

# Algunos determinantes para la producción sustentable en los parques industriales

DAVID IGLESIAS PIÑA / FERMÍN CARREÑO MELÉNDEZ \*

FECHA DE RECEPCIÓN: 29/08/2016; FECHA DE APROBACIÓN: 29/11/2016

**RESUMEN:** La producción sustentable en los parques industriales, constituye una alternativa para producir más limpiamente bajo parámetros competitivos nacionales e internacionales, orientado a reducir la presión ambiental. El objetivo de este artículo es resaltar algunos elementos para determinar la existencia de la sustentabilidad en el sistema de producción de los parques industriales en México. Para ello, se parte de ciertos criterios definidos por algunos organismos nacionales e internacionales, para posteriormente agruparlos en una matriz, identificando las variables, indicadores e índices. La aplicación de las expresiones algebraicas brinda idea del carácter sustentable de la producción en los parques industriales. Así mismo, representa una contribución al análisis de la producción industrial, donde el ambiente y la sustentabilidad se consideran ejes nodales para la expansión de estos entornos productivos en dichas agrupaciones productivas.

**PALABRAS CLAVE:**

- determinantes
- infraestructura ambiental
- ecoeficiencia
- producción sustentable
- parques industriales

# Some determinants for sustainable production in industrial parks

**ABSTRACT:** Sustainable production in industrial parks, is an alternative to produce more cleanly under national and international competitive parameters aimed at reducing the environmental pressure. The objective of this paper is to highlight some determinants to determine the existence of sustainability in the production system of industrial parks in Mexico. To do this, we start from certain factors defined by some national and international organizations, later grouped into a matrix, identifying elements, indicators and residual. The application of algebraic expressions gives idea of sustainable character of production in industrial parks. It also represents a contribution to the analysis of industrial production, where the environment and sustainability are considered nodal axes for the expansion of these production environments in these productive groups.

**KEYWORDS:**

- determinants
- environmental infrastructure
- eco-efficiency
- sustainable production
- industrial parks

\* Profesores-Investigadores del Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma del Estado de México.

## 1. Introducción

Los parques industriales como agrupaciones territoriales de empresas, no siempre operan de manera articulada o integrada, más bien la mayoría siguen funcionando aislada y linealmente, provocando externalidades negativas creciente al ambiente y al propio rendimiento productivo. Incluso se asume que parte de los graves problemas ambientales creados por las industrias nacen por la individualidad funcional de las empresas y la utilización de un proceso de producción estrictamente lineal, que extraen y utilizan materias primas y energías fósiles, que al procesarlas, los residuos generados son devueltos al sistema natural, por lo que este patrón de funcionamiento empresarial difícilmente es sostenible ambiental y económicamente.<sup>1</sup>

Frente a esta limitación funcional, la disponibilidad de las condiciones geográficas, requerimientos infraestructurales, infraestructura ambiental, equipamiento urbano-industrial y servicios peri-industriales, no sólo contribuyen a dinamizar el sistema productivo y a reducir la presión hacia el ambiente, sino que permite optimizar el uso de los insumos, materiales y energías a través de la creación de ciclos de cierre, que con la intervención de varias empresas, se crean cadenas de procesos, se reduce la generación de residuos y subproductos dañinos al ambiente, haciendo que la producción pueda ser sostenible en el tiempo.

Para lograr este cometido, es necesario la articulación e integración de empresas internas y externas a los parques industriales, ya que contribuyen a configurar estructuras productivas más sustentables, vinculadas directamente con la creación de ambientes que favorecen la competitividad industrial. Esta forma organizada de producción es lo que define la ecoeficiencia, entendida como el aumento del valor del producto a través de la disminución del consumo de materiales, energía y reducción de emisiones a lo largo de la cadena de valor de la producción industrial.<sup>2</sup> La ecoeficiencia de la industria no sólo optimiza el uso de los recursos naturales y mejora la rentabilidad financiera de las empresas agrupadas, sino que reduce las emisiones de

aguas residuales y de residuos sólidos industriales, racionaliza el uso de agua potable y cuida la calidad del aire, gracias a la infraestructura de que dispone y que comparten las empresas agrupadas en los parques y otros conglomerados industriales.

La sustentabilidad productiva en los parques industriales, constituye una alternativa para producir más limpiamente bajo parámetros competitivos: centralizar funciones generales administrativas, logísticas, productivas, comerciales y tecnológicas, optimizar el desempeño ambiental de las empresas participantes y disminuir costos de producción, buscar mayores impactos favorables en los entornos territoriales donde están establecidos, fomentar el ahorro de energía y materias primas, reducir la generación de residuos y materiales tóxicos, disminuir riesgos, contribuir al ahorro en el gasto de control de la contaminación, estimular la disposición de una mano de obra más motivada, reducir los riesgos civiles ambientales, mejorar la imagen pública, dar mayor confianza al consumidor, entre una multiplicidad de beneficios adicionales.<sup>3</sup>

## 2. La consideración de la sustentabilidad en el sistema de producción de los parques industriales

La industria en economías abiertas y en vías de desarrollo enfrenta grandes retos para su supervivencia y crecimiento. Uno de los más importantes es la sostenibilidad ambiental, que proviene de distintos ámbitos: convenios internacionales para cambiar tecnologías de producción y patrones de consumo; preferencias de consumidores en países desarrollados; prácticas de empresas transnacionales; reglas y normas en el comercio internacional y presiones domésticas a raíz del deterioro ambiental local, donde la respuesta empresarial depende de factores internos, como su visión y capacidad, de la influencia de factores externos como el marco legal e institucional de regulación ambiental a la industria, la cooperación internacional, las capacidades tecnológicas nacionales y los esfuerzos del sector productivo organizado.<sup>4</sup>

Fue en la fase de producción industrial fordista donde se pretendió atender y valorar al ambiente como determinante de los sistemas productivos industriales, derivado de la importancia significativa que se le dio a la tecnología que a su vez propició mejoras en los procesos de producción, lo que favoreció el aumento del tamaño de las fábricas y el desarrollo de nuevas actividades de mayor valor agregado como la automotriz, metalmecánica, química y eléctrica. Con el desarrollo de estas nuevas industrias, también se presentó una mayor intervención estatal, a través de políticas y programas de apoyo a la industria y la creación de las primeras empresas paraestatales, para fomentar la

<sup>1</sup> E. Golf y M. Molinero, "Propuesta de un modelo de gestión del conocimiento para el parque ecoindustrial de L'Orxa", en *Avances en técnicas de reducción del impacto ambiental*, Marfil, España, 2009.

<sup>2</sup> Felipe Livert Aquino, *Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible en Asia y América Latina*, ONU-CEPAL, Santiago de Chile, 2011.

<sup>3</sup> José Leal, *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias*, ONU-CEPAL, Santiago de Chile, 2005.

<sup>4</sup> ONU-CEPAL, *Industria y medio ambiente en México y Centroamérica. Un reto de supervivencia*, Organización de las Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 2009.

competencia y competitividad internacional, así como para masificar la producción industrial, eficientarla y mejorar su rentabilidad.

Los recursos naturales como los hidrocarburos constituyeron la base de producción, lo que propició una explotación intensiva de recursos no renovables, provocando serias externalidades negativas al ambiente, cuyas prácticas depredadoras y de creciente presión ambiental contribuyeron a la pérdida de recursos naturales y al crecimiento de problemas de contaminación ambiental, por lo que el sistema de producción industrial vigente fue considerado insustentable ambientalmente.

Este cúmulo de fenómenos se tradujo en altos costos económicos, sociales y ambientales, acompañado de los desajustes, rupturas y discontinuidades en el funcionamiento del sistema productivo industrial en dicha etapa. Estos hechos explicaron parte de la profunda crisis estructural de la producción industrial fordista, pues influyó en la disminución del ritmo de crecimiento económico, al tiempo de generar una gran pérdida de empleos, así como el desencadenamiento de frecuentes y crecientes paros laborales.

Ante esta crisis, en la segunda mitad del siglo XX se dio paso a la producción postindustrial o posfordista, donde la incorporación creciente de innovaciones influyó en la mejora tanto de los productos como de los procesos productivos y las formas de organización empresariales. Fue así como el desarrollo de las nuevas tecnologías permitió reducir significativamente el consumo de energía y otros insumos basados en recursos naturales, situación que amplió la gama de productos y la satisfacción de necesidades a bajo costo y con mejores estándares de calidad. Así mismo, la industria se organizó en forma de redes productivas, no sólo como determinante de una mayor eficiencia productiva, sino como principio básico de operatividad y funcionalidad de las empresas.<sup>5</sup>

Desde esta perspectiva, se estimuló la creación de ambientes industriales más competitivos, eficientes y sustentables, agrupadas en localidades específicas, adaptándose al nuevo contexto tecnológico, con sistemas de producción y de organización más flexible y segmentada. Esta forma de producción no sólo contribuyó a la reducción de costos de traslado y de producción, sino propició el incremento de las economías de escala, las economías externas y las economías de urbanización, dando lugar a la conformación de espacios geográficos más densos y dinámicos, que dentro de la teoría de la localización industrial weberiana fueron concebidos como economías de aglomeración, misma que definieron el perfil productivo de las regiones a través de la conformación de redes y sistemas de producción industriales.<sup>6</sup>

Las tradicionales economías de aglomeración gestadas y que contemporáneamente se denominan simbiosis

industrial o coindustrialización, se presentaron y se siguen generando por la proximidad locacional de varias empresas industriales y no industriales, las cuales pueden presentar o no alguna vinculación orgánica-funcional, buscando aumentar el volumen de producción, incrementar los beneficios sociales y ser más eficientes y sustentables productivamente. Esta integración productiva industrial, constituye una de las nuevas formas de organización, producción y gestión de la industria contemporánea, ya que no sólo influyen en la eficiencia y competitividad de éstas, sino que se han convertido en un factor condicionante del emplazamiento de nuevas actividades empresariales, principalmente la industria ligera que presta servicios especializados a dichas unidades de producción.<sup>7</sup>

La preocupación por crear sistemas de producción industriales más eficientes y sustentables, tiene mayor relevancia, sobre todo porque el ambiente se convierte en un aspecto nodal para la funcionalidad de estas formas productivas. A pesar de ello, pocos empresarios están plenamente consciente de la dimensión del reto y más bien tienden a alarmarse por el incremento de los costos asociados al control de contaminantes, por lo que sigue prevaleciendo una actitud empresarial reactiva ante las mayores exigencias de la regulación ambiental y sólo un número reducido de empresas asumen el reto en plenitud.<sup>8</sup>

### 3. La sustentabilidad productiva y simbiosis industrial

Como agrupaciones territoriales de empresas, los parques industriales no siempre operan de manera articulada o integrada, más bien la mayoría sigue funcionando aislada y linealmente, provocando externalidades negativas creciente al ambiente y al propio rendimiento productivo. Incluso se asume que parte de los graves problemas ambientales creados por las industrias emergen precisamente por la individualidad funcional de las empresas y la utilización de un proceso de producción estrictamente lineal, que

<sup>5</sup> David Iglesias, "La infraestructura y las posibilidades de formar un sistema productivo local en los parques industriales de México. Caso del parque industrial Ixtlahuaca", Tesis doctoral, UNAM, México, 2013.

<sup>6</sup> Andrés Precedo y Monserrat Villarino, *La localización industrial*, Editorial Síntesis, Madrid, 1992; Ricardo Méndez e Inmaculada Caravaca, *Organización industrial y territorio*, Editorial Síntesis, Madrid, 1996; Roberta Capello, *Regional economics*, Routledge, New York, 2009.

<sup>7</sup> R. Cotruelo, *Competitividad de las empresas y de los territorios*, Inmark, Madrid, 1996.

<sup>8</sup> ONU-CEPAL, *Industria y medio ambiente en México y Centroamérica. Un reto de supervivencia*, Organización de las Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 2009.

extraen y utilizan materias primas y energías fósiles, que al procesarlas, los residuos generados son devueltos al sistema natural, por lo que este tipo de patrón de funcionamiento empresarial difícilmente es sostenible ambiental, productiva y económicamente.<sup>9</sup>

Una alternativa que busca resarcir esta limitación productiva sustentable, es la articulación e integración de empresas enraizadas localmente (ya sea en parques o ciudades industriales), ya que contribuyen a configurar estructuras productivas más sustentables, vinculadas directamente con la creación de ambientes que favorecen la maduración competitiva. La manifestación de esta concatenación productiva es lo que la perspectiva italiana denominó sistema productivo local, sistema local de empresas o sistema industrial localizado.<sup>10</sup> Dentro de la geografía económica se concibe como áreas de especialización flexible o territorios de industria endógena y recientemente en los años noventa, el paradigma de la ecología industrial,<sup>11</sup> lo denominó sistema industrial. La característica común de este posicionamiento ampliado es que la agrupación de empresas presenta un nivel de complejidad creciente, definido por las relaciones horizontales que mantienen las unidades productoras, acompañado del grado de competencia y una densa colaboración reticular con agentes del entorno local y regional, con el fin de mejorar el conocimiento y las decisiones en las distintas industrias sobre el uso de materiales, reducción de los desechos, promoción al reci-

claje, la explotación de energías renovables y tecnologías limpias, buscando prevenir la contaminación y el balance entre las actividades de la sociedad con su entorno, a través de la generación de procesos sistémicos, que se retroalimentan de los diferentes desechos evitando que éstos representen un problema para el ambiente.

Ello implica que los desechos se convierten en recursos del mismo o cualquier sistema productivo, buscando no frenar el desarrollo industrial, sino rediseñarlo para que sea compatible con el medio ambiente. Esta forma de integración productiva pretende crear un flujo cíclico de los materiales y energía mediante la asociación y la conectividad con diversos tipos de empresas, permitiendo que el concepto de residuo desaparezca y que se genere un tránsito de materiales con la salida en una industria y la entrada en alguna otra, incrementando la capacidad, trabajo y la vida útil de los materiales.<sup>12</sup>

Esta forma de organización productiva es considerada como nuevo modelo de desarrollo endógeno, por los acuerdos de cooperación empresarial establecidos que permiten una mayor competitividad y sustentabilidad en la cadena de producción.<sup>13</sup> Esta forma de organización productiva industrial es lo que define la ecoeficiencia, entendida como el aumento del valor del producto a través de la disminución del consumo de materiales, energía y reducción de emisiones a lo largo de la cadena de valor de la producción industrial.<sup>14</sup> La ecoeficiencia de la industria no sólo optimiza el uso de los recursos naturales y mejora la rentabilidad financiera de las empresas agrupadas, sino que reduce las emisiones de aguas residuales y de residuos sólidos industriales, racionaliza el uso de agua potable y cuida la calidad del aire, gracias a la infraestructura que disponen y que comparten las empresas agrupadas en los parques y sistemas industriales.

Por tanto, la ecoeficiencia en los parques industriales es considerada como uno de los arreglos institucionales, productivos y ambientales más contemporáneos dentro de la ecología industrial, ya que constituye una alternativa para producir más limpiamente bajo parámetros competitivos, centralizar funciones generales administrativas, logísticas, productivas, comerciales y tecnológicas, optimizar el desempeño ambiental de las empresas participantes y disminuir costos de producción, buscar mayores impactos favorables en los entornos territoriales donde están establecidos, fomentar el ahorro de energía y materias primas, reducir la generación de residuos y materiales tóxicos, disminuir riesgos, contribuir al ahorro en el gasto de control de la contaminación, estimular la disposición de una mano de obra más motivada, reducir los riesgos civiles ambientales, mejorar la imagen pública, dar mayor confianza al consumidor, entre una multiplicidad de beneficios adicionales.<sup>15</sup>

<sup>9</sup> E. Golf, y M. Molinero, *op. cit.*

<sup>10</sup> G. Garofoli, "Les systemes de petites entreprises; un cas paradigmatique de developpement endogene", en George Benko y Alan Lipietz, *Les regiones qui gagnent. Districts et reseaux: les nouveaux paradigmes de la geographie economique*, PUF, París, 1992.

<sup>11</sup> Como área de conocimiento reciente, busca explicar que los sistemas industriales tengan un comportamiento similar al de los ecosistemas naturales, transformando el modelo lineal de los sistemas productivos en un modelo cíclico, impulsando las interacciones entre la economía, el ambiente y la sociedad para incrementar la eficiencia de los procesos industriales.

<sup>12</sup> Raúl Alvarado, *Cooperación entre Firmas y Ecología Industrial. Un estudio de caso: Industria Mexicana de Reciclaje*, UAM-X, México, 2009.

<sup>13</sup> Xavier Paunero, "Sistemas productivos locales en América Latina, ¿fortaleza o nueva mitología?", Universidad de Girona, 2004. [www.tau.ac.il/eial/XII\\_1/paunero.html](http://www.tau.ac.il/eial/XII_1/paunero.html); Esteban Negrín *et. al.*, *El papel de las PyMEs en los sistemas productivos locales. Un enfoque desde Cuba*, Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio, 2004. [cmq.edu.mx](http://cmq.edu.mx)

<sup>14</sup> Felipe Livert Aquino, *op. cit.*

<sup>15</sup> José Leal, *op. cit.*

Desde la perspectiva de la ecología industrial, este ambiente productivo integrado en parques industriales se denomina simbiosis industrial, donde se privilegia el intercambio de materiales entre varias empresas y grupos de empresas, induciendo a que las unidades productoras y los agentes involucrados compartan el transporte, la infraestructura y el equipamiento disponible como los materiales, la energía, el agua y los sub-productos.<sup>16</sup> La simbiosis industrial se convierte en el elemento clave para la producción sustentable, pero al mismo tiempo constituye uno de los principales retos para extender su existencia a todos los sectores productivos, principalmente en aquellas economías donde las formas de producción siguen siendo lineales, cuya interacción empresarial no está plenamente desarrollada.

La clave de este ambiente productivo es la colaboración, cohesión y la sinergia que puede existir entre las distintas actividades económicas ubicadas en territorios geográficamente próximos, lo que posibilita el surgimiento y crecimiento de ecoparques industriales, considerados como una unidad de producción y negocio, en el que las empresas instaladas cooperan entre sí, comparten sus recursos para alcanzar una mejora económica y social, reducen las repercusiones sobre el ambiente, mejoran la competitividad, reducen costos y el consumo de recursos, así como la promoción y desarrollo de nuevas actividades.<sup>17</sup>

En el corto plazo, este ambiente industrial debe verse como una tendencia para aminorar las presiones ambientales y fomentar la sustentabilidad productiva, aunque es cierto que cuando los residuos de materiales y energías no son recuperados y reutilizados, su disposición incontrolada perturba los sistemas físicos y biológicos, cuyos efectos en la mayoría de las veces son irreparables, afectando consecuentemente su disponibilidad, aunado a los costos económicos que puede generar en el sistema de producción y consumo.<sup>18</sup>

#### 4. Algunos parámetros para determinar la producción sustentable en los parques industriales

La mera integración de empresas vía parques industriales no es garantía de una eficiencia y sustentabilidad productiva, ya que es necesario la disponibilidad de condiciones internas en términos de infraestructura y equipamiento industrial, así como de condiciones externas capaces no sólo de favorecer el establecimiento y funcionamiento de empresas, sino sobre todo hacer de estos ambientes productivos sostenibles entre las generaciones, con efectos positivos en el entorno de ubicación.<sup>19</sup>

Por ello, para que la industria se encamine hacia la creación y maduración de sistemas productivos sustentable, es necesario tomar en cuenta tanto la tecnología como

todos aquellos factores que están presentes en el entorno, como la infraestructura, el capital social, la capacidad de organización, las instituciones financieras y el propio ambiente, la capacidad funcional de la sociedad, la confianza que éstos tienen para desarrollar alguna actividad, el tipo de políticas públicas, la organización de las autoridades locales, así como los patrones y comportamientos de los diferentes colectivos sociales.<sup>20</sup> Estos requerimientos deben ser susceptibles de cuantificarse y medirse por medio de indicadores, con el fin de conocer su situación actual (nivel de disponibilidad de factores y recursos, necesidades y problemáticas) para tomar decisiones y planear su funcionalidad temporal, evitando a lo sumo las externalidades ambientales negativas.

Los indicadores, como resultado del procesamiento de información, aun y cuando necesarios y útiles, no son suficientes para establecer una relación de conocimiento que permita aprehender lo específico-concreto de una situación frente a otra, tanto a nivel de su articulación como de sus diversas potencialidades de desarrollo productivos, de aquí la importancia y necesidad de establecer una relación entre los elementos teóricos y las variables e indicadores necesarios que permitan vincularlo con lo empírico, para demostrar su funcionamiento y estructura, al tiempo de reflejar las características específicas de las condiciones productivas de los parques industriales y así poder señalar las diferentes direccionalidades sustentables de la producción.

De esta manera, los indicadores como datos precisos y puntuales, dimensionan la evolución o comportamiento de cada una de las categorías y variables explicativas del ambiente productivo industrial. Adicionalmente, proporciona información relevante para definir mecanismo de acción e intervención, ya que buscan mediar, a través de la información existente, un estado final para cada componente.

<sup>16</sup> Marian Chertow, "Uncovering industrial symbiosis", special feature on industrial symbiosis, school of forestry and environmental studies Yale University", en *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 11, No. 1, 2007.

<sup>17</sup> E. Golf, y M. Molinero, *op. cit.*; Antonio Vázquez, *Política económica local, la respuesta de las ciudades a los desafíos del ajuste productivo*, Pirámide, Madrid, 1993; Dirk Messner, *The concept of the "world economic triangle": global governance and options for regions*, Institute of Developments Studies, England, 2002.

<sup>18</sup> Mariano Seoáñez, *Ecología industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa*, Ediciones Mundi-Prensa, España, 1998.

<sup>19</sup> David Iglesias, *op. cit.*

<sup>20</sup> Dirk Messner, *op. cit.*; Antonio Vázquez, *op. cit.*

Para transformar la información cualitativa en indicadores, es necesario tomar en cuenta algunos criterios:<sup>21</sup>

- Deben ser fáciles de cuantificar, agregar y desagregar
- Deben ser sencillos, de fácil manejo e interpretación
- Deben ser susceptibles de actualizarse constantemente
- Deben estar disponibles periódicamente
- Deben ser confiables o quien lo genere debe gozar de confiabilidad y credibilidad científica-institucional
- Deben ser comparables en el tiempo
- Deben tener una significación conceptual

En este tenor, los parques industriales deben tener las siguientes condiciones, susceptibles de cuantificarse:<sup>22</sup>

Delimitación y organización interna del espacio: límites y tamaño de los lotes industriales, traza urbana, red vial, zonas libres (áreas verdes), especificaciones de usos del suelo y tipo de construcciones permitidas.

Infraestructura: vialidades, energía eléctrica, abastecimiento de agua, plantas de tratamiento de aguas residuales, drenajes y redes telefónicas.

Equipamiento y servicios: vigilancia y seguridad, servicios de limpieza, oficinas de correos, asistencia sanitaria, transporte público, constructoras, bancos y servicios de asesoría técnica.

En términos de servicios e infraestructura, los requerimientos son:

### 1) Servicios básicos

- Agua potable y/o de uso industrial. El requerimiento mínimo debe ser de 0.5 litros por segundo por hectárea (l/s/ha) y el recomendable de 1 l/s/ha.
- Energía eléctrica. La capacidad mínima debe ser de 150 kilo vatios por hectárea (kva/ha) y la recomendable de 250 kva/ha.
- Redes telefónicas. La cantidad mínima se contempla de 10 líneas por hectárea, aunque lo recomendable son 20.
- Red de aguas residuales. Debe estar en función a la precipitación máxima del área geográfica.

<sup>21</sup> Fundación Friedrich Ebert, *La planificación del desarrollo económico local y sus elementos*, Documento de trabajo (s/n), Argentina, 2001.

<sup>22</sup> David Iglesias, *op. cit.*; Secretaría de Economía, *Norma oficial mexicana de parques industriales*, versión 2011, NMX-R-046-SCFI-2011, Gobierno de la República, México, 2011; Secretaría de Economía, *Norma oficial mexicana de parques industriales*, versión 2005, NMX-R-046-SCFI-2005, Gobierno de la República, México, 2005; Ricardo Méndez e Inmaculada Caravaca, *op. cit.*; ONUDI, *Pautas para el establecimiento de parques industriales en los países en desarrollo*, Organización de las Naciones Unidas, New York, 1979.

### 2) Infraestructura y urbanización

- Carriles de aceleración y desaceleración o camino de acceso al parque
- Vialidades pavimentadas de concreto asfáltico o concreto hidráulico
- Guarniciones de concreto
- Alumbrado público suficiente y eficiente en vialidades y banquetas: mínimo promedio de 8 luxes
- Nomenclatura de calles y números oficiales de los lotes
- Áreas verdes: 3 % del área total del parque
- Señalización horizontal y vertical (informativas, restrictivas y preventivas)
- Redes de energía eléctrica
- Agua potable
- Teléfonos
- Drenaje con cualquiera de las siguientes soluciones: 1) descarga de aguas residuales a red municipal, 2) reuso, previo tratamiento, y 3) descarga a cielo abierto, previo tratamiento, cumplimiento con norma vigente y permiso de la Comisión Nacional del Agua (CNA)

### 3) Superficie

El desarrollo industrial debe tener un mínimo de 10 hectáreas de superficie urbanizada para considerarse parque industrial, y se recomienda contar con una reserva de terreno para su crecimiento por lo menos de 10 hectáreas de terreno utilizable.

### 4) Terreno industrial

Todas las edificaciones deben cumplir con las siguientes características:

- Densidad de construcción: superficie máxima de desplante 70%, espacios abiertos 30%, superficie de terreno 100 %.
- Restricciones de construcción, distancia mínima al frente de la calle o avenida de 7 metros; distancia mínima a colindancias laterales y posterior de 2.5 metros; distancia mínima a colindancias con andén de carga 32 metros y banquetas frente a empresas en operación.
- Áreas verdes. Destinar el 5 % mínimo de la superficie del terreno para este uso.
- Estacionamientos. Deben contar con un área de estacionamiento suficiente para albergar vehículos (autos, bicicletas, transporte de personal, motocicletas, camiones y otros), que debe estar pavimentada o recubierta con gravilla. Asimismo, cada lote industrial debe contar con las siguientes áreas mínimas para estacionamiento:
  - 1 Cajón de estacionamiento por cada 200 m<sup>2</sup> de área de almacenamiento
  - 1 Cajón de estacionamiento por cada 150 m<sup>2</sup> de área de producción

- 1 Cajón de estacionamiento por cada 50 m<sup>2</sup> de área de oficinas
- 1 Cajón de estacionamiento para tráileres por cada 1000 m<sup>2</sup> de área de nave industrial

Los andenes de carga no deben estar ubicados frente al acceso principal, excepto si el terreno tiene 2 o más frentes. El área del cajón de estacionamiento, incluyendo superficie de circulación, debe ser de 25 m<sup>2</sup> mínimo, para automóviles.

### 5) Ubicación relativa

Cercanía con:

- Zonas habitacionales
  - Centro de la ciudad
  - Carretera federal, autopista, línea ferroviaria, aeropuerto o puerto marítimo
  - Clientes y proveedores
  - Frontera, terminal de carga y aduana<sup>6)</sup>
- Impacto Ambiental**

Contar con la Manifestación de Impacto Ambiental, en donde se especifique que la actividad industrial a desarrollar no genera impactos ambientales negativos en la localidad o región de asentamiento.

Adicionalmente, es necesario considerar otro tipo de infraestructura de carácter ambiental que no está conside-

rada en las normas industriales referidas, sobre todo porque ahora se aduce no sólo la reducción de las externalidades y presiones ambientales, sino que su disponibilidad puede favorecer la creación de ambientes productivos más eficientes, productivos y sustentables, en afán de conservar materias primas y energía, eliminar materias primas tóxicas y reducir la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y los desperdicios.

En este tipo de infraestructura ambiental se incluye:

- Mecanismo de captura y almacenamiento de agua de lluvia
- Generación y/o uso de energías alternas
- Reutilización de aguas tratadas
- Mecanismos para cuantificar el consumo de agua, energía y emisiones contaminantes
- Calentadores y calderas solares
- Celdas solares
- Contenedores para residuos especiales

Agrupando la información previa, es posible definir nueve requerimientos categóricos con sus respectivas variables, tal como se aprecia en la Tabla 1, cuyo tratamiento estadístico permite la obtención de indicadores e índices de explicación puntual sobre las condiciones de dichos aspectos y su influencia en la producción sustentable de los parques industriales.

**Tabla 1**  
**Requerimientos funcionales de los parques industriales**

Categoría	Variables	Indicador	Índice
<b>Condiciones Geográfica</b>	Superficie total	Hectáreas	De distribución espacial
	Superficie urbanizada		
	Superficie no urbanizada		
	Área de reserva		
<b>Equipamiento Industrial</b>	Energía eléctrica	Kilovatios/hectárea	De disponibilidad
	Subestación eléctrica	Unidades	
	Red de gas	Unidades	
	Agua potable	Unidades	
	Drenaje pluvial	Litros/segundo/hectárea	
	Espuelas de ferrocarril	Unidades	
<b>Infraestructura Ambiental</b>	Mecanismos de captura y almacenamiento de agua de lluvia	Litros/tiempo	De disponibilidad
	Generación y/o uso de energías alternas	Kilovatios	
	Mecanismo para cuantificar el consumo de agua, energía y emisiones contaminantes	Volumen	
	Planta de tratamiento de aguas residuales	Litros/segundo/hectárea	
	Red de drenaje sanitario	Litros/segundo/hectárea	
	Red de descargas industriales	Litros/segundo/hectárea	
	Calentadores/calderas solares	Unidades	
	Celdas solares	Unidades	
	Contenedores para residuos especiales	Unidades	
	Centro de acopio para residuos especiales	Unidades	
	Centro de disposición para residuos especiales	Unidades	
	Reuso de aguas tratadas	Litros/segundo/hectárea	

**Tabla 1 (continuación)**  
**Requerimientos funcionales de los parques industriales**

<b>Categoría</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicador</b>	<b>Índice</b>
<b>Urbanización Industrial</b>	Vialidades de acceso Guarnición Banquetas Pavimentación Alumbrado público Nomenclatura de calles Señalizaciones Mobiliario urbano Áreas verdes	Kilómetros Proporción* Proporción Proporción Unidades de luminarias Unidades Unidades Unidades Proporción	De disponibilidad
<b>Comunicaciones y transportes</b>	Red telefónica Red de fibra óptica Red de comunicación satelital Transporte urbano Estaciones de ascenso y descenso	Líneas/hectárea Unidades Unidades Unidades Unidades	De disponibilidad
<b>Servicios Peri-industriales</b>	Asociación de industriales Casetas de vigilancia Oficina de administración Sala de eventos especiales Servicios de mantenimiento Sistema contra incendios Estación de bomberos Estaciones de gasolineras Servicio de guardería Servicios médicos Instituciones financieras Áreas recreativas Restaurantes Hoteles Área comercial Aduana interior	Unidades	De disponibilidad
<b>Interacción entre Empresas</b>	Vinculación con empresas internas Vinculación con empresas externas Vinculación entre parques	Frecuencia/tiempo	Grado de conectividad
<b>Interacción Regional</b>	Distancia a zonas habitacionales Distancia a la aduana Distancia a autopistas Distancia a carreteras federales Distancia a líneas férreas Distancia a la zona urbana Distancia a la ciudad central Distancia al centro de abastecimiento Distancia al centro de comercialización	Kilómetros	Grado de accesibilidad regional
<b>Interacción Internacional</b>	Distancia a puertos Distancia a aeropuertos Distancia a las fronteras internacionales Distancia a los mercados internacionales	Kilómetros	De interacción espacial internacional

\* Porcentaje respecto al área destinada para tal infraestructura.

Fuente: Elaboración propia con base en Iglesias, 2013.

Cabe resaltar que cada uno de los indicadores referidos tiene un rango definido por la Norma Oficial Mexicana de Parques Industriales, coherente con lo estipulado en las pautas para el funcionamiento de los parques industriales de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, misma que se toma como referencia para obtener el índice correspondiente para cada variable.



Los índices y grados correspondientes se determinan para cada una de las variables, a fin de identificar las condiciones de cada requerimiento. Con la agregación de los datos refinados de manera segmentada, se obtiene un valor medio, que refleja puntual y concretamente la condición de cada categoría, misma que se toma como referencia para conocer la dinámica de cada variable. A partir del conocimiento de estos comportamientos, es posible determinar y saber las condiciones de la producción sustentable en los parques industriales. A modo de ejemplo, se enuncia cada una de las expresiones empleadas para determinar los índices y grados correspondientes.<sup>23</sup>

Índice de distribución

$$ID_{ij} = \left( \frac{J_{ij}}{A_{ij}} \right)$$

Donde:

$J$ : superficie destinada a la variable  $i$  en el espacio  $j$ .

$A$ : superficie total del espacio  $j$ .

Cuyos valores de los índices obtenidos da pauta a la definición de los siguientes rangos:

$ID_{ij}=1$ . La superficie objetivo está ocupado “uniformemente”.

$ID_{ij}>1$ . Algún espacio de la superficie objetivo tiene mayor dimensión de ocupación que lo definido.

$ID_{ij}<1$ . Algún espacio de la superficie objetivo tiene menor dimensión o no está ocupado totalmente.

Índice de disponibilidad

$$IE_{ij} = \left( \frac{X_{ij}}{Y_{ij}} \right)$$

Donde:

$X$ : disponibilidad real del equipamiento  $i$  en el lote o hectárea  $j$ .

$Y$ : disponibilidad recomendada del equipamiento  $i$  en el lote o hectárea  $j$ .

Los rangos son:

$IE_{ij}<0.5$ . La disponibilidad del equipamiento  $i$  en el parque industrial  $j$  es insuficiente.

$0.6>IE_{ij}<1$ . La disponibilidad del equipamiento  $i$  en el parque industrial  $j$  es suficiente.

$ID_{ij}>1$ . La disponibilidad del equipamiento  $i$  en el parque industrial  $j$  es más que suficiente, se rebasa el requerimiento especificado.

Cabe aclarar que el valor nominal de los rangos cambia de acuerdo a las especificaciones de cada variable. Dicho valor es la que previamente han establecido las instancias

correspondientes (a escala internacional la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial y en México la Secretaría de Economía), como estándares mínimos para garantizar el funcionamiento y crecimiento de las empresas que se asientan en los parques industriales.

Grado de conectividad

$$GC = \beta = \frac{ra}{qa}$$

Donde:

$r_a$ : cantidad de veces que una empresa se relaciona con un agente o institución en un determinado periodo (arco).

$q_a$ : número de agentes o instituciones con que se mantienen vínculos en un determinado periodo (nodo).

Los rangos especificados son:

$\beta=1$ . La conectividad es débil.

$\beta<1$ . La conectividad es la necesaria.

$\beta>1$ . La conectividad es fuerte o alta, que también puede interpretarse como exagerada o innecesaria.

Grado de accesibilidad regional

$$GAR = \left( \frac{A_{ij}}{I_{ij}} \right)$$

Donde:

$A$ : Disponibilidad del servicio  $i$  en el lugar  $j$  donde está asentado el parque industrial.

$I$ : Cobertura o longitud del servicio  $i$  en el lugar  $j$  donde está asentado el parque industrial.

Con los siguientes rangos:

$GAR<1$ . La accesibilidad es baja.

$1>GAR<2$ . La accesibilidad es media.

$GAR>2$ . La accesibilidad es alta.

Grado de interacción espacial internacional

$$IE_{a,b} = \left( \frac{Pa}{Da2} \right) = \left( \frac{Pb}{Db2} \right)$$

$$IE_{a,b} = \left( \frac{Pa}{Pb} \right) \left( \frac{db}{da} \right)^2$$

<sup>23</sup> David Iglesias, *op. cit.*

Donde:

*a*: Parque industrial.

*b*: Espacio (que puede ser un mercado o país).

*P*: Unidades del servicio o infraestructura (puertos, aeropuertos) existente en el país *b*.

*D*: Distancia entre *a* y *b*.

Con los siguientes rangos:

IE=1. Interacción internacional necesaria.

IE<1. La interacción internacional es baja.

IE>1. La interacción internacional es alta.

Una vez conocido el comportamiento de cada una de las variables a través de su índice respectivo, es posible saber cuán sostenible es la producción de las empresas establecidas en los parques industriales a través del Índice de Sustentabilidad Productiva (IS):

$$YSij = \alpha_0 + \alpha_1 CG + \alpha_2 EI + \alpha_3 IA + \alpha_4 CT + \alpha_5 SPI + \alpha_6 IE_m + \alpha_7 IR + \alpha_8 II + en$$

$$YSij = \sum_{n=1}^7 \alpha_n RI$$

Cuyo planteamiento y resultados puede ser complementado con el Índice de Proceso Sostenible (IPS),<sup>24</sup> en razón de reflejar la cantidad de uso de recursos ambientales y los subproductos (contaminantes) que se generan en cada parque industrial, es decir, tiene un carácter interno a las empresas (enfocado al proceso productivo), en tanto el anterior es más íntegro al considerar condiciones internas (empresas) y externas (parque industrial). El cálculo se realiza con la siguiente expresión:

$$ISPIj = Ay + Ae + Ai + Al + Aa$$

Donde:

*Ay*=área requerida para la producción de materias primas.

*Ae*= área requerida para proveer de energía al proceso productivo.

*Ai*=área para la instalación del proceso.

*Al*=área destinada al personal.

*Aa*=área de almacenamiento de los productos y subproductos (residuos contaminantes).

A partir de la resultante, si el índice es igual o mayor a la unidad, implica que las condiciones internas y externas existentes en los parques industriales son las adecuadas, no sólo para propiciar el funcionamiento de las empresas en dichos espacios, sino que sus condiciones favorecen una menor presión al ambiente. En caso contrario, un índice menor, infiere que algunos de los requerimientos no cumplen con las características que demandan las empresas para operar eficientemente.

<sup>24</sup> C. Krotscheck y M. Naradoslawsky, "The Sustainable Process Index. A new dimension in ecological evaluation", en *Ecological Engineering*, 4/6, 1996, pp. 241-258.

<sup>25</sup> Gabriela Carrillo, "Economía ecológica y ecología industrial", en J. Morales y L. Rodríguez (Comp.), *Economía para la protección ambiental. Ensayos teóricos y empíricos*, UAM-A, México, 2001.

## 5. Conclusiones

La agrupación de empresas en forma de parques industriales no sólo contribuye a disminuir la presión ambiental, sino incide favorablemente en el desarrollo de la localidad y región donde están establecidas. Desde esta perspectiva, dicha agrupación empresarial sigue considerándose como uno de los principales instrumentos, en términos de costos y efectividad, para promover la producción sustentable de las empresas e industria en países en proceso de industrialización, así como para fomentar la interacción económica de las regiones. Es claro que la funcionalidad de estos conglomerados empresariales depende de un conjunto de factores internos (como la infraestructura y el equipamiento) y externos (como la disponibilidad de servicios de apoyo a la industria) que determinan su desenvolvimiento, por lo que es de esperar que cuando algunos de éstos no están disponibles en las condiciones necesarias, los logros serán mínimos frente a los altos niveles de inversión realizados, incluso su dinámica contribuye al rápido deterioro ambiental, al agotamiento de los recursos productivos y a la generación de desechos con diferentes grados de peligrosidad en volúmenes que van más allá de la capacidad de asimilación de la naturaleza.<sup>25</sup>

Por lo tanto, las condiciones geográficas, el equipamiento, la infraestructura ambiental, las comunicaciones y transportes, los servicios peri-industriales, y la interacción empresarial, regional e internacional, deben cubrir con los requerimientos que demandan las empresas, no sólo para atraerlas, sino retenerlas y propiciar su pleno desenvolvimiento, buscando la generación de economías de escala, de aglomeración, de urbanización y sobre todo que puedan influir en mejorar la estructura productiva local y regional.

Para lograr este cometido, es fundamental la participación de las diferentes industrias y el conjunto de agentes económicos, para conformar eco-parques o parques eco-industriales, los cuales, a diferencia de los parques industriales tradicionales, buscan promover la colaboración entre firmas para un mejor manejo de los subproductos o residuos medioambientales y energéticos con el fin de minimizar

los impactos ambientales. Estos ambientes productivos, además de privilegiar el desempeño sustentable de las empresas, también incentivan la conformación de redes de cooperativas inter-firmas basados en la transferencia de los diversos desechos materiales y energéticos para su reincorporación a diversos sistemas productivos, dando cabida a diversas oportunidades de intercambio con otras empresas para generar beneficios colectivos.

El conjunto de variables e indicadores presentados, dan cuenta de la posibilidad no sólo para conocer las condiciones referidas, sino para determinar su influencia en la existencia de ambientes de producción sustentables, como alternativa para reducir la presión ambiental, buscando la permanencia de la categoría ambiental en lo temporal para que las diversas generaciones puedan seguir disfrutando de los bienes y servicios de esta naturaleza sin atentar con la producción de los parques industriales.

## Bibliografía

- ◆ Alvarado, Raúl, *Cooperación entre Firmas y Ecología Industrial. Un estudio de caso: Industria Mexicana de Reciclaje*, UAM-X, México, 2009.
- ◆ Capello, Roberta, *Regional economics*, Routledge, New York, 2009.
- ◆ Carrillo, Gabriela, “Economía ecológica y ecología industrial”, en J. Morales y L. Rodríguez (Comp.), *Economía para la protección ambiental. Ensayos teóricos y empíricos*, UAM-A, México, 2001.
- ◆ Cotorruelo, R., *Competitividad de las empresas y de los territorios*, Inmark, Madrid, 1996.
- ◆ Chertow, Marian, “Uncovering industrial symbiosis”, special feature on industrial symbiosis, school of forestry and environmental studies Yale University, en *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 11, No. 1, 2007.
- ◆ Fundación Friedrich Ebert, “La planificación del desarrollo económico local y sus elementos”, Documento de trabajo (s/n), Argentina, 2001.
- ◆ Garofoli, G., “Les systemes de petites entreprises; un cas paradigmatique de developpement endogene”, en George Benko y Alan Lipietz, *Les regiones qui gagnent. Districts et reseaux: les nouveaux paradigmes de la geographie economique*, PUF, París, 1992.
- ◆ Golf, E. y Molinero, M., “Propuesta de un modelo de gestión del conocimiento para el parque ecoindustrial de L’Orxa”, en *Avances en técnicas de reducción del impacto ambiental*, Marfil, España, 2009.
- ◆ Iglesias, David, “La infraestructura y las posibilidades de formar un sistema productivo local en los parques industriales de México. Caso del parque industrial Ixtlahuaca”, Tesis doctoral, UNAM, México, 2013.
- ◆ Krotscheck, C. y Naradoslawsky, M. “The Sustainable Process Index. A new dimension in ecological evaluation”, en *Ecological Engineering*, 4/6, 1996.
- ◆ Leal, José, *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias*, ONU-CEPAL, Santiago de Chile, 2005.
- ◆ Livert Aquino, Felipe, *Ecoeficiencia y desarrollo de infraestructura urbana sostenible en Asia y América Latina*, ONU-CEPAL, Santiago de Chile, 2011.
- ◆ Méndez, Ricardo y Caravaca, Inmaculada, *Organización industrial y territorio*, Editorial Síntesis, Madrid, 1996.
- ◆ Messner, Dirk, *The concept of the “world economic triangle”: global governance and options for regions*, Institute of Developments Studies, England, 2002.
- ◆ Negrín, Esteban et al., *El papel de las PyMEs en los sistemas productivos locales. Un enfoque desde Cuba*, Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio, 2004. cmq.edu.mx
- ◆ ONU-CEPAL, *Industria y medio ambiente en México y Centroamérica. Un reto de supervivencia*, Organización de las Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 2009.
- ◆ Paunero, Xavier, *Sistemas productivos locales en América Latina, ¿fortaleza o nueva mitología?*, Universidad de Girona, 2004. www.tau.ac.il/eial/XII\_1/paunero.html

- ◆ Precedo, Andrés y Villarino, Monserrat, *La localización industrial*, Editorial síntesis, Madrid, 1992.
- ◆ Secretaría de Economía, *Norma oficial mexicana de parques industriales*, versión 2005, NMX-R-046-SCFI-2005, Gobierno de la República, México, 2005
- ◆ ....., versión 2011, NMX-R-046-SCFI-2011, Gobierno de la República, México, 2011.
- ◆ Seoánez, Mariano, *Ecología industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa*, Ediciones Mundi-Prensa, España, 1998.
- ◆ Vázquez, Antonio, *Política económica local, la respuesta de las ciudades a los desafíos del ajuste productivo*, Pirámide, Madrid, 1993.