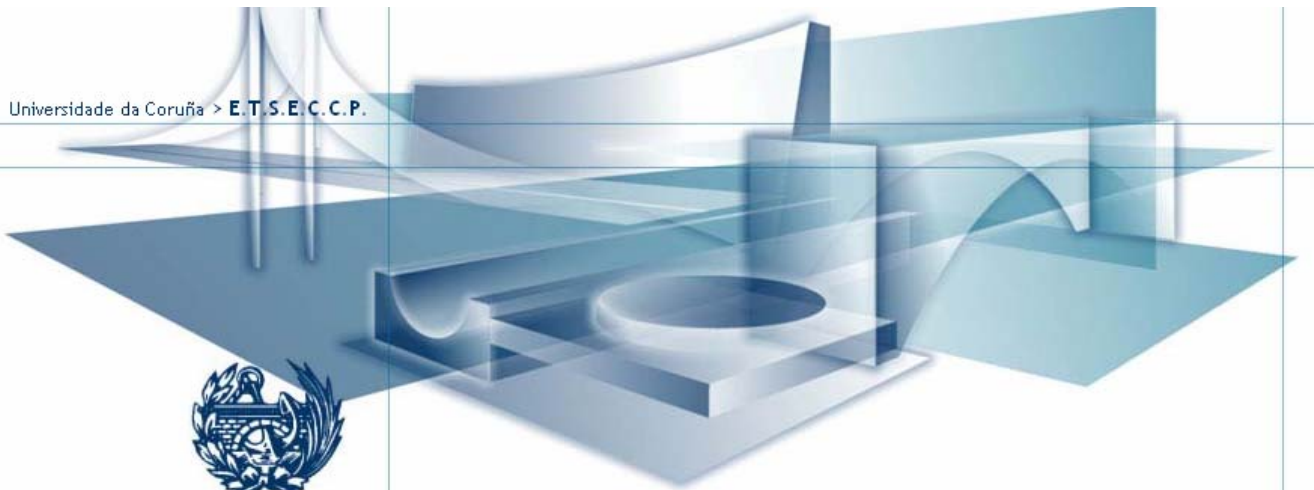


Impacto ambiental de las obras de ingeniería

*Sobre el crecimiento y la forma (1917) de D'Arcy Thompson,
o la ecoeficiencia como objetivo para la sostenibilidad*

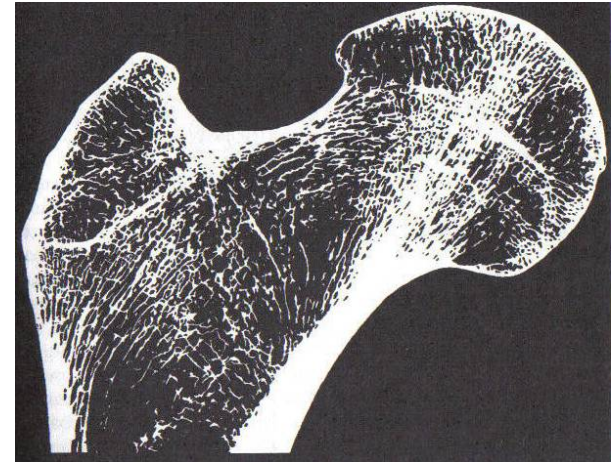
Universidade da Coruña > E.T.S.E.C.C.P.



 **Grupo de Enxeñaría
da Auga e do
Medio Ambiente**

Prof. Álvarez-Campana

“Ocurrió (en el año 1866) que, un gran ingeniero, el Profesor Culmann de Zúrich, a quien de todas formas debemos todo el método moderno de ‘estática gráfica’, entró en la sala de disección de su colega Meyer, donde el anatomista estaba contemplando la sección de un hueso. El ingeniero, que había estado ocupado diseñando una grúa nueva y poderosa, vio en un momento que la disposición de las trabéculas óseas no era ni más ni menos que un diagrama de las líneas de tensión, o direcciones de tensión y compresión, en la estructura cargada: en resumen, que la Naturaleza estaba reforzando el hueso en la manera y dirección precisas en donde se requería la fuerza; y se dice que gritó, ‘¡esta es mi grúa!’”



D'Arcy Thompson [1917](2003:224)



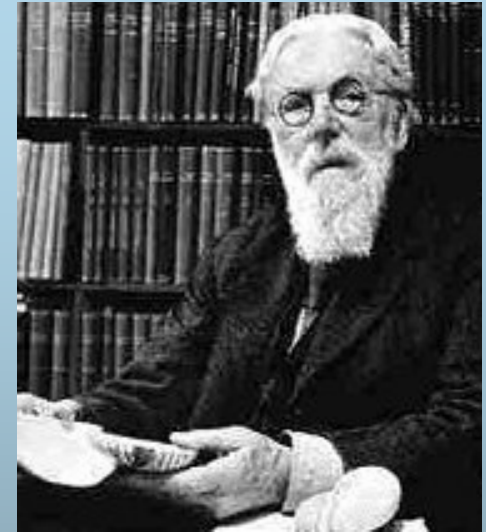
Dibujos y apuntes de diversos *puentes*. Leonardo da Vinci

ecoeficiencia: objetivo de sostenibilidad

- La ecoeficiencia no es un método, ni un instrumento, sino una filosofía o - mejor expresado- un objetivo parcial (dinámico) de **reducción de impactos negativos** en el proceso de cambio hacia la sostenibilidad
- La ecoeficiencia (a partir de **WBSCD, 1992**) se alcanza mediante la distribución de bienes con precios competitivos y servicios que satisfagan las necesidades humanas y aporten calidad de vida al tiempo que reduzcan progresivamente los impactos ambientales negativos y la intensidad de uso de recursos materiales a lo largo de todo el ciclo de vida hasta niveles compatibles con la capacidad de carga de los ecosistemas
- La estructura de los seres vivos es uno de los mejores ejemplos de la operación de la (eco)eficiencia, como ya puso de manifiesto Thompson (1917) en su capítulo '**Sobre la forma y la eficiencia mecánica**'
- La ecoeficiencia puede incorporarse a las instalaciones o procesos productivos a través de **indicadores** y mecanismos como el de '**producción más limpia**' y también a productos (o proyectos) a través del '**ecodiseño**'
- He escogido como vector y parte del tema la obra *Sobre el crecimiento y la forma* (1917) de la que es autor **D'Arcy Thompson**; para muchos, la mejor obra en prosa de la ciencia del siglo XX

D'Arcy Wentworth Thompson (Edimburgo, 1860 - St. Andrews, 1948)

Profesor de zoología en la universidad escocesa de St. Andrews, y quizá el mayor erudito del siglo XX. Se educó en la Universidad de Edimburgo, y en el Trinity College de Cambridge. En 1884 se convirtió en profesor de biología en Dundee, Escocia, en donde construyó un museo de zoología. En 1917 se convierte en profesor de historia natural de la Universidad de St. Andrews. Su obra de referencia es *On Growth and Form*, editada en 1917 y reeditada en 1942.



Sobre el crecimiento y la forma es la mayor obra en prosa de la ciencia del siglo XX. De acuerdo con dos preeminentes humanistas científicos: P.B. Medawar lo denominó “más allá de toda comparación, la más bella obra literaria que se haya registrado en lengua inglesa en todos los anales de la ciencia”. G.E. Hutchinson la veía como “uno de los muy pocos libros de temática científica escritos en este siglo que durará, y se puede confiar en ello, tanto como nuestra frágil cultura” S.J.Gould, Prefacio de la obra [1917](2003:7)

sobre la forma y la eficiencia mecánica (Thompson, 1917) 1/3

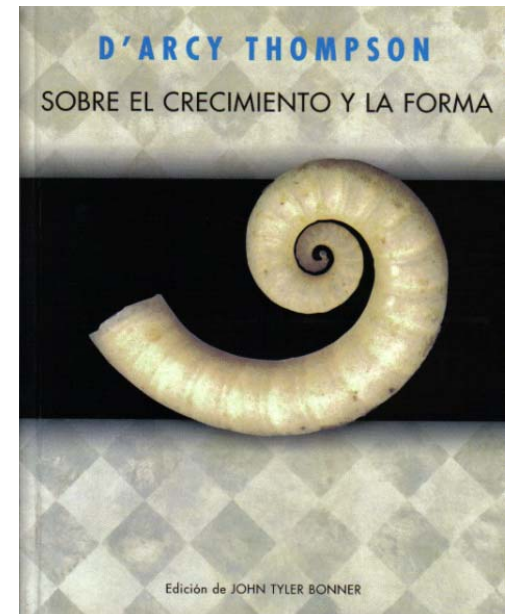
El título de este apartado es el del capítulo 8 de Thompson [1917](2003)

La vida sobre la tierra tiene una experiencia de más de 600 millones de años a la hora de diseñar formas biológicas (eco)eficientes.

El proceso básico es el de creación de formas y estructuras, y variaciones (puntuales o bruscas) sobre las mismas, cuyos resultados van siendo sometidos -mediante la selección natural- a un proceso de **adaptación y perfeccionamiento continuado**.

Las claves fundamentales del proceso selectivo son la economía de materia y energía, junto con la sencillez y funcionalidad; las claves del proceso que **rediseña** cada forma y estructura de un sistema o de un ser vivo.

El trabajo de Thomson (1917) (en su edición abreviada), contiene un capítulo (8) dedicado exclusivamente a 'la forma y la eficiencia mecánica', en donde trata: tensión y compresión, la forma y la resistencia, la estructura del hueso, tensión y esfuerzo, el esqueleto como un todo, animales acuáticos, el animal entero, y el problema de la filogenia. Un texto que **todo ingeniero debería leer...**



sobre la forma y la eficiencia mecánica (Thompson, 1917) 2/3

Tensión y compresión. “En un puente colgante, por ejemplo, una gran parte de la construcción está sólo sujeta a la fuerza de tensión y se construye con cuerdas o alambres por todas partes; pero los estribos macizos a cada lado del puente aguantan el peso de toda la estructura y de su carga (...) todas las fuerzas de compresión que son inherentes al sistema. Exactamente lo mismo ocurre en la magnífica disposición de las piezas y uniones que constituyen o completan, el esqueleto de un animal” (p.218)

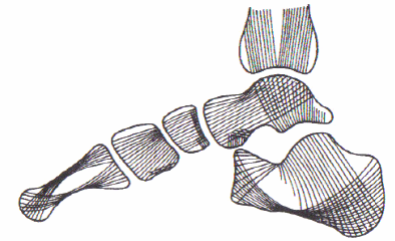


Diagrama de líneas de carga en el pie humano. De sir D. McAlister

La forma y la resistencia. “Este mismo principio se exhibe maravillosamente en el cuerpo hueco y en los miembros tubulares de un insecto o de un crustáceo; y estas estructuras complicadas articuladas elaboradamente tienen que enseñarnos, sin duda, muchas lecciones sobre la construcción. Sabemos, por ejemplo, que un tubo cilíndrico delgado, bajo tensiones de combamiento, tiende a aplastarse antes de encorvarse y, también llega a ‘lobularse’ en el lado de compresión del doblado: y, a menudo, reconocemos ambos fenómenos en las articulaciones de la pata de un cangrejo” (p.220)

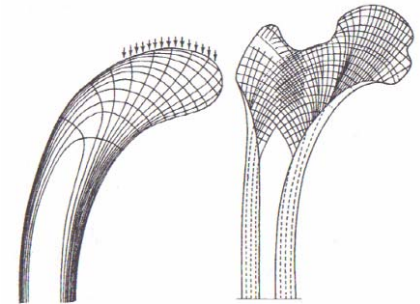


Fig. 101. Cabezal de grúa y fémur. Según Culmann y J. Wolf.

La estructura del hueso. “La cabeza del fémur es un poco más complicada en forma y algo menos simétrica que la grúa esquematizada de Culmann, de la que se diferencia principalmente por el hecho de que su carga se divide en dos partes” (p.225)

Tensión y esfuerzo. Entre los tejidos de las plantas este fenómeno es muy aparente (...) un esfuerzo causado por un peso constante o creciente (una pera cuando crece y madura) produce un incremento de la resistencia sin aumento de tamaño, sino por alteración histológica o molecular de los tejidos (p.231)



sobre la forma y la eficiencia mecánica (Thompson, 1917) 3/3

El esqueleto como un todo. “Permaneciendo firme sobre sus patas anteriores y patas posteriores, con el peso del cuerpo suspendido entre ellas, de un vistazo el cuadrúpedo nos sugiere la analogía con un puente, sostenido por sus dos pilares. (...) Una idea similar se le ha ocurrido al ingeniero; para el profesor Fidler, en su Tratado sobre la construcción de puentes, trata la parte descriptiva principal de su materia bajo el encabezamiento de ‘La anatomía comparada de los puentes’” (p. 234)

Animales acuáticos. “Aquí el efecto de la gravedad está neutralizado; no tenemos ni pilares ni vigas en voladizo; y en consecuencia encontramos, en todos los mamíferos acuáticos de cualquiera que sea su grupo -ballenas, focas y vacas marinas- que las altas apófisis vertebrales arqueadas sobre la cruz, o las estructuras correspondientes sobre las extremidades posteriores, han desaparecido por completo. Pero en el caso de la ballena o el delfín debe asegurarse la rigidez con el fin de permitir a los músculos actuar en contra de la resistencia del agua durante la natación; y consecuentemente la Naturaleza debe tomar precauciones en contra de los momentos de flexión independientemente de la gravedad” (p.248)

El animal entero. “Cuando analizamos una cosa descomponiéndola en sus partes o en sus propiedades, tendemos a agrandarlas, a exagerar su independencia aparente, y a ocultarnos (al menos por un tiempo) la integridad esencial y la individualidad de la composición en su conjunto. (...) cuando el puente se rompe deja de ser un puente y toda su resistencia ha desaparecido. Así ocurre precisamente con el esqueleto. En él se refleja un campo de fuerzas” (p.251-2)

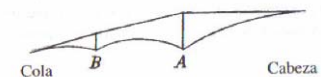
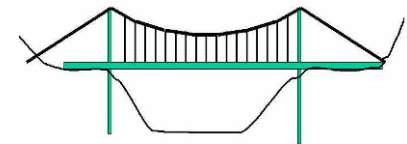
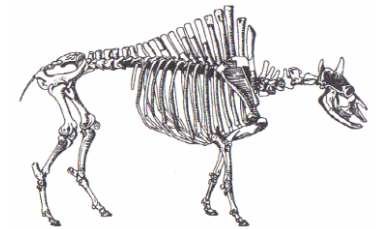


Fig. 114. Diagrama de fuerzas de una columna vertebral de caballo.

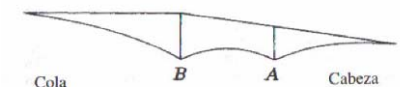


Fig. 115. Diagrama de fuerzas de una columna vertebral de dinosaurio.

ecoeficiencia: concepto y contexto

La ecoeficiencia se obtiene por medio del suministro de bienes y servicios con precios competitivos, que satisfacen las necesidades humanas y dan calidad de vida, al tiempo que reducen progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de uso de los recursos a lo largo de su ciclo de vida, a un nivel por lo menos acorde con la capacidad de carga estimada de la Tierra. En pocas palabras, se relaciona con **crear más valor con menos impacto**. (WBCSD, 2000b)

Este concepto se generaliza a partir de 1992 por *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), con el objetivo de promover medidas (objetivos) hacia la sostenibilidad desde la perspectiva de los sectores productivos. La ecoeficiencia debe estimular la creatividad y la innovación, buscando nuevas maneras de hacer las cosas, de resolver problemas. La ecoeficiencia responde a una evolución de la gestión.



Evolución sostenibilidad/tiempo (WBCSD, 2000b:15)

ecoeficiencia: objetivos, resistencias e instrumentos

La ecoeficiencia pivota a su vez sobre dos objetivos internos:

1) **reducir los impactos negativos sobre el medio**, por dos vías complementarias: a) la **reducción del consumo** (de la demanda) de recursos, minimizando el consumo de energía, agua, materiales, terreno; aumentar la reciclabilidad y duración del producto; y b) **minimizar** emisiones, vertidos, residuos (incluyendo reducción de peligrosidad).

Para ello pueden emplearse las técnicas de 'producción más limpia'

2) **incrementar el valor de los bienes o servicios**: dar más servicios a los usuarios por medio de la funcionalidad, la flexibilidad y la modularidad del producto, enfocándose en vender soluciones a las necesidades de los clientes en el marco definido por pto 1)

Estos dos objetivos pueden materializarse si la actividad productiva (o de servicios) incorpora los siguientes **compromisos básicos**: 1) reducir el consumo de materiales, 2) reducir el consumo de energía, 3) reducir la generación de residuos peligrosos y su dispersión, 4) mejorar la reciclabilidad, 5) maximizar el uso de recursos renovables, 6) ampliar la durabilidad de los productos, y 7) aumentar los servicios suministrados.

Para reorientar la actividad/instalación hacia un nivel de ecoeficiencia mayor, se disponen de diversas técnicas y herramientas. Sin embargo, como veremos ahora, los incrementos en la ecoeficiencia encontrarán **resistencias** debidas a la inercia empresarial, en particular la resistencia al cambio y las tendencias macro. Como **técnicas**, veremos las aportaciones de: 1) **indicadores** de ecoeficiencia; 2) **producción más limpia** (en proceso o producto), y 3) **ecodiseño** o 'diseño sostenible'

resistencias frente al avance hacia más ecoeficiencia

Inercia empresarial: resistencia al cambio

Los sistemas empresariales poseen una cierta resistencia al cambio. Las orientaciones hacia más ecoeficiencia exigen -como en otros procesos estratégicos- un compromiso de los niveles más altos de la gestión, así como una capacidad práctica para extender este compromiso a todos los niveles de la organización. En aquellos sistemas empresariales que cuentan con sistemas de gestión estandarizados (de calidad, de medio ambiente o ambos) los avances en ecoeficiencia pueden traducirse como objetivos anuales e interanuales de la organización... Mayor productividad/regulación?

Tendencias macro: incremento de consumo de productos, y de la generación de residuos

Acoplamiento entre el consumo de energía y el crecimiento (actual incluso por encima del PIB) y de la misma manera en consumo de productos y servicios y tasa de generación de residuos (un problema que no puede serle ajeno al productor)

La cuestión del consumo de recursos: el factor 4

El equilibrio ecológico se consigue aplicando la noción normativa 'del mismo espacio ambiental para todos para todo el uso de materiales y energía'. El resultado es un estándar de sostenibilidad que sugiere la 'dematerialización' de la actividad económica dividiendo entre dos el índice de requerimientos materiales totales (RMT) y duplicando la riqueza y el bienestar: la popular noción del Factor 4, según von Weizsäcker *et al.* (1997).

incrementando la ecoeficiencia: indicadores 1/4

El progreso en ecoeficiencia se obtiene según somos capaces de aportar más valor por unidad de influencia ambiental o de recursos consumidos. La fórmula simplificada de ecoeficiencia sería $\text{ecoefficiencia} = \frac{\text{valor del producto}}{\text{impacto ambiental (-)}}$

Estos progresos deben verificarse mediante el seguimiento de parámetros sensibles, establecidos según las categorías que deben identificar los indicadores (WBCSD)

Product or service value	Environmental influence in product or service creation	Environmental influence in product or service use
<ul style="list-style-type: none">• volume/mass• monetary• function	<ul style="list-style-type: none">• energy consumption• materials consumption• natural resources consumption• unintended events• non-product output	<ul style="list-style-type: none">• product/service characteristics• packaging waste• energy consumption• emissions during use/disposal


Los indicadores **generales** de ecoeficiencia atienden al valor del servicio o producto, y al impacto ambiental (-) en todo el ciclo de vida del producto-servicio. Para los de **valor** se consideran: cantidad de bienes producidos o proporcionados a los clientes, y ventas netas; pudiendo incluirse información financiera adicional. Para los **ambientales**: consumo de energía, consumo de materiales, consumo de agua, emisiones de gases de efecto invernadero y emisión de sustancias que afectan a la capa de ozono; pudiendo incluirse emisiones ácidas y total de residuos. Cada unidad productiva necesita **completar** estos indicadores generales con **sus específicos**.

incrementando la ecoeficiencia: indicadores 2/4

Como se ha dicho, cada tipo de actividad puede requerir que se añadan sus indicadores específicos de actividad, generando de esta forma el panel de indicadores de ecoeficiencia de la actividad (que puede agregarse en datos de indicadores sectoriales)

Una vez definido el panel de indicadores, debe definirse con precisión los criterios de medida de los mismos, la metodología de adquisición de los datos (periodicidad, unidades, medida de error), así como los formatos de presentación de datos.

Es muy importante que cada operador conozca bien el enfoque y las limitaciones de sus propios datos, ya que la interpretación de los mismos es básico para garantizar la aplicabilidad y valor de los resultados.

Elementos de un perfil de ecoeficiencia en una compañía (WBCSD) 

- 1 **Organization profile** – to provide a context for the eco-efficiency information, including the number of employees, business segments, primary products and major changes in the structure of the company.
- 2 **Value profile** – indicators from the “value” portion of the WBCSD framework, including financial information, the quantity of products, or functional indicators for specific products.
- 3 **Environmental profile** – including generally applicable environmental influence indicators as well as business-specific indicators relating to product or service creation and use.
- 4 **Eco-efficiency ratios** – in addition to providing in the previous two elements the basic “numerator” and “denominator” data for estimating eco-efficiency, companies may also wish to provide calculations of eco-efficiency indicators that they consider most relevant and meaningful for their business.
- 5 **Methodological information** – covering the approach used to select indicators, data collection methodologies, and any limitations on use of the data.

incrementando la ecoeficiencia: indicadores 3/4

Perfiles de ecoeficiencia de empresas piloto disponibles www.wbcasd.org

Exemplo de perfil da eco-eficiência

Perfil da Organização

Designação da empresa: Exemplus Inc.

Segmentos do negócio: Indústria Farmacêutica (listação dos produtos)

Relatório: **Relativo ao Exercício de 1999**

Fronteiras da Abordagem: inclui todas as unidades consolidadas da

Exemplus Inc., exclui parcerias e actividades com participação minoritária

Número de colaboradores: 2.500

Nome, telefone e endereço electrónico

Informação Metodológica

A ISO 14.031 foi utilizada para identificar os aspectos relevantes da actividade do negócio e seleccionar os respectivos indicadores.

As nossas metodologias de recolha e utilização de dados estão disponíveis para análise.

Perfil do Valor

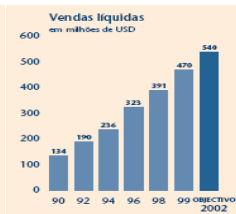
Massa do produto vendido = 300,000 kg

Vendas líquidas = 470 milhões de USD

Valor acrescentado = 220 milhões de USD

Margem bruta = 45 milhões de USD

EBIT = 45 milhões de USD



Perfil Ambiental

Consumo de Energia = 50.000 gigajoules

Consumo de Materiais = 4.500 ton

Consumo de Água = 60.000 m³

Emissões de GEE = 7.000 ton CO₂ equiv.

Emissões de SDCO = 25 ton CFC11 equiv.

Consumo de electricidade = 35.300 gigajoules

Emissões de GEE associados à electricidade

gerada a montante = 4.600 ton CO₂

equivalente

Consumo de gás natural = 11.500 gigajoules

Emissões acidificantes = 400 ton SO₂ equiv.

Emissões de Compostos Orgânicos Voláteis

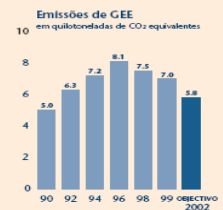
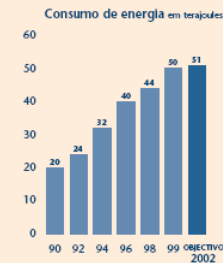
(COV) = 230 ton

Carência Química de Oxigénio nos efluentes

(CQO) = 86 ton

Resíduos totais = 1.450 ton

Resíduos para aterro = 650 ton



Rácios da Eco-eficiência

Massa de produto vendida por:

Consumo de Energia = 6,0 kg por gigajoule

Consumo de Materiais = 66,7 kg por ton

Emissões GEE = 42,9 kg por ton CO₂ equivalente

Vendas líquidas por:

Consumo de Energia = 9.400 USD por gigajoule

Consumo de Materiais = 104.000 USD por ton

Emissões de GEE = 67.100 USD por ton CO₂

equivalente

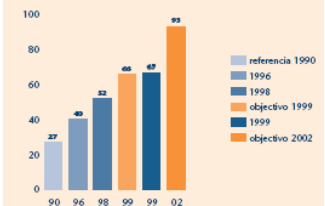
Massa do produto por GEE

(em kg por ton de CO₂ equivalentes)



Vendas Líquidas por GEE

(em 1000 USD por ton CO₂ equivalentes)



incrementando la ecoeficiencia: indicadores 4/4

Indicadores de empresas del sector de construcción o de servicios relacionados con la construcción (ej. programa CA Murcia)



Indicadores de recursos

INDICADOR	¿QUE MIDE?	BENEFICIOS DE SU CONTROL	UNIDAD
E1	Consumo de agua El aprovechamiento del agua	Menor consumo del recurso Mayor beneficio económico	$\frac{m3 \text{ agua}}{\text{Facturación (€)}} \times 10^5$
E2	Consumo de electricidad La eficacia del consumo de electricidad.	Menor consumo de electricidad. Menor cantidad de emisiones. Mayor beneficio económico	$\frac{kw \text{ anual}}{\text{Facturación (€)}} \times 10^2$
E3	Consumo de combustible La optimización del consumo de combustible.	Menor consumo de combustible Menor emisiones a la atmósfera Mayor beneficio económico	$\frac{\text{litros combustible}}{\text{Facturación (€)}}$
E4	Consumo de materia prima La optimización del consumo materia prima	Menor consumo de recurso Mayor beneficio económico	$\frac{kg \text{ materias primas}}{\text{Facturación (€)}}$

Indicadores de residuos, vertidos y emisiones

INDICADOR	¿QUE MIDE?	BENEFICIOS DE SU CONTROL	UNIDAD
E5	Vertido de agua La disminución de la cantidad de agua vertida.	Menor consumo de recursos Mayor beneficio económico	$\frac{m3 \text{ agua vertida}}{\text{Facturación(€)}} \times 10^5$
E6	Emisiones a la atmósfera La disminución de emisiones de polvo	Menor consumo de recursos. Menor cantidad de emisiones Mayor beneficio económico	$\frac{mg / Nm3 \text{ polvo}}{\text{Facturación (€)}} \times 10^5$
E7	Generación de residuos La disminución de la cantidad de residuos generados por la actividad de la empresa	Menor consumo de recursos. Menor cantidad de residuos generados. Mayor beneficio económico	$\frac{kg \text{ residuos}}{\text{Facturación (€)}}$
E8	Reciclado, reutilización y/o valorización El grado de orientación de la empresa hacia las opciones de reutilización, reciclado y/o valorización	Mayor beneficio económico. Mejor gestión medioambiental	$\frac{Kg \text{ residuos (rc,ru,rv)}}{kg \text{ residuos totales}} \times 100$

Indicadores de gestión ambiental.

INDICADOR	¿QUE MIDE?	BENEFICIOS DE SU CONTROL	UNIDAD
E9	Formación La inversión en la formación de los trabajadores en temas medioambientales.	Mayor sensibilización y <u>calificación</u> de los trabajadores. Mejora de la gestión medioambiental. Menor riesgo para los trabajadores. Mayor beneficio económico	$\frac{\text{horas medio ambiente}}{\text{horas totales}} \times 100$
E10	Incidentes externos El número de incidencias (quejas, denuncias,...) relacionadas con el medio ambiente que reciba la empresa	Mejores relaciones con las partes externas (administración, vecinos,...) Mejora de la gestión medioambiental Mayor beneficio económico	

INDICADOR	¿QUE MIDE?	BENEFICIOS DE SU CONTROL	UNIDAD
E11	Inversión medioambiental La inversión en equipos de corrección ambiental	Mejora de la gestión medioambiental Mayor beneficio económico	$\frac{\text{inversión ambiental (€)}}{\text{Facturación anual (€)}} \times 10^3$
E12	Objetivos medioambientales El número de objetivos medioambientales alcanzados frente a los objetivos medioambientales planteados	Mejora de la gestión medioambiental Mayor beneficio económico	$\frac{n^\circ \text{ objetivos alcanzados}}{n^\circ \text{ objetivos planteados}}$

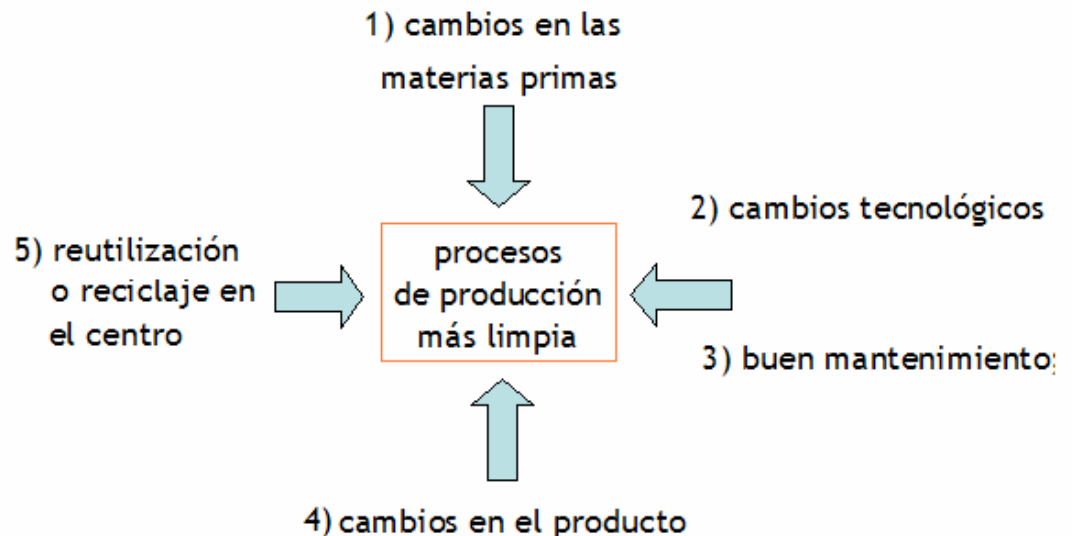
Fuente: D.Gral Calidad Ambiental, Comunidad de Murcia

incrementando la ecoeficiencia: producción limpia 1/2

El concepto de **producción limpia**, introducido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en el año **1989**, es la respuesta a cómo las empresas pueden trabajar en la dirección del desarrollo sostenible.

La producción limpia requiere un cambio de actitud hacia comportamientos ambientales más responsables. Se trata de un proceso dinámico y sistemático que se aplica en cada una de las fases del proceso productivo. Con la producción limpia se protege el medio ambiente, pero también aporta beneficios desde el punto de vista **económico** (reducción de costes, aumento de productividad y reducción de riesgos); desde el punto de vista **ambiental** (mayor aprovechamiento de recursos, menor producción de residuos y emisiones...); y desde el punto de vista **social** (mejores condiciones de seguridad y salud, compromiso social...). Estrategia *win-win*.

Cuando una entidad quiere mejorar su ecoeficiencia a través de unos procesos de producción más limpia, puede inclinarse por varias opciones: 1) cambios en las materias primas; 2) cambios tecnológicos; 3) buen mantenimiento; 4) cambios en el producto; 5) reutilización o reciclaje en el centro



incrementando la ecoeficiencia: producción limpia 2/2

Through reductions in energy consumption and improvements in processes, cement company CEMEX has reduced CO₂ emissions by 263,000 tonnes, equivalent to the CO₂ sequestered in one year by 33,000 hectares of pine forest.

En estos momentos, las iniciativas de producción limpia no se limitan a toma de posiciones de empresas singulares, sino que desde diversas instituciones y administraciones, y en referencia específica al sector de la construcción (por ejemplo, la dirección general de calidad ambiental del gobierno de Murcia o, en el plano internacional, los acuerdos sectoriales de producción limpia impulsados en Chile) http://www.produccionlimpia.cl/medios/7casoAPL_constrRM.pdf

Acuerdo de Producción Limpia Sector Construcción de la Región Metropolitana

El Acuerdo de Producción Limpia Sector Construcción de la Región Metropolitana fue suscrito el 28 de enero del 2000 y extendió su vigencia hasta el 28 de septiembre de 2001. Su objeto fue abordar aspectos referidos a emisiones atmosféricas, residuos sólidos y generación de ruido.



1. Identificación de los Actores Involucrados

2. Caracterización del Sector

3. Sobre los Principales Problemas Ambientales

4. Sobre el Acuerdo: Metas y Acciones

5. Evaluación del Acuerdo de Producción Limpia



iii. Evaluación Económica del Acuerdo.

En cuanto a los indicadores económicos, un 93% de las empresas encuestadas reconoce que el beneficio producido por el cumplimiento de las medidas comprometidas en el acuerdo es en imagen de la empresa y de ellas el 42% indicó que esto incide en su posicionamiento dentro del mercado.

Respecto a los montos de inversión, las empresas firmantes del Acuerdo y otras socias de la Cámara Chilena de la Construcción han invertido un monto de \$ 634.000.000 en estudios y medidas destinadas a permitir el cumplimiento de los acuerdos.

Por otra parte, en la encuesta a las empresas firmantes, declaran que la aplicación de las medidas establecidas en el acuerdo, sólo el 18% respondió indicando que aproximadamente era menor al 0,5% del total invertido en la obra. En relación al aumento de los costos de operación por implementación de medidas, el 72% del total afirmó que es inferior al 1%.

incrementando la ecoeficiencia: ecodiseño 1/3

El ecodiseño es otro más de los instrumentos para incrementar la ecoeficiencia. Como se observa en la figura, la apuesta por la ecoeficiencia es una apuesta por la reingeniería y por el rediseño, conceptos que están íntimamente ligados al de ecodiseño, diseño ecológico o diseño para la sostenibilidad, y que demandan una nueva forma de pensar y de actuar por parte de los ingenieros proyectistas.



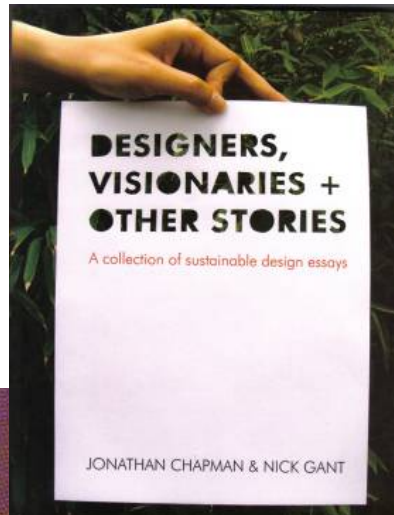
'Navegando' por oportunidades de la ecoeficiencia (WBCSD, 2000b:23)

El ecodiseño, como instrumento ambiental preventivo, está orientado a reducir los impactos negativos totales del producto, desde su origen y a lo largo de su ciclo de vida (producción, consumo y eliminación). Se inspira en la filosofía de las 6 erres:

1. Repensar el producto y sus funciones, reduciendo uso de energía y recursos naturales
2. Reducir el consumo de energía y de los materiales a lo largo de todo el ciclo de vida
3. Reemplazar sustancias peligrosas empleando alternativas de menor riesgo
4. Reciclar, eligiendo materiales y modo de fabricación para que pueda ser reciclado
5. Reutilizar, diseñando el producto para que sus partes puedan ser reutilizadas
6. Reparar, haciendo productos fáciles de reparar

incrementando la ecoeficiencia: ecodiseño 2/3

El ecodiseño puede introducirse a través de distintas estrategias en las diferentes etapas del ciclo de vida del producto-servicio, como se observa en la tabla adjunta (a partir de Durán, 2007:129)



1	Desarrollo de nuevo concepto de producto
	a) desmaterialización
	b) productos multifunción
	c) eficacia del producto
2	Etapa de obtención de materiales
	a) conservación de recursos/biodiversidad
	b) uso de materiales de bajo impacto (-)
3	Etapa de producción (modelo 'más limpia')
4	Etapa de empaquetado y distribución
5	Uso de producto, con objetivo de un diseño:
	a) eficiente desde punto de vista energético
	b) ahorrador de agua
	c) que minimice consumo productos auxiliares
	d) que tenga bajo impacto ambiental (-)
	e) que sea durable
6	Fin de vida del producto con objeto que pueda:
	a) reutilizarse
	b) remanufacturarse
	c) separarse en sus distintos componentes
	d) reciclarse

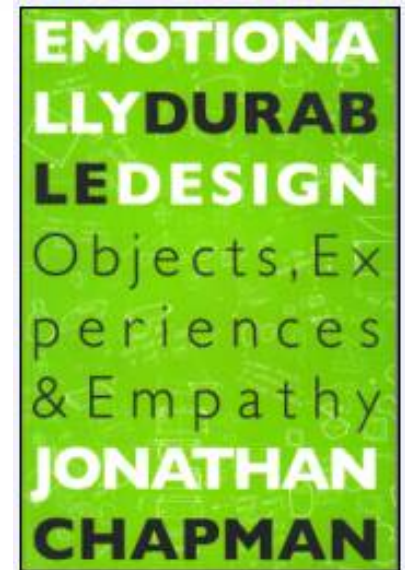
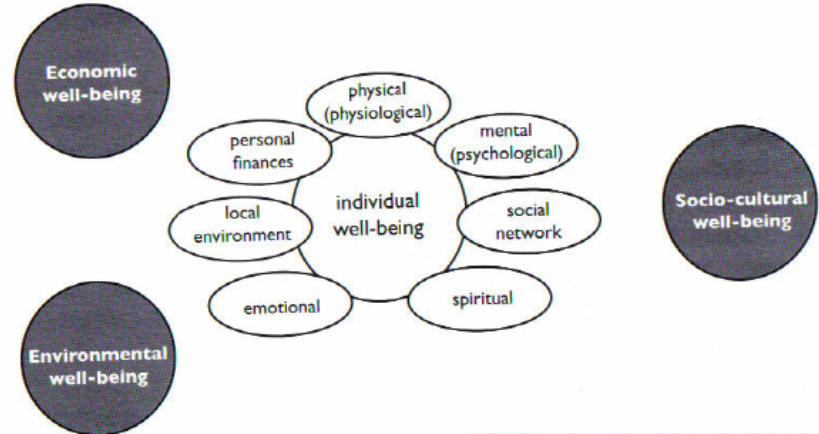
incrementando la ecoeficiencia: ecodiseño 3/3

El ecodiseño puede convertirse, a través de todas las actividades proyectuales, en un instrumento de primer orden de magnitud para la reducción global de impactos en todo el ciclo de vida de la actividad-producto-servicio.

Las tendencias de diseño sostenible sitúan en el centro objetivo el bienestar del individuo -a través de la satisfacción completa de sus necesidades- pero ello vinculado al universo de variables que influyen en el consumo (véase también la pirámide de Maslow)



sustainable design



Referencias bibliográficas y documentales

Chapman, Jonathan (2005) *Emotionally Durable Design. Objects, Experiences & Empathy*, Earthscan, London, 2005, 211 pp. ISBN 978-1-84407-181-4

Chapman, Jonathan & Gant, Nick (eds) (2007) *Designers, Visionaries and Other Stories. A collection of sustainable design essays*, Earthscan, London, 2007, 154 pp. ISBN 978-1-84407-412-9

Durán Romero, Gemma (2007) *Empresa y medio ambiente. Políticas de gestión ambiental*, Ed. Pirámide, Madrid, 2007, 228 pp. ISBN 978-84-368-2102-4

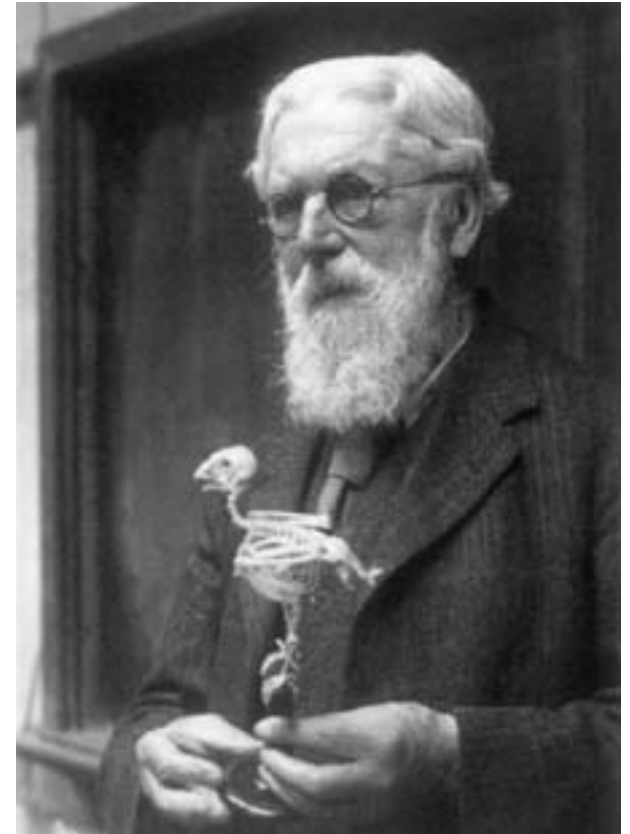
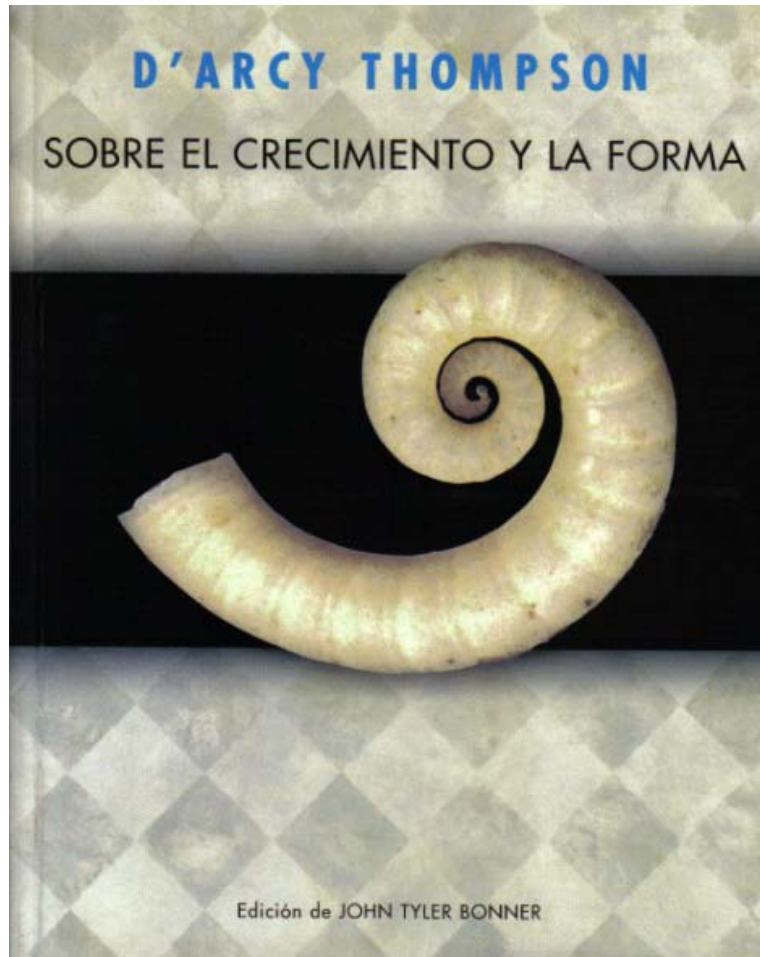
McDonough, William & Braungart, Michael (2002) *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, 2002

Thompson, D'Arcy (1917) *On Growth and Form* (ed. en castellano *Sobre el crecimiento y la forma*, Ed. Cambridge University Press, Madrid, 2003, 330 pp. ISBN 84-8323-356-8)

WBSCD (1992) *Changing Course*, World Business Council for Sustainable Development, 1992, <http://www.wbscd.org/>

WBSCD (2000a) *Measuring Eco-Efficiency: A Guide to reporting company performance*, World Business Council for Sustainable Development, 2000, <http://www.wbscd.org/>

WBSCD (2000b) *Eco-Efficiency: Creating more value with less impact*, World Business Council for Sustainable Development, 2000, <http://www.wbscd.org/>



gracias por vuestra atención