



Wikilibro Construcción Sostenible

Manuel Soriano
(Autor y coordinador de la documentación)

Enero 2012



Este documento es una compilación del [Wikilibro de Construcción Sostenible](#) (versión de Enero 2012). Para una mayor actualización, se recomienda consultar el wiki de EOI en <http://www.eoi.es/wiki>.



Reconocimiento – Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra). **Compartir bajo la misma licencia** – Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/>

Índice

Capítulo 1. Introducción	5
Sección 1. Desarrollo sostenible como antecedente	5
Sección 2. Construcción sostenible	13
Sección 3. Oportunidades de negocio para la construcción sostenible	22
Sección 4. El marketing de la construcción sostenible	28
Capítulo 2. Edificación	30
Capítulo 3. Rehabilitación	30
Sección 1. Introducción a la rehabilitación sostenible	30
Sección 2. La rehabilitación de los espacios urbanos	39
Sección 3. La rehabilitación de los edificios	53
Sección 4. Bibliografía	67
Capítulo 4. Eficiencia energética en edificación	69
Sección 0. Eficiencia Energética y construcción sostenible	69
Sección 1. Contexto energético y normativa en la Unión Europea	69
Sección 2. Conceptos físicos	72
Sección 3. Diseño de edificios de elevada eficiencia energética	84
Sección 4. Sistemas de climatización	104
Sección 5. Las auditorías energéticas	119
Capítulo 5. Obras Públicas	122
Sección 1. Introducción	122
Sección 2. Infraestructuras viarias	128
Reciclado de materiales	139
Sección 3. Infraestructuras ferroviarias	143
Red ferroviaria española	144
Sección 4. Infraestructuras del agua	152
La sostenibilidad de las infraestructuras del agua	157
Sección 5. Puertos y costas	160
Capítulo 6. Materiales sostenibles para la construcción	167
Sección 1. Introducción	167
Sección 2. Materiales y productos de construcción	170
Sección 3. Criterios de selección de productos	187
Sección 4. Impactos medioambientales	191
EMISIONES A LA ATMOSFERA, AL AGUA Y A LA TIERRA	194
Sección 5. Materiales y productos de Construcción Sostenibles	199
Sección 6. Normativa y Certificaciones	205
Sección 7. Anexos	210

Sección 8. Bibliografía	218
Sección 9. Referencias web.....	219
Capítulo 7. Certificación de construcciones sostenibles.....	223
Capítulo 8. Urbanismo	223
Sección 1. Sostenibilidad en un mundo global	223
Sección 2. La ciudad fragmentada	227
Sección 3. El planteamiento y los límites del crecimiento.....	237
Sección 4. Referencias bibliográficas	245

Wikilibro Construcción Sostenible



".....Construcción sostenible y desarrollo sostenible son conceptos estrechamente ligados, hasta tal punto que aquélla debe ser considerada como la manera que tiene el sector de la construcción de contribuir a éste. Por ello resulta esencial comprender la noción de desarrollo sostenible, su origen, su necesidad y su esencia...."

El material docente sobre Construcción Sostenible ha sido preparado por un grupo de profesionales expertos del Sector.

El documento wiki está distribuido en capítulos con los siguientes contenidos:

[Capítulo 1. Introducción a la Construcción Sostenible](#) (Manuel Soriano)

[Capítulo 3. Rehabilitación](#) (Margarita de Luxán)

[Capítulo 4. Eficiencia Energética en Edificación](#) (Florencio Manteca)

[Capítulo 5. Obras Públicas](#) (Rosalía Pacheco Torres y Ricardo López Perona)

[Capítulo 6. Materiales Sostenibles de Construcción](#). (Ángela Barrios)

[Capítulo 8. Urbanismo](#) (José Fariña Tojo)

Capítulo 1. Introducción

Desarrollo sostenible como antecedente de la construcción sostenible

Sección 1. Desarrollo sostenible como antecedente

Construcción sostenible y Desarrollo Sostenible son conceptos estrechamente ligados, hasta tal punto que aquélla debe ser considerada como la manera que tiene el sector de la construcción de contribuir a éste. Por ello resulta esencial comprender la noción de desarrollo sostenible, su origen, su necesidad y su esencia.

En diciembre de 1983, el Secretario General de las Naciones Unidas pidió a Gro Harlem Brundtland, entonces Primera Ministra de Noruega, que constituyera y presidiera una Comisión independiente que elaborase una agenda global para el cambio. Se constituyó así la Comisión de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, fruto de cuyos trabajos fue el informe “ Our Common Future ” que se presentó en la Asamblea General de la ONU de 2007 y en el que, por primera vez, se hablaba de desarrollo sostenible en los siguientes términos: “La humanidad tiene la capacidad de lograr un desarrollo sostenible para asegurar que cumple con las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. El desarrollo sostenible implica el cumplimiento de las necesidades básicas de todos y la garantía para todos de tener la oportunidad de satisfacer sus aspiraciones para una vida mejor.

El citado documento, comúnmente conocido como informe Brundtland, declara que la satisfacción de las necesidades y aspiraciones de las personas es el principal objetivo del desarrollo. Sin embargo un gran volumen de población en los países en desarrollo no tiene cubiertas sus necesidades de comida, ropa, vivienda y trabajo y además tiene aspiraciones legítimas para mejorar su calidad de vida. El informe consideraba que aunque, hasta el comienzo del siglo XX, ni el volumen de la población mundial ni el nivel de la tecnología habían tenido el poder suficiente para cambiar los sistemas del planeta de una forma radical, el gran aumento de la población a lo largo del siglo y el impacto de sus actividades estaban produciendo cambios importantes en la atmósfera, el suelo, el agua las plantas y los animales y en las relaciones entre todos ellos.

La inteligencia humana tiene un poder tan extraordinario que está permitiendo generar un nivel de actividad enorme cuyos impactos están produciendo efectos significativos y rápidos sobre el

clima, con lo que se está generando un riesgo para su propia supervivencia. Por ello se considera necesario introducir cambios en los modelos de producción y consumo que garanticen la seguridad, el bienestar y la propia supervivencia.

Se hace pues necesario equilibrar tres dimensiones básicas que están sólidamente interrelacionadas: el desarrollo económico, capaz de proporcionar bienes y servicios necesarios para satisfacer las necesidades humanas, especialmente de los más desfavorecidos; el equilibrio ambiental, necesario para no poner en riesgo los ecosistemas del planeta y el progreso social, esto es la mejora del bienestar y el nivel de vida de una población cada vez más numerosa que en noviembre de 2011 ya alcanzó 7.000 millones de personas de las cuales el 40% vive con menos de 2 \$ al día.

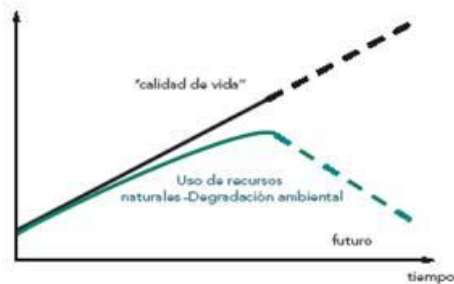
El equilibrio de las tres dimensiones resulta esencial para garantizar el desarrollo sostenible ya que el desarrollo económico permitirá abastecer a una población cada vez mayor mejorando su nivel de vida pero el deterioro ambiental limita las posibilidades de desarrollo económico y tiene efectos directos sobre la salud y el bienestar de las personas.



Resulta innegable el crecimiento económico experimentado por la población mundial en el último siglo. Sin embargo, dicho crecimiento y el consiguiente aumento de la calidad de vida se ha producido, hasta ahora, merced a un aumento similar en el uso de los recursos, especialmente de la energía, lo que ha llevado aparejada una degradación ambiental evidente. El reto consiste en conseguir disociar ambas variables para frenar los impactos negativos de las actividades humanas sobre el entorno, tal y como ha sido reiteradamente propuesto desde diversas instancias como la OCDE, la UE o la ONU, antes mencionada.

En palabras de Robert Korád , Director General de Estrategia de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, “el uso de los recursos naturales utilizados para satisfacer la

producción es simplemente insostenible”



Las Naciones Unidas habían manifestado con anterioridad su preocupación por el medio ambiente y por su repercusión sobre el ser humano. Así, el 16 de junio de 1972 se aprobó en Estocolmo la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en la que se señalaba que, gracias a la rápida aceleración de la ciencia y la tecnología, el hombre había adquirido el poder de transformar, de innumerables maneras y en una escala sin precedentes, cuanto lo rodea.

La Conferencia de Estocolmo declaraba que, de todas las cosas del mundo, los seres humanos son lo más valioso y son ellos los que promueven el progreso social, crean riqueza, desarrollan la ciencia y la tecnología y, con su trabajo, transforman continuamente el medio. Sin embargo también declaraba que los recursos no renovables de la Tierra deben emplearse de forma que se evite el peligro de su agotamiento y se asegure que toda la humanidad comparta los beneficios de tal empleo.

Una preocupación similar se ve reflejada en la Declaración de la Cumbre Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, conocida como Declaración de Río, en cuyo primer principio establece que los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Para alcanzar un desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.

La Unión Europea se ha interesado vivamente por el Desarrollo Sostenible y ya en 2001, en el Consejo de Gotemburgo, se adoptó la primera Estrategia Europea de Desarrollo Sostenible, posteriormente revisada y adoptada en el Consejo de Bruselas de 2006, que se implanta a raíz del Consejo Europeo de Barcelona de 2002. La nueva estrategia se fija como objetivo generar, determinar y elaborar medidas que permitan mejorar continuamente la calidad de vida para las generaciones actuales y futuras, mediante la creación de comunidades sostenibles capaces de gestionar los recursos de forma eficiente para aprovechar el potencial de innovación ecológica y

social que ofrece la economía garantizando la prosperidad, la protección del medio ambiente y la cohesión social.

Para alcanzar ese objetivo la estrategia establece siete áreas de actuación: cambio climático y energías limpias, transporte sostenible, producción y consumo sostenible, retos de la salud pública, gestión de recursos naturales, inclusión social, demografía y migración y lucha contra la pobreza mundial.

Con anterioridad y como base para la elaboración de la estrategia, el Consejo Europeo de junio 2005 aprobó una declaración con los siguientes objetivos: protección ambiental, equidad y cohesión social, prosperidad económica y cumplimiento de las responsabilidades internacionales. También adoptó los siguientes principios: promoción y protección de los derechos humanos, solidaridad dentro y entre generaciones, sociedad abierta y democrática, implicación de los ciudadanos, implicación de los agentes económicos y sociales, coherencia de las políticas y sistemas de gobernanza, política de integración, empleo de los mejores conocimientos disponibles, principio de precaución y principio del que contamina paga.

En diciembre de 2008 la UE adopta un paquete de medidas sobre energía y cambio climático, comúnmente denominado 20/20/20 encaminado a conseguir una mejora en la eficiencia energética del 20%, a conseguir una tasa de energías renovables del 20% y a reducir las emisiones de GEI en un 20% y en el año 2020. Finalmente en 2010 se adopta la hoja de ruta 2050, una guía práctica hacia una Europa próspera baja en carbono.

España, siguiendo la recomendación de la estrategia europea, aprobó su propia Estrategia de Desarrollo Sostenible en noviembre de 2007, estableciendo objetivos específicos en cada una de las tres áreas que se definieron: sostenibilidad ambiental, sostenibilidad social y sostenibilidad global.

En el área ambiental, los objetivos específicos por cada línea de trabajo son:

Producción y consumos

- Aumentar el ahorro y la eficiencia en el uso de los recursos en todos los sectores
- Prevenir la contaminación, reducir la generación de residuos y fomentar la reutilización y el reciclaje de los generados
- Mejorar la calidad del aire, especialmente en zonas urbanas

- Optimizar energéticamente y ambientalmente las necesidades de movilidad de las personas y los flujos de mercancías.
- Revalorizar el sistema turístico en clave de sostenibilidad

Cambio climático

- Reducir las emisiones a través del aumento de las renovables en el mix energético, la mejora de la eficiencia energética en el transporte y la edificación, medidas sectoriales e instrumentos de mercado
- Integrar la adaptación al cambio climático en la planificación de los sectores económicos

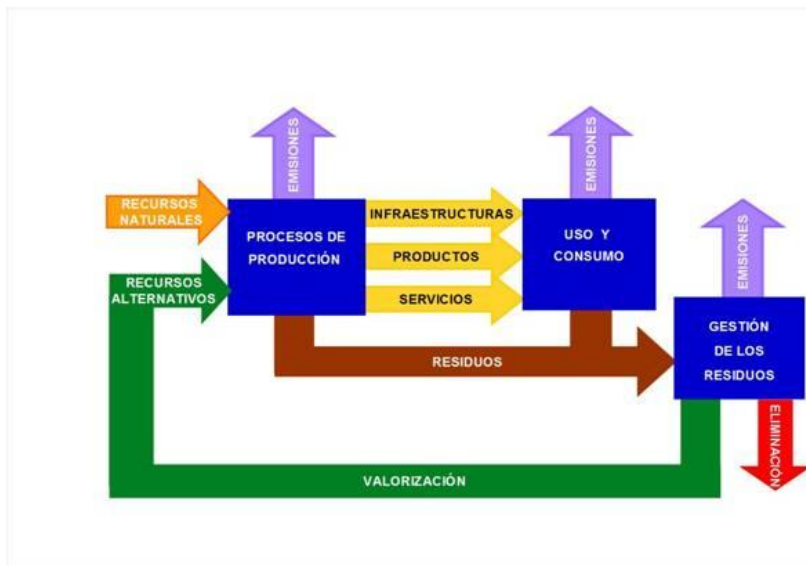
Conservación de los recursos naturales y ordenación del territorio

- Asegurar la sostenibilidad ambiental y la calidad al recurso hídrico
- Frenar la pérdida de la biodiversidad y del patrimonio natural
- Promover un desarrollo territorial y urbano sostenible y equilibrado

En el área social la estrategia española de desarrollo sostenible se centra en dos líneas de actuación propias de los gobiernos: empleo, cohesión social y pobreza y salud pública y dependencia. No se consideran otras actuaciones sociales que, aunque fuera del ámbito general de las administraciones públicas, son muy habituales dentro de las iniciativas de responsabilidad social de las empresas, tales como la seguridad y salud laboral o las actividades de voluntariado.

La principal línea de actuación fijada por la estrategia española en el área de la sostenibilidad global es la cooperación internacional para el desarrollo sostenible, mediante el incremento de la ayuda al desarrollo y de la eficacia de la cooperación.

La dimensión ambiental de un modelo de desarrollo sostenible ha de contemplar, tanto los procesos de producción ecoeficientes, capaces de producir más con menos, como los hábitos de consumo responsables en los países desarrollados. También se ha de considerar una gestión económicamente racional y ambientalmente correcta de los residuos, que promueva su aprovechamiento como recursos alternativos a los recursos naturales, preservando así el agotamiento de éstos.



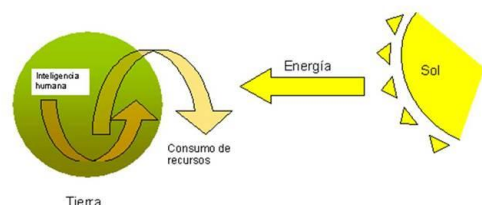
Los impactos ambientales de las actividades humanas dependen del nivel de la actividad, del volumen de la población humana y del nivel de desarrollo de las técnicas. Por tanto, para no sobrepasar un nivel de impacto que se considere tolerable, solo existen unas pocas líneas de actuación: moderar el crecimiento de la población, desarrollar técnicas cada vez más eficientes en el empleo de recursos naturales y aprovechar los recursos de flujo del planeta que tienen un origen solar tales como la radiación solar o el viento.

NIVEL DE ACTIVIDAD

IMPACTO = VOLUMEN DE POBLACIÓN -----

DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS

En un sistema semicerrado, como el planeta Tierra solo existen dos fuentes de recursos renovables capaces de mantener un nivel de desarrollo creciente: la energía radiante procedente del Sol, normalmente conocida como constante solar cuya intensidad promedio sobre la superficie terrestre es de 170 W/m², un valor muy elevado pero limitado, y el talento humano, que es la única fuente de recursos ilimitada de que dispone la humanidad.



Siendo el desarrollo sostenible una preocupación de los organismos internacionales y de los gobiernos, son las empresas las que, con sus actividades, materializan el modelo de desarrollo sostenible a través de la creación de valor, el desempeño medioambiental y la responsabilidad social corporativa.

La creación de valor es el objetivo esencial de la empresa y lo que garantiza su viabilidad, si bien su futuro a largo plazo dependerá de un comportamiento socialmente responsable y de que sus actividades se realicen de forma saludable para el entorno y utilizando unas técnicas que favorezcan la ecoeficiencia, lo que le conferirá una ventaja competitiva.

El desempeño medioambiental de una empresa incluye diferentes aspectos tales como los consumos de energía, agua y recursos naturales, las emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes, la generación de residuos o el vertido de aguas. Estos parámetros se contemplan en la guía del GRI (Global Reporting Initiative) y las empresas que elaboran informes anuales de sostenibilidad los miden e informan sobre ellos. El informe de sostenibilidad es una excelente herramienta de comunicación para informar a los grupos de interés sobre el comportamiento sostenible de las compañías.

Un desempeño medioambiental correcto no debe ser considerado como una barrera para el desarrollo empresarial, sino como una oportunidad para una mejora de la eficiencia a través de la innovación y como una ventaja competitiva, si la empresa es capaz de poner en valor su gestión ambiental a través de una política de comunicación veraz y preactiva.

Respecto a la responsabilidad social corporativa que se considera una de las dimensiones del desarrollo sostenible, la UE publicó en 2001 el Libro Verde sobre la responsabilidad social de las empresas donde ésta se definía como “la integración voluntaria, por parte de las empresas, de objetivos sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y en sus relaciones con el resto de actores implicados”.

En noviembre de 2011 la UE publica una estrategia renovada sobre responsabilidad social corporativa donde figura una nueva definición de la RSC como la responsabilidad de las empresas por sus impactos en la sociedad. Los dos objetivos de esta nueva estrategia son crear valor compartido para los accionistas, grupos interesados y sociedad en general e identificar, prevenir y mitigar sus posibles impactos adversos.

La estrategia contempla un programa de acción para el periodo 2011-2014 centrado en ocho objetivos.

- Aumentar la visibilidad de la RSC y difusión de buenas prácticas
- Mejorar los niveles de confianza en las empresas
- Mejorar los procesos de auto regulación
- Aumentar el conocimiento de la RSC por parte del mercado
- Mejorar la comunicación de las empresas en información social y ambiental
- Mayor integración de la RSC en las áreas de educación, formación e investigación
- Destacar la importancia de las políticas de los estados y regiones europeas en materia de RSC
- Mejorar la alineación del enfoque europeo.

Otros organismos internacionales también proporcionan principios y guías de reconocida solvencia en materia de RSC tales como las Guías de la OCDE para empresas multinacionales, los 10 principios del Global Compact de las naciones Unidas o la norma ISO 26000.

Aspectos esenciales que debe incluir la RSC, según la estrategia europea son: derechos humanos, prácticas laborales y de empleo (formación, diversidad, igualdad de género, salud y bienestar de los empleados), asuntos ambientales (biodiversidad, cambio climático, eficiencia en el uso de los recursos, evaluación de ciclo de vida y prevención de la polución) y lucha contra el soborno y la corrupción. La implicación y el desarrollo de la comunidad, la integración laboral de discapacitados, la consideración de los intereses de los consumidores, salvaguardando su privacidad, son también parte de la RSC.

La UE desarrollará políticas en los ámbitos de consumo, compras públicas e inversiones para reforzar los incentivos de mercado a favor de la RSC. En el campo de las compras públicas la UE pretende conseguir una mejor integración de las consideraciones ambientales y sociales en la Directiva de Compras Públicas. En cuanto a las inversiones la UE está preparando una serie de medidas regulatorias para garantizar que el sistema financiero sea más responsable y transparente.

La UE considera que un desarrollo adicional de la RSC requiere nuevas capacidades así como nuevos valores y comportamientos y que los estados miembros pueden jugar un papel importante promoviendo la integración de la RSC, el desarrollo sostenible y la ciudadanía responsable en la formación de los estudiantes, lo que sin duda sería determinante para

favorecer el proceso de decisión a favor de empresas responsables y productos y servicios más sostenibles.

Por lo que respecta a España, la Ley de Economía Sostenible fija criterios para reconocer la responsabilidad social corporativa en las empresas y promover una ventaja competitiva basada en estos criterios.

Sección 2. Construcción sostenible

Se entiende por construcción la vivienda, las infraestructuras y los equipamientos así como la forma en que estos elementos se interrelacionan. La construcción es pues una actividad esencial para la mejora de la calidad de vida de la humanidad, especialmente a través del desarrollo de las ciudades. Sin embargo el modelo actual de construcción presenta algunas inconsistencias que requieren un profundo replanteamiento para hacer que esa actividad sea compatible con los principios de un modelo de desarrollo sostenible.

En 1993 la World Wildlife Fund mencionaba que el término Construcción Sostenible abarca, no solo los edificios propiamente dichos, sino que también debe tenerse en cuenta su entorno y la manera como se comportan para formar las ciudades. La construcción, sin embargo, no es solo un asunto de edificios y ciudades y el sector de la construcción comprende una amplia serie de agentes que, con su intervención en el proceso, determinan la manera en que el fenómeno de la construcción respeta o incumple los principios y criterios del desarrollo sostenible.

Atendiendo a la naturaleza de las actividades puramente constructivas la construcción incluye las infraestructuras y la edificación, sea ésta de carácter residencial, comercial, industrial o institucional y todo ello no solo como obra nueva sino también como mantenimiento y como rehabilitación o habilitación o mejora ya que ambos conceptos se utilizan.

En un sentido global, sin embargo, el sector de la construcción está integrado por un amplio colectivo de agentes de carácter público y privado que influyen de manera decisiva sobre él. A título indicativo cabe señalar a los poderes públicos, responsables del planeamiento urbanístico, el sector financiero, que proporciona los cuantiosos recursos económicos que requiere la construcción, los promotores, que desarrollan el negocio de la construcción, las empresas constructoras, que ejecutan los trabajos, los técnicos y profesionales del sector de la construcción, que realizan labores de muy diversa índole, los agentes inmobiliarios, responsables de la comercialización de los bienes, las empresas de materiales y equipos para la construcción, que intervienen en la cadena de valor como proveedores, las empresas de servicios, que

cumplen cometidos muy variados en el sector, las administraciones públicas que son un importante cliente del sector, especialmente en lo que se refiere a infraestructuras y los ciudadanos, en general, que son los compradores esenciales de la edificación.

Por la complejidad del sector resulta especialmente difícil que el proceso de construcción en su conjunto se desarrolle cumpliendo con los criterios del desarrollo sostenible. Por el contrario resulta sencillo que se den comportamientos no responsables cuyos resultados no conduzcan, precisamente, una construcción sostenible.

Debiendo estar enmarcada la construcción, para que ésta sea sostenible, en los principios y criterios del desarrollo sostenible, resulta oportuno hacer un análisis de las dimensiones económica, social y ambiental del fenómeno de la construcción y considerar qué otros aspectos deben tenerse en cuenta.

No resulta fácil encontrar una definición precisa de construcción sostenible y por el contrario abundan aproximaciones a la materia que consideran aspectos parciales de la sostenibilidad. Así se habla de construcción verde o construcción bioclimática que enfatizan los aspectos ambientales pero que no contemplan aspectos esenciales de carácter social o económico.

Existen disposiciones administrativas y códigos técnicos que fijan criterios mínimos de ejecución cuyo cumplimiento incide en una mejor construcción y en que la construcción sea más sostenible. Ejemplos de ello pueden ser la Directiva 2002/91/CE relativa a la mejora de la eficiencia energética en edificios o la Directiva 2006/32/CE sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos, a nivel europeo, o el RD 314/2006 por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación o el RD 47/2007 sobre calificación energética de edificios nuevos, por lo que a España respecta.

Sistemas de certificación voluntaria pretenden así mismo evaluar la sostenibilidad de los edificios en función de una serie de criterios ambientales, de innovación, de consumo, etc. Mención especial cabe hacer a los sistemas de certificación LEED, BREEAM o Pasivhaus, que se desarrollaran en otro apartado de la documentación general sobre Construcción Sostenible.

Otros organismos han tratado también de definir criterios claros para evaluar el nivel de sostenibilidad de una construcción y, en este sentido, cabe mencionar a la Holcim Foundation for Sustainable Construction, una entidad nacida en 2003 y auspiciada por la empresa Holcim, uno de los líderes mundiales de materiales de construcción, quien consideró que su compromiso con el desarrollo sostenible no debiera quedarse en producir materiales de forma sostenible sino

velar porque el empleo de dichos materiales en el fenómeno constructivo se realizase también de forma sostenible.

Una serie de centros universitarios del más alto nivel que actúan como socios y asociados de la Holcim Foundation constituyen un centro global de competencia técnica dando soporte a la fundación en el campo científico y técnico y definen los criterios de evaluación de los proyectos de construcción sostenible. La relación de centros académicos de soporte es la siguiente:

- Universidades socias o ETH, Zurich, Suiza. Instituto Federal Suizo de Tecnología o MIT, Cambridge, USA. Instituto de Tecnología de Massachusetts. o UIA, Ciudad de México, México. Universidad Iberoamericana. o EAC, Casablanca, Marruecos. Escuela superior de Arquitectura de Casablanca o IIT Bombay, Bombay, India. Instituto Indio de Tecnología.
- Universidades asociadas o Universidad de Tongji. Sanghai, China o Universidad de Sao Paulo. Sao Paulo, Brasil. o Universidad de Witwatersrand. Johannesburgo, Sudáfrica.

El centro técnico de competencia de la Holcim Foundation ha definido cinco criterios exigibles a una construcción sostenible, que se detallan a continuación:

- Innovación y Transferibilidad. Los descubrimientos y técnicas que marcan tendencias deben ser transferibles y aplicables a otros proyectos de construcción, cualquiera que sea su escala.
- Normas Éticas y Equidad Social. El proyecto debe respetar las normas éticas más elevadas y respaldar la justicia social en todas las etapas de la construcción.
- Calidad Ecológica y Conservación de la Energía. Se debe garantizar un uso y un manejo sensatos y responsables de los recursos naturales a lo largo del ciclo de vida de la construcción.
- Viabilidad Económica y Compatibilidad. El proyecto debe ser económicamente viable en cuanto a su realización y accesible para las personas que los necesitan.
- Integración e Impacto Estético. El elemento construido debe tener calidad arquitectónica y ser respetuoso con su entorno físico y cultural.

Los cinco criterios definidos por la Holcim Foundation se corresponden con las tres dimensiones básicas del desarrollo sostenible anteriormente citadas más dos nuevos requerimientos relativos a la innovación y a la calidad arquitectónica, que se consideran también esenciales. Así el criterio de innovación y tranferibilidad se basa en la idea de progreso; la exigencia de normas éticas y equidad social, está orientada hacia la responsabilidad social corporativa y tiene como objeto a las personas, el criterio ambiental se fundamenta en el respeto al entorno y su objeto es el planeta, la viabilidad y la compatibilidad económica se fundamenta en la creación de valor y se orienta hacia la prosperidad y, finalmente, el criterio de calidad arquitectónico es una exigencia obvia ya que el elemento construido debe ser funcional, estético y adaptado a su

entorno.

La Construcción Sostenible aspira a satisfacer las necesidades actuales de vivienda, entornos de trabajo e infraestructuras sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. Incorpora elementos de eficiencia económica, desempeño ambiental y responsabilidad social y contribuye a en mayor medida cuando considera también la calidad arquitectónica, la innovación técnica y la posibilidad de transferir los resultados.

La Construcción Sostenible implica materias tales como el diseño y la gestión de edificios, eficiencia de materiales, técnicas y procesos constructivos, eficiencia energética y de otros recursos, operación y mantenimiento del edificio, productos y tecnologías, monitorización a largo plazo, respeto a normas éticas, entornos socialmente viables, participación ciudadana, seguridad y salud laboral, modelos financieros innovadores, mejora de las condiciones del entorno, interdependencias del entorno construido con las infraestructuras y el paisaje, flexibilidad en el uso, funciones y cambios del edificio, diseminación de conocimientos en los ámbitos académicos, técnicos y sociales.

La innovación en la construcción representa una oportunidad para incorporar materiales fabricados de manera más respetuosa con el medio ambiente, bien porque hayan consumido menos recursos, bien porque hayan generado menos emisiones, residuos o vertidos, pero también para incorporar equipos y sistemas más eficientes. Así mismo permite la utilización de mejores técnicas constructivas capaces de conseguir construcciones más económicas o de realizar proyectos que no eran técnica o económicamente viables hasta ahora.

No cabe pensar en un modelo de construcción sostenible cuyo centro de atención no sean las personas y ello, no solo en lo que se refiere a la edificación y las ciudades, sino también en lo que respecta a las infraestructuras, pensadas para favorecer el desarrollo y para mejorar por tanto el nivel de vida de la población. En Holanda sin embargo las viviendas se proyectan con participación de los usuarios e incluyen servicios e instalaciones que contribuyen a la vitalidad de toda la comunidad

Aspectos insostenibles en el sector de la construcción español

El modelo de negocio en el sector de la construcción en España que se ha desarrollado en las últimas décadas no se ha regido por los criterios de construcción sostenible a los que anteriormente nos hemos referido dando lugar al fin a una crisis en el sector de graves consecuencias para la sociedad y para la economía del país cuyos principales efectos serían:

- Aumento desproporcionado e injustificado del precio de la vivienda que ha impedido el acceso a la misma de un sector importante de la población, no haciendo posible el mandato constitucional del derecho a una vivienda digna
- Endeudamiento de las familias por encima de sus posibilidades reales de hacer frente a los pagos derivados de las hipotecas y empobrecimiento al tener deudas reales superiores al valor real de los bienes inmobiliarios adquiridos.
- Riesgos elevados en el sector financiero por morosidad en los créditos al sector inmobiliario y por la necesidad de provisionar importes muy elevados por los activos inmobiliarios de los que han pasado a ser propietarios, que tienen ahora un valor de mercado muy inferior a su valor contable.
- Pérdida de más de 1 millón de empleos en el sector que representan más del 60% de todos los empleos perdidos en la crisis
- Existencia de un volumen muy elevado de viviendas vacías y por tanto improductivas que han acaparado una parte importante de los recursos financieros impidiendo la posibilidad de obtener créditos a otras actividades productivas y contribuyendo a un agravamiento de la crisis económica en el país.

En palabras del Profesor Cuadrado Roura nadie es causante en particular de la burbuja inmobiliaria pero ninguno hemos hecho nada por evitarla. Borja Mateo sostiene que todos hemos querido ser listos; los que compraron a precios disparatados porque pensaban que hacían un buen negocio, los que vendían porque generaban una elevada ganancia, el Gobierno porque obtenía importantes ingresos del IVA y del impuesto de transmisiones patrimoniales que le permitía mantener sus estructura administrativa y la banca por su avaricia e imprudencia inexcusables en la concesión de créditos a pesar de haber tenido que saber que el riesgo de impago era muy alto

La vivienda es esencialmente un bien social, ya que se considera un derecho que contribuye a mejorar las condiciones de vida de las personas y no puede convertirse exclusivamente en un activo financiero destinado a la especulación. Se han de construir las viviendas que sean necesarias en función de las expectativas de demanda y a unos precios que las hagan accesibles a sus potenciales clientes, en función de su situación económica. Construir viviendas a precios inaccesibles en lugares donde no hay demanda o en emplazamientos sin dotaciones de los servicios necesarios, simplemente por una expectativa inmediata de máximo beneficio origina

comportamientos irregulares en sector y drena del sistema financiero una ingente cantidad de recursos que quedan inmovilizados de una forma improductiva.

La constitución española en su artículo 47 es bastante clara al respecto: “todos los españoles tienen derecho a disfrutar de una vivienda digna y adecuada. Los poderes públicos promoverán las condiciones necesarias y establecerán las normas pertinentes para hacer efectivo este derecho, regulando la utilización del suelo de acuerdo con el interés general para impedir la especulación. La comunidad participará en las plusvalías que genere la acción urbanística de los entes públicos”

La declaración de Vitoria-Gasteiz del 5ºCONAMAlocal, antes citado, refleja en su apartado de compromisos algunos puntos que inciden sobre los aspectos antes recogidos: • Impulsar un nuevo sector de la edificación que recupere su función social e incorpore criterios bioclimáticos y de máxima eficiencia energética, apoyado en la rehabilitación de edificios existentes y en la revitalización de barrios • Alentar nuevas formas de participación ciudadana que mejoren la eficacia de las actuales, tanto en los procesos de planificación como en los de transformación y gestión urbana, poniendo a disposición de la sociedad los instrumentos necesarios para facilitar su implicación y el acceso a la información

Una reflexión similar cabe hacer respecto a las infraestructuras cuya realización debiera decidirse en razón de las necesidades de los ciudadanos y de las posibilidades de financiarlas. Ejemplos de costosas inversiones realizadas con una utilización tan escasa que lleva a su cierre son intolerables y la sociedad debiera pedir responsabilidades por las decisiones que las autorizaron.

Un nuevo modelo de negocio basado en la construcción sostenible

A pesar de los efectos tan negativos de la crisis inmobiliaria que se está padeciendo en España no se ha producido aun un cambio generalizado de mentalidad hacia un modelo de construcción sostenible y una gran mayoría espera y confía que esta situación sea transitoria y vuelva la situación anterior a la crisis en la que todos obtenían notables beneficios sin necesidad de considerar los enfoques y criterios de sostenibilidad en el sector.

Sin embargo el enfoque sectorial de la actividad con una nueva mentalidad parece obligado ya que la situación anterior no va a volver y ello a pesar del carácter cíclico que tiene el sector. Por otra parte, no sería deseable que volviesen a reproducirse los mismos factores aunque sí existe un consenso amplio respecto al importante papel que puede jugar la construcción para salir de

la crisis económica que atraviesa España.

Desde hace años se vienen produciendo diversas iniciativas que pretenden concienciar sobre los riesgos de un modelo de construcción insostenible, mostrar los beneficios de una construcción respetuosa con los criterios del desarrollo sostenible y promover que se produzcan cambios legislativos, culturales y normativos que la propicien.

En noviembre de 2007, organizado por la Junta de Andalucía y Holcim España tuvo lugar en Sevilla el Congreso Internacional de Construcción Sostenible donde a lo largo de tres días se abordaron cinco grandes bloques.

- La construcción sostenible, en donde se abordaba con carácter general el nuevo modelo de construcción
- Transformaciones urbanas. El reto de la ciudad. Este bloque estuvo centrado en la ciudad y la integración de la misma en el territorio
- Edificación y sostenibilidad, donde se trataron los impactos ambientales de la construcción, las oportunidades para la rehabilitación y el papel de la innovación en la arquitectura
- Materiales y técnicas constructivas, se centro en el uso sostenible de los recursos y en el desarrollo de nuevos materiales y técnicas más respetuosos con el entorno
- Las bases para el futuro de la sociedad, abordó el necesario cambio de mentalidad que debe producirse a favor de un modelo de construcción sostenible y la participación ciudadana en este proceso.

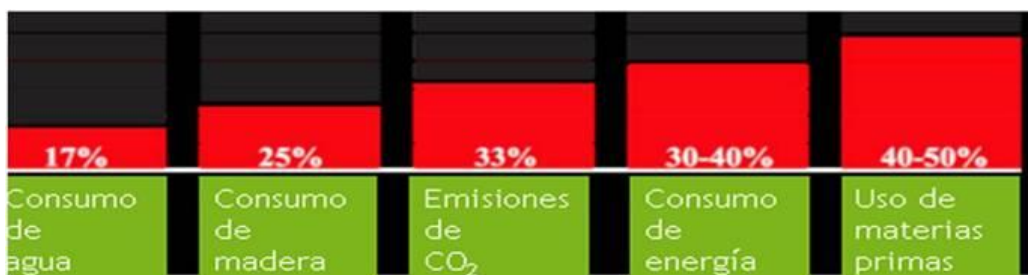
Otras iniciativas más recientes han abordado también la necesidad de avanzar hacia un modelo de Construcción Sostenible, así SB10 Mad (Conferencia Internacional sobre Sustainable Building) , Cibarq 10 (Congreso Internacional de Arquitectura, ciudad y energía) en octubre 2010 en Pamplona o el 5°CONAMAlocal, reformulando juntos las ciudades en noviembre de 2011 en Vitoria-Gasteiz.

El profesor Cuadrado Roura anteriormente citado declara: “La economía española no solo no puede prescindir de esta importante actividad sino que puede seguir siendo uno de los pilares que permitan impulsarla en su conjunto. La reactivación debe producirse de una forma ordenada, evitando los excesos y errores del pasado y buscando la sostenibilidad y el desarrollo estable del sector”

El documento “Una visión -país para el sector de la edificación en España. Hoja de ruta para el nuevo sector de la vivienda” del que son coautores Albert Cuchi y Meter Sweatman propone uno

enfoque diferente del sector de la edificación que debe orientarse hacia la consecución de los siguientes fines. • Procurar un servicio de vivienda a los residentes, suficiente, de calidad y accesible • Generar una actividad económica viable (pública y privada) y crear empleos. • Obtener una fuerte reducción de la huella ecológica precisa para hacerlo y aumentar la biocapacidad del territorio.

La construcción tiene notables impactos ambientales en cuanto a consumo de recursos naturales y energía o emisión de gases de efecto invernadero, de ahí la necesidad de considerar la dimensión ambiental como clave en un enfoque de construcción sostenible. Como queda reflejado en la figura 5, la construcción es responsable de más del 40% de los recursos naturales, más de un 30% del consumo de energía y mas de un 30 % de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además es también responsable de una parte significativa del consumo de madera y de agua en el mundo.



La razón de esta huella ecológica tan considerable hay que buscarla en los impactos ambientales ligados al proceso de construcción, desde la fabricación de materiales pasando por la operación del elemento construido y finalizando con la fase de demolición, según se muestra en la figura 6



Como cualquier otra actividad económica la construcción debe generar valor para todas las partes interesadas que intervienen en el proceso, sin embargo el fenómeno constructivo se presta a una generación rápida de rendimientos para unos pocos agentes por lo que resulta difícil erradicar el aspecto especulativo de esta actividad. Sin embargo la construcción en sus diferentes subsectores puede seguir jugando un papel importante en el desarrollo económico de un país como España si la actividad se desarrolla con profesionalidad y con criterios económicos similares a los de cualquier otra actividad industrial.

Finalmente, parece evidente que para que una construcción pueda considerarse sostenible ésta debe ser apta desde el punto de vista funcional, estética, cual corresponde a una de las bellas artes, y adaptada a su entorno.

El modelo de construcción sostenible encuentra su mayor sentido en la ciudad, que es donde se ganará o perderá el reto del desarrollo sostenible. En palabras de Richard Rogers las ciudades deben responder a determinados objetivos sociales, medioambientales, culturales, políticos, físicos y económicos. Una ciudad sostenible debe ser justa, bella, creativa, ecológica, favorecedora de contactos personales, compacta y policéntrica y diversa.

La Construcción Sostenible es una nueva manera de afrontar el proceso constructivo y el punto de inflexión hacia ese enfoque radica en darse cuenta de que es posible construir con criterios más racionales. Se hace necesaria una reflexión que propicie un uso más eficiente de los recursos naturales limitados, como el suelo, el agua, las materias primas o la energía, ayudando así a la conservación del medio ambiente para asegurar la calidad de vida de las generaciones futuras, a la vez que se garantizan las necesidades de viviendas e infraestructuras que demanda la sociedad actual.

Según Paul Hyett para lograr una construcción sostenible son necesarias dos condiciones: • Reorientar el desarrollo en su conjunto y la industria de la construcción hacia una cultura de sostenibilidad • Promover desde la comunidad internacional y desde nuestra sociedad condiciones socioeconómicas que ayuden al desarrollo sostenible.

Por lo que respecta a la industria de la construcción estos cambios debieran aplicarse, tanto a la nueva construcción como a la existente, donde la rehabilitación ha de jugar un papel importante.

Para hacer posibles estos cambios se considera necesario educar a una nueva generación de profesionales que haga las cosas de una forma diferente y en cuya formación, aparte de las

materias tradicionales, se incluyan también otros conocimientos como las infraestructuras, los servicios, el paisaje, el planeamiento, el diseño urbano, la gestión de proyectos y la gestión de servicios.

El mundo de la construcción es sin embargo un fenómeno complejo en el que intervienen numerosos agentes y factores lo que hace extremadamente difícil alcanzar un resultado positivo desde todos los ámbitos de la construcción sostenible. A título meramente ilustrativo se recogen algunos en la figura 7



Sección 3. Oportunidades de negocio para la construcción sostenible

Según la “Marraket tast force” una iniciativa en el seno de la ONU, buenas prácticas en construcción sostenible pueden desarrollarse en los siguientes campos:

- Nueva construcción en general
- Viviendas
- Rehabilitación de edificios actuales
- Ahorro y eficiencia energética
- Usos de energías renovables
- Políticas y programas nacionales y regionales
- Políticas locales

- Compras públicas
- Investigación y desarrollo
- Sistemas de certificación de edificios

Por lo que hace al campo de la edificación existen numerosos ámbitos de actuación que pueden conducir a que la construcción en sí misma y la operación del edificio construido se realicen de acuerdo con criterios sostenibles. A título no exhaustivo cabe señalar:

- Localización del edificio, para que la naturaleza del suelo sobre el que se ubica o los sistemas de transporte previstos para acceder a él respondan a criterios de sostenibilidad.
- El diseño del edificio con criterios ecológicos
- Proceso de construcción que incluya materiales y técnicas constructivas sostenibles. Materiales con baja huella ecológica, procedimientos de trabajo seguros que faciliten la prevención de accidentes laborales, son ejemplos claros de actuaciones en este campo.
- Rendimiento adecuado del edificio en base al empleo de sistemas inteligentes y componentes de baja energía y que propicien la facilidad de uso del mismo.
- Conducta responsable de los usuarios del edificio que contemple las consecuencias del modo de operarlo o las compras con criterios de sostenibilidad.
- Gestión medioambientalmente correcta de los residuos y vertidos generados.

Las administraciones públicas pueden jugar un papel de primer nivel en la promoción de la construcción sostenible debido a su gran poder de compra y al efecto ejemplarizante que tendría su iniciativa. Las administraciones contratan bienes, servicios, infraestructuras, servicios logísticos, infraestructura, construcción de nuevos edificios y renovación, operación y mantenimiento de edificios. En palabras de Richard Rogers de su libro Ciudades para un pequeño planeta, antes citado “solo actuando como promotores arquitectónicamente informados, las administraciones públicas pueden establecer estándares nacionales de calidad para su entorno”

Si el fenómeno de la construcción se aborda según los criterios de sostenibilidad que se han definido en otro apartado de este escrito y se consideran las buenas prácticas y los ámbitos de actuación arriba indicadas podrán encontrarse oportunidades de negocio en el sector de la construcción de nuestro país a pesar de la enorme crisis por la que éste atraviesa desde 2008, aunque el inicio del declive ya era perceptible en 2007.

Nueva edificación

El subsector de la edificación en España ha estado dirigido esencialmente a la construcción de nuevos edificios, lo que ha originado un stock de más de 700.000 viviendas nuevas sin vender a las que habría que sumar una cantidad indeterminada de edificios a medio construir y una stock aun mayor de viviendas compradas con fines especulativos pero sin ocupación. . A pesar de la existencia de ese elevado stock de viviendas vacías existe una importante demanda insatisfecha de vivienda. Las razones de este sin sentido habría que buscarlas en un elevado nivel de precios de las viviendas producidas, muy alejado de la capacidad de compra de los potenciales demandantes y, absolutamente, injustificado a tenor de los que son los costes reales de construcción.

Entre las principales causas de ese nivel injustificado de precios de la vivienda estarían las siguientes:

- Una inadecuada política de suelo, que ha permitido que la construcción sea la principal fuente de financiación de los entes locales
- Una política crediticia poco responsable por parte del sector financiero, otorgando créditos hipotecarios por importes muy superiores a los debidos, en base a unos criterios de tasación desmesuradamente elevados y sin el debido análisis de riesgos, proporcionando crédito a personas sin posibilidades reales de hacer frente a los mismos. Esta situación ha favorecido la creación de la burbuja inmobiliaria en cuya génesis también tienen responsabilidad los organismos oficiales de regulación por su escaso de control del sistema financiero, a pesar de ser conscientes del riesgo.
- Nivel bajo de profesionalización y de sentido empresarial en una parte significativa del sector de la promoción y construcción, que se lanzó a la aventura en la fase del “boom” sin realizar un mínimo análisis de las oportunidades y de los riesgos de su negocio.
- La avaricia de otros agentes con expectativas de rendimientos elevados, incluyendo los propios compradores, que habían pasado a considerar la vivienda, exclusivamente, como un activo financiero en lugar de cómo un bien social reconocido en nuestra Constitución.

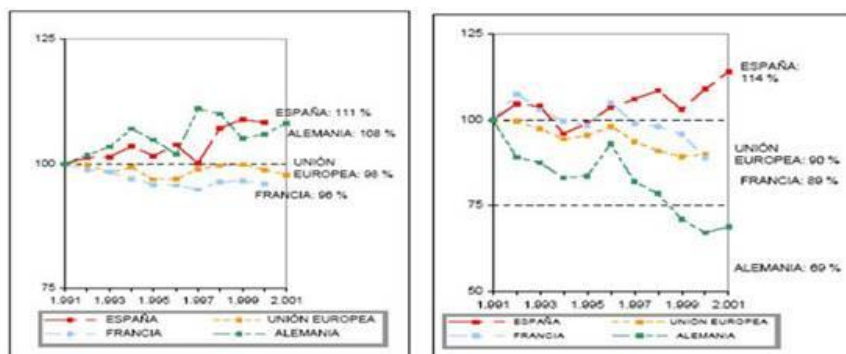
A pesar de todo lo dicho sigue habiendo demanda de viviendas a precios asequibles y en lugares donde se necesitan, que, raramente, suelen coincidir con aquellos donde hay un gran stock de vivienda sin vender, principalmente la costa. Existe pues una oportunidad para desarrollar actividad en el campo de la nueva edificación y de hacerlo según los criterios de la Construcción

Sostenible: económicamente viable, eficiente ambientalmente, que cumpla una finalidad social y respete las normas éticas en todo el proceso, que incorpore elementos innovadores y que tenga la calidad arquitectónica adecuada.

Rehabilitación de viviendas y de espacios degradados

Según los datos del Ministerio de Fomento en España existen más de 25 millones de viviendas de las cuales la mitad tiene más de 30 años y más de 21 millones se han construido antes de 2001 sin aplicación de normativas exigentes de eficiencia energética, Un alto porcentaje de estos edificios se han construido en la década de los 60 y los 70 con una calidad arquitectónica baja general baja, especialmente en lo que se refiere a su eficiencia energética.

Tampoco en los últimos años se ha producido una mejora en la intensidad del consumo energético de los edificios que sí se ha producido en otros países de nuestro entorno, lo que pone de manifiesto una escasa atención por las actividades de rehabilitación cuya participación en la actividad económica de la construcción es muy baja, en términos absolutos y en comparación con otros países europeos. Ver figura 8



La rehabilitación de viviendas con carácter integral y a nivel masivo es pues una oportunidad y una necesidad para desarrollar actividad económica importante en los próximos años en España, cuyos principales beneficios serían:

- Generar una actividad económica considerable en un subsector muy intensivo en mano de obra con lo que tendrá un efecto positivo sobre la creación de empleo
- Mejorar la eficiencia energética del edificio con lo que se reduce su consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la edificación, uno de los más importantes entre los difusos
- Mejorar la calidad y la accesibilidad de los edificios y en consecuencia el confort y la calidad

de vida de los ocupantes y de la seguridad del edificio

- Mejorar la imagen y la calidad del barrio con lo que mejoraría la convivencia y en nivel de vida de los vecinos
- Revalorización patrimonial del edificio con lo que se rentabiliza el importe de la inversión realizada en rehabilitación

Siendo notables los beneficios de una rehabilitación masiva del parque de viviendas existente y estando perfectamente incardinada esta actividad en un enfoque sostenible de la construcción no se ha desarrollado apenas esta actividad por las numerosas barreras que presenta, entre las que pueden considerarse como más significativas las siguientes:

- Complejidad del proceso de rehabilitación, que hace necesario un estudio detallado de los segmentos de viviendas más convenientes, de las actuaciones de carácter arquitectónico necesarias así como un planeamiento ordenado para conseguir beneficios de escala que la hagan viable.
- Marco legal inadecuado que impide la actuación masiva y dificulta la financiación y la rentabilidad del proceso. Cambios en la Ley de propiedad horizontal o en la Ley de suelo resultarán imprescindibles así como el desarrollo de nuevas disposiciones que favorezcan la generación de ingresos adicionales, tales como la construcción de nuevos equipamientos o la reducción de emisiones de CO₂ en el sector de la edificación a través de la implantación del mecanismo de proyectos domésticos de reducción de GEI.
- Dificultades de financiación. Aunque el propietario debe participar en la financiación de la actuación ya que repercute en el aumento del valor patrimonial de su vivienda, se hace necesario favorecer desde los poderes públicos la financiación privada de los proyectos de rehabilitación y desarrollar mecanismos de garantía financiera que permitan la rehabilitación, aun en caso de imposibilidad de abordarla por parte del propietario.
- Rentabilidad modesta e incierta. La actividad de rehabilitación no alcanzará nunca una rentabilidad tan elevada como la nueva construcción (en parte debido al componente especulativo que es posible en ésta) por lo que hasta ahora no ha sido atractiva. Sin embargo la rehabilitación puede ser un proceso de carácter industrial con una rentabilidad predecible y razonable.

Además de la rehabilitación de viviendas, también se deben tener en cuenta las oportunidades

que ofrecen la rehabilitación de espacios urbanos deteriorados o la recuperación de entornos naturales degradados con la consiguiente mejora de la calidad de la ciudad o de los ecosistemas, respectivamente

Infraestructuras

Las oportunidades para la Construcción Sostenible se dan también en el subsector de las infraestructuras, cuyos requerimientos esenciales debieran ser la necesidad de su construcción en razón del uso previsto y la viabilidad económica para su financiación. Infraestructuras planeadas o en ejecución para las que no existe un nivel de utilización suficiente o cuya financiación no está garantizada son ejemplos claros de insostenibilidad en construcción.

En España existen nichos importantes en el campo de las infraestructuras tales como el transporte ferroviario, los equipamientos sociales y el almacenamiento, tratamiento y la distribución del agua, por ser un país de precipitaciones escasas y de elevado consumo por la demanda elevada que representan los sectores agrícola y del turismo.

Materiales y equipos

Actualmente se asume que solamente el 20% de la energía gastada por el edificio a lo largo de todo su ciclo de vida se debe a la construcción mientras que el 80% restante se debe a la operación. Por ello, el diseño del edificio, la buena práctica en la construcción y los equipos de control resultan de vital importancia para disminuir el consumo energético de los edificios.

Si atendemos las emisiones de CO₂ no relacionadas con la operación del edificio ya construido, el 85% se debe a los materiales con los que se construye, el 13% al proceso de construcción y el 2% al proceso de demolición. La utilización de materiales más ecoeficientes es la medida más importante para reducir drásticamente el emitido en la construcción del edificio y de ellos, especialmente, el acero y el hormigón responsables del 35% y del 18% respectivamente de todo el CO₂ que se ha emitido para la construcción del edificio.

Los equipos y sistemas van a ser responsables de la mayor parte del consumo de energía del edificio a lo largo de su vida por lo que su eficiencia energética es el factor determinante del consumo. La incorporación de medidas innovadoras en el campo de las energías renovables y de los sistemas de control de la mano de las TIC,s claves para mejorar el consumo energético y mejorar sus condiciones de sostenibilidad.

Albert Cuchi en su comunicación a 5ªCONAMAlocal, anteriormente citado, sostiene que debemos

intervenir con materiales fabricados con bajas emisiones de GEI sobre la piel de los edificios existentes y sobre la eficiencia de sus instalaciones, para reducir su dependencia del uso de la energía y de la generación de emisiones.

Sección 4. El marketing de la construcción sostenible

En una época de boom inmobiliario caracterizada por un mercado de demanda la comercialización basada en atributos de sostenibilidad no parecía necesaria. Sin embargo en una situación de crisis del sector como la que se está viviendo en España y presumiblemente en una época futura donde cabe esperar mayor rigor en la gestión financiera y mayores exigencias por parte de los compradores, la diferenciación será una condición imprescindible para el éxito.

Un enfoque de diferenciación basado en una comunicación de las características sostenibles de la construcción va a resultar imprescindible. En primer lugar porque los criterios de sostenibilidad se van a incorporar progresivamente en el pliego de condiciones de las compras públicas, segundo porque la legislación va incorporando mayores exigencias ambientales en edificación y finalmente porque aquellos que sean capaces de mostrar los beneficios para sus clientes de una edificación realizada con respeto a los criterios de la construcción sostenible van a conseguir una ventaja competitiva en un mercado poco activo caracterizado por una fuerte presión de la oferta.

Una estrategia de comunicación basada en atributos de sostenibilidad será positiva no solo para promotores, sino también para estudios de arquitectura o empresas constructoras o fabricantes de productos y equipamiento para el sector de la construcción.

En este nuevo panorama van a resultar imprescindibles la utilización de técnicas y canales de comunicación que escasamente se han utilizado hasta ahora por el sector y especialmente el uso de las redes sociales. Esto cambia radicalmente la forma de comunicar, ya que la empresa tiene grandes dificultades para dirigirse a su público objetivo y son los potenciales clientes los que buscan la información que les interesa a través de las redes sociales.

Para conseguir resultar atractiva a sus clientes potenciales la empresa del sector de construcción que pretenda tener éxito habrá de fijar un posicionamiento que resulte atractivo y adoptará las medidas para que ese posicionamiento se corresponda con la realidad que la empresa ofrece. La fijación del posicionamiento requiere de un análisis previo de la situación de la empresa lo que representa una oportunidad para la mejora.

Una vez fijado su posicionamiento estratégico la empresa ha de diseñar los mensajes específicos

destinados a los diferentes tipos de interlocutores a los que pretenda dirigirse y los canales que, en cada caso decida utilizar para hacerlos llegar

Una de las oportunidades de mejora que presenta el sector de la construcción es la profesionalización del colectivo de pequeñas empresas que mayoritariamente se rigen por criterios de negocio pero no por criterios empresariales. Herramientas de gestión como el plan de negocio o el cuadro de financiación resultan esenciales para desarrollar la actividad en un contexto de crisis económica

Quizá entonces sería mejor usar el término:

HABILITAR: HACER A UNA PERSONA O COSA HÁBIL O CAPAZ PARA AQUELLO QUE ANTES NO LO ERA.

Pero como en estos momentos hay multitud de publicaciones y documentos en que se usa “Rehabilitación”, la usaremos, aunque creemos que reduce el sentido de innovación que las acciones de renovación energética y sostenibilidad aplicadas a los edificios existentes pueden ofrecer.

La re-habilitación en el contexto de la sostenibilidad

Anteriormente la atención a la habitabilidad de la tierra se relacionaba principalmente con el cambio climático, con las variaciones en temperaturas y otros fenómenos atmosféricos derivados del aumento del CO₂ ; actualmente el panorama se ha ampliado y se observan otros extremos. Aunque se sigue atendiendo al cambio climático, hay otros procesos que afectan a la sostenibilidad de la vida humana y que en algunos casos exceden con mucho unos márgenes de seguridad, si alcanzan límites peligrosos. Los límites, según lo últimamente desarrollado por Jonathan Foley (2009), serían los siguientes:

- Pérdida de biodiversidad
- Ciclo del nitrógeno
- Ciclo del fósforo
- Cambio climático
- Uso del suelo
- Acidificación del océano
- Consumo de agua dulce
- Destrucción del ozono estratosférico

De estos límites, según Foley, se han superado 3: - El de la pérdida de biodiversidad: medida por tasa de extinción de especies por millón y año, propuesto en un límite 10, cuyo valor actual es >100 - El del ciclo de nitrógeno: medido por la extracción antrópica de la atmósfera en millones de toneladas al año, propuesto en un límite de 39, cuyo valor actual es de 133. - El del cambio climático: medido en concentración de CO₂ en partes por millón, propuesto en un límite de 350, cuyo valor actual es de 387. Los nueve límites que se indican, todos ellos, tienen relación con las actividades edificatorias y urbanísticas. Ampliando el cuadro en que Foley resumía sus ideas, añadiendo a las 3 columnas de: “proceso ambiental”, “consecuencias por exceso” y “posibles soluciones”, una cuarta columna conteniendo “aplicaciones de soluciones en urbanismo y edificación”, se pueden observar las numerosas acciones que deberían implementarse, se reflejan en rojo los límites superados y las posibles mejoras que pueden implementarse desde la rehabilitación (Foley, 2009).

Proceso ambiental	Consecuencias por exceso	Posibles soluciones	Aplicación de soluciones en urbanismo y edificación en España y su relación con la rehabilitación
Pérdida de biodiversidad	Deterioro de ecosistemas terrestres y marinos	Frenar la deforestación y la ocupación del suelo. Pagar por los servicios ecológicos	Primar la rehabilitación con criterios de sostenibilidad de barrios y edificios existentes, minimizando la ocupación del suelo por: minas, canteras y explotaciones para la obtención de materiales, nueva urbanización, y vertidos derivados de derribos. Diseñar los espacios públicos y la edificación con criterios de mantenimiento de la biodiversidad de vegetación y fauna.
Ciclo del nitrógeno	Expansión de las zonas muertas en aguas dulces y marinas	Aplicar menos fertilizantes, procesar los purines. Utilizar vehículos híbridos	Tener en cuenta el uso de vehículos híbridos en el diseño de elementos y sistemas urbanos y edificados.
Ciclo del fósforo	Perturbación de las cadenas tróficas marinas	Aplicar menos fertilizantes, procesar los purines. Procesar mejor las basuras	Tener en cuenta los elementos para los procesos de recogida de basuras en el diseño. Mejorar los procesos de refabricación de elementos constructivos eliminando componentes y residuos contaminantes. Avanzar en el diseño de materiales a partir de la reutilización y del reciclaje.
Cambio climático	Fusión de los hielos polares y de glaciares. Alteración de climas locales	Usar energías y combustibles de bajo contenido en carbono. Fijar precio a las emisiones de carbono	Mejorar el comportamiento de consumo energético de los edificios existentes y nuevos. Implantar diseños adaptados al aprovechamiento pasivo y bioclimático de las condiciones climáticas existentes y previsibles. Implantar sistemas de climatización de eficiencia energética elevada. Usar energías y combustibles de bajo contenido en carbono. Diseñar la ciudad para aminorar los desplazamientos en vehículos contaminantes. Usar materiales fríos en pavimentos y espacios públicos.
Uso del suelo	Degradación de ecosistemas de dióxido de carbono	Limitar el crecimiento urbano. Elevar la eficiencia agropecuaria. Pagar por los servicios ecológicos	Edificar con criterios de uso de los espacios por los habitantes, no por criterios de ganancias de los constructores. Primar la rehabilitación con criterios de sostenibilidad de barrios y edificios existentes, minimizando la ocupación del suelo por: Minas, canteras y explotaciones para la obtención de materiales, nueva urbanización y vertidos derivados de derribos. Revegetación en las ciudades.
Acidificación del océano	Muerte de microorganismos y corales. Menor retención de carbono	Usar energías y combustibles de bajo contenido en carbono. Reducir el lavado de las sustancias fertilizantes	Mejorar el comportamiento de consumo energético de los edificios existentes y nuevos. Implantar sistemas de climatización de eficiencia energética elevada. Usar energías y combustibles de bajo contenido en carbono. Diseñar parques y jardines con criterios de adaptación a los tipos de suelo y las condiciones climáticas locales.
Consumo de agua dulce	Degradación de ecosistemas acuáticos. Disminución del suministro de agua	Mejorar la eficiencia de poco consumo hídrico	Utilizar sistemas de aprovechamiento de aguas depuradas para riego, limpieza y necesidades urbanas y edificatorias que lo permitan. Instalar sistemas de reutilización de aguas grises en edificios. Instalar griferías y sistemas de bajo consumo en edificación y riego.
Destrucción del ozono estratosférico	Radiaciones lesivas para humanos, fauna y flora	Abandono total de los hidroclorofluorocarburos. Comprobar los efectos de nuevos compuestos	Comprobar los efectos de nuevos materiales sobre la salud. Mejorar los procesos de fabricación de materiales para la construcción evitando el uso de hidroclorofluorocarburos. Comprobar los efectos de instalaciones para servicios urbanos, edificatorios y de la comunicación.

La re-habilitación sostenible en su proceso y su desarrollo

De las muchas posibles definiciones de 'rehabilitar', una especialmente abarcadora es «hacer habitable aquello que no lo es» (Ramón, 1985:83), o de forma más matizada restaurar la habitabilidad perdida, dado que de un modo u otro todo sufre un deterioro con el tiempo, y

también, los valores de lo habitable evolucionan. Es decir, existe un plano físico en el que hay que enfrentar el deterioro (incluso en una sociedad estática), pero también existe un plano humano, en el que los valores cambian. En este último plano cabe situar las exigencias sobre la sostenibilidad, exigencias que desde las Cumbres de Río y Kyoto han llegado a plasmarse en acuerdos internacionales y que han dado pie a lugares comunes (desarrollo sostenible, etc.). (de Luxán et al. 2010) Debido a ese doble plano de la rehabilitación, la sostenibilidad presenta al menos dos facetas netamente diferenciadas respecto a ella. En primer lugar, el carácter sostenible de la rehabilitación per se. En segundo lugar, los aspectos que permiten calificar a las técnicas constructivas utilizadas en la rehabilitación como sostenibles (por contraposición a aquellas otras que no lo son). El carácter sostenible de la rehabilitación como opción en la política urbana y de alojamiento ha sido teorizado frecuentemente y, en ocasiones, en contraposición con la obra nueva. Así, el catedrático Gunther Moewes afirmaba: “Básicamente, sólo existen tres procesos que pueden conducir razonablemente a reducir las necesidades energéticas o la carga sobre el medio ambiente: la rehabilitación de edificios existentes; la sustitución de antiguos edificios ecológicamente despilfarradores por nuevas formas de bajo consumo y el cierre de intersticios entre edificios”. (Moewes, 1977) En la sintética afirmación de Moewes hay varios aspectos que conviene separar a fin de verlos con claridad: En la Unión Europea, con un crecimiento demográfico pequeño, y con amplios parques de viviendas, la calificación de nuevo suelo para urbanizar y edificar supone siempre un despilfarro, incluso aun cuando se utilicen técnicas constructivas ecológicas. El componente principal del consumo energético de la edificación es el debido al uso cotidiano del edificio. Por ello puede merecer la pena sustituir edificios despilfarradores. En general, el despilfarro en un edificio se produce cuando se dan dos condiciones: uso intensivo de instalaciones (calefacción y acondicionamiento de aire, alumbrado, etc.) junto a un comportamiento extremadamente disipativo del edificio (por ejemplo, edificios sin aislamiento y/o sin inercia térmica). Raramente se da el despilfarro sin ambas condiciones simultáneamente: incluso una vieja catedral gótica cuenta con inercia térmica, además de no disponer de calefacción con que despilfarrar. El segundo componente por importancia de dicho consumo energético es el coste energético de fabricación (del orden de un 20% del consumo anterior, cf. Jaques, 1996; Vázquez, 2001). Su incidencia está fuertemente ligada a la durabilidad: una duración doble rebaja su incidencia anual a la mitad; pero una duración mitad, la aumenta al doble. En España, con periodos de renovación del parque edilicio notablemente más cortos que en el resto de Europa (Naredo et al., 2000), este componente ha aumentado en las últimas décadas. Esta tendencia es especialmente acusada en lo que se refiere a algunas infraestructuras urbanas: por ejemplo, en el ferrocarril metropolitano de Madrid, la vida útil de los revestimientos de las estaciones ha disminuido a unos diez años y, como

consecuencia, la innecesaria `sustitución' de tales revestimientos está propiciando un fuerte despilfarro. Finalmente, y en lo que se refiere a las infraestructuras urbanas de todo tipo, su incidencia en el consumo energético computable para la superficie edificada no depende sólo de su durabilidad, también de la superficie servida. De ahí, el último proceso apuntado por Moewes: la rehabilitación de una estructura urbana compacta, a fin de suprimir suelo ya urbanizado ocioso en forma de solares. En este mismo apartado cabe mencionar el caso de la vivienda vacía en los centros urbanos (Naredo et al., 2000: cualquier política cuyo resultado sea la reentrada de tales viviendas en el mercado inmobiliario (ya sea de venta como primera residencia o de alquiler) tiene como resultado neto la rehabilitación de la estructura urbana y, vía el aumento de su eficiencia, la reducción de su impacto ambiental

En el análisis anterior han confluído distintos autores (véase Vázquez, 2001 para una referencia más amplia), y es recogido por legislación reciente (véase, por ejemplo, la Ley de Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje de la Generalitat Valenciana, 2004); de manera que el consenso teórico es amplio. Las conclusiones que cabe extraer para los objetivos de este documento son:

La rehabilitación debe entenderse como un proceso sostenible siempre que:

- su vida útil sea del mismo orden que la del propio edificio rehabilitado o superior;
- se asegure que el mantenimiento y uso de lo rehabilitado no prosiga un derroche energético previo;
- y todo ello con independencia de que en la rehabilitación se incluyan o no técnicas o equipamientos típicamente `ecológicos' (instalaciones de energía solar, etc.).

La rehabilitación puede ser ecológica si, además de lo anterior, se pone énfasis en la mejora del comportamiento energético del edificio y en la calidad de vida de sus habitantes -mejora o aseguramiento de la habitabilidad (véase Ramón, 1983).

El patrimonio construido como “residuo”

La cualidad de residuo, al revés que otras propiedades físicas, es una propiedad emergente. Quiero esto decir que no se trata de una propiedad intrínseca del objeto considerado, sino de una propiedad de las relaciones económicas que se establecen sobre ese objeto en un momento determinado. Así, desde el momento en que se decide derribar un edificio, lo que antes había sido un patrimonio material y energético se convierte en un residuo que hay que eliminar del

lugar, abatiendo en el proceso su más o menos acusada toxicidad. Si en el solar resultante se construye un nuevo edificio, una contabilidad abarcadora debe incluir en los costes físicos de la nueva edificación los costes asociados al abatimiento de la antigua. La operación sólo puede ser ecológicamente rentable cuando la nueva edificación conlleva costes físicos de fabricación notablemente bajos (“revolución tecnológica”) junto a costes físicos de uso también más bajos que en la edificación sustituida. En la situación actual en España este balance es, en general, desfavorable para la nueva edificación por varios motivos: La industria de la construcción de nueva planta en España evoluciona hacia técnicas más intensivas energéticamente y con menos mano de obra por unidad de producto, de modo que el coste energético de fabricación tiende a crecer. La fracción del coste energético de fabricación asociado a la estructura y otras partes del edificio sin incidencia significativa en su eficiencia energética (soporte del edificio) se sitúa por encima del 50% (Mardaras y Cepeda, 2004, lo que significa que en la sustitución de un edificio por otro se destruye, para volver a construirlo, como poco la mitad del patrimonio construido, sin que tal gasto energético pueda tener contrapartida en una disminución del consumo energético durante el uso. La cifra del 50% cuadra razonablemente bien con los costes estimados de mantenimiento de edificios para una vida útil de 50 años (Jaques, 1996); por tanto, con una inversión como mucho mitad de la necesaria para una nueva edificación, puede rehabilitarse la antigua con el objetivo alcanzar similar eficiencia energética durante su uso.

La consideración del coste energético del derribo y abatimiento de los residuos producidos inclina aún más el balance a favor de la rehabilitación. Al hacer la evaluación medioambiental de un derribo, habría que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Contaminación acústica de la acción del derribo
- Contaminación por el polvo de los materiales derribados y cargados para su transporte
- Consumo de energía y materiales en medidas de seguridad respecto a colindantes
- Contaminación por consumo de energía de maquinaria de derribo, cintas transportadoras, etc.
- Contaminación por consumo carburantes en transporte
- Contaminación por retención del tráfico
- Ocupación del suelo con vertidos

A fin de hacer patente la importancia de los impactos asociados a derribos puede realizarse el cálculo aproximado del volumen de materiales de derribo teniendo en cuenta el tipo de edificios en los barrios en estudio y el esponjamiento al acumular los restos. La relación entre superficie útil y superficie edificada se estima en como mucho $0,8\text{m}^2/\text{m}^2$, por lo que muros y tabiques pueden suponer $0,2\text{m}^2/\text{m}^2$ de superficie en planta. Los forjados de 20 cm de canto medio supondrán $0,2\text{m}^3/\text{m}^2$. La cubierta puede asimilarse a un forjado adicional. La suma de las tres cantidades debe multiplicarse por un factor de esponjamiento que puede estimarse en 1,3. En consecuencia para un edificio de n plantas de unos 3m de altura libre, el volumen total de derribo puede estimarse en: $[0,2 \text{ m}^2/\text{m}^2 \cdot 3\text{m} \cdot n + 0,2\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot (n + 1)] \cdot 1,3 = 1,04 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot n + 0,26 \text{ m}^3/\text{m}^2$ Por ejemplo, el derribo de un pequeño edificio de 100m^2 de planta con 5 plantas y sótano, produciría del orden de 650m^3 : es decir, entre 80 y 100 viajes a vertederos lejanos de un camión de tamaño medio.

Para la evaluación de la sustitución por edificación nueva, habría que añadir a los anteriores aspectos, los siguientes:

- Impacto medioambiental por obtención de materiales, minerales, rocas etc.
- Contaminación e impacto medioambiental de la fabricación de elementos constructivos.
- Contaminación por consumo de energía y materiales en transporte a obra
- Contaminación por consumo de energía de maquinaria para puesta en obras, etc.
- Contaminación por retención del tráfico

En la nueva edificación, también con tipología de bloque, se puede prever que la proporción en el gasto energético por capítulos del presupuesto es (Mardaras y Cepeda, 2004):

- Estructura 42,25%
- Albañilería 23,75%
- Carpintería 11,10%

Se ha cuantificado a partir de la de los materiales habituales utilizados en viviendas y de la cuantificación del tiempo de uso de maquinaria para manipulación y transporte de los materiales en obra y de la mano de obra.

No se han cuantificado energéticamente el costo de mecanismos ni instalaciones electrónicas.

En una rehabilitación podemos suponer que se mantiene la estructura y al menos el 50% de la albañilería, y que el resto se cambia. Por tanto, la rehabilitación permite ahorrar respecto a la obra nueva un 42,25% (estructura), más 0,5 • 23,75% (albañilería), es decir, un 54,125% del total invertido en obra nueva. Y se trataría de una reforma que, en todo caso, permitiría mejorar la eficiencia energética del edificio antiguo a los estándares actuales.

El gasto energético de la obra nueva se ha estimado por los mismos autores en 2.944 MJ/m² de superficie construida (o bien 0,07 tep/m²). Por lo que el ahorro energético de la rehabilitación puede estimarse en 2.944 MJ /m² x 54,125 %, 1.593 MJ /m² (o bien 0,038 tep/m²). Para el edificio del ejemplo anterior, el ahorro supone unas 23 toneladas equivalentes de petróleo (956GJ).

En consecuencia: **Rehabilitar es siempre más sostenible que cualquier modo de edificar nuevo**

- Rehabilitar un edificio de viviendas, aunque se sustituyan todas las carpinterías, se le dote de aislamientos y se le cambien las instalaciones, supone un ahorro energético y de contaminación del 60% aproximadamente frente a la construcción de otro nuevo.

La organización para la puesta en obra

En la obra nueva: La adecuación y reorganización que cabe irse planteando en la puesta en obra, implica la apreciación de las mejoras en rendimientos de maquinarias y su diseño, y un mayor cuidado en el tratamiento provisional y temporal de las condiciones naturales del entorno afectado.

En la re-habilitación hay que conseguir:

- Organización que permita la flexibilidad.
- Rehabilitar manteniendo a los usuarios dentro del edificio; el coste de los realojos o la imposibilidad de traslados durante la obra puede hacer muy cara o imposible la actuación.
- Actuar con soluciones desde el exterior para no tener que desalojar a los vecinos.
- Diseñar actuaciones que minimicen las operaciones que impliquen golpes ni acciones que puedan crear miedo a la aparición de grietas o temblores.

- Minimizar las operaciones que causen polvo en suspensión.
- Tener en cuenta los horarios de los usuarios, para no crear situaciones de agresión con ruidos o máquinas de corte.
- No ocultar los inconvenientes o incomodidades, informando antes y durante la rehabilitación.
- Reforzar la información a todos los usuarios sobre zonas protegidas y pasos prohibidos.
- Informar con antelación suficiente sobre cortes de energía, agua, etc.
- Plantear una gestión por objetivos y un seguimiento riguroso del proyecto.
- Coordinar en el tiempo actuaciones de sectores diferentes
- Una gestión que permita incorporar nuevas actuaciones o revisar las programadas.

En conclusión

Re-habilitar con criterios de sostenibilidad un edificio de viviendas, manteniendo los muros y forjados, aunque se cambie la tabiquería interior, se sustituyan todas las carpinterías, se le dote de aislamientos y se le cambien las instalaciones, supone un ahorro energético y de contaminación del 60% aproximadamente frente a la construcción de otro nuevo.

Las posibilidades de ahorro de energía en el consumo para climatización, en edificios rehabilitados, es del 60% del consumo actual, con la consiguiente disminución de contaminación derivada.

La re-habilitación minimiza los problemas de desarraigo e insostenibilidad social de poblaciones con carencias económicas.

La re-habilitación implica procesos, sistemas y modos de actuar diferentes a los de la construcción de nuevas edificaciones.

España es el país de la unión europea con el mayor número de viviendas por habitante, 600 por cada mil ciudadanos frente a las 450 de media que registra el conjunto de países europeos.

En España tenemos más de 3.000.000 de viviendas vacías.

Re-habilitar lo ya existente, supone actuar sobre 23.000.000 de viviendas en España; es hoy la

mayor propuesta edificatoria sostenible.

En la actualidad, hay que entender la rehabilitación del patrimonio de vivienda ya edificada, como un modo de ahorro global de energía y materiales y un recurso de adecuación medioambiental prioritario.

HAY QUE PROPONER LA HABILITACIÓN SOSTENIBLE DE LOS EDIFICIOS EXISTENTES, COMO PROYECTOS DE INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN TÉCNICA Y FORMAL

Sección 2. La rehabilitación de los espacios urbanos

La ciudad existente es un sistema complejo donde interaccionan factores de distinta índole, como son los factores climáticos, sociales, económicos, normativos, urbanísticos, etc. Son grandes sumideros de energía y una de las causas más importantes de la contaminación atmosférica y de los impactos ambientales y consumo de recursos que se generan a escala planetaria.

Muchas de las decisiones que se tomen para la mejora ambiental de nuestras ciudades pueden ayudar a paliar los efectos negativos antes mencionados e influir de manera determinante en la calidad de vida de sus habitantes. Uno de los primeros pasos para realizar una rehabilitación en un núcleo urbano consolidado es el análisis de las condiciones específicas del clima y la elaboración del diagrama de Olgyay, para poder establecer las estrategias de diseño que se utilizarán en la intervención del espacio público de la ciudad (y en el edificio). Otro factor muy importante a considerar es el estudio de la trama urbana existente y de su inserción en el territorio, que condicionará de manera determinante las variables climáticas de la escala regional. De hecho, el clima de los núcleos urbanos representa un claro ejemplo de mesoclima artificial, donde existen variaciones importantes en diversos factores climáticos, determinantes para establecer la sensación de confort de sus habitantes, como son la temperatura del aire, la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa, calidad del aire, radiación solar, etc. Para poder realizar una adecuada intervención sobre los núcleos urbanos ya consolidados es imprescindible la realización de un buen diagnóstico. Como ya se ha mencionado anteriormente el enfoque disciplinar se debería dirigir, como mínimo, hacia el estudio de estos dos grandes bloques temáticos:

Condiciones climáticas:

- Temperatura y humedad relativa

- Dirección y velocidad del viento
- Radiación solar
- Calidad del aire

Condiciones urbanas:

- Topografía
- Densidad edificatoria
- Usos del suelo
- Zonas verdes
- Movilidad y transporte
- Ciclo de energía, agua y residuos
- Factores socio-económicos

En este capítulo nos vamos a centrar principalmente en los parámetros establecidos en el primer bloque. Respecto al segundo bloque, en el que aparecen conceptos ampliamente tratados en diversas publicaciones, se ofrece un listado de fuentes de consulta para su conocimiento más detallado.

Las condiciones climáticas

A la hora de intervenir en cualquier espacio urbano o edificación existente es preciso conocer las condiciones del entorno en el que está ubicado, para definir si es posible aplicar estrategias de acondicionamiento pasivo antes de proponer otro tipo de soluciones.

Como se ha mencionado anteriormente es necesario conocer las condiciones del clima de la localidad en que se encuentra. Hay numerosas bases de datos en la red en las que están disponibles estos valores (véase punto siguiente).

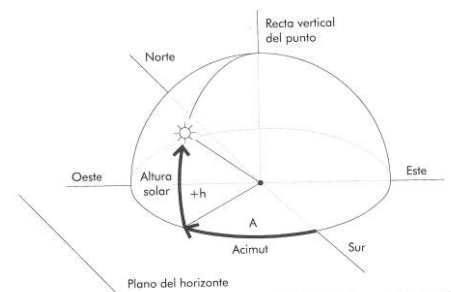
En cualquier caso conviene recordar dos cuestiones. En primer lugar, cuanto más próxima esté la estación meteorológica de nuestro lugar de actuación más precisos serán los datos para el análisis. En caso de que no sea posible obtener este listado de una estación cercana, habrá que interpretar los datos obtenidos teniendo en cuenta las características que modifican las

variables de la escala regional, como son las topográficas, la presencia de agua, de vegetación, etc.

En segundo lugar, cuanto mayor sea el rango de datos obtenidos, tanto en el periodo caracterizado como por los parámetros obtenidos, dispondremos de mayor información para conocer el comportamiento de nuestra ciudad o edificio.

Las condiciones climáticas nos permitirán definir las estrategias pasivas posibles en la edificación y en el espacio urbano para alcanzar el confort mediante medios pasivos, aprovechando los aspectos positivos o evitando los efectos negativos.

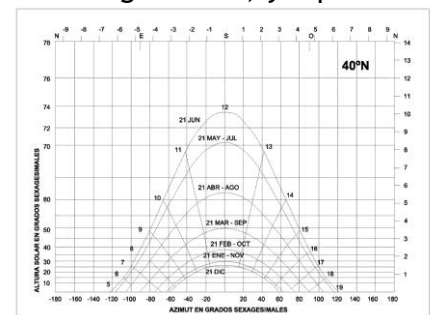
Algunas de estas estrategias son la captación solar pasiva y activa, la compacidad, la inercia térmica, la protección solar, la ventilación, etc. Sin embargo, al ser una trama urbana consolidada o un edificio ya construido la aplicación de algunas de estas estrategias será posible si las condiciones existentes y la configuración urbana lo permiten. En caso de que no sea posible, habrá que buscar soluciones alternativas o sistemas que corrijan las situaciones desfavorables.



Coordenadas solares (Fariñas, 2008)

Las soluciones que se plantean desde un enfoque bioclimático son específicas de cada lugar, de cada situación y de cada edificio, por ello no es posible ofrecer soluciones generales, ya que en cada caso es necesario un análisis de todas las cuestiones que influyen en el comportamiento energético del edificio o espacio urbano.

Carta de solar para 40° Norte (Fariñas, 2008)



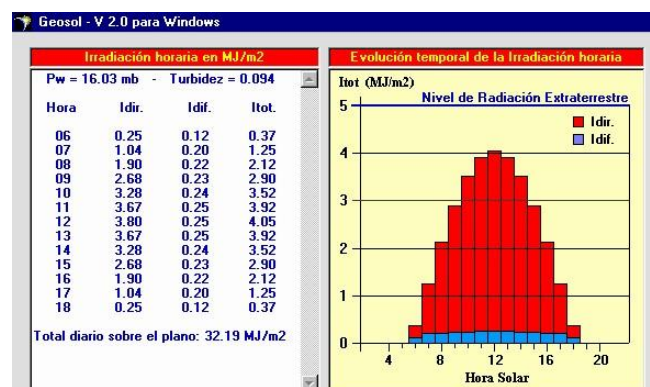
Recogida e interpretación de datos climáticos Existen multitud de fuentes de información para la toma de datos climáticos, pero la decisión en la selección de cuál es la más apropiada debería estar fundamentada, principalmente, sobre la base de la fiabilidad y amplitud de datos ofrecidos por dichas fuentes. En este punto se indica algunas páginas de consulta en internet, que han sido seleccionadas por su fiabilidad e interés de los datos ofrecidos.

Datos climáticos Para España la más interesante es la [Agencia Estatal de Meteorología](http://www.aemet.es), en la que se pueden encontrar los datos climáticos de la mayor parte de las capitales de provincia del país.

También existen otras páginas de consulta como el [Atlas Climático Digital de la Península Ibérica](#), desarrollado por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), en el que se pueden obtener un conjunto de mapas climáticos digitales de temperatura media del aire (mínimas, medias y máximas), precipitación y radiación solar. Con estos mapas podemos saber, para cada 200 m sobre todo el territorio de la Península Ibérica, cual es la temperatura media de las máximas, la precipitación o cualquiera de las variables antes mencionadas desde una óptica climática, es decir, el valor basado en la media de todos los años de los cuales se tienen datos. A más, estos valores se pueden consultar para el total del año (media en el caso de las temperaturas y radiación solar o acumulada en el caso de la precipitación) o bien para cualquier mes en concreto.

Otra base de datos interesante, y con un carácter más internacional, pues tiene datos de muchas ciudades en el mundo, es [Weatherbase](#), en la que además se pueden encontrar datos que en otras fuentes de información es difícil conseguir, como son las humedades relativas medias máximas y mínimas mensuales.

Datos de radiación solar Para determinar las ventajas y desventajas relativas al soleamiento en la ciudad existente es necesario previamente conocer el recorrido del sol a lo largo del año. Cada mañana el sol aparece por un punto del horizonte llamado orto, se eleva hasta el momento de la culminación (12 del mediodía) y desaparece por un punto, simétrico respecto al eje norte-sur, llamado ocaso. Los parámetros que nos permiten conocer la posición del sol a lo largo del año son las coordenadas solares (Fariña Tojo, 2008), que dependen del día del año (declinación), de la hora del día (ángulo horario) y de las coordenadas geográficas (latitud y longitud):



Datos de radiación obtenidos por Geosol

- Acimut (A): ángulo horizontal medido desde el sur. Hacia el Oeste positivo de 0° a 180° y hacia el Este negativo de 0° a -180°
- Altura solar (h): ángulo vertical medido en sentido positivo de 0° a 90° por encima del horizonte y de 0° a -90° por debajo.

Además de lo anterior, para analizar las condiciones del soleamiento en el espacio público y en la envolvente de los edificios, es fundamental conocer las características principales que definen

la trama urbana, como su orientación, la relación ancho de calle-altura de edificio, las pendientes del terreno donde se asientan, la presencia de vegetación, la tipología edificatoria, etc.

Actualmente existen numerosas herramientas informáticas que permiten realizar simulaciones muy exactas sobre la influencia de la radiación solar sobre la trama urbana, aunque esto no debería eximir al técnico de un conocimiento teórico previo y de la visita y observación directa de la zona de estudio.

La carta solar cilíndrica es una de las representaciones de las trayectorias solares a lo largo del año más fáciles de interpretar por los técnicos. El conocimiento detallado del manejo de esta carta solar, que excede el contenido de estos apuntes, se puede estudiar en varios manuales que indicaremos más adelante.

Otros parámetro que puede ayudar al técnico a la hora de determinar la cantidad de energía que incide o traspasa un paramento (principalmente a través de los vidrios) es la irradiancia solar (W/m^2), mediante la cual se pueden calcular las ganancias solares durante las distintas épocas del año. Tanto para conocer datos de radiación, acimut, alturas solares, etc. existen multitud de sitios en la web y manuales. A continuación indicamos algunos de ellos:

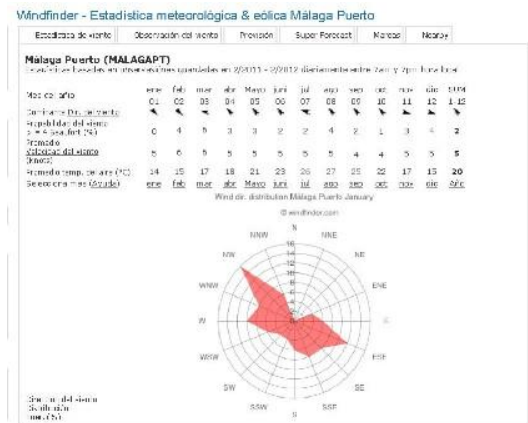
Webs [CENSOLAR](#), Centro de Estudios de la Energía Solar. Descarga gratuita de programas referentes a la radiación solar. [PC-SOLAR](#) (Versión 2). Obtención de cartas solares cilíndricas para todas las latitudes del mundo. Descarga gratuita. [GEOSOL](#). Obtención de datos sobre radiación solar: radiación solar directa, difusa, total, acimut y altura solar, carta estereográfica, etc. Descarga gratuita. [HUELLA SOLAR](#). Ofrece servicios de análisis de soleamiento. Descarga gratuita del programa.

Datos de viento El viento es otro parámetro fundamental que va a influir de manera determinante en la sensación de confort. En función de la situación climática o de la época del año en la que nos encontremos necesitaremos aprovecharnos de esta estrategia o bien protegernos. Al igual que con los datos de temperaturas y humedad, cuanto más cercana sea la estación de toma de datos al área de intervención mejor responderán a las condiciones locales. Habría que tener en cuenta las modificaciones que estos datos tendrán en función de parámetros como la configuración de la trama urbana, la presencia de vegetación, los obstáculos topográficos, etc.

Para la toma de datos y para su estudio en profundidad se puede consultar: [WINDFINDER](#). Página

web donde se pueden obtener datos de viento para muchas zonas del mundo. Esta página ofrece datos de dirección, frecuencia y velocidad de vientos, y además un dato muy importante que no se encuentra en otras fuentes de información, que es la temperatura media del aire.

ROSAS DE VIENTO (1971-2000) Publicación en CD realizada, en el año 2002, por la Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente: NIPO: 310-02-029-6 / ISBN: 84-8320-209-3



Rosa de los vientos para Málaga obtenida en Windfinder

Documentos para profundizar sobre temas relacionados con viento y soleamiento

Fariña, J.: La ciudad y el medio natural, Akal, Madrid, 2008

Olgay, V.: Arquitectura y clima, Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, Gustavo Gili, Barcelona, 1998

De Luxán, M.et al: Arquitectura bioclimática y clima en Andalucía. Manual de diseño, Junta de Andalucía, Sevilla, 1997

Mazria, E.: El libro de la energía solar pasiva*, Gustavo Gili, Barcelona, 1983

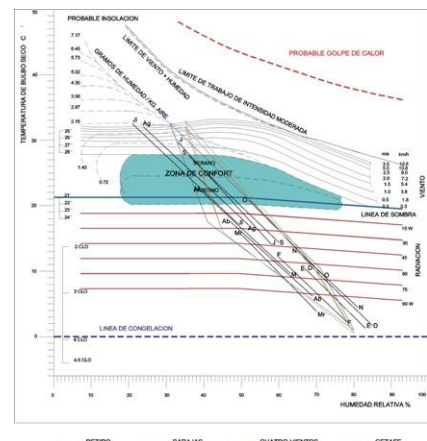
Neila, F. J.: Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*, Munilla-lería, Madrid, 2004

En estas publicaciones aparecen tablas de datos de radiación solar para diferentes latitudes, orientación de paramentos, horas del día, etc.

Los diagramas bioclimáticos

El climograma de Olgay para Madrid

El Climograma o Carta bioclimática de Olgay, es un diagrama en el que en el eje de abscisas se representa la humedad relativa y en el de ordenadas la temperatura como condiciones básicas que afectan a la temperatura sensible del cuerpo humano. Dentro de él se señala la zona que contiene los sistemas de valores temperatura-humedad en las que el cuerpo humano requiere el mínimo



gasto de energía para ajustarse al medio ambiente, llamada ‘zona de confort’.

La zona de confort señalada en el diagrama es aquella en la que, a la sombra, con ropa ligera y con baja actividad muscular se tiene sensación térmica agradable.

La carta aquí presentada es válida en regiones templadas (latitud entorno a 40°), en condiciones de exterior. Si se quiere utilizar esta carta en otras regiones de menor latitud habrá que elevar el perímetro inferior de la zona de confort 0,5°C por cada disminución en 4° de latitud, subiendo proporcionalmente el perímetro superior hasta un máximo de 30°C. En el caso de Madrid, la latitud es de unos 40°18’.

En esta carta se representa el clima anual de una zona conociendo las condiciones de temperatura y humedad. Suelen utilizarse las condiciones medias de temperatura y humedad mensuales, aunque se obtiene una mejor imagen si se utilizan, como se ha hecho en este análisis, las medias de máximas y mínimas de cada mes, pues señalan las oscilaciones diarias de temperatura y humedad con lo que se puede apreciar las necesidades horarias, a veces muy distintas.

Una vez representado el clima se puede observar en él las condiciones medias de humedad temperatura que se dan en cada momento y su desviación con respecto a la zona de bienestar.

El límite inferior de la zona de confort, 21°C establece una separación por encima de la cual es necesaria la utilización de la protección solar y por debajo de la cual se necesita radiación. La zona de bienestar asciende con el movimiento del aire y desciende por radiación solar.

Los puntos del diagrama que están por encima de la zona de confort, corresponden a las condiciones climáticas en las que hay un exceso de calor (momentos sobrecalentados). Para restablecer las condiciones de confort se podrán adoptar medidas correctoras como la creación de protecciones solares, el aprovechamiento del viento si lo hay, o la creación, mediante un diseño adecuado, de corrientes de aire. Si las humedades relativas son bajas, se puede corregir con aumento de vapor de agua y aprovechar también el efecto refrigerante de la evaporación.

El parámetro de humedad que se considera en el estudio bioclimático es el referido a la humedad relativa, o sea la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire y cantidad de vapor en aire saturado a la misma temperatura. También puede utilizarse la relación entre gramos de humedad y Kg. de aire.

Como puede verse en el diagrama de Olgay, si la temperatura se mantiene entre los 20°C y

25°C, se puede disfrutar de sensación de confort dentro de unos límites muy amplios de humedad relativa (entre el 20% y el 80%). Con temperaturas por debajo de los 20°C las variaciones de la humedad relativa no son altamente significativas en la sensación de confort.

Mucho más importante es la influencia de la humedad relativa cuando aumenta la temperatura por encima de los 25°C. En éste caso, las necesidades de corrección para mantener una sensación de confort admisible variarán con el contenido de humedad:

- Si la humedad relativa es inferior al 40% habrá bien que aumentarla o bien ventilar.
- Si es superior a ese valor habrá que disminuirla o también incrementar la ventilación.

La humedad es un valor relativamente fácil de aumentar, pero más complicado de disminuir. De un modo natural suele ser elevada en zonas costeras y en presencia de masas vegetales.

En caso contrario, los puntos temperatura-humedad que están por debajo de la zona de confort (momentos infracalentados), pueden ser restituidos al confort por medio de la radiación, bien la solar directa o indirecta o de cualquier otro tipo.

El factor ropa contribuye a ampliar la zona de confort admisible. La escala de medida del factor de corrección del vestido mas admitida es el CLO. Esta es una medida arbitraria de aislamiento por vestido. La escala va desde cero, cuando no hay ropa, hasta cuatro que representa la gruesa indumentaria polar, pasando por la unidad que corresponde a traje y ropa interior normales. La unidad se define científicamente como la resistencia que encuentra el calor para transmitirse desde la piel hasta la superficie exterior de la ropa. Esta carta está diseñada para condiciones de exterior y no tiene en cuenta el edificio y las variaciones que éste produce en las condiciones temperatura-humedad interiores y está diseñada para 1 clo de arropamiento (cifra intermedia entre invierno y verano).

El diagrama es útil en cuanto a las condiciones en el exterior, pues en sus medidas correctoras no se tienen en cuenta los efectos de la edificación. Sin embargo, dado que cuantifica las necesidades para la obtención del bienestar, puede utilizarse, como indicador de las condiciones que se deben crear en el interior de las edificaciones.

Documentos para profundizar sobre climogramas bioclimáticos:

Fariña, J.: La ciudad y el medio natural, Akal, Madrid, 2008

De Luxán, M, et al.: Arquitectura bioclimática y clima en Andalucía. Manual de diseño, Junta de

Andalucía, Sevilla, 1997

De Luxán, M, et al.: [Manual de Diseño para Canarias](#) (MABICAN), Instituto Tecnológico de Canarias (ITC). Descargable en Portal de Energías Renovables y Ahorro Energético y en la Web de la [Asociación Sostenibilidad y Arquitectura](#)

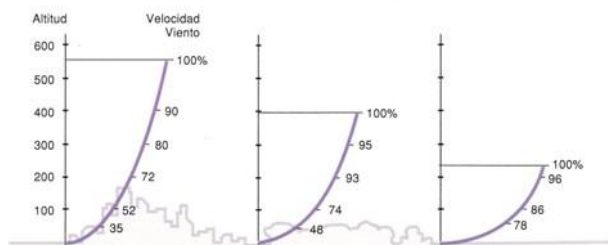
Neila, F. J.: Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*, Munilla-Ilería, Madrid, 2004

Olgyay, V.: Arquitectura y clima, Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, Gustavo Gili, Barcelona, 1998.

Los núcleos urbanos y el fenómeno de la isla térmica

El clima de las ciudades constituye un ejemplo de mesoclima artificial. El clima urbano está modificado fundamentalmente en características como la temperatura, la velocidad del viento, la contaminación del aire y la visibilidad.

Los grandes núcleos urbanos crean verdaderos microclimas independientes de su entorno. Los factores más importantes a tener en cuenta son los siguientes:



INFLUENCIA DE LA TEXTURA DE LAS SUPERFICIES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS VIENTOS

- La rugosidad del conjunto, que disminuye la convección natural del suelo.
- La disminución del albedo medio de las superficies, que conduce a fuertes calentamientos bajo el sol.

- La emisión de contaminantes, que aumentan la concentración de partículas sólidas en suspensión y modifican la transparencia de la atmósfera produciendo efecto invernadero.
- Las emisiones de calor debidas a la circulación de vehículos y a los sistemas de calefacción en invierno y refrigeración en verano.
- La reducción del porcentaje de cubierta vegetal y la impermeabilización de los suelos, que alteran los procesos hídricos, modifican su balance y privan a la ciudad de un factor natural de enfriamiento por consumo de calor latente.
- La complejidad en la determinación de la dirección y velocidad del viento y por tanto de los flujos y corrientes de aire en el interior de la ciudad. Esta característica es

consecuencia de las turbulencias que se generan en el interior de las urbes a causa de los múltiples fenómenos físicos debidos a las formas y disposiciones relativas de los edificios que actúan como sistema de barreras.

En general todos estos elementos contribuyen a elevar de forma sensible la temperatura media y a disminuir la oscilación diaria de temperaturas máxima y mínima en las grandes aglomeraciones en todas las estaciones, lo cual puede conducir a situaciones insoportables en los meses de verano.

Movimientos de aire particulares son los que se crean en los núcleos urbanos. A la producción artificial de calor generada por la actividad humana se une la inercia térmica de los materiales de construcción. La diferencia de temperaturas con el entorno produce desplazamiento de aire hacia el interior de los núcleos urbanos desde las periferias en un movimiento de circulación por convección.

Este mismo fenómeno ocurre en menor escala también en el interior de las ciudades, entre los espacios urbanizados y los parques o zonas verdes, por lo que dependiendo de la extensión o distribución de éstas puede haber en la propia ciudad microclimas distintos bastantes diferenciados entre ellos.

Condicionantes particulares en todos estos desplazamientos de aire son tanto el tipo de superficie sobre el que se produce el rozamiento como la cantidad y naturaleza de los obstáculos (efecto barrera) que se encuentran a su paso.

En las ciudades, la polución producida por agentes contaminantes como escapes automovilísticos o sistemas de calefacción por combustión aumenta la turbiedad del aire, de modo que disminuye la radiación directa, si bien aumenta la indirecta, como puede apreciarse en los días nublados.

Contaminación del aire de Madrid



De la unión entre los problemas derivados de la polución atmosférica y de la acumulación de partículas en suspensión en la época estival se deduce que las peores condiciones de limpieza del aire se pueden producir en las ciudades y en los meses de verano. La suciedad del aire, aparte de las medidas que se deban de adoptar para la disminución de la polución producida por el hombre, puede ser reducida por la presencia de vegetación.

Las partículas en suspensión quedan atrapadas en su follaje hasta que su acumulación las hace caer al suelo por su propio peso. Por ello es importante la creación y conservación de espacios verdes en el interior de los núcleos urbanos.



Foto aérea del Retiro de Madrid

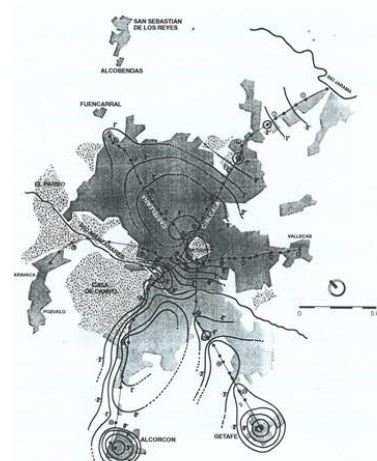
El nivel de partículas sólidas puede ser reducido por la presencia de árboles. El aire en el centro de un espacio verde urbano con plantación de árboles es más puro que el aire cerca del perímetro.

Estas influencias son mayores cuando la densidad y amplitud de la urbe es mayor. La estabilidad térmica del conjunto va aumentando con la concentración urbana, mientras que la ventilación, la iluminación y la posibilidad de intercambios energéticos disminuyen. En el caso de concentraciones urbanas de un cierto tamaño, se crean mesoclimas específicos dentro de la zona cuyas condiciones son bastante específicas de las de los campos circundantes.

Cuando no se poseen datos directos, se pueden establecer comparaciones con el clima de zonas rurales que rodean al núcleo urbano.

En el cuadro siguiente se presentan los promedios de los cambios de la urbanización impone en las distintas características del clima respecto de las áreas rurales próximas.

La isla Térmica Existe un gradiente decreciente de temperaturas entre el centro de las ciudades y sus periferias debido, entre otras cosas, a la configuración de la trama urbana combinada con los parámetros descritos anteriormente, y que se denomina el fenómeno de la isla térmica. Esto significa que debido a la inercia térmica de la ciudad se produce una elevación de las temperaturas medias y un enfriamiento más lento. Este fenómeno se puede observar en el siguiente mapa de isotermas de Madrid, realizado en una noche de invierno. En él podemos observar unas diferencias de temperaturas entre el centro de la ciudad (4° C) y las periferias (-3° C) de hasta 7° C.



Mapa de isotermas en Madrid (López et al. 1993)

En la ciudad consolidada podemos decir que se distinguen básicamente tres elementos, que contribuyen al fenómeno de la isla térmica y que se comportan de manera diferenciada:

Las superficies asfaltadas, que almacenan mucho calor durante el día y lo emiten lentamente durante la noche (superficies en color rojo en la imagen siguiente) Los edificios, cuyas superficies heterogéneas también contribuyen al calentamiento de la ciudad, pero en función del tipo de material y el color del acabado se comportan de manera muy distintas. Por ejemplo, una cubierta metálica se calienta mucho rápidamente y durante la noche se enfría también muy rápidamente, apareciendo en colores azules en las termografías nocturnas, que representan una baja emisión de calor. Las zonas verdes, que son espacios más frescos y que funcionan como reguladores térmicos urbanos, aparecen en colores azulados.

Documentos para profundizar sobre el tema

López, López, Fernández y Moreno, El clima urbano. Teledetección de la isla de calor de Madrid, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1993

De Luxán, M. et al: Arquitectura bioclimática y clima en Andalucía. Manual de diseño, Junta de Andalucía, Sevilla, 1997

De Luxán, M, et al.: Manual de [Diseño para Canarias](#) (MABICAN), Instituto Tecnológico de Canarias (ITC). Descargable en Portal de Energías Renovables y Ahorro Energético: y en la [Web de la Asociación Sostenibilidad y Arquitectura](#).

Las condiciones urbanas

En la actualidad, las condiciones del territorio y de nuestras ciudades, derivadas del “boom” inmobiliario de años anteriores, así como la crisis de los modelos urbanos desarrollados, obligan a replantear los objetivos prioritarios del planeamiento. Es necesario potenciar la rehabilitación y regeneración urbana frente a los nuevos crecimientos como medio para reducir la insostenibilidad de nuestras ciudades.

Como se ha mencionado en apartados anteriores, el análisis previo del lugar es imprescindible para abordar la rehabilitación de una manera acertada. Las características del microclima urbano determinan las estrategias adecuadas a aplicar en la rehabilitación de la ciudad existente.

Pero además existen otros parámetros que también son fundamentales para conseguir unas condiciones de confort que permitan el uso oportuno del espacio público de nuestras ciudades y

la mejora del entorno que afecta a los edificios, como son topografía, densidad edificatoria, distribución de usos del suelo, zonas verdes, movilidad y transporte, ciclo de energía, agua y residuos, factores socio-económicos, etc.

La distribución y relación entre edificios y espacios libres es determinante para poder conseguir el máximo aprovechamiento energético. En una ciudad consolidada este factor es difícilmente modificable, pero en la medida en que podamos mejorar la situación inicial es importante considerarlo a la hora de tomar decisiones. Esta relación lleno-vacío afectará, por ejemplo, al aprovechamiento de la ventilación y el soleamiento, tanto a escala urbana como del edificio.

Respecto al trazado, dimensiones y orientaciones de viales es importante considerar la relación ancho de calle-altura del edificio, para adoptar estrategias respecto a la captación y protección solar, el control de los flujos de viento, etc. Mediante el rediseño de determinadas calles existentes y en aquellas que sus características lo permitan, se puede reducir o desviar el tráfico de vehículos, dimensionar de manera adecuada las aceras, incorporar vegetación, potenciar los itinerarios peatonales, ciclistas y reducir la contaminación acústica y atmosférica.

La mejora y/o sustitución de las redes de infraestructuras, fomentando la eficiencia y el ahorro energético y una buena gestión de los recursos naturales y de los residuos generados es otro punto a considerar. Por ejemplo, introduciendo alumbrado de bajo consumo en las luminarias del espacio público, red separativa en el sistema de saneamiento, sistemas de reutilización del agua de lluvia y de aguas grises, centrales térmicas de barrio, recogida selectiva de residuos, etc.

Aprovechar y potenciar espacios permeables y verdes existentes, como elementos de control del microclima urbano, reductores de la isla de calor. Intentar introducir este tipo de áreas cuando la trama existente lo permita, eliminando espacios asfaltados, impermeables y pavimentados en exceso, para tener la posibilidad de conseguir unas condiciones de humedad y radiación solar óptimas. Es importante elegir el lugar, el tipo y la dimensión apropiada de la vegetación para que se adapte a lo requerido en cada lugar.

Todo lo anterior debería tener en cuenta los aspectos sociales y económicos de la población residente y flotante de cada barrio de la ciudad y, por supuesto, integrar la participación en la toma de decisiones de los mismos, pues son ellos los mejores conocedores de las características del lugar que habitan y el objetivo directo de las mejoras que se propongan.

Documentos para profundizar sobre el tema

Hernández A y Leiva, A. Parámetros dotacionales para la ciudad de los ciudadanos. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera (IJH), Madrid, 2006

Guía del planeamiento urbanístico energéticamente eficiente, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Madrid, 2007

Higueras, Ester, Urbanismo Bioclimático, Gustavo Gili, Barcelona, 2006

Manual de Diseño. La ciudad sostenible. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE), Madrid, 2007

Un Vitrubio Verde. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible. Consejo Superior de Arquitectos de España (CSCAE) y Gustavo Gili. Barcelona, 2007

Ejemplos de regeneración y rehabilitación urbana

Existen numerosos ejemplos de regeneración urbana en Europa. A continuación se enumeran algunos de los más destacados, ofreciendo al alumno la posibilidad de profundizar en cada ejemplo mediante la consulta en Internet a través de las direcciones facilitadas.

Distrito de modelo Vauban. Freiburg, Alemania [Biblioteca CF+S Vauban](#) [Forum Vauban](#) [Passiv Haus GENOVA](#) [SUSI](#) [Haus 37](#)

[Französisches Viertel, Tübingen, Alemania](#)

[Barrio de Hammarsby. Hammarsby Sjöstad, Estocolmo, Suecia](#)

Malmö, Western Harbour / Bo01 (Puerto Oeste), Suecia

Regeneración de Malmö (Suecia)



[Proyecto ECO-City](#): Alemania, Austria, Eslovaquia, España, Finlandia, Hungría e Italia

[Barrio Trinitat Nova \(Proyecto ECO-City\), Barcelona \(España\)](#) [Buena Práctica en la Biblioteca Ciudades para un Futuro más Sostenible](#)

[Île de Nantes, Nantes \(Francia\)](#) [Regeneración Urbana Integral](#) [Ponencia Congreso SB10mad](#)

Coin Street, Londres (UK) [Regeneración Urbana Integral](#)

Barrio de La Mina, Barcelona (España)

Barrio de la Mina:

Regeneración del Barrio de la Mina



Rehabilitación Rennes, Francia

Documentos para profundizar sobre el tema

Aparicio, A. y Di Nanni, R., Modelos de Gestión de la Regeneración Urbana, SEPES, Madrid, 2011.

Descarga gratuita en la web de [SEPES](#):

Gauzin-müller, D. Arquitectura Ecológica, 29 ejemplos europeos, Gustavo Gili, Barcelona, 2002

Velázquez, I y Verdaguer, C. Regeneración Urbana Integral. Tres experiencias innovadoras: Île de Nantes, Coin Street y Barrio de La Mina, SEPES, Madrid, 2011.

Sección 3. La rehabilitación de los edificios

Características del parque edificado existente

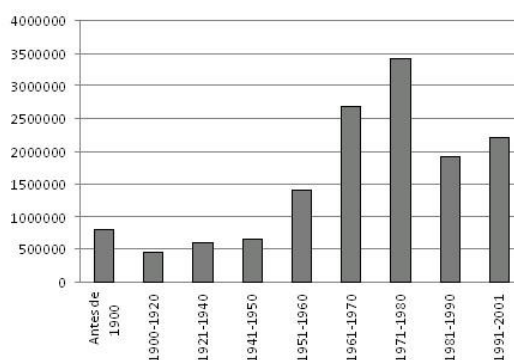
La envolvente térmica tiene un papel fundamental en la demanda energética para la climatización de las edificaciones. Para conocer sus características en edificaciones existentes es preciso tener en cuenta algunas cuestiones que, a su vez, permitirán establecer actuaciones que alcancen un elevado grado de eficiencia de las soluciones de rehabilitación: la época de construcción, los materiales y sistemas constructivos y el tipo edificatorio. Estas características están ligadas a su vez a los siguientes parámetros:

Normativa técnica de aplicación

Si no tenemos datos sobre la composición de la envolvente, se puede obtener información de la misma a partir de las normativas de aplicación en el momento de la redacción del proyecto o de la ejecución de la obra. La primera legislación, de aplicación general, encaminada a la

consecución de ahorro energético fue el Real Decreto 1490/1975, adoptado como medida frente a los problemas derivados del encarecimiento de la energía tras la crisis del año 1973. Posteriormente se transpondría a la Norma Básica de la Edificación relativa a Condiciones Térmicas: NBE-CT-79, de obligado cumplimiento a partir de 1979, y que fue mantenida hasta el año 2006. A partir de septiembre de 2006 es de aplicación el actual Código Técnico de la Edificación, en su documento básico de Ahorro de Energía: CTE-DBHE1. Sólo las viviendas anteriores a 1975, acogidas a algún tipo de protección oficial, debían tener en cuenta un reglamento técnico en el que se limitaba la transmitancia de ciertos elementos de la envolvente térmica (muros y cubiertas fundamentalmente). Estas normas técnicas se inician en 1939 y se fueron sucediendo hasta el año 1975. En la siguiente tabla se recoge la evolución de los límites de transmitancia mínimos y máximos exigidos por los distintos reglamentos y para la totalidad de las áreas climáticas de España. En ella se incluyen normativas de viviendas protegidas previas a la entrada en vigor de la NBE-CT-79 (una del año 1939 y la otra de 1969). A modo de referencia también se incluyen los valores mínimos exigidos actualmente en el CTE.

Si se relaciona dicho cuadro con la época de construcción de las edificaciones, según los datos del Censo de Población y Vivienda de 2001 (INE, 2001), las construcciones históricas y/o artísticas, así como la mayor parte de las viviendas construidas en las dos décadas del desarrollismo (años 60 y 70) presentan unas elevadas transmitancias térmicas. Del mismo modo, se desprende que el 71% de los edificios existentes destinados a vivienda son ineficientes en términos energéticos.



Número de viviendas según el periodo de construcción.
Elaboración propia a partir de los datos de Censo de Viviendas 2001
(Instituto Nacional de Estadística. Enero 2012)

Material es y sistemas constructivos

El comportamiento de la envolvente varía en función del tipo de materiales que la conforman, tanto por su naturaleza (metales, cerámicos, pétreos, plásticos y materiales compuestos) como por sus propiedades específicas derivadas, como la densidad aparente, conductividad térmica y el calor específico, entre otras. Además es preciso distinguir los materiales en función de su proceso de fabricación: artesanal o industrializado, y de las temperaturas a las que tiene lugar. Por otro lado, las condiciones económicas y sociales asociadas a cada periodo, como por ejemplo la disponibilidad de materiales o la forma de construcción, influyen directamente en la

caracterización de la envolvente térmica. Hasta la industrialización, los sistemas constructivos que se utilizaban se basaban en materiales baratos y poco elaborados, y llevaban mucha mano de obra asociada a su puesta en obra. Esta forma de construcción prácticamente ha desaparecido por su elevado coste económico. La aparición de nuevos materiales, durante la segunda mitad del s. XX, ha posibilitado el desarrollo de otros sistemas constructivos. Por ejemplo, los avances en materiales bituminosos y plásticos determinaron el uso extendido de la cubierta plana, y actualmente son numerosos los materiales aislantes que permiten realizar o mejorar cerramientos con menor espesor eficaces desde el punto de vista térmico. Su incorporación al proceso constructivo propició edificios más ligeros y menos masivos que los existentes en épocas anteriores, y en los que se distinguía claramente estructura y cerramiento. Esto posibilitó también el incremento del número de plantas de las construcciones y de su superficie útil. Sin embargo este modelo implica escasa inercia térmica en los cerramientos de los edificios. En España, con climas con importantes oscilaciones térmicas en muchas zonas, este tipo de construcción no optimiza la relación del edificio con su entorno en términos energéticos.

Tipología edificatoria

Este parámetro está asociado en gran medida a la época de construcción. Por ejemplo, muchos edificios de periferias urbanas españolas tienen estructura vista, lo que implica la existencia de puentes térmicos en el cerramiento.



Tipología de edificios: Edificio en Santander

Por el contrario, en edificaciones tradicionales de los centros de ciudades españolas, la estructura suele ser de madera, por lo que los puentes térmicos pueden considerarse despreciables debido a la reducida conductividad térmica de este material. En el comportamiento térmico de la envolvente también es fundamental las características de los huecos, tanto el diseño de éstos, en cuanto a orientación, dimensiones y protecciones, como a los elementos que los componen, como tipo de acristalamiento y los materiales de carpintería. La disposición de los huecos también suele estar relacionada con el periodo de construcción y la tipología arquitectónica.



Tipología de edificios: Edificio en el Centro de Madrid

Por ejemplo, la diferenciación entre estructura y cerramiento de ciertos sistemas constructivos modernos y la incorporación de los sistemas de climatización permitieron en su momento aumentar la superficie acristalada frente a las construcciones tradicionales. Como hemos visto,

las variables que pueden ayudar a caracterizar la envolvente de una edificación son muy diversas y por ello, de cara a una posible actuación para la mejora del comportamiento energético, es necesario hacer un análisis específico y pormenorizado, no siendo posible generalizar absolutamente su comportamiento térmico en función de la época de construcción u otras simplificaciones. Junto a las descritas anteriormente, también hay que tener en cuenta la compacidad, la orientación y la configuración urbana, que determinan las posibilidades y necesidades de utilizar o protegerse de las condiciones climáticas y que son cuestiones de difícil valoración de una forma unificada. Para abordar esta complejidad, el arquitecto, por su conocimiento integral de la edificación, que incluye aspectos técnicos y energéticos y, además, los ligados al uso del edificio, el confort, el diseño arquitectónico y urbano, es un técnico muy adecuado para coordinar e intervenir en estas cuestiones. Para ello sería preciso tener en cuenta que la arquitectura es un “medio de transformación y cualificación de la energía” y por ello es posible “hacer emerger los recursos energéticos y económicos desperdiciados en procesos deficientes de interacción y transformación de la energía en el urbanismo y la edificación” (Pereda, 2011)



Tipología de edificios. Edificio en la periferia de Madrid

Estimaciones de ahorro de energía de la rehabilitación frente a la nueva construcción.

Habitualmente, cuando se habla de rehabilitación con criterios de sostenibilidad, se utilizan parámetros referentes a consumos, ahorros energéticos y económicos, referidos a la amortización de las actuaciones, obviándose en numerosas ocasiones un factor fundamental, relacionado directamente con el bienestar y la calidad de vida del usuario, como lo es el confort.

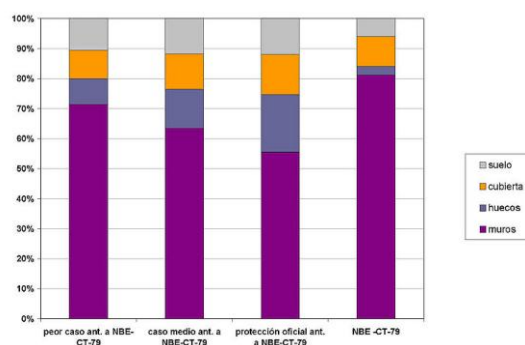
En todas las definiciones que explican dicho concepto se hace referencia a las sensaciones que producen bienestar y satisfacción en el individuo en un ambiente determinado:

Según la Real Academia Española de la lengua se define por confort: «Aquello que produce bienestar y comodidades» (RAE: 2012)

Según las normas de calidad, el confort térmico «es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico» (ISO 7730)

El Código Técnico de la Edificación, como se ha mencionado anteriormente, utiliza la palabra confort para establecer los objetivos de la reducción de la demanda energética, también hace referencia en sus objetivos al parámetro bienestar térmico, definido como las «condiciones interiores de temperatura, humedad y velocidad del aire establecidas reglamentariamente que se considera que producen una sensación de bienestar adecuada y suficiente a sus ocupantes» (CTE DB HE1) El ser humano vive inmerso en ambientes diferentes y su capacidad de adaptación le permite subsistir a los cambios, alcanzando el equilibrio térmico: «El cuerpo humano se encuentra en las mejores condiciones en un ambiente en el que el gasto de energía sea mínimo y el esfuerzo de adaptación que realice sea el menor posible» (Fariña 2001) La evaluación del confort térmico en el interior de un edificio es una tarea compleja, para la que existen diversos métodos, pues además de las variables cuantificables que influyen directamente sobre esta sensación, como son la temperatura y humedad del aire, la velocidad del aire, la actividad física y el arropamiento, existe una componente subjetiva, que en muchos casos es función de las costumbres y características metabólicas y físicas de las personas. No obstante, lo que sí es cierto es que a través de la intervención en la envolvente térmica del edificio podremos mejorar las condiciones higrotérmicas del interior de la edificación, independientemente del uso complementario de los sistemas activos para poder alcanzar el confort.

En un estudio realizado en el año 2004 por el Instituto Nacional de Estadística (INE), a partir de los datos de consumo energético, se ponía de manifiesto que el 50% de los hogares españoles no disponen de sistemas de calefacción, así como que el número de instalaciones eléctricas de refrigeración en las viviendas había sufrido un incremento notable entre el periodo 1991 y 2001. Otro factor de gran interés que puede llevar a situaciones equívocas relacionadas con el confort y consumo es la llamada “pobreza energética”. Este concepto fue definido en Gran Bretaña en 1988 y comprende a los consumidores que destinan más del 10% de sus ingresos familiares a pagar las facturas de energía de su vivienda, si destinan más del 20% se denomina “pobreza energética severa”. A pesar de que podría considerarse intrascendente, a esta situación actualmente, en Europa, se enfrentan unos 50 millones de personas.



Porcentaje de pérdidas por actuaciones en la envolvente

Para el caso concreto de España, el informe “Evaluación de la pobreza energética en Bélgica, España, Francia, Italia y Reino Unido”, llevado a cabo dentro del marco del proyecto Europeo

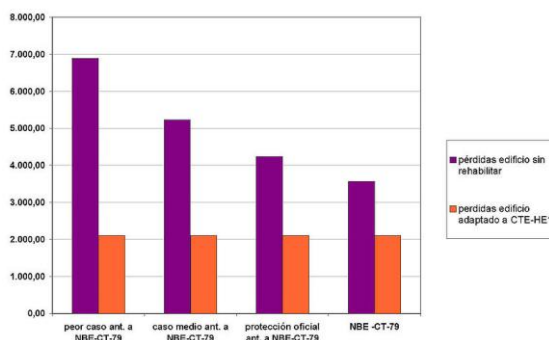
EPEE (European Fuel Poverty and Energy Efficiency) pone de manifiesto datos muy relevantes:

«En el año 2005, de acuerdo con el sondeo SILC, el 9%, es decir 1,36 millones de hogares, contestaron que no podían hacer frente a los costes para mantener su hogar en condiciones óptimas de confort. El único sondeo comparativo a nivel nacional fue el sondeo realizado sobre condiciones de vida de los hogares llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística (www.ine.es) en el 2004. El sondeo especificó que el 9% de los hogares españoles había tenido dificultades para mantener su hogar a temperatura óptima de confort» (UE, 2011)

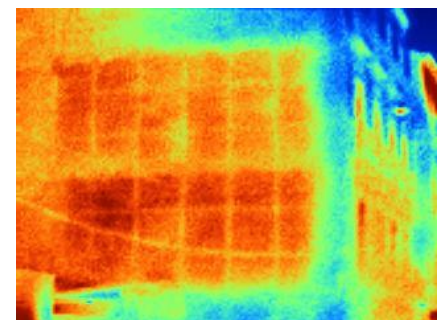
«De acuerdo con el sondeo SILC, el 3,3 %, es decir 0,5 millones de hogares contestaron que se encontraban en deuda con las facturas de energía, agua y gas de los últimos meses»

En este sentido, es muy probable que se hayan agravado significativamente desde 2004 las condiciones recogidas en dicho informe, teniendo en cuenta la situación actual de crisis económica de nuestro el país. Y, ello implicaría un considerable aumento del porcentaje de hogares españoles que no pueden hacer frente a las facturas de energía y que, por tanto, no alcanzan las condiciones de confort adecuadas. Por ello, se reafirma el papel relevante de la rehabilitación de la envolvente térmica del edificio frente al resto de actuaciones, pues un buen diseño de los sistemas constructivos que la caracterizan reduce, e incluso, en algunas zonas climáticas, elimina el consumo energético y, con ello, el gasto correspondiente a la energía consumida en climatización a lo largo del año.

Pared medianera en el centro de Madrid



Reducción de pérdidas por actuación en la Envolvente



Termografía de pared medianera en el centro de Madrid

Aspectos bioclimáticos ligados a la rehabilitación

Desde un planteamiento de reducir la insostenibilidad en las edificaciones existentes, sería preciso analizar las posibilidades de incorporar estrategias pasivas que mejoran las condiciones de confort sin incrementar el consumo de energía y, posteriormente, plantear otro tipo de instalaciones para cubrir los periodos en que los sistemas pasivos no son suficientes para garantizar la habitabilidad. La descripción completa de las herramientas para el análisis que permita evaluar la incorporación de estas estrategias en la edificación así como recomendaciones para la obtención de los datos climáticos puede encontrarse en la sección 02.

Criterios generales de intervención en la edificación

A continuación se señalan las estrategias generales a la hora de abordar un proyecto de rehabilitación en las edificaciones existentes teniendo en cuenta criterios de sostenibilidad, y que se irán concretando en medidas más concretas en función de todos los condicionantes que intervienen en el proyecto: técnicos, sociales, económicos. Este listado de recomendaciones es la versión ampliada de la que aparece en el libro A Green Vitruvius. Principles and practice of sustainable architectural design (EU, 1999), en la que se han incluido algunos aspectos específicos de los barrios incluidos en este estudio.

En relación a éstas, hay que señalar la importancia de las medidas que afecten al uso y mantenimiento de las edificaciones, ya que son a las que normalmente se presta menor atención y porque son las que finalmente producirán mayores mejoras ambientales a corto, medio y largo plazo.

CALEFACCIÓN

Reducir la demanda de energía

- Utilizar, cuando sea posible, las ganancias solares pasivas.
- Mejorar el aislamiento de la envolvente (muros, carpinterías, acristalamientos, cubierta).
- Considerar la posición de los aislantes en función del espesor y el tipo de muro.
- Aprovechar la inercia térmica que aportan algunos sistemas constructivos.
- Reducir las pérdidas por infiltraciones y puentes térmicos.

Mejorar la eficiencia energética

- Evaluar la eficiencia energética de las instalaciones existentes.
- Mejorar las medidas de control (termostatos,...)

REFRIGERACIÓN

Reducir la demanda de energía

- Evitar el soleamiento sobre la envolvente.
- Mejorar la eficiencia de la iluminación y otros equipamientos que aporten calor al interior de las viviendas
- Utilizar la ventilación natural nocturna.
- Aportar humedad mediante vegetación cuando sea posible.
- Evitar la instalación de bombas de calor en fachada para reducir el calentamiento del aire próximo a la envolvente.

Mejorar la eficiencia energética

- Asegurar la eficiencia de bombas de calor y ventiladores.
- Mejorar el sistema de control del aire acondicionado (si es inevitable su instalación).

ILUMINACIÓN

Reducir la demanda de energía

- Mejorar la iluminación natural (utilizar sistemas pasivos de iluminación de patios interiores,...).
- Racionalizar el uso del espacio.

Mejorar la eficiencia energética

- Rediseñar la distribución de la iluminación artificial para racionalizar su uso
- Colocar luminarias de bajo consumo.

- Mejorar el control

AGUA

Reducir la demanda de energía

- Utilizar agua tratada para el consumo humano únicamente cuando sea necesario.
- Mejorar el almacenamiento de agua y la disposición de la instalación.
- Instalar contadores de agua individuales para reducir la demanda.

Mejorar la eficiencia

- Instalar sistemas de ahorro (cisternas de doble descarga, aireadores en grifos,...)

MATERIALES

Reducir la demanda de energía

- Utilizar materiales fabricados localmente para reducir el consumo por transporte.
- Evaluar las contraprestaciones del material puesto en obra en relación con el coste energético de fabricación y transporte.
- Utilizar materiales con etiquetado ecológico.

GESTIÓN DEL EDIFICIO

Reducir la demanda de recursos del edificio

- Informar a los usuarios del edificio
- Asegurar un buen mantenimiento durante toda su vida útil
- Alargar la vida útil del edificio

Mejorar la eficiencia del edificio

- Monitorizar las viviendas para conocer el gasto energético
- Asegurar un uso y un mantenimiento eficiente

- Evaluar la implantación de sistemas de gestión de la energía

Actuaciones en la envolvente de las edificaciones

Como conclusión hemos establecido que las estrategias de mejora de la envolvente en una edificación existente han de ser valoradas en función de todas las variables descritas y de su relación con el medio próximo. Las medidas de tipo pasivo, como es la mejora de la capacidad aislante del cerramiento, aunque pueden suponer una mayor inversión inicial, tienen un periodo de amortización más largo que medidas destinadas a sustituir los aparatos de climatización, y se rentabilizan tanto más cuanto mayor sea la severidad del clima en invierno y el precio del combustible empleado, y por supuesto cuanto peor sea la situación inicial del inmueble.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los posibles ahorros en la demanda energética a través de la envolvente térmica de algunos tipos genéricos de edificaciones después de una actuación de rehabilitación energética que contempla transmitancias menores a las exigidas en el actual DB-HE1.

Tabla. Porcentaje de reducción de demanda en diversos tipos de edificios por mejora de la envolvente térmica para cumplir las exigencias del CTE-DB-HE1. Estudio de casos reales extraída de Luxán, 2008

Estos datos se han obtenido para el estudio de casos reales en el municipio de Madrid, aunque son extrapolables a numerosas localidades españolas. De estos datos se desprende que la mejora de la eficiencia energética de los edificios que se encuentren en peores condiciones revierte un efecto mayor en términos de ahorro energético, con costes idénticos o similares.

Teniendo en cuenta estos datos es recomendable que las intervenciones sobre la envolvente térmica contemplen mejoras superiores a los valores exigidos actualmente en el Código Técnico de la Edificación (CTE DB-HE1). El motivo es que esto implica un pequeño incremento en la inversión y supone una importante reducción de la demanda de energía. En la siguiente tabla se pueden apreciar las diferencias de reducción de pérdidas en relación al coste de inversión de colocación de un aislamiento por el exterior en distintos tipos de edificios, con características diferentes.

No obstante, teniendo en cuenta que las previsiones de cambio climático para España estimadas por diversos estudios de la Agencia Española de Meteorología indican un incremento considerable de las temperaturas, habrá que tener en cuenta que las condiciones en verano a largo plazo serán más cálidas y buscar estrategias para evitar el sobrecalentamiento, creando elementos

adecuados y eficaces para la protección solar en verano, que además pueden tener una gran repercusión no sólo en la actualidad, sino también en el futuro. Otra cuestión que puede también tener relevancia es la elección de acabados exteriores de color claro en los materiales, como es el caso de la cubierta, que tiene mayor exposición solar y menor repercusión sobre edificios colindantes. A modo de ejemplo, en una trama urbana: con una temperatura exterior de 36 °C, un tejado de teja cerámica clara alcanzaría una temperatura de 38 °C. Con la misma teja, pero de color marrón, alcanzaría los 48 °C y si la teja fuera negra llegaría a 76 °C, con una influencia inmediata en las condiciones de los espacios inferiores y sus necesidades de confort.

Si a esto añadimos que el número de aparatos de aire acondicionado se está incrementando continuamente, instalándose cada año aproximadamente en un 2% de las viviendas españolas existentes. Esto se puede atribuir no sólo a la búsqueda de una imagen de prestigio, sino también a que las normativas basadas sólo en mejoras para calefacción no tienen en cuenta el sobrecalentamiento en verano y priman los aislamientos, sin valorar también la masa térmica de las construcciones.

Por eso, complementariamente al análisis de las transmitancias térmicas de los sistemas constructivos que caracterizan la envolvente de un edificio determinado, se ha de tener en cuenta la conveniencia o no de buscar inercia térmica en la construcción. Como hemos indicado, en los climas más habituales en España, con elevadas oscilaciones térmicas entre el día y la noche y las estaciones del año, en edificaciones con un uso permanente, disponer de sistemas de acumulación térmica pasivos, puede suponer importantes ahorros energéticos. Por ejemplo, en aquéllos casos en los que sea conveniente el empleo de inercia térmica, es conveniente aislar los edificios por el exterior de tal forma que la masa térmica útil de los sistemas constructivos en contacto directo con los espacios habitables sea mayor y éstos participen en la mayor estabilidad térmica de la construcción.

En resumen, todas las medidas destinadas a la mejora de la capacidad térmica de la envolvente de los edificios deben adecuarse a cada caso concreto y tener en cuenta no sólo los aspectos técnicos señalados, sino otras cuestiones como el nivel de protección de la construcción, el impacto acústico, la posibilidad de colocar andamios para la ejecución de las obras o la accesibilidad y, además, otros más subjetivos, como la modificación de la estética de los edificios o la calidad urbana resultantes de los espacios rehabilitados.

Reflexiones sobre la inversión económica en la rehabilitación

De cara a proponer las posibles actuaciones de rehabilitación energética, es de interés la

estimación de la relación entre la inversión necesaria para llevar a cabo las obras necesarias y la cantidad de energía ahorrada como resultado de la misma.

La estimación de la inversión en aislamiento puede determinarse mediante distintos métodos desarrollados por distintas instituciones, entre los simplificados cabe mencionar el desarrollado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes (disponible en su página web: www.andimat.es) en el que tan sólo es preciso elegir el periodo de construcción de la edificación (antes de 1979 o entre 1979-2006), la superficie de los sistemas que conforman la envolvente constructiva y el tipo de actuación a realizar (sin rehabilitación, rehabilitación CTE y rehabilitación mejorada).

No obstante, dada la elevada variedad de sistemas y de materiales utilizados en los distintos periodos constructivos, para la obtención de estimaciones más precisas es preciso recurrir a métodos detallados como algunos de los que señalaremos a continuación. Previamente a su utilización, será necesario estimar el cálculo de la demanda energética necesaria para alcanzar unas condiciones de confort interiores en función de las condiciones ambientales de la localidad en donde se ubique el edificio objeto de estudio. El cálculo puede realizarse así, teniendo en cuenta las temperaturas horarias medias para cada mes, de tal forma que la demanda de energía a lo largo del año, en kWh/m², sería el producto de la transmitancia térmica del elemento, en W/m².K, sobre el que intervenir por el resultado de la suma de la diferencia de las temperaturas interiores y exteriores, en grados centígrados, durante las horas de funcionamiento de la instalación en cada mes:

$$E_{mes} = \sum \text{horas} [U \times ((t^{\circ} \text{ confort interior} - t^{\circ} \text{ horaria exterior}) \times \text{número de días del mes})] / 1.000$$

De forma simplificada, el consumo de energía para alcanzar las condiciones de confort también puede determinarse mediante el uso del parámetro de grados día 20/20 que nos señala los grados centígrados que es necesario aportar, durante un periodo de tiempo, para alcanzar la temperatura base de 20°C. De tal forma que, cuanto menores sean dichos grados día, menor será la diferencia de temperatura entre la de base y la exterior, llegando a anularse cuando la última sea superior a la anterior. El Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a partir del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, ha publicado una guía técnica que bajo el nombre de “Condiciones climáticas exteriores de proyecto” recoge los grados día de calefacción así como los de refrigeración de distintas localidades españolas (disponible en la página web del Ministerio así como en la del IDAE). La energía consumida mediante este método será la resultante del producto de la transmitancia térmica del sistema constructivo de estudio, en W/m².K, por los grados día y el número de horas de funcionamiento del sistema, para cada mes objeto de

estudio.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que dicho consumo de energía está determinado por el rendimiento de la caldera o sistema de producción, por lo que, a la energía consumida inicial y final se le repercutirá el rendimiento de la instalación que, en el caso de las de gas natural y gasóleo se considera un 85%. De tal forma que, el ahorro de energía, en kWh/m², entre la situación inicial y final del sistema constructivo será la diferencia de los valores obtenidos a partir de los métodos señalados con anterioridad, repercutidos por el rendimiento del sistema. Con este ahorro de energía, se puede, a su vez, estimar el ahorro de emisiones de kg CO₂ por metro cuadrado, según las bases de datos del Ministerio de Medio Ambiente. Complementariamente a la cantidad de energía que previsiblemente se consume en función de la transmitancia inicial y final del sistema constructivo objeto de estudio, se ha de disponer del espesor de aislamiento necesario así como el coste de su instalación, estimable de acuerdo con bases de datos de presupuestos.

Basándonos en lo anteriormente mencionado, la estimación de inversión-amortización puede aportar el número de años necesario para que la inversión se amortice, suponiendo unas variables constantes a lo largo de los años, o determinar el espesor de aislamiento más rentable en función de un horizonte económico y de unas tasas de inflación previstas.

En cuanto al primero, esto es, el método para la estimación de los años en los que se amortiza una intervención. Será necesario conocer el coste del material necesario y la puesta en obra de la intervención planteada. Conocido éste, la relación entre inversión/amortización será la existente entre el coste estimado de la actuación y el ahorro de energía, en €/m², siendo ésta el producto de dicho ahorro energético por el precio de la energía empleada en la climatización de la vivienda, local o edificio (consultar base de datos disponibles en www.energuia.com/es). El otro método es aquél que proporciona el espesor óptimo de aislante para su máxima amortización teniendo en cuenta un horizonte económico así como otras variables tales como los porcentajes de la tasa de revisión de energía, interés menos impuestos e inflación prevista. En base a dichos factores se determina un coeficiente, denominado VAN, que se le aplicará al ahorro de energía para cada espesor de aislamiento térmico en comparación con el inicial, y que se calcula según la expresión:

$$\text{Coeficiente VAN} = t (t^n - 1) / t - 1$$

Donde $t = (1 + 0.01 \times b) / (1 + 0.01 \times r)$; b = aumento previsible del coste de la energía en %; r = tasa de actualización neta en % (equivalente al interés bancario deducidos los impuestos y la

inflación); n = número de años a que se efectúe el estudio (horizonte económico).

El valor actual neto será, por lo tanto, la diferencia entre el ahorro de energía repercutido por el coeficiente VAN para cada espesor de aislamiento en comparación con el inicial, y el coste del material necesario con su puesta en obra, en €/m². Con los valores actuales netos determinados para los distintos espesores de aislamiento, se dibuja una curva en la que el espesor de aislamiento óptimo será aquél en el que se produzca un punto de inflexión tal que el valor actual neto disminuya. Si éste no se produjese, cualquiera de los espesores estudiados son amortizables en el horizonte económico propuesto, siendo de mayor interés el último espesor de los tramos de mayor pendiente. A tal respecto, es interesante observar las curvas dibujadas por los distintos sistemas, no sólo en función de los espesores sino también del combustible empleado, observándose que la amortización más rentable es aquélla que se produce con el uso de gasóleo doméstico como combustible.

Información sobre programas y ayudas para la rehabilitación energética de edificios

Información sobre ayudas a la rehabilitación energética en España

[Base de datos de IDAE de ayudas a la eficiencia energética publicadas por Comunidades Autónomas](#)

Andalucía

[Plan de renovación de la envolvente de las edificaciones](#)

[Plan de ahorro de energía en edificios de vivienda](#)

[Plan RENOVE de ventanas](#)

Castilla y León

[Ayudas para fachadas y cubiertas 2012](#)

Cataluña

[Ayudas a la rehabilitación energética del envolvente térmico de edificios de uso residencial y de viviendas. Convocatoria 2012](#)

[Plan de Renovación de ventanas, huecos y protecciones solares](#)

Extremadura

[Ayudas para la rehabilitación de viviendas](#) (incluye mejora de la eficiencia energética)

Madrid

[Plan Renove de Fachadas](#)

[Plan Renove de Ventanas en Viviendas](#)

[Mejora de la Sostenibilidad y Eficiencia Energética de las Edificaciones](#)

Sección 4. Bibliografía

A continuación se ofrece bibliografía y recursos disponibles en la web relacionados con la rehabilitación sostenible EU (1999) A Green Vitruvius. Principles and practice of sustainable architectural design.

Comisión Europea (2011) [Evaluación de la pobreza energética en Bélgica](#), España, Francia, Italia y Reino Unido. EPEE Project WP2- Deliverable 6.

Fariña Tojo, J. (2001): La ciudad y el medio natural. Madrid, Akal Ediciones

Foley, Jonathan (2010) “Límites de un Planeta Sano” En Investigación y Ciencia junio 2010, Págs. 46-49

Instituto Nacional de Estadística, INE (2001) Censo de Población y Vivienda 2001. Disponible en www.ine.es

De Luxán García de Diego, M. et al (2008): “Estimaciones sobre la rehabilitación sostenible de edificios de viviendas en España”, Madrid, Ministerio de Vivienda. Sin publicar

De Luxán García de Diego, M., Vázquez, M, Gómez Muñoz, G. Román, E. y Barbero, M. (2010) Actuaciones con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación de viviendas en el centro de Madrid. Empresa Municipal de Vivienda y Suelo del Ayuntamiento de Madrid. ISBN 978-84-935719-8-9

De Luxán, Margarita (2012) “Prólogo del Manual de Rehabilitación Eficiente en edificación” Ed. Weber 2011

De Luxán, Margarita, Gómez, Gloria (2012) “Estrategias de proyectos sostenibles. Edificios nuevos y rehabilitados energéticamente”. Ponencia en S5E, Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento 2012

Pereda, Luis de (2011) Integración de sistemas inerciales y termoactivos en la rehabilitación. Documentación del curso Rehabilitación Energética de Edificios de Vivienda. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid

Vázquez Espí, M. (2010): Reducción de la insostenibilidad mediante la rehabilitación urbana. biblioteca Ciudades para un Futuro más Sostenible. <http://habitat.aq.upm.es/>

Cuchí, Albert; Sweatman, Peter (2011) [UNA VISIÓN-PAÍS PARA EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN EN ESPAÑA HOJA DE RUTA PARA UN NUEVO SECTOR DE LA VIVIENDA](#). Grupo de trabajo sobre rehabilitación

Cuhi, Albert et al. (2010) [CAMBIO GLOBAL ESPAÑA 2020/50 SECTOR EDIFICACIÓN](#). GBC España

Observatorio de la Sostenibilidad de España [Empleo Verde en una Economía Sostenible](#).

PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE SIMULACIÓN

Los sistemas informáticos ofrecen un amplio espectro de cálculos y soluciones relacionadas con estos temas, que en ningún caso deben sustituir los conocimientos teóricos previos ni la comprensión inicial del complejo problema al que nos enfrentamos, como es la ciudad existente.

[Información general sobre programas informáticos](#) de simulación se puede obtener a través de la página web del Departamento de Energía de Estados Unidos (Department of Energy, US): Building Energy Software tools Directory:

Algunos programas informáticos orientados principalmente al análisis climático:

[Climate Consultant](#), Universidad de California (Los Ángeles):

[Geosol](#), Universidad de Salta, Argentina: Análisis de soleamiento.

[Weather tool](#), Centre for Research in the Built Environment, University of Cardiff, UK

Algunos programas informáticos de análisis para la escala urbana (y también del edificio):

[Ansys Fluent](#): Para análisis de flujos de viento en el espacio urbano.

[Ecotect](#), Autodesk, University of Cardiff, UK

[Envi-met](#), Mainz University, DE

[DesignBuilder](#), DesignBuilder Software Ltd, UK

Capítulo 4. Eficiencia energética en edificación

"..... El concepto de Construcción Sostenible es muy amplio, complejo y difícil de cuantificar. De una manera sencilla podríamos decir que la Construcción Sostenible es aquella que es compatible con un Desarrollo Sostenible....."



Sección 0. Eficiencia Energética y construcción sostenible

El concepto de Construcción Sostenible es muy amplio, complejo y difícil de cuantificar. De una manera sencilla podríamos decir que la Construcción Sostenible es aquella que es compatible con un Desarrollo Sostenible, tanto en los aspectos medioambientales, como en los económicos y sociales, si seguimos la definición generalmente aceptada de desarrollo sostenible.

En cuanto a los aspectos medioambientales asociados a la construcción, es evidente que el impacto de la actividad edificatoria en el medioambiente es grande, y afecta a diferentes categorías, como son el consumo de agua, la generación de residuos, la ocupación del terreno, y las emisiones de gases de efecto invernadero. Es precisamente en este último aspecto, el de las emisiones del CO₂, en el que los aspectos de ahorro y eficiencia energética pueden contribuir de manera relevante a mejorar la calidad ambiental de los edificios, y por lo tanto, a la sostenibilidad en la construcción.

Sección 1. Contexto energético y normativa en la Unión Europea

Actualmente, en Europa nos encontramos ante tres grandes retos que marcarán sin duda el desarrollo de las futuras generaciones de europeos: la gran crisis económica, la inseguridad de abastecimiento energético, y el cambio climático provocado fundamentalmente por el aumento de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera.

En este contexto, es inaplazable poner en evidencia que existe una estrategia con un gran impacto potencial en cada uno de esos tres grandes retos de nuestra generación: la

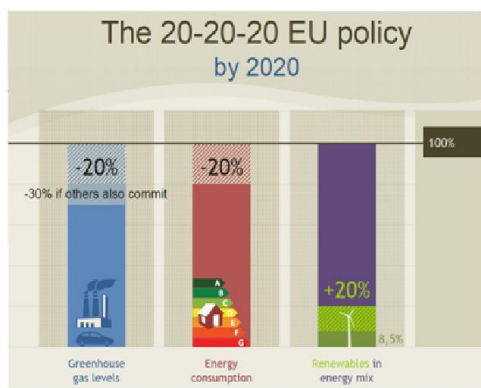
“descarbonización” de nuestra economía basándonos en la implementación a gran escala de acciones para la mejora de la eficiencia energética de todos nuestros procesos y actividades y en la generalización del uso de las energías renovables.

Efectivamente, la Comisión Europea ha definido algunos objetivos claves para las próximos años para reducir la dependencia energética exterior en Europa - actualmente importamos en torno al 55 % del total de energías que consumimos, porcentaje que supera el 60% dependencia de gas natural, y el 80% en derivados del petróleo - y para reducir la concentración de emisiones de CO2 en la atmósfera que provocan el Cambio Climático.

Por otra parte, es evidente la necesidad de una reestructuración profunda de nuestras actividades económicas, basándonos en la eficiencia y en el incremento de la productividad. Todo nuestro modelo económico está fundamentado en el consumo de energías fósiles. Podemos decir, que tras las Edades de Piedra, de Cobre y del Hierro, estamos en estos momentos asistiendo al ocaso del la Edad del Carbono, donde el agotamiento de las fuentes de energía fósiles conlleva un aumento de precio del crudo en los mercados globales, y consecuentemente una inflación creciente en el resto de sectores estratégicos. Desde el punto de vista económico, ¿Es posible una recuperación económica en Europa, que garantice un crecimiento estable en las próximas décadas, basándonos en el petróleo como principal fuente de energía? Lógicamente la respuesta es no.

El conjunto "ahorro y eficiencia energética" no sólo ha sido identificado como la estrategia con mayor impacto a la hora de combatir el cambio climático[2], sino que además, es la medida que mayor impacto potencial tiene a un coste asequible (menos de US20\$/tonCO2 eq.año), concretamente en el sector de la construcción de edificios, y la visión estratégica europea a largo plazo está fundamentada en la eficiencia energética.

La Comisión Europea aprobó en 2008 la comunicación [“Dos veces 20 para el 2020”](#). El cambio Climático, una oportunidad para Europa”. En este documento se establecían tres objetivos fundamentales en el contexto energético de la Unión Europea para el año 2020: reducción de un 20% de emisiones de CO2, el suministro de al menos un 20% de la energía consumida con fuentes renovables, y la reducción, mediante incremento de la eficiencia energética, de un 20% del consumo de [energía primaria](#) en Europa.



El objetivo de Europa de reducir su consumo anual de energía primaria en un 20% para el año 2020, -alrededor de 368 TmCO₂ sobre la tendencia actual- supone reducir consecuentemente sus emisiones de CO₂ en 780 millones de toneladas, y ahorrar cerca de 100.000 millones de euros anuales en costos de combustible. Y los edificios son responsables del 40% del consumo final de energía en la UE, representando un elemento clave para alcanzar este objetivo.

En el sector de la edificación, la Comisión Europea aprobó la Directiva de Eficiencia Energética en Edificios-EPBD en 2002 (2002/91/CE) -refundida en mayo de 2010 como Directiva [2010/31/EU](#)- que incluye una metodología común para calcular la eficiencia energética de los edificios, unos requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos y rehabilitaciones, sistemas de certificación energética de los edificios, así como los requisitos para las inspecciones periódicas de las calderas y los sistemas centrales de aire acondicionado.

Uno de las novedades más relevantes de la refundición de la EPBD es la aparición del concepto de “edificio de consumo de energía casi nulo”. Según la EPBD, los estados miembros garantizarán que todos los edificios que se construyan o se rehabiliten en Europa sean “edificio de consumo de energía casi nulo” a partir de 2018 para los edificios públicos, y a partir de 2020 para el resto de edificios. Define la EPBD “edificio de consumo de energía casi nulo” como “aquel edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno.

Sin embargo, en 2011, la Comisión Europea reconoció la necesidad de redoblar sus esfuerzos en cuanto a la eficiencia energética, ya que el objetivo de reducción de consumo energético parecía que no iba a ser alcanzado y ha puesto en marcha una nueva directiva que está

actualmente en proceso de desarrollo: la [directiva relativa a la eficiencia energética](#), y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.

El impacto de esta nueva directiva será significativo, dará el impulso necesario para el logro de los objetivos de la UE del 2020 y ayudará a dar forma y cuerpo legal a un nuevo modelo de negocio basado en el ahorro energético ya construir un nuevo sector de la edificación en Europa.

En definitiva, la mayor parte de las estrategias y políticas que intentar regular el consumo energético en los edificios, así como las emisiones de CO2 derivadas de la actividad constructiva y el uso de los edificios derivan de los objetivos del 20-20-20 para 2020, la EPBD y en el futuro próximo, la directiva de eficiencia energética. Para mayor información sobre estrategias y políticas europeas en materia de energía a medio y largo plazo puede consultarse el [ENERGY ROADMAP 2050](#).

Sección 2. Conceptos físicos

Parámetros de confort térmico

La EPBD define la eficiencia energética como “la cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacer la demanda de energía asociada a un uso normal del edificio, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación, el calentamiento del agua y la iluminación”. Es decir la energía que necesita un edificio para mantener unas adecuadas condiciones de confort, pero ¿Cómo se evalúa ese confort?

La evaluación del [confort térmico](#) es compleja, puesto que el concepto de confort engloba factores de muy diversa índole. Estos factores deben considerarse de una forma integral, evaluando cómo afecta al confort la combinación de todos ellos.

El cuerpo humano, debido a su actividad metabólica, produce constantemente calor. Nuestro organismo necesita permanecer a una temperatura prácticamente constante para poder desarrollar su actividad. En consecuencia, el balance entre el calor generado y el calor cedido ambiente debe ser nulo. Si nuestro cuerpo pierde calor a mayor ritmo que en el que lo genera, tenemos sensación de frío. Si cedemos al ambiente menos calor del que generamos, la temperatura de nuestro cuerpo subirá.

Nuestro cuerpo intercambia calor con el ambiente de diversas formas:

a) al aire, por convección, en función de la temperatura y de la velocidad del aire,

- b) por conducción con cuerpos sólidos con los que está en contacto (por ejemplo con el suelo),
- c) por radiación del cuerpo hacia superficies próximas, y
- d) por evapotranspiración, que refrigera la piel en función de la humedad relativa y de la temperatura.

Parámetros físicos

Como se ha comentado, el requerimiento principal para conseguir el confort térmico en un individuo es que su balance energético sea nulo, o casi nulo. Debemos prestar especial atención, pues, a aquellos factores y parámetros que tengan mayor influencia en la transferencia de energía entre el individuo y el ambiente:

Temperatura

Es quizá el parámetro más relevante en el balance energético. La diferencia entre la temperatura corporal y la temperatura del ambiente. En este punto es importante diferenciar diferentes conceptos relacionados con la temperatura, y que es interesante conocer:

- Temperatura de bulbo seco: Temperatura del aire (prescindiendo de los efectos sobre el termómetro de la radiación y la humedad de este).
- Temperatura radiante: Dos cuerpos que están a distintas temperaturas intercambian energía por radiación (ver Ley de Stefan-Boltzmann y Ley de Planck). La temperatura radiante media es la temperatura que incorpora el efecto promedio de enfriamiento o calentamiento por radiación electromagnética de un entorno. La temperatura radiante es un parámetro clave a la hora de evaluar el confort térmico y la sensación térmica, y debe ser un aspecto a desarrollar en los proyectos por los arquitectos e ingenieros. Por ejemplo, un puesto de trabajo situado al lado de una superficie de vidrio dará lugar a un probable disconfort por frío cuando la temperatura exterior sea baja, ya que la persona estará radiando energía hacia la ventana.
- Temperatura operativa, según la definición del [RITE](#), es la media aritmética entre la temperatura seca del aire y la temperatura radiante de los cerramientos del local. Integra la sensación de confort generada por la temperatura del aire y la temperatura radiante. Cuando la humedad está comprendida entre el 45 y el 60% y la velocidad del aire es inferior a 0,2 m/s la temperatura equivalente es el valor más utilizado. El RITE

limita de forma general la temperatura operativa entre los 21 °C y los 23 °C en invierno, y los 23 °C y 25 °C en verano. Sin embargo, una reciente normativa establece que en los edificios públicos, la temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a 21 °C, ni inferior a 26 °C en los locales refrigerados.

- **Sensación térmica:** es un índice arbitrario que caracteriza la sensación de mayor calor o frío que siente una persona en su piel cuando se expone a un ambiente con ciertas condiciones concretas de temperatura, viento o humedad.

Humedad relativa

Se define la humedad relativa como la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire, y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura. Por ejemplo, una humedad relativa del 65% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, en este instante contiene el 65%. Tanto la norma UNE-EN 7730 como el RITE indican que las humedades relativas deben mantenerse en el rango del 30-70%, y el RITE establece como parámetro de diseño idóneo la banda entre el 40% y el 60%. La importancia de la humedad relativa influye poco en el confort mientras está comprendida entre el 40% y el 60%, aunque fuera de esta horquilla es una variable que afectará significativamente al confort térmico.

La humedad relativa (HR) junto a la temperatura del aire nos indicará en un diagrama psicrométrico las condiciones térmicas en el interior de un local.

Velocidad del aire

La velocidad del aire es, junto a la temperatura y la humedad, uno de los valores determinantes de confort. Todos los sistemas de acondicionamiento, ya sean pasivos o activos obtienen el confort modulando estos tres factores.

La refrigeración producida por el movimiento del aire es debida a dos fenómenos. El primero es evaporativo y está provocado por el aumento de la tasa de evaporación del sudor al entrar en contacto con la corriente de aire. La evaporación absorbe la energía del cuerpo refrigerándolo. El segundo fenómeno se produce al aumentar la transferencia de calor por convección entre el cuerpo y el aire.

Diferentes autores en la literatura científica han situado las bandas de confort en cuanto a la

velocidad del aire. Es habitual situar la velocidad máxima en edificios de oficinas en 0,8 m/s (para prevenir el vuelo de papeles y corrientes de aire frío que provoquen discomfort local).

La medida del confort térmico

Los parámetros individuales de confort térmico tienen que ver con la persona. Son, entre otros: la vestimenta, la tasa metabólica, edad, sexo, etc.

Estos factores tienen una relevancia menor que los parámetros físicos descritos anteriormente, pero no se puede en absoluto obviar su impacto, sobre todo en tipologías o usos concretos como residencias de ancianos, recintos deportivos, hospitales, etc.

Para evaluar los rangos de confort térmico en edificios se puede optar entre las siguientes opciones:

- *El método de Fanger*, basado en el modelo PMV (Voto Previsto Medio), que en la actualidad es quizá el más extendido para la estimación del confort térmico, o
- *El modelo de confort adaptativo* (Humphreys, Auliciems, Griffins, etc.), que tiene en cuenta la capacidad de los ocupantes de adaptarse al clima exterior.

En líneas generales, se puede decir que el modelo de Fanger es adecuado para los edificios acondicionados mecánicamente, siendo el modelo adaptativo más apropiado para evaluar el confort en edificios climatizados con estrategias pasivas de calefacción o ventilación.

El método Fanger calcula, a partir de datos relativos a la vestimenta, la tasa metabólica, la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad relativa del aire y la humedad relativa, dos índices denominados *Voto medio estimado* (PMV-predicted mean vote) y Porcentaje de personas insatisfechas (PPD-predicted percentage dissatisfied) valores ambos que aportan información clara y concisa sobre el ambiente térmico. EL Voto medio estimado es un índice que refleja el valor de confort positivo o negativo de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala de sensación térmica de 7 niveles (frío, fresco, ligeramente fresco, neutro, ligeramente caluroso, caluroso, muy caluroso), basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano (la producción interna de calor del cuerpo es igual a su pérdida hacia el ambiente).

El Voto medio estimado predice el valor medio de la sensación térmica. No obstante, los votos individuales se distribuirán alrededor de dicho valor medio, por lo que resulta útil estimar el porcentaje de personas insatisfechas por notar demasiado frío o calor, es decir aquellas personas que considerarían la sensación térmica provocada por el entorno como desagradable.

El **modelo adaptativo** de confort propone una correlación entre la temperatura de confort para los usuarios de un edificio y temperatura del aire exterior. El concepto subyacente es el proceso por el cual el cuerpo humano se adapta al clima estacional y local. Por consiguiente, los usuarios considerarán diversas temperaturas de interior como temperaturas satisfactorias de confort, dependiendo de las condiciones climáticas exteriores en ese momento. El modelo adaptativo se basa en las correlaciones medidas entre la impresión subjetiva de los individuos sobre los rangos de confort en una muestra suficiente de edificios reales.

Comparado con modelo de Fanger, el modelo adaptativo considera una gama más amplia de temperaturas como “temperaturas aceptables” y por lo tanto permite más fácilmente una integración de las tecnologías pasivas de refrigeración.

Cartas Bioclimáticas de Olgay

El arquitecto húngaro Víctor Olgay fue el primero en representar de forma gráfica la envolvente de confort para climas templados incorporando criterios de diseño arquitectónico para restablecer dichas condiciones satisfactorias.

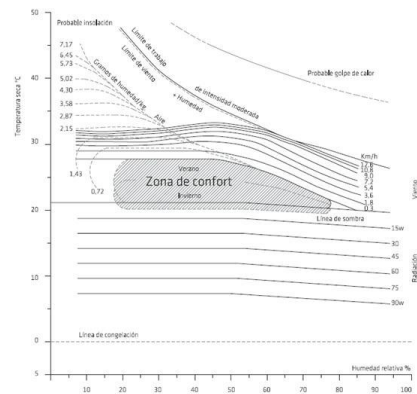


Ilustración 1: Carta Bioclimática de Olgay

La Carta Bioclimática de Olgay necesita correcciones según la humedad, la latitud...ya que está definida inicialmente para la zona templada de Estados Unidos. En el eje de ordenadas se representa la temperatura y el de abscisas la humedad relativa. La zona de confort viene marcada como aquella en la cual la combinación de valores crea una sensación térmica agradable. Se basa en unas condiciones concretas, para una persona con actividad ligera (paseando), vestida con ropa de entretiempo (1 clo), sin viento y a la sombra.

Olgay, estrategias de restablecimiento del confort para cada una de las zonas del diagrama, incluyendo características constructivas de los edificios.

El diagrama está dividido en varias zonas, cada una con un número. Estas zonas corresponden a áreas en las que se dan unos condicionantes climáticos similares, que pueden ser agrupados dentro de una misma categoría para la cual existe una solución bioclimática a resolver. Éstas son las categorías:

- 1 - Zona de confort,
- 2 - Zona de confort permisible.
- 3 - Calefacción por ganancias internas,
- 4 - Calefacción solar pasiva,
- 5 - Calefacción solar activa,
- 6 - Humidificación,
- 7 - Calefacción convencional,
- 8 - Protección solar,
- 9 - Refrigeración por alta masa térmica,
- 10 - Enfriamiento por evaporación,
- 11 - Refrigeración por alta masa térmica con ventilación nocturna,
- 12 - Refrigeración por ventilación natural y mecánica,
- 13 - Aire acondicionado,
- 14 - Deshumidificación convencional

El movimiento del sol y las sombras

La Tierra se mueve alrededor del Sol recorriendo una órbita elíptica casi circular. Adicionalmente, la tierra gira sobre sí misma, alrededor de un eje inclinado de 23°27' con respecto al plano orbital.

El sol sigue un movimiento de este a oeste respecto a la tierra. La posición del sol viene definida por su altitud sobre el horizonte, y por su azimut (ángulo entre la proyección en el plano horizontal de la línea que une el Sol a la Tierra y el eje norte-sur en el mismo plano).

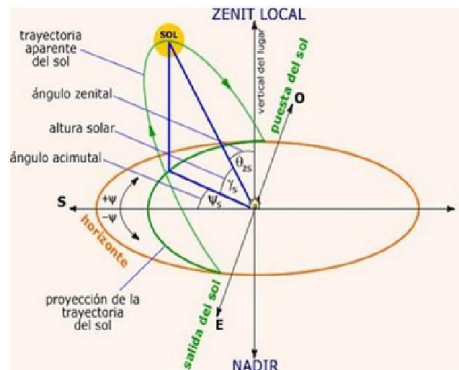


Ilustración 3: Esquema de las trayectorias solares

El recorrido del sol en un día determinado a una latitud determinada puede ser representado en un gráfico llamado Carta Solar. La carta solar cilíndrica consiste en un diagrama en el que se representa la posición del Sol sobre un lugar determinado para fechas diferentes y a diferentes horas, en función de la altura del Sol y el acimut del punto (orientación con respecto al Sur). En el eje vertical se sitúa la altura solar en grados sexagesimales y en el eje horizontal el acimut medido desde el Sur. Una de las aplicaciones de la carta solar es conocer el número de horas de sol teóricas (con cielo despejado) que reciben las diferentes fachadas de un edificio (o cuando no ocurre ninguna obstrucción). Para ello únicamente hay que considerar que el acimut en grados sexagesimales del eje X del diagrama expresa las diferentes orientaciones de la superficie. Así, en función de la orientación a la que esté expuesta una u otra fachada, se puede diferenciar claramente el número de horas de sol a la que está expuesta.

Por ejemplo, en Madrid:

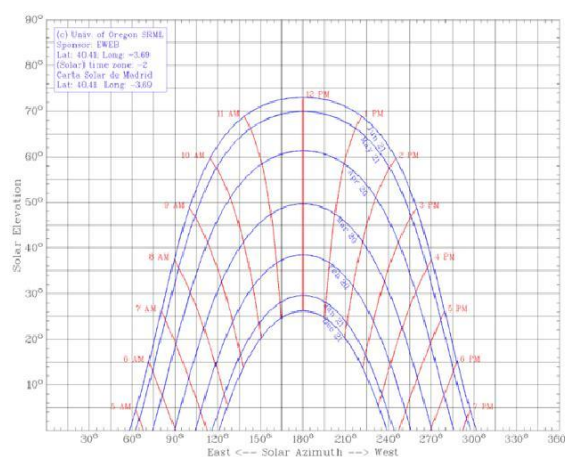


Ilustración 4: Ejemplo de Carta Solar. Madrid - Fuente: Universidad de Oregon

En el siguiente enlace de la Universidad de Oregón (USA) se pueden obtener las cartas solares de un determinado lugar si se conocen sus coordenadas:

<http://solardat.uoregon.edu/PolarSunChartProgram.html>

Transferencia de Calor

Hemos visto como el parámetro fundamental en la consecución del confort térmico es la temperatura. Por tanto como proyectistas debemos conocer bien cuáles son las formas que existen de transmisión de calor, para poder controlarlas a la hora de diseñar un edificio, de forma que nos podamos beneficiar de su aporte gratuito de energía cuando sea necesario, y sepamos protegernos de una ganancia excesiva cuando no lo necesitemos.

Existen tres mecanismos de transmisión de calor: la conducción, la convección y la radiación. En la interacción entre edificio, ocupante y exterior entran en juego los tres mecanismos.

La conducción

La conducción es la forma que transmite el calor en cuerpos sólidos, se calienta un cuerpo, las moléculas que reciben directamente el calor aumenta su vibración y chocan con las que rodean; estas a su vez hacen lo mismo con sus vecinas hasta que todas las moléculas del cuerpo se agitan, por esta razón, si el extremo de una varilla metálica se calienta con una llama, transcurre cierto tiempo para el calor llegue a otro extremo.

La resistencia respecto a los flujos de calor que atraviesan un material se calcula en función de **la conductividad térmica (λ): cantidad de energía que atraviesa una superficie de 1 m² y 1 m de espesor cuando las temperaturas a ambos lados difieren en 1 °C**. Sus unidades en SI son el W/m°C. En el caso de cerramientos multicapa, la resistencia equivalente se calcula según las propiedades y espesores de cada material que los componen.

La resistencia térmica (R) de un material da idea de la dificultad que encuentra el calor a la hora de transmitirse por el interior del material. A través de un medio homogéneo la resistencia térmica se relaciona directamente con el grosor del material de la forma:

$$R = e/\lambda$$

donde: R: resistencia térmica [$m^2 \cdot ^\circ C/W$], e: espesor del material [m], λ : conductividad térmica [$W/m \cdot ^\circ C$]

La convección

El segundo método de transferencia de calor es la convección. Consiste en un intercambio de calor entre el aire y un sólido (o a la inversa) cuando éstos se encuentran a diferentes temperaturas. La diferencia de temperaturas entre la cara de un sólido y el fluido con el que tiene contacto produce movimientos en el fluido debido a las diferencias de densidad que se crean. El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masa por unidad de volumen) suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende. Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la diferencia de la temperatura del fluido, se denomina convección natural. La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos.

La radiación

La radiación es la transmisión de calor entre dos cuerpos que no están en contacto entre sí y entre los cuales existe una diferencia de temperatura. Todos los cuerpos con temperatura superior a 0 K emiten radiación electromagnética, siendo su intensidad dependiente de la temperatura y de la longitud de onda considerada.

La energía de radiación es una forma de movimiento electromagnético similar al de la luz y la electricidad pero con longitudes de onda muy pequeñas (del orden de 10 μm). La distancia entre cuerpos prácticamente no tiene trascendencia y la energía emitida puede verse absorbida por el otro cuerpo o bien reflejada.

Incidencia de la radiación solar en los cerramientos

La energía solar es un aporte únicamente por radiación. La radiación solar puede manifestarse de tres modos en función de cómo la reciben los elementos radiados:

- Radiación directa: procedente directamente del sol.
- Radiación difusa: recibida de la atmósfera debido a la dispersión de la radiación solar en ésta.
- Radiación de albedo: aquella que se refleja sobre la superficie terrestre.

La radiación solar que incide sobre un edificio puede hacerlo, en general, sobre una superficie opaca, o por una superficie de vidrio.

Al incidir sobre la superficie opaca del cerramiento, la energía calorífica se transmite al interior del edificio por conducción.

El coeficiente de transmisión térmica U

La resistencia térmica total (R_t) mide la oposición que muestra un cerramiento a transmitir el calor, considerando su comportamiento ante la conducción en función de la resistencia térmica de cada uno de los materiales que forman el cerramiento, así como el efecto de la convección de sus caras externas (exterior e interior) en contacto con los ambientes que lo rodean. El efecto de la convección se cuantifica mediante sus resistencias térmicas superficiales, que incluyen el efecto de la radiación.

$$R_t = \frac{1}{h_e} + R_1 + R_2 + \dots + \frac{1}{h_i}$$

El inverso de esta resistencia térmica total se define como transmitancia térmica (U) de unidades $W/m^2 \cdot ^\circ C$. Su significado es el de la cantidad de calor que pasa por 1 m² de material cuando las temperaturas a ambos lados difieren en 1[°]C.

Los valores h_i y h_e se calculan mediante la suma de los coeficientes de cambio que deban tenerse en cuenta en la cara exterior e interior del material (en función de los mecanismos de transmisión de calor que actuarán en cada uno de los dos lados).

La inercia térmica

La Inercia térmica es la propiedad que indica la capacidad que tiene un cuerpo de almacenar la energía térmica recibida e ir cediéndola progresivamente. La inercia térmica depende de su masa, su densidad y su calor específico. Los edificios de gran inercia térmica tienen variaciones

térmicas más estables, ya que el calor acumulado durante el día se libera en el período nocturno, esto quiere decir que a mayor inercia térmica mayor estabilidad térmica.

Esta propiedad es un factor clave en la arquitectura bioclimática, ya que puede conservar la temperatura del interior de los locales habitables más estable a lo largo del día, mediante muros de gran masa. Durante el día se calientan, y por la noche, más fría, van cediendo el calor al ambiente del local. En verano, durante el día, absorben el calor del aire de ventilación y por la noche se vuelven a enfriar con una ventilación adecuada, para prepararlos para el día siguiente. Un adecuado uso de esta propiedad puede evitar el uso de artificiales sistemas de climatización interior.

Sin embargo, es un error bastante generalizado afirmar que la inercia térmica es siempre positiva para el comportamiento energético de los edificios. Dependiendo de la tipología, la zona climática y del perfil de uso del edificio, puede ser interesante no almacenar la energía térmica, y a cambio conseguir una variación rápida de las temperaturas.

Radiación solar a través de los vidrios.

La longitud de onda de la radiación que llega a la Tierra está comprendida principalmente entre 0,3 y 3,5 μm . Los vidrios son permeables a la radiación de onda corta (longitudes de onda $< 2,5 \mu\text{m}$) lo que supone la mayor parte de la radiación (aprox. el 97%).

Cabe decir que no toda la radiación solar de onda corta que incide sobre un vidrio lo atraviesa, ya que parte se refleja y parte es absorbida por el vidrio. La radiación reflejada es función del ángulo de incidencia y del contenido de hierro del vidrio.

La energía absorbida por el vidrio se cede tanto al ambiente exterior como al interior, por radiación y convección. Generalmente suele cederse más energía hacia el exterior debido a una mayor diferencia de temperatura entre el vidrio y los objetos exteriores que no con los del interior y al mayor coeficiente de transmisión de calor por convección.

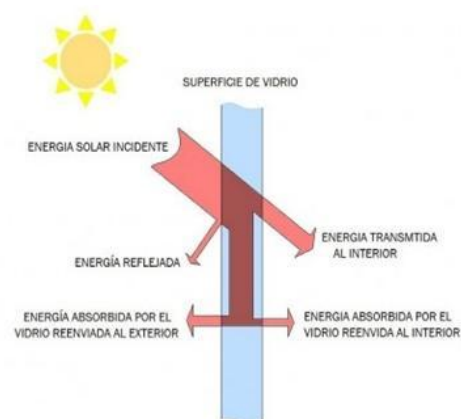


Ilustración 5: Incidencia de la radiación solar a través de un vidrio

El resto de la radiación penetra calentando los cuerpos contra los que incide: paredes, suelo, etc., y aunque no calienta directamente el aire, éste termina calentándose por convección al ponerse en contacto con los cuerpos calientes. Todos esos cuerpos calientes, además de ceder calor por convección, irradian energía con una longitud de onda para la que es opaco el vidrio. De este modo el vidrio se convierte en un sistema que permite la entrada de la energía pero no su salida, logrando que se caliente constantemente el ambiente interior (efecto invernadero).

Las pérdidas de calor que indudablemente se producen a través de un vidrio se deben a dos conceptos. En primer lugar, la radiación de onda larga emitida desde el interior, al incidir sobre el vidrio, aunque no logra atravesarlo, lo calienta, dando la posibilidad a esa energía a perderse por convección o por la propia irradiación del vidrio caliente hacia el exterior. Y por otra parte, el modo en que se pierde mayor cantidad de energía es por transmisión de calor, en función de la diferencia de temperaturas entre el aire interior y el exterior, y del coeficiente de transmisión de calor aire-aire del vidrio, normalmente muy alto.

Factor solar

A la relación entre la energía que traspasa el material vidrio (la energía transmitida más la parte absorbida e irradiada al interior por el vidrio) y la energía total solar incidente sobre el mismo se le llama Factor Solar (F_s).

El factor solar es, por tanto, función de los factores de transmisión y absorción energética. Se trata de una magnitud variable en función del ángulo de incidencia solar y las condiciones externas de convección natural y la velocidad del viento.

Sección 3. Diseño de edificios de elevada eficiencia energética

El objetivo último de la eficiencia energética en la edificación es, como se ha dicho, reducir el consumo de energía primaria, y consecuentemente las emisiones de CO₂ a la atmósfera debido a la actividad constructiva y sobre todo, al uso y explotación de los edificios. Para conseguir este objetivo de reducción de consumo energético, es necesario entender una concepción en la que el edificio supera su papel de consumidor de energía para convertirse en una infraestructura energética urbana, capaz de generar, recibir, almacenar y distribuir energía térmica y eléctrica de forma inteligente, reduciendo el impacto energético y ambiental provocado por el hecho de construir. Y ello sin renunciar a la estética, ni a la transparencia, ni a la ligereza, ni al resto de condicionantes técnicos, espaciales y formales propios de la Arquitectura.

Efectivamente, hoy en día la consecución de un adecuado nivel de confort en los edificios se suele confiar fundamentalmente, a los sistemas convencionales de climatización; en menor medida a los sistemas y soluciones pasivas; y apenas se presta importancia a la influencia de la forma arquitectónica. La eficiencia energética en la edificación exige alterar el orden de estas estrategias y proponer un esquema inverso, donde la mayor parte del confort se consiga gracias a la forma, la proporción, los materiales y la orientación elegidos; en menor medida, pero de forma decidida, a los sistemas pasivos, que aprovechan las condiciones climáticas del entorno; y, por último, a los sistemas activos de alta eficiencia alimentados con energías renovables. Basándose en estos principios, la metodología que debe llevar un diseño que quiera ser eficiente energéticamente deberá seguir la siguiente eco-lógica:

- a) Un estudio climático exhaustivo, con análisis de todas las variables higrotérmicas temperatura, humedad, radiación solar, velocidad y dirección de los vientos dominantes,... - que afectan al proyecto, de forma que desde el primer momento se dispone de datos sobre cuáles pueden ser, a priori, las variables de las que habrá que protegerse, y las que tienen un potencial de aprovechamiento energético.
- b) Del análisis conjunto de estos datos y el resto de condicionantes, debe surgir la primera idea de cómo adecuar programa, forma y lugar. De esta primera fase saldrán ideas que gracias a la comprensión del clima y simplemente con una respuesta sensible a éste, darán lugar a proyectos de baja demanda energética.
- c) A partir de aquí las estrategias de reducción de la demanda se consiguen con medidas pasivas, soluciones bioclimáticas puntuales que han de incorporarse de manera natural al diseño de edificio.
- d) El siguiente paso ha de ser buscar la máxima eficiencia a través de las medidas activas de ventilación y en los sistemas de climatización. De esta forma garantizamos la minimización del consumo energético del edificio.
- e) Finalmente, tras haber diseñado un volumen con muy poca demanda energética para su funcionamiento, y haber previsto los sistemas activos más eficientes para cada situación, se analizarán cuidadosamente las fuentes o recursos locales y las demandas para captar el máximo de la energía necesaria proveniente de fuentes renovables minimizando las energías fósiles con criterios de máxima eficiencia.

Demanda Energética y Consumo Energético

Llamamos demanda energética de un sistema a la energía que necesita para realizar su función. En un edificio, por tanto, la demanda energética será la energía necesaria para que el edificio funcione con los estándares de confort (térmico, lumínico) adecuados, y cumpliendo con todos los requerimientos básicos de su función.

Esta energía es suministrada por un sistema que tiene un rendimiento determinado y, por tanto, la energía que se suministra al sistema no tiene por qué coincidir con la energía consumida. Salvo excepciones (bombas de calor, calderas de condensación,...) se consume más energía que la estrictamente requerida por el sistema para suministrar la demanda. A la energía consumida por el equipo para satisfacer la demanda es lo que llamamos Consumo. El consumo atiende pues a la relación siguiente entre la demanda y el rendimiento del sistema suministrador de energía.

$$\text{Consumo} = \text{Demanda} / \text{Rendimiento}$$

El objetivo final de la eficiencia energética es reducir el consumo de energía en los edificios, luego para ello podemos

- a) reducir la demanda,
- b) aumentar el rendimiento de los sistemas y
- c) actuar simultáneamente sobre la demanda y los sistemas.

En términos generales, es mucho más eficiente - y también sensiblemente más barato - disminuir la demanda del edificio que aumentar el rendimiento de los equipos, si bien la optimización se consigue realizando ambas acciones simultáneamente.

Por otra parte, para evaluar el impacto real de un determinado equipo, hay que realizar el análisis teniendo en cuenta no sólo energía final que se le ha suministrado para cubrir la demanda, sino que hay que considerar la fuente de energía primaria utilizada para este fin.

En los edificios varía considerablemente la demanda de energía dependiendo de su función, así un edificio comercial presenta una demanda muy diferente, tanto en la calidad como en la distribución temporal, a la de una vivienda. Las necesidades de iluminación en un centro comercial son muy elevadas y la demanda de agua caliente sanitaria (ACS en adelante) es muy baja. Sin embargo, en una vivienda, este tipo de demanda se invierte, En general, la demanda

en los edificios es, básicamente de tres tipos:

- **Térmica**, para satisfacer los requerimientos de ACS, calefacción y refrigeración,
- **Luminosa**, para los requerimientos de confort lumínico,
- **Eléctrica**, para las aplicaciones (diferentes aparatos).

El tipo de energía que se use para satisfacer estas demandas puede ser eléctrica o térmica, y la fuente de energía primaria puede ser fósil, nuclear o renovable.

La demanda energética de un edificio varía ostensiblemente dependiendo de varios factores que básicamente podemos clasificar en los siguientes:

1. La ubicación

La ubicación es clave en el comportamiento de un edificio, ya que determina las características climáticas que influyen en él, afectando a las demandas de calefacción, de refrigeración o de iluminación. Dichas condiciones climáticas se pueden dividir en macroclimáticas y microclimáticas.

Las condiciones macroclimáticas dependen de la zona del planeta donde se encuentre el edificio, es decir, dependen de la latitud, la longitud y la región determinada. Las más importantes son:

- Las temperaturas media, máxima y mínima a lo largo del día durante el invierno y el verano.
- La humedad relativa.
- La radiación solar incidente (directa y difusa).

Las condiciones microclimáticas son aquellas que vienen determinadas por la geografía del lugar, como por ejemplo los accidentes geográficos, y que alteran las condiciones macroclimáticas. Las más importantes son:

- La orografía del terreno, que pueden determinar la accesibilidad solar, y la dirección de los vientos dominantes.
- La existencia de masas de agua cercanas, que reducen las variaciones bruscas de temperatura e incrementan la humedad ambiente.
- La existencia de vegetación.

2. La función

El uso final de un edificio condiciona lógicamente la demanda energética de éste. Un edificio de oficinas tendrá necesidades muy diferentes en calidad y cantidad de energía que una vivienda, un hotel o un hospital. La demanda variará asimismo de forma diferente a lo largo del día.

3. El diseño

El diseño del edificio tiene una enorme repercusión en su demanda energética. Es determinante buscar soluciones que garanticen unas demandas energéticas mínimas cubiertas mediante climatización artificial y que se aproveche al máximo la radiación solar y la iluminación natural.

La forma y proporción del edificio influye determinantemente sobre:

- La superficie de contacto entre el edificio y el exterior, que se ve directamente afectada para la radiación solar y la exposición a los vientos. Es en definitiva un indicador de las pérdidas o ganancias de energía interior hacia el exterior. Cuánta mas superficie de contacto haya, más intercambios térmicos habrá, situación que es en principio favorable en el caso de clima templado y cálidos, y desfavorable en el caso de clima continental.
- La resistencia frente al viento. Cuanto mayor es un edificio, mayor es la resistencia al viento, excepto que haya obstáculos que lo eviten. Una mayor resistencia al viento es bueno en verano, ya que incrementa la ventilación, pero malo en invierno porque favorece las infiltraciones. El proyectista debe jugar con la forma del edificio para conseguir una buena ventilación en verano y unas infiltraciones mínimas durante el invierno.
- La situación de los huecos en la fachada y su tamaño, ya que permitirán una mayor ganancia solar y reducir así la demanda de energía. El proyectista debe buscar las soluciones más adecuadas en cada caso. Por ejemplo, son habituales las fachadas ventiladas, los espacios tapón, las cubiertas aljibe, etc.
- La orientación del edificio determina la captación de energía solar a través de las superficies de vidrio. En general, en climas continentales en vivienda interesa captar cuanta más energía mejor, ya que ayuda a reducir los consumos de calefacción en invierno. Durante el verano es necesario limitar dicha radiación mediante elementos de sombreadamiento, u otras técnicas para que no se produzcan indeseados efectos de sobrecalentamiento. En edificios destinados a oficinas es necesario encontrar el compromiso entre iluminación natural y refrigeración, ya que si entra la luz, entra

también el calor. Las características generales de las principales orientaciones son las siguientes:

- Orientación norte: Sólo recibe radiación solar algunas horas en verano, y ninguna en invierno. Corresponde a la zona más fría de la casa.
- Orientación sur: En invierno, la fachada sur recibe directamente muchas horas a lo largo del día, mientras que en verano la radiación llega más vertical, y la recibe sobre todo la cubierta. La fachada sur en España recibe aproximadamente tres veces más radiación solar en invierno que no en verano. La cubierta por su lado recibe aproximadamente 4,5 veces más radiación en verano que en invierno.
- Las fachadas con orientación este y oeste reciben 2,5 veces más radiación en verano que en invierno. Las fachadas de orientación sureste y suroeste reciben una cantidad de radiación muy similar a lo largo de todo el año. Las orientaciones este y oeste son muy conflictivas durante el verano, sobre todo la orientación oeste, pues a partir del mediodía solar recibe una gran cantidad de radiación, muy difícil de controlar, ya que incide de forma perpendicular sobre la superficie vidriada. Además, durante las horas de la tarde, en verano, la temperatura ambiente ya ha subido de forma considerable, por lo que las condiciones exteriores son más desfavorables. En esta orientación los huecos vidriados deben estar protegidos de la insolación durante el verano. Y por las características geométricas de la incidencia solar, las protecciones horizontales (voladizos, pérgolas vegetales, etc) son poco efectivas en estas orientaciones, siendo preferibles las protecciones verticales, tales como lamas, árboles o similares.

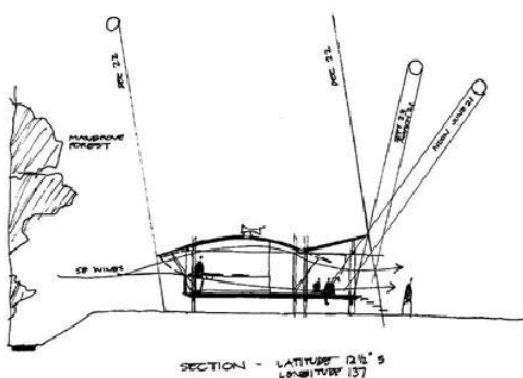


Ilustración 6: Análisis de la incidencia solar y esquema de medidas bioclimáticas - Fuente: Glenn Murcutt

4. La calidad de la construcción

Es evidente que la calidad constructiva afectará directamente al consumo energético. El nivel de aislamiento térmico, la estanqueidad al aire, el tipo de vidrio empleado, los detalles constructivos que eviten los puentes térmicos, etc., determinarán la transferencia de energía entre el edificio y el entorno, y por lo tanto, su demanda energética. En este punto es fundamental hacer un comentario sobre la importancia de la puesta en obra de los elementos y materiales constructivos, ya que unos materiales muy buenos y costosos pueden, si están defectuosamente colocados, tener un comportamiento térmico muy malo, penalizando a todo el edificio en su consumo energético.

5. El comportamiento del usuario

Es uno de los aspectos críticos, y en el cual también podemos actuar. Los hábitos que tengan los diferentes usuarios pueden conllevar diferencias en los consumos energéticos enormes. Hábitos como la temperatura a la que tengan el edificio, la ventilación que realicen, la utilización correcta de los sistemas de protección solar, etc., tienen un impacto enorme. La optimización de la operación del edificio es un factor crítico para la consecución de ahorros de energía, por lo que es especialmente importante actuar en acciones de formación y sensibilización en este sentido.

Todos estos factores harán que la demanda energética del edificio varíe considerablemente, tanto en la cantidad de energía como en la distribución horaria a lo largo del día. Para el acondicionamiento térmico del edificio (calefacción/refrigeración), considerando un edificio convencional entendiendo por tal un edificio construido según las costumbres constructivas de cada lugar, las demandas globales varían dependiendo de todos los factores antes mencionados.

Las demandas energéticas térmicas en vivienda se pueden agrupar en demandas de calefacción, de refrigeración y en ACS. A la hora de analizar las estrategias de reducción de la demanda energética nos centraremos en intentar reducir las demandas de calefacción y refrigeración, tal y como se detalla a continuación:

Estrategias de reducción de demanda de calefacción

Cuando el objetivo es reducir las demandas de calefacción en los edificios, la estrategia consiste en captar la mayor energía solar posible, almacenarla y distribuirla en el edificio, y finalmente conservarla durante las horas en las que no existe esa ganancia solar. Dicho en otras palabras, el

arquitecto debe diseñar un edificio que permita que la radiación solar penetre en su interior, y por otra parte la envolvente térmica debe garantizar, a través del aislamiento de fachadas, vidrios adecuados y estanqueidad en carpinterías, que las pérdidas de energía a través de la envolvente sean las menores posibles.

La acción más inmediata a la hora de reducir la demanda energética es aprovechar al máximo las ganancias solares. Hemos visto como durante el invierno, la fachada sur de los edificios reciben numerosas horas de radiación al día. Si aprovechamos la energía calorífica de esta radiación para calentar el interior de edificio, estaremos necesitando, lógicamente, menos aportes del sistema de calefacción, y por lo tanto, estaremos ahorrando energía. En el informe de European Passive Solar Handbook se hace una clasificación de éstos sistemas de captación pasiva, dividiéndolos en captación directa y captación indirecta.

La **captación directa** es la solución más simple. La radiación solar penetra directamente en los espacios habitados a través de las superficies acristaladas, donde es recogido y acumulado gracias a la inercia térmica de los suelos y las paredes. Una ventana representa el ejemplo más sencillo de este sistema.

Para entender bien este concepto, es necesario refrescar algunos conceptos, como el de **Efecto Invernadero**. Estas aportaciones directas a través de los vidrios se fundamentan en lo siguiente: la longitud de onda de la radiación solar que llega a la tierra se encuentra comprendida generalmente entre 0,3 μm y 3,5 μm .

La mayor parte de los vidrios son permeables a estas longitudes de onda corta, lo que hace que aproximadamente un 80% de la radiación incidente sobre el vidrio lo atraviese, mientras que el otro 20% se refleja o lo absorbe el propio vidrio.

Esta radiación que ha atravesado el vidrio calienta las paredes, el suelo, y en general todas las superficies contra las cuales incide, de forma que estos cuerpos, al calentarse, re-irradian al ambiente una energía que, en esta ocasión es de onda larga (del orden de los 11 μm) frente a la cual el vidrio se comporta como un cuerpo opaco.

De esta forma, el vidrio se comporta como la compuerta de una trampa de calor, de forma que permite la entrada de la energía pero no su salida, calentando el ambiente exterior.

Para que un sistema de captación directa sea eficiente, se debe cumplir que la ganancia de calor en invierno a través de la superficie acristalada sea mayor que las pérdidas por transmisión a

través del vidrio, que no se produzca sobrecalentamiento en verano y, por último, que la contribución neta a las necesidades térmicas del edificio sea importante. Todo esto implica grandes superficies acristaladas de los muros con exposición sur, acristalamiento doble y/o protección nocturna, adecuada capacidad térmica expuesta a la radiación, y protección solar en verano.

Se denomina **captación indirecta** cuando entre la radiación solar y el espacio que se desea calefactar se colocan elementos intermedios que almacenan y, posteriormente, distribuyen la energía.

Así como en el caso anterior, el único fenómeno de transferencia de calor que interviene es la radiación, en este caso cobran importancia capital, además, la conducción y la convección. Se genera entre el espacio a calentar y el exterior un espacio tampón que proporciona al edificio una protección adicional. Parte de la radiación solar entra directamente en el espacio interior, ya que entre el espacio tampón y el interior existen, a su vez, elementos transparentes que permiten la captación solar. Los sistemas más frecuentes son los espacios invernaderos (galerías adosadas) y los atrios.

Todos los componentes poseen una parte masiva que almacena la energía solar captada, emitiendo esta energía en forma de radiación térmica con un desfase temporal (mas tarde) que depende de las características de los materiales empleados. Básicamente existen dos tipos de sistemas: el que exclusivamente tiene un muro masivo, tras un vidrio (el cual produce el efecto invernadero, favoreciendo la absorción de energía del muro) y los que, además, combinan el almacenamiento con la convección introduciendo el aire caliente en el espacio que queremos calentar.



Ilustración 8: Ejemplo de Invernadero. Sede CENER en Pamplona (España) - Fuente: CENER

El aislamiento térmico

La influencia del aislamiento térmico es decisiva para obtener edificios energéticamente eficientes. Con unos niveles de aislamiento mayores a los normativos actualmente, podríamos ahorrar mucha energía en los edificios, sobre todo en los que tengan importantes demandas de calefacción.

Además, es interesante tener presente que el aislamiento térmico es la medida que probablemente tenga una mejor relación coste / eficacia.

Los materiales de aislamiento térmico son aquellos que presentan una elevada resistencia al paso de calor. Hemos visto que la propiedad física que mide la capacidad aislante es la conductividad térmica, λ . Cuanto más bajo sea su valor más capacidad aislante tiene el material. Se considera un material aislante térmico aquel cuyo valor de λ es menor a 0,06 W/m.K referidos a 10 °C. La conductividad térmica es una característica intrínseca de cada material.

Otra característica que se utiliza para evaluar el aislamiento es la resistencia térmica, que ya se ha explicado anteriormente, y que recordamos que se define como el cociente entre el espesor y la conductividad térmica del material. Esta propiedad es característica de cada producto (tipo de material y espesor). Cuanto mayor sea el valor de la resistencia térmica mayor es la capacidad aislante del producto.

Por último, para definir el aislamiento que presentan los cerramientos de un edificio hay que utilizar la transmitancia térmica (valor U). Los cerramientos del edificio en contacto con el aire exterior (muros de fachada, cubiertas, suelos) suelen poseer varias capas o productos y el valor U caracteriza el cerramiento, ya que es la inversa de la suma de resistencias térmicas de todas las capas que componen el cerramiento y las resistencias térmicas superficiales tanto exterior como interior. Cuanto menor es el valor de U, más difícil será atravesar el calor a través del mismo, por tanto, mayor aislamiento poseerá dicho cerramiento.

El Centro Nacional de Energías Renovables - CENER realizó un estudio muy interesante que identificaba el espesor de aislamiento matemáticamente óptimo para cada una de las zonas climáticas y capitales de provincia españolas. Puede descargarse en www.cteplus.es.

Reducción de las infiltraciones

La diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de un edificio genera un flujo de aire constante a través de grietas, juntas entre materiales, etc. El volumen de aire infiltrado dentro del edificio dependerá de la superficie total de estas pequeñas aberturas o juntas, así como el gradiente térmico, y el grado de exposición al viento de la fachada. Las infiltraciones tienen un impacto muy importante tanto en el nivel de eficiencia energética del edificio, como en el confort de sus usuarios. Resulta evidente que cuando la temperatura exterior es baja, tener un ingreso de aire frío dentro del edificio aumentará las cargas de calefacción, así como a la sensación del confort de los usuarios que se sitúen cerca de dichas infiltraciones.

Sin embargo, como es habitual cuando hablamos de eficiencia energética en la edificación, el impacto de las infiltraciones dependerá de la zona climática en la que se encuentre el edificio.

En climas fríos, el control de las infiltraciones puede convertirse en un factor clave de ahorro energético. Es recomendable sellar al máximo los edificios y controlar las renovaciones de aire por medio de sistemas mecánicos de flujo constante con el objetivo de reducir las pérdidas de calor. Es una de las estrategias principales del estándar Passiv Haus, que basa la eficiencia energética de los edificios en un control máximo de sus infiltraciones, limitándolo en 0.6 renovaciones de aire por hora. Este estándar constructivo es muy interesante y se recomienda profundizar sobre él.

Sin embargos, en climas suaves, este aspecto no es tan relevante en cuanto a la eficiencia energética, e incluso en climas cálidos y húmedos pudiera suponer una ventaja el hecho de aumentar la tasa de ventilación del edificio. Es responsabilidad del proyectista evaluar la estanqueidad idónea para cada proyecto.

Vidrios de baja emisividad

Hemos visto como las superficies de vidrio permiten las ganancias solares, permitiendo a la radiación solar atravesarlas calentando el edificio. Sin embargo, en ausencia de radiación solar directa, y cuando las temperaturas exteriores son bajas, los huecos son un elemento delicado, porque a través suyo se producen una gran cantidad de pérdidas de energía hacia el exterior, al tener, lógicamente una mayor constante de conductividad térmica (λ) que un cerramiento opaco masivo.

Por esta razón es interesante la utilización de vidrios bajo emisivos en climas fríos. Los vidrios

bajo emisivos o Low-E, por su contracción en inglés, es un vidrio desarrollado para reducir las pérdidas de calor desde el interior. Los vidrios bajo emisivos son vidrios monolíticos sobre los que se ha depositado una capa de óxidos metálicos extremadamente fina, del orden de nanómetros, proporcionando al vidrio una capacidad de aislamiento térmico reforzado.

Los vidrios bajo emisivos están ensamblados en un acristalamiento doble (o triple), y la superficie en la que se ha aplicado la capa de óxidos metálicos ha de quedar dando a la cámara de aire.

La industria del vidrio está avanzando rápidamente, y ya podemos encontrar en el mercado vidrios bajo emisivos que, junto con un relleno de gas argón en la cámara de aire, alcanza conductividades térmicas inferiores a 1, similares a la que pudiera tener un paño de cerramiento opaco de baja calidad constructiva.

Sistemas de recuperación de calor

Una medida que puede tener un gran impacto en el ahorro energético sobre todo en climas fríos, pero también en climas cálidos es la instalación de un sistema de recuperación de calor. Los recuperadores de calor permiten la renovación del aire interior de un local conservando y recuperando la energía utilizada para climatizar este aire.

El recuperador de calor funciona mediante la combinación de dos ventiladores centrífugos de bajo nivel sonoro, donde uno de ellos realiza la extracción del aire viciado del interior del local hacia la calle, y el otro impulsa aire fresco del exterior hacia el interior del local. Los dos circuitos se cruzan sin mezclarse, en un intercambiador de placas, donde el calor del aire saliente, se transfiere al aire fresco del exterior y lo calienta.

De esta forma conseguimos recuperar un alto porcentaje de la energía utilizada para calentar o enfriar el aire del interior del local, y reutilizarla. Sin la utilización del recuperador, esta energía se perdería totalmente. También es una de las estrategias principales del estándar Passiv Haus.

Estrategias de reducción de demanda de refrigeración

En los climas continentales como en el que nos encontramos en España, lo habitual es tener demandas de energía térmica tanto para calefacción como para refrigeración. Hemos visto como la estrategia en invierno es captar el máximo de energía, almacenarla y conservarla. En verano, la estrategia fundamental es evitar el sobrecalentamiento del edificio minimizando la radiación

solar sobre los vidrios de fachada, ventilando y refrigerando el edificio cuando la temperatura exterior descienda, y reduciendo las cargas internas, sobre todo en el sector terciario.

Protecciones solares

Las protecciones solares del hueco acristalado son sin duda la medida más eficaz y rentable económicamente para reducir las demandas energéticas de refrigeración, especialmente en edificio de oficinas con un ratio vidrio/opaco elevado.

Una vez más, los arquitectos nos encontramos con el problema de diseñar una protección solar que reduzca la radiación incidente sobre el hueco en verano, pero que permita la captación energética en invierno. Esto se consigue mediante la utilización de dos tipos de protecciones: fijas o móviles, aunque también se pueden considerar el efecto de árboles u otro tipo de elemento vegetal.

En la orientación sur son muy eficaces los elementos horizontales fijos integrados en el diseño arquitectónico - voladizos, lamas horizontales, pérgolas, etc. Sin embargo, este tipo de protecciones no son eficaces en las orientaciones este y oeste. Debido a la baja altura solar en esas orientaciones, la radiación llega al edificio muy horizontal, y no es bloqueada por un voladizo horizontal. En estas orientaciones lo más eficaz es colocar protecciones móviles, o bien fijas en forma de lamas verticales.



Ilustración 9. Ejemplo de protecciones solares en viviendas en Madrid - Fuente: FOA

El dimensionado de las protecciones solares fijas depende de la orientación de la ventana considerada (y también de la latitud).

Una posibilidad interesante es la de integrar en los elementos de protección solar, los sistemas de captación de energía solar, de forma que un solo elemento nos proteja de la radiación solar y a la vez, esté captando o generando energía.

Por último, y aunque resulte una obviedad, recordar que en caso de trabajar con árboles como protección solar, las especies deberán ser de hoja caduca, de forma que protejan de la radiación solar en verano, pero permitan las ganancias solares en invierno.



Ilustración 10. Ejemplo de protecciones móviles - Fuente: CENER

Estrategias de Ventilación y refrigeración

Una de las estrategias más interesantes a la hora de reducir las cargas de refrigeración es el uso de la ventilación de los edificios. La entrada de aire a temperatura inferior a la de confort favorece la disipación del calor acumulado en la masa térmica, “descargando” térmicamente el edificio y actuando también sobre la sensación de confort de los ocupantes, aumentando la evapotranspiración.

La acción del viento sobre la envolvente del edificio genera diferencias de presión (positivas o negativas) producidas al intentar el flujo de aire superar el obstáculo que supone el edificio, y que encuentran un “atajo” en las aberturas que hubiera en la envolvente, provocando corrientes de aire en el interior del edificio.

Como es lógico, cuando exista carga de calefacción, la ventilación solo será deseable cuando la temperatura exterior sea inferior a la temperatura de confort; cuando por medio del movimiento del aire sea posible disipar cargas internas y ganancias solares o cuando sea necesario reducir los niveles de humedad o de contaminación del aire.

Un parámetro de diseño que el proyectista ha de tener en cuenta es la ubicación de los puntos de entrada de aire del exterior. La radiación incidente sobre cada fachada, la exposición a los vientos dominantes, la presencia de vegetación, agua o zonas de alta carga interna pueden hacer variar sensiblemente la temperatura del aire de ventilación.

Existen diferentes tipos de ventilación. A continuación vamos a detallar las más interesantes en este contexto de construcción sostenible:

Ventilación simple: es la que se produce a través de una única fachada. No es una estrategia eficiente, ya que tiene escaso potencial de ventilación, al no existir otra abertura que permita la salida del aire y por lo tanto, el flujo pasante. En cualquier caso, es siempre preferible la apertura de dos huecos en una fachada, aunque sean de menor tamaño, que de un solo hueco, aunque sea de mayores dimensiones.

Ventilación cruzada: La ventilación cruzada es una de las estrategias fundamentales para reducir las cargas de refrigeración. Consiste en disponer de las estancias ventiladas de una entrada de aire fresco, y una salida de aire caliente y viciado. Por eso, si se persigue un edificio de elevada eficiencia energética, el arquitecto tendrá que diseñar los espacios previendo cuales podrían ser los flujos de ventilación, y adecuando los espacios, aberturas y salidas de aire de forma que se consiga la mayor eficiencia.

En este punto, es importante recalcar que, si bien en el diseño de viviendas, la experiencia y la intuición del arquitecto pueden ser suficientes para diseñar un buen sistema de ventilación cruzada, el edificios de oficinas y sector terciario en general, el problema se complejiza mucho, debido a la gran cantidad de variables que influyen en la ventilación, siendo indispensable la simulación del efecto de la ventilación con programas informáticos de fluidodinámica.

La ventilación mecánica: consiste en inducir el flujo de aire mediante algún tipo de dispositivo mecánico. Esta es una importantísima vía de investigación al basarse en componentes de gran efectividad sobre el confort, con grandes posibilidades de individualización, bajo coste y consumo mínimo (un ventilador doméstico tiene un consumo equivalente al de una bombilla incandescente: 60-140 W).

Los sistemas de ventilación mecánica no deben plantearse como alternativa a los sistemas de acondicionamiento natural o artificial. Su diseño integrado puede permitir un amplio abanico de posibilidades de combinación y coordinación entre sistemas de acondicionamiento que multipliquen la eficiencia global.

Existen principalmente dos tipos de sistemas: aquellos que por medio de una red de conductos toman el aire del exterior y lo introducen en cada uno de los espacios y aquellos únicamente destinados a hacer recircular el aire del interior de los locales.

Los primeros se asocian habitualmente a la renovación o la climatización del aire interior con el objetivo de mantener la calidad de este. Se componen de ventiladores, filtros, una red de conductos de impulsión o extracción y unos elementos terminales o difusores.

Los ventiladores por el contrario tienen como objetivo la manipulación de la velocidad del aire interior sin modificar sus condiciones de temperatura o humedad, generando o direccionando corrientes de aire, desestratificando bolsas de aire frío o caliente, incrementando el intercambio convectivo entre la corriente y la masa interior o reduciendo la temperatura de sensación de los ocupantes.

Enfriamiento gratuito

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, obliga a incorporar un sistema de enfriamiento gratuito (también conocido por su denominación en inglés, free cooling), basado en la inyección de aire exterior en aquellos sistemas todo aire cuyo régimen de funcionamiento exceda de 1000 horas/año. El ahorro de energía que comportan es considerable en grandes instalaciones gracias al aprovechamiento de las energías del entorno siempre que esto sea posible.

El sistema funciona de la siguiente forma: La admisión de aire exterior se basa en la comparación de entalpías. Si la energía contenida en el aire exterior (entalpía) es netamente inferior a la del aire interior, se renueva completamente el aire interior sin consumo de energía por parte de los compresores.

En el caso de que la entalpía exterior sea inferior a la interior, se fuerza una renovación parcial del aire con un consumo energético para su climatización ajustado en todo caso al mínimo necesario.

La ventilación nocturna consiste en el establecimiento de corrientes de aire, de forma natural o mecánica, con el objetivo de refrigerar el interior durante la noche aprovechando el descenso de las temperaturas.

Estrategias de eficiencia energética en iluminación

Iluminación Natural

El Código Técnico de la Edificación hace obligatorio el aprovechamiento de la luz natural, mediante la instalación y utilización de sistemas de control y regulación, en aquellas zonas en

las que la aportación de luz natural así lo permita. Por esta razón, lo que antes era exclusivamente una elección del proyectista es ahora obligación normativa.

La optimización en el empleo de la luz natural conlleva un ahorro energético importante, sobre todo en el sector terciario, y concretamente en los edificios de oficinas, y por otra parte, su utilización contribuye de manera fundamental al confort lumínico y por tanto a la calidad ambiental de los edificios.

La presencia de luz natural depende de la profundidad de la habitación, el tamaño y localización de las ventanas y techos de luz, el sistema de acristalamiento y cualquier obstrucción externa. Normalmente estos factores se fijan en la etapa inicial de diseño del edificio. Una planificación y diseño apropiados en esta primera etapa pueden producir un edificio que será más eficiente energéticamente.

La orientación de los huecos en fachada es importante. Los más adecuados son los orientados hacia los puntos en los que se capte exclusivamente radiación difusa; en general el norte. Si penetra radiación directa en zonas donde se pretende aprovechar como iluminación natural, los efectos de deslumbramiento que conllevará serán muy negativos y no será posible su aprovechamiento.

Como arquitectos debemos encontrar un equilibrio entre los aspectos térmicos y lumínicos, entre captación pasiva, protección solar, e iluminación natural. En este sentido, es interesante desde el punto de vista arquitectónico diseñar dispositivos de transformación de la radiación directa en difusa. Un modo de evitar la entrada de la radiación directa es proteger el hueco con un elemento que al tiempo actúe reflejando la radiación hacia el interior del local, pero en forma difusa.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía - IDAE ha editado unas interesantes guías técnicas sobre iluminación que se aconseja su estudio.

Iluminación Artificial

Un sistema de alumbrado energéticamente eficiente permite obtener una importante reducción del consumo, sin necesidad de disminuir sus prestaciones de calidad, confort y nivel de iluminación.

Una de las exigencias básicas del CTE es la HE 3 - Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación donde se fijan, por primera vez en la normativa española, unos requisitos para las

instalaciones de iluminación.

Establece que los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente, contando con un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como un sistema de iluminación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en aquellas zonas que reúnan unas condiciones adecuadas. Los apartados principales que incluye son:

- Valores de eficiencia energética mínima para cada tipo de edificio y utilización. El parámetro utilizado para medir esta eficiencia es el Valor de Eficiencia Energética: $VEE = 1 \text{ W/m}^2$ por cada 100 lux.

Los valores exigidos están dentro de los estándares actuales en oficina, con iluminación fluorescente y alta frecuencia, pero supone un gran avance en otras instalaciones hoy en día menos eficientes como escuelas, hoteles, etc.

- Sistemas de control y regulación: hace obligatorio el uso de sistemas de control básicos para cada zona (prohíbe explícitamente que el encendido y apagado se haga en exclusiva desde los cuadros eléctricos), detección de presencia en zonas de uso esporádico y regulación en las luminarias más cercanas (a una distancia de 3 m o inferior) a las ventanas en función de la luz natural.

Con este punto se hace imprescindible contar con un sistema de gestión de alumbrado en el edificio. En el caso de edificios pequeños será muy interesante la utilización de sistemas de control incorporados a las luminarias.

- Diseño y dimensionado de la instalación: con objeto de garantizar la calidad de la instalación de alumbrado se indican los datos mínimos que deben incluir los proyectos y los parámetros de iluminación se confían a la Norma UNE 12464-1, relativa a “Iluminación de los lugares de trabajo en interior”, con lo que se convierte en norma de obligado cumplimiento.
- Características de los productos de la construcción: en este apartado se establecen los valores máximos de consumo para cada tipo de punto de luz. Para las lámparas fluorescentes se confirman los valores recogidos en el Real Decreto 838/2002, del 2 de agosto, que establece que desde 2007 no se pueden comercializar balastos que no sean de bajas pérdidas o alta frecuencia.

- Todas las luminarias deberán contar con un certificado del fabricante que acredite la potencia total consumida.
- Mantenimiento y conservación: se hace obligatorio que todas las instalaciones tengan un plan que garantice el mantenimiento de los niveles de eficiencia energética y los parámetros de iluminación. Este documento incluirá, entre otras informaciones, el período de reposición de las lámparas y la limpieza de las luminarias.

En la eficiencia de la iluminación influyen:

- Eficiencia energética de los componentes (lámparas, luminarias, equipos auxiliares).
- Uso de la instalación (régimen de utilización, utilización de sistemas de regulación y control, aprovechamiento de la luz natural).
- Mantenimiento (limpieza, reposición de lámparas).

Elección de los Componentes

En función de las necesidades del local a iluminar, se eligen las fuentes de luz, equipos auxiliares y luminarias.

Elección de Fuentes de Luz: Además de por sus características luminotécnicas, las fuentes de luz han de elegirse por su eficacia luminosa, es decir por la cantidad de energía eléctrica que convierten en flujo luminoso. Por ejemplo, las lámparas incandescentes presentan una eficacia luminosa es muy baja, en torno al 2%. La Comisión Europea prohibió en 2009 la comercialización de este tipo de lámparas, debido a su baja eficiencia.

Elección del equipo auxiliar

El equipo auxiliar influye de forma determinante en la eficiencia energética del conjunto. Los balastos electrónicos ofrecen numerosas ventajas respecto a los electromagnéticos, tanto en confort de iluminación como en lo que a ahorro energético se refiere:

- Reducción del 25 % de la energía consumida, respecto a un equipo electromagnético.
- Incremento de la eficacia de la lámpara.
- Incremento de la vida de las lámparas hasta del 50 %.
- Aumento del confort general, con luz más agradable, sin parpadeo ni efecto estroboscópico, y eliminándose los ruidos producidos por el equipo electromagnético.
- Posibilidad de conectarse a sensores de luz y ajustar en automático la intensidad de luz

de la lámpara, y mantener un nivel de luz constante.

Elección de las luminarias

La distribución de la luz puede tener dos funciones diferenciadas, una funcional donde lo importante es dirigir la luz de forma eficiente, y otra decorativa para crear un determinado ambiente y resaltar ciertos elementos. Una iluminación adecuada y eficiente conseguirá un compromiso entre ambas funciones.

El empleo de más de un tipo de luminarias, unas para proporcionar una iluminación ambiental general y otras para una iluminación localizada, permite adaptarse de una forma más eficiente a las necesidades del local o habitación.

Además, hay que tener en cuenta el rendimiento de la luminaria, de forma que refleje y distribuya mejor la luz, ya que cuánto mayor rendimiento menor potencia será necesario instalar. Las luminarias con reflector de aluminio de tipo especular son las de mejor rendimiento.

Sistemas de regulación y control

Los sistemas de regulación y control apagan, encienden y regulan la luz según interruptores, detectores de movimiento y presencia, células fotosensibles o calendarios y horarios preestablecidos. Permiten un mejor aprovechamiento de la energía consumida, reduciendo los costes energéticos y de mantenimiento, además de dotar de flexibilidad al sistema de iluminación. El ahorro energético conseguido al instalar este tipo de sistemas puede ser muy relevante.

Como no todas las zonas requieren el mismo tratamiento, es importante controlar las luminarias de cada zona mediante circuitos independientes. Por ejemplo, las luminarias que se encuentren próximas a las ventanas deben poder regularse en función de la luz natural de distinta forma que el resto de las luminarias de una sala o habitación.

El sistema de control más sencillo es el interruptor manual. Su uso correcto, apagando la iluminación en periodos de ausencia de personas, permite ahorros significativos, más aún cuando en una misma sala hay varias zonas controladas por interruptores distintos de forma que una pueda estar apagada aunque otras estén encendidas.

Existen interruptores temporizados que apagan la iluminación tras un tiempo programado y que son más convenientes en lugares dónde las personas permanecen un tiempo limitado. Por ejemplo, el hall de un edificio de viviendas o los servicios o escaleras de un edificio de oficinas. Los detectores de presencia o movimiento encienden la iluminación cuando detectan movimiento y lo mantienen durante un tiempo programado. Son muy útiles para zonas de paso o permanencia de personas durante poco tiempo.

Por ejemplo, en un edificio de viviendas se obtiene un elevado ahorro al instalar estos detectores en las escaleras, de forma que la iluminación se vaya encendiendo por zonas en lugar de encenderse todas las plantas a la vez.

En los edificios del sector terciario, por ejemplo edificios de oficinas o edificios comerciales, en los que existe un horario definido, es posible encender y apagar la iluminación automáticamente por control horario, en función de los distintos días de la semana, incluyendo los tiempos libres (comidas, etc.), haciendo distinción entre fines de semana y días laborables, o incorporando periodos festivos.

En estos edificios destinados a usos múltiples (oficinas, hoteles, etc.) es interesante disponer de un sistema que permita el manejo y el control energético de las instalaciones de iluminación, de forma similar a los implantados para otras instalaciones como las de climatización. El control centralizado, compuesto por detectores (células fotoeléctricas, detectores de presencia, etc.) y por una unidad central programable, supone una serie de ventajas, entre las que destacan:

- Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, bien sean manuales o automáticas.
- Modificación de circuitos de encendido a nivel central sin obras eléctricas.
- Monitorización de estado de los circuitos y consumos de los mismos.

Sección 4. Sistemas de climatización

Se denomina sistema de climatización a aquel que es capaz de controlar la calidad del aire interior para que permanezca dentro de unos valores de confort razonables de los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Humedad

- Calidad del aire interior

En consecuencia, este sistema debe ser capaz de actuar sobre el aire interior para enfriarlo y calentarlo, filtrarlo y renovarlo introduciendo en el local interior aire procedente del exterior. Los componentes de un sistema de climatización son: a) el Lazo primario, encargado de producir calor y/o frío para ser suministrado a los sistemas terminales del sistema de climatización. También se incluyen dentro del lazo primario los sistemas de distribución y acumulación de energía. b) Lazo secundario, donde se realiza el aprovechamiento del fluido caloportador para calentar o refrigerar el aire.

A continuación se desarrollan aquellos equipos y sistemas del lazo primario que son especialmente relevantes debido a su elevada eficiencia y/o utilización de fuentes de energía renovables.

La caldera

Una caldera es una estructura metálica en la que se distinguen dos partes que no permiten el paso de materia pero si de energía (“membrana diatermana”), por una de ellas circula el humo caliente producto de la combustión y por la otra circula el fluido caloportador que posteriormente distribuirá la energía al lugar de consumo.

La parte por la que circula el humo se subdivide a su vez en dos partes:

- El hogar, donde se instala el quemador y se produce la combustión. Se realiza el primer intercambio térmico entre el fluido caloportador y los humos.
- Los pasos de humos en donde se completa la transferencia de energía entre el fluido caloportador y los humos. La superficie de intercambio entre el fluido caloportador y los productos de la combustión (PDC en adelante), que es la forma técnica de llamar a los humos, es metálica (usualmente de fundición o de acero) por lo que el coeficiente de conducción es muy elevado.

A continuación, y debido a su interés por los elevados rendimientos que pueden alcanzar, se desarrollará el tema de las calderas de condensación:

Calderas de condensación

En este caso más que una evolución tecnológica del diseño de la caldera, se puede decir que ha sido una evolución de la calidad de los materiales. Consiste en fabricar la superficie de

intercambio entre los PDC y el fluido caloportador con una material que resista el efecto corrosivo de los condensados.

La técnica de condensación constituye una eficaz forma de convertir, a través de la combustión, gas natural o gasóleo en calor útil. La técnica de condensación sigue el principio de funcionamiento de no superar en caldera la temperatura necesaria para cubrir las necesidades reales de calefacción.

El proceso de condensación fuerza que los gases de combustión condensen y de esta forma se aproveche la energía latente en el vapor de agua para convertirla así en calor sensible. Además, se reducen considerablemente las pérdidas por humos a través del sistema de salida de gases procedentes de la combustión, dado que se consigue una reducción de la temperatura de humos de más de 100°C con respecto a las calderas de baja temperatura.

La combustión de gasóleo o gas natural, produce, debido a la reacción con el aire, oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). Si las temperaturas en las paredes de las superficies de intercambio térmico del lado de humos descienden por debajo del punto de rocío del vapor de agua, se forman condensados.

Poder calorífico superior e inferior

El Poder Calorífico Inferior (P.C.I.) define la cantidad de calor liberado tras una combustión completa cuando el producto de la misma contiene vapor de agua. El Poder Calorífico Superior (P.C.S.) define la cantidad de calor liberado tras una combustión completa, incluyendo el calor de evaporación contenido en el vapor de agua de los gases de combustión. La siguiente tabla resume las características del combustible más importantes para el aprovechamiento de la condensación.

	PCI Kcal/Nm ³	PCS Kcal/Nm ³	PCS-PCI Kcal/Nm ³	PCS/PCI
Metano (CH ₄)	8570	9530	960	1,11
Gas natural	9400	10410	1000	1,11
Gas propano	23160	25190	2303	1,09
Gas butano	28700	31140	2440	1,08
Gasóleo (1)	10200	10870	670	1,06

(1) Kcal./Kg.

Tabla 1: PCS y PCI de diferentes combustibles - Fuente: El instalador

En la tabla se observa como la diferencia entre PCS y PCI es el contenido energético del vapor de agua producido en la combustión. Queda patente que cuanto mayor sea esta diferencia más capacidad de aprovechamiento puede obtenerse en el proceso de condensación. Por lo tanto, siempre que sea posible se deberá utilizar gas natural, dado que de entre los combustibles indicados, es el gas natural el que posea una mayor capacidad de aprovechamiento de calor de condensación.

Temperaturas de trabajo de la tecnología de condensación

Tal y como se ha visto en el apartado anterior, la técnica de condensación trata de reducir al máximo la temperatura de los humos de cara a enfriarlos por debajo de su punto de rocío. Esto se consigue reduciendo la temperatura media de la caldera de producción. La condensación se aprovecha íntegramente en los sistemas de calefacción cuya temperatura de retorno sea reducida. Esto permite extraer la mayor cantidad de calor de los productos de la combustión.

Las ventajas de la técnica de condensación son especialmente visibles justo en estas situaciones de baja carga: la caldera estándar genera pérdidas considerables a medida que disminuye la carga de trabajo, porque la temperatura de caldera tiene que mantenerse alta incluso cuando las temperaturas requeridas al sistema de calefacción sean bajas. El porcentaje de las pérdidas

por radiación en relación con el volumen total de energía utilizada aumenta considerablemente y provoca una reducción del rendimiento estacional.

Comparativamente, las calderas de condensación muestran un rendimiento estacional especialmente positivo en situaciones de baja carga, puesto que el efecto de la condensación es más efectivo con bajas temperaturas del agua de caldera.

La siguiente figura recoge una comparación del rendimiento estacional de diferentes tipos de calderas.

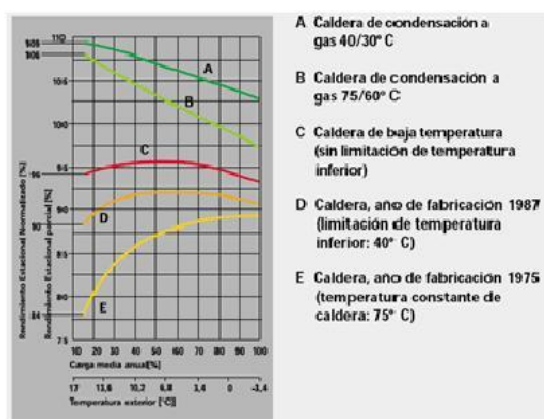


Ilustración 11. Rendimiento estacional de distintas tecnologías de calderas - Fuente: www.viessman.es

La tecnología actual de las calderas de condensación es fruto de varias décadas de desarrollo, siendo hoy en día, soluciones fiables y contrastadas. No obstante el hecho de ser una tecnología relativamente reciente en comparación con las calderas tradicionales, el uso e instalación de estas calderas necesitará aun de algún tiempo para alcanzar el nivel de conocimiento de las convencionales.

Calderas de Biomasa

La biomasa es una fuente primaria de energía que tiene una gran diversidad de aplicaciones finales, aunque en la actualidad solamente algunas de éstas pueden considerarse en una fase de desarrollo avanzada para su utilización comercial. Mientras en la generación de energía eléctrica todavía no tiene una clara rentabilidad, el funcionamiento y economía de los sistemas para producción de calor y agua caliente sanitaria están totalmente demostrados desde hace algunos años.

Aunque existe una gran variedad de biomasa, los tipos de biomasa más empleados para sistemas

de calefacción son: leña, astillas, pellets, briquetas y los residuos agroindustriales como los huesos de aceituna, cáscaras de frutos secos (almendra, piña, etc.), poda de vid, etc.

Los tipos de combustible más convenientes para los sistemas de calefacción de biomasa en grandes edificios son los pellets, las astillas de madera y los residuos agroindustriales como los orujillos, las pepitas de uva o las cáscaras de almendra.

	PCI _{sup} (MJ/kg)	Humedad (%h.h.)	Uso	Prede (€/t)
Leña	14,4 -16,2	20 - 60	Doméstico	90 -120
Astillas	14,4 -16,2	20 - 60	Doméstico Residencial Industrial	36-80
Pellets	18 -19,5	< 12	Doméstico Residencial	150-300
Briquetas	18 -19,5	< 12	Doméstico	150-300
Hueso de aceituna	18	12 - 20	Doméstico Residencial Industrial	60
Cáscara de frutos secos	16,7	8 - 15	Doméstico Residencial Industrial	60
Poda de olivar	17,2	20 - 60	Doméstico Residencial Industrial	36 -50
Poda de vid	16,7	20 - 60	Doméstico Residencial Industrial	36 -60

Tabla 1: Propiedades de diferentes tipos de biomasa - Fuente: www.idae.es

Tanto los pellets como las astillas o los residuos agroindustriales tienen ventajas y desventajas. Es importante considerarlas cuando hay que tomar una decisión sobre la elección del combustible.

- **Astillas de madera**

- *Ventajas*

- Pueden estar disponibles localmente
- La producción fomenta el empleo local
- Económicamente más baratas que los pellets

- *Desventajas*

- Requieren un mayor espacio para el almacenamiento
- Alta calidad y uniformidad son importantes, pero difíciles de asegurar
- Mayor demanda de personal para la operación y mantenimiento de la planta Pellets

- **Pellets**
 - *Ventajas*
 - Combustible estandarizado con alta fiabilidad de operación
 - Requieren menor espacio para el almacenamiento
 - Menor esfuerzo para la operación y mantenimiento de la planta
 - *Desventajas*
 - Menores beneficios para la economía local
 - Alto coste del combustible
- **Residuos Agroindustriales**
 - *Ventajas*
 - Pueden estar disponibles localmente
 - Económicamente más baratos que los pellets y las astillas
 - Menor esfuerzo para la operación y mantenimiento de la planta que las astillas
 - *Desventajas*
 - Requieren un mayor espacio para el almacenamiento
 - Pueden dar problemas de emisiones o corrosión de la caldera
 - Mayor demanda de personal para la operación y mantenimiento de la planta que los pellets

Un metro cúbico de pellets tiene cuatro veces la energía del contenido de un metro cúbico de astillas secas, por ello, el almacenamiento necesario es menor. Algunas calderas en el mercado tienen dos sistemas incorporados, uno para pellets y otro para astillas, con un sistema electrónico de control que adapta los parámetros de combustión según la selección del combustible. Esta flexibilidad en el combustible puede ser útil y económica. En este caso, el almacenamiento y el sistema de recuperación del combustible deben diseñarse para la operación con ambos combustibles.

Tipos de calderas de biomasa

Las calderas de biomasa son equipos compactos diseñados específicamente para su uso, ya sea doméstico en viviendas unifamiliares, edificios de viviendas o comerciales, existiendo también modelos para instalaciones industriales. Todas ellas presentan sistemas automáticos de encendido y regulación e, incluso algunas, de retirada de cenizas, que facilitan el manejo al usuario. Para aplicaciones de calefacción doméstica o comercial, estos equipos son de potencia baja a media, hasta 150-200 kW. Este tipo de sistemas alcanzan rendimientos entre el 85 y 92%, valores similares a los de las calderas de gasóleo o de gas.

Actualmente se están extendiendo cada vez más las calderas de pellets. Debido a las características de este combustible: poder calorífico, compactación, etc., las calderas diseñadas para pellets son muy eficientes y más compactas que el resto de calderas de biomasa.

Para la elección de una caldera de este tipo se debe tener en cuenta una serie de características:

- Fiabilidad del sistema.
- Rendimiento de la combustión de la caldera. Cuanto más alto sea éste, el consumo será menor y mejorará la eficiencia.
- Bajas emisiones de CO (por debajo de 200 mg/m³) y bajas emisiones de polvo (por debajo de 150 mg/m³).
- Cumplimiento de la normativa de emisiones de gases y partículas
- Sistema de regulación y control sencillo para el usuario.
- Automatización del sistema de limpieza o mínima necesidad de limpieza.
- Posibilidad de telecontrol de la operación de la caldera por el suministrador de la misma o por el usuario.
- Fácil mantenimiento y operatividad de la caldera.
- Buenos servicios técnicos.
- Garantía de suministro de combustible.

Un sistema de climatización con biomasa consta además de una de equipos o sistemas principales:

- Almacén de combustible: silo, tolva.
- Sistema de alimentación: tornillo sinfín, neumático o gravedad.
- Caldera: cámara de combustión, zona de intercambio, cenicero y caja de humos.
- Chimenea: similar a la de un sistema convencional, aunque de un diámetro ligeramente

mayor, debido a que el volumen de humos es mayor porque la humedad de la biomasa al arder se convierte en vapor de agua.

- Sistema de distribución de calor: igual que un sistema convencional.
- Sistema de regulación y control: igual que un sistema convencional en cuanto a la interfaz del usuario.
- De forma complementaria, la caldera se puede conectar a un sistema de producción de frío por absorción, que alimente al sistema de refrigeración.

Se han hecho grandes avances respecto al aumento del rendimiento y en la reducción de las emisiones de partículas y monóxido de carbono CO. Los avances se han alcanzado particularmente en el diseño de la cámara de combustión, en el suministro del aire de combustión y en los sistemas de control automático del proceso de la combustión. El estado actual de la tecnología de las calderas automáticas parece haber aumentado su rendimiento de un 60 % a un 85 - 92 % durante la década pasada y se ha logrado una disminución de las emisiones del CO desde valores del rango de 5.000 mg/m³ hasta valores de 50 mg/m³. El rendimiento anual, la relación entre el contenido en energía del combustible utilizado y la energía suministrada realmente al edificio, fue medido en un estudio danés, resultando como valor medio el 78 % para las instalaciones de calefacción de biomasa en grandes edificios.

Sin embargo, existen diferencias significativas en la calidad de los productos entre los distintos países que componen el mercado europeo. Es muy importante seleccionar, para la calefacción, las calderas cuya tecnología sea más avanzada y que se adapten a los requisitos del alto rendimiento. Las calderas de biomasa convencionales, diseñadas para el uso en la industria de madera o en usos agroindustriales, pueden generar emisiones significativas, tener un rendimiento más bajo, necesitar un mayor mantenimiento y su funcionamiento tiene menos fiabilidad de la necesaria en el sector doméstico o terciario.



Ilustración 12: Caldera comercial de biomasa - Fuente: www.KWB.at

Las calderas de biomasa convencionales alcanzan unos rendimientos nominales por encima del 90%, disminuyen unos puntos en condiciones de carga parcial. Estos valores son ligeramente inferiores a las calderas convencionales de gas.

En la técnica de condensación, los rendimientos alcanzan cifras del 103% sobre el PCI. Igualmente, valores ligeramente inferiores a sus homologas en condensación de gas.

El mantenimiento de los sistemas de producción con biomasa es mayor que los convencionales. A parte de la obligación de las normativas pertinentes, se debe realizar un mantenimiento en lo referente los residuos de la combustión de la biomasa, partes móviles, etc. La periodicidad del mantenimiento dependerá de las horas de funcionamiento de la caldera. Dependiendo de la tecnología de la caldera, todo este mantenimiento está automatizado.

Uno de los puntos débiles de la biomasa en comparación con sistemas de calefacción que también requieren de un almacenamiento de combustible, como gasóleo o propano, es que la biomasa requiere una cantidad mucho mayor de espacio para poder acumular la misma cantidad de energía que en los casos del gasóleo o propano.

En el caso de almacenar directamente la biomasa en una estancia del edificio, la figura siguiente muestra las dimensiones mínimas que deberían tener tanto la sala de máquinas como el silo de obra.

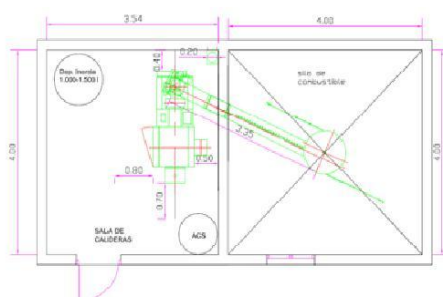


Ilustración 13: Dimensiones de la sala de máquinas y el silo de obra - Fuente: www.kwb.at

Bombas de Calor

El calor fluye de forma natural desde las altas temperaturas a las bajas temperaturas. Sin embargo, la bomba de calor es capaz de forzar el flujo de calor en la dirección contraria, utilizando una cantidad de trabajo relativamente pequeña. Las bombas de calor pueden transferir este calor desde las fuentes naturales del entorno a baja temperatura (foco frío), tales como aire, agua o la propia tierra, hacia las dependencias interiores que se pretenden calefactar, o bien para emplearlo en procesos que precisan calor en la edificación o la industria. Es posible, así mismo, aprovechar los calores residuales de procesos industriales como foco frío, lo que permite disponer de una fuente a temperatura conocida y constante que mejora el rendimiento del sistema.

Las bombas de calor también pueden ser utilizadas para refrigerar. En este caso la transferencia de calor se realiza en el sentido contrario, es decir desde la aplicación que requiere frío al entorno que se encuentra a temperatura superior. En algunas ocasiones, el calor extraído en el enfriamiento es utilizado para cubrir una demanda simultánea de calor.

Las bombas de calor se pueden clasificar según diferentes criterios. Según el medio de origen y destino de la energía, éstas pueden ser

- Bombas de calor aire-aire: Son las más utilizadas, principalmente en climatización, aunque según la zona climática, no son recomendables.
- Bombas de calor aire-agua: Se utilizan para producir agua fría para refrigeración o agua caliente para calefacción y agua sanitaria.
- Bombas de calor agua-aire: Permiten aprovechar la energía contenida en el agua de los ríos, mares, aguas residuales, etc. Producen unos rendimientos energéticos mejores que las que utilizan aire exterior, debido a la mayor uniformidad de la temperatura del agua a lo largo del año.
- Bombas de calor agua-agua: Similares a las anteriores, excepto que los emisores son radiadores a baja temperatura, fan-coils o suelo radiante.
- Bombas de calor tierra-aire y tierra-agua: Aprovechan el calor contenido en el terreno

	Medio del que extrae la energía	Medio al que se cede energía
Según medio de origen y de destino de la energía	AIRE	AIRE
	AIRE	AGUA
	AGUA	AIRE
	AGUA	AGUA
	TIERRA	AIRE
	TIERRA	AGUA

Tabla 1: Clasificación de las bombas de calor según origen y destino de los focos - Fuente: www.idae.es

Bomba de calor con aprovechamiento de aguas subterráneas

Se pueden utilizar como focos fríos las aguas de ríos, lagos, aguas subterráneas. La eficiencia obtenida con este foco es muy elevada. La temperatura del agua del pozo subterráneo suele ser aproximadamente constante, con lo cual el COP de la máquina, en principio, es constante y de mayor valor que una bomba de calor que utilice aire como foco frío. Uno de los problemas que tiene este tipo de instalación, es la petición por parte de la autoridad competente de la explotación del pozo. Estos sistemas son abiertos, es decir, la misma agua del pozo interviene directamente en el intercambiador de calor de la máquina de calor. Además es importante realizar un minucioso estudio para conocer el posible impacto térmico en el pozo y en el subsuelo. Conviene conocer previamente la energía que va a ser intercambiada con el pozo,

tanto extraída como aportada por el sistema. Si las demandas de calefacción y refrigeración, son muy dispares, se acabaría por variar la temperatura del pozo y/o del terreno. Si la temperatura finalmente varía, el COP también lo hará.

También es imprescindible conocer el caudal del pozo, para saber si tendrá capacidad energética para la instalación.

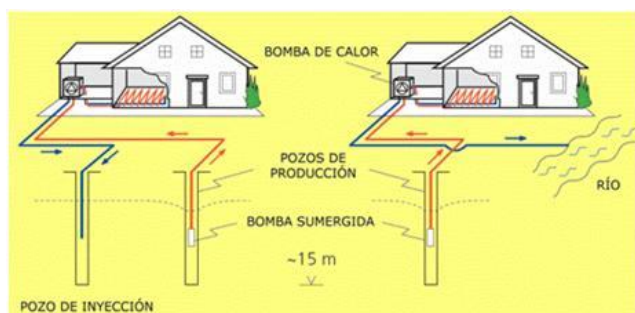


Ilustración 14: Bomba de calor con aprovechamiento de aguas subterráneas y/o río - Fuente: www.fenercom.com

Bomba de calor con aprovechamiento geotérmico

La energía llamada geotérmica de muy baja entalpía es comúnmente utilizada para la climatización de espacios, bien sea de forma directa, bien sea mediante el uso de bombas de calor acopladas al terreno, denominadas por ello bombas de calor geotérmicas.

La gran inercia térmica del suelo y de las aguas subterráneas es el fundamento principal de este tipo de aplicaciones. La temperatura de la superficie terrestre está determinada por el equilibrio entre la energía radiante solar, la radiación térmica de la superficie hacia el espacio, el flujo de calor geotérmico y las variantes e interferencias de estos factores.

Comparando con el flujo solar incidente (1000 W/m^2), el flujo de calor geotérmico (50 a 120 mW/m^2) es casi insignificante y su contribución al balance casi nula. Sin embargo, la variación de la temperatura atmosférica afecta únicamente a los primeros metros del terreno. En la siguiente figura se puede observar que la amplitud de las variaciones de temperatura en el terreno se atenúa con un factor que decrece exponencialmente con la profundidad y que depende únicamente de la difusividad del terreno y el periodo de la onda de calor. A una distancia igual a la profundidad de penetración, la amplitud de temperaturas se reduce casi en tercio.

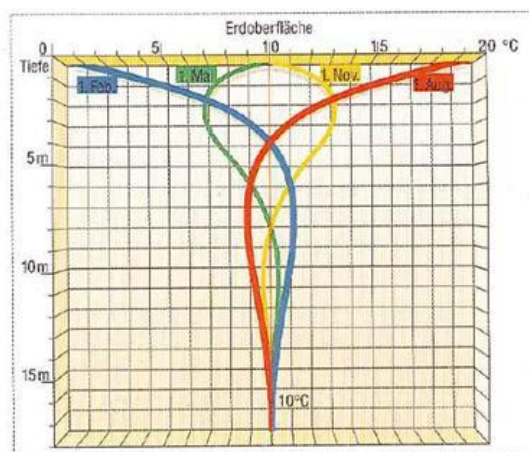


Ilustración 15. Variación de la temperatura en función de la profundidad - Fuente: www.fenercom.com

Las variaciones diarias de la temperatura ambiente, no influyen más allá del primer metro de profundidad, sin embargo las variaciones estacionarias pueden influir en los primeros diez metros de terreno. Este efecto, ha sido aprovechado desde la antigüedad para la ubicación de procesos que requieren temperatura estable (bodegas, almacenamiento de hielo, etc.).

Mediante la inserción en el terreno de intercambiadores de calor, denominados geointercambiadores, se puede aprovechar la mayor inercia del subsuelo.

Los geointercambiadores están compuestos por una serie de tuberías que pueden ser insertados de manera horizontal a poca profundidad (colectores geotérmicos) o en disposición vertical (sondas geotérmicas) y por las cuales se hace circular un fluido caloportador (normalmente agua o agua con anticongelante) que intercambia calor con el medio pudiendo extraer o inyectar energía calórica en el terreno en la manera que más convenga.

La ventaja de los intercambiadores horizontales es que no es necesaria una excavación tan profunda que como en los intercambiadores verticales. La desventaja es que aproximadamente se necesita una superficie de captadores de alrededor de dos veces la superficie a climatizar. Por ello, dado el emplazamiento de los cubos, se descarta este tipo de intercambio en virtud de realizar un intercambio de calor con el terreno a través de intercambiadores verticales.

La eficiencia nominal de las bombas de calor es actualmente, una de las mayores que se pueden obtener. En condiciones óptimas, se pueden alcanzar valores de COP entre 5 y 6 dependiendo de los focos contra los cuales la maquina trabaje. Estos valores de COP se mantendrán en mayor o menor medida constante en función de dichos focos.

Sistemas de micro-cogeneración

La cogeneración consiste en la producción simultánea de energía eléctrica y mecánica y energía térmica útil a partir de una única fuente de energía, que normalmente es gas natural.

Según la potencia de los equipos de cogeneración, la tecnología recibe diferentes terminologías. Para equipos con una potencia inferior a 50 kWel, la cogeneración recibe el término de microcogeneración.

En las siguientes figuras se comparan el suministro convencional de energía y el suministro de energía mediante microcogeneración.

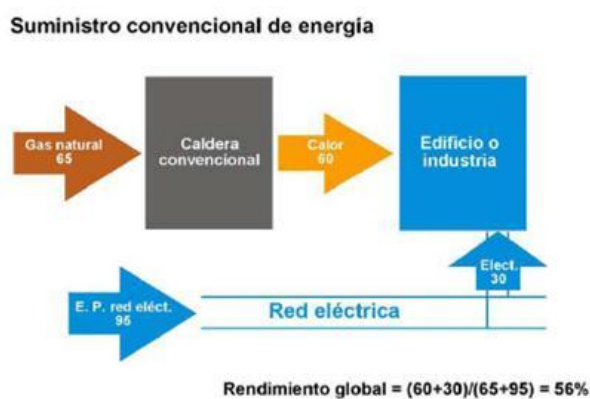


Ilustración 16: Suministro convencional de energía - Fuente: www.besel.es

Suministro mediante cogeneración

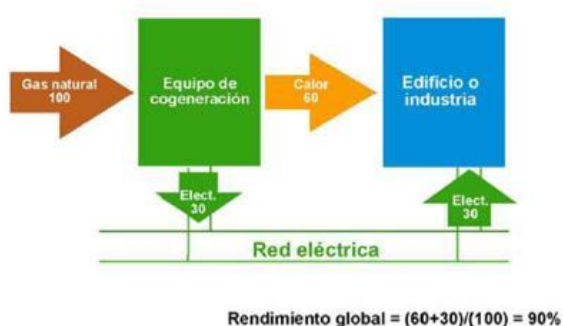


Ilustración 17: Suministro de energía mediante microcogeneración - Fuente: www.besel.es

En términos energéticos, el rendimiento global es mayor para el caso de la cogeneración - microcogeneración que en la generación y distribución convencional.

La producción mediante sistemas de microcogeneración incluye la suma de la energía eléctrica y mecánica producida, y el calor útil de las unidades de cogeneración. Esto generalmente supone la sustitución de sistemas de calefacción convencionales por generadores de electricidad equipados con transformadores de calor para además usar y/o recuperar el calor producido. El

calor es usado tanto para calefacción como para agua caliente, y existe la posibilidad de utilizarlo para refrigeración. La electricidad generada puede utilizarse bien para autoconsumo en el edificio o para conexión a red.

Los sistemas de microgeneración son sistemas claramente destinados a su utilización en edificios con demandas de calor relativamente pequeñas.

La aplicación de sistemas de cogeneración en edificios se puede plantear desde diferentes perspectivas:

- Satisfacer ambas demandas, térmica y eléctrica

En este caso es necesario sobredimensionar tanto la producción eléctrica como térmica. Si no se da el caso que la existencia de una demanda extra térmica o eléctrica externa al edificio acondicionado, el tiempo de funcionamiento disminuirá. Esta reducción de tiempo provocará un tiempo de amortización más elevado. Por ello, normalmente se diseñan los sistemas de cogeneración para cubrir parte de la demanda térmica y eléctrica.

- Satisfacer la demanda eléctrica y parte de la térmica

En está segundo criterio de diseño se puede presentar la posibilidad de necesitar una demanda térmica inferior a la potencialmente aprovechable de la cogeneración. En esta situación se deberá o reducir las condiciones de funcionamiento del sistema para adecuar la producción térmica, o expulsar ese exceso de calor a la atmosfera o almacenar ese exceso de calor.

Si por el contrario, la demanda de calor es superior a la producción, se necesitará un sistema secundario auxiliar.

- Satisfacer la demanda térmica y parte de la eléctrica

Esta situación es la inversa al punto anterior. Si la demanda eléctrica es inferior a la producción, igual que en el punto anterior, se deberá regular el funcionamiento del sistema de cogeneración, almacenar la energía sobrante en baterías u otros elementos de almacenamiento o inyectar directamente en la red eléctrica.

Si la demanda eléctrica es superior a la producción, se importará directamente de la red eléctrica.

- Satisfacer parte de la demanda térmica y parte de la demanda eléctrica

Un estudio de viabilidad económica decidirá el diseño en este caso. El coste de la inversión, del mantenimiento y de su posible precio de venta a la red serán elementos decisivos.

La siguiente figura muestra un esquema de la instalación de microgeneración.

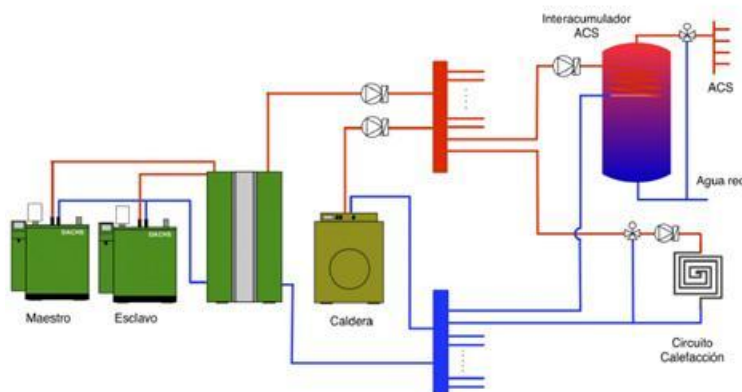


Ilustración 18. Esquema de principio de una instalación de microgeneración - Fuente: www.besel.es

Sección 5. Las auditorías energéticas

La Auditoría energética es un proceso sistemático, independiente y documentado para la obtención de evidencias y su evaluación objetiva de una organización o parte de ella, con objeto de:

- Obtener un conocimiento fiable del consumo energético y su coste asociado.
- Identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía.
- Detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro, mejora de la eficiencia y diversificación de energía y su repercusión en el coste energético y de mantenimiento así como otros beneficios y costes asociados.

Una auditoría energética consta de las siguientes fases:

Recogida de datos previos

Consiste en la recogida y análisis de datos relativos a las distintas instalaciones del recinto a auditar. Pueden distinguirse tres partes:

Análisis de facturas: Durante esta fase se estudian las facturas de los últimos años de los suministros de energía primaria a fin de determinar si los consumos son o no desproporcionados en relación a los registrados en otros edificios similares.

Análisis preliminar de la instalación: Se realiza una evaluación en cuanto a geometría, uso y

ubicación a fin de obtener un conocimiento suficiente de las distintas instalaciones que permita cruzar las necesidades del cliente con sus posibilidades de mejora. Para lograr este objetivo son indispensables los proyectos de instalaciones mecánicas, los proyectos de alta y baja tensión, información sobre el uso del edificio (horarios, ocupaciones...), características de los cerramientos, etc. En este punto deben considerarse las normativas vigentes en lo que se refiere al funcionamiento de los distintos equipos (RITE) o al propio edificio (CTE, etc.).

Inspección de la instalación sobre el terreno: Con la ayuda del personal de mantenimiento, se trata de validar la información estudiada en la fase anterior, tratando de identificar posibles fallos.

Toma de datos in situ

Una vez completado el análisis preliminar del recinto estudio, es necesario obtener información real del mismo, de cuyo análisis saldrán las primeras medidas de ahorro energético (MAE) o de mejora de la eficiencia energética (MMEE). Para ello se realizarán nuevas visitas al lugar objeto de la auditoría y se realizarán las mediciones pertinentes.

Para ello es imprescindible disponer del equipo apropiado, como pueden ser sondas de temperatura y humedad para el estudio del confort térmico, analizadores de redes para medir los consumos de potencia activa y reactiva, cámaras termográficas para estudiar la envolvente del edificio o sondas para medir las infiltraciones y la transmitancia térmica de los cerramientos.

Asimismo, es importante el conocimiento de las consignas de funcionamiento de los distintos equipos (iluminación, climatización, etc.) a fin de evaluar la conveniencia o no de mantener dichas consignas.

Fase de evaluación

Con los datos previos y los obtenidos en la fase anterior se definen las primeras MAE's teniendo siempre en cuenta las diversas normativas vigentes (CTE, RITE, etc.) y se hace una primera estimación de los ahorros económicos que podrían obtenerse con ellas.

Simulación Energética

Los datos recabados en la fase de toma de datos servirán para conocer el comportamiento del edificio. Mediante la utilización de programas de análisis energético en estado transitorio, se procede en primer lugar a realizar un modelo matemático del recinto objeto del análisis utilizando los citados datos como inputs. Los programas empleados son principalmente TRNSYS y

DESIGN BUILDER (cuyo motor de cálculo es Energy Plus), ambos de reconocido prestigio internacional.

El modelo inicial del recinto debe ser validado mediante la simulación del comportamiento energético en las condiciones iniciales de las distintas instalaciones teniendo en cuenta la zona climatológica en la que éstas están ubicadas. Para ello se utilizan archivos meteorológicos en los que queda definida la climatología propia de la región. El modelo debe ajustarse hasta obtener un comportamiento en las simulaciones suficientemente próximo al registrado durante las fases de información y toma de datos. Este modelo recibe el nombre de caso base.

El siguiente paso consiste en modificar el caso base introduciendo las distintas medidas propuestas para ver cuáles de ellas resultan significativas. Además, aparte de la evaluación de las MAE's por separado, éstas se irán integrando sucesivamente en la simulación para evaluar los posibles efectos de unas MAE's sobre otras. De esta fase deben salir las propuestas de medidas definitivas.

Informe de Auditoría

Como resultado de las fases anteriores se elabora el informe de la auditoría a entregar al cliente, el cual debe contener las propuestas definitivas de mejora (MAEs, MMEEs, etc.) así como una estimación económica tanto de su coste como de los ahorros que éstas producirían, teniendo en cuenta en el estudio el periodo de retorno y el TIR en distintos escenarios económicos.

Una vez concluida la auditoría, la siguiente fase sería la ejecución de las medidas recomendadas en el informe final y el establecimiento de un plan de medida y verificación que controle la consecución de los ahorros previstos así como la implementación de las distintas medidas.

Capítulo 5. Obras Públicas

Resumen

"... Las infraestructuras sostenibles son aquellas que soportan las estructuras social, económica y ambiental de un modo integrador y de forma que no queda ninguna de ellas favorecida en detrimento de las demás...."

Sección 1. Introducción

Las infraestructuras sostenibles son aquellas que soportan las estructuras social, económica y ambiental de un modo integrador y de forma que no queda ninguna de ellas favorecida en detrimento de las demás.

Toda infraestructura tiene un impacto sobre la naturaleza en la que se asienta, sobre el terreno que ocupa, produciendo unos efectos sobre la actividad económica asociados a su construcción y utilización, y teniendo por tanto una influencia muy importante en el desarrollo de la sociedad que las utiliza.

Los efectos de las infraestructuras dependerán de las diferentes fases que constituyen su ciclo de vida:

- Diseño, fabricación de componentes y materiales.
- Construcción
- Uso
- Mantenimiento y reparación
- Deconstrucción y tratamiento de los residuos

Además dichos efectos dependerán del tipo de infraestructura que se trate pudiendo clasificarse por ejemplo en:

Obras lineales o de significativo movimiento de tierras: carreteras, FFCC, aeropuertos, urbanizaciones, canalizaciones enterradas (en medio rural) y canales.

Obras marítimas.

- Presas.
- Obra civil en medio urbano.
- Obras fluviales: encauzamientos, adecuación de márgenes, dragado fluvial...
- Obras especiales: tipologías no encuadrables entre las anteriores: EDAR, conservación de carreteras, etc.

Efectos Medioambientales

Las infraestructuras dependiendo de qué tipo se traten, afectarán en mayor o menor medida tanto al medio *físico-abiótico* como al medio *biótico*.

Las principales afecciones al *medio físico-abiótico* serán las siguientes:

- Geología. Alteraciones en formaciones geológicas, con modificaciones del relieve, etc.
- Edafología. Alteraciones en la composición del suelo, estructura, productividad, capacidad de retención de agua, etc.
- Hidrología e hidrogeología. Afecciones a la escorrentía del agua por superficie, alteración de la calidad del agua. Alteraciones en las aguas subterráneas.
- Atmósfera y Ruido. Afecciones a la calidad del aire en el entorno, contribución al efecto invernadero, etc. Contaminación acústica.
- Paisaje. Alteración del medio perceptual, influencia de la visibilidad de la infraestructura y de la intervisibilidad entre dos puntos.

Las afecciones al *medio biótico* principales serán:

- Flora y fauna. Afecciones a las comunidades y poblaciones, especies protegidas. eliminación de la vegetación y destrucción de hábitats.
- Pérdida de biodiversidad.
- Pérdida de calidad de los ecosistemas.



Efectos Económicos

La evaluación del impacto económico de las infraestructuras puede basarse en la economía del ciclo de vida. En ese caso se tienen que tomar en cuenta, además de los costes del ciclo de vida determinados en la inversión, uso, mantenimiento y deconstrucción, también los beneficios potenciales y el desarrollo del valor durante la vida útil de la infraestructura, pudiéndose representar mediante un análisis coste- beneficio.

Los efectos económicos que generan la construcción de una infraestructura afectan fundamentalmente al territorio en el que se asienta (mano de obra, servicios necesarios en el territorio, empleo de empresas subcontratistas, etc) y al impulso en la utilización de bienes de equipo empleados, que normalmente serán producidos en otros lugares, e incluso en países extranjeros (por ejemplo maquinaria especializada).

Pero sobretodo es en un adecuado comportamiento de la infraestructura con respecto a las necesidades de los usuarios, en la generación de economías de escala, en la mejora de conexiones entre territorios y en el fomento de la actividad económica, donde realmente se ven sus efectos positivos.

Los beneficios potenciales dependerán también de los mantenimientos periódicos planificados de la construcción de obra civil a la vez que se minimicen las interrupciones de los servicios proporcionados por las mismas.



Efectos Sociales

Los impactos sociales pueden ser asociados a los beneficios del uso de las infraestructuras, así como las molestias y perjuicios que sufran algunos por la construcción de las mismas y por su uso posterior.

Los aspectos sociales del entorno construido que pueden ser relevantes a escala de comunidad, son por ejemplo: la accesibilidad de servicios básicos, disponibilidad de usos lúdicos; el atractivo de los entornos afectados por la infraestructura, el desarrollo de zonas contaminadas o degradadas, la disponibilidad social de recursos como agua o energía, la seguridad, la calidad acústica y del aire, y otros.

Los aspectos sociales relevantes a escala de infraestructura incluyen, por ejemplo la calidad de las infraestructuras y del servicio que prestan, los efectos asociados a la construcción sobre la salud y la seguridad de los usuarios; la ausencia de barreras para el uso o que la infraestructura constituya o no una barrera; la protección del patrimonio cultural, etc.

Las infraestructuras llevan consigo beneficios asociados a los servicios que aportan a la sociedad, como la mejora de las comunicaciones (ferrocarril, carreteras), la disponibilidad de agua potable (embalses, desaladoras, conducciones), disponibilidad de energía eléctrica, gas natural, etc.

La gran mayoría de los servicios son imprescindibles para la sociedad actual, en la vida doméstica y permiten a su vez llevar a cabo otras actividades que requieren del uso de los servicios proporcionados por éstas.

Aparte de los beneficios comentados anteriormente, hay que valorar los costes sociales que llevan consigo determinadas infraestructuras. Algunos costes sociales pueden derivarse de la ocupación del terreno para la construcción de la infraestructura. Ello puede tener una afección importante ya que los usos tradicionales del suelo ocupado no pueden darse y ello afectaría al empleo de parte de la población de un territorio, como sería el caso de una población que se dedicara principalmente al sector primario. También sería el caso de poblaciones cuya principal actividad económica se centrara en el turismo y que, con la infraestructura, decayese.

Otros costes sociales pueden ser las molestias a los vecinos por ruidos, contaminación, etc. Para cada caso particular habrá que estudiar detenidamente cuales serían los costes sociales derivados.

Un aspecto social relevante es la importancia de las obras públicas que por sus características

históricas, de diseño u otras son consideradas bienes públicos incluso artísticos que representan el ser y el sentir de la sociedad donde se asientan.



Efectos interrelacionados

Algunos aspectos del comportamiento están relacionados simultáneamente con los impactos ambientales, económicos y sociales. Como ejemplos tenemos:

- La localización de una infraestructura afecta a los impactos ambientales y económicos relacionados con el mismo
- Las soluciones espaciales afectan a la operatividad del uso de la energía
- La solución técnica determina la base para el comportamiento de la infraestructura: condiciones en su uso, seguridad, flexibilidad, utilidad, acceso y confort

Todos los aspectos del desarrollo sostenible están interrelacionados. Cuando se analiza la sostenibilidad de una obra civil de forma integral, debería prestarse especial atención a los aspectos económicos indicados por los flujos monetarios durante el ciclo de vida, en términos de costes del ciclo de vida (LCC) o economía del ciclo de vida.

Los aspectos ambientales indicados en términos de cargas o impactos ambientales durante el ciclo de vida de la infraestructura; a los aspectos sociales, indicados en términos de interacción con las consideraciones de la sostenibilidad en la escala de la comunidad; y todo ello atendiendo tanto a la conformidad, localización y servicios que presta como a las soluciones técnicas que cumplen las prestaciones requeridas para la infraestructura a lo largo de su vida útil.

Existen instrumentos para describir la relación entre los aspectos primarios de sostenibilidad, como por ejemplo: ecoeficiencia, coste funcional, impacto ambiental en relación con los beneficios (índice entre daños y beneficios).

Los indicadores de sostenibilidad pueden desarrollarse y utilizarse por separado o todos juntos para indicar varios aspectos sostenibles de las construcciones de obra civil. Cuando los aspectos ambientales, económicos y sociales de las infraestructuras son expresados mediante la ayuda de indicadores, la experiencia demuestra que los sistemas de indicadores son más efectivos que un indicador individual. Las series de indicadores pueden organizarse de modo que permitan la inclusión de una amplia representación de los aspectos de la sostenibilidad a la vez que siguen siendo relevantes para las perspectivas de los agentes implicados. Para el uso de los indicadores es necesario: Elegir los indicadores adecuados (dependiendo de las necesidades de las partes interesadas, los límites de decisión, el objeto y la disponibilidad de información). Encontrar los métodos convenientes y la información para evaluar sus valores.



La sostenibilidad de los Planes de Infraestructuras

Con la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se han logrado avances importantes en la minimización y corrección de los impactos sobre el medioambiente generados por la ejecución de proyectos. Sin embargo, la EIA se ha mostrado insuficiente por su enfoque reactivo, ya que únicamente permite corregir impactos asociados al diseño y ejecución de proyectos.

Existen impactos que pueden producirse en etapas anteriores a la construcción de un proyecto concreto y que no son evitables mediante la EIA. Para ello se ha introducido la Evaluación ambiental de políticas, planes y programas.

Esta evaluación consiste en un proceso formal, sistemático y global para evaluar las posibles repercusiones ambientales de las propuestas de políticas, planes y programas durante su proceso de elaboración. Dado su carácter preventivo y el nivel estratégico en el que se aplica, se trata de un instrumento que facilita la integración de las consideraciones ambientales en los procesos de toma de decisiones estratégicas. La aplicación de la evaluación estratégica ambiental debe permitir mejorar la evaluación de los impactos ambientales indirectos, acumulativos y sinérgicos

que puedan derivarse de las políticas, planes y programas.

Concretamente esta Evaluación Ambiental supone un estudio de los aspectos relevantes del medio ambiente y su probable evolución en caso de no aplicación del Plan o Programa; las características medioambientales de las zonas que puedan verse afectadas de manera significativa; cualquier problema medioambiental que pueda ser importante para el plan o programa; los probables efectos significativos en el medio ambiente, analizando de forma específica los efectos secundarios, acumulativos, sinérgicos permanentes y temporales, positivos y negativos y a corto, medio y largo plazo.

También se deben considerar las medidas previstas para prevenir, reducir y en la medida de lo posible compensar cualquier efecto negativo importante en el medio ambiente y también el seguimiento y control de los efectos significativos de la aplicación de planes y programas.

Enlaces de Interés

http://www.puertos.es/publicaciones/guia_de_buenas_practicas.html

http://www.adif.es/es_ES/compromisos/eficiencia_economica/eficiencia_economica.shtml

<http://peit.cedex.es/>

http://www.carreteros.org/normativa/entorno/ccaa_pdf/andalucia/sensibles.pdf

Sección 2. Infraestructuras viarias

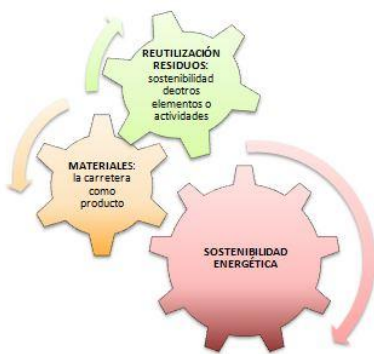
Las infraestructuras viarias se caracterizan por su desarrollo lineal a través del territorio



Introducción

La sostenibilidad implica satisfacer las necesidades actuales de una población sin comprometer que futuras generaciones puedan satisfacer las suyas propias. Un desarrollo sostenible es un desarrollo cuyos patrones de producción pueden ser reproducidos indefinidamente sin causar un daño irreparable a los ecosistemas naturales.

Carreteras y sostenibilidad



Cuando se aplica este concepto de sostenibilidad a carreteras, se está haciendo alusión a los siguientes aspectos:

Ahorro	Energético
	Económico
	Recursos
Medioambientales	Emisión gases efecto invernadero
	Gestión de residuos
	Uso materiales reciclados
Sociales	Generación de empleo
Económicos	Seguridad y Salud en el Trabajo
	Productividad
	Eficiencia accesibilidad al producto

Esquema procedimiento sostenibilidad en carreteras.

La evaluación de la sostenibilidad de los materiales empleados, y por ende del conjunto construido, debe realizarse en base al denominado “ciclo de vida del producto”, abarcando las etapas de extracción y transformación de materias primas; producción, transporte y distribución; uso, reutilización y mantenimiento; reciclado y disposición final del producto. El estudio del ciclo de vida de un material permite evaluar las cargas ambientales asociadas al producto y cuantificar el uso de materia y energía y los residuos que genera. En el caso que nos ocupa, valorar el ciclo de vida permite examinar el impacto ambiental de la carretera en su conjunto.

La valoración del grado de sostenibilidad en carreteras adopta un doble enfoque: por una parte, los materiales empleados en su construcción. Por otra parte, se evalúa en grado de reutilización de los residuos generados, actividad que a su vez permite mejorar la sostenibilidad de otros elementos o actividades.

La evaluación de la sostenibilidad en la construcción de carreteras abarca las siguientes etapas y fases:

concepción	planificación
	estudio informativo
	previsión de corredores
proyecto	proyecto de trazado
	proyecto de construcción
ejecución	desarrollo de las obras
explotación	consumo del usuario
	mantenimiento y conservación

El balance del impacto ambiental de la construcción de la infraestructura se llevará a cabo a corto y largo plazo:

Corto plazo	Largo plazo
Obtención de materias primas	Vida útil
Producción	Conservación/Mantenimiento
Ejecución	Rehabilitación/Demolición
	Recuperación de RCD's
Corto y largo plazo	
Recuperación e incorporación de residuos de procedencia ajena	
Reciclaje en la carretera de residuos de procedencia ajena	

A continuación se detallan algunos ejemplos de medidas sostenibles a implantar dependiendo de la etapa:

ETAPA	ACTUACIÓN	BENEFICIOS
Planificación	Limitar la altura de los terraplenes, la longitud y ubicación de los mismos.	Reducción de los asientos pro fluencia Reducción de las actividades de conservación Minimizar el impacto visual/ambiental
	Balaceo del consumo de combustible de los futuros usuarios y las emisiones de CO2 asociadas	Establecer criterios en la planificación para reducir este consumo
Proyecto	Empelo del hormigón como material altamente resistente y que aumenta la sostenibilidad de la estructura	Vida útil elevada - reduce los gastos de conservación y mantenimiento a valores irrelevantes, - es recuperable al final de su vida útil - mejores condiciones de rodadura - reducción actuaciones de conservación
	Aprovechamiento del suelo existente mediante estabilización con cal/cemento o su combinación.	Reducción de actividades extractivas necesarias para la obtención de préstamos;
	Disposición de estaciones de filtrado y separación de grasas antes del vertido de la red de drenaje al terreno	Evitar la contaminación del suelo
Ejecución	Elección maquinaria con menos consumo de combustible	Reducción gasto energético y emisiones de gases efecto invernadero
	Elección materiales más sostenibles	
	Reducción residuos generados	Aumento nivel de sostenibilidad de la construcción
	Reutilización de residuos, ya sean propios o ajenos	
	Optimización de la prevención de riesgos laborales	

Planificación de carreteras y sostenibilidad

Red de carreteras española

La red de carreteras del territorio peninsular, a finales de 2010, cuenta con 165.787 Km. de los cuales 25.733 (RCE) están gestionados por la Administración Central y acogen el 51,3% del tráfico. 71.464 Km. están gestionados por las Comunidades Autónomas (42,2% del tráfico) y 68.590 por las Diputaciones (6,5% restante). Además, existen 372.872 Km. de carreteras interurbanas gestionadas por los Ayuntamientos y otros organismos que acogen un 2,5% del tráfico total, según estimaciones de la Dirección General de Carreteras (DGC).

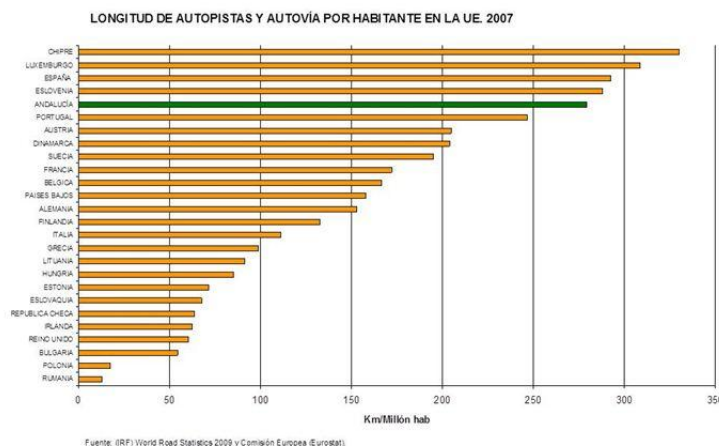


http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/CARRETERAS/CATYEVO_RED_CARRETERAS



Red estructurante de carreteras. Situación 2004.

De la totalidad de la red, 14.262 Km. son vías de gran capacidad (autopistas de peaje, libres y autovías), por lo que España es en la actualidad el país de Europa con mayor longitud de este tipo de vías. El segundo es Alemania con 12.819 Km. (dato de 2009). Además de este viario, España tiene 1.704 Km. de doble calzada.



El Ministerio de Fomento ha editado el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT). Este documento aborda la planificación del conjunto de las actuaciones en materia de infraestructuras y transportes que son competencia del citado Ministerio y enmarca sus actuaciones en el medio plazo, asumiendo un compromiso público en el desarrollo de las políticas de las que es responsable.



http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/_ESPECIALES/PEIT/

Para alcanzar estos objetivos, resulta esencial que los procesos de planificación de nuevas vías y gestión de las carreteras ya existentes tengan en cuenta un aspecto clave: la necesidad de la integración medioambiental de las carreteras.

La siguiente tabla recoge algunos ejemplos de planificación en la CCAA de Andalucía:

Plan de actuación	Objetivos
Plan Director de Infraestructuras de Andalucía (P.D.I.A.) http://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/40123.html	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de la accesibilidad ▪ Incremento de la velocidad ▪ Mejora de las prestaciones al usuario ▪ Beneficio económico
Plan MAS CERCA http://www.juntadeandalucia.es/obraspublicasyvivienda/portal-web/web/areas/carreteras/texto/8f5ae397-8b71-11df-9aa8-00163e67c14a	
Plan PISTA http://www.juntadeandalucia.es/obraspublicasytransportes/www/estaticas/planificacion/pista/pista07_13.pdf	

Enlaces de interés:

http://www.aecarretera.com/comentarios_peit.asp

<http://peit.cedex.es/encuentro2/ponencias.htm>

Infraestructuras viarias en espacios naturales

Mapa de interpretación del medio ambiente a través de de Red de Carreteras Españolas (MIMAR)

Mimar es un medio sensibilizador e informativo hacia el colectivo automovilista y/o viajero, en pro de la conservación del medio ambiente español, mediante la valoración de la biodiversidad circundante al conductor o usuario de la vía, teniendo presente el valor paisajístico, riqueza y de patrimonio histórico-artístico y la efectiva existencia de peligro de un siniestro por atropello de fauna y por incendios forestales.

<http://www.aecarretera.com/mimar2/>

En esta página está disponible el citado mapa de interpretación del medioambiente a través de las carreteras de la península:



Otra información de interés disponible en esta página es la valoración ambiental de los espacios naturales y los criterios adoptados para realizar dicha evaluación.

<http://www.aecarretera.com/mimar2/espacios.htm>

http://www.aecarretera.com/mimar2/espacios_criterios.htm



Página web Mapa Interpretación Medioambiental de Carreteras naturales.



Valoración ambiental y detalle de los espacios naturales.

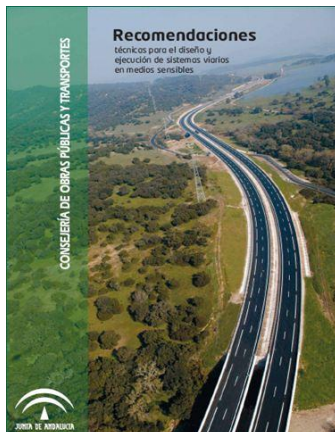


Criterios de evaluación para la valoración ambiental de los espacios naturales.

Actuaciones en espacios naturales

El Manual de Recomendaciones Técnicas para el Diseño y Ejecución de sistemas viarios en Medios sensibles, editado por la Junta de Andalucía, pretende establecer las normas básicas para que las infraestructuras se lleven a cabo con el mayor respeto al territorio por el que discurren y a

las poblaciones a las que pretenden beneficiar. Pero además estos sistemas viarios deben actuar como elementos de potenciación, y el medio ambiente es uno de los principales motores económicos de la región. Por consiguiente, deben potenciar estos valores paisajísticos y naturales.



http://www.carreteros.org/normativa/entorno/ccaa_pdf/andalucia/sensibles.pdf

Otro documento de interés editado por el mismo organismo es el manual “La carretera en el paisaje. Criterios para su planificación, trazado y proyecto”.



http://www.catpaisatge.net/fitxers/guies/infraestruc/la_carretera_en_el_paisaje_espanol.pdf

Ante la necesidad de actuación sobre sistemas viarios enmarcados en espacios protegidos, deben introducirse medidas preventivas y protectoras tanto en fase de diseño como en fase de ejecución del proyecto. Es preciso conceptualizar la actuación sobre estos elementos como mecanismo para potenciación de una comarca, preservando el valor medioambiental de la zona como uno de los motores económicos de la misma.

La consideración de posibles afecciones al medio ha de estar presente en cualquier tipo de intervención, si bien debe aumentarse el nivel de sensibilización cuando se ejecuta en un entorno con valores singulares y vulnerables.

Estudio informativo y estudio ambiental

Surge debido a la necesidad de integración de la variable ambiental desde la concepción de la actuación, reduciéndose así tanto el impacto al medio como el coste económico de las medidas preventivas. El estudio informativo indicará la capacidad de la zona para soportar la infraestructura que se pretende realizar, planteando una serie de alternativas ambientalmente viables.

Posteriormente a este estudio, se realiza una evaluación ambiental de las posibilidades planteadas, empleándose indicadores ambientales que permitan mediante modelos de predicción obtener la magnitud de impacto para cada factor. Así, para cada alternativa se evalúa el conjunto de indicadores, obteniéndose un valor de impacto global que determine su idoneidad.

En la fase del estudio informativo deben realizarse además los trámites de prevención ambiental previstos en la legislación, facilitándose así la posterior introducción de las condiciones establecidas por el informe ambiental correspondiente.

El estudio ambiental presenta una mayor definición, aportando un análisis específico del medio, caracterizando los factores y variables que definen el medio y podrían verse afectados de forma directa o indirecta por la construcción de la infraestructura. Esta información permitirá seleccionar las actuaciones con menor impacto ambiental y la introducción de las medidas protectoras adecuadas. Siguiendo los principios de conservación del medio, deben implantarse en primer lugar las medidas preventivas, introduciendo medidas correctoras sólo en caso necesario.

Diseño

A continuación se recogen los principales parámetros y servicios cuyo diseño debe integrar la variable ambiental:

Medidas preventivas y correctoras

Las primeras medidas preventivas ya han sido incorporadas en las fases anteriormente descritas, si bien puede ser necesarias medidas adicionales para afecciones inherentes a las actividades principales.

Las medidas preventivas y correctoras abarcarán los siguientes ámbitos:

- Protección de la calidad del aire
- Protección acústica
- Protección del sistema hidrológico superficial y subterráneo
- Protección del suelo y la geomorfología
- Protección de los usos del suelo
- Protección sobre la vegetación
- Protección de la fauna
- Conservación del paisaje
- Protección del medio sociocultural
- Protección del medio socioeconómico

Programa de vigilancia y control medioambiental

Será de aplicación durante y después de las obras, garantizando así el cumplimiento de las medidas preventivas, protectoras y correctoras establecidas.

Ejecución de las obras

Se respetarán las medidas establecidas en los documentos anteriores, el cumplimiento de las directrices ambientales y la corrección o minoración de incidencias imprevistas que pudieran aparecer durante la ejecución.

Será obligatorio llevar un registro de estas actividades por parte de la empresa constructora. Las autoridades competentes realizarán las tareas de supervisión y auditoría necesarias.

Actuaciones sujetas a control y vigilancia ambiental durante la fase de ejecución:

- Replanteo de las medidas preventivas, correctoras y complementarias
- Balizamiento y delimitación de zonas de actuación
- Protección del patrimonio arqueológico
- Gestión de la tierra vegetal
- Medidas de protección del sistema hidrológico
- Ubicación de zonas de vertedero y zonas de préstamo
- Control de ubicación y ejecución de pasos de fauna
- Acabado de obras de drenaje para su uso como pasos de fauna
- Medidas contra el ruido
- Cambios en la morfología de terraplenes y desmontes

- Medidas contra la erosión, recuperación ambiental y paisajística
- Reposición de servicios afectados y vías pecuarias
- Señalización informativa y divulgativa

Explotación de la infraestructura

Aplicación del Programa de Vigilancia Medioambiental, realizándose las comprobaciones necesarias sobre la efectividad de las medidas protectoras de las fases anteriores. Este programa de vigilancia y control incluirá los siguientes aspectos:

- Niveles de ruido
- Calidad del aire
- Conservación y mantenimiento de las áreas restauradas
- Integración de la infraestructura en el medio
- Erosión superficial
- Afecciones al medio hidrológico
- Efectividad de los pasos de fauna
- Impactos no previstos
- Continuidad de vías pecuarias
- Trabajos de conservación que afecten a las medidas correctoras

Ejemplos en la CCAA de Andalucía y enlaces de interés:

- Autovía A-381: Jerez – Los Barrios: se ha denominado la "autovía ecológica". <http://www.jerez-losbarrios.com/> <http://www.jerez-losbarrios.com/actuaciones/actuaciones.html>

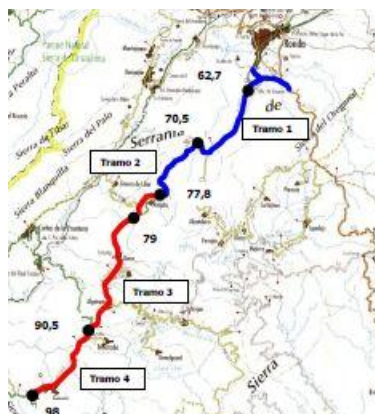




Carretera A-369 de Ronda a Gaucín.

<http://infodigital.opandalucia.es/bvial/bitstream/10326/206/1/AUCIN.PDF>

http://www.aecarretera.com/aec_tv/317/1.asp



Intervención en carretera HF-6248 de Almonte a Los Cabezudos, dentro del entorno de Doñana.

<http://www.agenciamedioambienteyagua.es/DetalleCentroA.aspx?Id=81>

<http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/614>



- Intervención en carretera A-484 de Hinojos a Villamanrique, dentro del entorno de Doñana: <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/612>
- La Ballestera-Cortijos Nuevos: http://www.paysmed.net/upl_linee_guida/pdf_ita-13.pdf
- Autovía a-334. Tramo: Baza-Purchena: http://www.aecarretera.com/aec_tv/209/1.asp

Reciclado de materiales

Una vez agotada su vida útil, ciertos materiales empleados en la construcción de firmes y carreteras, pueden recuperar total o parcialmente la capacidad de desempeñar de nuevo sus funciones. La imagen siguiente muestra las ventajas del reciclado de residuos de construcción y demolición (en adelante RCD's):



Los primeros planes nacionales de residuos en España se remontan a 1995, fecha en la que se aprobaron el I Plan Nacional de Residuos Peligrosos (1995-2000) (I PNRP) y el I Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados (1995-2005) (I PNSC). En estos planes se preveían inversiones en la mejora de la gestión, creación de infraestructuras y confección de inventarios. Las Comunidades Autónomas y Ciudades Autónomas, en el desarrollo de sus competencias, también han ido elaborando y aprobando Planes estratégicos sobre gestión de residuos, de contenidos y alcances variados, en función de sus propias políticas y prioridades.

La puesta en práctica de los Planes de residuos a lo largo de los últimos años y la nueva legislación reguladora que se ha ido promulgando, han tenido como consecuencia un notable avance, aunque con evidentes claroscuros en algunos aspectos.

En el año 2009 se aprobaba el Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015. Este documento recogía entre sus objetivos específicos para el año 2011:

- Recogida controlada y correcta gestión del 95% de los RCD
- Reducción o reutilización del 15% de RCD
- Reciclaje del 40% de RCD

A menudo, parte de la información disponible sobre el volumen de RCD's generados en nuestro país debido a la actividad del sector de la construcción no siempre es fiable. El propio PNRCD anteriormente citado indica *"se deduce que no existe información muy precisa sobre los residuos generados por el sector de la construcción"*.

El Ministerio de Fomento ofrece un catálogo de Residuos Utilizables en Construcción en formato electrónico. Puede accederse a él mediante diversos criterios de búsqueda, como el tipo de residuo o la futura aplicación. El objetivo de este catálogo es contribuir al conocimiento público de los residuos que pueden tener utilidad en las actividades de construcción, fomentando con ello el uso de productos reciclados en estas actividades.

<http://www.cedexmateriales.vsf.es/view/catalogo.aspx><http://www.cedexmateriales.vsf.es/view/archivos/residuos/447.pdf>

Código LER (Orden MAM/34/2002)	Descripción residuo	Valorizable	Operación de selección o eliminación (Código SI Orden MAM/24/2002)	Productos o residuos obtenidos	Destinos de los materiales obtenidos
17 01 01	Hormigón	SI	Planta de reciclado de RCD (R 5)	Zahorros, arenas, gravas	Bases y sub-bases de carreteras, drenajes, camas de asiento de tuberías y suelos seleccionados Hormigón en masa y armado, morteros Fabricación de cemento
17 01 02	Ladrillos	SI	Planta de reciclado de RCD (R 5)	Áridos ligeros	Hormigones ligeros sin finos, y morteros Hormigón no ligero en masa y armado, si el ladrillo de origen es suficientemente denso Fabricación de productos de construcción, si el ladrillo de origen es suficientemente denso Camas de asiento de tuberías
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	SI	Planta de reciclado de RCD (R 5)	Áridos ligeros	Hormigones ligeros sin finos, y morteros Camas de asiento de tuberías
17 01 06	Mecillas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, que contienen sustancias peligrosas	NO	Tratamiento físico-químico (D 9) Vertedero (D 5)	En general, no se obtendrán productos utilizables, salvo que el tratamiento físico-químico transforme el residuo en no peligroso y pueda considerarse a una operación de reciclado (R 5)	Vertedero
17 01 07	Mecillas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintos de los especificados en el código 17 01 06	SI	Planta de valorización (R 5) Utilización de los residuos tras tratamiento (R 11)	Áridos y materiales para otros Dependiendo del cumplimiento de los requisitos técnicos y establecidos en la obra de destino, los materiales obtenidos pueden conservar la consideración de residuo, en cuyo caso la operación de destino sería una operación de reciclado - R 11)	Hormigón para rellenos en masa, hormigón de limpieza



Catálogo de residuos Cedex

Reciclado de áridos

En general se entiende árido reciclado como el árido resultante del procesamiento de materiales inorgánicos utilizados previamente como materiales de construcción. Según su origen, los áridos reciclados pueden clasificarse en:

- Árido reciclado de hormigón:
- Árido reciclado cerámico
- Árido reciclado mixto

La Instrucción de hormigón estructural (EHE 2008) legisla el empleo de áridos reciclados, tanto en hormigones estructurales, (Anejo 19), como en hormigones no estructurales, (Anejo 22), pero sólo áridos gruesos y procedentes de la trituración de hormigones. En el caso de los áridos reciclados se requiere una recepción selectiva de los RCD's para garantizar distintas calidades en el producto final.

Enlaces de interés:

- Aplicación de criterios de sostenibilidad en el empleo de áridos reciclados de RCD's en la fabricación de hormigones
http://www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/pdf/020119.pdf
- Uso de áridos reciclados mixtos procedentes de Residuos de Construcción y Demolición: Investigación Prenormativa
<http://www.caminoseuskadi.com/Profesion/documentostecnicos/usosaridos>
- Ejemplo: Uso de áridos reciclados en firmes de carreteras en la provincia de Sevilla
http://www.aopandalucia.es/principal.asp?alias=aridos_reciclados&zona=innovacion&t=0
- Funcionamiento planta reciclaje RCD's

http://www.concretonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=395:criterios-de-diseno-de-plantas-y-seleccion-de-equipos-para-el-reciclaje-de-rcd&catid=59:articulos-tecnicos

Reciclaje “in situ”

El reciclado de firmes in situ con cemento es una técnica de rehabilitación de carreteras en la que se transforma un firme deteriorado en una capa nueva de base de notable capacidad estructural, aprovechando el mismo firme como cantera o fuente de suministro de áridos. Entre las numerosas ventajas medioambientales que esta técnica presenta, se citan las siguientes:

- Contribución a no tener que abrir nuevos yacimientos de áridos, ni reducir las reservas de los existentes
- Reducción de la necesidad de vertederos
- Reducción de emisiones de CO2 y otros contaminantes
- Bajo consumo energético durante el proceso

Ejemplo reciclado “in situ”: http://www.martec.ca/media_room/files/publications/Spanish.pdf

Aplicaciones de reciclado de pavimentos:

Tipo de pavimento	Aplicación
Pavimento de hormigón	Terraplenes y rellenos
	Bases y subbases granulares de nuevos firmes
	Fabricación de hormigones
	Magro para capas de firmes
Pavimento asfáltico	Capas de base y pavimentos de arcenes
	Firmes
	En central
	In situ

Sección 3. Infraestructuras ferroviarias

La introducción de criterios de sostenibilidad energética en el transporte ferroviario hace necesaria la consecución de un modelo sostenible tanto en redes ferroviarias interurbanas como en redes metropolitanas y urbanas. En este desarrollo adquiere un papel clave la renovación de infraestructuras ferroviarias ya existentes con tecnologías ambiental y económicamente sostenibles.

En los últimos años se ha realizado una importante inversión económica en promoción de la construcción de líneas ferroviarias de alta velocidad con el fin de articular el transporte ferroviario en la península. Esta red debe conjugar los criterios de competitividad económica, respetando el medioambiente y colaborando en el crecimiento sostenible del territorio.

En el ámbito urbano y metropolitano, en comparación con otros medios de transporte, sistemas como metros y tranvías pueden satisfacer las necesidades de movilidad, favoreciendo la reducción del nivel de contaminación de otros medios de transporte y contribuyendo a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

Ventajas medioambientales del transporte ferroviario

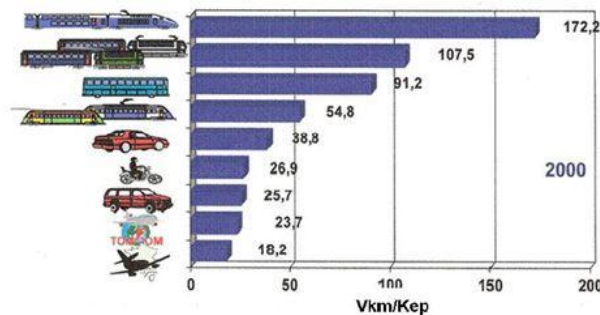
Según Adif, más del 55% de las emisiones totales de CO2 producidas por el sector del transporte provienen de los automóviles. Según la Agencia francesa de Medio Ambiente y Energía, el transporte ferroviario proporciona una mayor eficiencia energética y un menor nivel de emisiones de CO2 en comparación con otros sistemas de transporte como el avión o el automóvil, tal y como muestra la siguiente tabla

	<u>Eficiencia energética</u>	<u>Emisiones CO₂</u>
	<u>Viaj transportados por Km con 1 Kg/T equiv. petróleo</u>	<u>Kg/viaj</u>
Avión	18	97
Automóvil	26	89
Alta velocidad/ferrocarril	172	2

El siguiente gráfico compara el consumo unitario del ferrocarril, automóvil y avión:



El nivel de eficacia energética de los medios de transporte interurbanos se muestra a continuación:



Otras ventajas medioambientales del ferrocarril son:

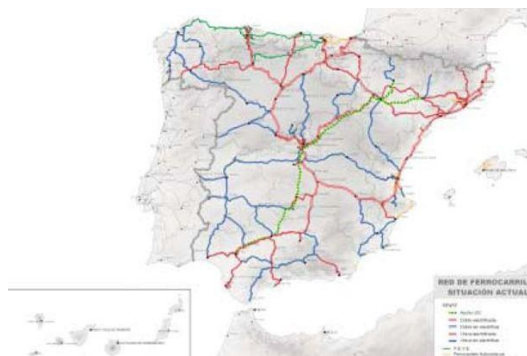
http://www.adif.es/es_ES/compromisos/desarrollo/ventajas_del_tren.shtml

- En España, un viajero utilizando el tren, consume 5 veces menos litros equivalentes de gasolina por Km que si viaja en coche y 20 veces menos que si utiliza el avión
- En España, transportar una tonelada-km por ferrocarril consume 4 veces menos litros equivalentes de gasolina, que hacerlo por carretera y 1.380 veces menos que hacerlo por avión
- Una línea ferroviaria de doble vía puede transportar por hora el mismo número de pasajeros que una autopista de seis carriles pero con un efecto ambiental asociado sensiblemente más reducido
- Para transportar el 5% del total de viajeros y el 4% de mercancías, el tren sólo consume el 1% de la energía consumida por el transporte
- El suelo necesario para mover una unidad física de transporte por avión es aproximadamente 17 veces mayor que por ferrocarril
- Viajar por carretera tiene 30 veces más riesgo de accidentes que viajar en tren

Red ferroviaria española

Según los datos del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (PEIT) editado por el Ministerio de Fomento, la red ferroviaria española en servicio se aproxima a los 15.000 kilómetros de longitud. A fecha de 2004, más de 1.000 kilómetros (1.031) correspondían a la línea de altas prestaciones con ancho de vía UIC. Esta red está vertebrada a partir de un gran eje diagonal que conecta Sevilla-Madrid-Zaragoza-Lleida/Huesca.

Estado de la red ferroviaria actual:



Integración ambiental de la red ferroviaria y estaciones

El PEIT señala que, debido a tensiones crecientes causadas por el crecimiento de las ciudades y el desarrollo de sistemas ferroviarios, se están generalizando las propuestas para mejorar la integración del ferrocarril en la mayor parte de las ciudades españolas, presentándose un amplio abanico de posibilidades técnicas de actuación, de complejidad, coste e implicaciones urbanas y ferroviarias variadas. A continuación se resumen algunas de estas estrategias de mejora de la integración medioambiental del ferrocarril:

- actuaciones en materia de integración paisajística
- disminución del efecto barrera y de fragmentación
- control de emisiones
- control del ruido de las circulaciones ferroviarias

De igual interés son las intervenciones para la integración del denominado *patrimonio ferroviario*, como el desarrollo de *pasillos verdes* en las inmediaciones de algunos trazados, con el propósito de recuperación y acondicionamiento de infraestructuras lineales sin usos funcionales.

Renfe, como compañía encargada de la explotación de los ferrocarriles, ha establecido una serie de compromisos como ejes de su gestión, entre ellos un *Compromiso con la Sostenibilidad y la Protección del Medio Ambiente*.

La integración paisajística y ambiental de las estaciones ha constituido otro de los pilares de sostenibilidad de la red ferroviaria.

Ejemplos:

Estación de alta velocidad de Segovia-Guiomar

http://www.conama9.org/conama9/download/files/CTs/2708_JRodrigo.pdf

Estación de alta velocidad de Elche

http://www.adif.es/es_ES/comunicacion_y_prensa/fichas_de_actualidad/ficha_actualidad_00024.shtml

Recuperación de las denominadas “Vías verdes:

En España existían en 1993 más de 7.600 kilómetros de líneas en desuso, o que nunca llegaron a prestar servicio por quedar inconclusas las obras de construcción. Este patrimonio de gran valor histórico y cultural, se está rescatando de su olvido y de la desaparición total, dado que ofrece un enorme potencial para desarrollar iniciativas de reutilización con fines ecoturísticos, acordes a las nuevas demandas sociales. Desde 1993, estos antiguos trazados ferroviarios están siendo acondicionados para ser recorridos por viajeros un tanto diferentes a los que los transitaban en tren: cicloturistas y caminantes, accesibles para personas con movilidad reducida.

Enlaces de interés:

- Vías verdes: <http://www.viasverdes.com/ViasVerdes>
- Fundación de los Ferrocarriles Españoles: <http://www.ffe.es/>
- Campaña de concienciación de Renfe: “10 cosas que puedes hacer y que en Renfe ya hacemos para mejorar el Medioambiente”: <http://www.renfe.com/empresa/RSE/trensostenible/>

Campaña de concienciación de Renfe: “10 cosas que puedes hacer y que en Renfe ya hacemos para mejorar el Medioambiente”.



Campaña de concienciación de Renfe: “10 cosas que puedes hacer y que en Renfe ya hacemos para mejorar el Medioambiente”.



Campaña de concienciación de Renfe: “10 cosas que puedes hacer y que en Renfe ya hacemos para mejorar el Medioambiente”.



I Plan Director de Ahorro y Eficiencia Energética 2009-2014

Adif, ente gestor de las infraestructuras ferroviarias españolas, redactó en 2009 el I Plan Director de Ahorro y Eficiencia Energética:

http://www.adif.es/es_ES/compromisos/eficiencia_energetica/eficiencia_energetica.shtml

Este Plan señala una serie de medidas tanto técnicas como de gestión para conseguir los objetivos de ahorro y eficiencia energética en la red ferroviaria nacional. El objetivo de estas medidas es mejorar la eficiencia energética en las siguientes tipologías de consumo: aislamiento, envolvente, iluminación, combustibles, catenaria, climatización, equipos, electricidad y energías renovables.

Medidas de carácter técnico:

Las actuaciones de carácter técnico propuestas se clasifican, en función de la madurez de su desarrollo y su naturaleza, en medidas de implantación a corto y medio plazo. Estas medidas se desarrollan mediante un estudio pormenorizado que queda recogido en el Anexo: *Fichas de Medidas Técnicas* y en los documentos: *Justificaciones de las Medidas a Corto Plazo* y *Justificación de las Medidas a Medio Plazo*. La siguiente tabla recoge algunos ejemplos de medidas técnicas a corto y medio plazo:

CONJUNTO DE MEDIDAS TÉCNICAS				
Corto plazo	Características	Implantación en un periodo máximo de 1 año	Ejemplos	Mejorar el aislamiento de los elementos de circuitos de distribución de climatización y agua caliente sanitaria
		Generalmente sin inversión o con una inversión reducida		Mejorar la eficiencia de la iluminación de las galerías de los túneles Estandarizar los procedimientos de mantenimiento Sustituir las lámparas fluorescentes lineales por lámparas de LEDs en zonas de tránsito en estaciones y oficinas
Medio plazo	Características	Baja complejidad	Ejemplos	Emplear farolas solares para iluminación exterior Mejorar el rendimiento de los equipos generadores de frío y calor
		Requieren un estudio previo o desarrollo posterior en mayor detalle		Emplear iluminación móvil para labores de mantenimiento en túneles Sustituir las lámparas incandescentes por lámparas LED en señales fijas luminosas

Medidas de gestión:

Este conjunto de medidas incluyen cambios organizacionales, acciones de comunicación (interna y externa), desarrollo de mecanismos de seguimiento de los resultados y medidas encaminadas a la gestión de la energía de tracción, entre otras actuaciones. A continuación se citan ciertos ejemplos:

MEDIDAS DE GESTIÓN		
OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dinamizar y coordinar a la organización ✓ Posibilitar la implantación de las medidas técnicas, herramientas y acciones ✓ La inversión necesaria y el periodo estimado de retorno dependerá de la acción concreta desarrollada 	EJEMPLOS
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incluir cláusulas que contemplen la Eficiencia Energética en los pliegos de licitación de Adif ▪ Evacuación de la energía producida por terceros en régimen especial a través de las instalaciones de Adif ▪ Establecer grupos de iniciativa y mejora en materia de Ahorro y Eficiencia Energética ▪ Estimar la huella ecológica del personal de Adif

Más información disponible en http://www.adif.es/es_ES/compromisos/doc/pd_capitulo4_anexos.pdf

Integración de sistemas ferroviarios en el planeamiento urbano.

Líneas urbanas:

La integración del ferrocarril dentro del planeamiento urbano constituye una opción eficaz tanto para la ciudad como para el propio sistema ferroviario, permitiendo insertar el ferrocarril en el propio sistema de movilidad urbana y metropolitana, haciéndolo más accesible y atractivo a los usuarios. Para la consecución de estos objetivos, es imprescindible la integración de estas infraestructuras en los elementos de planeamiento y gestión urbanísticos, como principales herramientas para la articulación de estas infraestructuras y su adaptación e integración en el entorno urbano. Consecuentemente, es preciso el desarrollo de adecuados sistemas de gestión y mantenimiento de estas infraestructuras, tanto a nivel técnico como económico y organizativo.

Cercanías:

Tradicionalmente, el servicio de cercanías ha estado en posición favorable para un desarrollo óptimo, contando con una aceptación social favorable, alta fiabilidad y material móvil adecuado. Si bien es cierto, puede apreciarse una cobertura desigual según densidad de población, distancias y trazados existentes que han condicionado su desarrollo. La consolidación de la red de cercanías hace necesarios un conjunto de cambios en el modelo ferroviario clásico basado en trenes de largo recorrido.

El desarrollo de estos sistemas se recogerá en los Planes de Movilidad urbana de las áreas metropolitanas afectadas, focalizándose las actuaciones en la superación de la estructura ferroviaria metropolitana heredada y a la concentración de las actuaciones en los corredores de mayor demanda.

En determinados casos, especialmente en aquellos con una demanda no masificada, la combinación de sistemas puede resultar una solución eficiente y más fácil de integrar en el entorno urbano. Aparecen así combinaciones como tren-tranvía, metro ligero, etc....



Enlaces de interés:

Tren-tranvía Bahía de Cádiz:

http://www.aopandalucia.es/principal.asp?alias=actuaciones_tdb&zona=Actuaciones&t=0

http://www.aopandalucia.es/inetfiles/ente_estructura/115201016453.pdf

Línea de alta velocidad:

Se denomina línea de alta velocidad a los trenes de larga distancia (más de 300 km) cuya velocidad media es de más de 150 km/h. En el trazado de las líneas de alta velocidad comenzó a implantarse siguiendo el esquema similar al de las antiguas concesiones ferroviarias, aprovechando las instalaciones existentes y adaptándose a la accesibilidad urbana en origen y destino.

En el siguiente mapa se muestra la red ferroviaria actual de alta velocidad en España, disponible en la página web de adif:



[http://www.adif.es/es_ES/infraestructuras/lineas de alta velocidad/lineas de alta velocidad.shtml](http://www.adif.es/es_ES/infraestructuras/lineas%20de%20alta%20velocidad/lineas%20de%20alta%20velocidad.shtml)

El gráfico a continuación indica el **consumo energético** y **emisiones** de los ejes principales de esta red:

Origen	Destino	Consumo			Emisiones	
		Toneladas KWh/t Km	Km KWh/tren.Km	Plaza.Km KWh/plaza.100Km	Viajero.Km KWh/viajero.100Km	Viajero kgCO ₂ /KWh
Madrid	Barcelona	0.042	17,912	4,434	7,583	7,817
Madrid	Sevilla	0.035	13,635	4,144	6,503	5,085
Madrid	Málaga	0.039	12,527	3,297	6,471	5,510
Madrid	Zaragoza	0.033	14,159	3,505	5,994	3,054
Madrid	Córdoba	0.038	13,848	4,257	8,532	6,819
Barcelona	Zaragoza	0.037	15,688	3,883	6,641	3,539
Madrid	Valladolid	0.040	12,948	4,059	6,804	2,015
Madrid	Tarragona	0.038	16,221	4,015	6,867	6,018
Madrid	Lleida	0.038	16,221	4,015	6,867	5,095

Fuente: <http://www.observatorioferrocarril.es/archivos/Ofe2010/04Indicadores.pdf>

Los efectos de una infraestructura ferroviaria de alta velocidad son de varios tipos: económicos, de sostenibilidad ambiental y sociales. Esta amplitud de impactos hace necesario una previsión en la planificación territorial, basándose en medidas que garanticen un aprovechamiento eficiente de la red ferroviaria y optimicen su integración en el contexto del desarrollo territorial.

Para definir la magnitud de los efectos de la red de alta velocidad sobre el territorio deben considerarse

aspectos como las características de los servicios ofrecidos, la localización de la estación y accesibilidad al resto del territorio, características del medio territorial y socioeconómico, estrategias de los agentes locales y regionales, tamaño de la ciudad y su posición relativa en la red, actividades principales de la ciudad y su entorno, sistema de comunicaciones en que se inserta el servicio.

El desarrollo de las líneas ferroviarias de alta velocidad ha producido fuertes desequilibrios de la red de comunicaciones existente, provocando un rápido incremento de accesibilidad del punto de la región en la que se inserta la red. Los sistemas de infraestructuras de la región deben incluir estas infraestructuras en su desarrollo, con el objetivo de la potenciación y optimización de las relaciones entre los núcleos de la región, ayudando así a consolidar el esquema territorial. Esto incide en la necesidad de integrar actividades y políticas de movilidad en esquemas de ordenación territorial de escala regional.

A nivel comarcal el efecto sobre los núcleos de población puede adquirir dos vertientes. Tras la llegada de la alta velocidad, ciertos núcleos alejados o mal conectados con el nuevo punto de comunicación, pueden quedar aún más perjudicados. En cambio, la zona de la región en la que se introduce el punto de acceso a la red vivirá una situación de privilegio en términos de accesibilidad.

Ejemplos:

- **Línea alta velocidad Madrid-Cuenca-Valencia:** En el análisis de impacto medioambiental de esta vía se han considerado los efectos en la contaminación, el consumo de energía y la sostenibilidad ambiental. Para ello se ha cuantificado la reducción en la cantidad de gases y materiales perjudiciales para el medioambiente generados en el proceso de combustión de los materiales fósiles utilizados en la obtención de energía para el funcionamiento del AVE.



A continuación se resumen las estimaciones de reducción de impacto ambiental tras la entrada en funcionamiento de la LAV Madrid-Valencia:



En términos monetarios, la reducción de las emisiones de CO2 estimada para el periodo 2011-2016 supondrá un ahorro de 12,8 millones de euros. A ello se añaden 121,5 millones de euros asociados a la disminución del consumo energético. Por su parte, el descenso en las importaciones de petróleo supondrá una reducción de la dependencia energética estimada en 206 millones de euros.

http://www.renfe.com/viajeros/ave/trayectos/ave_madrid_valencia.html

<http://www.jccm.es/contenidos/porta1/ccurl/710/784/Cuenca070211.pdf>

http://www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/pdf/010202.pdf

Túnel de La Cabrera: http://www.adif.es/es_ES/conoceradif/doc/CA_MS_03_Medioambiental-es.pdf

Enlaces de interés:

Libro Blanco del Transporte: La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad. Bruselas, 12.9.2001 COM(2001) 370 final:

<http://www.maec.es/SiteCollectionDocuments/Espana%20y%20la%20Union%20Europea/Politicasy%20Comunitarias/Transportes/libroblanco.pdf>

Proyecto *ELECRAIL*: Análisis sistemático del consumo energético en líneas ferroviarias metropolitanas de cercanías y de alta velocidad, con valoración del impacto energético y del resultado económico, incluyendo el desarrollo de modelos y simuladores parametrizables:

http://www.investigacion-ffe.es/proyecto_elecraail.asp

Observatorio del ferrocarril: Indicadores socioeconómicos y sostenibilidad:

<http://www.observatorioferrocarril.es/archivos/Ofe2010/04Indicadores.pdf>

<http://www.worldtransitresearch.info/research/1660/>

http://www.aec.es/c/document_library/get_file?p_l_id=33948&folderId=489412&name=DLFE-8120.pdf

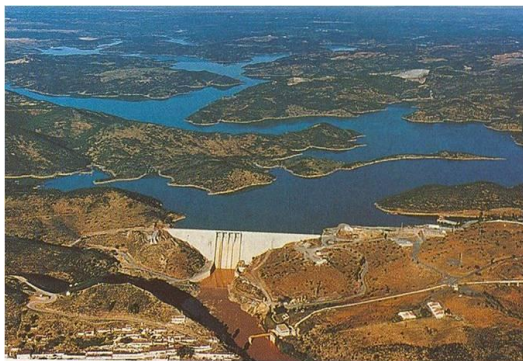
http://www.renfe.com/empresa/RSE/compromisos_y_acciones/sostenibilidad.html

<http://www.renfe.com/docs/InformeAnuales2010cas.pdf>

http://www.fomento.gob.es/NR/ronlyres/3AA1A6BC-3BF3-49E8-AD07-CC530808AB79/19077/LA_RED_FERROVIARIA_DE_INTERES_GENERAL.pdf

<http://www.ciccp.es/revistait/buscador/index.html>

Sección 4. Infraestructuras del agua



Embalse del Chanzas. (Cortesía del Comité Español de Grandes Presas)

La política del agua española

España se caracteriza por ser un país con grandes contrastes en materia de agua: la España húmeda que abarca el norte del país y la España seca situada en el centro y el sur de la península, producida en esta última por la irregularidad de las precipitaciones, pudiendo pasar en tiempos de periodos secos a inundaciones por lluvias torrenciales.

Esta característica ha condicionado y sigue condicionando la política del agua en España, así hasta finales de la década de los ochenta del siglo pasado dicha política se orientó a aumentar la disponibilidad del agua como recurso tanto económico como social mediante:

La construcción de más de 1.000 embalses

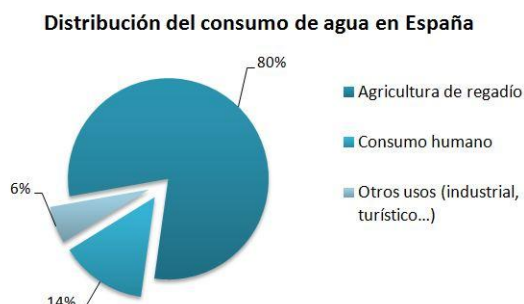
La puesta en regadío de más de 3 millones de hectáreas

El abastecimiento a más de 40 millones de habitantes

A partir de los años 80 y 90 se incidió en mejorar las estaciones de abastecimiento y saneamiento de agua, sobretodo en las grandes poblaciones. En estas dos últimas décadas la planificación del agua se ha caracterizado por los cambios políticos constantes pasando de los anteproyectos de planes hidrológicos de los años 1993-94 y 2000-2002, que impulsaban la política de trasvases para abastecer a la España seca, al Plan AGUA que derogaba el trasvase del Ebro al levante español y consolidaba como sustituto para garantizar la oferta a estas zonas la construcción de desaladoras.

Además la aparición de la Directiva Marco del Agua y su trasposición al ordenamiento jurídico español en varias leyes y normas ha condicionado el desarrollo de la planificación del agua en nuestro país.

En la actualidad esta planificación viene muy condicionada por la distribución del consumo del agua en España que se puede establecer según el siguiente gráfico



Así pues no se puede establecer una correcta política del agua sin considerar su repercusión económica sobre el sector agrícola en España y por tanto por las consideraciones sociales que tiene en los asentamientos humanos en el territorio y sus flujos migratorios del campo a la ciudad, su consideración de bien social imprescindible para el bienestar y la salud del ser humano, y también la incidencia que tiene sobre la ecología y la gran capacidad que tiene de modificar la naturaleza.

Enlaces de interés:

Planificación hidrológica:

<http://www.magrama.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/default.aspx>

Gestión sostenible de regadíos:

<http://www.magrama.es/es/agua/temas/gestion-sostenible-de-regadios/>

Sistema integrado de información del agua SIA:

<http://www.magrama.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/sia-/default.aspx>

Directiva marco del agua

La Directiva Marco del Agua de la Unión Europea condiciona de una forma decisiva la política en materia de agua de sus estados miembros. Podemos definir como objetivo prioritario el establecer un marco adecuado para las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas. Además establece como puntos fundamentales:

1. Prevenir el deterioro adicional y proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos
2. Promover un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos sostenibles
3. Reducir progresivamente o interrumpir los vertidos de sustancias peligrosas
4. Garantizar la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea
5. Contribuir a paliar los efectos de inundaciones y sequías
6. Garantizar el suministro de agua superficial o subterránea en buen estado
7. Proteger las aguas territoriales y marinas



http://www.magrama.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/la-union-europea-y-la-proteccion-del-medio-marino-y-costero/directiva_marco_agua.aspx

Esta Directiva Marco del agua se caracteriza por ser una Directiva global y ambiciosa, que aborda todas las aguas y todos sus usos, clasificando las diferentes masas de agua en:



Es una Directiva que trata con rigor y prioridad los temas ambientales por encima de los demás, apostando claramente por la protección del medio ambiente y los ecosistemas globales. Introduce el concepto de estado ecológico superior al de la "calidad de las aguas", creando indicadores biológicos y morfológicos sumados a los físicos y químicos.

Además se ocupa fundamentalmente de la calidad de las aguas promoviendo su uso sostenible, siendo en ese sentido una prolongación de los países industrializados, prestando una insuficiente atención a los aspectos de cantidad y a los periodos de sequias e inundaciones que son característicos de los países secos como España, en donde los embalses vertebran su política hidráulica.

Es una Directiva que indica la importancia del factor económico incidiendo en la recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua incluyendo los costes medioambientales y los relacionados con su consideración de recurso económico. Así establece que el precio del agua ha de incentivar la utilización de forma eficiente de los recursos hídricos y contribuir a los objetivos medioambientales teniendo en cuenta además de estos sus efectos sociales y económicos y los condicionantes geográficos y climáticos de las regiones afectadas.

Por último y en relación a la planificación de los recursos hídricos, establece un concepto de división física y no administrativa, en la que se puede incluir una o varias cuencas. Hay que desatacar que en España nos adelantamos a este concepto de división física de la planificación creando las Confederaciones Hidrográficas de cuencas en 1926 como marcos de actuación perdurando en la actualidad.

A continuación se muestra el mapa de demarcaciones hidrográficas en España:



Enlaces de interés:

http://www.magrama.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/la-union-europea-y-la-proteccion-del-medio-marino-y-costero/directiva_marco_agua.aspx

http://www.magrama.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/manual_redes_control_aguas_costeras_tcm7-30449.pdf

http://www.magrama.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/acta_meeting_NEA_mar10_tcm7-29979.pdf

http://www.magrama.es/es/costas/temas/proteccion-del-medio-marino/informe_MEDGIG_feb10_tcm7-30253.pdf

Retos del futuro

Como retos de futuro en nuestro país se afrontan los siguientes:

Resolver los problemas jurídicos que se han introducido con la aprobación de los estatutos de autonomía en la segunda mitad de la primera década del siglo XXI, y las consideraciones que se establecen den los mismos de romper la organización administrativa de los organismos de cuenca estableciendo criterios de competencia exclusiva de cada comunidad autónoma en los territorios por donde circulan los ríos, sin entender que la planificación de la gestión de un río no se puede hacer sin considerar los efectos que tiene sobre toda su cuenca, y no se puede parcelar ni territorial ni administrativamente en ámbitos más pequeños

Considerar la importancia que tiene la agricultura de regadío en el empleo global del agua, introduciendo criterios de racionalidad económica y de eficiencia en su utilización prestando una atención preferente a la mejora de las infraestructuras

Superar las tensiones que existen entre el mundo técnico y el ecologista en tendiendo que son

complementarios y no contrapuestos y que no se puede entender el agua sin considerar que es un bien económico y social fundamental para el desarrollo y el bienestar humano pero que también es imprescindible para la naturaleza y para la conservación de sus hábitats

La sostenibilidad de las infraestructuras del agua

Existen multitud de ejemplos de infraestructuras del agua que contribuyen al bienestar de la sociedad y que son compatibles con el medio ambiente. Entre ellos podemos citar:

1. La utilización de las aguas subterráneas y su recarga artificial

La utilización de aguas subterráneas constituye un recurso estratégico en determinados territorios y periodos de tiempo donde la irregularidad de las precipitaciones impide el empleo de aguas proveniente de embalses. En este caso las aguas provenientes de acuíferos constituyen unos recursos estratégicos que deben ser explotados con racionalidad para evitar ser sobreexplotados y causen la degradación o la desaparición de sus ecosistemas asociados. La recarga artificial de acuíferos permite complementar la recarga natural de los mismos, contribuyendo a su sostenibilidad, reduciendo los tiempos de recuperación tras bombeos prolongados, evitando los descensos de sus niveles piezométricos y ayudando a una gestión más equilibrada del acuífero. La recarga artificial se puede realizar aprovechando caudales no regulados de los embalses superficiales, almacenándolos en acuíferos subterráneos y utilizándolos en períodos de sequía. También es pueden utilizar aguas provenientes de las redes de las empresas municipales de agua mediante la introducción de agua proveniente de estas canalizaciones en pozos de extracción para que se adapten para la recarga de acuíferos. El agua que se utilice se ha de analizar para que sea compatible química y físicamente con la existente en el acuífero.



2. Los sistemas urbanos de drenaje sostenible

La urbanización de nuestras ciudades ha traído consigo la impermeabilización del suelo donde se asientan dando lugar a sistemas convencionales de saneamiento y drenaje basados en grandes colectores cuyo objetivo ha sido evacuar lo antes posible las escorrentías generadas en tiempo de lluvia hacia el medio receptor, limitando el riesgo de sufrir inundaciones. Este desarrollo urbano genera una serie de problemas de calidad de las aguas de lluvia que lejos de ser limpias pueden producir contaminación en los medios receptores por contaminarse por fuentes difusas (materia orgánica, hidrocarburos, elementos patógenos, metales, pesticidas, etc), vertidos desde depuradoras desbordadas y descargas de sistemas unitarios. El efecto que puede tener es el de la caída del oxígeno disuelto y su efecto sobre la mortandad de especies, el

incremento de las concentraciones de nutrientes, la contaminación por agentes patógenos o la acumulación de elementos tóxicos. Los sistemas urbanos de drenaje sostenible pueden con un correcto diseño, construcción y mantenimiento, contribuir a reducir los impactos generados por las escorrentías de aguas de lluvia. Los efectos positivos que generan son:

Reducción de los volúmenes de escorrentía y caudales punta mediante elementos de retención y minimización de áreas impermeables, reduciendo el riesgo de inundación

Restituir el flujo subterráneo hacia los cursos naturales mediante infiltración

Aumentar la calidad del agua procedente de las escorrentías, eliminando los contaminantes procedentes de fuentes difusas.

Reducción de costes de infraestructuras de drenaje y de operación de estaciones depuradoras al disminuirse los caudales y no alterarse frecuentemente los contaminantes para los que ha sido diseñadas

Las medidas más usuales que se emplean son:

- Cubiertas vegetales de tejados y terrazas que interceptan y detienen las aguas pluviales
- Pavimentos permeables que permiten el paso del agua a su través posibilitando que se infiltre en el terreno
- Pozos y zanjas de infiltración, poco profundos y rellenos de material drenante capaces de absorber la escorrentía producida por superficies impermeables contiguas
- Cunetas verdes, diseñadas para almacenar y transportar superficialmente la escorrentía
- Depósitos de infiltración, consistentes en depresiones del terreno diseñadas para almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía generada en superficies contiguas transformando flujos superficiales en subterráneos
- Depósitos y estanques de retención, consistentes en depósitos superficiales o enterrados y en lagunas artificiales con lámina permanente de aguas para laminar volúmenes de escorrentía y caudales punta, promoviendo la sedimentación y con ello la reducción de la contaminación



3. La reutilización de las aguas residuales tratadas de las ciudades

La reutilización directa de las aguas residuales tratadas de las ciudades es una solución sostenible para demandas de agua en zonas con desequilibrio entre los recursos hídricos disponibles y las demandas de agua de aquellas actividades que no requieren los niveles de calidad del abastecimiento humano. Así en entornos urbanos se están utilizando en ámbitos públicos en baldeo de viales, riego de jardines o actividades deportivas como riego de campos de golf. Esta reutilización se considera como un aumento de la disponibilidad del recurso o gestión de la demanda. También cobra una gran importancia el empleo de aguas residuales tratadas en la agricultura en sitios con una alta rentabilidad económica y poca disponibilidad del recurso. En este caso los requisitos de calidad y de volumen disponible de agua serán factores limitativos a su uso.

4. La desalación de aguas marinas

Las técnicas de desalación de aguas marinas suponen un incremento de disponibilidad de recursos hídricos en zonas con una gran insuficiencia de ellos, como pueda ser el levante español o las islas. Fundamentalmente se orienta al abastecimiento urbano por los costes inicialmente elevados. Las implicaciones ambientales por el uso de energía que necesitan y por los depósitos de sal extraída del agua de mar suelen ser sus puntos débiles con respecto a otras soluciones. El precio del agua extraída y las necesidades de bombeo desde las estaciones desaladoras hasta los campos agrícolas, normalmente a cotas por encima del nivel del mar suelen ser factores también limitativos para su uso en la agricultura.

Mapa de desaladoras en Andalucía



Enlaces de interés:

www.igme.es/internet/divulgacion_didactica/

www.drenajesostenible.com

www.construible.es

Sección 5. Puertos y costas



El sistema portuario español

España es el país de la Unión Europea que cuenta con mayor longitud de costa (8.000 Km.). Además su situación geográfica, próxima al eje de una de las rutas marítimas más importantes del mundo, la beneficia de un mayor afianzamiento como área estratégica en el transporte marítimo internacional y como plataforma logística del sur de Europa.

El Sistema Portuario español de titularidad estatal está integrado por 46 puertos de interés general, gestionados por 28 Autoridades Portuarias, cuya coordinación y control de eficiencia corresponde al Organismo Público Puertos del Estado, órgano dependiente del Ministerio de Fomento y que tiene

atribuida la ejecución de la política portuaria del Gobierno.



<http://www.puertos.es/>

Existe además, una extensa red de puertos gestionados por las Comunidades Autónomas con competencias normalmente en actividades pesqueras y náutico recreativas, además de los puertos deportivos gestionados por la iniciativa privada otorgados por concesiones de las diferentes administraciones.

También existen puertos de carácter militar gestionados por el Ministerio de Defensa.



La importancia de los puertos como eslabones de las cadenas logísticas y de transporte viene avalada por las siguientes cifras: por ellos pasan el cerca del 60% de las exportaciones y el 85% de las importaciones, lo que representa el 53% del comercio exterior español con la Unión Europea y el 96% con terceros países.

Además, la actividad del sistema portuario estatal aporta cerca del 20% del PIB del sector del transporte, lo que representa el 1,1% del PIB español. Asimismo, genera un empleo directo de más de 35.000 puestos de trabajo y de unos 110.000 de forma indirecta.

Enlaces de interés:

Asociación española de promoción del transporte marítimo de corta distancia (TMCD)
<http://www.shortsea.es/>

Iniciativas y proyectos de carácter medioambiental de Puertos del Estado
<http://www.puertos.es/node/5503>

Las costas

La costa es un sistema físico complejo por ser interfase entre el medio marino y el terrestre. En esta franja estrecha se producen procesos geomorfológicos muy dinámicos por la gran energía producida por el oleaje. También en este espacio costero existe una gran variedad de ecosistemas singulares tanto en tierra como en el mar.

Hasta la segunda mitad del siglo XX la ocupación del litoral se limitaba los puertos y las ciudades que crecían a su alrededor, que eran focos de actividades comerciales y pesqueras y de defensa. Es a partir de la segunda mitad del siglo XX cuando se revaloriza el litoral impulsado por el turismo y comienza a asentarse la población en las costas. Desde entonces han sufrido una gran variedad de agresiones, algunas reversibles como la contaminación de las aguas, con infraestructuras de saneamiento y depuración, y otras irreversibles, como las producidas por invasión de las urbanizaciones y edificaciones en las playas, la inmovilización de sistemas dunares, y la afección al paisaje. Se puede decir que la ocupación de nuestras costas no ha sido óptima y el balance entre recursos consumidos y beneficios obtenidos no es muy favorable.

Es fundamental la planificación sostenible de las costas que definan la protección de las mismas, su recuperación, o incluso su reconstrucción y rehabilitación. Esta planificación debe atender a los aspectos más significativos de la costa: su erosión, el paisaje, la dotación de infraestructuras para su uso, y la protección de los enclaves más característicos.

La erosión de las costas

La erosión de las costas es el problema actual más característico de las mismas, que tiene su origen en varias causas todas de reciente origen:

- La construcción de presas y otras actuaciones en el territorio (reforestación, transformación de regadíos disminuyendo el caudal de los ríos, explotación de áridos en los cauces de los ríos, etc) que han impedido el aporte de sedimentos que llevaban los ríos en su desembocadura a las costas.
- La ocupación de los bordes costeros, que han destruido los cordones dunares, que representaban las reservas de arena de muchas playas.
- El efecto pantalla de las edificaciones que interrumpe el transporte eólico de arenas.
- Los puertos, que representan las mayores infraestructuras que se asientan en el litoral, y que ocupan la zona marítimo terrestre, el mar, y los fondos marinos, y que además tienen afecciones sobre la flora y la fauna marina y terrestre, y producen un efecto barrera al transporte litoral de sedimentos.

Todos estos procesos han producido un efecto contrario al que se estaba produciendo durante siglos de un avance lento pero continuo de tierras hacia el mar con un crecimiento continuo de deltas y playas, en un proceso de erosión de grandes tramos de litoral.

Ley de costas:

http://www.magrama.es/es/costas/legislacion/Ley_Costas_tcm7-150049.pdf

<http://www.magrama.es/es/costas/preguntas-frecuentes/1leycostas.aspx>

Intervenciones en las costas

Existe una corriente paralela a la costa, producida por la incidencia oblicua del oleaje, que origina un transporte de sedimentos a lo largo de ella y a profundidades muy reducidas.

En el Mediterráneo más del 90 % de los áridos útiles para la formación de playas discurre entre la línea de orilla y la batimétrica menos seis. La corriente producida por incidencia oblicua del oleaje tiene una dirección neta norte-sur desde Gerona hasta el cabo de Gata en Almería, de poniente a levante entre la costa de Granada y Almería y en sentido contrario desde Granda a Gibraltar.

En la costa sur-atlántica el transporte litoral, que es muy intenso (se estima que en la costa de Huelva el volumen de sedimentos transportados alcanza los 300.000 m³ anuales) tiene dirección de poniente a levante.

En estas costas, la única fuente de suministro de sedimentos, la constituyen los ríos, las ramblas y los arroyos que desembocan en el litoral y que la corriente litoral distribuye.

Existen básicamente dos métodos para la regeneración de playas:

La construcción de espigones perpendiculares a la costa, diques exentos paralelos a la misma, u otras estructuras.

En este caso es fundamental conocer la dirección media del oleaje, ya que una variación de 5º de la real sobre la considerada puede producir un diseño incorrecto de estos espigones con el consiguiente impacto paisajístico y funcional además del sobre coste obtenido.



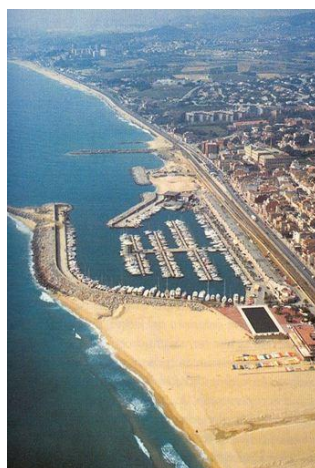
Ejemplo integración puerto-ciudad: Gijón

[http://www.orzancongres.com/administracion/upload/imgPrograma/Francesc%20Triay\(1\).pdf](http://www.orzancongres.com/administracion/upload/imgPrograma/Francesc%20Triay(1).pdf)



El efecto barrera al transporte de sedimentos que producen los puertos, puede ser total si el puerto se prolonga hasta calados de más de seis o siete metros. Las arenas quedan retenidas aguas arriba del puerto dando origen a playas que crecen año a año. Al otro lado del puerto la corriente litoral continua sin nuevos aportes, arrastrando los sedimentos de las playas y provocando un proceso erosivo que avanza hasta que un nuevo río aporte sedimentos y compense la pérdida de material arrastrada por la corriente litoral.

Este efecto barrera puede ser evitado mediante un trasvase periódico de arena desde aguas arriba de los puertos hasta aguas abajo, por un volumen equivalente retenido al de ese período. El coste de este trasvase puede representar un gasto muy pequeño de los gastos de explotación de un puerto comercial, si bien puede ser inviable para un puerto deportivo o pesquero.



Este efecto barrera negativo puede ser transformado en positivo en el caso de que al regulación de los ríos impida el suministro de materiales a la costa, y que las corrientes litorales continúen su proceso erosivo transportando los sedimentos hacia grandes profundidades. En este caso el efecto barrera del puerto sería positivo quedando retenidos aguas arriba del puerto, lo que permitiría más tarde utilizarlos en la regeneración de playas de su entorno.

Las ampliaciones de los puertos comerciales exigen muchas veces mayores calados, y por tanto grandes dragados del canal de acceso, pudiendo emplearse el material en el mantenimiento, ampliación o creación de playas.

La recuperación para el uso público de importantes zonas portuarias abandonadas también es un aspecto positivo a destacar.

Una planificación adecuada de la costa y la colaboración con las infraestructuras portuarias puede ser muy importante para una gestión sostenible del litoral.

Ejemplo: Regeneración de la playa de la Victoria en Cádiz con arenas de dragado del puerto.



Enlaces de interés:

Code of Practice on Societal Integration of Ports:

http://www.espo.be/images/stories/Publications/codes_of_practice/ESPOCodeofPracticeonSocietalIntegrationofPorts2010.pdf

<http://www.udc.es/iuem/>

<http://www.magrama.es/es/costas/temas/el-litoral-zonas-costeras/objetivos-actuaciones-y-proyectos/default.aspx>

Capítulo 6. Materiales sostenibles para la construcción

Desde el origen de la civilización (12 mil años), el hombre se establece en poblados y comienza a usar lo que la Naturaleza le ofrece: el agua, la agricultura, los materiales para construir sus viviendas,...



Sección 1. Introducción

La adecuación del mundo a las necesidades del hombre, desde que se establece en poblados y comienza a usar lo que la Naturaleza le ofrece, incluyendo los materiales para construir sus viviendas, ha provocado alteraciones en el medio natural de diversa índole y grado, intensificándose desorbitadamente en el último siglo.

A lo largo de la historia, el uso de los recursos naturales ha beneficiado al hombre, mejorando su calidad de vida, y garantizado su supervivencia frente a otras especies. Estos 6.000 años de actividad humana, nos han conducido a un alto nivel de desarrollo tecnológico, que si bien debieran garantizar nuestra supervivencia aún muchos milenios más, por el contrario amenaza con acabar definitivamente con el planeta y con la especie: el uso exhaustivo de recursos y la incontrolada emisión de gases y contaminantes ha generado desequilibrios en los sistemas naturales y transformaciones en la atmósfera y las aguas.

En los últimos 50 años, los científicos de todo el mundo alertan a la población de los riesgos a los que nos enfrentamos si continuamos con las actuales conductas de producción y consumo, y no planteamos alternativas en el desarrollo de las actividades industriales, productivas, profesionales y de servicios.

¿Por qué hablar de construcción sostenible???

Si analizamos el empleo de los materiales de construcción en la historia de la edificación, llegamos a la conclusión de que hasta el siglo XVIII, se caracterizaba por la disponibilidad de los mismos en el entorno donde se construía, por cuestiones básicamente de movilidad, y precisaban de mínimos procesos de transformación, invirtiendo los constructores más ingenio que energía para la extracción de la materia prima (tierra, piedra, madera), el desbaste, la labra, y el corte en formato, usando su propia fuerza, la de sus animales, y una serie de herramientas y máquinas simples como cuñas de madera, palancas, o poleas.

Los materiales tradicionales de construcción: tierra, piedra, ladrillos, cal, yeso y madera, perviven desde la antigüedad hasta nuestros días. Las estructuras de las edificaciones de muros de carga, hechos a base de tapial o adobe, se protegieron o revistieron con revocos de cal y yeso para evitar su deterioro, y se sustituyeron en edificios representativos por los de piedra o arcilla cocida con el objeto de garantizar su durabilidad a lo largo de la historia. Los forjados y cubiertas de madera, muy vulnerables ante el fuego, se sustituyeron por bóvedas de piedra o ladrillo, y más tarde por perfiles metálicos.

En el siglo XIX, con la invención de la máquina de vapor (Watt 1768) y el motor de combustión interna (Benz 1881), se estimula el progreso de la civilización, facilitando la transformación de materia prima, sustituyendo la producción artesanal por la seriada o industrial, y permitiendo el transporte a cualquier parte del mundo de los productos manufacturados, acelerando el desarrollo económico y tecnológico de los países, produciéndose incrementos notables y ascendentes del crecimiento demográfico, que obliga a construir viviendas de forma masiva, sobre todo a partir de la mitad del siglo XX (años 50), y disparando la demanda de productos de construcción, a costa del empleo masivo de los combustibles, desde el carbón al petróleo, y de daños irremediables al medioambiente.

El cemento se comercializa intensivamente a partir de finales del XIX en todo el mundo revolucionando el mundo de la construcción, permitiendo reconstruir ciudades destrizadas por la guerra en muy poco tiempo, construir edificios en altura, reducir el espacio ocupado por la estructura, y mejorar las prestaciones de las edificaciones.

El uso de los materiales llamados de síntesis: los polímeros, obtenidos en un principio a partir de resinas vegetales, almidones y carbón, y en nuestros días a partir del petróleo, se extiende a todo el mundo a partir de los años 50, sobre todo para fabricar materiales de aislamiento y láminas de impermeabilización, instalaciones de fontanería, electricidad y revestimientos, en forma de placas, láminas y aditivos para morteros.

En el siglo XX, las altas tasas de crecimiento demográfico (pasando en España de casi 19 millones de habitantes en 1900 a más de 40 en el año 2000), el desarrollo socioeconómico y el incremento de la renta per cápita, unidos a los objetivos de mejora de la calidad de vida de las personas y el incremento de las mínimas condiciones de confort y habitabilidad, han disparado el consumo en el sector de la Construcción en el mundo.

El avance tecnológico en el sector industrial ha propiciado la producción de mejores materiales, de altas prestaciones técnicas, que optimizan los procesos de producción de edificios, tanto en el diseño (estructuras más ligeras, y de mejores aptitudes) como en su puesta en obra (mecanizada, de menor coste y más rápida), y en su mantenimiento, pero como ha sucedido en otros procesos productivos, no se han considerado los impactos negativos medioambientales que se producían en paralelo, ya que las necesidades de desarrollo lo justificaban, conduciendo al sector de la construcción a una situación insostenible que obliga a tomar medidas con carácter urgente, ya que la fabricación y uso de los materiales de construcción son los responsables del 40% de las extracciones de recursos naturales y de la producción de residuos, y del consumo del 40% de la energía primaria del país, y la dependencia de los combustibles fósiles es alta.

Producir de forma sostenible es el reto que la industria de la construcción ha de alcanzar en este siglo XXI, promoviendo el proyecto y la ejecución de edificios e infraestructuras capaces de responder a los estándares de calidad y a los requisitos de la edificación exigidos por la sociedad, y producidos mediante prácticas constructivas responsables, que aseguren el respeto, la conservación y el desarrollo de los valores económicos, sociales y medioambientales del entorno.



Partenón, Grecia



La mezquita de Córdoba



Lærdal, Noruega

¿Qué hacer?

Es preciso tomar medidas con carácter urgente.

Necesitamos se promueva el diseño de nuevos productos y nuevos sistemas de producción, y se estimule la creatividad y la investigación científica y de carácter tecnológico.

La **producción y el consumo sostenibles** requieren de un cambio de actitud en los agentes que intervienen en la industria de la construcción de edificios e infraestructuras, desde el usuario hasta la administración pública, pasando por fabricantes, constructores y técnicos:

1. Como **usuarios**, debemos demandar productos respetuosos con el medioambiente, locales, y eficientes.
2. Como **fabricantes de productos**, debemos reorientar la producción:
 - Diseñando procesos de fabricación más eficientes: menor consumo de recursos y energía, y menores emisiones
 - Certificando productos y servicios
3. Como **fabricantes de edificios**:
 - Reducir el volumen de materiales impactantes usados en obra, optimizar secciones.
 - Diseñar con el objetivo de minimizar el consumo energético, y el reciclado de aguas.
 - Mejorar la durabilidad de sistemas y productos.
4. Como **investigadores y científicos**:
 - Plantear alternativas ecológicas a los materiales de construcción convencionales
 - Diseñar productos eficientes, y que intervengan en la eliminación de la contaminación ambiental
 - Trabajar en conexión con el mercado internacional de productos de construcción
5. Como **Administración Pública**:
 - Estimular con estrategias políticas la demanda de productos sostenibles
 - Regular el mercado de productos de construcción ecológicos

La **Economía Verde** será uno de los temas centrales de la conferencia internacional **Río+20**, que según el observatorio de la sostenibilidad en España, “empuja a todos los países desarrollados y en desarrollo a avanzar hacia la reducción del impacto que la humanidad ejerce en el planeta disminuyendo el consumo de materiales”.

El consumo responsable garantiza el desarrollo sostenible de la civilización, ya que produciendo y comercializando productos y servicios ajustados a las necesidades básicas de las personas, y utilizando de forma eficiente materia prima y energía, conseguiremos preservar los valores y recursos del medioambiente.

Sección 2. Materiales y productos de construcción

Los productos que empleamos en la construcción de edificios e infraestructuras, se fabrican a partir de materia prima extraída directamente de la Naturaleza, de fuentes no renovables, y tras procesos de transformación más o menos intensos se colocan en obra.

La intensidad de la transformación de la materia prima, en la que se emplean grandes cantidades de agua y energía, tiene como objetivo fabricar productos de calidad, que se adecuen a las exigencias establecidas en la normativa, y que sean durables, es decir, que no se deterioren por la acción de los fenómenos meteorológicos, por la agresividad ambiental, o por el uso continuado.

El volumen de productos que se emplea en edificación es alto.

Estudios realizados por el CIES (Centre d'Iniciatives per a l'Edificació Sostenible), estiman el empleo de unas 2,5 toneladas de materiales por metro cuadrado construido en obras de viviendas Plurifamiliares, que se distribuyen en los consumos por material establecidos en la siguiente tabla:

MATERIAL	K/M2
ARIDOS PETREOS	1.490,0
CERÁMICA	557,0
CEMENTO	192,0
MORTERO PREFABRICADO	132,0
CAL	51,0
HORMIGÓN PREFABRICADO	38,0
ACERO	35,0
MADERA	17,0
CERÁMICA LIGERA	15,0
TERRAZO	14,0
ACERO GALVANIZADO	13,0
YESO	12,0
ALUMINIO LACADO	2,5
ADITIVOS	4,8
PVC	2,0
ALUMINIO ANONIZADO	0,5
TOTAL KG/m2	2.575,8

Datos del CIES: Centre d'Iniciatives per l'Edificació Sostenible

Algunos materiales relacionados en la tabla provocan un alto impacto de carácter negativo en el medioambiente pero su cuantificación en el edificio es baja, otros son de bajo impacto pero se usan de forma masiva en construcción, otros pueden provocar graves peligros para la salud humana. En cualquier caso, para analizar un producto, es preciso definir y cuantificar su actuación y rendimiento en cada unidad constructiva, y su repercusión en la totalidad de la obra.

Además es importante notar que la cuantificación de materiales por superficie de edificio, está condicionada en gran medida tanto por la tipología edificatoria, por el tipo de estructura elegido para su configuración como por el diseño arquitectónico, que incide determinadamente en los sistemas de envolventes (fachadas y cubiertas) y revestimientos.

Clasificación

La materia prima utilizada en la fabricación de materiales de construcción, puede tener diversa procedencia:

Extraída directamente de la naturaleza, de fuentes no renovables o con tasas de renovación lenta con respecto a la tasa de uso, como es el caso de la madera.

De material reciclado procedente de la demolición edificios e infraestructuras, que se procesa y se transforma dando origen a nuevos productos.

De la mezcla de materia prima cruda y material reciclado, en porcentajes variables.

De la reutilización de productos seleccionados del derribo de edificaciones.

Una primera clasificación de los productos de construcción se realiza en función de las necesidades de manufactura o de transformación de la materia prima para ser utilizados, estableciendo tres grandes grupos:

NATURALES como la piedra, los áridos, la tapia, el corcho o incluso la lana de oveja utilizada en bioconstrucción como aislantes, que precisan para su colocación en obra tratamientos previos de limpieza únicamente.

TRANSFORMADOS, los que precisan procesos complejos de manufactura para ser utilizados, también llamados artificiales, como en el caso del hormigón, ó de síntesis, o sintéticos en el caso de los plásticos.

MIXTOS, o compuestos, aquellos en los que la materia prima cruda se mezcla con productos transformados o sintéticos, como el caso de tableros aglomerados, en los que la madera se mezcla con resinas sintéticas, o el BTC en el que la tierra se estabiliza con cal hidráulica o cemento para evitar su deterioro con la humedad.

Tradicionalmente, en la fabricación de algunos materiales se han empleado residuos y desechos de otras industrias, como en el caso de los cementos, en los que las adiciones provienen de las centrales térmicas o de la fabricación de aleaciones ferrosilíceas, disminuyendo las fracciones de recursos no renovables y valorizando o poniendo en valor el residuo.

La reutilización de elementos constructivos o de piezas ha sido frecuente en la historia de la construcción, el material de derribo cobraba un valor muy alto en el mercado, sobre todo las tejas o elementos de madera o acero decorados, que se restauraban y se colocaban en obra.

Los productos provenientes de material reciclado, tienen cada vez más presencia en el mercado, ya que con su uso se evitan los problemas medioambientales asociados a la extracción en cantera y se preservan los recursos naturales materia prima y energía, cuya extracción para la fabricación de materiales de construcción ha sido alta en los últimos años, llegando a duplicarse en España la extracción de piedras y

minerales no metálicos entre los años 1995 a 2008, según el Observatorio de la Sostenibilidad en España (figura 1).

Figura 1. Fuente: Observatorio de la Sostenibilidad en España

La energía empleada en el proceso de transformación de los productos de construcción tradicionalmente ha provenido de fuentes no renovables, normalmente de combustibles de tipo fósil como el carbón o el petróleo, con una repercusión negativa en el medioambiente, cobrando en los últimos años cada vez más protagonismo la valorización energética, ó la sustitución de combustibles fósiles por combustibles derivados de residuos con alto poder calorífico, y energías limpias renovables (figura 2).

La industria de la construcción pone a nuestra disposición una gran variedad de productos de diversa NATURALEZA y FORMATO para la construcción de los sistemas estructurales y las envolventes, que seleccionamos tras un minucioso análisis, con el objeto de que den respuesta a los requisitos básicos exigidos a la edificación establecidos en la normativa, a la creciente demanda de calidad en la obra construida, y a los principios de la construcción sostenible, considerando cuestiones puramente formales o estéticas, económicas, técnicas, por tradición, o según el contexto en el que la obra se ubique.

Figura 2. Fuente: Observatorio de la Sostenibilidad en España

FIGURA 2.1.2. Evolución de la extracción nacional de materiales y ecoeficiencia. (1995-2008). Índice 2000=100. [Fuente] Elaboración OSE a partir de INE. Cuenta de Flujo de Materiales. NOTA: Último dato publicado en julio de 2011.

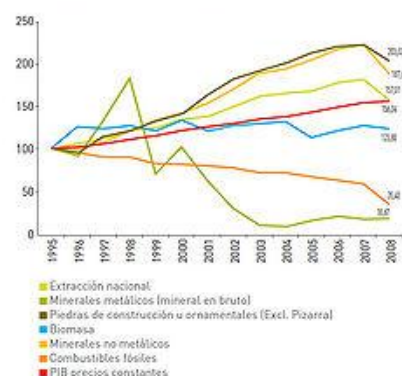
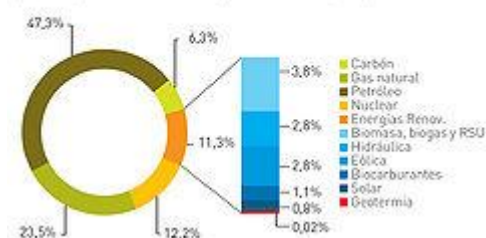


FIGURA 6.6.1. Contribución por fuentes energéticas al consumo de energía primaria [%]. 2010. [Fuente] Elaboración OSE a partir de MITYC, IDAE, 2011.



Descripción y análisis de productos empleados en construcción

A continuación y de forma sintética se ofrece una visión global de qué materiales son los que habitualmente se utilizan en el sector de la construcción y que impactos negativos provocan en el medioambiente, para tener una aproximación al **Problema** y poder plantear las **medidas correctoras** que nos conduzcan a una tendencia de **consumo sostenible** en el sector de la construcción.

La clasificación de los productos de construcción según los elementos constructivos donde se ubiquen es la que vamos a considerar para describirlos, ya que aunque se traten de productos similares, existen diferencias derivadas de los requerimientos en función del uso y las solicitudes a las que esté sometido durante la vida útil

ENVOLVENTES

Las envolventes son los sistemas constructivos que configuran las fachadas y cubiertas de los edificios, y que tienen la importante misión de protegerlos y generar en el interior espacios habitables.

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, los nuevos lenguajes arquitectónicos importados de Europa, promovieron la reducción de las dimensiones de la envolvente y la construcción de cubiertas planas, lo cual condujo al necesario uso de impermeabilizantes y aislantes, y a la necesidad del empleo de medidas activas de acondicionamiento para garantizar el confort de las edificaciones olvidando los tradicionales recursos bioclimáticos.

En la construcción de las Cubiertas se emplean productos derivados de los materiales cerámicos y del hormigón, precisando de láminas de impermeabilización las cubiertas planas (1-5% de pendiente) y las cubiertas inclinadas de pendientes leves según material de cubrición (CTE HS1), además de material de aislamiento según zonas climáticas.

Las fachadas tradicionales pesadas se construyen con ladrillo cerámico o bloque de hormigón aligerado, tomados con mortero de cemento. A partir de la segunda mitad del siglo XX, con el objeto de evitar pérdidas de energía y humedades de condensación, se comenzaron a introducir materiales de aislamiento, alojados en cámaras de aire o fijados al paramento por el exterior del edificio.

Las fachadas más modernas, promocionadas por el CTE DB HS1, incluyen perfiles metálicos para anclar piezas de revestimiento, elementos de aislamiento y capas interiores.

Los impactos asociados a las envolventes se caracterizan por:

- Materiales constituyentes, espesores de los sistemas constructivos, y peso.
- Porcentaje de huecos de las fachadas y cubiertas.
- Ahorro energético en la fase de uso del edificio.
- Mantenimiento de la envolvente y durabilidad.

AISLAMIENTO

Para garantizar la eficiencia energética de nuestros edificios es fundamental evitar pérdidas de energía a través de la envolvente, debiendo dimensionarlas y aislarlas adecuadamente en función del tipo de edificio, de su ubicación geográfica, y de la tipología del elemento constructivo.

El aislamiento se consigue mediante disposiciones constructivas, cámaras de aire, materiales de baja densidad, o con productos específicos de refuerzo.

Los productos de aislamiento se clasifican en los siguientes grupos:

- **Lanas minerales:** La lana mineral es una sustancia inorgánica fabricada a partir de fibras minerales (arena silícea y roca basáltica), con unas propiedades de aislamiento térmico y acústico excelentes, combinadas con una excepcional protección contra el fuego.

Lana de roca
Lana de vidrio

Noticia reciente: Knauf Insulation presentó, por primera vez, en la Feria Novabuild su nuevo producto de aislamiento: SUPAFIL Lana Mineral para inyectar.

<http://www.promateriales.com/noticia/1512/COMUNICADOS-/knauf-insulation-presenta-nuevo-aislante-novabuild.html>

- **Productos poliméricos:** Son los de mayor rendimiento, pero es preciso evitar aquellos que han empleado en su fabricación los hidroclorofluorocarburos HCFC's o clorofluorocarburos CFC's, y que produzcan residuos tóxicos.

Poliestireno extruido (XPS): Es un aislante de altas prestaciones, y de alta resistencia a los agentes meteorológicos y al envejecimiento. Es el único aislante térmico capaz de mojarse sin perder sus propiedades.

Poliestireno expandido (EPS): Es un aislante de altas prestaciones, y de alta resistencia a los agentes meteorológicos y al envejecimiento.

Poliuretano PUR/PIR: se utiliza en forma de paneles rígidos o en aplicación proyectada in situ de espuma rígida ligera, con más del 90 % de las celdas cerradas y muy aislante. Tiene una gran adherencia sobre cualquier superficie, no absorbe humedad ambiental y la relación precio capacidad aislante es muy buena. Posee un alto grado de combustión que hace que se esté sustituyendo por otros productos como las lanas minerales que son ignífugas.

Los productos poliméricos de aislamiento pueden provocar los siguientes impactos negativos en el medioambiente:

- emisiones de compuestos orgánicos volátiles COV o de clorofluorocarburos CFC's,
 - filtraciones a las aguas residuales de cargas elevadas de compuestos orgánicos,
 - producción de cantidades grandes de disolventes usados y de residuos no reciclables,
 - elevado consumo energético en la fabricación.
- **Productos ligeros reflectantes:** láminas reflexivas de múltiples capas (LRMCs) láminas y pantallas termo-reflectantes, compuestas por materias fibrosas sintéticas o naturales, que reducen la transferencia térmica por conducción-convección (poliéster, lana, lino, cáñamo...) y materiales con burbujas de aire que reducen la transferencia térmica por conducción-convección.
- **Vidrio celular:** aislante fabricado con vidrio reciclado, que mediante procesos térmicos se esponja apareciendo una red de burbujas de aire en su interior. Es un aislante de muy buenas características mecánicas y de baja absorción de agua. Es un material no combustible.
- **Productos naturales:** son ecológicos porque precisan de leves procedimientos de manufactura, pero necesitan ser tratados contra insectos y hongos y ha de tenerse la precaución de que no se saturan de agua porque pierden sus propiedades aislantes.

Corcho
Celulosa
Lana de oveja
Lino o cáñamo
Serrín
Paja

IMPERMEABILIZACION

La impermeabilización de la envolvente se ha solucionado tradicionalmente mediante dispositivos constructivos sin la necesidad de utilizar productos específicos de impermeabilización: dotando de espesor a las fachadas, dando inclinación a los tejados y ampliándolos en las fachadas para protegerlas, y evitando la acción directa de la lluvia en las carpinterías, tratando de construir en terrenos clasificados como no inundables.

En situaciones extremas de exposición al agua, al viento, o en construcciones bajo rasante en contacto con niveles freáticos, es preciso emplear elementos de impermeabilización para garantizar la salubridad de los espacios interiores y evitar la degradación de la envolvente.

Los productos de impermeabilización se comercializan en forma de láminas y productos líquidos, y son generalmente materiales sintéticos ó poliméricos. Los más habituales son: Etileno propileno dieno

monomero (EPDM) o polietileno (PE), poliolefinas (FPO), polocloruro de vinilo (PVC), caucho de cloropeno (CR), láminas asfálticas o bituminosas (LO, LBM, etc.), pinturas bituminosas, de clorocaucho, poliéster, epoxi, etc.

Son productos poliméricos, reciclables, de fácil colocación y durables, pero que producen en el medioambiente impactos negativos y generan residuos tóxicos.

Es recomendable diseñar sistemas constructivos que no precisen de estos materiales, o emplear productos de impermeabilización con elevados porcentajes de material reciclado, que garanticen que se han fabricado regulando los contenidos en sustancias tóxicas, o CFC's y protegerlos de la acción de los agentes meteorológicos y la agresividad ambiental propia de la contaminación de las ciudades, para garantizar su durabilidad.



Vila Savoie. Poissy. París. 1930 Le Corbusier



Sistema de fachada ventilada



Instituto del mundo árabe. París. 1987 Jean Nouvel



Casa Curruchet. La Plata. Argentina. Le Corbusier

REVESTIMIENTOS

Los revestimientos en las envolventes se emplean con doble objetivo: estético y de protección frente al medio y al uso del edificio. La gama es muy variada, pudiendo clasificarse en dos grandes grupos: continuos y discontinuos.

Continuos:

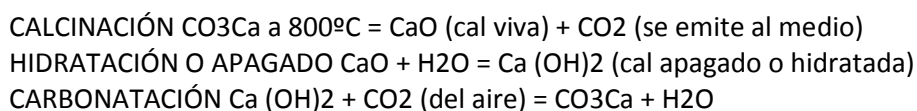
En el interior de los edificios se emplean usualmente enlucidos de yeso, y en algunos casos morteros y estucos de cal, y en el exterior es usual emplear enfoscados de mortero de cemento, en ocasiones aditivados con sustancias de naturaleza polimérica.

YESO: Los revestidos de pasta de yeso se fabrican a partir del aljez o mineral de yeso, que es una roca sedimentaria de precipitación química, compuesta por sulfato cálcico dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que se tritura, y se calcina a 160°C transformándose en yeso hemihidrato $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, el cual en obra se amasa con agua, fraguando y endureciendo, en muy poco tiempo.

Es un material con buenas propiedades aislantes y de protección frente al fuego, reciclable, y de bajo coste medioambiental, destacando como fases más impactantes la extracción en cantera y la fase de cocción y transporte. Aplicado sobre superficies cerámicas, ladrillos y bloques, por adherencia, es difícil disociarlo en el proceso de reciclado de residuos de construcción y demolición, lo cual inhabilita el uso de los escombros como árido para hormigones.

CAL: La cal es un material de revestimiento empleada en morteros y estucos que proviene de la calcinación del carbonato cálcico y la hidratación del óxido cálcico, y que endurece una vez colocada por carbonatación, siendo un material muy apreciado por su plasticidad, dureza y su capacidad de favorecer la transpirabilidad de los paramentos donde se aplica.

Es considerada como uno de los materiales de construcción más respetuoso con el medioambiente, ya que la cantidad de CO_2 emitido en el proceso de fabricación se absorbe en la fase de carbonatación durante la puesta en obra:



Es totalmente reciclable, y no supone un riesgo en el reciclado de residuos de construcción y demolición.

MORTEROS: Los morteros son productos de revestido continuo de paramentos que se fabrican con arena conglomerada con cemento y cal, en diversas dosificaciones según el resultado que se quiera obtener.

Son revestimientos de alta resistencia mecánica, impermeables, de fraguado rápido, pero tienen el inconveniente de que no es traspirable, y es rígido y frágil, no adaptándose adecuadamente a los movimientos del soporte, fisurándose con facilidad. Para superar los inconvenientes los fabricantes añaden a los morteros aditivos de todo tipo, desde polímeros ó cal, configurando los llamados morteros bastardos o mixtos.

Los impactos de los morteros van asociados a los del cemento, los áridos y los aditivos, en función de las dosificaciones.

La alternativa ecológica del mortero de cemento es el de Cal puro, que si bien tiene impactos muy parecidos a los del cemento, la energía necesaria para su fabricación es menor.

Discontinuos:

Los revestidos discontinuos son piezas de formatos y dimensiones diversas, que se fijan al soporte mediante productos adhesivos en pasta o mediante fijaciones mecánicas, y se clasifican en función de su aplicación como pavimento o revestido mural. Son los aplacados y pavimentos de piedra o cerámicos, vidrios, piezas metálicas, de madera o similar, y sintéticas.

Las características y el coste medioambiental son variados en función de la naturaleza de las piezas, pudiendo sintetizarlas en las siguientes líneas:

Las baldosas cerámicas, hidráulicas y de piedra, de altas prestaciones y durabilidad, requieren un gran consumo de energía para su producción.

La madera, el linóleo y el corcho son las mejores opciones, si se controlan los adhesivos de fijación, y los tratamientos de acabado.

Si son textiles deben tener la etiqueta OKO-Tex Standard 100, que garantiza la limitación de sustancias tóxicas como el formaldehído, pesticidas, o ftalatos, entre otros.

Los revestidos de conglomerados de material reciclado y resinas naturales son una opción alternativa a los cerámicos, hidráulicos y pétreos. Ejemplos a considerar son el Silestone de Cosentino, Paperstone, etc.

Existen en Europa Directivas que regulan la concesión de la Etiqueta ecológica a los revestimientos rígidos, de madera y flexibles, controlando los siguientes aspectos:

- la disminución de todo impacto en los hábitats y los recursos a ellos asociados,
- la reducción del consumo de energía,
- la reducción de vertidos de sustancias tóxicas o contaminantes al medio ambiente,
- la reducción del uso de sustancias peligrosas en los materiales y en los productos acabados,
- la seguridad y la ausencia de riesgo para la salud en el entorno vital,

PINTURAS Y BARNICES

La pintura es un material de construcción con tres funciones básicas: embellecer aportando color o brillo, proteger al soporte frente al medio evitando su deterioro, y permitir el mantenimiento y la limpieza de los paramentos.

Los componentes básicos de las pinturas son:

aglutinante o ligante: mineral, polimérico, vegetal, proteínas.

disolvente: agua, disolventes orgánicos.

pigmentos o colores: naturales o artificiales, minerales u orgánicos.

cargas, rellenos, aditivos, de naturaleza variada.

La clasificación propuesta por la norma UNE 1062-1:2004 es en función del tipo de ligante o aglutinante: cal, cemento, silicato, aceite, resina: acrílica, vinílicas, epoxídicas, etc., betún, silicona, poliéster, etc.

Además esta norma diferencia dos grandes grupos en función del estado de disolución o dispersión del ligante en la pintura:

Pinturas diluibles en el agua: los ligantes y pigmentos están disueltos o dispersos en agua.
Pinturas diluibles en disolventes: los ligantes se diluyen o dispersan en disolventes orgánicos.

Existen en el mercado pinturas con funciones específicas que se clasifican aparte:

- Anticorrosiva
- Ignífuga
- Protección y tratamiento de la madera

Las propiedades de las pinturas que se deben controlar para asegurar el cumplimiento de sus prestaciones en su vida útil son en general:

- Adherencia al soporte
- Poder cubriente
- Permeabilidad al agua
- Permeabilidad al vapor de agua
- Permeabilidad al dióxido de carbono
- Espesor de la capa
- Densidad
- Compatibilidad química con el soporte y el ambiente.

En el caso de las pinturas y barnices, el impacto ambiental de mayor grado se produce con los disolventes compuestos por compuestos orgánicos volátiles, y algunos pigmentos y cargas que contienen metales pesados (cadmio, plomo, mercurio, arsénico, etc). Algunas pinturas además pueden contener formaldehído y ftalatos.

Las pinturas más respetuosas con el medioambiente son las pinturas al agua o aquellas con ligantes compuestos por resinas, pigmentos y cargas naturales. Las que contribuyen a la mejora de las condiciones higrotérmicas interiores, saludables y durables son las mejores alternativas.

Tenemos en Europa una Directiva que regula la concesión de la Etiqueta ecológica para pinturas, controlando los siguientes aspectos:

- fomentar un uso eficaz del producto y disminuir la cantidad de residuos
- reducir los riesgos medioambientales disminuyendo las emisiones de disolventes, compuestos orgánicos volátiles (COV), Hidrocarburos aromáticos volátiles (HAV), Metales pesados, formaldehídos, Ftalatos, etc.
- disminuir los vertidos de sustancias tóxicas o contaminantes en las aguas

Además deberá promoverse el uso de:

- Productos con menor contenido en pigmentos blancos (aplicable a pinturas blancas y claras).
- Productos que empleen pigmentos de dióxido de titanio en cuya fabricación se hayan tenido en cuenta ciertos límites de emisiones y vertidos.

SISTEMAS ESTRUCTURALES

Los sistemas estructurales son los sistemas constructivos encargados de recibir y soportar las acciones que se producen en el exterior del edificio o en la propia estructura, sin producirse deformaciones excesivas que pudieran interferir en el uso del edificio o generar lesiones o degradaciones que pusieran en riesgo la integridad del sistema constructivo, del edificio y de los usuarios.

Los elementos estructurales horizontales: cubiertas, bóvedas, forjados, ó losas, se apoyan sobre sistemas masivos de fábrica o sobre pórticos lineales constituidos por vigas y pilares, trasladando las acciones a los elementos de cimentación, y éstos al terreno.

Los materiales empleados en la ejecución de las estructuras de los edificios son mayoritariamente el Hormigón y el Acero, encontrando en el caso de obras de rehabilitación y algunas obras singulares ejemplos en los que se prescribe el uso de las fábricas de tierra, piedra o ladrillo en la configuración de muros de carga, madera en los forjados, y en algunas obras de reparación materiales poliméricos como resinas y fibras de carbono u otras.

Las fases de mayor impacto en el ciclo de vida de estos materiales son las de extracción de la materia prima, las transformaciones iniciales en fábrica, y la fase de transporte, ya que son en general materiales muy pesados, ó de mucho volumen.

Cada cual posee una serie de particularidades que es preciso definir:

TIERRA

Es el material de construcción más natural y abundante, y se obtiene directamente del lugar de la obra, de la excavación de los cimientos, y del desbroce y la limpieza del solar. Existen construcciones en tierra con una antigüedad demostrada que avalan a este material como adecuado en estructuras de edificación en todo el mundo (Muralla China construida hace 4000 años, valle de Draa en Marruecos s XVIII, ...)

La tierra es una mezcla de de 4 tipos de suelo:

Grava, o suelo de tamaño superior a 2 mm

Arena, de tamaño entre 2 y 0,06 mm

Limo, entre 0,06 y 0,002 mm

Arcilla, de tamaño inferior a 0,002 mm

La proporción de estos tipos de suelo es variada en la corteza terrestre, en función de la geología del lugar, encontrando suelos arenosos, limos arcillosos, gravas arenoarcillosas, etc.

La arcilla es el conglomerante que aglutina y adhiere las partículas entre sí, como el cemento en el hormigón, y la encontramos de composiciones muy diversas dependiendo del mineral de donde provenga, con proporciones variadas de alumina y sílice, y con la presencia de óxidos de hierro, manganeso, etc., llamándose montmorillonita, caolinita, illita, etc.

Las variaciones de humedad en la arcilla producen erosiones y cambios de volumen importantes que provocan la aparición de grietas, por lo que es frecuente mezclar la tierra con estabilizantes como cal hidráulica o cemento en proporciones variables.

Las técnicas de construcción en tierra son variadas, destacando las siguientes:

- Tapial: Construcción de muros de tierra compactada (tapia) entre dos encofrados, frecuentemente estabilizada con cal.
- Fábricas de Adobe: pieza prismática fabricada con arcilla, arena y elementos vegetales, dispuesta en obra tras su secado, tomadas con arcilla en estado plástico.
- Fábricas de BTC: bloque de tierra comprimida, mezclada con elementos vegetales, y estabilizada con cal hidráulica ó cemento, tomadas con cal.

Analizando el ciclo de vida de las construcciones realizadas con tierra, es un material de leve impacto medioambiental, detectando como fases más problemáticas las de extracción de la tierra, si no se aprovechan las propias de la excavación de los cimientos, y la construcción, en la que se emplea agua y conglomerantes como el cemento y la cal hidráulica coste medioambiental mayor.

Es preciso conocer la técnica de construcción para garantizar la durabilidad de estos muros y minimizar las labores de mantenimiento. Es un material totalmente valorizable como residuo procedente de la demolición.

PIEDRA

Las piedras utilizadas en la construcción de muros portantes de fábrica en España son de una gran variedad: granitos, calizas, pizarras, y areniscas, y se usan comúnmente en forma de sillares o mampuestos.

Las que se usan como áridos en hormigones y morteros, son de naturaleza silíceo o calizas de canto rodado o de machaqueo, y se han utilizado de manera masiva en los últimos años hasta alcanzar cifras alrededor de los 500 millones de toneladas en 2005, unas 11 Ton/habitante, superando la media Europea de 7 Ton/habitante.

En cualquier caso, las fases más impactantes en su vida útil son la extracción en canteras y el transporte hasta la obra, ya que en ellas se consume mucha energía, se emiten sustancias nocivas al medio, y se provocan importantes transformaciones en el paisaje y los ecosistemas.

Durante el resto de las fases es un material con muchas virtudes, ya que precisa de poco mantenimiento, es bastante durable, y es fácilmente valorizable como árido para hormigones.

En el caso de mampuestos o sillares de piedra en fábricas portantes, la reutilización de las piezas es directa, siendo necesario un leve limpiado de la superficie para eliminar restos de mortero o tierra.

LADRILLO

Los ladrillos empleados en construcción proceden de arcilla extraída de la corteza terrestre, que tras la cocción en hornos, donde se alcanzan temperaturas media-altas, se convierte en una piedra artificial, de calidad y durabilidad que dependen mucho del grado de cocción, precisando los ladrillos caravista de temperaturas de cocción entorno a los 900-1200°C, y los ladrillos para revestir de unos 700-900°C.

Las fases de extracción de la materia prima, cocción y transporte son muy críticas en cuanto a los impactos en el medioambiente, pero tanto la fase de puesta en obra como la fase de uso y mantenimiento son etapas en las que no son precisas acciones impactantes y la durabilidad es muy alta, encontrando edificios construidos con ladrillo de hace cientos de años y que precisan leves labores de rehabilitación a lo largo de su historia (como la torre de la Giralda de Sevilla).

La calidad y durabilidad de la pieza cerámica mejoran con la cocción o con el uso de sustancias y tratamientos como los aditivos hidrofugantes tipo xilanos, que mejora la impermeabilidad de la fábrica y nos permitirá reducir el espesor del cerramiento, eliminar capas de impermeabilización, y por tanto reducir pesos, con lo que estaría justificado su uso.

Los impactos negativos en el medioambiente se producen en mayor grado en las fases de extracción de la materia prima, fabricación y transporte, ya que se precisa de operaciones en las que se consume mucha energía procedente de procesos de combustión.

Es un material fácilmente valorizable si no está enlucido con yeso, y en obras de rehabilitación es frecuente reutilizar un alto porcentaje de piezas en la construcción de refuerzos y muros nuevos.

CEMENTO

El cemento es un conglomerante hidráulico empleado en la fabricación de hormigones y morteros, que se fabrica a partir de cal, arcilla, y una fracción muy baja de yeso como regulador de fraguado, que finamente molidos, y cocidos en horno a 1500 °C, dan lugar al clinker, componente básico de los cementos puros o tipo CEM I.

Existen en el mercado los llamados cementos con adiciones, CEM II, III, y IV, en los que se sustituye parte del Clinker (6 a 65%, o incluso hasta el 95% en el caso del CEM III C) por otras sustancias que tienen compuestos similares y propiedades hidráulicas, como la escoria de alto horno (residuo de la fabricación de aceros) o las cenizas volantes (procedente de la combustión de carbón en centrales térmicas), evitando el consumo de materia prima no renovable, combustible, emisión de gases de efecto invernadero y el tratamiento de residuos.

Del análisis de su ciclo de vida se extrae que la fase extractiva de la materia prima es muy impactante, pues provoca la alteración de ecosistemas, y precisa del empleo de mucha energía en el proceso y el transporte, pero la cocción sin duda es la parte del proceso de mayor coste medioambiental, ya que para alcanzar los 1500°C en el horno, se requieren altas proporciones de combustible.

Los fabricantes de cemento están utilizando todo tipo de energías renovables y combustibles que provienen de desechos de otras industrias aunque si bien en los países europeos más concienciados en protección medioambiental, como Alemania, Noruega, Suecia, Austria, Bélgica o Suiza, los porcentajes de sustitución de combustibles fósiles por residuos oscilan entre el 50 y el 80%, en España este porcentaje fue del 15,8% en 2010, con lo que todavía nos queda mucho camino por recorrer.

Los combustibles alternativos más empleados son los que se relacionan a continuación.

Combustibles sólidos:

- Neumáticos usados.
- Lodos de depuradora.
- Serrín y madera.
- Residuos de la producción papelera.
- Plásticos.
- Combustibles preparados a partir del rechazo de las plantas de reciclaje.
- Residuos de industrias cárnicas.

Combustibles líquidos:

- Aceites minerales usados.
- Disolventes, pinturas, barnices y otros residuos líquidos.
- Residuos de hidrocarburos.

La utilización de estos residuos como combustible en las cementeras, ahorra las emisiones de gases que se producirían si estos residuos se quemasen en una incineradora, y evita la extracción de combustibles fósiles.

A principios del siglo XX, el cemento sustituyó a la cal en la fabricación de hormigones para la ejecución de cimientos y rellenos y los morteros, por su velocidad de fraguado, su alta resistencia mecánica y su mejora en la compacidad e impermeabilidad, y en la actualidad no existe ningún material que pueda reemplazarlo, con lo que para que se minore su coste medioambiental es preciso reducir su uso diseñando sistemas que requieran menos volumen de hormigón, usando cementos con adiciones, y protegiendo las superficies frente a los ambientes agresivos.

HORMIGÓN

El Hormigón es un material elaborado con un 85% de áridos (arena y grava) aglomerados con cemento, que mezclado con agua reacciona químicamente convirtiéndose en una piedra artificial, capaz de soportar altas tensiones de compresión, alta compacidad y garantizar la protección de las armaduras frente a la corrosión.

En ocasiones se emplean aditivos, o sustancias químicas que mejoran o modifican algunas propiedades como la impermeabilidad, la resistencia al desgaste, etc.

Las armaduras en el hormigón armado, son barras de acero (aleación hierro-carbono), que se introducen en los elementos estructurales como refuerzos ante tensiones de tracción que el hormigón no es capaz de soportar.

El empleo del hormigón armado para estructuras de los edificios es mayoritario frente a otros materiales como el Acero o la Madera, con lo que el consumo de áridos representa más del 50% del peso total de los materiales empleados, siendo una de las primeras medidas básicas, para garantizar una edificación más sostenible, promocionar el uso de áridos reciclados de los residuos de construcción y demolición.

En España hasta el año 2008, la normativa del Hormigón EHE no ha considerado en su texto normativo prescripciones sobre los áridos reciclados, y aún en este nuevo texto las consideraciones de la norma se realizan en base a la utilización de sólo un 20% de áridos reciclados en estructuras de edificación.

En la fabricación de Hormigones, la fase más impactante se produce en el transporte de central hormigonera a la obra y en la limpieza de camiones y útiles en fábrica y obra, por el empleo de grandes cantidades de agua, que en países y regiones con índices pluviométricos bajos, como el caso de España, tiene una alta repercusión medioambiental, siendo menor en otros países como Inglaterra.

El caso de los aditivos al ser materiales químicos de variada naturaleza y muchos de ellos provenir de polímeros, son muy contaminantes, aunque su uso es en muy bajas proporciones, y la incidencia en principio es media, sobretodo porque con su uso, se mejora cuestiones como la puesta en obra, la necesidad de agua de amasado, la impermeabilidad o la durabilidad.

Las obras construidas con hormigón tienen una durabilidad mínima de 50 años, pudiendo ampliarse hasta 100 años con leves medidas de diseño y de ejecución, dirigidas a la protección de las armaduras frente a la corrosión.

No existen alternativas al hormigón en la construcción de cimientos, pero si en la construcción de estructuras, y es en esta unidad constructiva en la que deben ajustarse los cálculos y barajar otras propuestas.

ACERO

El acero es una aleación de hierro y carbono en diversas proporciones, que se fabrica a partir del mineral de hierro en altos hornos o a partir de la chatarra en hornos eléctricos, y que se emplea en construcción en la fabricación de barras corrugadas para el hormigón armado y de perfiles laminados y piezas auxiliares.

Es un material reciclable al 100% y se puede reciclar indefinidamente sin perder calidad. De hecho, en España, la tasa de reciclaje en construcción alcanza niveles muy altos: el 98% de las vigas y el 65-70% de las barras de refuerzo, y los productos elaborados con acero reciclado de chatarra representan el 40% de los recursos férricos de la industria del acero en todo el mundo.

El impacto negativo de la fabricación del acero se produce en las fases de transformación, acabado y protección, con un alto consumo de energía y emisiones a la atmósfera de gases y sustancias tóxicas. La protección mediante galvanizado, o pinturas de minio de hierro, son muy impactantes.

En la fabricación del acero a partir del mineral de hierro en los Altos Hornos las escorias que se producen que se emplean en la fabricación de cementos.

Un aspecto positivo a tener en cuenta es su relación peso/capacidad portante, aligerando el peso de la estructura y liberando superficie útil.

MADERA

En España el uso de la madera en estructuras de obras de nueva planta está más extendido en el Norte que en el Sur, y en cualquier caso comparativamente con el hormigón o el acero los casos son más escasos, debido a razones de durabilidad y estabilidad ante situaciones de incendios, razones por las cuales en muchas obras de Rehabilitación se han sustituido estas estructuras por otras prefabricadas de hormigón o metálicas.

La problemática ambiental de la madera va asociada al riesgo de deforestación ya que la tasa de tala supera a la tasa de regeneración. Además la mayoría de la extracción de madera se realiza en países tropicales en vías de desarrollo, originándose problemas sociales, de destrucción de ecosistemas y zonas rurales, y problemas ambientales graves como la erosión, la contaminación de las aguas y la destrucción del bosque como sistema productivo.

Los productos de tratamiento de la madera contra insectos y hongos, y los barnices, tradicionalmente han incluido en su composición productos tóxicos y contaminantes. Es importante, que las maderas que se usen estén libre de Formaldehído (catalogadas como E1 < 8 mg/100 gr) y tengan tratamientos para evitar hongos e insectos con resinas naturales y aceites, evitando la creosota.

La madera que proviene de explotaciones forestales sostenibles, certificada con sello FSC (Forest Stewardship Council) o PEFC (Pan European Forest Certification), y con tratamientos de origen natural mediante aceites y resinas vegetales para evitar hongos e insectos, es una de las mejores alternativas en construcción sostenible, como recurso natural y renovable.



Catedral de Sevilla



Muralla de Niebla. Huelva



Oporto. Edificio de oficinas



Centro Pompidu. París

INSTALACIONES

En la historia de la arquitectura, las conducciones de agua han sido generalmente construidas con materiales cerámicos, a veces esmaltados, a veces simplemente tratados y limpiados con pintura a la cal, con metales dúctiles como el plomo o el cobre, o incluso con acero de fundición.

En la actualidad las conducciones metálicas y las de fibrocemento se están sustituyendo por tuberías plásticas, que mejoran el trazado de las redes y la eliminación de bacterias como la legionela sin deteriorarse, empleando polietileno (PE), ó polipropileno (PP) en redes de abastecimiento y de saneamiento (sustituyendo a las de PVC).

En las instalaciones de electricidad se emplea cobre recubierto con polietileno o polipropileno, en sustitución de la baquelita (primer polímero sintetizado en 1907, a partir del formaldehído y del fenol), o de piezas cerámica empleadas en la antigüedad.

CARPINTERÍAS

A través de las carpinterías se estima que se pierde la tercera parte del calor del edificio, por lo que en la elección del tipo es fundamental tener en cuenta su calidad y estanqueidad.

Las **carpinterías interiores**, normalmente de madera, poseen una alta durabilidad y si provienen de maderas certificadas FSC o PEFC, y están tratadas con productos de protección y pinturas sin COV's, la repercusión medioambiental es muy leve, porque además son completamente reutilizables y reciclables.

Existen nuevos materiales procedentes de reciclados que es preciso tener en cuenta como conglomerados de residuos de la madera, fibras plásticas, fibras de papel y resinas naturales.

Con respecto a las **carpinterías exteriores**, los marcos empleados deben ser estables y durables en su exposición a los agentes meteorológicos, por lo que los empleados en la antigüedad de madera, se han ido sustituyendo por otros metálicos o de plástico, ya que precisan de menores labores de mantenimiento.

En la actualidad existe un debate con respecto a la comparación entre los marcos de aluminio y los de PVC, ya que ambos materiales tienen un alto impacto negativo en el medioambiente.



Niebla. Huelva

Aluminio: en la fabricación del aluminio primario se emplea bauxita, un mineral muy abundante en la corteza terrestre pero con depósitos más rentables ubicados en países tropicales como Brasil, Jamaica, Indonesia, Nigeria y Guinea. En Europa se recicla el 85-95% del aluminio, ahorrando 95% de la energía que necesitaríamos para producir el mismo aluminio a partir de la bauxita y reduciendo el consumo de esta materia prima.



Residencia de estudiantes. Sevilla

PVC: El policloruro de vinilo (PVC) es un material polímero sintético (o resina), que se elabora mediante la adición repetida del cloruro de vinilo monómero (CVM), de fórmula $CH_2=CHCl$.

Con el fin de modificar sus propiedades, el polímero de PVC se mezcla con aditivos, variando según los usos la composición de la mezcla de PVC (resina + aditivos), y el tipo: cargas, estabilizantes, lubricantes, plastificantes, pigmentos o pirorretardantes.

Las categorías de aditivos más importantes, que pueden constituir un riesgo para la salud humana y el medio ambiente, son los estabilizantes, en particular los que contienen metales pesados como plomo y cadmio, y los plastificantes, principalmente los ftalatos.

Aeropuerto de Madrid. Terminal T4



Los estabilizantes se añaden al polímero de PVC para evitar su degradación por el calor y la luz. Los estabilizantes de plomo son en la actualidad los más ampliamente utilizados, en particular el sulfato de plomo y el fosfito de plomo. Algunos productores todavía utilizan



estabilizantes de cadmio en marcos de ventanas de PVC, en los que la legislación comunitaria aún autoriza su uso.

José María Baldasano, de la Universidad Politécnica de Cataluña, realizó en 2005 un informe de estimación del consumo energético y de la emisión de dióxido de carbono (CO₂) atribuibles a la fabricación, uso, reciclaje y disposición final de residuos, de ventanas cuyo marco estructural se fabrica con PVC, aluminio o madera.

Informe Arpal 2010

Mediante un estudio de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), utilizando como unidad de análisis una ventana practicable de 1,34 m x 1,34 m, con iguales características para los diferentes materiales considerados, y un periodo de 50 años de uso continuado en varias zonas españolas tanto en verano como invierno, incluyendo los gastos por climatización en la fase de uso.

Consumos energéticos para la extracción de los recursos naturales y de la producción de materiales:

Material	Consumo de energía kWh/kg
PVC	7,19
Acero	6,70
Vidrio	2,70
Aluminio	45,56
Madera	0,58

Consumos energéticos para reciclar el material:

Material	Consumo de energía kWh/kg
PVC	0,25
Acero	5,03
Vidrio	2,03
Aluminio	4,17

Las conclusiones del informe son:

La ventana que presenta el menor consumo de energía y emisiones de CO₂ es la de PVC con un 30% de material reciclado.

La ventana de madera con acristalamiento doble presenta un consumo medio.

Los valores más altos de energía utilizada y de emisiones de CO₂ corresponden a las ventanas de aluminio.

Los resultados obtenidos indican que en todos los casos analizados, los porcentajes más altos del consumo de energía corresponden a la etapa de uso de la ventana. Los consumos de energía en las etapas de extracción y producción de materiales son importantes (hasta un 52% del valor total) para las ventanas de aluminio. Este porcentaje es menor para las ventanas de PVC (14%) y madera (4%).

El menor peso del PVC beneficia los costes del transporte de este material frente a otros materiales más pesados como el aluminio.

Respecto al reciclaje de los materiales de las ventanas, en los casos del PVC y el aluminio hay una mayor disponibilidad de material reciclado para la construcción de una nueva ventana o para el uso de estos

materiales en otros productos. En el caso de las ventanas de madera, al no poder reciclarse el material, se debe proceder a la extracción y tratamiento de madera nueva.

Las recomendaciones a la hora de elegir el marco de las carpinterías exteriores son:

- de Madera: emplear madera certificada, con protecciones naturales sin COV's, ni metales pesados.
- de Acero: que provengan de aceros reciclados y protegidos contra la corrosión con productos libres de metales pesados y resinas naturales.
- de Aluminio: exigir que posean un alto porcentaje de producto reciclado.
- de PVC y otros polímeros: prescribiendo perfiles con altos porcentajes de material reciclado, evitando estabilizadores de cadmio ó plomo, y que el fabricante gestione los residuos.

En cuanto a los vidrios de las carpinterías exteriores, se recomienda emplear vidrios dobles con cámara de aire, constituida por un perfil hueco de aluminio anodizado que contiene en su interior un absorbente de humedad para disminuir el riesgo de condensaciones en el interior de la cámara, y la utilización de vidrios bajo emisivos, tratados con capas de plata, que atenúa las pérdidas caloríficas al exterior consiguiendo evitar pérdidas de energía.

El vidrio se obtiene por fusión a unos 1.500 °C de arena de sílice (SiO₂), carbonato sódico (Na₂CO₃) roca caliza (CaCO₃), y vidrio reciclado. Tras la fusión, en el caso del vidrio flotado, el vidrio flota sobre estaño líquido, garantizando su máxima planimetría y limpieza.

Las fases de extracción de la materia prima y fabricación son las más impactantes.

El vidrio es totalmente reciclable, y fácilmente valorizable como residuo.

Sección 3. Criterios de selección de productos

En la actualidad tenemos a nuestra disposición una amplia oferta de productos, desarrollados para satisfacer la demanda creciente de calidad en la obra construida, que responden a los requisitos y exigencias especificados en la ley de ordenación de la edificación. La elección de los productos en el proyecto arquitectónico se realiza ponderando aptitudes y competencias, según el contexto concreto de la actuación, y analizando la idoneidad de uso de los productos de construcción, desde las perspectivas que ofrecen el proyecto, la construcción, la conservación y la deconstrucción de los edificios, y según criterios tecnológicos, económicos, sociales y medioambientales.

CRITERIOS TECNOLOGICOS

La elección del material se realiza según su idoneidad en el elemento constructivo donde se ubique, en base a las características técnicas y prestaciones prescritas por la normativa estatal y las normas de buen uso, y por su repercusión en el funcionamiento global de edificio.

A) Las **Características Técnicas**, que los hacen aptos para soportar las acciones a las que van a estar sometidos durante su vida útil sin degradarse:

- MECÁNICAS, definidas por el CTE DB SE en base a la capacidad portante o la aptitud de un edificio para asegurar la estabilidad del conjunto y la resistencia necesaria durante un tiempo determinado denominado periodo de servicio; y a la aptitud de servicio, para asegurar el funcionamiento de la obra, el confort de los usuarios y mantener el aspecto visual,

- FÍSICAS, como porosidad, absorción, densidad, dilatación térmica lineal, impermeabilidad, etc.,
- QUÍMICAS, para asegurar que el producto sea compatible químicamente con el ambiente, con otros materiales y con los sistemas de anclaje, determinando la durabilidad del material y del sistema constructivo,

teniendo en cuenta los condicionantes de las fases de **puesta en obra y deconstrucción**:

- Debiendo poseer una tecnología conocida y una puesta en obra viable y fácil: disponibilidad tecnológica, de maquinaria y seguridad laboral.
- Eligiendo productos que favorezcan y faciliten la separación y recogida selectiva de los residuos de obra para su valorización posterior.

y aquellos propios de la **fase de uso** del edificio, eligiendo materiales que:

- precisen de operaciones de mantenimiento mínimas durante la vida útil del producto: limpieza, reparación, reposición de piezas.
- faciliten el ahorro y la eficiencia energética
- sean capaces de incorporar tecnologías de captación de energía, de acumulación de calor, captadores de CO₂, etc.

B) Las **Prestaciones** definidas en el CTE en base a los requisitos que deben cumplir los edificios:

- **SEGURIDAD ESTRUCTURAL**: a los sistemas estructurales y sus componentes se les exige que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles, que no se produzcan deformaciones inadmisibles, que se limite la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles, que no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles, y que se facilite el mantenimiento del edificio.
- **SALUBRIDAD**: tratando de reducir el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, ó que los edificios se deterioren y deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato; limitando el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos.
- **PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO**: limitando dentro de los edificios, y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios, de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos, empleando materiales que favorezcan las propiedades aislantes.
- **AHORRO DE ENERGÍA**: consiguiendo un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo, mejorando el aislamiento térmico de la envolvente de los recintos.
- **SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIOS**: reduciendo a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, y se evite su propagación exterior o interior; y que la estructura portante mantenga su resistencia al fuego durante el tiempo necesario para evacuar el edificio.
- **SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN**: reduciendo a límites aceptables el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatos en el uso previsto de los edificios o que sufran caídas, para lo cual los suelos serán adecuados para favorecer que las personas no resbalen, tropiecen o se dificulte la movilidad.

- **DURABILIDAD:** entendida como la capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectado el sistema constructivo, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que podrían llegar a provocar su degradación. Es una exigencia que permite establecer una estrategia de prevención que considere tanto las propiedades de los productos que integran los sistemas constructivos como la agresividad del medio donde se ubica el edificio.

c) La **Normativa** El Código técnico en su Parte I, Capítulo 2, apartado 5.2.: Conformidad con el CTE de los productos, equipos y materiales, expresa: “Los productos de construcción que se incorporen con carácter permanente a los edificios, en función de su uso previsto, llevarán el **marcado CE**, de conformidad con la Directiva 89/106/CEE de productos de construcción, transpuesta por el Real Decreto 1630/1992 de 29 de diciembre, modificado por el Real Decreto 1329/1995 de 28 de julio, y disposiciones de desarrollo, u otras Directivas europeas que les sean de aplicación.”

El marcado CE sobre un producto indica que éste cumple con todos los requisitos esenciales que son de aplicación en virtud de las directivas comunitarias y que puede circular libremente en el mercado único. Según la Directiva Europea de Productos de la Construcción 89/106/CEE (DPC), un "producto de construcción" es cualquier producto fabricado para ser incorporado con carácter permanente en las obras de construcción, y establece que cualquier fabricante ha de certificar, por sus propios medios o a través de un organismo notificado, que sus productos cumplen los requisitos de las especificaciones técnicas, en base a:

- Las Normas Europeas Armonizadas elaboradas por el CEN, Comité Europeo de Normalización.
- Los DITE, Documento de Idoneidad Técnica Europeo, elaborados por organismos autorizados, consistentes en la evaluación técnica favorable de la idoneidad de un producto de construcción para usos asignados, basada en el cumplimiento de los requisitos esenciales previstos por las obras en las que se utiliza este producto, afectando a :
 - Productos de construcción para los que no existe norma armonizada, ni norma nacional reconocida, y para los cuales la Comisión, previa consulta al Comité Permanente de la Construcción, considera que no es posible elaborar una norma, o que todavía no se está elaborando.
 - Productos de construcción innovadores que se apartan significativamente de las normas armonizadas o de las normas nacionales reconocidas.
- El DAU, o Documento de Adecuación al Uso, es la declaración de la opinión favorable de las prestaciones de un producto o sistema constructivo innovador en relación a los usos previstos y a las soluciones constructivas definidas, en el ámbito de la edificación y de la ingeniería civil. El DAU evalúa la aptitud para el uso previsto de una solución constructiva, tomando como base los niveles objetivos o valores límite exigibles a las obras de construcción y las exigencias funcionales que se establecen en cada caso.

El ITeC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña), IETCC (Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción) y Aenor son los organismos autorizados para elaborar y certificar DAU, DITE y marcado CE.

CRITERIOS ECONÓMICOS

Analizado desde criterios económicos, la oportunidad de la elección se basará en los siguientes aspectos:

- su adecuada relación calidad-prestaciones y precio,

- su durabilidad y bajo coste de mantenimiento,
- y que su repercusión en el entorno sea favorable, bien porque con su uso se favorezca el desarrollo socioeconómico de la comunidad, la creación de empleo y el desarrollo de la industria local, o porque se potencie y apoyen otras actividades industriales en paralelo.

CRITERIOS SOCIALES

Teniendo en cuenta criterios sociales a la hora de elegir un producto de construcción, el primer argumento decisivo es que la incidencia en la actividad cotidiana de las personas, en la **salud y en el confort**, sea positiva, desde que el producto se fabrica hasta que se recicla o reusa, tras la demolición del edificio.

Se elegirán productos que sean capaces de responder a las exigencias y prestaciones establecidas en la normativa pero que además no supongan un riesgo para la salud, no produzcan enfermedades o dolencias e intervengan en la mejora de la calidad ambiental del interior de los edificios y entornos urbanos, limitando la producción de sustancias, gases, partículas, ó radiaciones que pudieran afectar a la salud de las personas y de los animales.

Es fundamental además que los productos de construcción provengan de **Justa producción y comercio**, facilitando a productores locales, y a pequeñas y medianas empresas la participación en el concurso de obras y suministro de materiales, controlando a su vez las condiciones laborales de los trabajadores, y verificando que se respetan los principios de equidad de género y de protección de la infancia, potenciando el desarrollo de los pueblos, y luchando contra la pobreza.

http://www.wfto.com/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=14

Debiendo favorecer la libre competencia, la mejora continua de la calidad de bienes y servicios la gestión responsable de la empresa, la participación en la sociedad y la formación para creación y la mejora del empleo de calidad.

Otros argumentos consideran **cuestiones históricas, de moda, o de costumbres y tradiciones**, valorando determinados productos según su apreciación social, simbología, etc., teniendo ejemplos en la historia como el transporte por el Mediterráneo del mármol de Carrara, de los azulejos del norte de África, o las maderas tropicales. Aún hoy en día en España se tiene al mármol y al estuco como materiales “de lujo”, fruto de la influencia de la dominación romana e islámica.

Por último reseñar, que la elección de los tipos de productos y sistemas constructivos está muy condicionada por las **tendencias arquitectónicas** dentro del marco cultural de cada país, que por cuestiones de carácter de globalización se importan a cualquier rincón del mundo, y así no es sólo el mercado el que ofrece soluciones sino que es la Arquitectura la que demanda nuevos productos y formatos que se adapten a la idea del proyecto.

CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES

En la fabricación de materiales para construir edificios e infraestructuras se consumen materias primas de fuentes no renovables y combustibles fósiles, y se emiten gases y sustancias a la atmosfera durante las fases de extracción, manufactura, transporte, puesta en obra, mantenimiento, y demolición-valorización.

Para garantizar el desarrollo sostenible, preservando los valores y recursos del medioambiente, es preciso consumir de forma responsable, produciendo y comercializando productos ajustados a las necesidades

básicas de las personas, prescribiendo en los proyectos de los edificios e infraestructuras productos para construir que durante todo su ciclo de vida pueda verificarse que:

Se consumen de forma eficiente los recursos no renovables

- Reduciendo el uso de materia prima (que provengan de fuentes renovables, y abundantes), reutilizando, y reciclando.
- Empleando productos en los que se minimice la energía requerida para su producción, puesta en obra, mantenimiento y reciclado, fabricados con energías limpias y renovables. Recomendando el uso de materiales locales.

Se produce menos contaminación, mediante procesos de fabricación respetuosos con el medioambiente, limitando el transporte a largas distancias, y que:

- Se hayan fabricado incorporando en los procesos las Mejores Técnicas Disponibles (MTD)
- Sean no contaminantes: evitar el uso de materiales que puedan emitir sustancias tóxicas, o contaminantes al aire, agua o al terreno.
- No perjudiciales para la salud de las personas: evitando el uso de materiales que puedan dañar a las personas o afectar a su salud en cualquier fase del ciclo de vida del producto.

Se genera menos residuo, eligiendo productos y materiales:

- que minimicen la producción de residuos y que en su puesta en obra no precisen de materiales auxiliares
- con formatos que reduzcan la producción de residuos en obra
- de fácil separación en origen
- que estén fabricados a partir de residuo; reciclados o reutilizados
- que se conviertan en residuo valorizable en la fase de deconstrucción
- que sean durables.

Sección 4. Impactos medioambientales

El análisis de impactos medioambientales de los materiales de construcción debe hacerse desde la visión global de todo su ciclo de vida, considerando las fases de EXTRACCIÓN, PRODUCCIÓN, TRANSPORTE, PUESTA EN OBRA, DECONSTRUCCIÓN, Y VALORIZACIÓN/RECICLADO, tomando como referencia para el análisis los indicadores ambientales comúnmente aceptados por la comunidad científica.

Los indicadores se pueden definir como medidas en el tiempo de las variables de un sistema (parámetros medibles) que nos dan información sobre las tendencias de éste, sobre aspectos concretos que nos interesa analizar.

Los indicadores medioambientales son factores del medioambiente que son susceptibles de alterarse o cambiar, que están consensuados y aceptados por la comunidad científica internacional, permitiéndonos obtener y analizar la información para evaluar las dimensiones de los impactos, establecer las medidas y objetivos para prevenirlos, y verificar que se cumplen.

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/sustainable_development/l28127_es.htm

<http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/informacion-ambiental-indicadores-ambientales/>

En el ciclo de vida de los materiales de Construcción se realizan una serie de procesos que producen **efectos negativos en el medioambiente** ó **IMPACTOS**:

- Agotamiento de recursos: materia prima de fuentes no renovables
 - Consumo de energía: energía incorporada ó embodied energy
 - Contaminación del aire, las aguas, y la tierra provocando:
- Calentamiento global / Efecto invernadero
 - Acidificación
 - Destrucción de la capa de ozono
 - Eutrofización
 - Potencial creación de ozono fotoquímico (SUMMER SMOG)
 - Emisión de Sustancias perjudiciales para la salud de las personas
 - Producción de Residuos

La medida de estos impactos se realiza evaluando un conjunto de **Aspectos Medioambientales** afectados por los cambios, como ejemplo, en la directiva 1980/2000, de concesión de etiquetas ecológicas a productos, se proponen los siguientes:

- Calidad del aire y del agua
- Protección del suelo
- Reducción de residuos
- Ahorro de energía
- Gestión de recursos naturales
- Prevención del calentamiento global
- Protección de la capa de ozono
- Seguridad ambiental
- Ruido
- Biodiversidad

AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

La materia prima empleada en la fabricación de los materiales de construcción proviene de recursos naturales que en su mayoría no se regeneran, con el consiguiente riesgo de su agotamiento, y provocando los procesos de extracción un fuerte impacto en los ecosistemas, en los paisajes, y en las poblaciones (caso de las maderas tropicales o la extracción de la bauxita para fabricar el aluminio).

De aquí que se fomente la reducción de la extracción de materia prima y el uso de materiales reutilizados y reciclados, las llamadas “3 R”.

Una economía global Sostenible ha de considerar la reducción del consumo en los países desarrollados reduciendo la Huella Ecológica, definida por Domenech Quesada en 2007 como “el área de territorio ecológicamente productivo, necesario para producir todos los recursos consumidos por esa población y para asimilar todos los desechos producidos, expresado en Hectáreas de superficie”.

CONSUMO DE ENERGÍA

Se define la **Energía incorporada o Embodied energy**, teniendo en cuenta la energía consumida en todas las fases de la vida útil del material, incluido el transporte, producida por combustibles fósiles como el

petróleo, el gas o el carbón, proponiendo como medidas reductoras el empleo de materiales que precisan de menor consumo en su fase de elaboración como la madera o la piedra, el uso de materiales locales que no precisan ser transportados a largas distancias, y aquellos fabricados con energías renovables o limpias como la solar, eólica, geotérmica, o con la combustión de la biomasa, neumáticos u otros combustibles alternativos.

Los materiales con menos energía incorporada son los áridos, seguidos por el cemento los cerámicos y la madera, y por el acero, el aluminio y el vidrio, debido a la extracción y producción, pero si tenemos en cuenta el transporte, la cosa cambia sobre todo con los materiales más pesados y cuyas fabricas estén más alejadas de la obra.

Los profesores de la universidad de Bath, Inglaterra, Prof. Geoff Hammond y Craig Jones, en su "INVENTORY OF CARBON & ENERGY (ICE) Version 2.0" de Enero de 2011, estiman los siguientes valores para los materiales comunes empleados en construcción:

Indicador	unidades	cerámica		vidrio	áridos
		general	azulejos		
EE embodied energy	MJ/Kg	10	12	15	0,083
Ec embodied carbon	KgCO2/kg	0,65	0,74	0,85	0,0048
CO2 equivalente	KgCO2 e/kg	0,7	0,78	0,91	0,0052

Indicador	unidades	ladrillo		piedra	
		para revestir	cara vista	granito	mármol
EE embodied energy	MJ/Kg	3	8,2	11	2
Ec embodied carbon	KgCO2/kg	0,22	0,52	0,64	0,112
CO2 equivalente	KgCO2 e/kg	0,24	0,55	0,7	0,12

Indicador	unidades	mortero (cem:arena ó cem:cal:arena)			
		1:3	1,6	1:1:6	1:2:9
EE embodied energy	MJ/Kg	1,33	0,85	1,11	1,03
Ec embodied carbon	KgCO2/kg	0,2	0,127	0,163	0,145
CO2 equivalente	KgCO2 e/kg	0,22	0,136	0,174	0,155

Indicador	unidades	cemento		yeso	cal
		CEM I	50%	CLINKER	pasta
EE embodied energy	MJ/Kg	5,50	3,5	1,8	5,3
Ec embodied carbon	KgCO2/kg	0,93	0,42	0,12	0,76
CO2 equivalente	KgCO2 e/kg	0,95	0,45	0,13	0,78

Indicador	unidades	acero		aluminio	
		virgen	reciclado	virgen	reciclado
EE embodied energy	MJ/Kg	35,3	9,5	218	34
Ec embodied carbon	KgCO2/kg	2,75	0,43	11,46	1,98
CO2 equivalente	KgCO2 e/kg	2,89	0,47	12,79	2,12

Indicador	unidades	aislante			
		lana roca	fibra de vidrio	polietileno	poliuretano
EE embodied energy	MJ/Kg	16,8	28	88,6	101,5
Ec embodied carbon	KgCO2/kg	1,05	1,35	2,5	3,48
CO2 equivalente	KgCO2 e/kg	1,12	--	3,29	4,26

Este estudio considera el análisis Cradle-to-gate o evaluación realizada desde la fase de extracción de recursos a la puerta de la fábrica, es decir, antes de su transporte hasta el consumidor, no incorporando la fase de uso ni de demolición.

Un grupo de expertos de la escuela de arquitectura de Barcelona y el Colegio de Arquitectos de Cataluña, han desarrollado una investigación dirigida a la formación de técnicos en materia de sostenibilidad y ecoeficiencia, y entre otros resultados, han llegado a la conclusión que la tipología arquitectónica y constructiva influye en la energía incorporada en los edificios, calculando los siguientes valores de energía necesaria para construir 5 tipos distintos:

Tipologías edificatorias	Energía consumida (MJ/m2)
1. Masía	305
2. Edificio de obra de fábrica tradicional	1706
3. Edificio de obra de fábrica convencional	1738
4. Edificio de estructura de hormigón armado	1946
5. Edificio de acero y vidrio	1924

<http://www.coac.net/mediambient/Life/I5/I5200.htm>

Un estudio realizado por Sustainable Homes, empresa de consultoría del Reino Unido, titulado “Embodied energy in residential property development” valora la energía incorporada y añade el valor de CO2 incorporado en tres tipos de edificios:

Tipo de edificio	Energía incorporada	CO2 incorporado
	KWh/m2 (x3,6 MJ/m2)	KG CO2/m2
Vivienda unifamiliar	280-500	500-1000
Edificio plurifamiliar	250-360	800-1200
Oficina	280-500	500-1000

<http://www.sustainablehomes.co.uk/resources/publications/>

Las políticas europeas de eficiencia energética por ahora sólo inciden en reducir la energía consumida en la fase de uso de los edificios, proponiendo el empleo de mejores materiales aislantes y mayores secciones de envolventes, elevando de esta manera la energía incorporada, pero en el futuro, en la medida en que se alcancen los objetivos iniciales (passive house, zero-energy), se propondrán medidas correctoras para reducir la energía incorporada en los materiales y productos de construcción.

EMISIONES A LA ATMOSFERA, AL AGUA Y A LA TIERRA

Los indicadores más comúnmente empleados para analizar los impactos de las emisiones a la Atmósfera, al Agua o a la Tierra, son los siguientes:

TABLA

Indicador	Unidades
Calentamiento global	kg CO2 eq
Destrucción capa de ozono	kg CFC-11 eq
Acidificación	kg SO2 eq
Eutrofización	kg PO4 eq.
Oxidantes fotoquímicos	kg C2H4 eq

<http://www.lhobe.net>

CALENTAMIENTO GLOBAL

Es provocado por la existencia de Gases de efecto invernadero (GEI) en capas bajas de la atmósfera, que absorben la radiación infrarroja convirtiéndola en calor, y forman una capa protectora tipo invernadero que impide el enfriamiento. La contribución de los Gases GEI al efecto invernadero es variable:

TABLA

GAS	CONTRIBUCIÓN
CO2 ANHÍDRIDO CARBONICO	53 - 535%
CH4 METANO	13 - 15%
N2O DIOXIDO DE NITROGENO	7 - 4%
CFCs CLOROFLUOROCARBONO	20 - 21%
O3 OZONO troposférico	2%

DESTRUCCION DE LA CAPA DE OZONO

En la capa de la estratosfera entre los 20 y 50 km de altura, que nos protege de los rayos ultravioletas del sol, como consecuencia de los clorofluorocarbonos (CFC), un empleados en sprays y frigoríficos.

LLUVIA ÁCIDA

Provocada por procesos de combustión en los que se emiten gases (en especial los óxidos de nitrógeno NOx y el dióxido de azufre SO2) que reaccionan al contacto con la humedad del aire y se transforman en ácido sulfúrico, nítrico y clorhídrico. Estos ácidos se depositan en las nubes, y caen sobre la tierra contenidos en la lluvia provocando:

- trastornos importantes en la vida acuática. Algunas especies de plantas y animales logran adaptarse a las nuevas condiciones para sobrevivir en la acidez del agua, pero otras no.
- acidez de los suelos, y esto origina cambios en la composición de los mismos, produciéndose la lixiviación de importantes nutrientes para las plantas (como el calcio) e infiltrando metales tóxicos, como el cadmio, níquel, manganeso, plomo, mercurio, y de la tierra por filtración a los niveles freáticos.
- Deterioro de las construcciones históricas, y de los materiales metálicos.

EUTROFIZACIÓN

Es un proceso que sucede en un lago o embalse cuando se carga de nutrientes: crecen las algas en gran cantidad, el agua se enturbia, las algas y otros organismos se mueren y se descomponen por la actividad de las bacterias, gastando el oxígeno e impidiendo la vida de los peces, que necesitan aguas ricas en oxígeno.

Las Fuentes de eutrofización se clasifican en:

- a) Eutrofización natural: proceso que se va produciendo lentamente de forma natural en todos los lagos del mundo, porque todos van recibiendo nutrientes.
- b) Eutrofización de origen humano: vertidos urbanos, que llevan detergentes y desechos orgánicos, y los vertidos ganaderos y agrícolas, que aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.

NIEBLA FOTOQUÍMICA

Caracterizada por la presencia de alto contenido de oxidantes, partículas ácidas, hidrocarburos oxidados y agua, produce efectos negativos como irritaciones en ojos y garganta, mal olor, menor visibilidad, fitotoxicidad, y alteración de ciertos materiales, y aparece cuando se dan las siguientes condiciones:

- Emisión de hidrocarburos y de óxidos de Nitrógeno NOx (transporte / combustión).
- Insolación (radiación ultravioleta).

EMISION DE SUSTANCIAS PERJUDICIALES PARA LA SALUD HUMANA

Tanto en la fase de puesta en obra como de uso del edificio, se deben controlar las siguientes sustancias que se emplean en la fabricación de algunos materiales de construcción:

PLOMO: Usado como impermeabilización en cubiertas, instalaciones de agua y eléctricas, tuberías, pinturas, soldaduras. Es tóxico por inhalación, ingestión, contacto a través de la piel. Es un veneno que se acumula en el organismo.

SUSTANCIAS DE PROTECCION DE LA MADERA: los tratamientos de protección frente a hongos o insectos, como la Creosota, pueden provocar cáncer en las personas por inhalación de humos irritantes y tóxicos.

PLÁSTICOS: los más tóxicos son los plásticos volátiles: PVC, formaldehído (tableros de madera), los ftalatos. Son tóxicos por ingestión e inhalación.

FIBRAS MINERALES: usadas en aislamientos de fachadas y cubiertas, en tubos, etc, pueden provocar enfermedades en los ojos, irritaciones en la piel, problemas respiratorios, cáncer de pulmón, etc.

ASBESTO: usado en tableros y placas de fibrocemento, tratamientos superficiales, aislamientos, tuberías, provoca asbestosis, cáncer de pulmón, de pleura o peritoneo, y es tóxico por contacto directo al desprenderse fibras o en caso de incendio.

ISTAS, el Instituto sindical del trabajo, ambiente y salud, publicó la siguiente lista en su web: http://www.istas.net/web/index.asp?idpagina=3459&nueva_fuente=3

Sustancia	Usos más frecuentes	Toxicidad aguda	Toxicidad crónica
Amianto	Fabricación uralita, aislantes térmicos, fabricación frenos, textil, construcción	No tiene	Asbestosis, cáncer
Cloruro de vinilo	Inyección de plásticos, Marcos de ventana, fontanería, fabricación de automóviles y barcos	Somnolencia, Irritación piel y mucosa	Cáncer de hígado, lesión en huesos, hígado, alteraciones de la piel
Monóxido de carbono	Fabricación, distribución de gas, garajes, bomberos, soldadura acetilénica, industria química	Dolor de cabeza, asfixia	Enfermedades cardíacas y del sistema nervioso
Plomo y derivados	Fabricación y uso de pinturas, barnices, esmaltes, cerámicas, baterías, etc., estabilización de plásticos, soldadura	Con tetraetil de plomo: encefalopatía, delirios, alucinaciones, coma	Plomo inorgánico: cólico, anemia, enfermedad del sistema nervioso y renal; Tetraetil plomo: Irritabilidad, jaqueca, náuseas, vómitos, dolor abdominal
Estireno, Tolueno, Tricloroetileno	Fabricación plásticos, resinas y poliéster, disolventes de colas, barnices y pinturas Industria textil, tintorerías, desengrasado de piezas metálicas	Irritación de piel y mucosas, cefaleas, vértigos, somnolencia, confusión, sensación de borrachera	Cefaleas, fatiga crónica, anemias, lesión renal y hepática, dermatitis, alteraciones del sistema nervioso
socianatos	Fabricación y uso lacas de poliuretano, poliuretanos flexibles y rígidos, Industria textil	Irritación ojos, nariz y garganta, tos, dificultad respiratoria	Dermatitis, asma bronquial
Plaguicidas: organoclorados, organofosforados, piretroides, carbamatos	Fabricación de plaguicidas, Industria maderera y de transformación, producción agrícola	Sudoración, erupciones, prurito, mareos, temblores, convulsiones, Visión borrosa, palpitaciones, tos, vómitos, náuseas	Astenia, anorexia, alteración del sueño, depresión, temblor, parálisis, cáncer, alteraciones de la reproducción, disrupción endocrina

La DIRECTIVA 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos, establece en su anexo III una lista de características que permiten clasificar a cualquier residuo como «residuo peligroso» (ver apartado de anexos):

- Explosivo
- Oxidante
- Fácilmente inflamable
- Inflamable
- Irritante
- Nocivo
- Tóxico
- Cancerígeno
- Corrosivo
- Infeccioso
- Tóxico para la reproducción
- Mutagénico
- Residuos que emiten gases tóxicos al entrar en contacto con el aire, con el agua o con un ácido.
- Sensibilizante
- Ecotóxico
- Residuos susceptibles, después de su eliminación, de dar lugar a otra sustancia

PRODUCCION DE RESIDUOS

En todo el ciclo de vida de los productos de construcción se generan residuos que hay que transportar, valorizar (procedimiento que permite el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente), y procesar para su puesta en el mercado como material de re-uso o reciclado, o bien deponer en vertedero e incinerar.

Es fundamental **alargar la vida útil** de productos (incluidos los edificios y las infraestructuras), mejorando las características que aumenten su durabilidad, evitando obsolescencias programadas que convierten al producto, demasiado rápidamente, en Residuo.

Afortunadamente es posible dar una segunda vida al Residuo y aportarle un valor, incluso en ocasiones, superior al que tuvo la materia prima con la que se fabricó, ya que gestionados de forma correcta, los residuos pueden valorizarse convirtiéndose en materia prima o producto final.

Pero para que la valorización sea eficaz y rentable es importante:

- Diseñar productos pensando en su desmontado al final de su vida útil garantizando que se pueda reutilizar o reciclar en su totalidad, limitando sustancias y subproductos que contaminen el residuo.
- Separar en origen, sensibilizando y conduciendo a promotoras y constructoras hacia conductas respetuosas con el medioambiente, mediante campañas formativas o medidas obligatorias.
- Demandar material proveniente del reciclado de residuos, porque sólo la demanda genera oferta y mejora el producto.
- Diseñar productos elaborados a partir de reciclado, elaborar guías de uso de residuos, informar de las posibilidades y del beneficio que supone esta nueva actitud.

En el sector de la construcción se ha avanzado mucho en la gestión de residuos de construcción y demolición, pero aún no se emplean materiales de reciclado en el hormigón armado a pesar de que la normativa del año 2008 permite el uso de al menos un 20% de árido de reciclado.

Sección 5. Materiales y productos de Construcción Sostenibles

La Política de Productos Integrada de la Unión Europea en el año 2001, que trataba de reforzar y reorientar la política medioambiental relativa a los productos, planteaba la necesidad de “establecer un nuevo paradigma del crecimiento y una mayor calidad de vida mediante la creación de riqueza y competitividad sobre la base de productos más ecológicos” y afirmaba: “Los **productos del futuro** consumen menos recursos, tienen menos efectos y riesgos para el medio ambiente y evitan la generación de residuos desde que se conciben”.

Estrategias

Para construir EDIFICIOS SOSTENIBLES es preciso recurrir a estrategias configuradas en base a criterios medioambientales pero también económicos y sociales, y en el caso de los materiales de construcción, debemos tener en cuenta que si bien en todo su ciclo de vida se precisa del consumo de mucha materia prima, agua y energía, se emiten sustancias nocivas al medio, y se trastornan los ecosistemas naturales, y que las estrategias deben ir encaminadas a:

- 1.- Reducir las actuaciones urbanísticas y edificatorias como acción primordial y apoyar actuaciones de rehabilitación preferiblemente,
- 2.- Usar elementos reutilizados de otras obras ya de-construidas, y
- 3.- Fabricar materiales a partir de residuos reciclados,

también es preciso advertir que el uso de determinados materiales interviene positivamente en la evaluación de la sostenibilidad de los edificios donde se ubican, ya que:

- Con su uso disminuyen las necesidades de climatización, mejorando la calidad de vida de las personas y evitando consumos elevados de energía y emisiones de CO₂ a la atmosfera.
- Se fabrican con la posibilidad de incorporar tecnologías de captación de energía, de acumulación de calor, sumideros de CO₂, etc.
- Se potencia el crecimiento de la economía local o nacional, desarrollando industria y creando puestos de trabajo.
- Se reducen las labores de mantenimiento durante la fase de uso, disminuyendo costes e impactos medioambientales.
- Se facilita la separación selectiva de residuos de demolición, favoreciendo el reciclaje

Así, para valorar y definir la sostenibilidad de un producto, es necesario considerar las diversas fases del ciclo de vida de los productos desde su fabricación a su reciclado o valorización, y tener una perspectiva global e integral.

Ciclo de Vida de los materiales y productos de construcción

De manera genérica, vamos a resumir las fases del ciclo de vida de los productos de construcción, ofreciendo, de forma sintética, notas acerca de la calidad y el coste medioambiental y su relación con el

proceso de fabricación, puesta en obra, fase de uso, demolición o desmontado y recuperación/tratamiento del residuo.

Extracción, preparación de la materia prima

La materia prima utilizada en la fabricación de productos para la construcción proviene de la corteza terrestre, de los minerales, de especies vegetales, y animales; y para su obtención se realizan procedimientos mecánicos de extracción y corte, transporte a fábrica, y preparación, que alteran los paisajes y los ecosistemas naturales, precisan de energía, y emiten sustancias nocivas al medioambiente, siendo esta primera fase una de las más impactantes, lo que justifica la necesidad de uso de materiales que provengan de reciclado.

Transformación

Existen en el mercado productos que precisan de leves acciones de transformación, consistentes básicamente en el corte en formato, como el caso de los productos pétreos naturales, o la madera, y otros, que para su puesta en obra, y adquisición de las propiedades que garantizan su calidad, precisan de procesos más complejos, con un alto consumo de energía, agua, y aditivos químicos.

FUSIÓN – COCCIÓN en los procesos de transformación en los que se precisa cocer la materia prima, se emplean altos volúmenes de combustible y se emiten a la atmósfera gases de efecto invernadero, partículas y sustancias nocivas para la salud de las personas. Las industrias están tratando de reducir los impactos de esta fase del proceso, mediante el uso de energías renovables, combustibles alternativos, sistemas y filtros para reducir emisiones, plantado de arboles, etc., pero sobre todo las investigaciones se dirigen a conseguir productos de calidad reduciendo temperaturas de cocción, y reutilizando productos de las deconstrucciones de edificios e infraestructuras.

MOLIENDA, MOLDEO, DEFINICIÓN DE FORMATOS Los productos aplicados en forma de pasta, se suministran en polvo, como el caso del cemento, la cal o el yeso, y en la molienda de la materia prima se emplea energía, se emiten sustancias contaminantes, y se genera mucho calor y partículas. Para su colocación y curado en obra se utilizan grandes volúmenes de agua, y se emiten partículas al aire y al terreno, arrastradas por el agua, provocando alteraciones en el medio, ya que son sustancias unas ácidas, otras alcalinas. Los formatos de bloques, placas o perfiles se realizan por corte, extrusión, laminación, inyección o colada, todos procesos mecánicos, que precisan de energía y agua, y por tanto con un impacto negativo en el medio.

ACABADOS-TRATAMIENTOS los productos manufacturados no siempre dan respuesta a las exigencias relativas al uso del elemento constructivo, por lo que es preciso aplicar tratamientos superficiales de protección, refuerzo o modificación de propiedades:

- Aplicación de color, texturas, etc.: esmaltado de azulejos, abujardado de piedras, texturas en metales.
- Protección frente a agentes meteorológicos, corrosión o abrasión, etc.: hidrofugado de ladrillos, protección de los metales o refuerzo con cuarzo de baldosas y pavimentos, por ejemplo.
- Protección frente a organismos vivos como xilófagos, mohos, etc., en el caso de la madera, el corcho o las fibras vegetales.
- Refuerzo ante esfuerzos: mediante la adhesión de mallas, fibras o placas de otros materiales.

Esta última fase del proceso de fabricación puede reducir los impactos negativos de otras fases anteriores (reducir temperaturas de cocción en cerámicos con el esmaltado o hidrofugado por ejemplo), pero también puede introducir impactos que el producto por sí mismo no tuviera, con lo que es de especial importancia valorar si es preciso reforzar, o tratar los productos que vamos a emplear en construcción.

Transporte

Durante la fase de transporte de productos de construcción se producen altas tasas de contaminación y se requieren elevados volúmenes de combustible, por lo cual una de las medidas más significativas en cualquier actuación sostenible es la de utilizar productos locales, influyendo positivamente también de esta manera en la economía y las tasas de empleo local.

El impacto del transporte depende de varios factores:

- de la carga: camiones de mayor tonelaje y supuesto de camión totalmente cargado.
- de la velocidad: así en entorno rural o urbano el consumo es mayor que en autopista.
- del tipo de combustible: gasolina, gasoil, etc.
- del tipo de medio: camión, tren, avión o barco.
- de las condiciones del vehículo, antigüedad y estado de conservación.

Puesta en Obra

La puesta en obra de los productos de construcción requiere de actuaciones y medios auxiliares diversos, en base al formato del producto, y según su aplicación sea en forma de pasta o de formato rígido o semirrígido.

Los productos que se aplican en pasta pueden llegar a obra premezclados o se fabrican in situ, mezclando el material suministrado en polvo con agua, y batiéndolo para garantizar su homogeneidad. Una vez mezclado se vierte entre encofrados o se aplica sobre el paramento, de forma que tras una fase de fraguado (reacciones químicas) se solidifica convirtiéndose en una piedra artificial. Éste es el caso del Yeso, la Cal y el Cemento – Hormigón.

En el caso de productos rígidos, una vez replanteados y cortados, se colocan mediante mortero, adhesivo, anclajes, tornillos, o mediante soldadura, utilizando en algunos casos estructuras auxiliares.

En la puesta en obra es fundamental reducir la cantidad de energía, agua y emisiones de partículas, gases y sustancias nocivas al medio, y evitar el exceso de ruido.

Uso y Mantenimiento

El mantenimiento es un conjunto de operaciones que ha de realizarse durante la vida útil del edificio y que se concibe como una medida preventiva que asegurará el correcto funcionamiento del edificio y garantizará su durabilidad. Estas operaciones serán simples o complejas según los tipos de productos utilizados, los sistemas constructivos, la intensidad de uso del edificio, y el ambiente al cual está expuesto, y comprenderán algunas o varias de las actuaciones siguientes:

- Limpieza sencilla, con medios manuales o mecánicos, con o sin productos químicos de limpieza.
- Renovación de pinturas o de tratamientos.
- Inspección de fachadas y cubiertas, para detectar fisuras y pérdidas de material.
- Prevención de la corrosión de metales, inspeccionando la estructura y los elementos auxiliares con asiduidad.
- Inspección de equipos y sistemas de las instalaciones del edificio.

Serán tanto más sostenibles aquellos productos y sistemas que requieran de reducidas operaciones de mantenimiento durante la vida útil del edificio.

Demolición - Deconstrucción

Cuando el edificio no puede garantizar el cumplimiento de las exigencias básicas exigidas por la normativa, se procede a su demolición, total ó parcial, según se dictamine en un informe técnico. La demolición o deconstrucción de un edificio, debe garantizar que se puedan recuperar productos íntegros y que se pueda obtener suficiente material para proceder a su reciclado y reutilización posterior, evitando sustancias tóxicas, o que pudieran ser incompatibles con los productos con los que se mezclen.

Las pastas son difícilmente disociables de los paramentos, con lo que son un inconveniente a la hora de reutilizar o reciclar los soportes cerámicos o de mortero (ladrillos y bloques) sobre los que se aplicaron.

Los sistemas anclados mecánicamente a estructuras auxiliares o a paramentos, son más fácilmente reutilizables íntegramente.

Reutilización - Reciclado

Los productos procedentes de la demolición de edificios e infraestructuras, pueden ser reutilizados en unos casos o reciclados en otros, otorgándoles la posibilidad de alargar su vida útil y mitigar en el tiempo el daño que se causó en el medioambiente con su fabricación, puesta en obra y uso.

Para consumir de forma responsable en Construcción debemos prescribir productos con altos porcentajes de reciclado o reutilizados.

Análisis de Ciclo de Vida de un producto

Es una herramienta para evaluar el impacto ambiental de un producto de construcción desde su fabricación hasta su tratamiento como residuo, sin consideración de aspectos sociales o económicos, informando al consumidor, con el objeto de que pueda realizar una compra responsable, de:

Los impactos ambientales de un producto a lo largo de su ciclo de vida

Las fases del ciclo de vida que son más críticas y proponer soluciones

Las estrategias que permitan reducir la carga ambiental del producto

El ACV es también una herramienta a emplear en cualquier estrategia comercial, como instrumento de marketing, pues con los resultados obtenidos se pueden optimizar procesos, y reducir costes.

METODOLOGÍA: recopilación y evaluación de entradas, salidas, e impactos medioambientales potenciales de un sistema, del producto a través de su ciclo de vida.

Se define en la norma UNE EN ISO 14040: 2006, e incluye 4 fases:

1. Definición de objetivos y alcance del estudio
2. Análisis de Inventario: Recogida de datos, entrada/salida de datos, cuantificación
3. Evaluación de Impacto ambiental: relevancia de los impactos asociados al producto
4. Interpretación de resultados: identificar fases más críticas

El análisis puede realizarse en tres tramos temporales:

Cradle to gate, ó evaluación parcial del ciclo de vida del producto de la extracción de recursos a la puerta de la fábrica (es decir, antes de su transporte hasta el consumidor). Es el tipo de evaluación base de las declaraciones ambientales de producto (EPD).

Cradle to crave, o de la cuna a la tumba, considera todo el ciclo de vida hasta que el producto se convierte en residuo.

Cradle to Cradle, de la cuna a la cuna, es un sistema propuesto por William McDonough y Michael Braungart, que escribieron en 2002 el libro "Cradle to Cradle", en el que el producto pueda reciclarse o reutilizarse, o que incluso sirva de nutriente en su depósito en vertedero.

APLICACIONES

- Sistemas de gestión ambiental y la evaluación del desempeño ambiental (14001, 14004, etc.), en la identificación de aspectos ambientales significativos de productos.
- Etiquetado ambiental y declaraciones ambientales.
- Integración de aspectos medioambientales en las normas de producto.
- Integración de aspectos medioambientales en el diseño del producto.
- Comunicación ambiental

Nuevas Tendencias, el "Nuevo Enfoque" del Mercado

El mercado de productos para la construcción debe desarrollarse hacia tendencias nuevas que consideren el respeto al medioambiente sobre los beneficios económicos. El impulso para el cambio de estrategias en la construcción de edificios debe ser dado desde los usuarios y prescriptores pero sobre todo desde la administración pública, ya que es evidente que si no hay una ley o mandato superior, la inercia del mercado es la de provocar cambios con fines puramente económicos.

Los industriales se han visto obligados a mejorar los procesos de fabricación tras la publicación de la IPPC: la Directiva 96/61/CE, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación que obligaba a establecer las Mejores Técnicas Disponibles, y la obligatoriedad de la concesión de la Autorización Ambiental Integrada (AAI) en el inicio de cualquier actividad industrial considerada en el texto normativo.

La Política de Productos Integrada de la Unión Europea, con el objetivo del desarrollo de un mercado de productos más ecológicos, promovió el desarrollo e implantación de un conjunto de instrumentos para el diseño de los productos basados en el análisis de ciclo de vida, como las ecoetiquetas y las declaraciones ambientales, y planteó la necesidad de ofrecer incentivos (tipos de IVA reducido) a los productores.

Desde el ámbito de los usuarios y profesionales, la demanda de una construcción más sostenible dependía hasta hace pocos años exclusivamente de motivaciones y cuestiones de conciencia personal, pero poco a poco van apareciendo ordenanzas municipales y decretos a nivel de comunidades autónomas y a nivel nacional que exigen y dirigen al sector a adoptar medidas que mejoren el comportamiento medioambiental de los edificios e infraestructuras.

Un caso destacable es el decreto de ecoeficiencia de la Generalitat de Cataluña, del año 2006, en el que se establece que: "Al menos una familia de productos de los empleados en la construcción del edificio, entendiendo como familia el conjunto de productos destinados a un mismo uso, tendrá que disponer de un distintivo de garantía de calidad ambiental de la Generalitat de Cataluña, etiqueta ecológica de la Unión Europea, marca AENOR Medioambiente, o cualquier otra etiqueta ecológica tipo I, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 14.024/2001 o tipo III, de acuerdo con la norma UNE 150.025/2005".

Pero, para consumir de forma responsable en Construcción ¿Qué tipos de productos debemos consumir? Aquellos que cumplan con las prestaciones marcadas en la normativa y SOSTENIBLES.

Materiales Ecológicos

La normativa UNE 15.301:2003 define el Ecodiseño como aquel diseño que considera los impactos ambientales en todas las etapas del proceso de diseño y desarrollo de productos, para lograr que generen el mínimo impacto ambiental posible a lo largo de su ciclo de vida.

Asimismo define ecoeficiencia como la puesta en el mercado de productos económicamente competitivos que satisfagan las necesidades humanas y proporcionen calidad de vida, a la vez que reduzcan progresivamente los impactos ambientales y la intensidad de consumo de recursos a lo largo de su ciclo de vida, hasta un nivel al menos en línea con la capacidad de asimilación de la tierra.

La fao define “ecológico” a todo producto agrícola o ganadero que sea:

- Respetuoso con el medio ambiente: reduce al mínimo la polución del aire, suelo y agua.
- Logra un nivel óptimo de salud y productividad de las comunidades interdependientes de plantas, animales, y seres humanos
- Producido sin el uso de sustancias químicas de síntesis: pesticidas, fertilizantes, medicamentos.
- Obtenido respetando el ritmo de crecimiento de plantas y animales.
- Elaborado sin adición de sustancias artificiales: aditivos, colorantes, saborizantes, aromas.

En construcción, definimos materiales ecológicos a aquellos que para su fabricación y colocación en la unidad constructiva, y para asegurar su durabilidad y bajo coste de mantenimiento, requieren de operaciones y actuaciones de bajo impacto medioambiental y no constituyen un riesgo para la salud de las personas.

- Naturales, con mínimos procesos de transformación y adaptación (tierra, adobe, madera, corcho, bambú, paja, serrín, etc...), pero que no se alteren con la luz, el calor o el frío y la humedad, no precisen de costosas labores de mantenimiento, ni sean potenciales focos de insectos, plagas y mohos.
- Materiales con una alta proporción de reciclado en su composición.
- Reutilizados de otros edificios, de derribos y mercado de segunda mano, como tradicionalmente se ha hecho con las tejas, ladrillos y azulejos.
- Materiales locales, que no precisen de transporte a largas distancias y apoyen la economía local.

Teniendo en cuenta que una medida más respetuosa con el medioambiente es hacer elementos constructivos más ligeros y que requieran menos material.

Materiales y productos Tecnológicos Sostenibles

Aquellos materiales y productos que

sean **durables**, ó

puedan **incorporar tecnologías** diversas: de captación de energía, digestores de CO₂, que eliminen la contaminación de las ciudades, y que en principio pueden tener un coste medioambiental superior al de un material natural pero que a largo plazo aportan un mayor beneficio en todos los aspectos.

La investigación en las Universidades da lugar a la aparición de nuevas soluciones de mejora del comportamiento ambiental de los productos, y capaces de reducir la contaminación.

Algunos casos relevantes:

- Tesis doctoral de David Fairén Jiménez en 2008 en la Universidad de Granada, con los estudios sobre un aerogel monolítico de carbón que absorbe el benceno, el tolueno o los xilenos, y solventes orgánicos (<http://canalugr.es/fisica-quimica-y-matematicas/item/5634-disenan-un-material-capaz-de-eliminar-sustancias-contaminantes-de-la-industria-de-los-hidrocarburos>),
- Estudio sobre Aerogeles con aplicaciones con aplicaciones medioambientales, captadores de CO₂, desarrollado por el investigador Alberto Santos Sánchez, de la Universidad de Cádiz <http://www.uca.es/grupos-inv/TEP115/secuestro>,
- Estudio de los beneficios de la fotocatalisis (<http://www.fotocatalisis.org/>) o proceso de eliminación de NO_x, SO_x, y COV's mediante reacciones de oxidación activado por la energía solar, con dióxido de titanio, aplicada ya en productos de revestimientos de suelos y fachadas, de la Universidad de Valencia.

Sección 6. Normativa y Certificaciones

¿Cómo certificamos la veracidad de la declaración del fabricante con respecto al Impacto medioambiental producido en el diseño y producción del producto?

Mediante certificaciones oficiales auditadas por organismos terceros, reguladas por Directivas.

IPPC Integrated pollution prevention and control

Los distintos sistemas de fabricación de materiales y productos han ido evolucionando a lo largo de la historia, optimizando los procesos en base a objetivos marcados según criterios económicos. Hoy en día los fabricantes están obligados a mejorar procesos según objetivos medioambientales marcados por la directiva IPPC, mediante diversos instrumentos.

DIRECTIVA 2008/1/CE del Parlamento Europeo de 15 de enero de 2008 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación, (IPPC Integrated pollution prevention and control) (sustituye a la directiva 96/61/CE del consejo de 24 de septiembre de 1996).

En la directiva IPPC, se establecen medidas para evitar o, cuando ello no sea posible, reducir las emisiones de las actividades industriales en la atmósfera, el agua y el suelo, incluidas las medidas relativas a los residuos, con el fin de alcanzar un nivel elevado de protección del medio ambiente, y se obliga a los estados miembros a tomar las medidas necesarias para que las autoridades competentes se cercioren de que la explotación de las instalaciones se efectúe de forma que:

- a) se tomen todas las medidas adecuadas de prevención de la contaminación, en particular mediante la aplicación de las mejores técnicas disponibles;
- b) no se produzca ninguna contaminación importante;
- c) se evite la producción de residuos; si esto no fuera posible, se reciclarán o, si ello fuera imposible técnica y económicamente, se eliminarán, evitando o reduciendo su repercusión en el medio ambiente;
- d) se utilice la energía de manera eficaz;
- e) se tomen las medidas necesarias para prevenir los accidentes graves y limitar sus consecuencias;
- f) al cesar la explotación de la instalación, se tomarán las medidas necesarias para evitar cualquier riesgo de contaminación y para que el lugar de la explotación vuelva a quedar en un estado satisfactorio.

Englobando entre otras (ver anexo) las siguientes instalaciones industriales:

- Producción y transformación de metales
- Industrias minerales: fabricación de cemento clínker en hornos rotatorios, obtención de amianto, fabricación de vidrio incluida la fibra de vidrio, fundición de materiales minerales, fabricación de productos cerámicos, en particular de tejas, ladrillos refractarios, azulejos, gres cerámico o porcelanas,
- Industria química: fabricación de productos químicos orgánicos como hidrocarburos: resinas, epóxidos; materias plásticas de base (polímeros, fibras sintéticas, fibras a base de celulosa); cauchos sintéticos; colorantes y pigmentos productos químicos inorgánicos: el amoníaco, el cloro o el cloruro de hidrógeno, el ácido fluorhídrico, el ácido fosfórico, el ácido nítrico, el ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico, el hidróxido de amonio, el hidróxido potásico, el hidróxido sódico; el clorato potásico, el carbonato potásico (potasa), el carbonato sódico (sosa), los perboratos, carburo de calcio, el silicio, el carburo de silicio.
- Gestión de residuos: instalaciones para la valorización o eliminación de residuos peligrosos, la incineración de residuos municipales (residuos domésticos y residuos comerciales, industriales e institucionales similares), para la eliminación o aprovechamiento de residuos no peligrosos, Vertederos.
- Otras actividades: papel y cartón, productos textiles, instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, con utilización de disolventes orgánicos, en particular para estamparlos, revestirlos e impermeabilizarlos, pegarlos, enlazarlos, limpiarlos o impregnarlos.

Para poner en marcha una instalación industrial es preciso tener concedida la autorización ambiental integrada, por la que se fijan los valores límite de emisión de las sustancias contaminantes, teniendo en cuenta las mejores técnicas disponibles, ó las técnicas más eficaces, para alcanzar un alto nivel de protección del medio ambiente en su conjunto y de la salud de las personas, que consideran los siguientes aspectos:

1. Uso de técnicas que produzcan pocos residuos.
2. Uso de sustancias menos peligrosas.
3. Desarrollo de las técnicas de recuperación y reciclado de sustancias generadas y utilizadas en el proceso, y de los residuos cuando proceda.
4. Procesos, instalaciones o método de funcionamiento comparables que hayan dado pruebas positivas a escala industrial.
5. Avances técnicos y evolución de los conocimientos científicos.
6. Carácter, efectos y volumen de las emisiones que se trate.
7. Fechas de entrada en funcionamiento de las instalaciones nuevas o existentes.
8. Plazo que requiere la instauración de una mejor técnica disponible.
9. Consumo y naturaleza de las materias primas (incluida el agua) utilizada en procedimientos de eficacia energética.
10. Necesidad de prevenir o reducir al mínimo el impacto global de las emisiones y de los riesgos en el medio ambiente.
11. Necesidad de prevenir cualquier riesgo de accidente o de reducir sus consecuencias para el medio ambiente.

POLÍTICA DE PRODUCTOS INTEGRADA IPP 2001

Es una estrategia para reforzar y reorientar la política medioambiental relativa a los productos con objeto de promover el desarrollo de un mercado de productos más ecológicos.

La IPP propone el uso de herramientas e instrumentos que considerando el ciclo de vida de los productos permitan diseñar y poner en el mercado productos y servicios que sean más ecológicos, con el objeto de:

- Minimizar impactos ambientales de productos y servicios considerando todo su ciclo de vida.
- Integrar las estrategias ambientales.
- Cooperar con todos los actores de la cadena de suministro (desde los proveedores de la materia prima hasta el consumidor final, pasando por la admón., los seguros, etc.) para optimizar la efectividad de los esfuerzos de reducción de impactos.
- Desarrollar mercados verdes introduciendo incentivos e instrumentos que motiven a productores.

Y para incentivar a las empresas, considera la aplicación de impuestos más bajos como un IVA reducido a productos con etiqueta ecológica.

La IPP propone el ETIQUETADO ECOLÓGICO (TIPOS I II Y III) como herramienta de gestión ambiental que ofrece información exacta, no engañosa y con base científica, de un producto o servicio en cuanto a su carácter ambiental considerando su ciclo de vida.

Se trata de proporcionar una información útil para los compradores, que permita escoger entre productos ambientalmente estudiados y que influirá eficazmente en la elección del producto y su compra.

OBJETIVO DE ETIQUETAS Y DECLARACIONES AMBIENTALES:

- alentar la demanda y el suministro de productos y servicios que menos afectan al medioambiente
- estimular el potencial para la mejora continua del medio ambiente impulsada por los mecanismos del mercado
- comunicar información verificable, precisa y no engañosa de aspectos ambientales de productos y servicios.

PRINCIPIOS GENERALES:

1. Las etiquetas y declaraciones ambientales deben ser precisas, verificables y no engañosas
2. Deben basarse en una metodología científica exhaustiva y comprensiva para apoyar la afirmación
3. No se deben usar procedimientos y requisitos que obstaculicen el comercio internacional
4. La información relativa a criterios, métodos y procedimientos usados para apoyar las etiquetas y declaraciones debe estar disponible
5. El desarrollo de etiquetas y declaraciones ambientales debe tener en cuenta todos los aspectos pertinentes del ciclo de vida del producto. No quiere decir que se deba llevar a cabo un análisis de ciclo de vida
6. No deben obstaculizar innovaciones
7. Los requisitos administrativos, deben ser razonables y la información y procedimientos no han de ser complejos, para que todas las empresas independientemente de su tamaño puedan acceder al etiquetado o la declaración ambiental
8. El proceso de desarrollo de etiquetas y declaraciones ambientales debe incluir consultas abiertas y participativas con las partes interesadas
9. Todo aquel que hace una etiqueta o declaración ambiental debe poner a disposición de los compradores la información sobre qué aspectos ambientales están relacionados con la etiqueta, mediante programas educativos, anuncios, números de teléfono sin cargo, etc.

Etiqueta ecológica tipo I

UNE EN 14024 Ecoetiquetas certificadas

El programa de etiquetado ecológico tipo I es un programa VOLUNTARIO, multicriterio y desarrollado por un tercero con el que se concede una licencia que autoriza el uso de etiquetas ecológicas en productos, y que indican que un producto que pertenece a una categoría determinada es preferible para el medioambiente en función de unas consideraciones basadas en su ciclo de vida.

El objetivo es el de comunicar una información verificable y exacta de los aspectos medioambientales de los productos, a fin de fomentar y satisfacer la demanda de aquellos que causan un menor daño al medioambiente.

Las etiquetas ecológicas pueden ser:

- NACIONALES: AENOR-medioambiente, Angel Azul (Alemania), etc
- AUTONOMICAS: Distintiu de garantia de Qualitat Ambiental (Catalunya)
- EUROPEAS: eco-label http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/menus/about_en.htm

En el caso de las ecolabel, las categorías de productos de construcción que en la actualidad se pueden certificar son:

- Pinturas
- Baldosas
- Pavimentos de madera
- Pavimentos textiles

Etiqueta ecológica tipo II

UNE EN 14.021 Auto declaraciones ambientales de producto.

Declaración ambiental efectuada por fabricantes, importadores, distribuidores, detallistas o cualquier otro susceptible de beneficiarse de dicha declaración sin la certificación de terceras partes independientes.

Comunican información verificable y exacta, sobre aspectos medioambientales de los productos, estimulan la demanda de los productos que menos impactan en el medioambiente, y la mejora del mismo.

El declarante debe ser responsable de la declaración, y facilitar los datos para la verificación, debiendo tener la información a disposición de los consumidores incluyendo:

- Identificación de la norma o método utilizado
- Evidencia documental en casos en que no se realicen pruebas
- Resultado de pruebas, nombre y dirección de la parte que las realiza

Términos y características usados en declaraciones ambientales:

- COMPOSTABLE
- DEGRADABLE
- DISEÑADO PARA DESMONTAR

- PRODUCTO DE VIDA PROLONGADA
- ENERGIA RECUPERADA
- RECICLABLE
- CONTENIDO DE RECICLADO
- CONSUMO REDUCIDO DE ENERGIA
- UTILIZACION REDUCIDA DE RECURSOS
- CONSUMO REDUCIDO DE AGUA
- REUTILIZABLE Y RELLENABLE
- REDUCCION DE RESIDUOS

Etiqueta ecológica tipo III

UNE EN 14.025 Declaración ambiental de producto, DAP (Environmental Product Declaration, EPD)

Las ecoetiquetas Tipo III, muestran información estandarizada basada en ACV de un producto o servicio con diagramas que presentan un conjunto de indicadores ambientales pertinentes (calentamiento global, consumo de recursos, residuos, etc.), acompañados de una interpretación de la información.

Verificadas por un tercer organismo independiente, las EPD permiten proveer información a la cadena de suministro y al consumidor final.

Además, facilita el proceso del desarrollo del producto y la mejora continua en el trabajo del Sistema de Gestión Ambiental, y permite a los compradores comparar el comportamiento ambiental de productos y servicios.

<http://ec.europa.eu/environment/ipp/>

http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/index_en.htm

Sistemas de Gestión medioambiental SGMA

Los sistemas de gestión medioambiental (SGMA), aplicables a empresas, organizaciones y procesos, y evaluados por entidades de certificación acreditadas, buscan mejorar el comportamiento ambiental de la organización, estableciendo un mecanismo de control de variables que afectan al medio ambiente en el ámbito de la estructura organizativa, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos, en aplicación a lo dispuesto en la norma ISO 14001.

Sistema comunitario de gestión y auditoría medioambiental (EMAS)

REGLAMENTO (CE) No 1221/2009 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de noviembre de 2009 relativo a la participación voluntaria de organizaciones en un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales EMAS.

“El objetivo de EMAS, como instrumento importante del Plan de acción sobre consumo y producción sostenibles y una política industrial sostenible, consiste en promover mejoras continuas del comportamiento medioambiental de las organizaciones mediante el establecimiento y la aplicación por su parte de sistemas de gestión medioambiental, la evaluación sistemática, objetiva y periódica del funcionamiento de tales sistemas, la difusión de información sobre comportamiento medioambiental, el diálogo abierto con el público y otras partes interesadas, y la implicación activa del personal en las organizaciones, así como una formación adecuada.”

Toda organización que desee participar en el sistema debe:

- adoptar una política medioambiental en la que se definan los objetivos y principios de actuación de la organización con relación al medio ambiente;
- efectuar un análisis medioambiental de sus actividades, productos y servicios (de conformidad con las disposiciones de los anexos VII y VI), con excepción de las organizaciones que ya tengan un sistema de gestión medioambiental certificado y reconocido;
- aplicar un sistema de gestión medioambiental;
- efectuar regularmente una auditoría medioambiental y hacer una declaración medioambiental, que incluirá una descripción de la organización y de sus actividades, productos y servicios; la política medioambiental y el sistema de gestión medioambiental de la organización; una descripción de sus impactos medioambientales y de los objetivos en relación con esos impactos; el comportamiento medioambiental de la organización y la fecha de la declaración. Dicha declaración deberá ser validada por un verificador medioambiental, cuyo nombre y número de acreditación deberán figurar en la declaración;
- registrar la declaración validada en el organismo competente del Estado miembro;
- Poner la declaración a disposición del público.

http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm

Sección 7. Anexos

Actividades industriales contempladas en la IPPC

DIRECTIVA 2008/1/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 15 de enero de 2008 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación IPPC (Integrated pollutant prevention and control)

ANEXO I. CATEGORÍAS DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES CONTEMPLADAS EN EL ARTÍCULO 1

1. Instalaciones de combustión

- 1.1. Instalaciones de combustión con una potencia térmica de combustión superior a 50 MW.
- 1.2. Refinerías de petróleo y de gas.
- 1.3. Coquerías.
- 1.4. Instalaciones de gasificación y licuefacción de carbón.

2. Producción y transformación de metales

- 2.1. Instalaciones de calcinación o sintetización de minerales metálicos incluido el mineral sulfuroso.
- 2.2. Instalaciones para la producción de fundición o de aceros brutos (fusión primaria o secundaria), incluidas las correspondientes instalaciones de fundición continua de una capacidad de más de 2,5 toneladas por hora.
- 2.3. Instalaciones para la transformación de metales ferrosos: a) laminado en caliente con una capacidad superior a 20 toneladas de acero en bruto por hora; b) forjado con martillos cuya energía de impacto sea superior a 50 kilojulios por martillo y cuando la potencia térmica utilizada sea superior a 20 MW; c) aplicación de capas de protección de metal fundido con una capacidad de tratamiento de más de 2 toneladas de acero bruto por hora.
- 2.4. Fundiciones de metales ferrosos con una capacidad de producción de más de 20 toneladas por día.
- 2.5. Instalaciones: a) para la producción de metales en bruto no ferrosos a partir de minerales, de concentrados o de materias primas secundarias mediante procedimientos metalúrgicos, químicos o

electrolíticos; b) para la fusión de metales no ferrosos, inclusive la aleación, incluidos los productos de recuperación (refinado, moldeado en fundición) con una capacidad de fusión de más de 4 toneladas para el plomo y el cadmio o 20 toneladas para todos los demás metales, por día.

2.6. Instalaciones para el tratamiento de superficie de metales y materiales plásticos por procedimiento electrolítico o químico, cuando el volumen de las cubetas destinadas al tratamiento empleadas sea superior a 30 m³.

3. Industrias minerales

3.1. Instalaciones de fabricación de cemento clínker en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias, o de cal en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día, o en hornos de otro tipo con una capacidad de producción superior a 50 toneladas por día.

3.2. Instalaciones para la obtención de amianto y para la fabricación de productos a base de amianto.

3.3. Instalaciones de fabricación de vidrio incluida la fibra de vidrio, con una capacidad de fusión superior a 20 toneladas por día.

3.4. Instalaciones para la fundición de materiales minerales, incluida la fabricación de fibras minerales con una capacidad de fundición superior a 20 toneladas por día.

3.5. Instalaciones para la fabricación de productos cerámicos mediante horneado, en particular de tejas, ladrillos refractarios, azulejos, gres cerámico o porcelanas, con una capacidad de producción superior a 75 toneladas por día, y/o una capacidad de horneado de más de 4 m³ y de más de 300 kg/m³ de densidad de carga por horno.

4. Industria química.

La fabricación, a efectos de las categorías de actividades de la presente Directiva, designa la fabricación a escala industrial, mediante transformación química de los productos o grupos de productos mencionados en los puntos 4.1 a 4.6.

4.1. Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos orgánicos de base, en particular:

- a) hidrocarburos simples (lineares o cíclicos, saturados o insaturados, alifáticos o aromáticos);
- b) hidrocarburos oxigenados, tales como alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, ésteres, acetatos, éteres, peróxidos, resinas, epóxidos;
- c) hidrocarburos sulfurados;
- d) hidrocarburos nitrogenados, en particular, aminas, amidas, compuestos nitrosos, nítricos o nitratos, nitrilos, cianatos e isocianatos;
- e) hidrocarburos fosforados;
- f) hidrocarburos halogenados;
- g) compuestos orgánicos metálicos;
- h) materias plásticas de base (polímeros, fibras sintéticas, fibras a base de celulosa);
- i) cauchos sintéticos;
- j) colorantes y pigmentos;
- k) tensioactivos y agentes de superficie.

4.2. Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos inorgánicos de base como:

- a) gases y, en particular, el amoníaco, el cloro o el cloruro de hidrógeno, el flúor o fluoruro de hidrógeno, los óxidos de carbono, los compuestos del azufre, los óxidos del nitrógeno, el hidrógeno, el dióxido de azufre, el dicloruro de carbonilo;
- b) ácidos y, en particular, el ácido crómico, el ácido fluorhídrico, el ácido fosfórico, el ácido nítrico, el ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico, el ácido sulfúrico fumante, los ácidos sulfurados;
- c) bases y, en particular, el hidróxido de amonio, el hidróxido potásico, el hidróxido sódico;
- d) sales como el cloruro de amonio, el clorato potásico, el carbonato potásico (potasa), el carbonato sódico (sosa), los perboratos, el nitrato argéntico;

e) no metales, óxidos metálicos u otros compuestos inorgánicos como el carburo de calcio, el silicio, el carburo de silicio.

4.3. Instalaciones químicas para la fabricación de fertilizantes a base de fósforo, de nitrógeno o de potasio (fertilizantes simples o compuestos).

4.4. Instalaciones químicas para la fabricación de productos de base fitofarmacéuticos y de biocidas.

4.5. Instalaciones químicas que utilicen un procedimiento químico o biológico para la fabricación de medicamentos de base.

4.6. Instalaciones químicas para la fabricación de explosivos.

5. Gestión de residuos.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 11 de la Directiva 2006/12/CE y en el artículo 3 de la Directiva 91/689/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a los residuos peligrosos (1):

5.1. Instalaciones para la valorización o eliminación de residuos peligrosos de la lista, contemplada en el artículo 1, apartado 4, de la Directiva 91/689/CEE, tal como se definen en los anexos II A y II B (operaciones R1, R5, R6, R8 y R9) de la Directiva 2006/12/CE y en la Directiva 75/439/CEE del Consejo, de 16 de junio de 1975, relativa a la gestión de aceites usados (2), de una capacidad de más de 10 toneladas por día.

5.2. Instalaciones para la incineración de residuos municipales (residuos domésticos y residuos comerciales, industriales e institucionales similares), de una capacidad de más de 3 toneladas por hora.

5.3. Instalaciones para la eliminación o aprovechamiento de residuos no peligrosos, tal como se definen en los anexos II A y B de la Directiva 2006/12/CE en las rúbricas D8, D9, de una capacidad de más de 50 toneladas por día.

5.4. Vertederos que reciban más de 10 toneladas por día o que tengan una capacidad total de más de 25 000 toneladas con exclusión de los vertederos de residuos inertes.

6. Otras actividades

6.1. Instalaciones industriales destinadas a la fabricación de: a) pasta de papel a partir de madera o de otras materias fibrosas; b) papel y cartón con una capacidad de producción de más de 20 toneladas diarias.

6.2. Instalaciones para tratamiento previo (operaciones de lavado, blanqueo, mercerización) o para el tinte de fibras o productos textiles cuando la capacidad de tratamiento supere las 10 toneladas diarias.

6.3. Instalaciones para el curtido de cueros cuando la capacidad de tratamiento supere las 12 toneladas de productos acabados por día.

6.4.

a) Mataderos con una capacidad de producción de canales superior a 50 toneladas por día. b) Tratamiento y transformación destinados a la fabricación de productos alimenticios a partir de:

- materia prima animal (que no sea la leche) de una capacidad de producción de productos acabados superior a 75 toneladas por día,
- materia prima vegetal de una capacidad de producción de productos acabados superior a 300 toneladas por día (valor medio trimestral).

c) Tratamiento y transformación de la leche, con una cantidad de leche recibida superior a 200 toneladas por día (valor medio anual).

6.5. Instalaciones para la eliminación o el aprovechamiento de canales o desechos de animales con una capacidad de tratamiento superior a 10 toneladas por día.

6.6. Instalaciones destinadas a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos que dispongan de más de: a) 40 000 emplazamientos para las aves de corral; b) 2 000 emplazamientos para cerdos de cría (de más de 30 kg), o c) 750 emplazamientos para cerdas.

6.7. Instalaciones para el tratamiento de superficie de materiales, de objetos o productos con utilización de disolventes orgánicos, en particular para aprestarlos, estamparlos, revestirlos y desgrasarlos, impermeabilizarlos, pegarlos, enlazarlos, limpiarlos o impregnarlos, con una capacidad de consumo de más de 150 kg de disolvente por hora o de más de 200 toneladas por año.

Lista indicativa de las principales sustancias contaminantes que se tomarán Obligatoriamente en consideración si son pertinentes para fijar valores límite de Emisiones

DIRECTIVA 2008/1/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 15 de enero de 2008 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación IPPC (Integrated pollutant prevention and control) ANEXO III

Atmósfera

1. Óxidos de azufre y otros compuestos de azufre.
2. Óxidos de nitrógeno y otros compuestos de nitrógeno.
3. Monóxido de carbono.
4. Compuestos orgánicos volátiles.
5. Metales y sus compuestos.
6. Polvos.
7. Amianto (partículas en suspensión, fibras).
8. Cloro y sus compuestos.
9. Flúor y sus compuestos.
10. Arsénico y sus compuestos.
11. Cianuros.
12. Sustancias y preparados respecto de los cuales se haya demostrado que poseen propiedades cancerígenas, mutágenas o puedan afectar a la reproducción a través del aire.
13. Policlorodibenzodioxina y policlorodibenzofuranos.

Agua

1. Compuestos organohalogenados y sustancias que puedan dar origen a compuestos de esta clase en el medio acuático.
2. Compuestos organofosforados.
3. Compuestos organoestánicos.
4. Sustancias y preparados cuyas propiedades cancerígenas, mutágenas o que puedan afectar a la reproducción en el medio acuático o vía el medio acuático estén demostradas.
5. Hidrocarburos persistentes y sustancias orgánicas tóxicas persistentes y bioacumulables.
6. Cianuros.
7. Metales y sus compuestos.
8. Arsénico y sus compuestos.
9. Biocidas y productos fitosanitarios.
10. Materias en suspensión.
11. Sustancias que contribuyen a la eutrofización (en particular nitratos y fosfatos).
12. Sustancias que ejercen una influencia desfavorable sobre el balance de oxígeno (y computables mediante parámetros tales como DBO, DCO).

Aspectos a tener en cuenta en la determinación de las Mejores técnicas disponibles.

DIRECTIVA 2008/1/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 15 de enero de 2008 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación IPPC (Integrated pollutant prevention and control) ANEXO IV

Aspectos que deben tenerse en cuenta con carácter general o en un supuesto particular cuando se determinen las mejores técnicas disponibles definidas en el artículo 2, punto 12, teniendo en cuenta los costes y ventajas que pueden derivarse de una acción y los principios de precaución y prevención:

- 1) uso de técnicas que produzcan pocos residuos;
- 2) uso de sustancias menos peligrosas;
- 3) desarrollo de las técnicas de recuperación y reciclado de sustancias generadas y utilizadas en el proceso, y de los residuos cuando proceda;
- 4) procesos, instalaciones o método de funcionamiento comparables que hayan dado pruebas positivas a escala industrial;
- 5) avances técnicos y evolución de los conocimientos científicos;
- 6) carácter, efectos y volumen de las emisiones de que se trate;
- 7) fechas de entrada en funcionamiento de las instalaciones nuevas o existentes;
- 8) plazo que requiere la instauración de una mejor técnica disponible;
- 9) consumo y naturaleza de las materias primas (incluida el agua) utilizada en procedimientos de eficacia energética;
- 10) necesidad de prevenir o reducir al mínimo el impacto global de las emisiones y de los riesgos en el medio ambiente;
- 11) necesidad de prevenir cualquier riesgo de accidente o de reducir sus consecuencias para el medio ambiente;
- 12) información publicada por la Comisión, en virtud del artículo 17, apartado 2, párrafo segundo, o por organizaciones internacionales.

Residuos peligrosos

DIRECTIVA DEL CONSEJO, 91/689/CEE RELATIVA A LOS RESIDUOS PELIGROSOS (ya derogada) ANEXO I
CATEGORIAS O TIPOS GENERICOS DE RESIDUOS PELIGROSOS CLASIFICADOS SEGUN SU NATURALEZA O LA ACTIVIDAD QUE LOS GENERA

ANEXO I.A

Residuos que presenten alguna de las propiedades enumeradas en el Anexo III y estén formados por:

1. Sustancias anatómicas: residuos hospitalarios u otros residuos clínicos
2. Productos farmacéuticos, medicamentos, productos veterinarios
3. Conservantes de la madera
4. Biocidas y productos fitofarmacéuticos
5. Residuos de productos utilizados como disolventes
6. Sustancias orgánicas halogenadas no utilizadas como disolventes, excluidas las materias polimerizadas inertes
7. Sales de temple cianuradas
8. Aceites y sustancias oleosas minerales (lodos de corte, etc.)
9. Mezclas aceite/agua o hidrocarburo/agua, emulsiones
10. Sustancias que contengan PCB y/o PCT (dieléctricas, etc.)
11. Materias alquitranadas procedentes de operaciones de refinado, destilación o pirólisis (sedimentos de destilación, etc.)
12. Tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas, barnices
13. Resinas, látex, plastificantes, colas
14. Sustancias químicas no identificadas y/o nuevas y de efectos desconocidos en el hombre y/o el medio ambiente que procedan de actividades de investigación y desarrollo o de actividades de enseñanza (residuos de laboratorios, etc.)
15. Productos pirotécnicos y otros materiales explosivos
16. Sustancias químicas y productos de tratamiento utilizados en fotografía

17. Todos los materiales contaminados por un producto de la familia de los dibenzofuranos policlorados
18. Todos los materiales contaminados por un producto de la familia de las dibenzo-para-dioxinas policloradas

ANEXO I.B

Residuos que contengan cualquiera de los componentes que figuran en la lista del Anexo II y que presenten cualquiera de las propiedades mencionadas en el Anexo III y que estén formados por:

19. Jabones, materias grasas, ceras de origen animal o vegetal
20. Sustancias orgánicas no halogenadas no empleadas como disolventes
21. Sustancias inorgánicas que no contengan metales o compuestos de metales
22. Escorias y/o cenizas
23. Tierra, arcillas o arenas incluyendo lodos de dragado
24. Sales de temple no cianuradas
25. Partículas o polvos metálicos
26. Catalizadores usados
27. Líquidos o lodos que contengan metales o compuestos metálicos
28. Residuos de tratamiento de descontaminación excepto los mencionados en los puntos 29, 30 y 33
29. Lodos de lavado de gases
30. Lodos de instalaciones de purificación de agua
31. Residuos de descarbonatación
32. Residuos de columnas intercambiadoras de iones
33. Lodos de depuración no tratados o no utilizables en la agricultura
34. Residuos de la limpieza de cisternas y/o equipos
35. Equipos contaminados
36. Recipientes contaminados (envases, bombonas de gas, etc.) que hayan contenido uno o varios de los constituyentes mencionados en el Anexo II
37. Baterías y pilas eléctricas
38. Aceites vegetales
39. Objetos procedentes de recogidas selectivas de basuras domésticas y que presenten cualquiera de las características mencionadas en el Anexo III
40. Cualquier otro residuo que contenga uno cualquiera de los constituyentes enumerados en el Anexo II y presente cualquiera de las características que se enuncian en el Anexo III

ANEXO II CONSTITUYENTES DE LOS RESIDUOS DEL ANEXO I.B QUE PERMITEN CALIFICARLOS DE PELIGROSOS CUANDO PRESENTAN LAS CARACTERÍSTICAS ENUNCIADAS EN EL ANEXO III (*)

Residuos que tengan como constituyentes:

- C1 Berilio; compuestos de berilio
- C2 Compuestos de vanadio
- C3 Compuestos de cromo hexavalente
- C4 Compuestos de cobalto
- C5 Compuestos de níquel
- C6 Compuestos de cobre
- C7 Compuestos de zinc
- C8 Arsénico; compuestos de arsénico
- C9 Selenio; compuestos de selenio

- C10 Compuestos de plata
- C11 Cadmio; compuestos de cadmio
- C12 Compuestos de estaño
- C13 Antimonio; compuestos de antimonio
- C14 Telurio; compuestos de telurio
- C15 Compuestos de bario, excluido el sulfato bórico
- C16 Mercurio; compuestos de mercurio
- C17 Talio; compuestos de talio
- C18 Plomo; compuestos de plomo
- C19 Sulfuros inorgánicos
- C20 Compuestos inorgánicos de flúor, excluido el fluoruro cálcico
- C21 Cianuros inorgánicos
- C22 Metales alcalinos o alcalinotérreos: litio, sodio, potasio, calcio, magnesio en forma no combinada
- C23 Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
- C24 Soluciones básicas o bases en forma sólida
- C25 Amianto (polvos y fibras)
- C26 Fósforo; compuestos de fósforo, excluidos los fosfatos minerales
- C27 Carbonilos metálicos
- C28 Peróxidos
- C29 Cloratos
- C30 Percloratos
- C31 Nitratos
- C32 PCB y/o PCT
- C33 Compuestos farmacéuticos o veterinarios
- C34 Biocidas y sustancias fitofarmacéuticas (plaguicidas, etc.)
- C35 Sustancias infecciosas
- C36 Creosotas
- C37 Isocianatos, tiocianatos
- C38 Cianuros orgánicos (nitrilos, etc.)
- C39 Fenoles; compuestos de fenol
- C40 Disolventes halogenados
- C41 Disolventes orgánicos, excluidos los disolventes halogenados
- C42 Compuestos organohalogenados, excluidas las materias polimerizadas inertes y las demás sustancias mencionadas en el presente Anexo
- C43 Compuestos aromáticos; compuestos orgánicos policíclicos y heterocíclicos
- C44 Aminas alifáticas
- C45 Aminas aromáticas
- C46 Eteres
- C47 Sustancias de carácter explosivo, excluidas las ya mencionadas en el presente Anexo
- C48 Compuestos orgánicos de azufre
- C49 Todo producto de la familia de los dibenzofuranos policlorados
- C50 Todo producto de la familia de las dibenzo-para-dioxinas
- C51 Hidrocarburos y sus compuestos oxigenados, nitrogenados y/o sulfurados no incluidos en el presente Anexo (*) Determinadas repeticiones de tipos genéricos de residuos peligrosos recogidos en la lista del Anexo I son intencionadas.

DIRECTIVA 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas (en vigor)

ANEXO III

CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS QUE PERMITEN CALIFICARLOS DE PELIGROSOS

H 1 «Explosivo»: se aplica a las sustancias y los preparados que pueden explotar bajo el efecto de la llama o que son más sensibles a los choques o las fricciones que el dinitrobenceno.

H 2 «Oxidante»: se aplica a las sustancias y los preparados que presentan reacciones altamente exotérmicas al entrar en contacto con otras sustancias, en particular sustancias inflamables.

H 3-A «Fácilmente inflamable» se aplica a: las sustancias y los preparados líquidos que tienen un punto de inflamación inferior a 21 °C (incluidos los líquidos extremadamente inflamables)- las sustancias y los preparados que pueden calentarse y finalmente inflamarse en contacto con el aire a temperatura ambiente sin aporte de energía- las sustancias y los preparados sólidos que pueden inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de ignición y que continúan ardiendo o consumiéndose después del alejamiento de la fuente de ignición- las sustancias y los preparados gaseosos que son inflamables en el aire a presión normal- las sustancias y los preparados que, en contacto con el agua o el aire húmedo, desprenden gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas.

H 3-B «Inflamable»: se aplica a las sustancias y los preparados líquidos que tienen un punto de inflamación superior o igual a 21 °C e inferior o igual a 55 °C.

H 4 «Irritante»: se aplica a las sustancias y los preparados no corrosivos que pueden causar una reacción inflamatoria por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas.

H 5 «Nocivo»: se aplica a las sustancias y los preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden entrañar riesgos de gravedad limitada para la salud.

H 6 «Tóxico»: se aplica a las sustancias y los preparados (incluidos las sustancias y los preparados muy tóxicos) que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden entrañar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.

H 7 «Cancerígeno»: se aplica a las sustancias y los preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir cáncer o aumentar su frecuencia.

H 8 «Corrosivo»: se aplica a las sustancias y los preparados que pueden destruir tejidos vivos al entrar en contacto con ellos.

H 9 «Infeccioso»: se aplica a las sustancias y los preparados que contienen microorganismos viables, o sus toxinas, de los que se sabe o existen razones fundadas para creer que causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos.

H 10 «Tóxico para la reproducción»: se aplica a las sustancias y los preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir malformaciones congénitas no hereditarias o aumentar su frecuencia.

H 11 «Mutagénico»: se aplica a las sustancias y los preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia.

H 12 Residuos que emiten gases tóxicos o muy tóxicos al entrar en contacto con el aire, con el agua o con un ácido.

H 13 (*) «Sensibilizante»: se aplica a las sustancias y los preparados que, por inhalación o penetración cutánea, pueden ocasionar una reacción de hipersensibilización, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado dé lugar a efectos nocivos característicos.

H 14 «Ecotóxico»: se aplica a los residuos que presentan o pueden presentar riesgos inmediatos o diferidos para uno o más compartimentos del medio ambiente.

H 15 Residuos susceptibles, después de su eliminación, de dar lugar a otra sustancia por un medio cualquiera, por ejemplo, un lixiviado que posee alguna de las características antes enumeradas

Sección 8. Bibliografía

Los textos propuestos a continuación son los empleados en la elaboración de estos apuntes, y que recomiendo pues aportan las bases del conocimiento, existiendo en el mercado muchas otras publicaciones de interés que pueden localizarse en las bibliotecas y librerías de todo el mundo.

1. Apuntes de Construcción de la Autora, Ángela Barrios Padura, de su carrera profesional como profesora del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I de la Escuela de Arquitectura de Sevilla.
2. AA. VV. "Análisis de ciclo de vida y huella de carbono", Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca Gobierno Vasco. Noviembre 2009
3. Arenas Cabello, Fco Julio. "El Impacto ambiental en la edificación. Criterios para una construcción Sostenible". Edisofer S.L. Madrid 2007. [ISBN 978-84-96261-36-5](#)
4. Baño Nieva, Antonio; Vigil-Escalera del Pozo, Alberto "Guía de construcción sostenible". Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). Madrid Noviembre 2005 Depósito Legal: M-51636-2005
5. Cuchí i Burgos, Albert et al: "Parámetros de Sostenibilidad". ITeC 2003. ISBN: 84-7853-461-1
6. Cuchí i Burgos, Albert: "LOS FLUJOS DE ENERGIA EN LA EDIFICACIÓN" ponencia en los cursos de Diplomado Internacional "Acercamiento a criterios arquitectónicos ambientales para comunidades aisladas en áreas naturales protegidas de Chiapas" Universidad de Chiapas, 2003.
7. Domenech Quesada, Juan Luis. "Huella Ecológica y desarrollo sostenible", Aenor Ediciones, Madrid 2007. [ISBN 978-84-8143-517-7](#)
8. Douglas Muschett, F. et al: "Principios del desarrollo sostenible". 65-87. AENOR. Madrid 1998. [ISBN 84-8143-121-4](#)
9. Fernandez, John. "Material architecture". Elsevier 2006, [ISBN 978-0-7506-6497-4](#)
10. Halliday, Sandy "Sustainable construction". Elsevier 2008. [ISBN 978-0-7506-6394-6](#)
11. Hegger, M.; Auch-Schwelk V.; Fuchs, M.; Rosenkrantz, T.; "Construction Materials Manual" Editor Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co, Munich. 2006. ISBN 10: 3-7643-7570-1
12. Lomborg, Bjorn. "El Ecologista Escéptico". Espasa, Madrid, 2003
13. Roaf, Sue; Fuentes, Manuel; Thomas, Stephanie. "Ecohouse 2: a design house". Architectural Press 2003. [ISBN 0-7506-5734-0](#)
14. Sanchez Ostiz, A. "Cubiertas", Cie Dossat, Madrid. 2007. [ISBN 84-96437-55-8](#)
15. Woolley et all. "Green building handbook" 1997
16. "Guia de Sustentabilidade Das Construcoes", CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Guia de Sustentabilidade na Construção. Belo Horizonte, Brasil 2008
17. "Un Vitrubio ecológico, Principios y Prácticas del proyecto Arquitectónico Sostenible". GG – CSCAE Barcelona 2007. [ISBN 978-84-252-2155-2](#)
18. "Guías sectoriales de Ecodiseño. Materiales de construcción" Ihobe: Sociedad Pública de Gestión Ambiental. País Vasco. Febrero de 2010.
19. "Guías de Sostenibilidad en la Edificación Residencial. Calidad del ambiente interior." Aidico. Generalitat Valenciana. Noviembre de 2009.
20. "Guía de la Edificación Sostenible: calidad energética y medioambiental en la edificación" IDAE, Institut Cerdá y Ministerio de Fomento. Madrid 1999. [ISBN 84-86850-91-6](#)
21. Revista Conarquitectura Nº 12, Octubre de 2004. Edita Conarquitectura Ediciones S.L. Madrid ISSN 1578-0201
22. "Un Vitrubio ecológico, Principios y Prácticas del proyecto Arquitectónico Sostenible". GG – CSCAE Barcelona 2007. [ISBN 978-84-252-2155-2](#)
23. "Guía de la Edificación Sostenible: calidad energética y medioambiental en la edificación" IDAE, Institut Cerdá y Ministerio de Fomento. Madrid 1999. [ISBN 84-86850-91-6](#)

Sección 9. Referencias web

Los sitios web relacionados a continuación son los que se han visitado para la elaboración de estos apuntes:

Fabricantes de Materiales y productos

ÁRIDOS

<http://www.aridos.org/>
<http://www.aresur.com/>

PRODUCTOS CERÁMICOS

http://www.hispalyt.es/contSeccionWeb.asp?id_rep=3196
<http://www.malpesa.es/>
<http://www.ipc.org.es/home.html>
<http://www.spaintiles.info/>
<http://www.grupodiazredondo.com/home.php>
<http://www.ceracasa.com/>
<http://www.tabicesa.es/>
http://www.paredesdeladrillo.com/reportaje.asp?id_rep=14
http://ladrilloscemesa.blogspot.com.es/2007_05_01_archive.html
<http://www.bovedillas.com/>
<http://www.itec.es/nouBedec.e/bedec.aspx>
<http://www.ipc.org.es/home.html>
<http://www.sierragres.com/Catalogo-Sierrablock/cat-sierrablock.html>
<http://www.spaintiles.info/>
<http://www.icv.csic.es/>

PIEDRA

<http://www.fdp.es/>
<http://www.antolini.com/siti/antolini/home.php?lang=es>

CEMENTOS

<http://www.ieca.es/>
<http://www.cementosdeandalucia.org/>
<http://www.oficemen.com/>
<http://www.fundacioncema.org/>
<http://www.holcim.es/es/productos-y-servicios/>
<http://www.valderrivas.es/>
<http://www.recuperaresiduosencementeras.org/>
<http://www.holcim.es/es/productos-y-servicios/cemento/cementos-eco-eficientes.html>
<http://www.geocycle.es/>

MORTEROS

<http://www.afam-morteros.com/>

PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

http://www.andece.org/andece/index.php?option=com_content&view=featured&Itemid=101

CAL

<http://www.ancade.com/>

http://fical.org/index.php?option=com_content&view=article&id=46:caracteristicas-de-los-tipos-de-cal&catid=6:tipos-de-cal&Itemid=276/

<http://www.calcinor.com/saber.htm>

http://www.prtr-es.es/fondo-documental/documentos-de-mejores-tecnicas-disponibles_15498,10,2007.html

<http://www.ecohabitar.org/la-cal-pequena-guia-de-la-cal-en-la-construccion/>

<http://www.morterosdecal.com/calhidraulica.html>

YESOS

<http://www.eurogypsum.org/>

<http://www.atedy.es/principal.asp>

<http://www.pladur.com>

<http://www.algiss.es/>

<http://www.placo.es/>

<http://www.yetosa-yemasa.com/>

<http://www.perlitayvermiculita.com/>

<http://www.alhambradegranada.org/>

METALES

http://www.constructalia.com/espanol/construccion_sostenible

<http://www.aluminio.org/>

<http://www.cortizo.com/index.html#/interna>

<http://www.aluminio.biz/aluminio/el-aluminio-100-por-100-reciclable.html>

<http://www.alu-stock.es/index.html>

VIDRIO

<http://www.vitralba.com/vidrio-plano.html>

<http://www.reviglass.es/>

<http://www.icv.csic.es/>

TEXTILES

http://www.textilstecnicas.com/famil/arquitectura_textil.html

<http://www.aitex.es/es/noticias/noticias-aitex/824-nuevo-observatorio-tecnologico-textil.html>

<http://www.madeingreen.com/es/home.html>

<http://www.batspain.com/>

<http://www.iaso.es/iaso/es/arquitecturatextil/arquitecturatextil.php>

IMPERMEABILIZACIÓN

<http://www.icopal.es/sistemas-de-impermeabilizacion/catalogos/>

<http://www.nortena.es/>

<http://www.dow.com/iberica/es/>

AISLANTES

<http://www.andimat.es/>

<http://www.isover.es/>

<http://building.dow.com/europe/es/>

http://www.aillaments.info/aislante_de_lana/home.html
<http://www.foamglas.es/espanol/construccion/index.htm>
<http://www.polydros.es/polydros/>
<http://www.danosa.com/>
<http://www.aisleco.com/>
<http://www.aislacork.com/>
<http://www.internationalcellulose.com/>

PRODUCTOS RECICLADOS

<http://www.zicla.com/productos>

PAVIMENTOS

<http://www.grupocosentino.es/>
<http://www.nora.com/es/>
http://www.oeko-tex.com/OekoTex100_PUBLIC/index.asp?cls=05
http://www.armstrong.es/commflreu/es-es/flooring.asp/lin%C3%B2leo/_/N-1z141ut
<http://www.tarkett-commercial.com/es/>
<http://www.timbertech.com/>
<http://www.interfaceflor.es/web/es/sostenibilidad/dap>

TABIQUERIA

<http://www.pladur.com/es-es/Paginas/default.aspx>
<http://www.knauf.es/knauf/controller/controller.jsp?chld=16>
<http://www.faay.nl/en/>
<http://paperstoneproducts.com/>

GENERALES

<http://cepco.hispamat.com/>
<http://csostenible.net/>
<http://www.materia.nl/701.0.html>
<http://www.ecobuildproductsearch.co.uk/>
<http://www.cedexmateriales.vsf.es/view/default.aspx>
<http://www.atecos.es/>
<http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/>
<http://www.wbcds.org/>
http://www.istas.net/web/index.asp?idpagina=3459&nueva_fuente=3

Productos ecológicos

<http://www.biohaus.es/>
<http://www.biollar.com/>
<http://www.redverde.es/>
<http://www.ecohabitar.org/>
<http://www.cannabric.com/>
<http://www.ecoclay.es/>
<http://www.embarro.es/>
<http://www.modcell.com/>

Universidades, Fundaciones y asociaciones

<http://www.fundacionentorno.org/>

<http://www.holcimfoundation.org/>

<http://www.vidasostenible.org/>

<http://www.terra.org/>

<http://www.epe.be/>

<http://habitat.aq.upm.es/>

<http://www.breeam.es/>

Entidades públicas

NACIONES UNIDAS <http://www.un.org/spanish/>

PORTAL DE LA UNIÓN EUROPEA http://europa.eu/pol/env/index_es.htm

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE <http://www.eea.europa.eu/es>

EMAS http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm

ECOLABEL <http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>

INTEGRATED PRODUCT POLICY (IPP) <http://ec.europa.eu/environment/ipp/>

INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL (IPPC)

<http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/stationary/ippc/index.htm>

EUROPA – ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA <http://lct.jrc.ec.europa.eu/>

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE <http://www.magrama.es/es/>

IDAE <http://www.idae.es/>

CIEMAT <http://www.ciemat.es/>

IHOBE <http://www.ihobe.net/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=c5e31d77-0bba-401c-9b9a-f10a42dac57e>

Capítulo 7. Certificación de construcciones sostenibles

Este capítulo se encuentra en fase de elaboración

Capítulo 8. Urbanismo

La organización del territorio ha cambiado de forma muy importante en el último cuarto del siglo veinte y de manera acelerada en los años transcurridos del actual siglo XXI. La mayor parte de los instrumentos con los que contamos y de los que nos valemos (de planificación, de organización y de gestión) tratan de lo que “era” la ciudad tradicional y no de lo que “son” ahora las áreas urbanizadas.

A esta nueva forma de organizar el territorio y las áreas urbanas se une un fenómeno emergente que en muchos lugares y por muchas personas se conoce con el nombre de sostenibilidad. Ambos factores unidos hacen, como trataré de demostrar, que el foco del problema se haya desplazado de la ciudad tradicional a las nuevas áreas urbanas (no parece muy claro que a estos nuevos territorios se les pueda llamar ciudades) que plantean condicionantes, requisitos y problemas bastante distintos a los que estamos acostumbrados y que están creando una forma de vida que influye de forma acusada al resto del territorio.

Sección 1. Sostenibilidad en un mundo global

La construcción de los actuales territorios, tanto en las áreas de naturaleza protegida como de los centros de las ciudades tradicionales, ha constituido el quehacer de los dos pasados siglos. Sin embargo, este quehacer debería de cambiar en sus parámetros básicos porque la irrupción de un elemento nuevo, de una potencia espectacular los ha hecho cambiar.

Este elemento nuevo aparece en las zonas de interfase entre la ciudad tradicional y la naturaleza. Estas zonas de interfase que, en principio, eran relativamente pequeñas se han convertido, de facto, en las áreas de mayor superficie en muchos de nuestros municipios. Lo que se haga en ellas es vital para conseguir ciudades más eficientes. De hecho, la planificación tradicional se ve impotente para controlar estas inmensas áreas en las que el problema básico es el de la fragmentación. Pues bien, este nuevo territorio urbano del siglo XXI está induciendo cambios irreversibles tanto en las áreas de naturaleza como en la ciudad tradicional.

De forma que son muchos los temas relacionados entre sí lo que nos indica la necesidad de intentar una visión comprensiva de los mismos. La sociedad del siglo XXI, la sociedad global, obliga a realizar algunos ejercicios de análisis que superan las formas tradicionales de razonar en términos territoriales. Quizás haya tres que destacan sobre los demás. El análisis debería ser: holístico, complejo y no determinista.

Habría que advertir que el análisis que se va a intentar sólo es válido para áreas muy concretas del territorio europeo. El resto tardará todavía unos años en encontrarse en esta situación. Pero todavía estamos a tiempo en muchos sitios de actuar en forma adecuada. Para concretar voy a utilizar datos de la Comunidad de Madrid pero podrían servir igual para buena parte de los territorios europeos.

Por ejemplo, en la Comunidad de Madrid, entre los años 1993 y 2001 el crecimiento del VAB ha sido del 34,3%, el empleo entre 1993 y 2004 ha crecido un 51,7% y la población se ha incrementado casi un 20%. Pero este crecimiento lo ha sido exclusivamente en una dirección: el sector terciario. Entre 1993 y 2004 se han creado cerca de 680.000 empleos casi todos en servicios terciarios avanzados. Por ejemplo, la intermediación financiera y las actividades inmobiliarias y de alquiler han crecido un 116%. Algunas cifras de la variación del empleo pueden ser significativas. Entre los años 1993 y 2005 en el empleo en la construcción ha aumentado un 74,0%, en la industria un 5,1%, en actividades logísticas un 46,1%, en actividades comerciales un 38,8%, en empleo terciario para servicios a la producción un 116,1% y en servicios públicos a la comunidad un 22,7%.

Parece claro que la construcción es uno de los motores del desarrollo en la región (aunque no el único). De todas formas las enormes ganancias y el capital acumulado por las empresas constructoras les han llevado, de forma casi inmediata, a un proceso de diversificación basado en la intermediación y los servicios financieros. Además, al proceso de diversificación, deslocalización y ampliación de mercados (sobre todo en América Latina) se ha unido otro de descentralización física de las sedes empresariales en el área urbana. Y ya empezamos a entrar en el tema. Esto se ha hecho mediante una emigración masiva de las sedes empresariales a los cinturones de alta accesibilidad que se han multiplicado estos años. Por ejemplo, y continuando con el caso madrileño, entre 1997 y 2004 se concedieron 168.000 m² de licencias para oficinas en el área central, mientras que en las zonas situadas en torno a la m-30 m-40 y radiales se concedieron 206.912 m². Y fuera del municipio de Madrid, en el área urbana, en el mismo período se han consolidado actuaciones por un total de 2,3 millones de metros cuadrados.

Bien, la región urbana madrileña ha dado un salto realmente espectacular en los años inmediatamente anteriores a la actual crisis, avanzando a gran velocidad y poniéndose por delante de muchas de las regiones europeas, sobre todo si se mide en términos de crecimiento porcentual. Pero en su avance desahogado Madrid se ha dejado en el camino muchísimos desgarros, ha sufrido amputaciones, se ha roto, es como un ser vivo sangrante que ha sufrido experiencias traumáticas en muchas partes de su cuerpo. Y lo mismo ocurre, aunque la velocidad de consolidación haya sido diferente y el proceso haya comenzado antes, con la mayor parte de las ciudades europeas. De forma que los que nos dedicamos a organizar el territorio nos encontramos con la necesidad de recomponer, en la medida de lo posible, todo lo que se ha roto.

Los costes han sido altísimos. Costes en términos ambientales, costes sociales y costes financieros.

La huella ecológica

Vamos empezar por el principio. Es decir, por una cuestión que nos afecta a todos. En el año 1996, Rees y Wackernagel proponen el concepto de "huella ecológica" como "el área de territorio productivo o ecosistema acuático necesario para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico, donde sea que se encuentre este área". La introducción de este concepto, con todos los problemas, críticas, inconvenientes e inconveniencias que trajo consigo, significó sin embargo que ya contábamos con algún instrumento (todo lo tosco y rudimentario que se quiera) para cuantificar las relaciones entre territorio y consumo. Se trata justamente del negativo fotográfico de otro concepto muy usado en ecología y que se conoce con el nombre de capacidad de carga que suele definirse como la población máxima de una especie que puede sobrevivir en un territorio sin deteriorar los recursos de los que se nutre.

Mathis Wackernagel, Alejandro Callejas, Diana Deumling, María Antonieta Vázquez, Susana López y Jonathan Loh, en el año 2000 calcularon la huella ecológica de la totalidad del planeta atendiendo a siete

indicadores y los resultados fueron espectaculares: resultó que se utilizaban alrededor de 164 unidades de medida pero que la bio-capacidad del planeta era sólo de 125 millones, lo que significaba un exceso del 31%.

Esto no siempre ha sido así. En realidad el problema es bastante reciente. Los cálculos indican que en los años sesenta del pasado siglo (el XX) la actividad humana consumía el 70% de lo que el planeta era capaz de producir, pero ya a principios de los años ochenta se alcanzaba el 100%, y en estos momentos estamos por encima de nuestras posibilidades, es decir utilizando los ahorros obtenidos a lo largo de los siglos.

Según la edición 2006 del “Ecological Footprint and Biocapacity” del Global Footprint Network (datos de 2003), la huella ecológica de la Tierra es de 2,2 hectáreas globales por persona con un déficit ecológico de -0,5 hag/hab, lo que indica un sobreconsumo de planeta del 23% (una hectárea global es una hectárea con la capacidad mundial promedio de producir recursos y absorber desechos). Dependiendo de los diferentes sistemas de cálculo de la huella ecológica este porcentaje es variable pero todos los autores lo fijan en un mínimo de un 20%.

Con ser grave el problema habría que añadirle otro: esta excesiva explotación del medio no se hace de forma uniforme en la totalidad del planeta. Los Emiratos Árabes Unidos tienen el record con una huella ecológica de 11,9 hag/hab y un déficit ecológico de -11,0 hag/hab. Le sigue USA con 9,6 y -4,8 respectivamente. En el lado opuesto Afganistán tiene una huella de 0,1 y un superávit de +0,2. Sin embargo, otros países con mayor huella ecológica tienen balances más positivos. Así Gabón (1,4 y +17,8 respectivamente), o Congo (0,6 y +7,2).

En España es de 5,4 y la media de la Unión Europea de 4,8. Bien, si alguien quiere calcular su propia huella ecológica puede hacerlo en la siguiente dirección de internet:

<http://www.myfootprint.org/>

Existen, por tanto, dos problemas diferentes pero perfectamente interrelacionados: el primero se refiere a que hemos sobrepasado la capacidad de carga del planeta. Pero el segundo, cada vez más acuciante es que esta explotación excesiva se hace de unos terrícolas a costa de otros. Esto hace que la percepción de las urgencias haya cambiado notablemente desde el año 2000, orientándose probablemente en una dirección más social el concepto de sostenibilidad. Parece que estas dos cuestiones son las básicas que en estos momentos debe abordar la sostenibilidad aunque existen otros temas que frecuentemente se mezclan con éste, de forma intencionada o no, y que es preciso colocar en su sitio.

Expresiones que confunden

El primero de los temas que es conveniente deslindar es el de la “defensa del medio natural” que, a su vez engloba muchos otros subtipos como “lo verde”, “lo ecológico”, “lo natural”, etc. Por supuesto que la defensa del medio natural está muy relacionada con la sostenibilidad y muchos de sus objetivos son comunes. Sin embargo, el concepto no es el mismo y, por supuesto, sus objetivos finales, tampoco.

Supongamos que tenemos un arroyo que pasa por una ciudad hipotética (aunque la situación está sacada de un ejemplo real) y que nos lleva a un lugar de solaz y esparcimiento de la población llamado el Soto. El arroyo topográficamente va bastante encajonado y sus laderas suelen estar llenas de basura e inmundicias pero es el camino más corto para llegar al Soto. Al principio los habitantes tenían que dar un rodeo muy grande para llegar y la consecuencia era que iban sistemáticamente en coche. El Alcalde decidió entubar el arroyo y hacer encima un sendero peatonal de forma que ahora los ciudadanos y ciudadanas pueden ir andando al Soto. Este Alcalde aparentemente ha mejorado la sostenibilidad del planeta y puede estar

orgullosos de ello. Pero los grupos ecologistas que, tradicionalmente, se encargan de la defensa de este medio natural se quejan amargamente. El Alcalde ha eliminado el arroyo, la vegetación de ribera, la flora, la fauna,... Desde su punto de vista ha ocurrido un desastre ecológico. Es un ejemplo bastante claro de que, a veces, los objetivos no son los mismos.

Otra de las cuestiones colaterales es la del “ambiente”. Muchas veces también decimos “medio ambiente” pero deberíamos disciplinarnos para hablar sólo del “medio” o del “ambiente”, aunque probablemente la situación lingüística sea ya irreversible. Al hablar del “ambiente” nos referimos a temas como la calidad del aire, del agua, el ruido, el soleamiento, el color de los pavimentos, o la cantidad de zonas verdes o espacios libres por habitante.

Y aquí sí que, en una buena parte de los casos (en los países desarrollados, claro) existe una confrontación directa entre los objetivos ambientales y los sostenibles. Veamos otro ejemplo para tratar de entenderlo.

Todos queremos que el río de nuestra ciudad discurra puro y cristalino. Cuando esto no sucede y, en realidad, es una mezcla pútrida de fecales, detergentes, metales, etc., la población decide hacer un tremendo esfuerzo y construye una sofisticada depuradora. Después de un cierto tiempo de funcionamiento parece que, al fin, vuelve a haber peces en el río. Sin embargo, esta solución choca directamente con la sostenibilidad. Consumo de energía para construir y mantener la depuradora, introducción de un orden artificial impuesto al de la naturaleza, etc., todo ello significa en realidad lo siguiente: la ciudad consume más de lo que le corresponde en detrimento de la huella ecológica de Senegal y luego, vuelve a consumir más para construir la depuradora apoderándose en este caso de parte de la huella ecológica de Gabón. Es como en el caso de los banquetes romanos, cuando ya no podían comer más porque materialmente nos les cabía en el estómago, vaciaban el estómago y seguían comiendo.

Probablemente una solución sostenible y a la vez ambiental sería conseguir que esos ciudadanos consumieran menos para que contaminaran menos y el río pudiera auto regenerarse. Somos conscientes de que las concentraciones humanas muchas veces lo impiden pero esta debería ser la tendencia. El esfuerzo debería estar en rebajar el consumo y a lo mejor podría ser bueno que el ciudadano visualizara en una cloaca el resultado de su consumo.

¿Qué se puede hacer?

Así planteado el problema de la sostenibilidad, las políticas que pretenden atajarlo sólo pueden incidir en tres factores: disminuyendo la población total del planeta (mediante controles de natalidad, guerras, enfermedades o hambrunas), inventando (nuevas energías, sistemas no contaminantes, aumentando el rendimiento del sistema) o tratando de ralentizar el consumo disminuyendo las necesidades.

Respecto al primero, es decir a la disminución de la población total del planeta probablemente haya poco que decir. O somos muy cínicos (que lo somos) o pensar que el reparto masivo de condones y píldoras anticonceptivas en el Tercer Mundo es la solución, realmente no se sostiene. Habría que decirles a los benefactores de este tipo de reparto que aparentemente es mucho más efectivo aumentar el nivel de desarrollo, puesto que hay una cierta correlación entre éste último y las tasas de natalidad. Probablemente el problema se solucionaría por sí solo si el Tercer Mundo se convirtiera en Primer Mundo. En ese mismo momento, y de forma mágica, las tasas de natalidad bajarían de forma automática.

El segundo conjunto de políticas son aquellas que se refieren a la invención. Obtención de nuevas fuentes de energía, utilización de energías alternativas, etc. Hay un problema aquí que no se suele mencionar frecuentemente y es el de los materiales. Quien esté interesado puede leer el libro dirigido por Naredo y

Valero titulado “Desarrollo económico y deterioro ecológico” que trata la cuestión de forma magistral. Eso en las entradas, porque en lo relativo a las salidas los problemas también son igualmente importantes, ¿qué se hace con los desechos? ¿y con la contaminación?

Y dentro de la invención, aquellas otras más técnicas y directamente relacionadas con los arquitectos y con los urbanistas. Me refiero a la necesidad de mejorar el rendimiento de nuestros edificios y de nuestras ciudades. O como a mí me gusta más: aumentar su racionalidad.

Aún con todo ello, probablemente será imprescindible cambiar los patrones de comportamiento para disminuir el consumo. El problema es que si conseguimos mejoras en la eficiencia de forma que los pluses generados con dichas mejoras se destinen a aumentar los ya altos niveles de desarrollo de los más favorecidos, tanto países como clases sociales, no se habrá conseguido avance alguno y en el peor de los casos se producirá un retroceso. Desde el punto de vista de la sostenibilidad no tendría ningún sentido que nuestros territorios y ciudades funcionaran más eficazmente o nuestra agricultura fuera más productiva si estos diferenciales se utilizaran para mejorar los niveles de confort de los que los tienen más altos, o para aumentar las distancias entre clases sociales o entre países.

La aplicación de estas mejoras a intentar disminuir las distancias entre clases o entre países (así como eliminar la marginación de determinados grupos o como modificar de-terminadas tendencias sociales que se han revelado perversas) deberían de ser objetivo político prioritario.

Desafortunadamente escasean este tipo de iniciativas en la mayor parte de los programas políticos, prueba inequívoca de una sociedad acomodada que no las reclama probablemente por miedo a perder las cotas de confort alcanzadas. El problema es que, desde los años ochenta del pasado siglo el planeta no es suficiente para todos y, dado que no se puede sacar más del llamado Tercer Mundo las clases más acomodadas han puesto en su punto de mira las burguesías menos acomodadas de sus propias sociedades. Se ha empezado así a desmontar el llamado Estado del Bienestar porque lo cierto es que no puede haber Estado de Bienestar para todos si los que están por encima pretenden mantener sus actuales tasas de desarrollo.

Bien, ahora que nos hemos puesto de acuerdo respecto a algunas cuestiones de vocabulario va siendo hora de que revisemos qué pasa con nuestros territorios.

Sección 2. La ciudad fragmentada

Para poder analizar racionalmente el tema probablemente sería adecuado remontarnos a los ritos fundacionales de la ciudad. Y de todos ellos, uno que presenta un especial interés: la apertura del surcus primigenius. El rito lo describe Rykwert de forma extraordinaria. Dice refiriéndose a este surco inicial en la fundación de Roma:

“Lo trazaba el fundador sirviéndose de un arado de bronce al que, según Catón, que a su vez depende de Servio, se uncían una novilla y un toro blancos, el toro por la parte de fuera y la novilla por el lado de dentro del surco. De creer los diversos relatos del camino seguido por Rómulo, la procesión habría avanzado en sentido contrario a las agujas del reloj empezando desde el extremo suroccidental del solar. El fundador se reuniría con su comitiva en el lugar convenido llevando el arado oblicuamente de forma que toda la tierra cayera de la parte de dentro del surco... si algo de tierra caía fuera los de la comitiva la echaban dentro del límite de la ciudad. Al llegar a los puntos en los que se abrirían las puertas del recinto levantaba el arado de la tierra y lo llevaba así levantado hasta sobrepasar el ancho de la puerta. Los muros que seguían la línea

trazada en el terreno por el arado del fundador se consideraban sagrados, mientras que las puertas estaban sujetas a la jurisdicción civil”.

Podríamos extraer incontables enseñanzas de este párrafo. Sin embargo ahora simplemente nos centraremos en el hecho del establecimiento de un límite. Un límite que separaba una parte del territorio de otro. La importancia de este límite era manifiesta, simplemente por la solemnidad y el ritual con el que se desarrollaba el acto. Lo que iba a quedar encerrado dentro de esos límites era territorio humano, era ciudad. Fuera estaba la naturaleza incontrolada, el miedo, la barbarie. El territorio se limitaba (la ceremonia se llamaba limitatio) para poder controlarlo, para poder establecer un orden distinto al orden exterior. Esta es la esencia de la urbanización. Sin embargo la ciudad no se podía encerrar, encapsular de forma completa, necesitaba sistemas de comunicación con el exterior ya que para poder mantener su orden urbano necesitaba del orden de la naturaleza. Por eso estaban las puertas. Y por eso Rómulo levantaba cuidadosamente el arado cuando fijaba el límite de la ciudad.

Por supuesto que ninguna ciudad es autosuficiente. El mantenimiento del orden urbano requiere recursos que no se pueden encontrar en los límites de las murallas. Pero ello no quiere decir que la ciudad no sea sostenible. Prueba evidente de que la ciudad así planteada era sostenible es que se sostuvo hasta hoy. Y no solamente se sostuvo, tuvo un éxito bastante importante. Para poder sostenerse contaba con el resto del territorio de forma que se estableció una relación ciudad-territorio que funcionaba bastante bien.

Pero antes de existir como tal fueron necesarios muchos pasos que incluían la creación de sistemas y estructuras intermedios. Uno fue la ganadería. Otro la agricultura. La agricultura también introducía un orden distinto en el territorio. Pero era un orden de diferente intensidad al orden urbano. Durante muchos siglos estos tres órdenes caminaron juntos y bastante bien avenidos. En la Edad Media encontramos ciudades igualmente amuralladas o cercadas (¿para qué una cerca sino era capaz de defender a la ciudad de los ataques? ¿acaso por qué seguía significando lo mismo, un límite?), luego los campos cultivados y, por último, la naturaleza.

Este orden se ha mantenido en un complicado equilibrio hasta el momento actual. Se podría entender la naturaleza como el orden más estricto posible compatible con la energía que recibe la Tierra. Y las ciudades como el establecimiento de un orden distinto, creándose un subsistema dentro del peculiar sistema Tierra.

Un subsistema de entropía más baja que el sistema naturaleza. Es decir es un subsistema en el cual el orden estadístico es mayor. Y en medio está el orden agrícola y la utilización forestal y ganadera del territorio.

Para mantener el orden urbano sólo hay dos soluciones: o bien conseguimos aportes adicionales de energía, o bien utilizamos parte de la energía que se utiliza en conseguir el “orden de la naturaleza”. La segunda que es lo que en la literatura ecológica se conoce como “ceder entropía positiva al medio”. Por ejemplo dice Bettini (independientemente de la mezcla de conceptos que se produce en el párrafo): “un sistema abierto (una ciudad) puede por lo tanto mantenerse en un estado ordenado cediendo entropía positiva al medio ambiente circundante (es decir, desordenándolo) en forma de calor y de sustancias químicas degradadas, al tiempo que captura entropía negativa”. Algo parecido sucedía con el llamado “campo”, aunque con menor intensidad.

Como consecuencia se fueron consolidando dos modos de vida que han caracterizado nuestro territorio durante muchos años (en los lugares más desarrollados del planeta aproximadamente hasta mediados del siglo pasado): el modo de vida urbano por una parte, y el modo de vida rural, por otra, que servía de amortiguador entre la naturaleza y la ciudad. El urbanita casi siempre ha considerado al campesino de una forma idílica como el buen salvaje, que tenía una cierta relación con ese Paraíso de la Naturaleza que

perdió al recluirse en la ciudad. Es lo que sucedía al principio: la sociedad rural (a pesar de todo) como sociedad de solidaridad, y al sociedad urbana como sociedad alienada.

Para que esta sociedad de solidaridad funcionara era imprescindible que se dieran, entre otras, dos condiciones: la primera, que tuviera un tamaño adecuado para que la mayoría de sus miembros se pudieran conocer; y la segunda, que fuera una sociedad “completa” en la mayor medida posible. Es decir, que la mayor parte de las actividades pudieran realizarse en el círculo cerrado de la aldea, con incursiones esporádicas a centros de mayor nivel.

Tenemos, por tanto, en este momento evolutivo, un territorio rural caracterizado por pequeños asentamientos en el que los aldeanos realizaban la mayor parte de sus actividades con incursiones esporádicas a “la ciudad”, y con un modo de vida en el que el reloj era un objeto casi inservible y donde el tiempo discurría con ritmos distintos a los urbanos.

Todo el territorio para la ciudad

Una de las carencias más significativas de la ciudad ha sido, evidentemente, el contacto con la naturaleza.

Este problema se ha concretado específicamente en una de las formas que se han inventado los urbanistas para construir la ciudad. Me estoy refiriendo al movimiento de las “ciudades jardín”. Esta orientación, suficientemente conocida y utilizada hasta la actualidad por muchos urbanistas, presenta algunas características peculiares: Las bajas densidades, la descentralización, y (aunque no tan específica de este movimiento) la separación de funciones. Es decir, la zonificación. Estas tendencias, originadas en el último cuarto del siglo XIX y comienzos del XX, llevadas al límite y deformadas convenientemente con las posibilidades producidas por la movilidad proporcionada por el automóvil privado han dado lugar a lo que muchos autores llaman “ciudad difusa”, “ciudad a trozos” o, simplemente “anticiudad”. A mí me parece que la expresión adecuada sería el de ciudad fragmentada.

Hasta ahora, las ciudades se habían limitado a ocupar espacios más o menos concentrados y, más allá de los últimos bloques o de los más lejanos suburbios, se extendía aquello que genéricamente era “el campo”.

En esta nueva y perversa modalidad, la ciudad tiende a ocuparlo todo apoyándose en las infraestructuras y basando su supervivencia en la movilidad originada por el automóvil.

Esto empieza a suceder de forma significativa con importantes implicaciones sobre el territorio a partir de la Segunda Guerra Mundial.

Se percibe la tendencia a vivir en pequeñas comunidades residenciales, separadas unas de otras, todas habitadas por personas de parecidas categoría económica y social, que van a trabajar a los grandes centros especializados o al interior de la ciudad tradicional, compran los fines de semana en grandes hipermercados donde, además, ya pueden ir al cine, bailar o cenar en un restaurante más o menos caro. La ciudad se va haciendo así a trozos, ocupando áreas de campo, y dejando espacios libres entre estos trozos. Pero esta progresiva rotura de la ciudad en partes pequeñas no da lugar a espacios de solidaridad como eran las antiguas aldeas, porque en cada trozo no se integran todas las funciones vitales sino al contrario, la separación se hace cada vez mayor: entre funciones, entre clases sociales, incluso entre espacios.

Este planteamiento no está todavía consolidado, pero se advierte claramente una mayor fragmentación social, mucho más dura e impermeable que lo hasta ahora conocido, con la población ocupando pequeñas

islas de territorio, defendidas en algunos casos incluso por cuerpos de seguridad propios, y con un desconocimiento y, en gran medida, desprecio, por todo aquello que no les afecte directamente.

Como apoyo a lo afirmado en el párrafo anterior se suministran algunos datos sociales extraídos de una encuesta realizada en la zona de la nacional VI a la salida de Madrid (que puede considerarse uno de los paradigmas de la ciudad fragmentada): el 72% de las relaciones personales se establecen entre habitantes del mismo fragmento. El 28% restante, a través del trabajo y otros lugares. Los espacios de relación personal eran: los propios de la urbanización, los del trabajo, y en algunos casos puntuales hipermercados, gimnasios, boleras o discotecas. Esto significa la práctica eliminación de contactos entre “desiguales”. Una parte importante de los nuevos espacios de relación entre desiguales se encuentren en ámbitos no físicos (Internet, móviles, etc.) y habría que analizar como afecta esta nueva tendencia al diseño y disposición de los espacios públicos tradicionales.

La cuestión de la movilidad es otro de los problemas más obvios. Quizás se pueda entender mejor si se habla, por ejemplo, del transporte. Está más que comprobada la imposibilidad de mantener un transporte público rentable con las bajas densidades de las modernas periferias. Esto también pasa, claro, con una biblioteca. O una escuela (a menos que se haga recorrer a los niños largas distancias en autobuses).

En cualquier caso, aunque fuera posible para una sociedad, una ciudad o un país determinados, el planeta no lo puede soportar. También en este caso puedo aportar algunos datos de un muestreo realizado con cuatro tejidos distintos en los que se buscaban 19 equipamientos y servicios esenciales. Para ello se determinaron ámbitos con un radio de 500 metros en las distintas muestras de los cuatro tejidos distintos.

Los resultados fueron espectaculares. En el tejido de la ciudad compacta tradicional se encontraron, como media de las diferentes muestras, 620 equipamientos y servicios mientras que en la Ciudad Jardín de la interfase fragmentada no llegaban a 60 y eso contando siempre con tejidos construidos continuos. Entre los 620 estaban todos los necesarios para vivir en un radio de 500 metros, es decir, al alcance de un paseo a pie. Para encontrar el mismo número en el tejido de Ciudad Jardín hay que dibujar un radio de 1,7 kilómetros. De una distancia máxima de 1 kilómetro se ha pasado a 3,5. Pero es que además el tipo de equipamiento y servicios que en el tejido de ciudad compacta tradicional estaba muy disperso entre los 19 equipamientos buscados, en el de la Ciudad Jardín estaba muy concentrado en sólo 3 o 5 tipos de los cuales, eso sí, había muchos.

La consecuencia es que la organización del territorio urbanizado de la interfase es muy poco eficiente. Lo es socialmente, debido a la segregación espacial producida y a la falta de movilidad social. Lo es desde el punto de vista del transporte de mercancías y de personas, con una altísima tasa de generación de viajes, la imposibilidad de trasladarse a pie o en bicicleta para realizar la mayor parte de las actividades, o la nula rentabilidad del transporte público en la periferia fragmentada que hace imposible su mantenimiento sin subvenciones públicas. Y también la disminución en la calidad de vida de los habitantes al invertir una parte importante de su tiempo en los traslados.

Mientras tanto, ¿qué ha pasado con nuestras aldeas? Por supuesto, estos rápidos cambios han afectado también a la vida de las aldeas. Por una parte ha llegado la mecanización. Incluso determinadas labores que requieren aparatos muy especializados y costosos, como la cosecha o el rociado de insecticidas mediante avionetas, las empiezan a realizar empresas que contratan los propios interesados para esas labores específicas, con lo que el agricultor, cada vez más se convierte en un empresario. Así que el concepto tradicional de aldea también se va deshaciendo y, los pueblos se van pareciendo cada vez más a las islas urbanas que comentábamos al ver la evolución que se estaba produciendo en las ciudades.

De forma que la ciudad y la aldea la irse aproximando, se van pareciendo más y más. El proceso no es el mismo que hace un siglo. Entonces, la ciudad al crecer de forma compacta absorbía las aldeas, rehaciéndolas e integrándolas en la trama urbana. Ahora, normalmente la ciudad llega a ese campo rota en decenas de esquilas urbanas mimetizadas por las aldeas en su crecimiento de manera que las modas, las construcciones arquitectónicas o las formas urbanas son similares. Es decir, que la aldea se convierte en una esquila más de la ciudad aunque sus habitantes se dediquen a la agricultura o a la ganadería.

Si nos fijamos en la relación de la urbanización con el territorio veremos que las antiguas ciudades (las ciudades tradicionales) aparecían como una especie de quistes en el territorio. Claramente separadas del campo mediante murallas, cercas o fosos, constituían una especie de anomalía, a diferencia del mundo rural mucho más integrado en la naturaleza. Sin embargo, desde mediados del siglo XIX se empiezan a tirar sistemáticamente las murallas, desaparecen las cercas y se rellenan los fosos. Un siglo después, la irrupción del automóvil permite la extensión casi ilimitada de la urbanización y la ciudad se desparrama literalmente sobre el territorio de forma centrífuga haciendo suyas las aldeas, los cultivos, los vertederos, las granjas porcinas y avícolas, las áreas naturales, los establos... De forma que ha sido necesario enquistar las escasas áreas poco antropizadas que quedan.

En el momento actual la situación se ha invertido y ya es todo suelo urbano o urbanizable (hasta legalmente) excepto el reservado. Incluso a estos quistes de naturaleza en medio de un territorio urbano o pendiente de ser urbanizado tenemos que vallarlos y dotarlos de sistemas de seguridad para que los urbanitas no los hagan suyos.

Pero ¿qué ha pasado con las relaciones entrópicas entre urbanización y naturaleza? Está claro que el orden digamos de “la naturaleza” ha ido perdiendo territorio a favor del “orden urbano”. De todas formas este crecimiento no se puede producir de forma ilimitada. En algún sitio el “orden urbano” tiene que volcar la entropía que le sobra. Hasta ahora el “orden natural” la ha ido absorbiendo como ha podido y la ciudad ha tenido que ir captando sus recursos y cediendo sus desechos cada vez más lejos.

Parece evidente como he tratado de demostrar, que estamos llegando a un límite en el cual no existe ya suficiente territorio que sea capaz de absorber la entropía generada por el orden urbano (estamos hablando en términos de entropía, o lo que es lo mismo: consumo de energía, de suelo, de materiales, contaminación, etc.) Esto no quiere decir que el orden urbano vaya a entrar en colapso, ni mucho menos.

Lo único que quiere decir es que el orden urbano de París o de Nueva York será cada día más perfecto mientras que el de las ciudades africanas y parte de las de América latina o de Asia simplemente no podrá funcionar. El problema es, simplemente, un problema de justicia.

Veamos que sucede con la llamada “naturaleza”.

La naturaleza confinada

Hasta ahora hemos invertido mucho tiempo analizando la zona de interfase porque esta zona es, de hecho, la parte más importante del área urbana de las grandes ciudades. Pero esta forma de ordenar el territorio va a tener una incidencia muy importante en la organización de los otros dos: la ciudad tradicional y las áreas de naturaleza. Naturaleza con comillas claro, porque ya en los años 70 del pasado siglo XX el ecólogo español Margalef afirmaba que en España sólo quedaban unas 100 hectáreas de terreno natural en Isaba (Navarra). Hoy no queda ni una sola hectárea. A pesar de todo el territorio español es el tercero del mundo en espacios declarados reserva de la biosfera con 27 (después de Estados Unidos que cuenta con 47 y Rusia con 34). En el caso de la Comunidad de Madrid que estamos tomando como ejemplo cuenta (lo mismo que

sucede con muchas otras comunidades españolas), por supuesto, con muchas hectáreas de espacios protegidos pero todavía no se ha planteado el establecimiento de una red ecológica que permita su funcionamiento conjunto.

Son dos los elementos básicos a los que deberían responder estas áreas poco antropizadas. El primero tendría que ver con su dimensión mínima. Determinados ecosistemas necesitan unas dimensiones que permitan el establecimiento de las relaciones necesarias entre sus elementos. En algunos casos, si no las tienen, se puede forzar su funcionamiento para que subsistan de forma más o menos precaria. Pero su funcionamiento deja de ser natural y se convierte en pseudonatural. Una especie de imitación o parque temático de la naturaleza. De manera general su estado nos lo marca el grado de fragmentación del territorio y su evolución.

Para averiguar el grado de fragmentación del territorio en el ejemplo madrileño que estamos siguiendo, hace unos años aplicamos la metodología de Kevin McGarigal y Barbara Marks para intervalo temporal entre el segundo y el tercer inventario forestal (1993 y 2003). A grandes rasgos se puede ver que el número de fragmentos de suelo libre aumenta casi en un cincuenta por ciento: de 791 a 1137 teselas. Además, la gran diferencia que existe entre la media y la mediana de la distribución indica que la superficie de la Comunidad de Madrid se compone de un pequeño número de fragmentos de gran extensión y un gran número de fragmentos de pequeña extensión. La variedad de su tamaño disminuye y esto dificulta la coexistencia en el territorio de fauna con diferentes necesidades en cuanto a extensión mínima de hábitat.

La densidad de bordes se incrementa en casi 1,5 metros por Ha., haciendo las teselas de territorio más vulnerables a la influencia de núcleos urbanos, carreteras o ferrocarriles. Por el contrario, disminuye el perímetro medio por fragmento: no debido a una disminución de bordes totales sino al gran aumento del número de teselas. Todo ello implica un deterioro evidente, en el periodo de diez años considerado.

El segundo de los elementos sería la posibilidad del funcionamiento conjunto de estas áreas de naturaleza.

En otro trabajo también realizado por nuestro grupo de investigación tratamos de dar respuesta a esta pregunta que no es otra que la viabilidad de establecer una red ecológica con los espacios preservados. Los espacios que deberían conformar la red ecológica de la Comunidad de Madrid (y que fueron los que, efectivamente se consideraron) serían los que se relacionan a continuación.

- En primer lugar aquellos sin variación apreciable en los dos períodos temporales considerados:
- Parques naturales
- Montes protegidos
- Cauces de ríos y arroyos (que podrían ejercer una doble función)
- Vías pecuarias (también podrían ejercer una doble función)
- Y luego los preservados por el planeamiento que sí han sufrido variaciones apreciables:
- Suelo no urbanizable protegido en 1996
- Suelo no urbanizable protegido en 2006
- La segunda labor consistió en situar las barreras que impedían la consolidación o formación de la red. Esto se hizo a partir de los siguientes elementos:
- Carreteras radiales y nacionales en 1996 y en 2006
- Anillos de circunvalación con la consideración de autovías en 1996 y 2006
- Carreteras de peaje en 1996 y 2006
- Trazado de las líneas de ferrocarril de alta velocidad en 1996 y 2006
- Trazado de las líneas de ferrocarril de largo recorrido en 1996 y 2006
- Suelo urbano o urbanizable (justamente el negativo del no urbanizable protegido) en 1996 y 2006.

Fue necesario buscar, delimitar, georreferenciar y, en su caso interpretar, todos estos espacios y elementos volcando la información en un SIG para su posterior tratamiento.

La fragmentación del territorio de la Comunidad de Madrid producida en los últimos diez años no sólo por las áreas urbanas sino, sobre todo, por los canales de infraestructuras de comunicaciones, hace inviable la unión entre sí (mediante conectores suficientemente potentes) de sus más importantes espacios naturales protegidos. La única solución para que estos espacios no se conviertan en relictos cada vez más aislados es el establecimiento de redes ecológicas de menor entidad que aumenten las posibilidades de funcionamiento conjunto de estas áreas. También parece imprescindible la colaboración con otras comunidades limítrofes ya que fuera de los límites administrativos de la comunidad madrileña podrían todavía encontrarse conectores de potencia suficiente.

La naturaleza en estas grandes áreas urbanas aparece por tanto confinada por las grandes infraestructuras y dividida cada vez en fragmentos más pequeños que imposibilitan su funcionamiento como verdadera naturaleza convirtiéndose en muchos casos en un verdadero parque temático de la naturaleza, un remedo que, de ninguna forma puede cumplir el papel que tiene asignado que no es otro que actuar absorbiendo la entropía que las áreas antrópicas generan para poder funcionar como ciudades.

Espacio público tradicional

Ahora vamos a volcar nuestra mirada a la tercera de las zonas: la ciudad tradicional. Para entender lo que realmente sucede vamos a partir del análisis de Bauman (un sociólogo) sobre los cambios en los modos de vida.

La sociedad del siglo XXI

El objetivo de la modernidad era la emancipación, la libertad individual, el despegue de una sociedad controladora, totalitaria, uniformadora, homogeneizante. Asignar a sus miembros el rol de individuos es la marca de clase de la sociedad moderna. En pocas palabras “la individualización consiste en transformar la “identidad” humana de algo “dado” en una “tarea”, y en hacer responsables a los actores de la realización de esta tarea y de las consecuencias (así como de los efectos colaterales) de su desempeño. En otros términos, consiste en establecer una autonomía “de iure” (haya o no haya sido establecida una autonomía “de facto”).

La sociedad moderna temprana desarraigaba para luego poder arraigar. Mientras que el desarraigo era el destino socialmente aprobado, el arraigo era impuesto al individuo como una tarea. La diferencia es que ahora no existen esas anclas donde arraigar ya que se desvanecen en el momento en que comienza el proceso. Es como el juego de las sillas con los individuos en permanente movimiento sin poder completar jamás su estado. No hay forma de escapar ya que, antes como ahora, la individualización es un destino, no una elección. Además, la autocontención y la autosuficiencia son también una ilusión. Si los individuos se enferman es que no han sido suficientemente voluntariosos en su programa de salud, si no consiguen trabajo es porque no han sabido aprender las técnicas para pasar las entrevistas con éxito, o porque les ha faltado resolución o porque son, lisa y llanamente, vagos. El significado de todo esto no es más que se va ensanchando progresivamente la brecha entre la individualidad como algo predestinado y la individualidad como capacidad práctica y realista de autoafirmarse.

Resulta así que el ciudadano (individuo que busca su bienestar a través del de su ciudad) se enfrenta al individuo, cuyo proyecto no es el proyecto común ya que los problemas más comunes de los individuos-

por-destino no son aditivos, no se pueden sumar. De forma que la otra cara de la individualización es la corrosión y la desintegración lenta del concepto de ciudadanía.

“Si el individuo es el enemigo número uno del ciudadano, y si la individualización pone en aprietos la idea de ciudadanía y la política basada en ese principio, es porque las preocupaciones de los individuos en tanto tales colman hasta el borde el espacio público cuando éstos aducen ser los únicos ocupantes legítimos y expulsan a codazos del discurso público todo lo demás. Lo “público” se encuentra colonizado por “lo privado”. El interés público se limita a la curiosidad por la vida privada de las figuras públicas, y el arte de la vida pública queda reducido a la exhibición pública de asuntos privados y a confesiones públicas de sentimientos privados (cuanto más íntimos, mejor). Los “temas públicos” que se resisten a esta reducción se transforman en algo incomprensible”.

En estas condiciones ya no se busca en la escena pública ni causas comunes ni modos de negociar el bien común, sino la posibilidad de “interconectarse”. Compartir intimidades para ver si el otro ha sido capaz de hacerlo y como lo ha hecho (igual la receta me puede valer a mí). Pero el sistema, como dice Richard Sennett, sólo da lugar a comunidades frágiles y efímeras que cambian de objetivo sin dirección, a la deriva en la búsqueda infructuosa de un puerto seguro. La cultura del blog, los reality shows, son muestras inequívocas de la situación.

El abismo que se abre entre el derecho a la autoafirmación y la capacidad de controlar los mecanismos sociales que la hacen viable o inviable parece alzarse como la mayor contradicción de la modernidad más actual. El poder público ha perdido buena parte de su capacidad de oprimir, pero también de posibilitar. En el momento actual, la posibilidad de verdadera liberación demanda más, y no menos, “esfera pública” y “poder público”. Ahora es la esfera pública la que necesita ser defendida contra la invasión de lo privado, paradójicamente, para posibilitar la libertad individual.

La obsesión por la seguridad

En estas condiciones el problema básico del individuo que vive en la ciudad es la seguridad. La seguridad tradicional se basaba en la civilidad cuya esencia era la posibilidad de interactuar con extraños sin presionarlos para que dejaran de serlo. El problema es que esta civilidad está regida por normas colectivas.

Ya hemos visto lo que ha sucedido con este tipo de normas en estos tiempos: han sido barridas por las pretendidas libertades individuales. Por tanto, ¿para qué aprenderlas? Según Zukin, en estas condiciones, ya nadie sabe hablar con nadie. Entonces, si no es posible dejar de tropezar con extraños, la única solución es evitar tratar con ellos. Para ello nos ocultamos en “núcleos seguros”, como veremos más adelante, frecuentemente étnicos, en los que todos son iguales y no hay posibilidad de confrontación. Es lo que vengo llamando desde hace un par de años las relaciones entre iguales.

La constatación de la ausencia de educación cívica invalida todo el andamiaje en el que se basó tradicionalmente el funcionamiento de los espacios públicos. De forma que se han inventado otro tipo de lugares que permiten estar con mucha gente pero sin necesidad de tratar con nadie. Bauman describe cuatro: émicos, fágicos, no-lugares y espacios vacíos. Ahora no es el momento de describirlos porque pienso además, que “a priori”, no parecen demasiado interesantes (mi tesis es que resulta imprescindible su “reconversión”, no volviendo a los espacios públicos tradicionales sino dando un paso más adelante, y consiguiendo su “activación”).

El problema, como señala Davis, es “la heterogeneidad de la multitud” enfrentada al sueño de la “igualdad de mentalidades”. Esta característica de la multitud (su heterogeneidad) la solucionan las nuevas

pseudociudades seguras, léase por ejemplo los centros comerciales, mediante barreras arquitectónicas, semióticas y policiales que filtran a “los indeseables” y luego “encierran a las masas restantes y controlan sus movimientos con una ferocidad conductista. La multitud es atraída por todo tipo de estímulos visuales, es atontada con Muzak e incluso a veces, perfumada con aromatizadores invisibles” (claro, hacer esto en las calles es más complicado).

Esta obsesión por la seguridad (que procede de las áreas de la interfase periférica) está cambiando de forma radical el funcionamiento de los centros tradicionales que empiezan a imitar en la medida de lo posible la forma de vida de esta interfase. Así que se empiezan a producir fenómenos de segregación social, “gentrificación”, “ghetificación”, en definitiva, reducciones muy importantes en la complejidad de las áreas tradicionales. Pero no sólo segregación social y espacial, sino también todas las “modas” que corresponden a una forma de vida que viene de la idea de la “ciudad jardín”. Por ejemplo, la utilización del automóvil privado. Lo que voy a decir puede parecer chocante a primera vista pero si lo analizan un poco verán que es así. Los habitantes de determinados barrios de la ciudad tradicional exigen la expulsión de los coches no residentes para poder utilizar los suyos de la misma forma que lo hacen los habitantes de la interfase periférica reduciendo de esta forma la complejidad inherente a este tipo de áreas. No se busca vivir en el centro con las ventajas y desventajas del centro. Se busca vivir en el centro con las ventajas del centro y de la periferia.

Esta reconversión de la ciudad tradicional da lugar en aras de la seguridad da lugar a procesos que, en general, significan sencillamente la eliminación de esta ciudad y este tipo de vida. Según Davis, esta situación implica, a su vez, tres procesos casi simultáneos. El primero es la segregación y “amurallamiento” de las zonas ricas, tanto residenciales como de negocios o comerciales, a base de barreras físicas, cuerpos de seguridad propios y trabas administrativas y policiales. El segundo es el aislamiento y contención de las zonas pobres y marginales de la ciudad mediante sistemas parecidos. Y el tercero es la transformación arquitectónica de los edificios en artefactos blindados. Lo estudió ya hace más de veinte años en la ciudad que va por delante en todo siempre, la ciudad de Los Ángeles.

Y esto se suele hacer, además, con excelentes ganancias par los promotores. El proceso, desde el punto de vista del promotor, es el siguiente: se deja degradar un barrio (cuanto más se degrade mejor, más bajan los precios), se compran una buena parte de los inmuebles a precios de saldo, entonces se presentan como los salvadores del barrio y anuncian un proceso de rehabilitación. El proceso de rehabilitación consiste en hacer viviendas de lujo con lo que, naturalmente, los marginales o los viejecitos que pagaban una renta ínfima tienen que irse porque, sencillamente, los gastos de comunidad no los pueden asumir. Eliminada la marginalidad y los desechos los precios suben por las nubes y ya tenemos un barrio “gentrificado”. A la operación le llaman rehabilitación o regeneración urbana y todos (o casi todos) tan contentos.

Si conseguimos que nuestras manzanas estén volcadas al interior de un patio comunitario donde nos relacionemos sólo “entre iguales”, a las calles, las plazas y los jardines exteriores les quedará exclusivamente su función de tránsito (aunque, a veces, no le queda ni ésta).

Los intercambios entre desiguales

En estas condiciones, ¿dónde se producen los intercambios entre desiguales (si es que se producen)? Llevamos varios años intentando buscarlos en la llamada ciudad digital, o en los espacios privatizados. Los espacios privatizados que, en principio, están pensados como lugares de interacción entre iguales, son en estos momentos tantos y tan variados que la sociedad empieza a encontrar resquicios para funcionar “adecuadamente” en esos resquicios.

Para terminar me voy a centrar en uno de estos espacios de sustitución privatizados, probablemente el más paradigmático, el centro comercial.

Según Margaret Crawford, los centros comerciales han ido evolucionando hasta constituir verdaderos remedos urbanos seguros, ya que la multitud heterogénea se convierte en ellos en consumidora homogénea. Y, por tanto, no peligrosa. Para ello se recurre a las técnicas más sofisticadas casi todas basadas en el llamado “principio de atracción adyacente” que dice: los objetos más diversos se apoyan entre sí cuando son colocados uno al lado del otro.

Una característica importante es el aumento en calidad y cantidad los servicios incorporados hasta el punto que por ejemplo, según Margaret, la Orquesta Sinfónica de Chicago toca regularmente en el centro comercial de Woodfield. Para ver este tipo de cosas ya no es necesario acercarse a USA (cosa por otra parte un tanto incómoda por las medidas antiterroristas en los aeropuertos), ayer en el Centro Comercial Getafe 3 había un concurso de interpretación pianística. En medio del espacio central y rodeado de estantes de gafas, señoras arreglándose las uñas (de las manos y de los pies), el kiosco de Vodafone, un coche usado en venta, los ascensores, las escaleras mecánicas y todas las tiendas que dan a la plaza central, un piano y unos altavoces esperaban ansiosos a los concursantes. La evidencia del principio de atracción adyacente era notoria.

Según Margaret Crawford “Pasar el rato en un centro comercial ha sustituido el paseo por las calles. En la actualidad, los centros comerciales representan, para los chavales, auténticos centros sociales, y muchos de ellos encuentran allí su primer trabajo. Además se están convirtiendo también en centros sociales para los adultos. La Galleria de Houston ha alcanzado gran prestigio como lugar seguro y benévolo para los encuentros entre personas solas y los “paseantes de los centros comerciales” –personas de la tercera edad con problemas afectivos que acuden a un lugar seguro para hacer ejercicio- llegan a los centros comerciales antes de que abran las tiendas, para realizar un calculado itinerario a pie por sus pasillos”.

Además, cuanto mayores son los centros comerciales, las simulaciones que presentan son más variadas y sofisticadas de forma que esta reproducción de la ciudad en un contexto seguro, claro y controlado fue otorgándole cada vez más valor como lugar comunitario y social. Este mundo de consumo que en otras ocasiones he descrito como el claustro materno (seguro, temperatura constante, suave música de fondo) podría entenderse como un parque temático de la ciudad auténtica. Hasta tal punto que se recrean situaciones que rozan el esperpento. Hace unos días, en un periódico de esos que dan ahora gratuitamente en los aviones (volvía de dar una charla en Irún) encontré la siguiente noticia (copio textual):

“Crean un aparcamiento – maridos en un centro comercial.- El Centro Comercial Gran Vía 2 de la localidad barcelonesa de L’Hospitalet de Llobregat ha puesto en marcha un espacio en el que los clientes pueden descansar y entretenerse, mientras sus mujeres realizan las compras, y que se ha bautizado como aparcamiento – maridos (...) La nueva zona está equipada con sofás, televisiones y prensa y se plantea como un espacio para desconectar, descansar o bien empezar a mirar la jornada deportiva del fin de semana. Según fuentes de la dirección del complejo comercial, será una zona en continua evolución, puesto que irá incorporando nuevos servicios”.

Se trata de una noticia extraordinaria. Parece que han conseguido reinventar el bar para hombres en un contexto seguro y de consumo. Supongo que la evolución consistirá en ver el fútbol (en directo o diferido), jugar a las cartas o al dominó, beber un carajillo... Eso sí, el marido está perfectamente controlado y seguro mientras la mujer compra (si existe algún hijo del matrimonio estará en la guardería infantil). Falta poquísimos para que la ciudad cree el parque temático de sí misma y pueda funcionar perfectamente entre iguales. Ni las mentes orwellianas más calenturientas podían haberlo imaginado.

Y sin embargo... existen resquicios por donde se cuelan los desiguales. Los centros comerciales no están exentos de robos o delincuencia. Hace unos días Robert Hawkins asesinó a ocho personas en un centro comercial de Nebraska. Para ello consiguió introducir un rifle a través de todos los controles de seguridad. La cuestión es que, para hacerse famoso no fue a la calle principal de Omaha y se lió allí a tiros. Se fue a un centro comercial, era su “espacio público”.

Sección 3. El planteamiento y los límites del crecimiento

La ciudad higiénica

La higiene urbana pertenece a los cimientos mismos de la urbanística. Podríamos decir que el urbanismo actual, entendido como manera racional de construir la ciudad, sería incomprendible si elimináramos los principios higienistas que lo sustentan. Leonardo Benevolo en su libro *Orígenes del Urbanismo Moderno* razona sobre el cambio producido en las condiciones de la vivienda rural a la urbana (la emigración del campo a la ciudad fue una de las características más relevantes en la formación de la ciudad industrial) con el argumento de que, en aquel momento, las deficiencias higiénicas “relativamente tolerables en el campo se vuelven insoportables en la ciudad, debido al apiñamiento y al gran número de habitaciones”. En el libro se reproduce parte de la descripción de Manchester que hizo Engels en el año 1845 y que puede dar idea de las condiciones de vida de los obreros en las ciudades (que nada tenían que ver con la situación de los nobles y de las clases acomodadas):

“A la derecha e izquierda una cantidad de pasajes cubiertos conducen de la calle principal a numerosos patios, al entrar en los cuales se cae en una inmundicia y nauseabunda suciedad, sin parangón, en especial en los patios que dan al Irk y que abarcan las más horribles habitaciones que haya conocido hasta ahora. En uno de estos patios, a la entrada, donde termina el pasaje cubierto, hay una letrina sin puerta, y tan sucia, que para entrar al patio o salir de él los habitantes tienen que atravesar una ciénaga de orina y excrementos pútridos, que la circunda. Si alguien desea visitarlo, es el primer patio vecino al Irk, sobre Ducie Bridge. Abajo, junto al río, hay muchas curtiembres que llenan todo el barrio con el olor a putrefacción animal. A los patios de abajo del Ducie Bridges se desciende, en general, por escaleras estrechas y sucias, y sólo se llega a las casas caminando sobre montones de residuos e inmundicias”.

Ante este estado de cosas el libro describe las reacciones que tuvieron lugar. Una, más bien romántica, que presenta alternativas globales al modelo de ciudad existente, cargada de contenido ideológico y político. Otra, técnica, que plantea corregir los defectos de la ciudad a partir de una serie de procedimientos más bien experimentales e intentando limitar el derecho de propiedad para que todo pudiera seguir funcionando como estaba. Ambas han influido en el nacimiento de la urbanística y del planeamiento urbano tal y como hoy los conocemos. Pero la práctica totalidad de los instrumentos urbanos se crearon para posibilitar una ciudad sana. Y no sólo instrumentos de construcción de la ciudad. También organizativos. Por ejemplo, en la ciudad existían numerosas instituciones públicas (300 solo en Londres) encargadas de la iluminación, pavimentación, alcantarillado, abastecimiento de agua, etc. Como respuesta, en el año 1835 se ponen en funcionamiento las nuevas administraciones locales electivas pero fue un proceso largo y costoso que fueran verdaderamente operativas.

La primera ley higienista fue la ley de 9 de Agosto de 1844 para Londres y sus contornos. En esta ley se definían los requisitos higiénicos mínimos para las casas de arrendamiento y prohibía destinar a vivienda los locales subterráneos. Era una ley local, pero ese mismo año se empieza a estudiar en el Parlamento británico una ley general y, tras no pocas polémicas acalladas por las sucesivas epidemias de cólera, el 31 de agosto de 1848 se aprueba la primera ley higienista nacional. Para Benevolo es el comienzo del

urbanismo moderno y 1848 se convierte en un año clave en la evolución de nuestras ciudades. A partir de entonces, como una riada incontenible se van introduciendo una serie de leyes que posibilitan el control del derecho de propiedad del suelo en beneficio de la colectividad y, ley tras ley, el liberalismo va retrocediendo en el ámbito de la urbanización. En el momento actual se puede decir que contamos con los instrumentos, técnicas y procedimientos, necesarios para que nuestras ciudades sean higiénicas y saludables. Otra cosa es que se apliquen correctamente, se establezcan prioridades diferentes (como la creación de empleo o riqueza), o se haga utilización fraudulenta de los mismos.

Estas técnicas e instrumentos reunidos en lo que, generalmente, se conoce con el nombre de plan de urbanismo, han marcado durante el pasado siglo XX el cambio hacia la superación de las deficiencias más graves de la ciudad creada por la Revolución Industrial. Es difícil no admitir los beneficios de toda índole que los planes de urbanismo han traído a nuestras sociedades, y aquellos que piensen que las ciudades actuales serían mejores sin el planeamiento es suficiente que lean detenidamente los párrafos de arriba sobre la descripción de Manchester que hizo Engels para que se convenzan de lo contrario.

Situación actual

Sin embargo, en pocos años, tal y como se ha explicado en la primera parte, las ciudades han sufrido otro cambio realmente espectacular que, esta vez ha venido de la mano de la utilización masiva del automóvil privado. Cuando la ciudad ha tenido la oportunidad de ocupar todo el territorio que tenía alrededor, sin considerar distancias ni accidentes geográficos. Cuando ha comprendido que no dependía de las estaciones de ferrocarril ni de los puertos para su desarrollo. En ese momento, un crecimiento que era básicamente centrípeto se ha convertido en centrífugo, desparramando sobre la totalidad del territorio sus urbanizaciones, sus fábricas, sus vertederos, sus oficinas, sus centros comerciales. Ha surgido así en muchos lugares del mundo una nueva ciudad, la ciudad de la periferia fragmentada, que representa una situación radicalmente diferente a la anterior porque introduce una nueva forma de vivir (pero, sobre todo de convivir) para sus ciudadanos.

A esta manera de organizar el territorio se une a otra cuestión también emergente y de suma importancia: a partir de mediados de los años setenta del pasado siglo XX la huella ecológica de la Tierra ha superado la superficie del planeta. El crecimiento espectacular de la población y, sobre todo, del consumo ha hecho que el planeta se haya quedado pequeño. Es decir, la situación es la de tener que repartir para que todos tengan los mínimos necesarios para sobrevivir dignamente. De forma que el modelo de ciudad higiénica dominante durante muchos años en la disciplina empieza a estar caduco. Pero no porque ahora sea necesario hacer ciudades antihigiénicas. De misma manera que la ciudad higiénica englobaba en sus presupuestos los de las ciudades anteriores (ciudades sagradas, ciudades artísticas, ciudades de los ciudadanos) este nuevo modelo de ciudad tendrá que englobar en su seno también a la ciudad higiénica, a la artística, a la sagrada, a la de los ciudadanos. Este nuevo modelo de ciudad (que muchos llaman ciudad sostenible) introduce nuevos requisitos sobre los anteriores. Por ejemplo, habrá de consumir y contaminar lo menos posible.

En el momento actual conseguir ciudades higiénicas, sanas o saludables es relativamente sencillo: basta pagarlo. Con dinero puede conseguirse agua de buena calidad (incluso trayéndola desde cientos de kilómetros o desalándola). Con dinero pueden llevarse los residuos y los desechos, incluso los nucleares, lo suficientemente lejos como para que no molesten. Con dinero podemos llevar las centrales de producción de energía eléctrica a los confines del territorio y dejar de quemar combustibles fósiles en nuestro entorno urbano (por ejemplo sustituyendo los vehículos diesel por eléctricos). Con dinero podemos contar con más camas hospitalarias por mil habitantes que nadie. Con dinero podemos llevar las industrias más contaminantes a aquellos lugares del planeta menos desarrollados. Todo ello, si lo sabemos hacer bien,

incluso ganando todavía más dinero. Entonces ¿para qué preocuparnos si nos ha tocado nacer en esa parte del mundo que tiene ya casi todo?

El planeamiento urbanístico

Claro que, igual que el poder corrompe con el tiempo también el planeamiento ha sido afectado por tantos años de primacía. Las afecciones han sido muchas y variadas, dependiendo en muchos casos (aquí sí) de las condiciones locales. Por tanto, a partir de ahora abordaremos exclusivamente al caso español. Y se puede hablar del caso español porque, a pesar de que las comunidades autónomas tienen competencias exclusivas en planeamiento y ordenación del territorio lo cierto es que el planeamiento de todas ellas es heredero directo de la ley del suelo de 1956. Y vamos a centrarnos en dos cuestiones controvertidas pero que no se pueden eludir. La primera es la cuestión de la corrupción. Y la segunda la hipertrofia de los planes de urbanismo.

Respecto al tema de la corrupción sólo destacar dos cosas. La primera es que con el sistema actual de concreción del contenido del derecho de propiedad del suelo por el plan, siempre van a existir corruptos en las cercanías del planeamiento. Porque el plan es el encargado de repartir la lotería de los premios y las desgracias. Lo que significa mucho dinero. Y ya se sabe que donde hay dinero siempre algunos pretenden aprovecharse. Hay muchas formas de encarar el problema pero una de las más sencillas sería la asignación de un aprovechamiento urbanístico fijo a cualquier metro cuadrado de superficie de suelo. Luego el planeamiento determinaría los lugares en los que este aprovechamiento se concretaría. Una especie de transferencias de aprovechamiento urbanístico se encargarían de trasvasar las edificabilidades a los lugares concretos del territorio que determinara el plan comprándoselas, por supuesto, a los propietarios de suelo no favorecidos.

El otro gran tema es el de la obsolescencia de los instrumentos de planeamiento con los que contamos. En Madrid, Andalucía, el País Vasco o Galicia el clamor es el mismo (aunque la verdad es que en unos sitios más que en otros): la urbanización de nuestros territorios ha rebasado con creces las posibilidades de un planeamiento general que, para mantener las formas, se va volviendo día a día más rígido, burocrático y poco operativo. Ha llegado a una hipertrofia que lo hace escasamente operativo. Y es que al planeamiento general actual se le ataca desde un doble frente. Por una parte, en su aspecto normativo, al plan se le pide cada vez una mayor seguridad jurídica para los propietarios de suelo, para los urbanizadores y para la sociedad. Y esta seguridad jurídica (en muchos casos de intereses contrapuestos) se traduce en sucesivas capas de trabas o cautelas que van blindando poco a poco la posibilidad de revisarlo en tiempo real. Todo ello tiene su origen en la característica (mencionada arriba) de “norma que define el contenido del derecho de propiedad del suelo”. Característica que, en muchos casos, sepulta bajo tierra la segunda misión del plan que consiste en configurar la futura imagen del territorio.

Pero es que también esta segunda misión del plan se enfrenta a dificultades en el momento actual. La primera derivada de una ocupación del territorio diferente a la tradicional de las ciudades. Y la segunda, de los nuevos requisitos originados por la cuestión de la sostenibilidad. La nueva organización de las áreas urbanas hace imposible controlar la situación con los sistemas tradicionales de planeamiento creados para resolver el problema de la ciudad surgida de la Revolución Industrial. Es decir, para resolver el problema de la “ciudad insana”. En la ciudad tradicional, de extensión moderada, relativamente concentrada en torno a centralidades poco especializadas, con un borde o límite relativamente claro que la separaba del campo y con una dinámica de crecimiento superficial controlable en periodos de tiempo medios, el plan como compendio de todas las técnicas urbanísticas conocidas consiguió producir ciudades bastante razonables.

Pero este tipo de ciudad no es la que se está construyendo ahora en muchos sitios y el plan, tal y como lo conocemos, se ha quedado sin una de sus dos funciones: la de prefigurar el futuro de nuestros territorios.

Lo que todavía mantiene el plan en pie es la necesidad de una norma jurídica que fije el contenido del derecho de propiedad del suelo. Y este es el único objetivo del planeamiento urbanístico en el momento actual. Esta insistencia de los municipios en la casi imposibilidad de llevar a buen puerto un plan pienso que afecta a la totalidad del territorio español, independientemente de las particularidades de su legislación de planeamiento o de las mayores o menores trabas que se pongan por parte de las instancias que se encargan de su aprobación o verificación. Esto está pasando en casi todos los municipios. Hasta tal punto que no se revisan los planes que ya están aprobados ni se aprueba nuevo planeamiento más que en casos muy especiales. Básicamente se funciona modificando el planeamiento existente mediante “modificaciones puntuales” o de otro tipo. Los grandes municipios no quieren ni oír hablar de hacer un nuevo plan y los pequeños se ven atados por las trabas garantistas de un instrumento jurídico que ha perdido una parte importante de su esencia.

Algunos criterios para el cambio

Durante casi tres años un equipo de nuestro grupo de investigación estuvo indagando sobre las características del planeamiento que necesitamos en este siglo que ya lleva más de una década. La conclusión más evidente fue que el reto de la organización y planificación de las áreas urbanas ya no es el de la ciudad sana. El nuevo reto tiene que ver con la llamada sostenibilidad. Sostenibilidad entendida como justicia: justicia intergeneracional, justicia entre territorios, justicia social. También quiere decir participación. Es decir, construcción colectiva de un proyecto común. Sin participación es imposible el control y la justicia. Y, por supuesto, es imposible una planificación que todos asumamos y entendamos que es nuestra. Para los técnicos la ética ha pasado de hacer edificios, ciudades, coches, mesas o lapiceros, que cumplan la función para la que han sido creados y que sean bellos, a que además de hacer esto, lo hagan consumiendo menos y contaminando menos.

Se establecen a continuación los puntos básicos que ayuden a entender la dirección en la que debería encaminarse la búsqueda de un nuevo sistema que prefigure el futuro de nuestros territorios. Y, además, puesto que se trata de planeamiento, centrado en el caso español. Para ello se seguirá el punto octavo del decálogo planteado en el Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico español.

CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Del análisis de lo que se está haciendo en la materia en las distintas Comunidades Autónomas (también de sus carencias) tanto desde el punto de vista normativo como a través de recomendaciones y manuales, de los informes de los expertos externos y de la propia evaluación del grupo de trabajo, pueden deducirse algunos elementos que deberían ser considerados para conseguir un planeamiento más sostenible y sobre los que existe un consenso bastante amplio. Y ello independientemente de las obligaciones y afecciones legales derivadas tanto de la legislación como de la planificación ambiental sectorial.

Varios de los criterios de sostenibilidad que deberían ser considerados en el planeamiento urbanístico son de carácter más territorial, pero la propuesta del nuevo plan como un sistema intermedio obliga a tomarlos en consideración aunque este informe se refiera al planeamiento urbanístico.

Reordenación de los usos agrícolas. Potenciación de la agricultura y ganadería periurbanas de proximidad
Rentabilizar la vuelta a los usos ganaderos tradicionales no estabulados. Reordenación de los sistemas de

distribución y comercialización. Reconversión de áreas agrícolas degradadas en zonas forestales. Dificultar el uso del territorio dedicado al turismo masivo.

Otro conjunto de criterios se pueden agrupar atendiendo a su carácter más urbano y deberían constituir el núcleo central del plan estratégico de la ciudad. Se han recogido solamente aquellos sobre los que existe un auténtico consenso en la doctrina, en la normativa, o según los informes de los expertos consultados:

Reducir significativamente el consumo de suelo. Evitar la dispersión. Complejizar las áreas urbanizadas. Controlar los estándares y densidades. Rehabilitar. Renovar partes de la ciudad. Favorecer la vivienda en alquiler. Diseñar con criterios bioclimáticos.

ALGUNOS CRITERIOS RELATIVOS AL TERRITORIO

A continuación se tratará simplemente de explicar algo más en qué consisten los explicados anteriormente. Reordenación de los usos agrícolas. No pueden seguir dedicándose suelos de alta rentabilidad agrícola a la urbanización, ni reconvertir hectáreas de secano a regadío a base de agotar los acuíferos subterráneos con consecuencias frecuentemente nefastas, por ejemplo para los humedales.

Potenciación de la agricultura y ganadería periurbanas de proximidad. La mayor parte de las áreas agrícolas tradicionales en torno a nuestras ciudades más importantes están desapareciendo a la espera de una recalificación que convierta estos terrenos en suelo urbano, propiciándose un valor especulativo que deja en segundo plano su valor de uso como suelo agrícola.

En determinados casos habría que rentabilizar la vuelta a los usos ganaderos tradicionales no estabulados. Un ejemplo típico es el caso de las dehesas que forman un auténtico ecosistema antrópico natural con ventajas muy importantes desde el punto de vista de la sostenibilidad del territorio.

Resulta imprescindible la reordenación de los sistemas de distribución y comercialización de los productos agrícolas y ganaderos, particularmente en el tramo mayorista, con objeto de evitar en la medida de lo posible las ineficiencias que conllevan los largos recorridos de los productos. Podría potenciarse esta reordenación estableciendo una tasa ecológica en proporción al número de kilómetros recorridos por el producto hasta los lugares de venta al por menor.

Reconversión de áreas agrícolas degradadas en zonas forestales. Todos aquellos terrenos abandonados por la agricultura y la ganadería debido a su mayor productividad normalmente acaban por convertirse en monte bajo y, según las circunstancias, con una acusada tendencia a la erosión que suele finalizar en la desertificación. Si a todos estos terrenos unimos los que actualmente son eriales o están desprovistos de cubierta vegetal se comprende la necesidad de las repoblaciones forestales. Es por ello que parte de las subvenciones tanto de los gobiernos como de la Unión Europea dedicadas a una agricultura no competitiva deberían empezar a desviarse a la creación y mantenimiento de áreas forestales lo que permitiría, además, recolocar los excedentes de mano de obra agrícola.

Dificultar el uso del territorio dedicado a un turismo basado en el consumo del mismo. De los muchos tipos de turismo que se pueden producir en la sociedad actual, aquellos basados en el contacto con una naturaleza que cuente con determinados valores no antrópicos son los más difíciles de gestionar. Sobre todo porque resulta imprescindible mantener estos valores para hacerlo sostenible. En general, la capacidad de carga del territorio para un uso de este tipo es muy baja y nunca el turismo de naturaleza debería ser la base económica de una región sino funcionar como una renta complementaria. Esto se puede conseguir de muchas maneras pero la más sencilla es mediante el control de accesos. No siempre la

mejora de las comunicaciones o de la capacidad de alojamiento es un elemento beneficioso para su mantenimiento a lo largo del tiempo. En este sentido algunas comunidades autónomas están dando pasos importantes, sobre todo las insulares.

Criterios relativos a la construcción de la ciudad

El otro conjunto de criterios agrupados atendiendo a su carácter más urbano, deberían constituir el núcleo central de los nuevos planes de urbanismo. Se han recogido del Libro Blanco solamente aquellos sobre los que existe un auténtico consenso en la doctrina, en la normativa, o según los informes de los expertos consultados.

REDUCCIÓN EN EL CONSUMO DE SUELO

Existen varios trabajos que constatan el creciente consumo de suelo urbano por habitante. Además este aumento del consumo del suelo no sólo se produce por el aumento de la superficie edificada destinada a vivienda o a la construcción de locales. Se produce básicamente por el aumento de la superficie urbanizada necesaria para dar servicios a estas viviendas, particularmente por las infraestructuras de comunicaciones y atención al tiempo libre en la naturaleza. En general, puede decirse que parte de la causa está en que la mayor parte de los equipamientos e infraestructuras están sobredimensionados y mal situados. Si se exceptúa el caso de las zonas verdes que es un tanto especial y al que también nos referiremos más extensamente, una parte importante de los equipamientos deberían cumplir una serie de condiciones que casi nunca se plantean: de mínimos, pequeños, multiuso, gestionados por los propios vecinos y distribuidos por todo el tejido urbano. Y respecto a las infraestructuras: prioridad al transporte colectivo con carriles de uso exclusivo y sistema combinado de alta velocidad y pocas paradas con los de baja velocidad y muchas paradas; diseño del viario para el transporte privado basado en las horas valle y nunca en las horas punta; utilización del subsuelo si la ciudad es lo bastante compacta.

EVITAR LA DISPERSIÓN

La actual configuración urbana, basada en esparcir la ciudad por el territorio y posible sólo gracias al automóvil, resulta nefasta desde el punto de vista de la racionalidad. Los largos desplazamientos en kilómetros (no necesariamente en tiempo) entre la residencia, el trabajo, el comercio o el ocio, impiden realizarlos andando o en bicicleta lo que supone un mayor consumo de energía, mayor contaminación, utilización de más suelo y mayor segregación social y espacial. Para conseguirlo parece necesario cambiar el tipo de planeamiento en el sentido en que se ha explicado anteriormente: un plan marco, mezcla de territorial y urbanístico, que permita imponer limitaciones de forma clara y duradera y que concrete el suelo del suelo, pero de forma más ágil y menos permanente que en la planificación territorial actual. De ahí se pasaría a un planeamiento de desarrollo mucho más ejecutivo, que implicaría un conocimiento continuo del medio y su evolución, a través de una serie de indicadores pactados por la población y un observatorio permanente.

COMPLEJIZAR LAS ÁREAS URBANIZADAS

Ya hace más de treinta años que Christopher Alexander escribió un artículo que se titulaba «La ciudad no es un árbol». La hipótesis se refería a la forma de organización arborescente de la ciudad que tradicionalmente ha venido proponiendo el planeamiento urbanístico: una ciudad de estructura jerarquizada basada en una separación estricta de usos y constituida por una sucesión en cascada de centros y subcentros que se encargaban de distribuir equipamiento, infraestructuras y dotaciones de forma simétrica por toda la ciudad. Frente a ella oponía la tradicional de la ciudad histórica: la semireticulada, en el cual cada elemento podía depender a la vez de varios conjuntos o subconjuntos dando lugar a una

estructura mucho más flexible y eficiente. Conseguir ciudades complejas con el actual sistema de estándares es difícil pero se puede intentar incrementando tanto las interacciones como la variedad de los elementos. Esto es casi imposible de conseguir en la ciudad fragmentada. Se puede alegar que considerando toda el área urbana hay variedad suficiente, sólo es una cuestión de escala. El equipamiento diferente, la clase social diferente, la vivienda diferente no hay más que buscarla a seis, quince o veinte kilómetros. Esto sería verdad si existieran los espacios de interacción que permitieran la mezcla de los distintos. Pero aún en este caso el simple coste de los desplazamientos en consumo de suelo, energía y aumento de la contaminación son insostenibles.

CONTROLAR ESTÁNDARES Y DENSIDADES

Una de las tradiciones más acendradas en el planeamiento es la de los estándares. A lo largo de la historia del urbanismo y la planificación urbana se ha ido creando un corpus que intenta limitar básicamente la congestión y la voracidad del urbanizador que trata por todos los medios de sustraer espacios colectivos para convertirlos en apropiables. Sin embargo se ha llegado a un punto en el cual que la fijación de un solo límite (además de forma indiscriminada y no caso a caso) ha conducido a perversiones y dilapidación de recursos llegándose así al dimensionamiento de espacios e infraestructuras inadecuados e infrautilizados.

Otro tanto sucede con los densidades. Ya existen sin embargo, algunos planes o leyes del suelo de algunas Comunidades Autónomas donde se incluyen densidades máximas y mínimas que posibilitan la rentabilidad de infraestructuras básicas de transporte colectivo, por ejemplo o permiten la instalación de dotaciones con un uso suficiente. Es imprescindible contar con servicios e infraestructuras dimensionados para que el ciudadano pueda desarrollar sus capacidades, pero también que no se desperdicien ni suelo ni recursos. Por tanto, en la mayoría de los casos será necesario que estándares y densidades cuenten con una horquilla de valores y no exclusivamente con uno de mínimos como hasta el momento.

REHABILITAR

La puesta en carga de la ciudad existente debería ser un objetivo prioritario a conseguir. Se suele alegar que los costes de la rehabilitación son siempre superiores a los de nueva creación pero es sólo porque no se tienen en cuenta los mayores consumos de combustible, la mayor contaminación o la creación de nuevas redes sociales derivadas del aumento de la superficie urbanizada. Para poner en carga la ciudad existente normalmente resulta imprescindible adaptarla para mejorar sus condiciones de habitabilidad. Y esta adaptación debe cumplir un requisito nuevo que en la anterior vuelta a la ciudad tradicional que se produjo en los años setenta del pasado siglo XX no era esencial: la eficiencia. Es decir, los edificios por supuesto que han de ser rehabilitados con criterios de eficacia (han de hacer posible una vida moderna de calidad) sino que, además, han de hacerlo eficientemente: consiguiéndolo con el menor consumo de energía posible y produciendo la menor contaminación. Si se quiere conseguir una ciudad más competitiva este requisito es imprescindible. Esto que no era tan evidente en la vuelta a los centros que se produjo en los años setenta ahora se ha vuelto crucial. Ya no se puede rehabilitar como antes, simplemente con criterios de eficacia (en muchos casos incluso muy discutibles) que hay que dar por supuestos ya que, de lo contrario, es imposible la eficiencia, sino que se impone una rehabilitación con criterios de sostenibilidad. Y los criterios de sostenibilidad no son tan sólo criterios de mejora del ambiente local, sino que son criterios de huella ecológica. Es decir, criterios relacionados con el mantenimiento del planeta. Además también resulta necesario un aumento de calidad del entorno urbano. Sería una equivocación pensar que la adecuación a los nuevos tiempos de una vivienda o de un edificio de oficinas termina de puertas para dentro. Cada vez más el entorno urbano se entiende como una prolongación del espacio privado habitado. Sin embargo, el concepto de espacio público está cambiando de forma muy acelerada y en este apartado es muy difícil generalizar. Quizás lo único que se pueda decir en un acercamiento al problema como éste, es que las

preocupaciones más relevantes acerca del espacio público en el momento actual tienen que ver con la seguridad ciudadana. Abordar este problema resulta también necesario para conseguir ciudades más sostenibles y en el planeamiento deberían ser considerados criterios de este tipo. En definitiva: rehabilitación ecológica tanto de los edificios como del espacio público.

RENOVAR PARTES DE LA CIUDAD EXISTENTE

Probablemente, en algunos casos, la rehabilitación no sea la solución más adecuada. En determinados edificios concretos (incluso piezas urbanas enteras) la solución más adecuada será su derribo y reconstrucción posterior. Puede ser el caso, por ejemplo, de bloques situados en zonas periféricas y contruidos en unos momentos en que fue necesario alojar en las ciudades a miles de inmigrantes que llegaban de otras localidades más pequeñas o de las aldeas, y en los que resulta muy difícil que superen los mínimos necesarios para cumplir decentemente los objetivos de un alojamiento digno. Aún así, se trata de terreno urbano consolidado, totalmente antropizado cuyos costes de devolución al medio natural, en general, son superiores a los beneficios. En estos casos habrá que tirar y reconstruir con criterios de sostenibilidad. Como en el caso de la rehabilitación se trata de un tipo de operaciones difíciles en las que existe siempre el peligro de que renovar signifique, en realidad, sustituir cuerpos sociales complejos por otros de iguales y, generalmente, correspondientes a capas sociales de mayor poder adquisitivo. Hacer bien una operación de renovación o de rehabilitación urbana exige un cuidado exquisito por parte del planificador y sería un error dejar la dirección de la misma exclusivamente en manos del constructor o de las empresas promotoras.

FAVORECER LA VIVIENDA EN ALQUILER

El problema, denunciado muchas veces y por distintos autores, es que una parte importante del ahorro español se invierte en productos inmobiliarios lo que trae consigo que una parte del parque inmobiliario esté formado por viviendas desocupadas y cerradas. La puesta en el mercado de una parte importante de estas viviendas, a ser posible en régimen de alquiler, disminuiría la presión sobre sectores muy importantes del territorio ahora en el punto de mira de constructores y urbanizadores. La administración parece que ya está dando pasos en este sentido, después de intentar de forma infructuosa durante el período de vigencia de la Ley de 1998 bajar el precio de la vivienda bajando el precio del suelo a través de un aumento de la cantidad de suelo clasificado como urbanizable. Sin embargo la evolución del régimen de tenencia no nos invita al optimismo: si en el año 1970 la vivienda en alquiler representaba el 30% de los 8.504.326 de viviendas censadas, en 1981 ya sólo era el 20,8% del parque de 10.430.895 y en 1991 el 15,2% de un total de 11.736.376. La necesidad de aumentar el porcentaje de vivienda en alquiler es básico, desde una perspectiva sostenible, no sólo por la puesta en carga de todas las áreas urbanas sino por los problemas de fijación territorial que supone la vivienda en propiedad. La discrepancia entre movilidad en el empleo e inmovilidad residencial trae consigo de forma inevitable el aumento en la generación de viajes, muchos de ellos en automóvil privado. Existen multitud de estudios que lo atestiguan.

DISEÑAR CON CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS

Se trata de un criterio realmente importante para conseguir ciudades más eficientes y no solamente porque el planeta no soporta el continuo despilfarro que se produce de sus recursos sino porque, además, está demostrado que el ser humano responde mejor a elementos contruidos de acuerdo al ambiente en el que están situados, que ante aquellos otros que se establecen como un elemento extraño a ese ambiente. Y, por supuesto, además, por simples criterios de higiene urbana contrastados y puestos en práctica a raíz de los problemas creados por la ciudad de la Revolución Industrial. Esta exigencia ya se está produciendo tanto en el ámbito nacional como en el autonómico e, incluso, en el local. La aprobación del Código Técnico

de la Edificación o de Ordenanzas Bioclimáticas en diferentes Ayuntamientos repartidos por toda la geografía nacional así lo atestiguan. Sin embargo parece necesario darle un mayor impulso por parte de ciertas Comunidades Autónomas que se están quedando atrás en esta materia. También en este caso el Diseño Bioclimático no debería ser exclusivo de los edificios sino que también habría que aplicarlo a los espacios urbanos. En el diseño de aceras, plazas o zonas verdes la consideración del entorno parece fundamental para conseguir ciudades más sostenibles. En particular en el caso de las zonas verdes su consideración como área ajardinada que requiere cuidados periódicos constantes, utilización de abonos, riego, sistemas de poda y control de plagas, debería de reducirse al mínimo imprescindible. Además a las consideraciones de sostenibilidad estricta y de defensa del medio natural se unen los costes de mantenimiento de forma que la racionalidad debería imponerse. La sustitución de esta forma de entender la zona verde por otra que atienda más a criterios forestales y de automantenimiento (como ya se está haciendo en algunos ayuntamientos) parece necesaria.

Sección 4. Referencias bibliográficas

Bibliografía

- Acierno, A. (2003). *Dagli spazi della paura all'urbanistica per la sicurezza*, Alinea Editrice, Firenze.
- Bauman, Z. (2000). *Liquid Modernity*, Polity Press, UK and Blackwell Publishers Ltd, USA.
- Benevolo, L. (1963). *Le origini dell'Urbanistica Moderna*, Gius. Laterza & Figli Spa, Roma-Bari. Hay una traducción al castellano de la editorial Blume titulada *Orígenes del urbanismo moderno*, Barcelona, 1976.
- Choay, F. (1980). *La règle et le modèle. Sur la théorie de l'architecture et de l'urbanisme*, Éditions du Seuil, París.
- Fariña, J. (2006). "Asimetría e incertidumbre en el paisaje de la ciudad sostenible", *Ingeniería y Territorio*, nº 75.
- Fariña, J. (2006). "Cambio Climático y Planificación Urbana" en *FEMP: Actuaciones Urbanas por el Clima*, Red Española de Ciudades por el Clima, Oviedo.
- Fariña, J. (2009). "Urbanizzazioni frammentate: alcune riflessioni sulla Comunità di Madrid", en Acierno, A. y Mazza, A.: *Città in trasformazione, l'esplosione urbana di Madrid*, Centro Interdepartamentale di Ricerca, Università Degli Studi di Napoli "Federico II", Aracne, Roma.
- Fariña, J. y Naredo, J.M. (2010). *El Libro Blanco de la sostenibilidad en el planeamiento urbanístico español*. Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Vivienda, Gobierno de España, Madrid.
- Fariña, J. (2011): "El plan de urbanismo ante los límites del crecimiento. Necesidad de nuevos instrumentos para organizar la ciudad del siglo XXI", en Matarán y López (ed): *La tierra no es muda: diálogos entre el desarrollo sostenible y el postdesarrollo*, Universidad de Granada, Granada.
- Font, A. (2004) (ed.). *L'explosió de la ciutat: Transformacions territorials recents en les regions urbanes de l'Europa Meridional*, Colegio de Arquitectos de Cataluña. COAC & Forum Universal de la Culturas de Barcelona, Barcelona.
- Gravagnuolo, B. (1998). *Historia del urbanismo en europa, 1750-1960*, Akal, Madrid.
- Green, D.G., Klomp, N., Rimmington, G. y Sadedin, S. (2006). *Complexity in Landscape Ecology*, Published by Springer, The Netherlands.
- Green, J.F y Chambers, W.B. (eds.) (2006), *The politics of participation in sustainable development governance*, United Nations University Press, New York, USA.
- Lefebvre, H. (1970). *Du rural à l'urbain*, Éditions Anthropos, París.
- Maciocco, G. (ed.) (2008), *The Territorial Future of the City*, Springer, The Netherlands.

- Mazmanian, A, y Kraft, M.E. (eds.) (2009). *Toward Sustainable Communities. Transition and Transformations in Environmental Policy*, The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Meadows, D.H., Meadows D.L., Randers, J. y Behrens, W.W. (1972). *The Limits to Growth*, Universe Books, New York, 1972.

Se hizo una revisión en el año 1992 titulada *Más allá de los límites del crecimiento*. Quizás lo más interesante sea leer directamente la última revisión: *Los límites del crecimiento: 30 años después*, Galaxia Gutenberg, Barcelona, 2006 (el original en inglés es del 2004).

- Mega, V.P. (2010). *Sustainable Cities for the Third Millennium: The Odyssey of Urban Excellence*, Springer, London.
- Mitchell, W.J. y Casalegno, F. (2008): *Connected Sustainable Cities*, MIT Mobile Experience Lab Publishing, USA
- Naredo, J.M. (1996). "Sostenibilidad, diversidad y movilidad horizontal en los modelos de usos del territorio", en *VVAA: Primer catálogo español de Buenas Prácticas*, volumen primero, Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Naredo, J.M. (2004). "Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible", en *VVAA: Textos sobre sostenibilidad*, Cuadernos de Investigación Urbanística, nº 41. Este artículo se publicó originalmente en *La construcción de la ciudad sostenible*, por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 1996.
- Poli, C. (2011): *Mobility and Environment: Humanists versus Engineers in Urban Policy and Professional Education*, Springer Dordrecht Heidelberg, London, New York.
- Rodwell, D. (2007), *Conservation and Sustainability in Historic Cities*, Blackwell Publishing Ltd., UK.
- Rykwert, J. (1985). *La idea de ciudad, antropología de la forma urbana en el Mundo Antiguo*, Blume, Madrid.
- Sennett, R. (1970). *The Uses of Disorder: Personal Identity and City Life*, Alfred A. Knopf, Inc, New York. Hay una traducción al castellano de ediciones Península con un prólogo de Tomás Llorens publicada en 1975.
- Sica, P. (1979). *Storia dell'Urbanistica*, Gius. Laterza & Figli Spa, Roma-Bari. Hay una traducción al castellano de esta obra monumental del Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid, 1982.
- Soja, E.W. (2000). *Postmetropolis: critical studies of cities and regions*, Blackwell Publishing, Los Ángeles.
- Terán, F. (1999). *Historia del Urbanismo en España III. Siglos XIX y XX*. Cátedra, Madrid.
- Terán, F., (1982). *Planeamiento urbano en la España contemporánea (1990-1980)*, Alianza Editorial, Madrid.
- Tomás-Ramón Fernández (2008). *Manual de derecho urbanístico*, La Ley, Madrid.
- Torrés Balbás, L. (1968). "La Edad Media" en *VVAA: Resumen histórico del urbanismo en España*, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- Tumber, C. (2012): *Small, Gritty, and Green: The Promise of America's Smaller Industrial Cities in a Low- Carbon World*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Unwin, R. (1909). *Town Planning in Practice. An Introduction to the Art of Designing Cities and Suburbs*, Londres. Hay una traducción al castellano titulada *La práctica del Urbanismo*. Una introducción al arte de proyectar ciudades y barrios, publicada en Barcelona por Gustavo Gili en 1984 basada en la segunda edición inglesa de 1934.
- Wackernagel, M., Monfreda, C., and Deumling, D. (2002). *The ecological footprints of nations: How much nature do they use? How much nature do they have? Sustainability Issue Brief*. Redefining Progress, Oakland, CA, update.

- Waddell, S. (2011): Global Action Networks: Creating Our Future Together, Palgrave, MacMillan, UK.
- Wheeler, S.M. (2004). Planning for Sustainability Creating livable, equitable, and ecological communities, Routledge, Milton Park, London.