



DEARQ - Revista de Arquitectura / Journal of
Architecture
ISSN: 2011-3188
dearq@uniandes.edu.co
Universidad de Los Andes
Colombia

Pinzón Latorre, Andrés
La Simbiosis Industrial en Kalundborg , Dinamarca
DEARQ - Revista de Arquitectura / Journal of Architecture, núm. 4, 2009, pp. 155-161
Universidad de Los Andes
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=341630313019>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

La Simbiosis Industrial en Kalundborg, Dinamarca

Andrés Pinzón Latorre

Arquitecto. Universidad de los Andes - Colombia. (2002) Con estudios de MSc in Building Sciences cursados en Delft University of Technology - Países Bajos (2008) y en Massachusetts Institute of Technology – Estados Unidos. Desde 2001, está vinculado al Departamento de Arquitectura de la Universidad de los Andes.



Fotografía: Andrés Pinzón

Resumen

La sostenibilidad representa uno de los retos clave del siglo XXI, bajo esta premisa las ciudades deben tener un funcionamiento eficiente y reducir su carga sobre el medio ambiente. La Ecología Industrial plantea el estudio de las ciudades como sistemas productivos donde aspectos ambientales, económicos y tecnológicos, se combinan a diario en un ambiente urbano.

Un reto de una ciudad como sistema, consiste en conformar una estructura cultural que dé forma a una vida diaria productiva en armonía con los cánones ambientales. Como ejemplo de esta dinámica se presenta el Parque Eco-Industrial en Kalundborg, en Dinamarca; un escenario donde la industria y la comunidad local, han empezado a cooperar entre ellos en un esfuerzo por reducir los desechos, la polución y compartir eficientemente los recursos de una forma sostenible.

Palabras Clave

Simbiosis Industrial, Parque eco-industrial, Kalundborg.

Introducción

Uno de los principios de la Ecología Industrial¹ es entender los problemas de los sistemas industriales a partir de la observación del funcionamiento de sistemas naturales. Por ejemplo, una compañía se puede considerar como un organismo, o una ciudad se puede entender como un ecosistema; en esta mirada los procesos industriales no son lineales sino circulares, y los sistemas son un todo determinado por la forma en que sus partes se comportan.

Una ciudad puede estar dividida por zonas: áreas comerciales, residenciales, de oficinas, de servicios, o de

infraestructura. Cada una de estas es un subsistema que pertenece al gran sistema ciudad. Un problema que emerja en uno de estos subsistemas tendrá que solucionarse en el sistema en sí. El solucionar dificultades urbanas respecto a temas ambientales, implica establecer cómo los habitantes de una ciudad usan los recursos naturales en la producción de bienes y servicios, cómo estas acciones afectan las reservas naturales disponibles, cómo se controla la indiferencia de empresas y ciudadanos hacia el tema ecológico y cómo se organiza una ciudad productiva que respete el ambiente natural.

¹ La Ecología Industrial plantea una analogía directa de los sistemas industriales con los sistemas naturales, atendiendo al comportamiento y atributos que ambos comparten en distintas escalas. Esta comparación permite entender la red de procesos y proponer usos responsables de los recursos renovables y no renovables (Frosch, 1992).

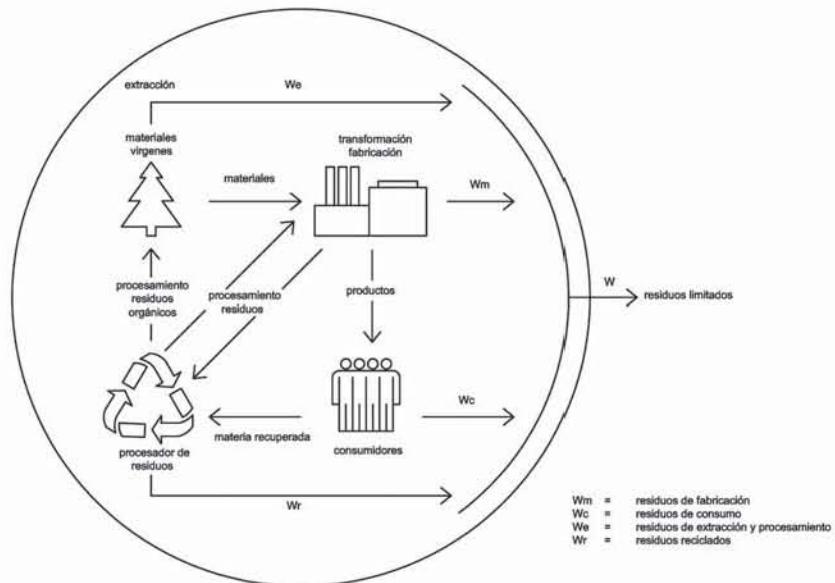


Figura 1: Los beneficios en un parque ecológico industrial incluyen ahorrar en costos de energía, uso de materias primas, transporte y disposición. Fuente: *The Center for Industrial Symbiosis, Kalundborg* (Hansen, 2003).

La actividad económica es ante todo un fenómeno físico de concentración, dissipación y transformación de flujos materiales y la optimización de estos procesos se enfoca hacia la generación de lo que se conoce como Simbiosis Industrial². En este esquema, las industrias reorientan sus acciones hacia inversiones responsables en términos ambientales con parámetros de calidad

ecológica definidos por la sociedad misma. El resultado, es un nuevo espacio de productividad que se conoce como Parque Eco-Industrial (Figura 1), en este escenario se rastrea el intercambio de sustancias y se formulan adaptaciones tecnológicas para la producción y consumo de materiales.

Parque Eco-Industrial en Kalundborg, Dinamarca

Kalundborg es una ciudad de 20.000 habitantes localizada en el norte de Dinamarca. Desde 1960, la ciudad se convirtió en un centro industrial de gran importancia para el país gracias a la configuración de un parque eco-industrial a gran escala en su región; este hecho le ha merecido un reconocimiento como paradigma urbano de productividad³.

El principio de la innovación ecológica en Kalundborg es sencillo: consiste en controlar la complejidad de las actividades industriales de la región ordenando las empresas en una estructura similar a la de una cadena alimenticia. De este modo, la ciudad se concibe como

una unidad compuesta por relaciones orgánicas, estas abarcan una gran variedad de especies que interactúan con los recursos materiales disponibles⁴.

La interdependencia y la organización de las industrias permite que la ciudad sea capaz de adaptarse y auto regularse bajo eventuales cambios ambientales, además de mantener su economía en forma estable. La jerarquización de los sectores productivos ha permitido la ocupación y rentabilidad de los habitantes de la ciudad y la reducción de la carga de desechos materiales en el agua, el suelo y el aire de la región.

2 Simbiosis industrial es un concepto en el que las industrias de una región colaboran para utilizar los sub-productos de otras compañías o de otra forma compartir recursos (Ehrnfeld, 2005).

3 Raymond P. Côté, "Exploring the Analogy Further." *Journal of Industrial Ecology* 3, no. 2-3, 1999, pp 11-12.

4 John Fernandez. *Material Architecture: emergent materials for innovative buildings and ecological construction*. 2005.

A través del Parque Eco-Industrial, la ciudad ha encontrado nuevos potenciales económicos donde parte del flujo material se recicla para proteger las reservas naturales. El aumento de oportunidades industriales ha fortalecido la diversidad y la estabilidad del sistema, ya que a mayor número de conexiones entre industrias, el parque eco-industrial ha asegurado su permanencia⁵. A nivel comunitario, procesos ordenados, dirigidos y

predecibles han conformado una serie de etapas de desarrollo económico, los habitantes participan en estas activamente modificando el ambiente natural. La estrategia social consiste en estabilizar las tasas últimas de crecimiento de la ciudad y de sus industrias. El resultado de esta política urbana ha repercutido en un beneficio ambiental, que a su vez produce un beneficio social, y redunda en un mejoramiento de la sostenibilidad.

La conciencia en las reservas naturales

Las reservas naturales y las utilidades económicas son valores complementarios que deben ser preservados a lo largo del tiempo⁶. Con esta premisa, en 1961 la planta de generación eléctrica de la ciudad decidió reemplazar el uso de aguas subterráneas por el uso de aguas superficiales del lago Tisso cercano a Kalundborg. Esta medida inició una nueva conciencia de valoración de la reserva natural al definir cuál era el ambiente natural que debía ser mantenido bajo cualquier circunstancia puesto que desempeñaba funciones ambientales primordiales e irremplazables; esta categoría de reserva natural se ha denominado Capital Crítico Natural⁷.

Establecer un Capital Crítico Natural en Kalundborg permitió encontrar materiales intangibles que fluían a través de las industrias de la ciudad. Usualmente, estos se convertían en desperdicios y ahora son administrados para generar nuevos ahorros energéticos. Con este cambio estructural, se redujo la polución y un nuevo intercambio material generó una interrelación y hete-

rogeneidad de activos que actualmente benefician a la población. De allí la metáfora del parque eco-industrial y una cadena alimenticia, puesto que los organismos (industrias) consumen residuos materiales y energéticos dejados por otros organismos (otras industrias).

La articulación de una idea de sostenibilidad se ha dado al ser conscientes de las múltiples beneficios que implica preservar las reservas naturales. En el ámbito socio-cultural, las reservas naturales proveen al hombre de necesidades no materiales tales como salud, recreación, educación e identidad. En el ámbito ecológico, las reservas naturales son una riqueza en términos de ecosistemas, biodiversidad, irreversibilidad y singularidad. En el ámbito ético, la preservación de reservas naturales protege los valores humanos. En el ámbito económico, la consolidación de reservas naturales resguarda costos monetarios. Y en el ámbito humano, las reservas naturales posibilitan la supervivencia del hombre

El rastreo material en el parque eco-industrial

El punto de partida para la conformación del Parque Eco-industrial consiste en desarrollar un análisis donde se identifiquen los cambios específicos que suceden en el sistema por efecto de las industrias. Por ejemplo, si la in-

dustria maderera compromete las reservas naturales pero su uso es necesario para la sociedad, se debe atender a las talas de bosques y la posterior recuperación de estos para que sus funciones se mantengan relativamente igua-

5 Côté, Op. Cit

6 H. Daly, *Beyond Growth*, 1996.

7 El Capital Crítico Natural se desarrolla a partir de la teoría de capitales económicos (Turner, 1993). Los recursos naturales son considerados un activo que provee un flujo de bienes. En esta medida, el medio ambiente adquiere una connotación utilitaria (De Groot, 2003).

les. A lo largo del tiempo, se encontrará que funciones tales como: componente de la pulpa de papel, material de construcción, material combustible, etc., pueden ordenarse para que los distintos miembros del parque eco-industrial exploten la reserva forestal en forma más adecuada.

El siguiente paso consiste en fortalecer las posiciones relacionales de las especies con su ecosistema para aumentar su resiliencia ecológica⁸. En el caso de Kalundborg, el parque eco-industrial es un sistema redundante ya que sus empresas pueden desempeñar una misma función y ser fácilmente reemplazables, sin alterar el funcionamiento global del sistema. Por ejemplo, la planta eléctrica es el productor primario de energía en la “cadena alimenticia”; sin embargo, esta cuenta con el respaldo de la planta refinadora de petróleo. Ambas empresas “fabrican su propio alimento” pero gracias a sus interconexiones también “consumen el alimento” que proviene de la otra empresa.

La instancia sucesiva es lograr la permanencia del parque eco-industrial en el tiempo. Las trasformaciones

previas del sistema constituyen el punto de partida para que nuevos procesos industriales mantengan los servicios ante las acciones humanas y las fluctuaciones ambientales. En Kalundborg, la inclusión de nuevos capitales industriales se ha dado de forma similar a como funcionan los niveles tróficos de una cadena alimenticia: cada eslabón (industrias de la construcción, y granjas agrícolas) obtienen la energía necesaria del nivel anterior (la planta eléctrica) y este la obtiene del medio ambiente (agua marina, subterránea y superficial).

Finalmente, para entender el consumo adictivo de materia por parte de la industria y proteger las reservas naturales, el parque eco-industrial debe medir el flujo metabólico de su economía a través de la cuantificación de las distintas relaciones materiales entre la región y su naturaleza⁹. En el parque eco-industrial la extracción y conformación de sustancias es menos dañina para el ambiente, al eliminar el uso y desecho de materiales tóxicos y modificar el manejo de sustancias para asegurar procesos confiables de transformación material¹⁰.

El parque eco-industrial entendido como una cadena alimenticia.

Como se mencionó anteriormente, el parque eco-industrial se asemeja a una cadena alimenticia: en el primer nivel está el productor primario de energía que son la planta eléctrica ASNAES y la refinería STATOIL. En segundo nivel están los consumidores energéticos primarios: la planta de ácido sulfúrico KEMIRA, la industria de paneles de cartón yeso GYPROC y la planta farmacéutica NOVODISK. En tercer nivel está el consumidor energético secundario: la ciudad de Kalundborg, Y al final de la cadena, se encuentran el eslabón de los descomponedores: una planta de biomasa, y las granjas acuícolas, porcinas y de cultivo (Figura 2).

A nivel macro (ciudad-región) o a nivel micro (industria-producto), el parque eco-industrial plantea escenarios de incremento en la vida útil de reservas naturales y de activación activar potenciales materiales subvalorados.

Estas acciones reducen la entropía del sistema aumentando su solidez y orden. Por ejemplo en el eslabón de productores, la planta eléctrica ASNAES vende vapor a la refinería STATOIL y a la planta farmacéutica NOVODISK, y el calor obtenido de los generadores se usa para la calefacción de edificios en la ciudad, así como para calentar invernaderos y granjas acuícolas. Además de esto, la refinería STATOIL vende gas combustible y agua de enfriamiento a la planta eléctrica ASNAES, y el azufre que produce se envía a la planta de ácido sulfúrico de KEMIRA.

Y en el segundo eslabón: el de consumidores primarios, la industria de paneles de cartón yeso GYPROC utiliza el sulfato de calcio enviado por la planta eléctrica ASNAES y el gas combustible de la refinería STATOIL para la fabricación de paneles. Y la planta farmacéutica NO-

8 La resiliencia ecológica es uno de los conceptos más usados en la actualidad (Kates, 2005) y se define como la capacidad que tiene un ecosistema para resistir alteraciones y todavía mantener su estado específico (Brand, 2008).

9 Flujo metabólico es la energía entre los distintos niveles tróficos de una cadena alimenticia y su relación con los elementos del medio ambiente (Balwood, 2003). El punto de vista metabólico es cercano a los principios de balance material en los cuales la modelación de un material y su flujo energético están gobernados por las leyes de conservación de materia y energía (Ehranfeld, 2005).

10 Kumar and Patel. "Industrial Ecology" Paper in Colloquium *Industrial Ecology*; organized at the National Academy of Science Washington D.C. 1992, pp 798-799

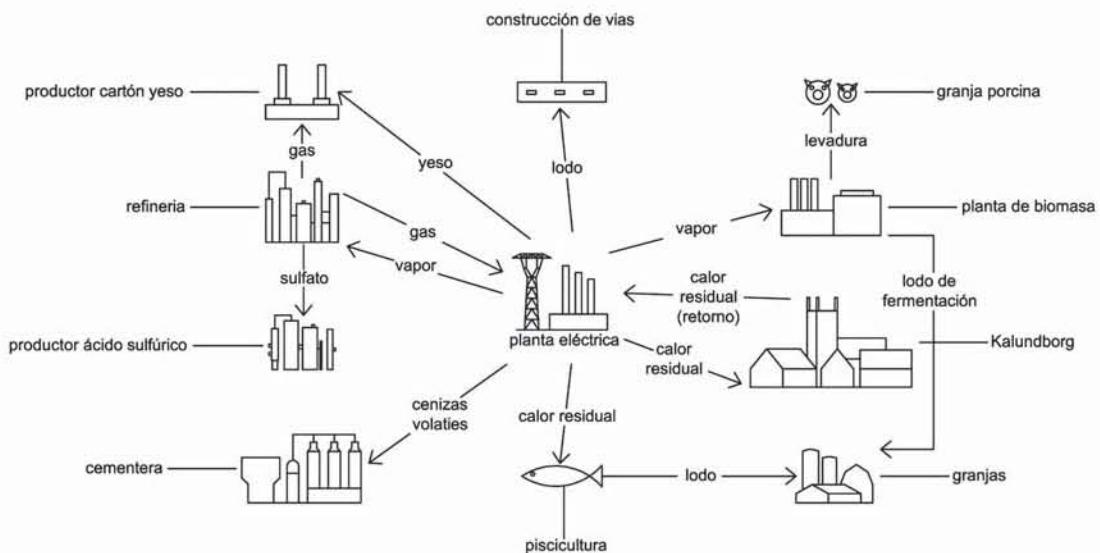


Figura 2: La simbiosis industrial de Kalundborg en Dinamarca (en 2002). Fuente: *The Center for Industrial Symbiosis, Kalundborg* (Hansen, 2003).

VODISK genera un lodo biológico que es usado como fertilizante en las granjas, y la mezcla de levadura en la producción de insulina se utiliza como suplemento para alimentar cerdos.

Estas actividades involucran la concentración, disipación, y transformación de flujos de energía, por lo que

el parque eco-industrial formula adaptaciones tecnológicas mejorando la producción y consumo, y considerando la dinámica entre industria y ambiente natural¹¹. En esta medida, los flujos materiales y energéticos son entendidos como una expresión directa de las actividades humanas para sobrevivir y mejorar su bienestar¹².

El método científico del parque eco-industrial

El mayor logro del parque eco-industrial de Kalundborg fue el entender que ciudad y región son una propiedad común. Tanto los ciudadanos, como sus industrias han sido grandes consumidores de reservas naturales, y por esta razón ambos partieron el liderazgo para estructurar compañías simbióticas. Preocupados por el calentamiento global y la extinción de recursos hídricos, marcaron un derrotero para un cambio estructural del sistema industrial (Figura 3).

La planta eléctrica redujo en un 60% su consumo de agua al emplear agua superficial del lago cercano y el agua tratada de la refinería. Posteriormente, la planta misma recicló sus aguas de desecho y redujo en un 50% el consumo del agua proveniente del lago Tisso. Esta optimización se dio al rastrear a través de MFA el trabajo del sector económico y sus consecuencias sobre los recursos hídricos de la ciudad¹³.

11 Seleccionar y medir flujos materiales se estudia a través de los Métodos de Análisis de Flujo Material (MFA). Estos indican las fuentes, la viabilidad, e importancia de las demandas económicas existentes.

12 Peter L. Daniels, Stephen Moore. "Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies: Part I: Methodological Overview." *Journal of Industrial Ecology* 5, no. 4, 2001, pp. 69-93.

13 Los análisis de MFA se concentran en entender propiedades intrínsecas (mecánicas, físicas, térmicas y ópticas) y extrínsecas (económicas, culturales, sociales) materiales y regular su consumo de energía (Fernandez, 2005).

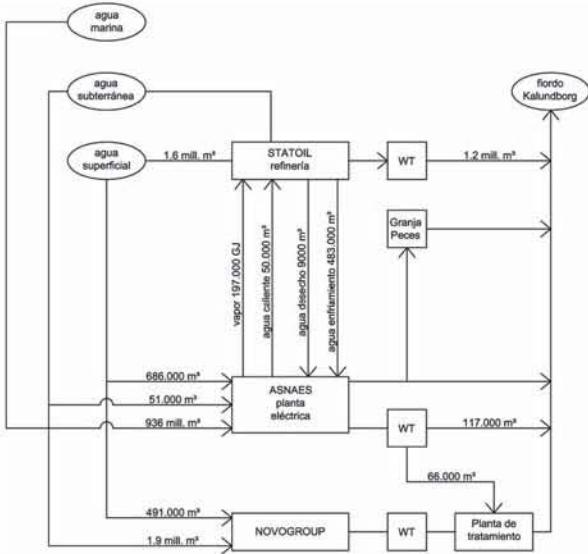


Figura 3: Síntesis Industrial del flujo de agua en Kalundborg (m³/año) en 2002. Fuente: Green Accounts from Kalundborg Center for Industrial Symbiosis (Hansen 2004). El estudio de SFA (Análisis de Flujo de Sustancia) del agua en Kalundborg parte de medir y rastrear la magnitud de las presiones humanas sobre las funciones ambientales. Para luego identificar las conexiones entre las demandas y las actividades económicas y generar los datos requeridos para monitorear las políticas ambientales de reducción de metabolismo.

La medición del agua como fuente básica para el parque eco-industrial estuvo fundamentada en establecer su relevancia biológica, hidrológica, y atmosférica y su importancia para los seres humanos. Los indicadores de este estudio permitieron reestructurar las industrias en un escenario preventivo e integrado para administrar el agua racionalmente en cada uno de los niveles del sistema.

Los problemas críticos de polución generados por fuentes específicas han sido controlados y se han implementado estrategias para eliminar, disipar, minimizar y reciclar los contaminantes del agua. Las fuentes hídricas son estudiadas para conocer las emisiones y acumulaciones de materiales a las que son sometidas, respetando su valor como acuíferos se fortalecen las distintas aplicaciones industriales de la sustancia misma: vapor, agua de alta temperatura, agua de desecho, agua de enfriamiento, agua dulce y agua salada. El rastreo del material permite que el agua pueda ser utilizada eficientemente por los distintos “organismos que componen esta cadena alimenticia”.

Conclusiones

La valoración de la economía industrial de una ciudad desde una óptica física, constituye un método para conservar recursos y reducir el efecto sobre el ambiente natural. Estrategias efectivas de sostenibilidad residen en las colecciones sistemáticas de mediciones físicas de flujos materiales.

La administración urbana juega un papel primordial sobre la preservación del medio ambiente, la cuantificación e interconexión de flujos metabólicos permiten obtener una productividad energética. El procedimiento empleado en este caso de estudio, se fundamenta en definir un objetivo material y un sistema sobre el que se colecciona una información que permite modelar, ras-

trear e interpretar los impactos ambientales del movimiento de flujos en la ciudad.

La heterogeneidad de Kalundborg es central en su sostenibilidad¹⁴. Su diversidad estabiliza a nivel socio-económico el sistema, mejora la eficiencia en el uso de materiales y aumenta la calidad ambiental. El modelo de su parque eco-industrial utiliza los desechos al mismo tiempo que diseña los productos, conformando un plan de reciclaje material. La enseñanza del sistema está en proteger las reservas naturales e interconectar distintos procesos productivos a través del uso económico de los desechos materiales como entradas para otros procesos.

Bibliografía

- Brand, Fridolin. "Critical natural revisited: Ecological Resilience and sustainable development". En: *Ecological Economics* No. 68, 2008.
- Bellwood, D.R "Limited functional redundancy in high diversity systems: resilience and ecosystem function on coral reefs". En: *Ecology letters* 6, 2003.
- Côté, Raymond P. "Exploring the Analogy Further". En: *Journal of Industrial Ecology* 3, No. 2-3, 1999.
- Daly, H. *Beyond Growth*. Beacon Press, Boston, 1996.
- Daniels, Peter L., Stephen Moore. "Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies: Part I: Methodological Overview". En: *Journal of Industrial Ecology* 5, No. 4, 2001.
- Daniels, Peter L. "Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies: A Comparative Survey: Part II: Review of Individual Approaches". En: *Journal of Industrial Ecology* 6, No. 1, 2002.
- De Groot, R. "Importance and treat as determining factors for criticality of natural capital". En: *Ecological Economics* 44, 2003.
- Dobson, A. "Environmental sustainabilities: an analysis and a typology". En: *Environmental Politics* 5.
- Ehrenfeld, John R. "The Roots of Sustainability". En: *MIT Sloan Management Review* 46, No. 2, 2005.
- Frosch, Robert. "Industrial Ecology: A philosophical introduction" Paper in Colloquium *Industrial Ecology*, organized at the National Academy of Science Washington D.C. 1992.
- Fernandez, John. *Material Architecture: emergent materials for innovative buildings and ecological construction*. Architectural Press, Oxford, 2005.
- Kates, R.W. "What is sustainable development? Goals, indicators, values and practice". En: *Environment* 47, 2005.
- Kumar and Patel. "Industrial Ecology" Paper in Colloquium *Industrial Ecology*, organized at the National Academy of Science Washington D.C. 1992.
- Sachs, J.D., "Challenges of sustainable development under globalization". En: *International Journal of Development Issues*, 2005.
- Turner, R. K. *Sustainable Environmental Economics and Management: Principles and Practice*. Belhaven Press, New York, 1993.
- Weisz, Helga. "The physical economy of the European Union. Cross-country comparison and determinants of material consumption". En: *Ecological Economics* No. 58, 2006.