORTE, CFE. México, D.F., México.
- Cervantes Torre-Marín, G., Sosa Granados, R., Rodríguez Herrera, G., & Robles Martínez, F. (22 de March de 2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Ingeniería*, 13(1), 63-70.
- CFE. (2007-2016). *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico*. SENER. México D.F.: CFE. Recuperado el 31 de December de 2014, de [http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1\\_AcercadeCFE/Lists/POISE%20documentos/Attachments/5/POISE20082018.pdf?Mobile=1](http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Lists/POISE%20documentos/Attachments/5/POISE20082018.pdf?Mobile=1)
- Chamberlain, L. (28 de March de 2007). 2 Cities and 4 Bridges Where Commerce Flows. *The New York Times*, pág. 5.
- Chen, L. J. (15 de April de 2014). Bridgeport Eco-Industrial Park. (K. Easterling, Ed.) New Haven, Connecticut, USA. Recuperado el 29 de April de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=TsPTFhbqf2E>
- Chertow, M. (2007). “Uncovering” Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, Volume 11, Number 1, 11-30. doi:<http://dx.doi.org/10.1162/jiec.2007.1110/DO-10.1162/jiec.2007.1110>
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual review of energy and the environment*, 313-337.
- Chihuahua, G. d. (3 de July de 2010). *Chihuahua Gobierno del Estado*. Obtenido de [vive.chihuahua.gob.mx](http://vive.chihuahua.gob.mx): <http://vive.chihuahua.gob.mx/Institucional/Plan-estatal-desarrollo-2010-2016>
- Christensen, J. (1999). Proceedings of the Industry & Environment Workshop. *Indian Institute of Management* (pág. N/A). Ahmedabad, India: UNEP Environmental Management for Industrial Estates: Information and Training Resources.
- Christopherson, R. W. (2014). *Geosystems: An Introduction to Physical Geography* (9ed ed.). New Jersey: Pearson Higher Ed.
- Cttéi. (21 de May de 2014). *Creando una Simbiosis Industrial*. Obtenido de Centre de transfert technologique en écologie industrielle: <http://www.cttei.qc.ca/documents/guide-eng-21mai2014.pdf>
- Danish-Industry. (2000). *Integrating Externalities in Optimisation of Future Energy*. Denmark: Centre for Energy, Environment and Health.
- Desrochers, P. (2001). Eco-Industrial Parks: The-case for private planning. *PERC Research study RS00; The Independent Review*, 345-371.
- Díaz, C. R., & Escárcega, C. S. (2009). *Desarrollo sustentable, Una oportunidad para la vida*. Chihuahua: McGraw Hill.

- EDMST. (31 de July de 2003). *Industry as an Ecological System*. Obtenido de Environmental Decision Making, Science, and Technology: <http://environ.andrew.cmu.edu/m3/s4/matindecolgy.shtml>
- Eisenhardt, K. M. (Oct de 1989). Building Theories from Case Study Research. *The academy of Management Review.*, *JSTOR.*, 14(4), 532-550.
- Erkman, S. (1997). Industrial ecology: an historical view. *Journal of cleaner production*, 5(1), 1-10. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(97\)00003-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(97)00003-6)
- Erkman, S. (2004). *Vers une écologie industrielle* (2d ed.). Paris: Éditions Charles Léopold Mayer.
- Erkman, S. R. (2006). Industrial ecology: an introduction. En K. & Green, *Industrial ecology and spaces of innovation* (págs. 28-35). Great Britain: Edward Elgar Publishing, UK.
- ESA-Mexico. (09 de March de 2013). *ESA-Mexico Meeting: Ecology in an Era of Globalization Challenges and Opportunities for Environmental Scientists in the Americas*. Obtenido de esa.org: <http://www.esa.org/mexico/conferenceDescription.php>
- Frondel, M., Ritter, N., Schmidt, C. M., & Vance, C. (August de 2010). Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: The German experience. *Energy Policy*, 38(8), 4048-4056. doi:10.1016/j.enpol.2010.03.029
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. E. (1992). Towards an industrial ecology. *The treatment and handling of wastes*, 269-292.
- FUMEC. (2014). *En 2014 avanzamos en la conformación de las Agendas Estatales y Regionales de Innovación*. Mexico, D.F.: Fundación México/Estados Unidos para la ciencia. Recuperado el 22 de May de 2015, de [http://fumec.org.mx/v6/index.php?option=com\\_content&view=article&id=649:agendas&catid=98:desarrolloeconomico&Itemid=442&lang=es](http://fumec.org.mx/v6/index.php?option=com_content&view=article&id=649:agendas&catid=98:desarrolloeconomico&Itemid=442&lang=es)
- G.Tansley, A. (1935). The use and abuse of vegetational terms and concepts. *Ecology*, 284-307. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/1930070>
- Garner, A., & Keoleian, G. A. (1995). Industrial ecology: an introduction. *Pollution Prevention and Industrial Ecology*, 1-32. Obtenido de [www.umich.edu/~nppcpub](http://www.umich.edu/~nppcpub)
- GCC. (8 de February de 2015). *Concreto Grupo Cementos de Chihuahua*. Obtenido de [behance.net/gallery/GRUPO-CEMENTOS-CHIHUAHUA/3106033](http://behance.net/gallery/GRUPO-CEMENTOS-CHIHUAHUA/3106033): <http://www.imcyc.com/ct2009/guiaproductosjun09/concreto/gcc.htm>
- Gea-power-cooling. (20 de September de 2013). *Guia Mexico*. Obtenido de Gea power cooling de México S de RL de CV torres de enfriamiento: <http://guiamexico.com.mx/empresas/gea-power-cooling-de-mexico-s-de-rl-de-cv-torres-de-enfriamiento.html>
- Glavič, P., & Lukman, R. (18 de December de 2007). Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of Cleaner Production*, 15(18), 1875–1885. doi:10.1016/j.jclepro.2006.12.006
- gob, m. (20 de May de 2013). *Plan Nacional de Desarrollo*. Obtenido de Plan Nacional De Desarrollo 2013 2018: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013)

- Green, K., & Randles, S. (2006). At the interface of innovation studies and industrial ecology. En K. Green, & S. Randles, *Industrial ecology and spaces of innovation* (págs. 3-27). Great Britain: Edward Elgar Publishing.
- Griego, M. G. (1996). The Importation of Mexican Contract Laborers to the United States, 1942-1964. En D. G. Gutiérrez, *Between Two Worlds: Mexican Immigrants in the United States* (págs. 45-85). Wilmington: Wilmington, DE: Scholarly Resources.
- Haesen, N. (14 de April de 2011). *Industrial Symbiosis report-TU/e*. Obtenido de TU/e Technische Universiteit Eindhoven: <http://alexandria.tue.nl/extra2/afstversl/tm/Haesen%202011.pdf>
- Hampton, G. (1999). Environmental equity and public participation. *Policy Sciences*, 32(2), 163-174.
- Harris, P. G. (2007). Europe and the politics and foreign policy of global climate change. En P. G. Harris, *Europe and global climate change: Politics, foreign policy and regional cooperation* (págs. 3-41). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Harris, S. (2007). The potential role of industrial symbiosis in combating global warming. *International Conference On Climate Change* (págs. 1-12). Hong Kong: <https://cleanerproduction.curtin.edu.au/local/docs/publications/2007/isglobalwarming.pdf>.
- Hawken, P., Lovins, A. B., & Lovins, L. H. (2008). *Natural capitalism: The next industrial revolution*. New York, NY: earthscan routledge. Obtenido de <https://www.routledge.com/products/9781134033065>
- Hawkins, L. P. (19 de March de 2014). *Managing Fruit and Vegetable Waste*. Obtenido de The University of Georgia, College of Agricultural & Environmental Sciences, Crop and Soil Sciences Department: [http://www.caes.uga.edu/Publications/pubDetail.cfm?pk\\_ID=7882](http://www.caes.uga.edu/Publications/pubDetail.cfm?pk_ID=7882)
- Heeres, R. R. (2004). Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons. *Journal of Cleaner Production*, 12(8), 985-995. doi:10.1016/j.jclepro.2004.02.014
- Hermann, C., Hauschild, M., Gutowski, T., & Lifset, R. (31 de July de 2014). Life Cycle Engineering and Sustainable Manufacturing. *Journal of Industrial Ecology*, 18(4), 471-477. doi:10.1111/jiec.12177
- Hernández, C. M. (10 de June de 2011). Recibe Héctor Nolasco Soria el Premio al Mérito Ecológico 2011. (OEM, Ed.) *El Sudcaliforniano*, pág. 21. Obtenido de <http://www.oem.com.mx/elsudcaliforniano/notas/n2103044.htm>
- Herre, E., Knowlton, N., Mueller, U., & Rehnerand, S. (2 de February de 1999). The evolution of mutualisms: exploring the paths between conflict and cooperation. *TREE*, 14(2). doi:0169-5347/99/1999
- Herrmann, C., Hauschild, M., Gutowski, T., & Lifset, R. (2014). Life Cycle Engineering and Sustainable Manufacturing. *Journal of Industrial Ecology*, 18(4), 471-477.
- Hindle, T. (2008). *The Economist Guide to Management Ideas and Gurus*. London: Profile Books Ltd.
- Hindle, T. (17 de November de 2009). Triple Bottom Line. *The Economist*. November 17, 2009, pág. N/A.

- Hoff, M. D., & Polack, R. J. (1993). Social Dimensions of the Environmental Crisis: Challenges for Social Work. *Social Work*, 204-211. doi:10.1093/sw/38.2.204
- Huerta, J. M. (24 de May de 2005). *Procedimiento para redactar y validar los cuestionarios para los estudios de investigación y evaluación*. Obtenido de Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico: [academic.uprm.edu/jhuerta/HTMLObj-127/GUIAS1.pdf](http://academic.uprm.edu/jhuerta/HTMLObj-127/GUIAS1.pdf)
- INEGI. (2010). *Principales resultados por localidad 2010*. Mexico D.F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Investopedia. (25 de January de 2015). *Microeconomics*. Obtenido de Microeconomics Definition: [www.investopedia.com/terms/m/microeconomics.asp](http://www.investopedia.com/terms/m/microeconomics.asp)
- Isenmann, R. (2003). Industrial Ecology: Shedding more light on its perspective of understanding nature as model. (Wiley, Ed.) *Sustainable Development*, 143–158. doi:10.1002/sd.213
- Jacobsen, N. B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects. (W. o. Science, Ed.) *Journal of industrial ecology*, 10(1-2), 239-255. doi:10.1162/108819806775545411
- Jiménez, C. B., Torregrosa, A. M., & Aboites, A. (2010). El agua en México: cauces y encauces. *Academia Mexicana de Ciencias-CONAGUA*, 214.
- Juárez, M. d. (3 de December de 2013). *Orden Juridico*. Obtenido de Plan Municipal de Desarrollo: <http://ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Chihuahua/Todos%20los%20Municipios/wo94708.pdf>
- Kable, I. L. (23 de Dec de 2014). *Samalayuca II CCGT Plant, Chihuahua, México*. Obtenido de power-technology: <http://www.power-technology.com/projects/samalayuca/>
- Kahle, L. R., & Gurel-Atay, E. (2013). *Communicating sustainability for the green economy*. New York: M.E. Sharpe.
- Kahn, C. (2013). On Mexico Trip, Obama Maintains Economic Focus. *On Mexico Trip, Obama Maintains Economic Focus* (pág. 5). Costa Rica: NPR News.
- Kalundborg, A. (25 de May de 1961). *A circular ecosystem of economy*. Obtenido de KALUNDBORG SYMBIOSIS: <http://www.symbiosis.dk/en/system>
- Kneese, A. V. (1970). *Economics and the environment. A materials balance approach*. London: The Johns Hopkins Press.
- Kondo, H. &. (2003). Temperature variation in the urban canopy with anthropogenic energy use. *Air Quality*, 317-324.
- Kurup, B., & Stehlik, D. (2006). STAKEHOLDER PARTICIPATION IN EVALUATING LIFE CYCLE OF SOCIAL BENEFITS OF INDUSTRIAL SYMBIOSIS. *5th Australian Conference on Life Cycle Assessment Achieving business benefits from managing life cycle impacts* (pág. 22). Melbourne: Curtin University of Technology GPO Box U1987, Perth, WA 6845.
- La Prensa, O. (29 de January de 2015). CFE adjudica contrato para transporte de gas natural en Texas. (O. E. Mexicana, Ed.) *La Prensa*, pág. 10. Recuperado el 09 de February de 2015, de <http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n3688449.htm>

- Lifset, R., & Graedel, T. E. (2002). Industrial ecology: goals and definitions. En R. U. Ayres, & L. W. Ayres, *A Handbook of Industrial Ecology* (págs. 3-15). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited.
- Lotka, A. (1910). Contribution to the Theory of Periodic Reaction. *J. Phys. Chem.*, 271–274. Recuperado el 28 de June de 2015, de [https://en.wikipedia.org/wiki/Lotka%E2%80%93Volterra\\_equation](https://en.wikipedia.org/wiki/Lotka%E2%80%93Volterra_equation)
- Lowe, E. A. (2001). *Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. Oakland, CA: Asian Development Bank, Environment Department, Indigo Development.
- Lowitt, P. (09 de May de 2011). *Eco-Industrial Development Planning*. Obtenido de International Economic Development Council: <http://www.iedconline.org/web-pages/professional-development/iedc-training-courses/>
- Machiba, T. (28 de March de 2013). *Sustainable Manufacturing and Eco-Innovation*. Obtenido de Better Policies for Better Lives: <http://www.oecd.org>
- Magnani, L. (1990). *Abduction, Reason, and Science: Processes of Discovery and Explanation* (1 ed.). New York: Springer Science+Business Media. Obtenido de [www.Springer.com](http://www.Springer.com)
- McDonough, W., & Braungart, M. (14 de April de 1998). *The Atlantic Monthly Group*. Obtenido de The NEXT Industrial Revolution: <http://www.theatlantic.com/magazine/archive/1998/10/the-next-industrial-revolution/304695/>
- McDonough, W., & Braungart, M. (14 de October de 1998). *The Atlantic Monthly Group*. Obtenido de The next industrial revolution: <http://www.theatlantic.com/issues/98oct/industry.htm>
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., & Randers, J. (1992). *Beyond the limits: global collapse or a sustainable future*. Chelsea: Earthscan Publications Ltd.
- México2. (20 de July de 2014). *Plataforma Mexicana de Carbono*. Obtenido de MEXICO2: <http://www.mexico2.com.mx/portfolio/formulario-de-inscripcion/>
- Neimark, J. I. (2003). *Mathematical Models in Natural Science and Engineering: An Example-Based Approach*. Michigan: Springer Science & Business Media. Obtenido de <http://www.springer.de>
- Nierenberg, N., Tschinkel, V., & Tschinkel, W. (12 de March de 2009). *A Rebuttal to “Jason and the Secret Climate Change War*. Obtenido de [nicolasnierenberg.com](http://nicolasnierenberg.com): [www.nicolasnierenberg.com/uploads/1/1/6/6/1166378/final\\_times\\_rebuttal.pdf](http://www.nicolasnierenberg.com/uploads/1/1/6/6/1166378/final_times_rebuttal.pdf)
- Norton, R. K. (2005). Striking the balance between environment and economy in Coastal North Carolina. *Journal of environmental planning and management*, 48(2), 177-207.
- nspe. (2013). *Engineering Body of Knowledge*. Washington, D.C.: National Society of Profesional Engineers. Obtenido de [www.nspe.org](http://www.nspe.org)
- oecd. (1999). *Global Energy Perspectives: 2050 and Beyond*. Paris: ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT.
- OEM. (20 de Feb. de 2009). Hace 300 años Nace GCC. *El Heraldo de Chihuahua*, pág. 10. Recuperado el 8 de February de 2013, de <http://www.oem.com.mx/elheraldodechihuahua/notas/n1055350.htm>

- OEM, R. (29 de February de 2008). Ayuntamiento, imposibilitado para retirar contrato a PASA. *El Mexicano*, pág. 3. Recuperado el 9 de February de 2015, de <http://www.oem.com.mx/esto/notas/n612185.htm>
- Pérez, J. A. (09 de September de 2014). Relleno Sanitario de Ciudad Juarez. (J. R. Davila, Entrevistador)
- Pineda, A. A. (2011). Crisis ambiental y sustentabilidad: emergencia de nuevos lenguajes en el escenario administrativo-organizacional. *Revista Gestión y Ambiente, Volumen 14 - No. 1, 14(1)*, 105-116.
- Prim, L. E. (09 de May de 1998). Tema 4: Ecosistemas, Libro Electronico "Ciencias de la tierra y del medio ambiente". Tecnum Universidad de Navarra, Navarra, España. Recuperado el 2014, de <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/indice.html>
- Quicker, P. (25 de March de 2013). *Waste to Energy Research and Technology Council*. Obtenido de Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe an der RWTH Aachen: <http://www.wtert.eu/default.asp?Menue=14&ShowDok=25>
- Quintero, R. (2007). *Testimonio de investigación Samalayuca*. Juárez: UACJ. Recuperado el 2014, de <http://docentes2.uacj.mx/rquinter/cronicas/samalayuca.htm>
- Ravetz, J. (2006). Regional industrial ecology and resources productivity: new approaches to modeling and benchmarking. En K. Green, & S. Randles, *Industrial ecology: goals and definitions* (págs. 45-76). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited.
- Ravetz, J. R. (2006). Post-normal science and the complexity of transitions towards sustainability. *Ecological complexity*, 3(4), 275-284.
- Rice, A. L. (2013). *The enterprise and its environment: A system theory of management organization* (Vol. 10). Abingdon, Oxon: Routledge.
- Richards, D. J., & Frosch, R. A. (1997). The industrial green game: Overview and perspectives. En D. J. (Ed.), *The industrial green game: Implications for Environmental Design and Management* (págs. 1-34). Washington, DC: National Academy Press.
- Rivers, C. (15 de June de 2010). *JUAREZ ARCHIVES*. Obtenido de Handbook of Texas Online, Published by the Texas State Historical Association: <http://www.tshaonline.org/handbook/online/articles/lcj04>
- Rodarte, D. &. (2014). Capitulo 4: Fase 1: Bibliotecas del IADA-IIT. En O. É. Staines, E. A. Reyes, & B. R. Pérez, *Proyecto de reconversión energética de bibliotecas UACJ* (págs. 147-167). Juárez: Universidad Autonoma de Ciudad Juarez.
- Rohde, R. F., & Hoffman, M. (2008). One Hundred Years of Separation: The Historical Ecology of a South African 'Coloured Reserve'. *Africa: Journal of the International African Institute*, 189-222. doi:10.3366/E0001972008000132
- Rosas, J. R. (18 de June de 2011). Tenemos "basurero" modelo. *El Mexicano*, pág. 2.
- Rosas, J. R. (17 de Aug de 2012). Arranca tradicional Feria de Hortalizas en Samalayuca. *Organización Editorial Mexicana "El Mexicano"*, pág. 2.
- Rosemberg, A. (02 de May de 2006). *Ecología y Simbiosis Industrial*. Obtenido de estrucplan on line: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1234>

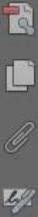
- Rosemberg, A. (2012). Ecología y Simbiosis Industrial. *Centro Tecnológico para la Sustentabilidad* – CTS-UTN, 30-42. Obtenido de <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1234>
- Santiago, Q. G. (2007). *La industria Maquiladora de Ciudad Juárez*. Juárez: Departamento de Historia. Recuperado el 17 de January de 2014, de <http://docentes2.uacj.mx/rquinter/cronicas/maquilas.htm>
- Schmidt-Bleek, F. (1993). MIPS. A universal ecological measure? *Fresenius environmental bulletin*, 306-311.
- Shapiro, C., & Varian, H. R. (2013). *Information rules: a strategic guide to the network economy*. Harvard: Harvard Business Press. Obtenido de <http://down.cenet.org.cn/upfile/9/2009710204416120.pdf>
- Simonis., U. E., & Ayres, R. U. (1994). *Industrial metabolism: restructuring for sustainable development* (Vol. 376). New York: United Nations University Press.
- Slaper, T. F., & Hall., T. J. (2011). The triple bottom line: what is it and how does it work. *Indiana Business Review*, 86(1), 4-8.
- Socolow, R. (1994). Six perspectives from industrial ecology. Industrial ecology and global change. En R. Socolow, C.Andrews, F.Berkhout, & V. Thomas, *Industrial Ecology and Global Change* (págs. 3-16). Cambridge: The Press Syndicate of The University of Cambridge.
- solvay. (2014). *Solvay Fluor México SA de CV afiliado de Solvay Chemicals, Inc. & Solvay Fluorides, LLC*. Juárez: Solvay. Obtenido de <http://www.solvaychemicals.us/EN/aboutus/media/corporateoverview.aspx>
- Stephens, R. (29 de January de 2015). *Eco-Industrial Development*. Obtenido de Economic Development and Employment Land Planning Guidebook: Oregon Department of Land Conservation and Development: <http://www.stephensplanning.com/EID.pdf>
- Troitiño, C. (2013). *Ciudad Juárez Maquiladora Overview-2013*. INDEX Juárez. Juárez: slideshare.net. Recuperado el 15 de June de 2015, de <http://www.slideshare.net/TecmaGroupLP/claudia-troitino-supply-chain?>
- Unión Europea, 1.-2. (12 de 08 de 2014). *European Commission Eurostat (ECE)*. Obtenido de EUROSTAT ANNUAL ACTIVITY REPORT 2010: [http://ec.europa.eu/atwork/synthesis/aar/doc/estat\\_aar.pdf](http://ec.europa.eu/atwork/synthesis/aar/doc/estat_aar.pdf)
- Van Beers, D. B. (2009). Development of large scale reuses of inorganic by-products in Australia: The case study of Kwinana, Western Australia. (W. o. Science, Ed.) *Resources, Conservation and Recycling*, 53(7), 365-378. doi:10.1016/j.resconrec.2009.02.006
- Vida, R. P. (29 de May de 2014). *Realizar evaluaciones de impacto ambiental utilizando como herramienta el Análisis de Ciclo de Vida*. Obtenido de [blog.pucp.edu.pe:](http://blog.pucp.edu.pe:) <http://blog.pucp.edu.pe/item/47617/pensamiento-de-ciclo-de-vida-life-cycle-thinking>
- Wahl, M. F. (2008). Governance and Ownership: Methodological Aspects of Qualitative Ownership Research. En G. Prause, *Baltic Business and Socio-economic Development 2009: 5th International Conference, Kalmar, Sweden, September 14-15, 2009* (Vol. 3, págs. 260-270). Berlin: BWV Verlag.

- Walter Royal Lynn, P. P. (17 de June de 2011). sustainability. *Ithaca Journal*, 1. Obtenido de <http://www.legacy.com/obituaries/theithacajournal/obituary.aspx?n=Walter-Lynn&pid=151989584#sthash.XcF3VxPa.dpuf>
- Wastney, M. E., Patterson, B. H., Linares, O. A., Greif, P. C., & Boston., R. C. (1999). *Investigating biological systems using modeling : strategies and software* (reprint. 2006 ed., Vol. 1). San Diego: Academic Press.
- Williams, Y. (16 de March de 2011). *Ideas for Easy Peanut Butter Sweet Treats*. Obtenido de 100CafeStreet.com: <http://www.100cafestreet.com/ideas-for-easy-peanut-butter-sweet-treats/>
- wormsdirectuk. (20 de March de 2014). *The specialist worms website for fishing bait, composting, animal feeds, and gardening*. Obtenido de Worms Direct UK: <http://www.wormsdirectuk.co.uk/acatalog/benefits-of-recycling-and-composting.html>
- Zero-Waste, A. (08 de May de 2015). *Zero Waste Alliance Organization*. Obtenido de [zerowaste.org](http://www.zerowaste.org/): <http://www.zerowaste.org/>
- Zhu, Q., Geng, Y., & Haight, M. (2007). Empirical analysis of eco-industrial development in China. *Sustainable Development*, 121-133.
- ZigBee-Alliance. (14 de October de 2014). *ZigBee Alliance*. Obtenido de What is ZigBee?: [www.zigbee.org](http://www.zigbee.org)

# ANEXO A

## **CUESTIONARIO ENVIADO A LAS EMPRESAS MAQUILADORAS**

Este cuestionario fue creado en el segundo semestre de 2014 y enviado a una empresa maquiladora Hoover Industrial como prueba piloto, se consideró a otras empresas cercanas: AVX Corporation, Capsonic, Eaton Molded Products, Todas ellas en el parque Industrial Omega.. No se obtuvo información considerable, primero por el desconocimiento de un proceso simbiótico, segundo el nivel de participación de los actores no era el adecuado y cuando se planteó este cuestionario a niveles directivos la confiabilidad de la información no fue suficiente, es por ello que la validación del mismo cuestionario (Huerta, 2005) no fue posible debido a la heterogeneidad industrial, y las políticas de confidencialidad.



Enviar por Email    Imprimir Forma

## Información\_Simbiosis



UACJ/IIT  
Ave. Del Charro 610 norte  
Juarez, Chihuahua  
Mexico  
32310  
Phone: 6566884800  
Fax: 6566884848  
www.uacj.mx

Fecha:   
 Aceptar    Rechazar

Nombre Maquila:   
Dirección:   
Parque Ind.:   
Producto principal:   
Corporativo:

Num. Telefono:   
Num. Fax:

### Status del Empleo

antigüedad:   
función:   
Producto o servicio:

- Tipo de Producto Final
- Electrónico
  - Maquinaria
  - Químico
  - Textil
  - Eléctrico (Arneses)
  - Madera (paletas,etc.)
  - Piel (vestiduras)

Para propósitos informativos, liste productos de desecho (sub-productos) de su empresa

Nombre	unidades	cantidad

Personas alternas que nos pudieran dar la información en caso de no estar autorizado para brindar información y que esten de acuerdo.

Nombre (1):   
Cargo:   
Horario en el que se le puede contactar:   
e-mail:   
Num. Telefonico:   
Ext:   
permite visitas:   
Relación laboral:   
Nombre (2):   
Cargo:   
Horario en el que se le puede contactar:   
e-mail:   
Num. Telefonico:   
Ext:   
permite visitas:   
Relación laboral:

Cree usted que productos de desecho de otras plantas le pudieran ser de utilidad en su planta y viceversa (explique brevemente):

# ANEXO B

## PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2013-2018

En este Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 convergen ideas y visiones, así como propuestas y líneas de acción para llevar a México a su máximo potencial, es, primero, un documento de trabajo que rige la programación y presupuestación de toda la Administración Pública Federal; ha sido concebido como un canal de comunicación del Gobierno de la República, que transmite a toda la ciudadanía de una manera clara, concisa y medible la visión y estrategia de gobierno de la presente Administración (gob, 2013).

### **Desarrollo sustentable**

Durante la última década, los efectos del cambio climático y la degradación ambiental se han intensificado. Las sequías, inundaciones y ciclones entre 2000 y 2010 han ocasionado alrededor de 5,000 muertes, 13 millones de afectados y pérdidas económicas por 250,000 millones de pesos (mmp).

El mundo comienza a reducir la dependencia que tiene de los combustibles fósiles con el impulso del uso de fuentes de energía alternativas, lo que ha fomentado la innovación y el mercado de tecnologías, tanto en el campo de la energía como en el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Hoy, existe un reconocimiento por parte de la sociedad acerca de que la conservación del capital natural y sus bienes y servicios ambientales, son un elemento clave para el desarrollo de los países y el nivel de bienestar de la población.

En este sentido, México ha demostrado un gran compromiso con la agenda internacional de medio ambiente y desarrollo sustentable, y participa en más de 90 acuerdos y protocolos vigentes, siendo líder en temas como cambio climático y biodiversidad. No obstante, el crecimiento económico del país sigue estrechamente vinculado a la emisión de compuestos de efecto invernadero, generación excesiva de residuos sólidos, contaminantes a la atmósfera, aguas residuales no tratadas y pérdida de bosques y selvas. El costo económico del agotamiento y la degradación ambiental en México en 2011 representó 6.9% del PIB, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Ello implica retos importantes para propiciar el crecimiento y el desarrollo económicos, a la vez asegurar que los recursos naturales continúen proporcionando los servicios ambientales de los cuales depende nuestro bienestar: i) el 12% de la superficie nacional está designada como área protegida, sin embargo 62% de estas áreas no cuentan con programas de administración; ii) cerca de 60 millones de personas viven en localidades que se abastecen en alguno de los 101 acuíferos sobreexplotados del país; iii) se debe incrementar el tratamiento del agua residual colectada en México más allá del 47.5% actual; iv) la producción forestal maderable del país es menor al 1% del PIB; v) para proteger los ecosistemas marinos se debe promover el desarrollo turístico y la pesca de manera sustentable; y vi) se debe incentivar la separación de residuos para facilitar su aprovechamiento.

### **Acceso a servicios de telecomunicaciones**

Las telecomunicaciones se han convertido en un insumo estratégico para competir en la economía moderna. El acceso a los servicios de telecomunicaciones a un precio competitivo y con la calidad

suficiente es hoy un prerrequisito para que los individuos y las empresas sean competitivos y aprovechen al máximo el potencial de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

Sin embargo, el acceso a servicios de telecomunicaciones en México aún es limitado para gran parte de la población. La penetración de la telefonía móvil en el país es de 86 líneas por cada 100 habitantes contra 112 en países como España. Además, México se encuentra en los últimos lugares en penetración de banda ancha entre los países de la OCDE: este tipo de banda tiene una penetración del 11.4% en telefonía fija y 9.6% en telefonía móvil, con una velocidad promedio de 5.3 Mb en 2012, mientras que el equivalente en Chile fue de 19 Mb. Además, existen retos de cobertura y competencia en el sector: existen sólo 17 líneas de teléfono fijas por cada 100 habitantes; la televisión de paga cubre alrededor del 10% de la población; la televisión abierta tiene 465 estaciones concesionadas y el 95% de éstas se concentran en dos empresas.

Lo anterior impacta los precios de los servicios de telecomunicaciones que enfrentan las empresas y la población en general. Una consecuencia es que, de acuerdo con el Informe Mundial sobre la Tecnología de la Información 2013 del Foro Económico Mundial, México ocupa la posición 63, de un total de 144 países, según el Índice de

### **Tecnologías de la Información.**

Por ello, se presentó la Reforma de Telecomunicaciones que fue aprobada por las Cámaras de Diputados y de Senadores. La Reforma busca incentivar la competencia efectiva en todos los segmentos de las telecomunicaciones. Lo anterior, con el propósito de asegurar la cobertura universal de los servicios de televisión, radio, telefonía y datos para todo el país. Asimismo, se busca contar con precios adecuados para que todos los niveles socioeconómicos tengan acceso a

las nuevas tecnologías. Además, se impulsará una mayor calidad de los servicios para que sean más rápidos y confiables y se fomentará una mayor diversidad en los contenidos.

Mejorar el acceso a las tecnologías de la información y la comunicación, así como los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión, cumple un doble propósito. Por una parte, son actividades económicas que producen insumos estratégicos para el incremento de la productividad de las empresas en México. Por otro lado, son instrumentos que propician el fortalecimiento de los derechos fundamentales de las personas, lo que representa el eje rector de la Reforma de Telecomunicaciones.

## **Energía**

El uso y suministro de energía son esenciales para las actividades productivas de la sociedad. Su escasez derivaría en un obstáculo para el desarrollo de cualquier economía. Por ello, es imperativo satisfacer las necesidades energéticas del país, identificando de manera anticipada los requerimientos asociados al crecimiento económico y extendiéndolos a todos los mexicanos, además de los beneficios que derivan del acceso y consumo de la energía. En México, la producción de energía primaria registró una disminución promedio anual de 0.3% entre 2000 y 2011, mientras que el consumo de energía creció a un promedio anual de 2.1% en el mismo periodo. Por tanto, se deben redoblar los esfuerzos para que el país siga siendo superavitario en su balanza de energía primaria más allá del año 2020.

En materia de hidrocarburos, desde hace más de tres décadas la producción en México ha sido superior a la incorporación de reservas probadas más probables (que se denominan 2P). Aun cuando la actividad exploratoria fue el doble de lo observado en años recientes, los niveles de

incorporación de reservas no se han reflejado en volúmenes que permitan tener una reposición de los barriles producidos. El nivel de producción (2.54 millones de barriles diarios) y el volumen de exportaciones de petróleo crudo observados al cierre de 2012 fueron los menores desde 1990.

La capacidad del Estado Mexicano para detonar nuevos proyectos de inversión en campos no convencionales, como los de aguas profundas y los de lutita (shale, por su nombre en inglés), ha sido limitada y por tanto se requiere un nuevo marco institucional que permita al Estado aumentar su capacidad para producir energía más barata y de manera más eficiente, a fin de asegurar el abasto para la economía.

Adicionalmente, la capacidad de producción y refinamiento de petrolíferos en el país ha disminuido en los últimos años. En contraste, la demanda nacional de gasolinas y diésel ha aumentado como resultado del incremento del parque vehicular, las necesidades de transporte y los menores precios de las gasolinas respecto de sus referencias internacionales. Lo anterior ha creado un déficit en el abasto de energéticos, que ha sido cubierto con crecientes importaciones. Asimismo, la segmentación de la cadena entre petroquímicos básicos y secundarios ha contribuido al deterioro de esta industria en el país. La mayor parte del mercado de insumos petroquímicos se abastece mediante importaciones.

Respecto a la cobertura de electricidad, el servicio se ha expandido y actualmente cubre alrededor de 98% de la población. Si bien hoy en día existe capacidad suficiente respecto al consumo nacional de electricidad, hacia el futuro la mayor incorporación de usuarios y un mejor acceso al suministro de energía significarán un reto para satisfacer las necesidades de energía eléctrica de la población y la planta productiva del país.

De manera adicional, en 2011 la mitad de la electricidad fue generada a partir de gas natural, debido a que este combustible tiene el menor precio por unidad energética. En este contexto, tecnologías de generación que utilicen fuentes renovables de energía deberán contribuir para enfrentar los retos en materia de diversificación y seguridad energética. A pesar del potencial y rápido crecimiento en el uso de este tipo de energías, en el presente, su aportación al suministro energético nacional es apenas el 2% del total.

**Plan de acción: Eliminar las trabas que limitan el potencial productivo del país.**

Se busca impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo de manera eficaz. Por ello, se necesita hacer del cuidado del medio ambiente una fuente palpable de beneficios. Es decir, los incentivos económicos de las empresas y la sociedad deben contribuir a alcanzar un equilibrio entre la conservación de la biodiversidad, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el desarrollo de actividades productivas, así como retribuir a los propietarios o poseedores de los recursos naturales por los beneficios de los servicios ambientales que proporcionan. La sustentabilidad incluye el manejo responsable de los recursos hídricos, el aumento de la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como la infraestructura hidroagrícola y de control de inundaciones.

Estrategia general: mayor productividad para llevar a México a su máximo potencial. Estimular el cambio estructural mediante el crecimiento de actividades e industrias de alto valor agregado y la consolidación de una economía del conocimiento.

Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI): El número de doctores graduados por millón de habitantes (29.9) es insuficiente para lograr en el futuro próximo el capital humano que

requerimos. Se pretende fortalecer el posgrado para que llegue a constituir la vía principal para la formación de los profesionales altamente especializados que requiere la industria.

Entre los principales retos del sector industrial principalmente el minero, ya que la industria minera es la cuarta fuente generadora de ingresos al país, por encima del turismo y por debajo de las exportaciones automotrices, la industria eléctrica y electrónica y el petróleo, destacan el mantener el dinamismo y la competitividad del mismo en un ambiente de volatilidad en los precios internacionales y beneficiar y respetar los derechos de las comunidades o municipios donde se encuentra establecida esta industria.

Para que México logre despuntar económicamente, necesariamente se deberán destinar más recursos hacia la investigación y generación de tecnología (Sandoval, 2013). Detonar el desarrollo económico de la región Sur-Sureste y sentar las bases para el futuro desarrollo industrial, agropecuario y silvícola del sur (Aysa, 2013).

Dentro de las estrategias planteadas en el Plan Nacional de Desarrollo están:

- Construir y adecuar la infraestructura, instalaciones y equipamiento militares y navales, procurando que, en su caso, se promueva el desarrollo de la industria nacional (por ejemplo, la industria naval).
- Incentivar la creación de industrias culturales y apoyar las ya creadas a través de los programas de MIPYMES.
- Ampliar la cobertura de infraestructura y programas ambientales que protejan la salud pública y garanticen la conservación de los ecosistemas y recursos naturales.
- Desarrollar las instituciones e instrumentos de política del Sistema Nacional de Cambio Climático.
- Acelerar el tránsito hacia un desarrollo bajo en carbono en los sectores productivos

primarios, industriales y de la construcción, así como en los servicios urbanos, turísticos y de transporte.

- Promover el uso de sistemas y tecnologías avanzados, de alta eficiencia energética y de baja o nula generación de contaminantes o compuestos de efecto invernadero.
- Impulsar y fortalecer la cooperación regional e internacional en materia de cambio climático, biodiversidad y medio ambiente.
- Lograr un manejo integral de residuos sólidos, de manejos especiales y peligrosos, que incluya el aprovechamiento de los materiales que resulten y minimice los riesgos a la población y al medio ambiente.
- Realizar investigación científica y tecnológica, generar información y desarrollar sistemas de información para diseñar políticas ambientales y de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Lograr el ordenamiento ecológico del territorio en las regiones y circunscripciones políticas prioritarias y estratégicas, en especial en las zonas de mayor vulnerabilidad climática.
- Continuar con la incorporación de criterios de sustentabilidad y educación ambiental en el Sistema Educativo Nacional, y fortalecer la formación ambiental en sectores estratégicos.
- Contribuir a mejorar la calidad del aire, y reducir emisiones de compuestos de efecto invernadero mediante combustibles más eficientes, programas de movilidad sustentable y la eliminación de los apoyos ineficientes a los usuarios de los combustibles fósiles.
- Lograr un mejor monitoreo de la calidad del aire mediante una mayor calidad de los sistemas de monitoreo existentes y una mejor cobertura de ciudades.

# ANEXO C

## PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2010-2016

En cumplimiento a lo establecido en la Ley de Planeación del Estado de Chihuahua y en los Lineamientos del Sistema Nacional de Planeación Democrática, se formula el Plan Estatal de Desarrollo 2010-2016, como el instrumento rector del Gobierno del Estado para el impulso del desarrollo económico y el bienestar social en todas las regiones, privilegiando las de mayor rezago social en la entidad (Chihuahua, 2010).

El Gobierno del Estado de Chihuahua en el Plan Estatal de Desarrollo 2010-2016 lo considera como el medio por el cual se propone alcanzar metas y objetivos de una sociedad demandante de una convivencia en paz, de fuentes de trabajo, y de rescate a sí misma como una comunidad de valores democráticos y éticos.

Enseguida se plantean las acciones más pertinentes sobre el desarrollo de este trabajo:

### **Medio ambiente y sustentabilidad**

Agua

Energías Alternativas

Ecología y Medio Ambiente

Objetivo 2. Promover el programa de Desarrollo Comunitario en las minas de chihuahua.

- Trabajar programas de Responsabilidad Social Empresarial para mejorar el desarrollo sustentable en las comunidades mineras.
- Implementar programa de Industria Limpia en todas las empresas mineras en el Estado.

2.2 Facilitar el desarrollo sustentable de la pequeña minería en el Estado.

- Proporcionar asesoría técnica en estudios geológicos-mineros para su evaluación.
- Continuar con apoyos de análisis químicos y metalúrgicos para la pequeña minería.

Objetivo 4. Fortalecer el posicionamiento social de la escuela.

4.4 Promover el respeto al medio ambiente para propiciar un desarrollo sustentable.

- Fomentar en el estudiante una cultura ecológica integral mediante la enseñanza de los conceptos básicos que dan fundamento a la conservación del medio ambiente y la sustentabilidad.
- Reforzar la capacitación en materia de educación ambiental en los docentes.
- Fortalecer la enseñanza educativa de la preservación y conservación de los ecosistemas, con énfasis en el cuidado del agua, el ahorro de energía y la cultura del reciclaje.
- Apoyar la concreción de proyectos ecológicos escolares, orientados a disminuir el consumo de agua y energía eléctrica de los centros educativos, así como a promover la forestación y la expansión de la biodiversidad de su entorno.
- Promover el establecimiento de grupos o clubes de ecología que presten servicio social y coadyuven al desarrollo sustentable de sus comunidades.

Objetivo 9. Promover el aprovechamiento del patrimonio ecológico de la entidad, integrado por los parques nacionales, estatales y áreas naturales protegidas para consolidarlos como espacio de convivencia social, investigación científica y promoción del desarrollo sustentable.

Objetivo 13. Buscar fuentes de financiamiento aplicables en materia ambiental dentro del estado.

# ANEXO D

## PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO 2013-2016

Debido al crecimiento económico expansivo de la ciudad basado en la inversión de capital, la generación de empleos con salarios de sobrevivencia y una normatividad ambiental laxa, se ha presentado un crecimiento poblacional exagerado en Ciudad Juárez, que ocasiona la multiplicación del suministro de servicios públicos, combustibles y bienes, se aumenta el ruido, al igual que la necesidad de transporte de pasajeros, de mercancías y del parque vehicular, sumado al acelerado crecimiento de la Zona Urbana. Lo anterior ha traído como consecuencia problemas de tránsito en las zonas de mayor actividad, mayores distancias a recorrer y tiempos de traslado más lentos. Como resultado de los procesos y actividades mencionadas, se aumentan los niveles de contaminación atmosférica en la Ciudad, por lo que cabe destacar la importancia de concientizar a la ciudadanía de que todo lo que se realice impactará en el medio ambiente (Juárez, 2013).

El desecho de llantas es un problema ambiental y de salud pública, mundial (Cantanhede y Monge 2002); y es común encontrarlas en la vía pública, en talleres mecánicos de automóviles, hasta en patios de algunos hogares; esta situación se agudiza con el aumento en la cantidad de neumáticos para su reutilización, ya que cada año ingresan millones al país procedentes de Estados Unidos como desecho (Universidad Estatal de San Diego 2009), afectando a las ciudades entre ellas a Ciudad Juárez.

Otro factor a tomar en cuenta en materia de Ecología es la reproducción descontrolada de los animales domésticos, causas por las cuales terminan gran cantidad en condición de calle o

abandono por lo que el municipio propone estimular una cultura responsable en lo que a este tema se refiere.

## **Diagnóstico**

Por otro lado, la calidad del aire en la ciudad se ve afectada de manera negativa, particularmente por las emisiones contaminantes del parque vehicular, de acuerdo con el programa de Gestión de la Calidad del Aire 2006-2012. Por ejemplo, de acuerdo a la información de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire, en 1997 se encontraron 42 excedencias totales, de las cuales se desprenden 24 excedencias de monóxido de carbono (CO), 7 excedencias de ozono (O3) y 11 de partículas (PM10) por encima de la Normas Oficiales Mexicanas de límites máximos permisibles de contaminación atmosférica.

En este sentido, el Programa de Verificación Vehicular de Emisiones para el Municipio de Juárez fue creado de manera voluntaria en 1992, haciéndose obligatorio en 1994 y considerado en la Ley Ecológica del Estado de Chihuahua, así como su reglamento, y en la Ley de Tránsito para el Estado de Chihuahua, siendo aplicado hasta esta fecha conjuntamente con el Reglamento Municipal de Ecología y Protección al Ambiente para Ciudad Juárez.

Cabe destacar que los años 2010 y 2012 son considerados los períodos con mayores verificaciones con apenas 198,689 y 223,214 respectivamente.

Las condiciones topográficas, geográficas y climatológicas presentes en el municipio hacen que sea inminente aplicar una cultura de respeto hacía el medio ambiente que mitigue el impacto ambiental ocasionado por la mano del hombre y que reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático.

En el municipio se han implementado medidas de control ambiental que regulan la generación, el manejo y disposición final de las llantas, por lo que se persigue continuar e intensificar dichas medidas e impulsar programas de concientización.

## INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO URBANO Y MEDIO AMBIENTE CALIDAD EN EL SERVICIO ECOLOGÍA

### YONKES

#### Objetivo

Fortalecer el Programa de Regularización, Inspección y Vigilancia de los Yonkes en Ciudad Juárez en su operación dentro de la normatividad vigente en materia de medio ambiente.

#### Estrategia

Fomentar una política de ordenamiento y cumplimiento de la normatividad vigente y del mejoramiento de la imagen al entorno urbano.

#### Líneas de Acción

- Actualizar los yonkes registrados.
- Realizar recorridos de vigilancia para detectar yonkes que operan de manera clandestina.
- Verificar el funcionamiento en regla de los yonkes, en el correcto manejo de llantas, residuos y demás materiales que podrían impactar al ambiente.
- Promover un programa en coordinación con Dirección de Desarrollo Urbano para que los propietarios de yonkes contribuyan al mejoramiento de la imagen de los mismos respecto al entorno urbano.

### RECICLADO DE LLANTAS

#### Objetivo

Impulsar el programa de regulación ambiental en la generación, manejo y disposición final del desecho de llantas en el municipio, para disminuir el impacto ocasionado por este tipo de desecho.

Estrategia

Fortalecer el programa de inspección a desponchadoras.

Líneas de Acción

- Fortalecer la vigilancia de las disposiciones ambientales en relación al correcto manejo y desecho de llantas.
- Fortalecer el Centro de Acopio de Llantas de Desecho, para tener un destino útil y equilibrado de las mismas.
- Fortalecer el control integral en número de llantas, características y especificaciones existentes en el centro de Acopio, para no alterar ni poner en riesgo al medio ambiente.
- Implementar medidas de seguridad para el manejo de llantas dentro del Centro de Acopio para evitar accidentes.

## RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS

Objetivo

Proteger el Medio Ambiente de la Ciudad regulando la disposición y recolección de Residuos No Peligrosos (madera, cartón, plástico, metales, aceites, grasas, orgánicos, basura común).

Estrategias

- Implementar programas de inspección en las empresas generadoras y recolectoras de residuos sólidos no peligrosos.
- Fortalecer la planeación y seguimiento del manejo de los residuos sólidos no peligrosos, desde su generación, recolección y tratamiento hasta su destino final.

Líneas de Acción

- Inspeccionar a las empresas dedicadas a la generación y a la recolección de estos residuos para verificar que cuenten con autorizaciones y lineamientos indicados en el reglamento para el manejo, acopio y situación legal de los predios.
- Emitir a las empresas una autorización para recolección de éstos residuos, considerando previa evaluación del proceso, manejo y transporte de éstos.

## USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

### Objetivo

Impulsar en la ciudadanía el uso de energías alternativas, para la preservación de recursos naturales y el ahorro de energía.

### Estrategia

Promover el uso de energías alternativas en la iniciativa privada y en zonas habitacionales.

### Líneas de Acción

- Proponer la creación de un Comité de Promoción de Uso de Energías Alternativas con Direcciones de Limpia, Alumbrado Público, Desarrollo Urbano y Ecología.
- Gestionar con ONGs que promuevan el uso de energías alternativas, la capacitación en la materia.
- Fortalecer en coordinación con Dirección de Limpia el Programa de generación de energía eléctrica con Biogás.
- Promover en coordinación con Dirección de Alumbrado Público la implementación de Energía Solar para abastecer infraestructura del municipio
- Impulsar proyectos en coordinación con la iniciativa privada para aprovechamiento sustentable de combustible.
- Contactar a empresas dedicadas a recolección de residuos para generar combustibles.

- Gestionar con la iniciativa privada y pública de los tres niveles de gobierno la realización de campañas informativas y la implementación de energías alternativas en zonas habitacionales.

## VERIFICACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES

### Objetivo

Disminuir las emisiones atmosféricas ocasionadas por el parque vehicular, evitando así problemas de salud en la población a raíz de los efectos nocivos de los contaminantes.

### Estrategia

Fortalecer el Programa de Verificación Vehicular y promover la cultura del engomado ecológico.

### Líneas de Acción

- Establecer una calendarización en el Programa de Verificación de acuerdo a la terminación de las placas del parque vehicular para tener un control y evitar aglomeraciones en los centros de verificación.
- Emitir un certificado y un engomado infalsificable para dar mayor confianza a la ciudadanía.
- Implementar retenes en conjunto con la Dirección de Tránsito para concientizar a la ciudadanía de afinar y verificar su vehículo.
- Realizar ferias de engomado ecológico en coordinación con centros de verificación en diferentes puntos de la ciudad.
- Fortalecer el programa de detección y sanción a vehículos contaminantes y a los que no porten hologramas de verificación aprobada.

## CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL Y CULTURA ECOLÓGICA

### Objetivo

Impulsar una conciencia ambiental en la ciudadanía para el uso racional de los recursos naturales en el municipio, así como lograr mayor participación ciudadana en cuestiones ecológicas.

#### Estrategias

- Impulsar programas de cultura ambiental que involucren a la ciudadanía, instituciones públicas, privadas y de educación superior, para crear conciencia del uso de los recursos naturales y sus consecuencias.
- Promover programas congruentes con la necesidad de resolver problemas de impacto ambiental en el municipio que deterioran el medio ambiente.

#### Líneas de Acción

- Realizar campañas en los medios de comunicación, para promover la cultura y el respeto ambiental.
- Establecer acuerdos con gobierno federal y estatal u otras organizaciones para que se involucren en campañas conjuntas de educación y cultura sobre el medio ambiente a través de conferencias.
- Establecer mecanismos más expeditos en la atención de denuncias ambientales, con el fin de evitar un impacto ambiental en el municipio.
- Realizar la feria ecológica en el marco de la celebración del Día del Medio Ambiente, para dar talleres enfocados en el cuidado del medio ambiente y reciclado de materiales.

### ANIMALES DOMÉSTICOS

#### Objetivo

Buscar la disminución de la sobrepoblación de animales domésticos en condición de calle y que representan riesgo en la salud de la población en general.

#### Estrategia

Concientizar a la ciudadanía sobre la reproducción de animales domésticos y su riesgo a la salud.

#### Líneas de Acción

- Promover programas educativos para fomentar la cultura responsable sobre reproducción de mascotas.
- Establecer acuerdos y convenios con instituciones educativas (M.V.Z.) para su participación en campañas de esterilización de animales.
- Impulsar la creación de albergues para animales domésticos en condición de calle o maltrato.
- Promover la campaña “Adopta una Mascota” en el municipio para animales domésticos sin hogar.

#### REFORESTA TU CASA Y ESCUELA

##### Objetivo

Concientizar a los niños sobre el cuidado de los árboles y promover la reforestación.

##### Estrategia

Fortalecer en los niños la cultura del cuidado de los árboles tanto en su casa como en la escuela.

#### Líneas de Acción

- Difundir en las escuelas y en las ferias ecológicas dicho programa para una mayor aceptación.
- Gestionar con la iniciativa privada recursos para difundir en los medios de comunicación el Programa Reforesta tu Casa y Escuela.
- Obsequiar arbolitos con su respectivo instructivo para su plantado y cuidados que requieren, los cuales se donaran a los niños y escuelas participantes en la feria ecológica.

#### UN ZOOLÓGICO PARA JUÁREZ

## Objetivo

Concertar con los sectores activos, para la creación de un zoológico en la Ciudad.

## Estrategia

Promover la celebración de convenios con dichos sectores, para su colaboración en la creación de un zoológico.

## Líneas de Acción

- Impulsar la creación de un zoológico para la ciudad.
- Contactar a ONGs relacionadas con la protección de animales para la asesoría en la creación del zoológico.
- Contactar con personas físicas y/o morales que deseen participar en la creación del zoológico.

## RED MUNICIPAL DE MONITOREO ATMOSFÉRICO

### Objetivo

Ampliar el alcance de la Red Municipal de Monitoreo Atmosférico que permita vigilar la calidad del aire en la mancha urbana para informar a la ciudadanía las condiciones atmosféricas.

### Estrategias

- Gestionar recursos económicos con instancias internacionales, federales y estatales para rehabilitar y ampliar la Red de Monitoreo Atmosférico.
- Consolidar el Programa de Pronóstico del Tiempo con instancias estatales, federales e internacionales para brindar información oportuna a los ciudadanos.

### Líneas de Acción

- Adquirir dos estaciones para cubrir la zona sur y oriente de la ciudad.
- Fomentar acciones encaminadas en capacitación de los técnicos con Instituciones

internacionales y nacionales.

- Informar de manera oportuna y sencilla a la ciudadanía las condiciones de la calidad del aire y fortalecer la emisión de alertas si la calidad es inadecuada.
- Desarrollar programas racionales para el manejo de la calidad del aire.
- Informar de manera oportuna y sencilla a la ciudadanía las condiciones del tiempo en la página oficial del municipio.

## IMPACTO AMBIENTAL

### Objetivo

Proteger el medio ambiente de la ciudad, regulando la actividad de la iniciativa pública y privada para evitar que impacte de manera negativa.

### Estrategia

Implementar programas de inspección y evaluación de los estudios de impacto ambiental respecto de las empresas que son competencia del municipio.

### Líneas de Acción

- Evaluar estudios de impacto ambiental para dictámenes de construcción y de la operatividad de las empresas.
- Gestionar en los tres niveles de gobierno la implementación de una Licencia Ambiental Única para facilitar los trámites de operatividad de la industria.
- Aplicar un esquema de zonificación y ordenamiento ecológico territorial.
- Analizar y promover el Plan Estratégico de Contingencia Ambiental con el propósito de salvaguardar la integridad física y patrimonial de sus habitantes.

## POR UN JUÁREZ DONDE ESCUCHEMOS TODOS

### Objetivo

Promover un programa por un Juárez donde nos escuchemos todos para disminuir la contaminación por ruido en el municipio.

#### Estrategia

Promover cultura ambiental y de respeto involucrando a la ciudadanía, instituciones públicas, privadas y de educación superior.

#### Líneas de Acción

- Hacer campañas en medios de comunicación.
- Realizar monitoreo para evaluación de impacto ambiental ocasionado por el ruido generado en restaurantes, antros, bares y demás centros de entretenimiento.
- Impulsar educación ambiental en todos los niveles educativos.

Estos programas serán atendidos principalmente por la Dirección de Ecología, conforme al Reglamento Orgánico de la Administración Pública del Municipio de Juárez, Estado de Chihuahua.