

## APLICACIÓN DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL EN LA PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE ÁREAS INDUSTRIALES

Ruiz M.C.<sup>(p)</sup>

Fernández I.

*Universidad de Cantabria*

### **Abstract**

The planning and design of an industrial park are a complicated process due to the number of stakeholders concerned and time taken because of the own magnitude of the action: location selection and planning, physical infrastructures and industrial facilities design, building design, construction, operation, and management systems and disassembling-deconstruction design. Environmental criteria throughout all the design steps are fundamental to guarantee a long lifespan operation and the coexistence with surroundings in where the park is located. In this communication, the framework, concept and types of Eco-Industrial Parks (EIP's) have been analyzed. The study led to the industrial ecology as the main strategy to obtain a new model based on a sustainable economy. Different types of EIP's have been established according to the geographic scale of the industrial system. This offers new challenges and opportunities of searching strategies and alternative solutions for the resources consumption efficiency, negative environmental impacts minimization and economic benefit maximisation.

**Key words:** industrial ecology, industrial areas, sustainability

### **Resumen**

La planificación y diseño de un área industrial es un proceso complicado por el número de agentes implicados y largo por la propia envergadura de la acción: selección y diseño del emplazamiento, diseño de las infraestructuras físicas, diseño de las instalaciones industriales, diseño de la edificación, construcción, operación y diseño de los sistemas de gestión y desmontaje-deconstrucción. La integración de la variable ambiental a lo largo de todas las fases del diseño es fundamental para garantizar el funcionamiento en el tiempo y la coexistencia con el medio en donde se ubica el parque. En este trabajo se analiza el concepto y los tipos de áreas industriales sostenibles (Eco-Industrial Parks, EIP's). Se desprende que la aplicación de la ecología industrial es la estrategia principal que soporta el cambio hacia un nuevo modelo de desarrollo con base en una economía sostenible. Según la escala geográfica de aplicación se establecen diferentes tipos de EIP's. Nacen así nuevas oportunidades de búsqueda de estrategias y soluciones alternativas para el aprovechamiento de los recursos, minimización de impactos ambientales negativos y maximización del beneficio económico.

**Palabras clave:** ecología industrial, áreas industriales, sostenibilidad

## **1. Introducción**

### **1.1. Definición de área industrial**

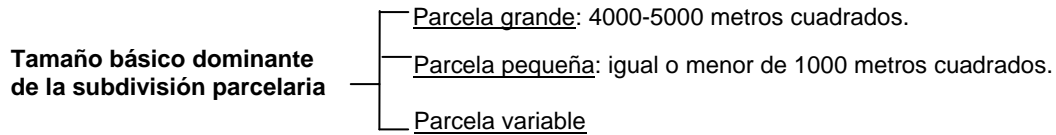
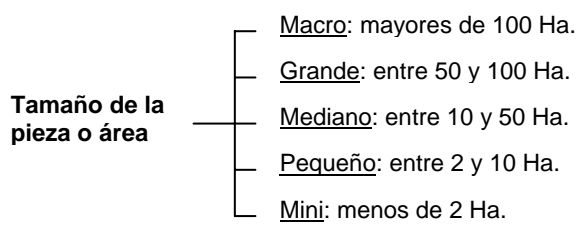
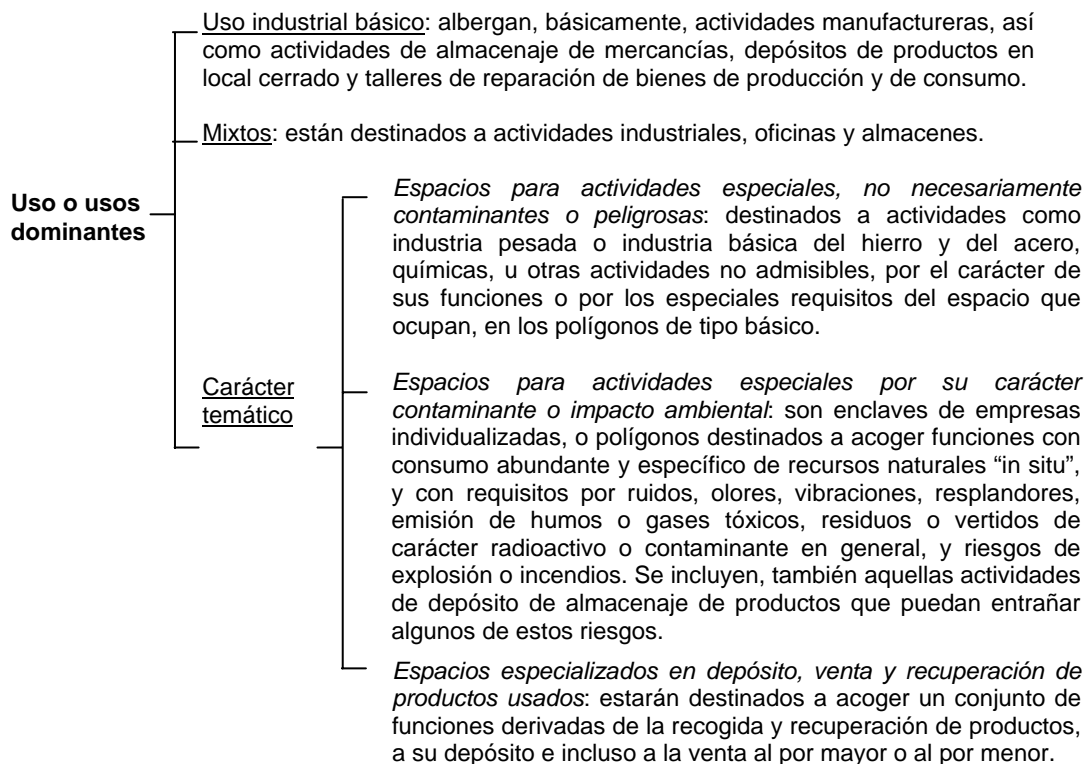
El término *área industrial* se refiere a la idea de agrupación, más o menos intensa, de actividades industriales en un determinado territorio y, por otro lado, tiene la amplitud suficiente para englobar en el mismo a la mayor parte de la realidad a la que se quiere dirigir. Definir una tipología de áreas industriales puede ser tan variado como áreas existen, por lo que cualquier categorización se presenta como incompleta. En este trabajo, el concepto de área industrial está especialmente dirigido a la agrupación de empresas territorialmente organizada que excede en cuanto a entidad y función de la meramente descongestionante de las pequeñas zonas urbanas, cuyo término comúnmente acuñado es el de *polígono industrial*. El informe Especial nº 7/99 del Tribunal de Cuentas Europeo sobre el desarrollo de los polígonos industriales define el término *polígono industrial* como (Guía práctica de polígonos industriales, parques empresariales y logísticos, 2006):

*Proyecto de zonas industriales o artesanales, cuyas parcelas ordenadas, generalmente, se venden sin edificar a empresas. En algunos casos, estas zonas contienen edificios, por ejemplo viveros, destinados a acoger temporalmente empresas muy jóvenes, proporcionándoles ayuda y seguimiento en materia de gestión, así como servicios de oficina compartidos o, incluso, edificios provisionales para empresas que aún no pueden o no quieren efectuar gastos de instalación. Estas zonas y, en su caso, los edificios que las ocupan se englobarán bajo el concepto de polígono industrial.*

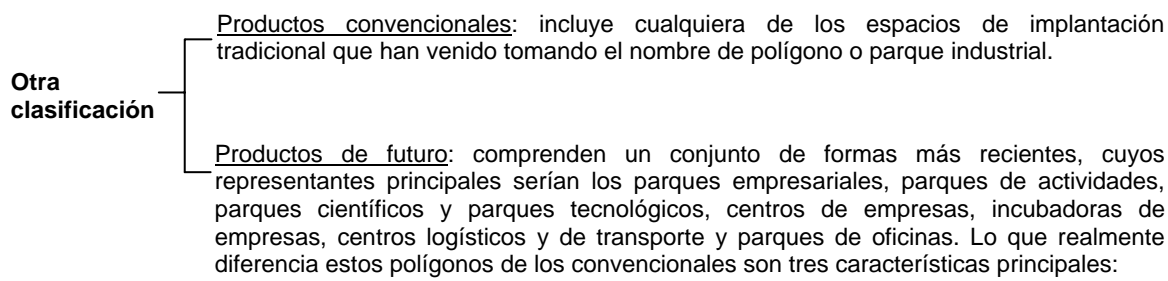
Esta definición incluye, además de la delimitación tradicional de polígono industrial, los proyectos de viveros de empresas, incubadoras o centros de innovación especialmente dedicados a nuevas empresas y empresas en sectores emergentes. En la práctica resulta difícil encontrar polígonos exclusivamente dedicados a actividades industriales. La mayoría suelen agrupar actividades productivas, de transformación, comerciales y de servicios. Incluso, en los últimos años están surgiendo proyectos especializados en la instalación de actividades de alto valor añadido relacionados con los servicios, la innovación o las nuevas tecnologías. Frecuentemente, también se suele denominar polígono industrial a estos nuevos espacios, a pesar de que las actividades que agrupan van más allá de las industriales.

### **1.2. Tipos de áreas industriales**

En la práctica, la tipología de los espacios productivos puede configurarse a partir de la consideración de uno o varios de los siguientes rasgos:



Existen otras clasificaciones que tienden a separar las áreas o polígonos, con independencia de su tamaño o de las características de la subdivisión parcelaria, en:



La separación menos rígida de los usos y las mayores posibilidades para admitir mezclas, en proporciones variables, de usos de oficinas, industriales, almacenaje... (parques empresariales y parques de actividades).

La voluntad de concentrar funciones (parques científicos, etc.) o funciones normales con carácter experimental (centros de empresas, incubadoras...).

La de construir enclaves (centros logísticos, parques de oficinas) para reunir actividades previamente excluidas de otras formas de agrupación.

### 1.3. Problemática ambiental y ciclo de vida de un área industrial

El marco actual de la legislación actúa sobre las actividades individuales, lo que dificulta su aplicación al sistema área industrial. En parte se debe a la dificultad que existe al establecer una normativa aplicable a todos los casos, ya que cada parque es diferente. Esta situación se podría resolver mediante el autogobierno de los parques industriales y la consecuente libertad de autorregulación medioambiental según el grado de competitividad que puedan alcanzar las empresas. Atendiendo únicamente al ámbito regulatorio, las deficiencias encontradas en los instrumentos existentes alientan la creación de metodologías para el diseño de nuevos proyectos de áreas industriales conceptualizados en su ciclo de vida para contribuir al desarrollo sostenible.

El ciclo de vida de un área o parque industrial se puede plantear según las fases:

*Selección del emplazamiento:* análisis de los factores de localización influyentes y aplicación de las técnicas de evaluación y selección de la ubicación óptima para el éxito del área industrial a desarrollar.

*Planificación del área y de las infraestructuras físicas:* ordenación y usos del suelo, delimitación precisa de accesos y dimensionamiento adecuado de infraestructuras necesarias para el funcionamiento del área, abastecimiento de agua y energía, saneamiento, alumbrado público, recogida de residuos...

*Diseño de la edificación:* selección de la tipología de edificios industriales a construir, su orientación, materiales de construcción y desarrollo de instalaciones auxiliares necesarias para la operación de las actividades.

*Construcción:* ejecución de la obra civil que incluye los edificios e infraestructuras necesarias para la operación de las futuras compañías a ubicar en el área industrial.

*Operación y gestión:* período en el que las empresas ubicadas en el área industrial operan generando productos y servicios y además se llevan a cabo operaciones de mantenimiento y mejora de las instalaciones y servicios del área industrial, de forma que se garantice la competitividad de las empresas localizadas en el área industrial.

*Desmontaje y deconstrucción:* fin de vida en el que el emplazamiento se desocupa de las instalaciones industriales para que pueda ser reutilizado en otros fines.

A lo largo de este ciclo de vida se genera un impacto ambiental negativo que es necesario reducir mediante nuevos métodos de planificación, diseño y gestión capaces de concebir las áreas industriales como elementos de desarrollo socio-económico en equilibrio con el entorno. El concepto emergente de “*área industrial sostenible*” requiere actuar sobre todas y cada una de las fases de su ciclo de vida para garantizar su viabilidad técnico-económica y ambiental.

## 2. Sostenibilidad y diseño de áreas industriales

### 2.1. Estrategias de sostenibilidad basadas en la ecología industrial

Desde la crisis energética de 1971, son numerosos los acontecimientos internacionales que han condicionado la política internacional y han dado el impulso imprescindible para iniciar el proceso de cambio hacia un nuevo modelo de “desarrollo sostenible” definido como “el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” (*Informe Brundtland, 1987*). La cumbre de Río de Janeiro de 1992 ha sido el hito a partir del cual múltiples estados y la propia Unión Europea han empezado a definir y aplicar planes de sostenibilidad dirigidos a lograr un equilibrio de intereses económicos, sociales y medioambientales (CMMAD, 1992). Alcanzar este objetivo ha impulsado la creación de una variedad de estrategias (Munier,

2005): prevención de la contaminación, ecoeficiencia, análisis de ciclo de vida, diseño verde, sistemas de gestión medioambiental y ecología industrial. La relación existente entre estas estrategias de sostenibilidad aparece reflejada en la Figura 1.

La ecología industrial plantea la búsqueda de interacciones entre la actividad industrial y su entorno ambiental y urbano, en las que los diversos procesos productivos son considerados elementos dependientes e interrelacionados. El objetivo principal es potenciar la simbiosis entre las actividades humanas ubicadas en un área determinada mediante el intercambio de materiales y energía, aprovechamiento del conocimiento localizado en diversas actividades, desarrollo de instalaciones o iniciativas compartidas (Graedel y Allenby, 2003). Es el principal representante del marco de desarrollo industrial donde se engloban el resto de las estrategias. La ecología industrial abarca un amplio marco, cuyo objetivo es guiar la transformación de los distintos sistemas industriales existentes actualmente hacia una base sostenible. Esta transformación requiere un profundo cambio desde un modelo lineal (no existe reutilización ni reciclado de materiales) hacia un modelo de ciclo cerrado, semejante a los flujos cíclicos de los ecosistemas naturales (Lowe y Evans, 1995). Los ecosistemas industriales y los parques industriales sostenibles (EIPs) representan, para algunos ecologistas industriales, una estrategia clave para la implementación de la ecología industrial.

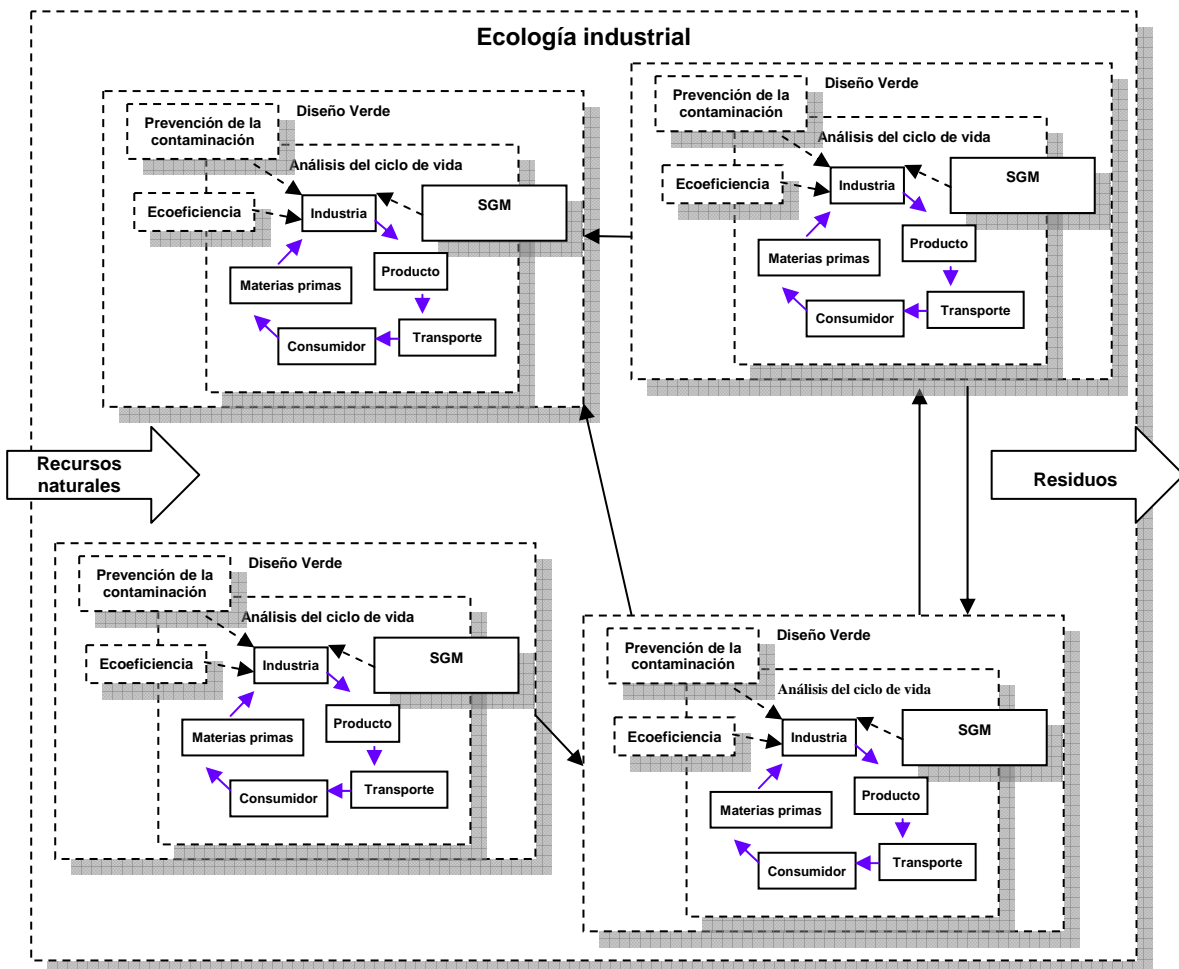


Figura 1. Perspectiva de la relación entre las estrategias de sostenibilidad.

## 2.2. Concepto de parque industrial sostenible (*Eco-Industrial Park, EIP*)

El estudio de los EIPs ha cobrado una gran importancia en los últimos quince años, reflejado en la creciente literatura sobre este tema analizada por Tudor et al. (Tudor et. al, 2007). Una

de las numerosas definiciones de un EIP recogida por Martin (Martin et al., 1996) en su trabajo sobre los beneficios económicos y ambientales de los EIPs y los aspectos y tecnologías a tener en cuenta en su desarrollo, es la proporcionada por la USEPA (United States Environmental Protection Agency), la cual establece que un EIP es:

*“Una comunidad de compañías de fabricación y servicios que buscan mejorar el funcionamiento ambiental y económico a través de la colaboración en la gestión medioambiental y en la reutilización de bienes. La comunidad de compañías busca mediante el trabajo conjunto un beneficio colectivo superior a la suma de los beneficios individuales que obtendrían cada una de las compañías si trabajaran de forma independiente”.*

Existen otras definiciones de EIPs que incluyen diferentes estrategias de la ecología industrial además de la creación de redes de intercambio de materia y energía:

*“Conjunto de compañías generadoras de productos y servicios que intentan mejorar el funcionamiento ambiental y económico a través de la colaboración en la gestión medioambiental y utilización de recursos como energía, agua... La mejora del funcionamiento ambiental y económico incluye el diseño y rediseño de las infraestructuras y edificios del parque, prevención de la contaminación y eficiencia energética (Lowe et al., 1996)”.*

*“Comunidad industrial en la que los vecinos, industrias manufactureras y compañías de servicios comparten un sentimiento de pertenencia a una comunidad y unos recursos básicos (información, materiales, infraestructuras de prevención de la contaminación) para maximizar los beneficios económicos y sociales mientras se reducen sus impactos ambientales. Alcanzar estos objetivos exige el diseño y utilización de tecnologías eficientes en el uso de recursos, energía y reciclado de residuos. También implica la creación de una identidad cultural, un diseño ambiental de los edificios y la construcción de redes industriales simbióticas (Oh y Kim, 2005)”.*

Se puede observar que todas las definiciones reflejan la existencia de un conjunto de beneficios económicos y medioambientales resultantes de la colaboración entre los diferentes entes implicados en el funcionamiento de un área industrial sostenible. Esta colaboración implica la utilización compartida de infraestructuras, servicios, información... y la creación de redes de intercambio cuyos objetivos están orientados a cerrar ciclos de materiales a lo largo de la cadena y a tener en consideración todo el ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta el consumo del producto y su depósito. Los EIPs buscan con la creación de estas redes imitar las eficiencias de los ecosistemas naturales para alcanzar un consumo y una producción más sostenible, obteniéndose una reducción de las cantidades de residuos (materiales y emisiones) generadas y la conversión de subproductos en recursos y productos reutilizables. Por lo tanto, la localización e integración de organizaciones que puedan utilizar cada uno de los residuos es crucial, debido a que las pérdidas de energía y materiales en diferentes puntos a lo largo del ciclo de producción/consumo/reciclado/reutilización son inevitables. Hay que destacar que algunas de las definiciones recogen elementos adicionales (creación de una identidad de comunidad, diseño y rediseño de las infraestructuras y edificios, prevención de la contaminación) necesarios para lograr la creación de un parque industrial sostenible en términos más amplios.

Por lo tanto, estos parques industriales se conciben bajo tres principios fundamentales: (1) minimización de las necesidades de energía, (2) utilización de residuos industriales como entradas al proceso productivo y (3) desarrollo de un sistema industrial diverso y robusto.

### 3. Tipos de áreas industriales sostenibles

Un aspecto a destacar sobre los EIPs es el amplio abanico de términos utilizados en la literatura y recogidos por Tudor (Tudor et. al, 2007) para definir estas redes de compañías: EIN, Eco-Industrial Network; EIP, Eco-Industrial Park; EID, Eco-Industrial Development; NEIP, Networked Eco-Industrial Parks; IEIP, Integrated Eco-Industrial Parks; Industrial Ecosystems, Industrial Simbiosis. A pesar de la variedad de términos, todos ellos relacionan la agrupación de compañías con un incremento de beneficios ambientales, sociales y económicos.

Esta variedad de términos responde en parte a una diferenciación de los EIPs según la escala geográfica, es decir, la distancia en kilómetros entre las distintas compañías integrantes de la red de compañías y los límites entre los que se producen los intercambios de recursos (Figura 2).

#### ***Escala local***

Esta escala engloba todas aquellas situaciones en las que la separación física entre compañías es pequeña. Aunque no existe un límite de distancia que establezca el paso de la escala local a la regional, puede considerarse que hasta una distancia de unos 3 km entre compañías representa la escala local. Todas las posibles opciones se pueden concebir mediante el diseño o rediseño de áreas ya existentes. En general, el rediseño logrará menores beneficios (ambientales y económicos) que el diseño de un nuevo área que parte de los principios de la ecología industrial.

*Compañía:* la aplicación de la ecología industrial a nivel de compañía puede alcanzar ahorros operacionales significativos; sin embargo, existen limitaciones relacionadas con la escala y calidad de residuos o subproductos que afectan a los costes de recuperación. No obstante, su aplicación a este nivel puede generar beneficios. Las compañías que son capaces de reciclar agua, cogenerar vapor y electricidad, utilizar las emisiones gaseosas y reprocesar productos y materiales residuales, pueden reducir considerablemente sus costes operacionales. En el caso concreto de una única compañía, las medidas empleadas para aplicar la ecología industrial pueden ser en ocasiones parciales, aunque pueden ayudar a reducir las demandas de energía y materias primas y la generación de residuos, maximizando de esta forma los beneficios. Grandes plantas como por ejemplo refinerías y plantas eléctricas ofrecen buenas oportunidades para aplicar la ecología industrial a nivel de firma o factoría. Un ejemplo sería la Corporación EBARA en Fujisawa (<http://www.ebara.co.jp>).

*Compañías localizadas:* un conjunto de compañías localizadas en un área delimitada (parque industrial) es el estado siguiente en la evolución de los parques industriales. Un eco-parque es un concepto emergente de la aplicación de los principios ecológicos a los sistemas productivos. Éstos se caracterizan por la aplicación del diseño sostenible, arquitectura y construcción, cooperación e innovación, nuevas tecnologías y por compartir conocimientos entre las distintas industrias. La localización de actividades industriales en un área definida y delimitada, favorece el desarrollo de nuevas sinergias, además de mejorar la eficiencia, aumentando así el valor añadido de la compañía individualmente y del colectivo de negocios. Dentro de este tipo de parques pueden distinguirse a su vez cuatro tipos en función de la estrategia aplicada (Figura 3). Algunos ejemplos de este tipo de parques industriales pueden ser el parque eco-industrial Guitang Group en China (Zhu y Cote, 2004) o el Phillips Eco-Enterprise Centre en Estados Unidos (Gibbs y Deutz, 2007).

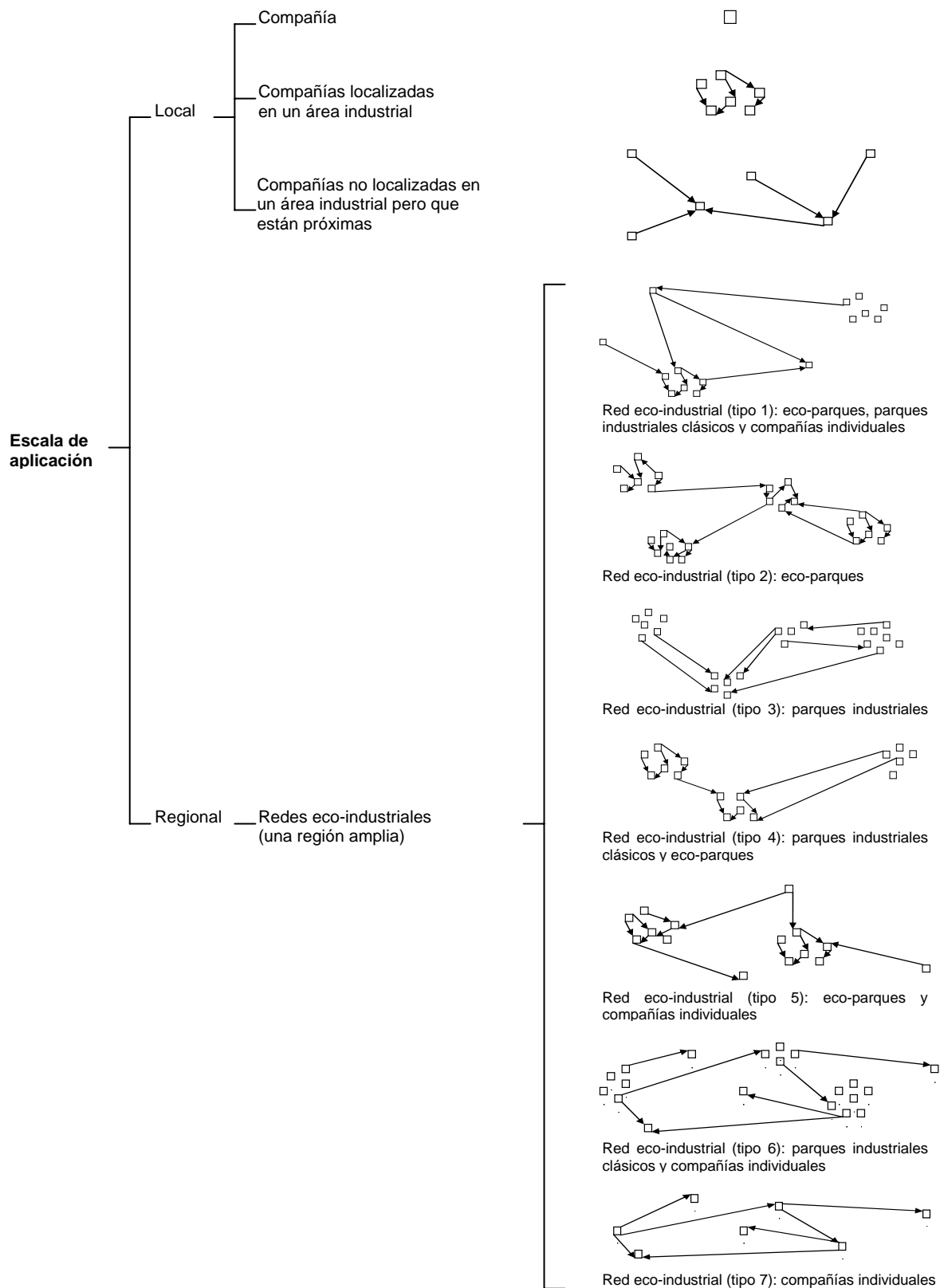


Figura 2. Escalas de aplicación del concepto de EIP.



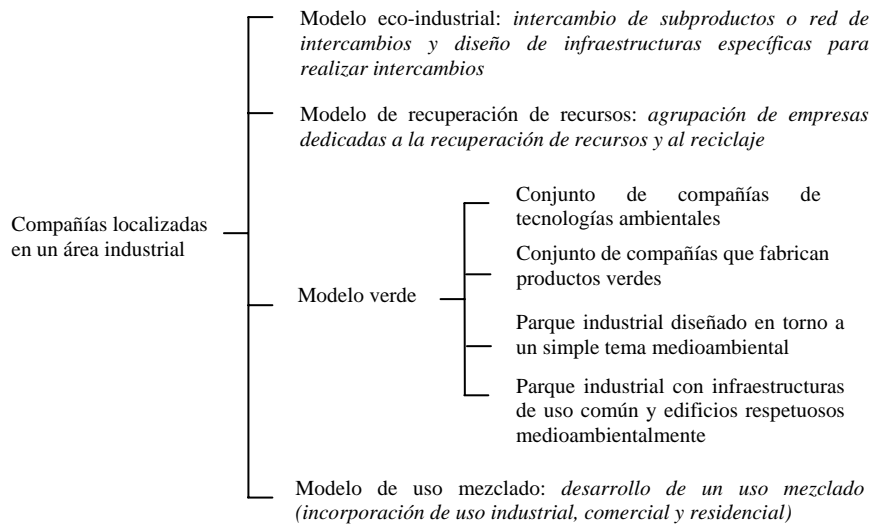


Figura 3. Estrategias aplicadas por las compañías localizadas en un área industrial.

*Compañías no localizadas:* se trata de actividades industriales de muy diversa naturaleza, principalmente pequeñas y medianas empresas, que están concentradas en áreas más o menos extensas. La separación entre las compañías no suele ser superior a los 3 km, puesto que una distancia mayor haría inviable económicamente la utilización de algunos servicios compartidos. Un ejemplo de este tipo de parques es el de Kalundborg en Dinamarca (Lowe y Evans, 1995). Como en los casos anteriores, dentro de este tipo de parques industriales sostenibles pueden darse dos situaciones: diseño y rediseño. Aunque el diseño de este tipo de parques siempre permitirá obtener mayores beneficios ambientales y económicos que el rediseño, a medida que aumenta la escala geográfica del parque industrial, las dificultades para su creación son mayores. Estas dificultades están asociadas a un mayor número de entes implicados en el desarrollo que es necesario integrar para lograr un funcionamiento óptimo.

### **Escala regional**

Se consideran parques industriales de escala regional aquellos en los que la distancia entre compañías individuales supera los 3 km.

*Redes eco-industriales:* este sistema representa el desarrollo a macro-nivel de uniones o alianzas estratégicas entre eco-parques, parques industriales clásicos y/o compañías individuales a través de regiones metropolitanas o incluso estructuras de redes globales, logrando impulsar tanto la actuación medioambiental como la empresarial (Lowe, 2001). Como se observa en la Figura 2, pueden darse distintos tipos de redes eco-industriales en función de que las relaciones e intercambios se den entre compañías individuales, entre eco-parques, entre parques industriales clásicos o entre combinaciones de éstos. Este sistema emerge donde las industrias buscan activamente oportunidades para alianzas y relaciones que animen el desarrollo de sinergias a través de redes así como asociación espacial. Los parques interconectados no son sólo un mercado o sistema de intercambio, pueden ser diseñados para potenciar sinergias entre industrias que permitan el reprocesado de productos y residuos. Estas sinergias pueden permitir la creación de nuevas industrias, que ayudarían a la diversidad o expansión de las actividades o grupos industriales existentes. Las oportunidades para la aplicación de la ecología industrial son mayores a nivel de grandes áreas, ya que la existencia de una mayor variedad de actividades es más probable y por lo tanto, también la posibilidad de establecer un mayor número de sinergias. Uno de los inconvenientes más importantes de las redes eco-industriales es el aumento de los riesgos. Estos riesgos derivan de la fuerte dependencia existente entre las diversas

compañías por las sinergias establecidas. Si una de las industrias cierra, todas aquellas actividades que hayan establecido sinergias con ella se verán afectadas, por ello es necesario planificar adecuadamente las sinergias para reducir este efecto negativo. Estas redes eco-industriales pueden crearse de dos formas diferentes, bien mediante el diseño o bien a partir del rediseño. Como siempre el diseño permitirá alcanzar mayores beneficios. La dificultad de diseñar estas regiones industriales aumenta considerablemente, pues los factores a tener en cuenta son cada vez más numerosos. Dos ejemplos de redes eco-industriales son por un lado Singapore's Jurong Island (Yang y Lay, 2004) y por otro Kola Peninsula Mining-Industrial Complex en Rusia (Salmi, 2007).

#### 4. Síntesis y conclusiones

La aplicación de los principios de la ecología industrial en el desarrollo de EIPs genera una serie de beneficios y riesgos en las diferentes escalas de aplicación. Las características se resumen en la Tabla 1.

A medida que aumentan las posibilidades de creación de sinergias (favoreciendo de esta forma la reducción de corrientes residuales), aumentan los riesgos y los costes asociados a las transacciones de subproductos, residuos..., creciendo también la dificultad en las actividades de gestión e innovación. La creación de sinergias produce además un aumento de la dependencia entre los miembros del parque industrial.

CARACTERÍSTICAS	ESCALA			
	Local			Regional
	Compañía	Compañías localizadas	Compañías no localizadas	Red eco-industrial
▪ Facilidad para la innovación	Elevado	Elevado	Bajo	Bajo
▪ Servicios e infraestructuras comunes	Elevado	Elevado	Bajo	Bajo
▪ Costes compartidos	Elevado	Elevado	Bajo	Bajo
▪ Facilidad de gestión	Elevado	Intermedio	Intermedio	Bajo
▪ Concienciación en los principios de la ecología industrial	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Elevado
▪ Posibilidades de creación de sinergias	Bajo	Bajo	Elevado	Elevado
▪ Costes de transacción (subproductos, residuos, etc.)	Bajo	Bajo	Elevado	Elevado
▪ Riesgos derivados de transacciones (subproductos...)	Bajo	Bajo	Elevado	Elevado
▪ Dependencia entre los miembros del parque industrial	Bajo	Intermedio	Elevado	Elevado
▪ Economías de escala	Bajo	Intermedio	Elevado	Elevado

LEYENDA Elevado Intermedio Bajo

Tabla 1. Características de las distintas escalas de aplicación de las áreas industriales sostenibles.

Una alta dependencia aumenta la posibilidad de vulnerabilidad de las compañías, ya que cambios en el proceso de producción de una empresa pueden dar lugar a nuevos subproductos y residuos lo que supondría para las compañías con las que establece sinergias la búsqueda de nuevos proveedores de materias primas, cuyo coste en ocasiones puede ser excesivo para la viabilidad de las empresas.

Las posibilidades de creación de sinergias aumentan a medida que aumenta la escala geográfica ya que el número de empresas implicadas es mayor y por lo tanto también las

posibilidades de establecer intercambios. Ello requiere un incremento de concienciación sobre los principios y beneficios de la ecología industrial, facilitando de esta forma la colaboración entre los diferentes entes implicados en el desarrollo y funcionamiento de estas zonas de actividad económica. Se incrementan las oportunidades de creación de redes entre empresas en el EIP, así como entre los EIPs y su comunidad, se logran mayores economías de escala como resultado de una extensa red de entes, se incrementa la conectividad entre diferentes entes y aumenta la capacidad de producción absoluta con respecto a los recursos y habilidades base que pueden darse en este entorno.

Por el contrario, a medida que aumenta la escala geográfica, los servicios e infraestructuras comunes, al igual que los costes compartidos, disminuyen, ya que aumenta la distancia entre las compañías y por lo tanto es más difícil la utilización de infraestructuras compartidas. Asimismo, es más difícil la innovación en otros ámbitos como la arquitectura o las nuevas tecnologías.

## Referencias

CMMAD, Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, *“Nuestro futuro común (Informe Brundtland)”*, Alianza Editorial, Madrid, 1992.

Gibbs D. and Deutz P., “Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 15, 2007, pp. 1683-1695.

Graedel T.E. and Allenby B.R., 2003. *“Industrial Ecology”*, Prentice Hall, New Jersey, 2003.

Guía práctica de polígonos industriales, parques empresariales y logísticos, Madrid, 2006 Inmoley.com.

Informe Brundtland (Comisión Mundial de Medioambiente y Desarrollo), 1987.

Lowe E.A., *“Eco-industrial park handbook for Asian Developing Countries”*, Environment Department, Indigo Development, Oakland, 2001. Disponible en: <http://www.indigodev.com/Handbook.html>. Último acceso: junio, 2008.

Lowe E.A. and Evans L.K., “Industrial ecology and industrial ecosystems”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 3, 1995, pp. 47-53.

Lowe E.A., Moran S., Holmes D., *“Fieldbook for the development of eco-Industrial parks”*, Indigo Development, 1996.

Martin S.A., Weitz K.A., Cushman R.A., Sharma A., Lindrooth R.C., Moran S.R., *“Eco-industrial parks: a case study and analysis of economic, environmental, technical and regulatory issues”*. USA: Research Triangle Institute, 1996.

Munier N., *“Introduction to Sustainability: road to a better future”*, Springer, Dordrecht, 2005.

Oh D.S., Kim K.B., “Eco-industrial park design: a Daedeok Technovalley case study”, *Habitat International*, Vol. 28, 2005, pp. 268-284.

Salmi O., “Eco-efficiency and industrial symbiosis - a counterfactual analysis of a mining community”. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 15, 2007, pp. 1696-1705.

Tudor T., Adam E., Bates M., “Drivers and limitations for the successful development and functioning of EIPs (eco-industrial parks): a literature review”, *Ecological Economics*, Vol. 61, 2007, pp. 199-207.

Yang S., Feng N., “A case study of industrial symbiosis: Nanning Sugar Co., Ltd. in China”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 52, 2008, pp. 813-820.

Zhu Q., Côte R.P., "Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: a case study of the Guitang Group", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 12, 2004, pp. 1025-1035.

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

M<sup>a</sup> Carmen Ruiz Puente.

Área de Proyectos de Ingeniería – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y Telecomunicación – Universidad de Cantabria

Av. de Los Castros s/n 39005 Santander

Phone: +34 942 201789

Fax: + 34 924 201703

E-mail: [ruizpm@unican.es](mailto:ruizpm@unican.es)