

## LA SOSTENIBILIDAD EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Búsqueda del éxito económico, social y medioambiental del proyecto

En la profesión de ingeniero, donde a diario se idea, proyecta y construye sistemas industriales, se tiene la necesidad de un compromiso con el mantenimiento de los recursos del planeta en el que vivimos, vehiculando y dando soporte técnico de forma rentable a las iniciativas empresariales, desde el respeto y sensibilidad a los aspectos etnográficos y a los colectivos más desfavorecidos. Todo lo anterior se hace posible al desarrollar la práctica de la ingeniería desde el concepto de SOSTENIBILIDAD.

▣ Paloma TRUEBA MUÑOZ.

Ingeniera Técnica Industrial. IMASI S.L.

Profesora Asociada. "Departamento de Ingeniería

"Mecánica y de los Materiales", Universidad de Sevilla.

Partiendo de esta concepción se pretende desde estas líneas dar una visión global de dicho concepto, de forma aplicada al desarrollo de la actividad profesional que es más característica de la Ingeniería de la rama Industrial, como son: el diseño y desarrollo de Productos, diseño, construcción y explotación de Plantas y Parques Industriales.

Con el fin dar cabida en la actividad proyectual y constructiva de la ingeniería a estas exigencias, se ha desarrollado un conjunto de instrumentos preventivos, algunos de ellos preceptivos, como son las autorizaciones ambientales (CA, AAI, AAU) contemplados en la ley GICA, EHE 08, que determinan los Estudios de Impacto Ambiental y Análisis Ambiental. De forma complementaria y de carácter voluntario existen para productos industriales la incorporación del ecodiseño, que junto a los sistemas de gestión medioambiental ISO14000 y el Análisis del Ciclo de Vida, complementan las actuaciones que desde la práctica profesional se vienen articulando para desplegar la ingeniería del Ciclo de Vida de los productos y sistemas sostenibles medioambientalmente. Otras iniciativas se centran en el establecimiento de guías de buenas prácticas ambientales para distintos ámbitos, como son las referidas a las actividades de los Jefes de Obras [1].

Desde la concepción de ingeniero [2] dada por la UNESCO:

*"Ingeniero es el profesional cuya actividad consiste esencialmente en crear, modificar y valorar lo que rodea al ser humano, para satisfacer la necesidades (individuales y colectivas) tal como las concibe la sociedad de la época."*

Tiene sentido el concepto de sostenibilidad aportada en [2]:

*"La sostenibilidad no consiste en mantener los recursos naturales intactos, sino que implica hacer un uso eficiente de los mismos, siendo necesario introducir todos los costes y beneficios en que la*

*sociedad tiene que incurrir. El desarrollo sostenible no es un concepto exclusivamente ecológico, sino un triángulo de equilibrios entre lo ecológico, lo económico y lo social."*

### Sostenibilidad: Definición y Caracterización

La sostenibilidad puede ser definida [2] como "el modo de afrontar las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para afrontar las suyas".

Esta concepción de la sostenibilidad supone aceptar las limitaciones de un mundo que es finito y que hace necesario un reparto equitativo de sus recursos y el mantenimiento de los mismos. También puede ser interpretada en términos de calidad de vida, pasando a contemplar otras dimensiones complementarias a la sostenibilidad ambiental, ello amplía el concepto a una sostenibilidad social, económica y ambiental.

Para la ingeniería [2], un sistema sostenible es aquel que se mantiene en equilibrio, con cambios progresivos a tasas tolerables, siendo los profesionales de la actividad industrial los encargados de establecer procesos de cambios progresivos y mantener dichas tasas tolerables. Este concepto de sostenibilidad está inspirado en los ecosistemas naturales, que evolucionan de dicho modo, sin superar su capacidad de respuesta.

Para que un sistema, producto o construcción industrial puede considerarse como sostenible debe de ser:

- Equitativo entre las necesidades sociales y su rentabilidad económica.
- Viable económica y ambientalmente.
- Vivible, para dar respuestas a necesidades sociales y medioambientales.

Una vez introducido brevemente el concepto de sostenibilidad se va a proceder a caracterizarla en sus tres dimensiones.



Figura 1. Dimensiones de la sostenibilidad y desarrollo sostenible [2].

El desarrollo sostenible no es un concepto exclusivamente ecológico, sino un triángulo de equilibrios entre lo ecológico, lo económico y lo social

- **Sostenibilidad Económica.** Se refiere a la búsqueda del equilibrio territorial, equilibrio de la estructura económica, viabilidad económica de las inversiones y de las actuaciones, todo ello enmarcado bajo la obligación de satisfacer las necesidades razonables de la población de manera indefinida en el tiempo. De un modo más cercano a la práctica profe-





Figura 2. Aspectos de la Ingeniería Sostenible en el sector Industrial.

sional se refiere a la rentabilidad de las actuaciones que determina un proyecto industrial, en cuanto se orienta a satisfacer las necesidades económicas de los promotores.

– **Sostenibilidad Social.** Estudia e identifica los factores sociales, culturales y políticos que puedan afectar o ser afectados por las actividades del proyecto, así como la población que se espera beneficiar y, en particular, las repercusiones de esas actividades en los distintos subgrupos de la población local. Sobre la base de esta información, los analistas investigan qué problemas pueden presentarse durante la ejecución y demás fases del ciclo de vida del proyecto y sugieren de antemano cómo abordar su resolución.

– **Sostenibilidad Ambiental.** Se refiere al equilibrio entre las actividades humanas (el proyecto) y el entorno en que se inscriben, equilibrio que depende del cumplimiento de ciertos criterios técnicos y, por tanto, presumiblemente objetivos:

- Respeto a tasas de renovación en la explotación de los recursos naturales renovables.
- Minimización del uso de recursos naturales no renovables.
- Maximización de la reutilización y el reciclado.

– Respeto a la capacidad de acogida del territorio en términos de uso del suelo, aprovechamientos y comportamientos.

– Respeto a la capacidad de acogida de los océanos, mares y ríos en su uso como vías de transporte, y respeto a las tasas de recuperación de los recursos pesqueros.

– Respeto a la capacidad de asimilación de los vectores ambientales, aire, agua y suelo.

– Respeto a la armonía y al valor testimonial y estético del paisaje.

– Respeto a la flora y a la fauna.

Hasta ahora el lector habrá comprobado como las palabras "respeto" y "equilibrio" han sido sin duda las más utilizadas para explicar el concepto de sostenibilidad en sus diferentes aspectos. Como Ingenieros, son estos conceptos de "respeto" y "equilibrio" referidos a las distintas dimensiones de la sostenibilidad, los que necesitan integrar en las líneas fundamentales de trabajo que comprenden el producto industrial, las construcciones industriales y los polígonos y parques industriales, como se recoge en la Figura 2.

Partiendo de la concepción de sostenibilidad y desarrollo sostenible y de los estudios científicos, se desarrollan un conjunto de indicadores de sostenibi-

lidad desde donde se determinan los límites de carga ambiental existentes en los reglamentos y determinan la búsqueda de las mejores técnicas disponibles a implementar en la mitigación de impactos ambientales identificados en los EIA y estudios ambientales de los proyectos.

Otro aspecto a considerar en lo referente al estudio de impacto ambiental descontextualizado como es el ACV. Este es un modelo principalmente descriptivo, basado en el ciclo de vida de un producto o un proceso concreto y que sigue 4 pasos básicos: la determinación del ámbito del estudio, el inventario de recursos requeridos por un producto, proceso o industria desde la extracción de materiales hasta la disposición final, la evaluación de impacto de todo el proceso y la identificación de los impactos del ciclo de vida que podrían mitigarse.

## El Producto Industrial Sostenible

El concepto de producto sostenible se viene haciendo preceptivo desde distintas directivas, como la que se refiere al fin de la vida útil de distintos productos, directiva de reciclado de equipos eléctrico y electrónicos (2002/96/CE), y la directiva que establece la exigencia de ecodiseño de productos que usan energía (2005/32/CE). Junto a las exigencias anteriores, son muchas las empresas que incorporan el ecodiseño en sus productos como medio para optar a las distintas ecoetiquetas para diferenciarse de sus competidores en el mercado. El ecodiseño se sustenta en un conjunto de técnicas y estrategias que se aplican desde la perspectiva del ciclo de vida, entre las que cabe destacar [3]:

1- Diseño con materiales de bajo impacto ambiental, lo que significa que sean materiales limpios, renovables, que su producción sea de bajo contenido energético, y que sean materiales reciclados o reciclables. En caso de no poder satisfacer estos requisitos tendremos que encontrar el equilibrio entre ellos.





Más eficiente



Menos eficiente

Figura 3. Etiquetado de calificación energética.

2- Desmaterializar el producto, con estrategias de reducción de peso y de volumen.

3- Técnicas de producción eficientes desde el punto de vista ambiental, lo que implica minimizar las operaciones del proceso productivo, consumiendo menos energía e intentando que éstas sean renovables. De la misma manera se reducirán los residuos de producción.

4- Eficiencia logística, seleccionando un sistema de distribución eficiente desde el punto de vista ambiental, utilizando una logística y transporte con consumo de energía eficiente y reducir eficientemente los sistemas de embalajes.

5- Diseño para bajo consumo en la fase de utilización del producto, reduciendo el consumo de energía y materiales consumibles, así como utilizar fuentes de energía más ecológicas.

6- Optimización el ciclo de vida del producto, facilitando su mantenimiento y su reparación así como su reciclaje e incineración segura.

7- Diseño para la desensamblabilidad al final de su vida útil.

TABLA 1. PLANOS DE ANÁLISIS DEL EDIFICIO INDUSTRIAL SOSTENIBLE

REQUERIMIENTOS BÁSICOS DEL EDIFICIO	COMPONENTES DEL EDIFICIO	ETAPAS EN LA VIDA DEL EDIFICIO
"La estabilidad del edificio frente a las acciones, que debe de resistir durante las distintas etapas de la vida útil de la construcción."	"El exterior de edificio o su entorno"	"Concepción del edificio, planificación del sitio y preparación del terreno."
"La funcionalidad del edificio de cara al correcto desarrollo de la actividad para la cual ha sido diseñado."	"El edificio en sí."	"Materiales, elementos y sistemas de construcción. Montaje y construcción del edificio."
"La estética del edificio, que es otro valor a tener en cuenta, de cara al mantenimiento del patrimonio arquitectónico, así como al mantenimiento de una imagen de la ciudad, área industrial, o empresa."	"El interior de edificio."	"Utilización del edificio y demolición del mismo y gestión de los residuos generados por dicha edificación."

### Las Construcciones Industriales Sostenibles

Son aquellas que, con especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implican el uso sostenible de los recursos, poniendo especial atención al impacto ambiental, que ocasiona la aplicación de determinados materiales de construcción y buscando la minimización del consumo de energía en la utilización de los edificios durante su vida útil. [4,5]

Para realizar la modelización del edificio sostenible es preciso llevar a cabo un estudio del mismo, atendiendo principalmente a tres planos de análisis: los requerimientos del edificio, los componentes del mismo y las etapas en la vida útil del edificio [5]

Este análisis de la edificación establece los aspectos determinantes en la sostenibilidad de las edificaciones y que están directamente relacionados con su metabolismo material:

- Los materiales de construcción que constituyen el edificio.
- Los proveedores de energía para mantener su habitabilidad y permitir los usos.

- El agua empleada para satisfacer las necesidades de los usuarios y sus actividades.

- Los residuos que generan los productos de consumo en el edificio.

Se trata pues, de aportar nuevas tecnologías constructivas sostenibles al edificio industrial, caracterizado por aspectos diferenciadores de otros usos como son los residenciales y los de servicios.

Ejemplos de estas incorporaciones de tecnología sostenible lo encontramos en el acero de construcción que se fabrica respetando los recursos y su reutilización es ilimitada, así como el creciente uso de aceros de gran resistencia que ofrece la posibilidad de seguir optimizando la sostenibilidad de la construcción mixta y metálica [6].

Otro claro ejemplo cada vez más visto en el Sur de nuestro país, es la sustitución de las tradicionales cubiertas de panel sándwich por placas de captación de energía solar y fotovoltaica para su aprovechamiento en la propia industria que se proyecta.

La nueva normativa EHE 08 constituye uno de los instrumentos para el desarrollo de construcciones sostenibles. Incorporación de aspectos medioambien-





Figura 4. Cubierta de paneles solares.

Estrategias a implementar a los polígonos industriales sostenibles:

- 1- Desarrollo equilibrado y calidad de vida.
- 2- Racionalidad en los usos del suelo.
- 3- Aumento de la sostenibilidad y protección ambiental.
- 4- Recualificación frente a crecimiento.
- 5- Gestión contable medioambiental.
- 6- Ordenación urbana participativa y coordinada.
- 7- Compatibilidad con el diseño territorial circundante al polígono.

tales en el proyecto y ejecución de las estructuras de hormigón, ampliando la casuística de reciclado y reutilización de residuos (áridos reciclados, adiciones minerales procedentes de subproductos industriales, etcétera), previniendo la generación de impactos durante la ejecución y fomentando el empleo de las mejores prácticas medioambientales.

## Parques y Polígonos Industriales Sostenibles

Por lo que se refiere a los parques y polígonos industriales como construcción industrial, pueden ser considerados los aspectos que se han descrito en el apartado anterior, junto con aspectos de sostenibilidad social y económica por su impacto en el desarrollo local, en los cuales no entraremos.

Lo anteriormente expuesto requiere una planificación integrada en la que se reconozcan y tengan en cuenta las características del paisaje y de los ecosistemas próximos. De esta forma se aborda la sostenibilidad ambiental de los parques industriales bajo el marco que ha venido denominándose Ecología Industrial, cuyo objeto es concebir los parques y polígonos bajo principios de inspiración del

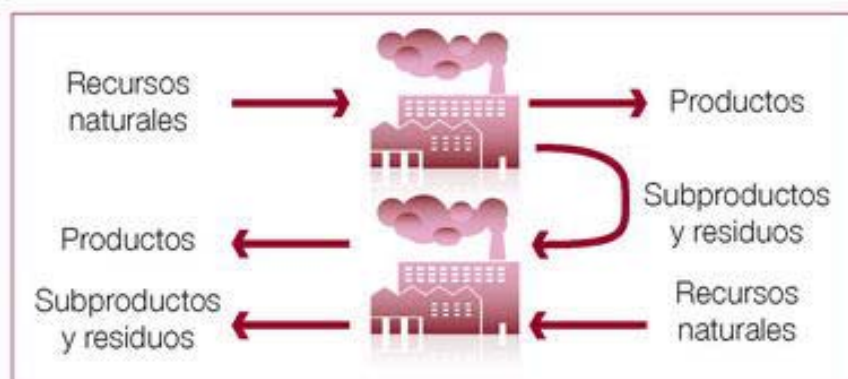


Figura 5. Interacción del parque industrial con su entorno.

funcionamiento de los ecosistemas naturales.

La planificación debe hacerse para el conjunto de plantas industriales que se implantarán en las distintas parcelas, de manera que se potencien las interrelaciones y las sinergias entre las empresas para su integración en flujos de materia, energía e información, minimizando de esta manera la generación de residuos, emisiones o vertidos bajo una concepción de metabolismo cerrado [5]. "Cada polígono industrial debe adaptarse al paisaje y situación en que se inserte. Cada caso es diferente y se deben realizar estudios previos con indicadores de cómo actuar en él."

8- Tratamiento de los recursos paisajísticos.

Las oportunidades económicas que ofrece un modelo de polígono industrial más sostenible, puede ser notable si se controla con una buena gestión.

Algunos autores [5] consideran necesaria la existencia de un cuerpo gestor dentro del polígono que establezca valores de referencia para conseguir la sostenibilidad en polígonos industriales y aportar estrategias para conseguirlo.

Los indicadores que deben medir y estar controlados por el cuerpo gestor son [5]:





Las oportunidades económicas que ofrece un modelo de polígono industrial más sostenible, puede ser notable si se controla con una buena gestión

#### La gestión sostenible de los residuos:

– Generación de residuos: desviación de la generación de residuos por empresa respecto a todo el polígono industrial.

– Sistemas de tratamientos de residuos: porcentajes de polígonos servidos por vertederos controlados respecto a la media del municipio y porcentaje de polígonos que utilizan plantas de recuperación y compostaje.

– Recogida selectiva de residuos: grado de cobertura del polígono que cumple con contenedores para la recogida selectiva por tipologías de residuos; radio de punto limpio por empresa.

#### El ciclo del agua:

– Consumo del agua por empresa/año; polígono/año.

– Porcentaje de pérdidas teóricas de agua y sistemas de economizadores de agua.

– Proyectos de jardinería sostenibles; porcentaje de agua utilizada.

– Depuración y tratamiento de reutilización; porcentaje de reutilización de agua según destino.

#### Uso racional y eficiencia energética:

– Consumo de energía eléctrica por empresa/año; polígono/año.

– Utilización de medios de ahorro energético y nuevas tecnologías en edificios para su captación.

– Porcentaje de paneles solares/empresas o algún tipo de energía renovable.



– Cumplimiento de ordenanza del polígono por el uso racional y eficiente de energía.

#### Paisaje urbano en el polígono:

– Uso de espacios de valor natural y/o paisajístico.

– Existencia de recursos paisajísticos en el medio natural, según formas de uso de suelos al cual implantamos (forestal arbolado, forestal desarbolado y vegetación natural y zonas húmedas).

#### Zonas verdes y espacios libres comunes:

– Dotación de nuevas zonas verdes, realización de proyectos sostenibles.

– Existencia de recursos relacionados con la gestión y mantenimiento de zonas verdes.

– Fórmulas de mantenimiento de zonas verdes; tipo de agua suministrada para riego (potable, no potable) y sistemas de riego empleado.

#### Calidad del aire:

– Valoración global de la calidad del aire dentro del polígono.

– Números de días al año con calificaciones regular, mala o muy mala en la valoración global de la calidad de la atmósfera en el polígono.

– Calificación de la calidad del aire según contaminantes.

#### Protección contra la contaminación acústica:

– Actuaciones contra la contaminación acústica.

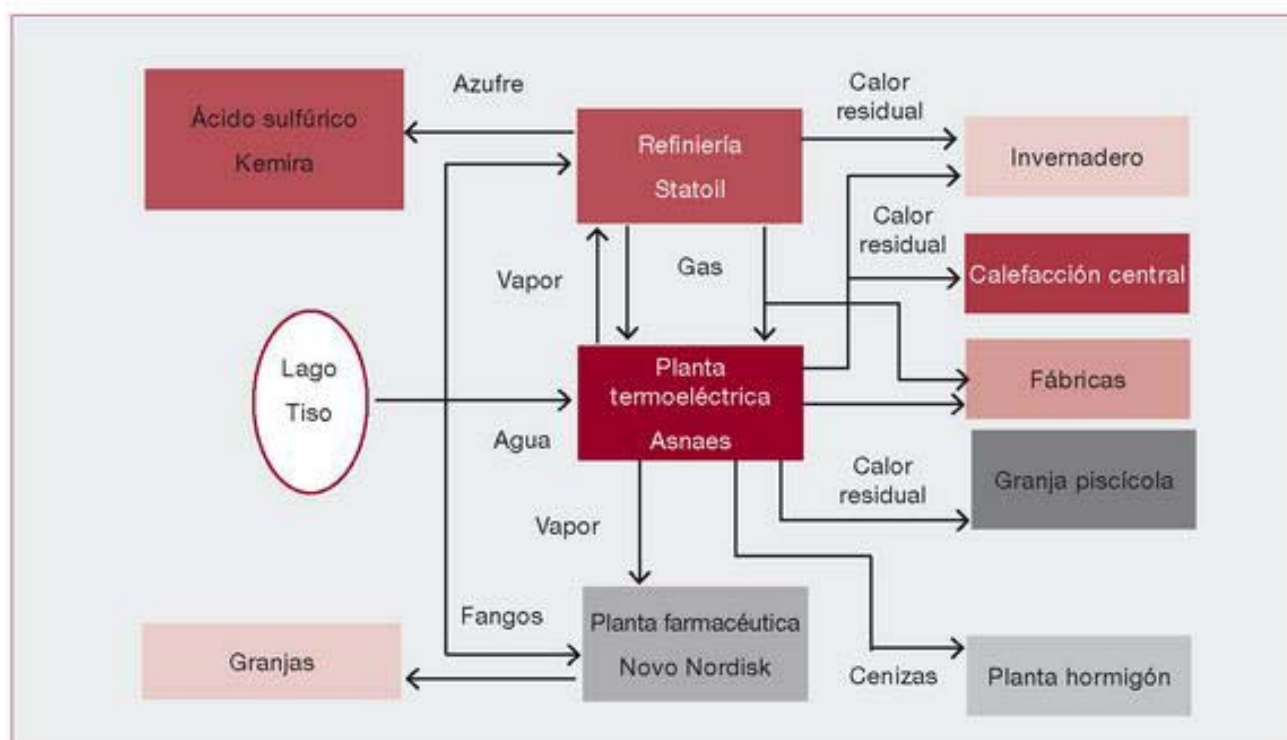


Figura 6. Esquema de red de intercambios de residuos en Kalundborg.

- Declaración de zonas de saturación acústica; mapas acústicos.
- Número de sanciones.
- Regulación para prevención de ruidos y vibraciones; ordenanzas sobre ruidos y vibraciones.

### Movilidad y desplazamientos

- Uso de transportes públicos o transporte privado trabajador/día.
- Dotación de carriles-bici.
- Grado de peatonalización de aceras; porcentaje de calles internas con prioridad para peatones.
- Implantación de medidas para el fomento de uso de transporte sostenible.

### Educación ambiental, comunicaciones y participación

- Tipos de actividades de educación ambiental y comunicación.

- Número de equipamientos dedicados a la educación ambiental y la comunicación.
- Programación estable y continua de educación ambiental; número y diversidad de campañas de sensibilización para la adaptación de buenas prácticas ambientales.
- Porcentaje de trabajadores receptores de campañas de sensibilización para la adopción de buenas prácticas ambientales.

Como caso claro de polígono industrial sostenible, parece casi inevitable referirse al caso de Kalundborg. A 75 millas al Este de Copenhague se encuentra esta ciudad que posee una pequeña zona industrial al margen de la costa danesa. Allí nació hace 25 años y sin planificación previa alguna una red de intercambio de residuos, que durante los últimos años fue imitada en numerosas partes del mundo.

### Fabricación sostenible

La fabricación sostenible (también llamada producción limpia) como ac-

tividad industrial generadora de productos y servicios a partir de materia, energía e información y portadora de carga o impactos ambientales, debe considerarse bajo el concepto de ecología industrial como uno de los elementos constituyentes del parque industrial (ecosistema). Veamos brevemente el concepto de ecología industrial y la forma en que es considerada la fabricación sostenible bajo esta nueva disciplina.

La ecología industrial es un nuevo enfoque del diseño industrial de productos y procesos de fabricación, así como a la definición de estrategias de manufactura sostenible. Es un concepto en el que un sistema industrial no se ve en forma aislada de los sistemas que lo rodean, sino en concierto con ellos. La ecología industrial busca optimizar el ciclo total de materiales desde los naturales originales hasta la materia prima acabada, el componente, el producto, el desecho del producto y hasta la disposición final. Así, este enfoque explica la necesidad de considerar la actividad industrial como cíclica y simbiótica con





la naturaleza, y no lineal como se ha considerado hasta ahora. Esta última concepción dominante constituye un factor primordial de la actual crisis ambiental.

Por lo tanto, la ecología industrial incluye, entre otras cosas,

– Una red de industrias complementarias en cuanto a insumos y residuos, para ser más eficiente y eliminar los efluentes contaminantes.

– La minimización de los residuos.

– La no producción de objetos de consumo que sean tóxicos, pues es la única forma de evitar la dispersión al ambiente.

Un parque industrial ecológico supone la integración de las industrias para que éste sea autosuficiente en servicios ambientales y no genere desperdicios.

Dentro de las técnicas que se han orientado a la gestión ambiental de empresas bajo la sostenibilidad ambiental, se encuentran los sistemas de gestión ambiental ISO 14000 y las técnicas de diseño para la fabricación sostenible.

### La Sostenibilidad necesita de Innovación y Creatividad

La creatividad, el pensamiento original, la imaginación constructiva, el pensamiento divergente o pensamiento creativo, es la generación de nuevas ideas o conceptos, o de nuevas asociaciones entre ideas y conceptos conocidos, que habitualmente producen soluciones originales. Los tres grandes sentidos del concepto creatividad son:

– El acto de inventar cualquier cosa nueva (Ingenio).

– La capacidad de encontrar soluciones originales.


– La voluntad de modificar o transformar el mundo.

La fabricación sostenible debe considerarse bajo el concepto de ecología industrial como uno de los elementos constituyentes del parque industrial (ecosistema)

El desarrollo sostenible no significa seguir un grupo de reglas específico. Requiere una actitud creativa, innovadora y tolerable hacia la toma de deci-

siones, de modo que seamos capaces de encontrar un equilibrio entre factores medioambientales, sociales y económicos [2].

*"No pensemos que existe una única solución "correcta". Se pueden identificar soluciones alternativas que encajen con el enfoque de desarrollo sostenible. Necesitamos proporcionar opciones y flexibilidad hacia el cambio. Como ingenieros orientados bajo criterios de acción sostenible se debe conseguir lo mejor con las habilidades, los conocimientos y recursos de que se dispone. Debe buscarse al mismo tiempo el éxito económico, social y medioambiental de proyecto."*

Impulsar técnicas diferentes de reciclado, la utilización máxima de materiales renovables, de recuperación en la medida de lo posible de sistemas y materiales tradicionales, la búsqueda de máxima eficiencia energética, el fomento del uso de fuentes de energía renovables y de captación de agua de lluvia así como el reciclado del agua, etc., son medidas que se hacen necesarias en la innovación y la sostenibilidad, conocida como ECOINNOVACION. 

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ITeC, Sensibilización medioambiental a la Construcción, <http://www.itec.es/noubiodiversitat.e/capdobra.aspx>
- [2] Jimenez, P., Guía de ecorresponsabilidad y desarrollo sostenible, COIIRM.
- [3] Mulder K. Desarrollo sostenible para ingenieros, Ediciones UPC.
- [4] Rodríguez, M., Polígonos industriales sostenibles: Mecanismos de gestión, URL: [http://www.cpsv.upc.es/tesines/resummaus\\_mrodriguez.pdf](http://www.cpsv.upc.es/tesines/resummaus_mrodriguez.pdf), Diciembre 2008
- [5] Losada, R., Reflexiones sobre el término "sostenibilidad" en su aplicación a la construcción industrial: análisis del diseño del edificio sostenible, URL: [http://www.aepro.com/congreso\\_03/pdf/impcursoj@bi.ehu.es\\_a57fb5ea6d19a92a3042c8cac34b0f2e.pdf](http://www.aepro.com/congreso_03/pdf/impcursoj@bi.ehu.es_a57fb5ea6d19a92a3042c8cac34b0f2e.pdf), Diciembre 2008
- [6] Constructalia, Construcción sostenible gracias a los aceros de alta resistencia URL: <http://www.constructalia.com>, Diciembre 2008
- [7] PS, Edificación Sostenible URL: <http://www.portalsostenibilidad.upc.edu> 