

## MODELADO DE ASPECTOS INFLUYENTES SOBRE EL DESARROLLO DE ESTRATEGIAS SOSTENIBLES EN ÁREAS INDUSTRIALES

Elena Romero Arozamena

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

Alberto Diez Ibarbia

*Grupo de Investigación INGEPRO (Ingeniería y Gestión de Proyectos),*

*Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos,*

*Universidad de Cantabria*

### Abstract

The achievement of a sustainable evolution of industrial areas involves a careful study and planning of every stage of their life-cycle, from the early design phases to its dismantling at the end of its life. Nonetheless, it is still a young practice and there is a lack of these considerations on the design of currently industrial areas in their operation and maintenance stages. Therefore, the implementation of sustainable strategies in these stages requires a detailed analysis according to the characteristics of each industrial area and its surroundings. This communication aims to analyze the influential factors on the development of sustainable strategies in this stage of the life-cycle, considering the situation of new companies' collocation on degraded industrial areas, which is currently a relevant problem for the economic development, territorial planning and environmental impacts. A proposed conceptual model of industrial area is characterized in a context based on Industrial Ecology theory and cooperative business relationships so as to get a more sustainable operation. The main objective is to identify the most relevant aspects in the evolution of these strategies for the further modelling of these interactions.

**Keywords:** *industrial areas; sustainability; industrial ecology.*

### Resumen

Alcanzar una evolución sostenible en la operación de las áreas industriales implica un cuidadoso estudio y planificación de cada etapa del ciclo de vida del área, desde las fases iniciales de diseño hasta la previsión del desmantelamiento al fin de su vida útil. No obstante, ésta es aún una práctica joven y estas consideraciones no fueron asumidas en el diseño de las áreas industriales que actualmente están en operación y mantenimiento. Por tanto la implementación de estrategias de sostenibilidad en estas etapas requiere un detallado análisis de acuerdo a las características del área industrial y de su entorno. El propósito de esta comunicación es el análisis de los aspectos influyentes en la implementación de prácticas sostenibles en esta etapa del ciclo de vida, atendiendo al caso de co-localización de nuevas empresas en áreas industriales degradadas, las cuales presentan una sensible problemática para el desarrollo económico, planificación territorial e impactos ambientales. El modelo conceptual propuesto de área industrial se caracteriza en un contexto basado en la Ecología Industrial y cooperación empresarial para una operación

sostenible. El objetivo principal es la identificación de los aspectos más relevantes en la evolución de estas estrategias con la finalidad de modelar estas interacciones.

**Palabras clave:** *áreas industriales; sostenibilidad; ecología industrial.*

## 1. Introducción

Las actuales restricciones económicas y medioambientales describen un contexto crítico que provoca importantes cambios sobre la sociedad industrial. Las empresas deben adaptar sus medios productivos a la normativa medioambiental, la cual busca modelos productivos más eficientes y sostenibles, condicionado dentro de un entorno económico crítico debido a la crisis económica. De acuerdo a esta situación, un elevado número de empresas se ha visto forzado a modificar sus modelos de producción para este nuevo contexto, o ante la imposibilidad de esta adaptación, a cesar su actividad. Entre los años 2006 y 2009 alrededor de 63.598 empresas cesaron su actividad, de las cuales casi el 22% se corresponden con empresas del sector industrial (IPYME 2011). Alrededor del 95% de estas empresas industriales afectadas pertenecen a pequeñas y medianas empresas (pymes), lo cual incide directamente sobre las áreas o parques industriales. Los parques industriales mixtos se tratan de la tipología más habitual, estando generalmente formados por un alto porcentaje de pymes, complementado con otras grandes industrias (Lambert y Boons, 2002). Por tanto, esta reducción en el número de pymes ha impactado directamente sobre la degradación de las áreas industriales, mostrando edificios o naves industriales abandonadas, parcelas vacías, e infraestructuras degradadas.

De acuerdo al contexto actual, esta comunicación propone la realización de estudios de viabilidad que asesoren durante el proceso de co-localización de nuevas empresas en áreas industriales degradadas, mediante una selección de indicadores relevantes que apoye la evaluación de empresas compatibles. Generalmente, el proceso de co-localización de empresas en áreas industriales, emplea ciertos criterios selectivos. Los requisitos que deben cumplir los nuevos inquilinos del área industrial suelen estar relacionados con la valoración del espacio demandado y disponible, o sector de actividad al que pertenece. No obstante, la utilización de un proceso de selección más exhaustivo y planificado podría complementar estos requisitos con criterios más específicos orientados hacia el mantenimiento y mejora del área industrial. En esta comunicación se presenta una metodología que pretende priorizar los indicadores relevantes identificados para asesorar la co-localización de empresas en áreas industriales degradadas. La finalidad de estos indicadores es servir como guía para la evaluación de las nuevas empresas inquilinas, pretendiendo una mejora de la durabilidad, eficiencia y sostenibilidad del área industrial. Para alcanzar estos objetivos, esta propuesta se soporta en la teoría de la Ecología Industrial, la cual ofrece una perspectiva innovadora que busca la integración más sostenible de las industrias en su entorno natural mediante una visión global y de cooperación.

## 2. Objetivos

El objeto de esta propuesta es obtener un conjunto de indicadores que permitan asesorar la selección de nuevas empresas para su co-localización en áreas industriales degradadas. Para ello es necesario definir el sistema de estudio, ya que para promover la durabilidad y reducción de los impactos ambientales del área industrial se busca la introducción de estrategias cooperativas y de sostenibilidad. Estos objetivos serán alcanzados mediante la introducción de estrategias de Ecología Industrial.

La Ecología Industrial (EI) es un área de conocimiento multidisciplinar que estudia las relaciones dinámicas entre la industria y el medio ambiente desde un punto de vista

sistémico. Esta perspectiva requiere, por tanto, que el sistema industrial sea estudiado en coordinación con su entorno (Kay, 2002). La teoría de la EI sugiere un enfoque más eficiente de la operación de los sistemas industriales a semejanza del funcionamiento de los ecosistemas naturales, mediante el cierre de flujos lineales de producción y consumo de materia y energía, optimización del consumo de recursos, y minimización de corrientes residuales (Boons & Bass, 1997; den Hond, 2000; Graedel & Allenby, 2003; Korhonen, 2007). Un área dentro del marco de la EI es la Simbiosis industrial (SI), cuyas estrategias impulsan el desarrollo de redes de intercambio de materia, agua o energía, entre empresas próximas, de forma que los flujos residuales de una empresa se conviertan en flujos aprovechables de entrada para otras empresas. Esta práctica permite minimizar el consumo global de recursos y la generación de residuos, mejorando además la eficiencia de la empresa.

Estas estrategias de Ecología Industrial y Simbiosis Industrial se implementan en el modelo de los Eco-Parques Industriales (EPIs). Este modelo de parque industrial pretende proteger el entorno medioambiental y social, a lo largo de todo su ciclo de vida. Esta comunidad busca mayores beneficios colectivos que la suma de los beneficios individuales que cada una de las empresas podrían alcanzar a través de la optimización de su operación individual (Lowe, 1997). Una de las prácticas más efectivas para la implementación de estrategias de sostenibilidad en los sistemas industriales es el desarrollo de redes cooperativas entre diferentes actividades (Fiksel, 2003). No obstante, estas prácticas deben ser soportadas por un sistema de comunicación eficaz que facilite el intercambio de información entre los participantes.

### **3. Metodología**

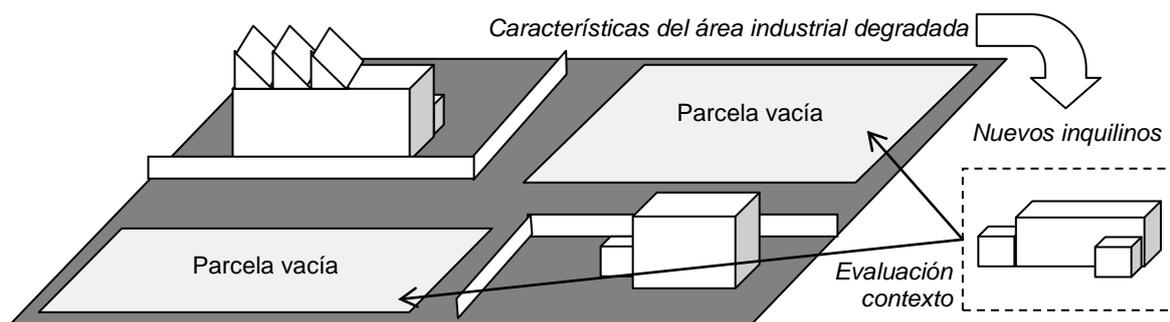
La metodología seguida para determinar el conjunto de indicadores en que se apoyará la selección de empresas se ha estructurado en cuatro etapas. En primer lugar se precisa de una descripción del sistema de estudio, mediante la definición de los objetivos globales, las características de los elementos y límites del sistema. Estos aspectos son necesarios para soportar la identificación unos criterios generales que permitan seleccionar los inquilinos más adecuados según el contexto de empresas en el que se vayan a ubicar. Después de la definición del sistema de estudio, en una segunda etapa se realiza una identificación preliminar de los indicadores relevantes. La tercera etapa se centra en la priorización de estos indicadores mediante la evaluación comparativa de la influencia entre los mismos. A partir de esta priorización de los indicadores, en la última etapa se identifica el grupo clave de indicadores obtenido del análisis preliminar.

#### **3.1 Etapa 1. Delimitación del sistema de estudio**

El sistema de estudio consiste en áreas industriales degradadas, en las que además de encontrarse empresas en operación, existen parcelas y naves abandonadas, debido a la migración y cierre de otras empresas. En este caso, los límites del estudio coinciden con los límites físicos del área industrial, dentro de los cuales se encuentran como diferentes elementos constitutivos del sistema, los servicios, infraestructuras, accesos, parcelas vacías y las empresas en operación, como representa la figura 1.

El objetivo principal de este estudio es la mejora del área degradada, así como el mantenimiento de la operación del sistema, para ello se busca la implementación de las estrategias de Ecología Industrial. El desarrollo de relaciones cooperativas entre las empresas próximas, pretenden la puesta en práctica de las estrategias de Simbiosis Industrial, como la creación de redes de intercambio de subproductos y residuos, el uso compartido de servicios e infraestructuras, o el empleo de servicios comunes de gestión medioambiental, aspectos que pueden incrementar la durabilidad del sistema.

**Figura 1. Límites del sistema de estudio.**



Desde un punto de vista sistémico, el área industrial supone un sistema complejo formado por empresas individuales las cuales se localizan en parcelas próximas. Estas empresas interactúan dentro de un marco de trabajo competitivo, mediante relaciones contractuales; cada empresa desarrolla su operación y adapta sus medios de producción a la demanda del mercado. Pero además de la interacción habitual de las empresas, la perspectiva de esta propuesta considera el desarrollo de relaciones cooperativas, para alcanzar una mejor operación del sistema e incrementar su durabilidad en el tiempo. Esto permite densificar la red de relaciones e intercambios, mejorar la flexibilidad y fomentar la adaptabilidad del sistema a cambios externos, pero esto también provoca que el sistema sea más complejo y con un comportamiento más emergente e impredecible.

Por tanto, otro aspecto para evaluar la compatibilidad de las nuevas empresas son las características de las empresas existentes. El conocimiento de los diferentes sectores de actividad para estimar los flujos de entrada y salida, o aspectos más intangibles como la confianza para involucrar la participación de las empresas en la red de intercambios, son algunos de los aspectos específicos que deben conocerse para apoyar una evaluación particular de indicadores. Cuanto más detallada se posea la información de las empresas existentes en el área, más fiable será la evaluación de los indicadores influyentes. Así, esta primera etapa, que requiere recoger la máxima información de las empresas existentes dentro del área, deberá soportarse en la creación de una base de datos, que permita tener estructurada la información para evaluar a los nuevos inquilinos.

### **3.2 Etapa 2. Identificación de indicadores influyentes**

La siguiente etapa aborda la definición de los criterios requeridos para evaluar la co-localización de nuevas empresas. Después de recoger varios aspectos influyentes de experiencias prácticas, informes técnicos (INMOLEY 2006, Negrete 2008) y literatura científica (Chertow 2004, Gibbs & Deutz 2005, Tudor, Adam & Bates 2007), el equipo de trabajo analizó los 20 criterios más recursivos, los cuales se expresan como indicadores influyentes sobre el sistema, y se emplean como soporte de la evaluación.

Para facilitar esta evaluación, los indicadores se estructuran de acuerdo a una clasificación general, como muestra la tabla 1. La clasificación se basa en cuatro clases principales de indicadores, como se define en trabajos previos de los autores (Ruiz, Romero & Fernández 2009). Estas cuatro clases se corresponden con: indicadores ambientales, indicadores económicos, indicadores sociales e indicadores técnicos. Estas clases se encuentran relacionadas con los diferentes flujos que circulan a través del sistema industrial, como el flujo de recursos naturales, capital económico, aspectos sociales o medios técnicos, respectivamente. No obstante, se han concretado subclases de indicadores más específicos, para clasificar los indicadores de una forma más detallada dentro de cada clase. Por ejemplo, entre los indicadores medioambientales, las subclases propuestas son aquellas relacionadas con las entradas naturales al sistema (subclase Recursos), aquellos

relacionados con las salidas del sistema industrial (subclase Corrientes Residuales), y las características generales del entorno natural (subclase Entorno Natural). En los trabajos previos, los autores establecen un marco de trabajo genérico para identificar los factores influyentes, considerando en la comparación únicamente la influencia entre las subclases. Sin embargo, el presente estudio recoge una visión más detallada de veinte indicadores.

**Tabla 1. Relación de indicadores.**

<b>INDICADOR</b>	<b>SUBCLASE</b>	<b>CLASE</b>
Alguno de los flujos consumidos de la nueva empresa son susceptibles de ser sustituidos por alguno de los flujos residuales de empresas existentes. (A.R.1)	<b>Recursos</b>	<b>AMBIENTAL</b>
Algunos de los flujos residuales de la nueva empresa son susceptibles de ser sustitutos de algunos de los flujos consumidos de las empresas existentes. (A.CR.1)	<b>Corrientes Residuales</b>	
Los impactos ambientales provocados por la nueva empresa pueden ser fácilmente asimilados por el entorno natural del área. (A.EN.1)	<b>Entorno Natural</b>	
Adaptabilidad de la empresa a su contexto. (E.IC.1)	<b>Innovación y competitividad</b>	<b>ECONÓMICO</b>
Capacidad para utilizar las economías de escala. (E.IC.2)		
Implementación de actividades innovadoras. (E.IC.3)		
Promoción de nuevas oportunidades de negocio. (E.M.1)	<b>Mercado</b>	
Relación del sector de actividad de la nueva empresa con los de las empresas existentes. (E.M.2)		
Existencia de un mercado estable para los productos de la nueva empresa. (E.M.3)		
Capacidad para la cooperación y el compromiso. (S.O.1)	<b>Organizacional</b>	<b>SOCIAL</b>
Existencia de relaciones contractuales previas con las empresas existentes en el área. (S.O.2)		
Promoción de la diversidad de las empresas. (S.O.3)		
Sentido de pertenencia a la red cooperativa. (S.O.4)		
Conocimientos sobre estrategias cooperativas. (S.F.1)	<b>Formativo</b>	
Cumplimiento de las leyes y normativas ambientales relativas a emisiones, vertidos y gestión de residuos. (S.L.1)	<b>Legislativo y político</b>	
Empleo de las infraestructuras y servicios propios para un uso compartido por las empresas próximas. (T.I.1)	<b>Infraestructuras</b>	<b>TÉCNICO</b>
Experiencia técnica sobre la implementación de métodos de producción limpia. (T.P.1)	<b>Procedimental</b>	
Disponibilidad y accesibilidad de la información sobre los flujos consumidos y generados de la empresa. (T.P.2)		
Empleo de las MTDs (Mejores Tecnologías Disponibles) en sus procesos. (T.T.1)	<b>Tecnológico</b>	
Flexibilidad de los medios de producción. (T.T.2)		

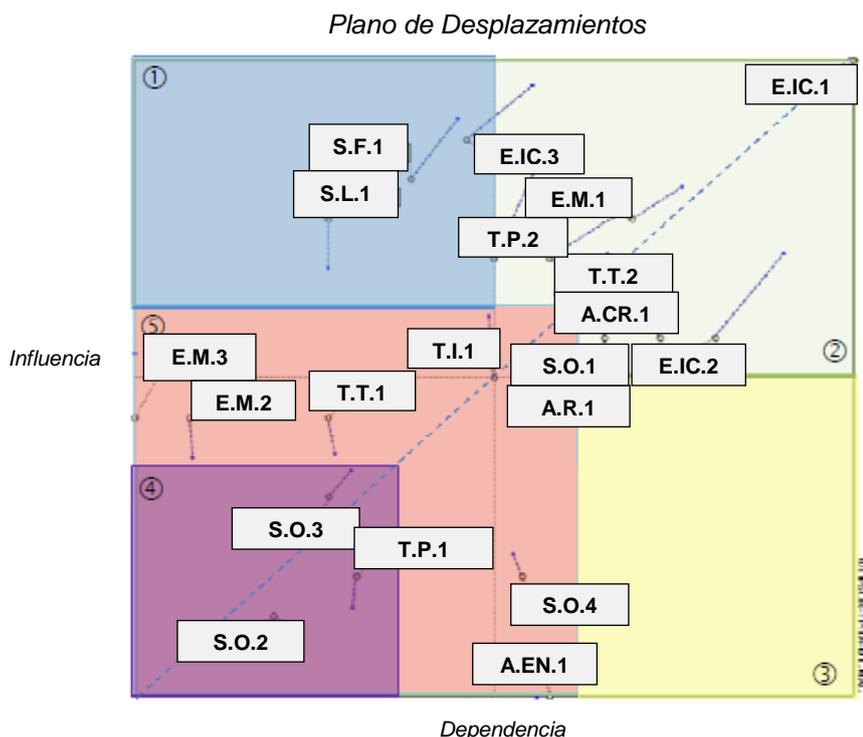
La tabla 1 recoge el marco de trabajo de los 20 indicadores ordenados según el sistema de clasificación. Este marco de trabajo se trasfiere a la herramienta de apoyo en la siguiente etapa de trabajo, para poder comparar la relevancia relativa entre los indicadores, y por tanto, apoyar el proceso de toma de decisiones desde un punto de vista más objetivo.

### 3.3 Etapa 3. Evaluación comparativa de indicadores

Durante la tercera etapa, los indicadores se evalúan usando el software MICMAC® de LIPSOR (2011). Esta herramienta se basa en métodos prospectivos que apoyan la toma de decisiones. Para identificar de una forma estructurada la influencia directa entre los diferentes indicadores, se emplea la matriz denominada “Matriz de Análisis Estructural” (Godet, Durance & Gerber 2008). En este proceso de evaluación cualitativo, se asignan tres tipos de pesos, de 0 a 2, en función de que no exista ninguna influencia entre los indicadores, que ésta sea débil, o una influencia media. Esto permite ordenar y clasificar los indicadores según su importancia directa. A partir de esta matriz se puede elaborar complementariamente el plano de influencia directa en el que se localizan los indicadores según sus coordenadas de influencia y dependencia. La suma de los valores de cada una de las filas de la matriz determina la coordenada de influencia, y la suma de los valores de cada columna de la matriz indica la coordenada de dependencia. Además de determinar las influencias directas, la herramienta MICMAC® ofrece una evaluación complementaria basada en el cálculo de la matriz de impactos cruzados, que permite obtener el plano de impactos indirectos, en el que se muestran las influencias secundarias entre los indicadores.

Las ponderaciones asignadas al conjunto de los 20 indicadores seleccionados en la etapa anterior, se han obtenido a partir de evaluaciones individuales y en grupo, con la finalidad de obtener una matriz de ponderación objetiva. Después de la elaboración de la matriz de análisis estructural, se obtienen los planos directos e indirectos del conjunto de indicadores. En la figura 2 se muestra una representación solapada de estos planos (plano de desplazamientos), indicando así la influencia directa y la importancia oculta de cada uno de los indicadores.

Figura 2. Plano de desplazamientos para la evaluación de indicadores.



En función de su localización en estos planos, los indicadores se pueden interpretar de la siguiente manera (Godet, Durance y Gerber 2008):

1. “Variables de entrada” (cuadrante superior izquierdo, en azul). Estos indicadores son muy influyentes, pero debido a su independencia del sistema deben ser considerados como indicadores prioritarios para planes estratégicos.
2. “Variables intermedias” (cuadrante superior derecho, verde). Estos indicadores son muy influyentes y dependientes, y por tanto bastante inestables. Cualquier acción tomada sobre estos indicadores puede repercutir sobre el resto del sistema.
3. “Variables resultado” (cuadrante inferior derecho, amarillo). La evolución de estos indicadores muestra los efectos de otros indicadores del conjunto.
4. “Variables excluidas” (cuadrante inferior izquierdo, violeta). Estos indicadores tienen una influencia escasa sobre el sistema.
5. “Variables agrupadas” (área intermedia entre los otros cuadrantes, rosa). Estos indicadores son capaces de afectar a las variables intermedias, pero no son lo suficientemente influyentes o dependientes del sistema. Por tanto, su influencia no se considera en esta aproximación preliminar.

Adicionalmente, los indicadores pueden ser clasificados de acuerdo a sus valores estratégicos. El valor estratégico se obtiene como la suma de los valores de las coordenadas de influencia y dependencia. La proyección de los indicadores sobre la diagonal del plano permite ordenarlos desde los más estratégicos, ubicados en el vértice superior derecho de la diagonal, a los menos estratégicos, localizados en el vértice inferior izquierdo. Los indicadores más estratégicos son caracterizados por su independencia moderada y elevada influencia. La tabla 2 ordena los veinte indicadores por su valor estratégico y por su área de localización.

**Tabla 2. Orden de los indicadores según su valor estratégico.**

	Indicador	Localización		Indicador	Localización
1	E.IC.1	Variable intermedia	11	S.L.1	Variable de entrada
2	E.M.1	Variable intermedia	12	T.I.1	Variable intermedia
3	E.IC.3	Variable de entrada	13	T.T.1	Variable agrupada
4	E.IC.2	Variable intermedia	14	S.O.4	Variable agrupada
5	T.T.2	Variable intermedia	15	S.O.3	Variable excluida
6	A.CR.1	Variable intermedia	16	A.EN.1	Variable agrupada
7	S.F.1	Variable de entrada	17	E.M.2	Variable agrupada
8	S.O.1	Variable intermedia	18	T.P.1	Variable excluida
9	T.P.2	Variable intermedia	19	E.M.3	Variable agrupada
10	A.R.1	Variable intermedia	20	S.O.2	Variable excluida

### 3.4 Etapa 4. Selección grupo de indicadores más relevantes

La última etapa está centrada en el análisis de los resultados obtenidos de la evaluación. De acuerdo a su localización en el plano de desplazamientos y sus valores estratégicos, los indicadores pueden ser simplificados a un grupo de diez indicadores clave que se emplearán para una evaluación preliminar de empresas.

A pesar de que los valores estratégicos de los indicadores clasificados dentro del área “Variables de entrada” no sean los mayores, se consideran inicialmente en el grupo de indicadores clave, ya que debido a su elevada influencia, son decisivos sobre la evolución del sistema de estudio. Un análisis más detallado muestra que los tres indicadores localizados en esta área del plano de desplazamientos establecen las características generales que cualquier empresa deberá cumplir para ser incluido en el estudio de viabilidad:

- Cumplimiento de las leyes y normativas ambientales relativas a emisiones, vertidos y gestión de residuos (S.L.1), los posibles inquilinos deben operar dentro de unos criterios ambientales establecidos.
- Conocimientos sobre estrategias cooperativas (S.F.1), facilita la participación de los nuevos inquilinos en la red de empresas.
- Implementación de actividades innovadoras (E.IC.3), ayuda a la introducción de nuevas estrategias relacionadas con la Ecología Industrial y con la Simbiosis Industrial.

El segundo cuadrante es más extensamente considerado, aunque no es incluido completamente. A pesar de ser los indicadores más estratégicos, la adaptabilidad de las empresas (E.IC.1) y la promoción de nuevas oportunidades empresariales (E.M.1) son los indicadores más inestables debido a su elevada dependencia del resto de indicadores. El análisis de la influencia indirecta muestra que estos indicadores son altamente dependientes del resto de indicadores localizados en los cuadrantes “Variables intermedias” y “Variables de entrada”. Los aspectos definidos por estos indicadores pueden ser deducidos de la evaluación del resto de los indicadores intermedios, por tanto, no son considerados en el grupo de indicadores clave.

Por otro lado, las “Variables excluidas” del cuarto cuadrante no son consideradas debido a su pequeño impacto sobre el sistema. Así, aspectos relacionados con los medios de producción como los métodos de producción limpia (T.P.1), aspectos organizativos del área, como la promoción de diversidad de actividades (S.O.3), o la existencia de relaciones contractuales previas entre empresas (S.O.2), no son lo suficientemente influyentes para esta primera aproximación. Además de estos indicadores, aquellos localizados en las “Variables agrupadas” son obviadas igualmente. Aunque estos indicadores pueden influir sobre otros localizados en el segundo cuadrante, no son tan relevantes para esta aproximación preliminar, como se indicaba anteriormente.

La tabla 3 presenta el grupo de los diez indicadores clave, los cuales son seleccionados para la evaluación de los nuevos inquilinos. De acuerdo al análisis anterior, los indicadores se ordenan por cuadrante y valor estratégico.

Generalmente, respuestas afirmativas a los indicadores listados representan características adecuadas de la empresa para mejora del área y mantenimiento de su operación. No obstante, como se mencionaba en la primera etapa de esta metodología, la definición de las características de las empresas existentes es una condición básica para realizar una evaluación particular y para efectuar una toma de decisiones integral.

**Tabla 3. Grupo de indicadores clave.**

Orden	INDICADOR
1	S.L.1 Cumplimiento de las leyes y normativas ambientales relativas a emisiones, vertidos y gestión de residuos.
2	S.F.1 Conocimientos sobre estrategias cooperativas.
3	E.IC.3 Implementación de actividades innovadoras.
4	E.IC.2 Capacidad para utilizar las economías de escala.
5	T.T.2 Flexibilidad de los medios de producción.
6	A.CR.1 Algunos de los flujos residuales de la nueva empresa son susceptibles de ser sustitutos de algunos de los flujos consumidos de las empresas existentes.
7	S.O.1 Capacidad para la cooperación y el compromiso.
8	T.P.2 Disponibilidad y accesibilidad de la información sobre los flujos consumidos y generados de la empresa.
9	A.R.1 Alguno de los flujos consumidos de la nueva empresa son susceptibles de ser sustituidos por alguno de los flujos residuales de empresas existentes.
10	T.I.1 Empleo de las infraestructuras y servicios propios para un uso compartido por las empresas próximas.

#### **4. Conclusiones y trabajo futuro**

Con el objetivo de mejorar y mantener la operación de las áreas industriales, esta comunicación propone la aplicación de los criterios de selección para la co-localización de empresas en áreas industriales degradadas, buscando la mejora de su operación. Los indicadores seleccionados preliminarmente para apoyar la selección de los nuevos inquilinos se basan en estrategias cooperativas y más sostenibles relacionadas con las premisas o principios de la Ecología industrial. La complejidad del sistema y la cantidad de información manipulada precisa del uso de diferentes herramientas de tratamiento de información. En esta primera aproximación se utiliza una herramienta de prospectiva para apoyar y estructurar el proceso de toma de decisiones y evaluación de los indicadores. A partir de evaluaciones individuales y en equipo, se ha concluido un grupo de los diez indicadores clave más relevantes. El listado de la etapa 4 de la metodología muestra estos diez indicadores clave que pueden ser usados para comprobar la compatibilidad entre las nuevas empresas inquilinas y las existentes en el área industrial, para una mejor operación del área completa.

Para complementar esta propuesta, los próximos trabajos de los autores están orientados a la fase de simulación. Los indicadores relevantes deben ser transferidos a reglas de comportamiento para comprobar en soporte computacional la evolución de la red de cooperación entre empresas. Un estudio preliminar de simulación considerará el grupo de los diez indicadores clave para modelar las características de los posibles inquilinos. Esta etapa de simulación permitirá comprobar y verificar esta selección de indicadores, así como la evolución de empresas de diferentes sectores dentro de un contexto particular de un área industrial degradada.

#### **Referencias**

Boons, F. A. A. & Baas, L.W. (1997). Types of industrial ecology: the problem of coordination. *Journal of Cleaner Production*, 5, 79-86.

- Chertow, M. (2004). Industrial Symbiosis. *Encyclopedia of Energy* 3, 407-415.
- den Hond, F. (2000). Industrial Ecology: a review. *Regional Environment Change*, 1, 60-69.
- Fiksel, J. (2003). Designing Resilient, Sustainable Systems. *Environmental Science & Technology*, 37, 5330-5339.
- Gibbs, D. & Deutz, P. (2005). Implementing industrial ecology? Planning for eco-industrial parks in the USA. *Geoforum*, 36, 452-464.
- Graedel, T.E. & Allenby, B.R. (2003). *Industrial Ecology* (2ª ed). New Jersey, USA: AT&T Pearson Education, Inc.
- Godet, M., Durance, P. & Gerber, A. (2008). *Strategic Foresight. La Prospective. Use and Misuse of Scenario Building*. (LIPSOR Research Working Paper #10). Obtenido en Noviembre de 2011 de: <http://en.lapropective.fr/dyn/anglais/ouvrages/sr10veng.pdf>
- INMOLEY (2006). *Guía práctica de polígonos industriales, parques empresariales y logísticos*. Madrid: Inmoley.com.
- IPYME (2011). Obtenido en Julio de 2011 en: [www.ipyme.org](http://www.ipyme.org)
- Kay, J.J. (2002). On complexity Theory, Exergy and Industrial Ecology: Some Implications for Construction Ecology. En C. Kilbert, J. Sendzimir, & B. Guy (Eds.), *Construction Ecology: Nature as the Basis for Green Buildings* (págs. 72-107). Spon Press
- Korhonen, J. (2007). Industrial ecology in the strategic sustainable development model strategic applications of industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*, 12, 809-823.
- Lambert, A.J.D. & Boons, F.A. (2002). Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks. *Technovation*, 22, 471-484.
- LIPSOR (2011). Software. Obtenido en Noviembre 2011 en: <http://en.lapropective.fr/methods-of-prospective.html>
- Lowe, E.A. & Evans, L.K. (1995). Industrial Ecology and Industrial Ecosystems. *Journal of Cleaner Production*, 3, 47-53.
- Lowe, E.A. (1997). Creating by-product resource exchanges: strategies for eco-industrial parks. *Journal of Cleaner Production*, 5, 57-65.
- Negrete, M. (2008). *Asociacionismo ¿Utopía o Realidad?* (Colección Temática Áreas Empresariales Nº2). Asturias, España: Coordinadora Española de Polígonos Empresariales (CEPE).
- Ruiz, M.C, Romero, E. & Fernández, I. (2009). Eco-Industrial Parks' Operation Design: Influential Factors. *Proceedings of the 2nd International Conference on Sustainability Measurement and Modelling: Measuring, Modelling and Evaluating Sustainability*. Ed. CIMNE, Barcelona, España.
- Tudor, T., Adam, E. & Bates, M. (2007). Drivers and limitations for the successful development and functioning of EIPs (Eco-industrial parks): A literature review. *Ecological Economics*, 61, 199-207.

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

Grupo de Investigación INGEPRO (Ingeniería y Gestión de Proyectos).  
Phone: + 34 942/201789  
Fax: + 34 942/201789  
E-mail: [romeroe@unican.es](mailto:romeroe@unican.es), [ruizpm@unican.es](mailto:ruizpm@unican.es), [diezia@unican.es](mailto:diezia@unican.es)  
URL: <http://www.unican.es/srv/GruposInves/DetalleGrupoFrw.aspx>