

Sostenibilidad en centros sanitarios

Dr. Enric Aulí



Sostenibilidad en centros sanitarios

Dr. Enric Aulí Mellado



Primera edición: octubre de 2010
© Enric Aulí Mellado, 2010
© de la presente edición: Plataforma Editorial, 2010
Plataforma Editorial
c/ Muntaner 231, 4-1B – 08021 Barcelona
Tel.: (+34) 93 494 79 99 – Fax: (+34) 93 419 23 14
www.plataformaeditorial.com
info@plataformaeditorial.com

Diseño de cubierta:
Utopikka
www.utopikka.com

Depósito Legal: B. 3513-2014

ISBN: 978-84-16096-12-1

Reservados todos los derechos. Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos. Si necesita fotocopiar o reproducir algún fragmento de esta obra, diríjase al editor o a CEDRO (www.cedro.org).

«La búsqueda de la sostenibilidad está provocando el cambio de todas las actividades de la sociedad.»

«Los criterios de salud han de incorporarse a ese cambio, para dirigirlo y remodelar el propio concepto de sostenibilidad.»

Dr. Enric Aulí Mellado

Contenido

Portadilla

Créditos

Cita

Prólogo

Alcance y objetivos de esta publicación

Minimización y gestión del consumo de energía

Minimización del consumo de agua

Emplazamiento del edificio

Materiales para la construcción sostenible

Aislantes térmicos

Vidrios

Instalaciones de iluminación artificial

Calidad ambiental del interior de los edificios sostenibles

Contaminación física por campos electromagnéticos (CEM)

Contaminación acústica

Contaminación química

Contaminación por agentes biológicos

Alimentación en los edificios de usos sanitarios

Acreditación de edificios sostenibles

Participación de los profesionales sanitarios en el diseño y proceso de construcción del edificio

Epílogo

Prólogo

TODO NUEVO EDIFICIO DEBE SER SOSTENIBLE, pero también ha de ser saludable. Los conceptos de salud, sostenibilidad y edificación están claramente unidos; para proteger el medio ambiente, pero también para que las personas podamos conseguir nuestro pleno desarrollo físico, mental y psíquico. Al hablar de edificios saludables no se trata tan sólo de evitar «edificios enfermos», construcciones que provocan enfermedades (tan abundantes últimamente), sino que hemos de lograr «edificios sanadores», que promuevan nuestra salud en el más amplio concepto del término salud. Esto es especialmente válido para aquellas construcciones destinadas a usos sanitarios. Ayudar a construir y gestionar edificios que protejan el medio ambiente y la salud, y favorezcan la plenitud del desarrollo humano es el objetivo de esta publicación. Una edición que nace de la especial sensibilidad de Ferrer para con los temas ambientales y de salud, y de mi dedicación de décadas a estos temas.

Se habla y escribe mucho de construcción sostenible; continuamente aparecen nuevos edificios elaborados con criterios de sostenibilidad. La construcción sostenible está de moda, yo mismo imparto esta asignatura de nueva creación, en la Universidad Politécnica de Cataluña, desde hace dos años. Esto es positivo, aunque desde mi punto de vista muchas veces se confunde la parte con el todo; la sostenibilidad con el medio ambiente. Desde la Cumbre de Río de Janeiro en 1992 sobre medio ambiente y desarrollo económico, todas las actividades de la sociedad se han orientando hacia la sostenibilidad (entre ellas la construcción). Recordemos que se entiende por sostenibilidad la integración de los factores económicos, sociales y ambientales, dándoles a todos el mismo valor. Sin embargo, estamos en un período de transición en el que la sostenibilidad se está asociando casi exclusivamente a protección del medio ambiente, y la construcción no es una excepción. Estoy seguro de que el camino empezado es bueno y de que progresivamente se irán ampliando los aspectos de salud integral contemplados por la sostenibilidad. De hecho creo que esta integración será uno de los motores del necesario cambio de modelo de sociedad, un cambio imprescindible que ya se avecina.

Muchas veces he leído y oído que los edificios son responsables del consumo del 40% de materias primas y del 40% del consumo de la energía, lo que conlleva asociada la emisión del 40% de las emisiones del CO₂ responsable del cambio climático. Por ello se desea que los nuevos edificios consuman poca energía y escasa agua, así como que no malgasten materiales valiosos. Evidentemente estas actuaciones son positivas y a ellas se dedican los primeros capítulos de este libro.

Para mí es igual de importante y menos conocido que muchas enfermedades, entre ellas el 10% de los cánceres de pulmón y buena parte de los trastornos circulatorios y las alergias, tienen su origen en una defectuosa calidad de las viviendas. Es imprescindible que una buena construcción sostenible corrija esos defectos y proteja la salud de sus usuarios. A la calidad interior de los edificios, tanto en sus aspectos químico, físico como biológico se dedican varios capítulos, y se hace mención especial de las infecciones nosocomiales.

Como bien sabemos todos los profesionales del ámbito sanitario, la salud no es sólo ausencia de enfermedad, sino que su objetivo último es el pleno desarrollo de la persona. Una construcción sostenible ha de disminuir los consumos de energía, de agua y de materiales; ha de evitar los defectos que causan enfermedades; pero también ha de potenciar la plenitud humana. Debemos construir «edificios sanadores». Para ello es preciso conseguir en los edificios una armonía interior y al mismo tiempo una gran conexión, en sentido muy amplio, con el exterior. La iluminación natural, la visión del entorno, la relación entre interior y exterior mediante zonas verdes son los medios más usuales para conseguir esa conexión. Sus efectos beneficiosos son evidentes en la mejora de los plazos de curación de enfermedades, la disminución del absentismo y la fidelización de empleados. Otro aspecto que se ha de tener en cuenta es el del equilibrio entre el interior del edificio y las energías naturales que le llegan del exterior: campo magnético terrestre y radiaciones cósmicas. Algun hospital y bastantes edificios empiezan a ser construidos teniendo en cuenta estos parámetros. A estos conceptos y ejemplos se dedica atención en la publicación.

La falta de concreción actual sobre lo que es sostenible y lo que no lo es hace que sea preciso establecer unos criterios objetivos cuyo cumplimiento debe ser certificado por las administraciones o por organizaciones privadas. El libro presenta los criterios y organizaciones de certificación de edificios más conocidas actualmente.

La publicación se estructura en capítulos independientes para facilitar que el lector especialmente interesado en algún tema específico pueda acceder a él directamente. La información contenida en este libro se basa en los trabajos en que he participado, junto a otros profesionales, en los últimos veinte años en la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona, en el campo de la salud pública en diversas administraciones, y en el de la construcción sostenible en una gran promotora, así como en mis primeros años como profesor de Sanidad Ambiental en la Facultad de Farmacia de Barcelona. Los ejemplos citados corresponden a proyectos que me han parecido especialmente interesantes en los dos últimos años.

Agradezco a Ferrer la publicación de este libro, que todos deseamos les sea de utilidad.

dr. Enric Aulí Mellado

Alcance y objetivos de esta publicación

CONTIENE INFORMACIÓN sobre los criterios relacionados con la sostenibilidad, la salud y el bienestar a aplicar en edificios nuevos o en funcionamiento, destinados a usos de carácter sanitario.

La información está estructurada en capítulos concisos e independientes, con títulos descriptivos que facilitan la búsqueda de información concreta asociada a cada concepto. Cada capítulo se acompaña con ejemplos de aplicación de los criterios a edificios concretos. Algunos de los ejemplos corresponden a edificios en los que he trabajado o que me son bien conocidos.

En su formato actual, el informe puede ser de utilidad para gestores de edificios destinados a usos sanitarios, ya que ofrece una exposición clara y sintética de los aspectos de sostenibilidad que modifican las que eran hasta la actualidad las prácticas en estos edificios. También puede ser usado como herramienta de ayuda a la implantación de un sistema integrado de gestión ambiental en empresas del sector, con la finalidad de obtener la certificación ISO 14001 o EMAS de calidad ambiental.

El informe con las adaptaciones necesarias puede ser posteriormente usado para una publicación de carácter divulgativo dentro del ámbito sanitario.

Se dispone de información más amplia y detallada, que ha sido usada para la elaboración del informe. Esta documentación ha sido utilizada para la construcción de una web informativa dirigida al personal que trabaja en edificios de usos sanitarios (www.centrossanitariossostenibles.com).

Estructura de la publicación

Un edificio destinado a actividades relacionadas con la sanidad debe preocuparse tanto por ser respetuoso con el medio ambiente como con serlo con la salud y bienestar de sus trabajadores y de los pacientes, así como con la de los familiares que a él acuden. Igualmente no deben descuidarse los aspectos relacionados con los costes económicos, el confort, la productividad o la propia imagen de la empresa. Este informe pretende ofrecer una visión clara y concisa de los diversos aspectos que se deben tener presentes en la construcción y gestión de todo edificio destinado a usos sanitarios.

Actualmente existe cierto desequilibrio en los criterios de sostenibilidad aplicados a la construcción y gestión de los edificios en general. La causa es la preocupación por el cambio climático. Como se considera que dicho cambio climático es el principal problema ambiental actual, muchas actuaciones de sostenibilidad se centran en

disminuir las emisiones de CO₂ que favorecen el calentamiento global de la atmósfera, y se otorga menos importancia a otros aspectos igualmente relevantes.

A pesar de que esta excesiva focalización crea ciertos problemas de distorsión, se ha dedicado el primer capítulo al consumo energético. La minimización y gestión del consumo energético se estructura en los siguientes apartados:

- Bioclimatismo del diseño de los edificios.
- Aislamiento de los edificios, teniendo en cuenta la energía utilizada en la fabricación de los materiales de aislamiento.
- Eficiencia de las instalaciones energéticas.
- Incorporación de las energías renovables apropiadas a cada edificio en particular.
- Programa de mantenimiento de las instalaciones y mecanismos de control para que el consumo sea el apropiado.
- Flota de vehículos, adecuación a ellas de las instalaciones del edificio, políticas de parking y transporte.

Las especiales características de los edificios destinados a usos sanitarios son contempladas dentro de cada uno de los apartados.

El segundo capítulo está dedicado a la minimización del consumo y la gestión del agua. Se estructura en los siguientes apartados:

- Disminución del consumo de agua: grifos, duchas y WC de bajo consumo, pero de alto confort; urinarios de consumo cero.
- Reutilización de aguas grises con desinfección incorporada, destinadas exclusivamente a inodoros.
- Aprovechamiento de aguas pluviales para inodoros, servicios antiincendios y riego.
- Mejora de la calidad de las aguas negras antes de su vertido a los sistemas públicos.
- Sistemas de obtención *in situ* de agua de alta calidad para su consumo y tareas higiénicas en el propio edificio, con lo que se disminuye el uso de sustancias peligrosas y la generación de envases.
- Control de consumos y pérdidas.

El tercer capítulo está dedicado a las características y condiciones del emplazamiento en que se ubica el edificio. Se estructura en los siguientes apartados:

- Contaminación química de suelo por radón y compuestos orgánicos volátiles.

- Alteraciones del campo magnético terrestre.
- Calidad del aire exterior.
- Preservación del valor natural del terreno.
- Jardines sanadores y criterios *feng shui*.

El cuarto capítulo está dedicado a los materiales. Se estructura en los siguientes apartados:

- Características de los materiales de construcción sostenible.
- Criterios de certificación de materiales de construcción.
- Materiales de aislamiento.
- Sistemas iluminación artificial.
- Vidrios.

El quinto capítulo se dedica a la calidad sanitario-ambiental del interior de los edificios. Se estructura en los siguientes apartados:

- Contaminación química: materiales que no desprenden sustancias tóxicas, gases procedentes de las instalaciones de combustión, calidad del aire de renovación.
- Contaminación física: focos emisores de campos electromagnéticos, con especial cuidado con los campos pulsantes (teléfono móvil, líneas de metro y ferrocarril, líneas de alta tensión, sistemas Wifi...). Prevención de los posibles efectos potenciales sobre la salud de pacientes y trabajadores, protección de instalaciones del edificio especialmente del material electrónico, sobre interferencias.
- Control de la electricidad estática (lipoatrofia semicircular).
- Control del ruido, no generación de ruidos internos aéreos y de impacto, eliminación de ruidos y vibraciones procedentes del exterior y enmascaramiento si es el caso.
- Contaminación por agentes biológicos: alergias, principales agentes. Prevención de humedades.

El sexto capítulo se dedica a la comida orgánica libre de aditivos químicos, pesticidas, y transgénicos, y procedente de productores locales.

El séptimo capítulo se dedica a la acreditación de los edificios. Se estructura en los apartados siguientes:

- Criterios generales de certificación.
- Sistema LEED.
- Sistema BREEAM.
- Otras certificaciones.

El octavo y último capítulo está dedicado al personal relacionado con el edificio de usos sanitarios. Se estructura en los siguientes apartados:

- Participación de los profesionales y usuarios en el proyecto de edificio y de instalaciones.
- Ambientalización de la organización. Implantación de un SIGMA (sistema integrado de gestión ambiental). Criterios de ambientalización más usados.
- Incorporación de los criterios de sostenibilidad en la dirección estratégica de la empresa.

Minimización y gestión del consumo de energía

«Las ideas nuevas llegan a este mundo como meteoros, con un relámpago y una explosión, y quizás perforando el tejado del castillo de alguien.»
Henry David Thoreau

LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA es una prioridad en nuestra sociedad; su objetivo es disminuir las emisiones de CO₂, una de las principales causas del cambio climático. Dado que los edificios son responsables de aproximadamente un 40% de dichas emisiones, se han establecido objetivos de reducción muy severos, apoyados por las normativas correspondientes. Con toda probabilidad se producirá en los próximos años un cambio profundo en el uso de la energía en los edificios, tanto en lo que concierne al consumo como a los sistemas de generación y de distribución. Los centros sanitarios de nueva construcción deben tener presentes estos cambios.

La OMS en la Cumbre sobre Cambio Climático de Copenhague del año 2009 estableció como uno de sus objetivos la reducción de las emisiones de CO₂ en los hospitales de todo el mundo.

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, totalmente en vigor desde abril de 2009, los hospitales de nueva construcción que cuenten con más de cien camas deberán incorporar en sus cubiertas placas solares térmicas; igualmente deberán incorporar una superficie mínima de paneles solares fotovoltaicos para producir energía eléctrica.

Se debe tener presente que la preocupación por el cambio climático ha distorsionado hasta cierto punto el concepto de sostenibilidad, ya que se ha dado prioridad a la disminución de las emisiones de CO₂ y se han olvidado otros conceptos igual de importantes. La minimización del consumo energético no debe disminuir la preocupación por los aspectos relacionados con la salud y el bienestar de los ocupantes de los edificios. Esto es aún más importante en los edificios de uso sanitario, ya que en ellos hay personas especialmente sensibles. De hecho, muchas normativas energéticas contemplan excepciones de cumplimiento para determinados edificios destinados a estos usos.

Los programas de disminución de consumo de energía varían si se trata de un centro de nueva construcción, o bien de una rehabilitación. Pero en todos los casos se actúa sobre los siguientes factores: diseño bioclimático, aislamiento térmico, eficiencia de las

instalaciones energéticas, incorporación de energías renovables, programas de mantenimiento, control de funcionamiento y consumos, flota de vehículos y política de transporte.

Bioclimatismo

El bioclimatismo usa las características del clima del lugar en que se ubica un edificio para mejorar sus características de confort, disminuyendo además su consumo energético. El bioclimatismo favorece la captación de la energía solar, optimiza la iluminación natural y la ventilación cruzada. Se suele utilizar el símil de que la envolvente del edificio (paredes, techo, suelo) debe actuar como una piel que, a similitud de la piel humana, se adapte a las variaciones del medio exterior manteniendo las características de bienestar de su interior.

Forma y configuración del edificio

En climas fríos el edificio debe ser compacto, con poca superficie expuesta a las bajas temperaturas y vientos fríos para evitar las pérdidas energéticas. En climas cálidos y secos, la forma también ha de ser compacta en su parte exterior para evitar la captación excesiva de calor, pero al mismo tiempo el volumen del edificio se debe abrir hacia un patio interior que aporta luz y ventilación natural. En climas cálidos y húmedos la forma ha de ser muy abierta, favoreciendo una gran ventilación cruzada natural que permita, por así decirlo, la transpiración de los edificios para regular la temperatura y la humedad de su interior.

Cada vez son más frecuentes los edificios que, en un ejercicio de biomimética, reproducen las formas de las construcciones animales, perfectamente adaptadas a las condiciones climáticas de cada lugar. Es evidente el paralelismo con la arquitectura de formas orgánicas.

Aprovechamiento de la energía solar

La energía del Sol puede llegar a ser suficiente para cubrir todas las necesidades de los edificios. Se usa para generar energía eléctrica o calentar agua, para iluminar naturalmente y para regular la temperatura y el confort interior de un edificio. La regulación de la incidencia del sol sobre la envolvente del edificio, la captación y redistribución de su energía, es el elemento básico del bioclimatismo.

En primer lugar es preciso evitar el sobrecalentamiento de la envolvente del edificio causado por exceso de irradiación solar. Para ello se utilizan aleros horizontales en las orientaciones sur y partesoles verticales en las orientaciones oeste, elementos que

proyectan sombra a las paredes. Los «tejados verdes» y el «efecto sombra» de las instalaciones de placas solares también son usadas en este sentido.

Las ventanas juegan también un papel importante en el aprovechamiento de la energía solar. Según el tipo de vidrio que se utilice se regula la cantidad y el tipo de luz que pasa al interior, así como las ganancias o pérdidas de calor entre el interior del edificio y el exterior. Esto es especialmente importante en los edificios de uso sanitario, ya que en ellos se procura buscar el máximo posible de luz natural, por sus efectos beneficiosos sobre la salud; para ello se utilizan grandes aberturas acristaladas por las que según la época del año se gana o se pierde demasiada energía, lo que conlleva en ambos casos un importante incremento del consumo energético. La moderna tecnología del vidrio (véase capítulo «Vidrios») permite minimizar este consumo: un ejemplo es la ampliación del Great Ormond Street Hospital en Londres, que utiliza vidrios especiales que sin perder luminosidad disminuyen las ganancias térmicas por exposición al sol.

En ocasiones en que se desea disponer de grandes fachadas acristaladas es preciso utilizar dispositivos de sombreado móviles que van siguiendo el recorrido solar. En estos casos el aporte energético es muy diferente si la lona se pone por el exterior o el interior de la zona acristalada (en el segundo caso gran parte del calor queda retenido dentro del edificio). Dos ejemplos son las oficinas centrales de Sanitas en Madrid y el New Meyer Hospital de Florencia.

Otro sistema de sombreado se consigue con la incorporación de elementos microperforados en la fachada o el tejado. Dos ejemplos son el hotel Habitat Sky o el CAP de Roger de Flor.

En algunas ocasiones es preciso captar la máxima energía solar posible que llega al edificio. Una de las formas más usadas para este fin es la de exponer a la acción solar, paredes y suelos interiores que están hechos de materiales capaces de absorber gran cantidad de calor. Estos materiales van liberando su energía después de la puesta de sol atemperando así la temperatura interior de la vivienda. En algunos edificios este fenómeno se produce de forma indeseada por defectos de diseño, es el caso por ejemplo de muchos edificios con muros cortina de vidrio, detrás de los cuales se encuentra un elemento sólido de color oscuro que acumula el calor y produce sobrecalentamientos altamente perjudiciales.

Otra forma de captación de la energía solar es el uso de invernaderos adosados a la estructura exterior del edificio en los que se almacena un gran volumen de aire caliente que evita el enfriamiento de la pared con la que están en contacto. Un ejemplo es el New Meyer Hospital de Florencia en el que un invernadero ejerce funciones de zona de transición entre el exterior y el interior del edificio.

En construcciones de pequeño tamaño es frecuente el uso de muros Trombe para

aprovechar la energía solar. Aunque se trata de una patente norteamericana del siglo XVIII, este sistema se popularizó en el sur de Francia a partir de 1960, cuando se construyó el complejo solar de Font Romeu. El ingeniero que lo adaptó le dio su nombre (Trombe): consiste en un elemento de cerramiento que permite el paso de la energía solar; ésta es captada en un muro sólido situado tras dicho cerramiento. El calor acumulado puede ser redirigido hacia el interior o el exterior del edificio mediante el uso de dos orificios de ventilación situado en las partes alta y baja, en función de las necesidades de cada momento.

Junto al diseño bioclimático, la moderna tecnología de materiales proporciona elementos que permiten regular el paso de la carga energética del exterior del edificio hacia el interior en la cantidad y el momento deseados. Esto se consigue mediante la utilización de materiales que absorben el calor, lo mantienen en la envolvente del edificio y lo van transmitiendo lentamente hacia su interior. Para esta finalidad existen tanto materiales naturales (aunque algunos de ellos tienen problemas para cumplir los valores de aislamiento térmico que marcan las normativas) como sintéticos, entre los que destacan los materiales de cambio de fase (véase capítulo «Materiales»). Con estos materiales se puede conseguir que variaciones entre día y noche que en el exterior son de 30 grados pasen a ser en el interior del edificio de tan sólo 3 grados.

Sistemas de transmisión de luz natural

El mecanismo beneficioso de actuación de la luz natural sobre nuestro organismo se basa en la adaptación que éste ha hecho, a lo largo de la evolución genética de la especie humana, a las variaciones de luz. La luz de la mañana tiene tonos más bien azulados, en la del mediodía dominan los verdes y en la del atardecer los amarillos y rojizos. Igualmente existe diferencia en las tonalidades de luz natural a lo largo de las cuatro estaciones del año climático. Con las intensidades y tonos de las primeras horas del día, el organismo se activa para la acción, mientras que los tonos rojizos del crepúsculo predisponen al descanso. Cuando el organismo percibe la ausencia de luz, se relaja y comienza el ciclo de secreción de la melatonina, asociado a la regeneración de nuestro organismo. Es evidente que una luz natural o una luz artificial lo más parecida a la luz natural es lo más apropiado para todos los edificios y en especial los relacionados con el mundo de la salud.

Actualmente se desea hacer llegar la luz natural al interior de los edificios. Esta luz, además de disminuir el consumo energético, proporciona una serie de ventajas relacionadas con el bienestar y la salud. Las ventajas de la iluminación natural quedan claramente demostradas en multitud de estudios que la relacionan con la mejora de pacientes en centros sanitarios, así como con la reducción del absentismo laboral en

centros de producción y con el rendimiento escolar de los estudiantes.

Para obtener el máximo posible de luz natural se utilizan diseños constructivos con abundantes aberturas al exterior y también patios interiores de iluminación con habitaciones y despachos abiertos a ellos.

El inconveniente de la iluminación natural era, en el pasado o en edificios actuales mal construidos, el aumento de las necesidades energéticas para calefacción y climatización, ya que a través de los ventanales se perdía o se ganaba calor en exceso. Este problema se soluciona con un buen diseño bioclimático y con el uso de nuevos materiales (especialmente vidrios) que regulan las ganancias y pérdidas de calor, como se ha visto en el capítulo anterior.

El nuevo hospital del Baix Llobregat en Barcelona dispone en su fachada sur de grandes ventanales que permiten captar la luz natural, mientras que las ventanas de la fachada norte son mucho menores, para evitar las pérdidas energéticas.

El nuevo hospital de Cáceres ha sido proyectado para dotar a sus espacios interiores del máximo posible de luz natural y de vistas al exterior.

Existen dispositivos, cada vez más complejos y eficaces, que permiten captar la luz en los espacios exteriores (generalmente en la parte superior del edificio) y trasladar dicha luz hacia el interior. Estos sistemas de transmisión de luz natural hacia el interior de los edificios se basan en sistemas de reflexión clásicos, como la instalación de elementos reflectantes en las ventanas y alfeizares; o en lucernarios, que las nuevas técnicas constructivas permiten sean de grandes dimensiones.

Otros sistemas de transmisión de la luz natural utilizan elementos reflectantes en la estructura del edificio, como por ejemplo en los patios de vecinos; también hay equipos comerciales que constan de un sistema de captación en la parte superior del edificio y mediante tubos de reflexión la transportan hasta el interior a distancias de hasta tres pisos; algunos de estos sistemas disponen de un sistema de seguimiento de la luz en función de la trayectoria del sol. Un sistema más complejo es el de incorporar un sistema de reflexión como parte de la propia estructura del edificio, como es el caso, por ejemplo, del Bundestag alemán. Es previsible que en un futuro próximo se disponga de fibras ópticas de transmisión luminosa, como las que comienzan a usarse en algunos países para la iluminación de túneles.

La luz solar natural, además del espectro correspondiente a la luz visible, tiene un espectro de ondas electromagnéticas mucho más abundante que se debe tener en cuenta en la construcción de edificios. Especial importancia tiene la luz ultravioleta que aporta algo de energía calorífica (poca), pero que juega un gran papel en la desinfección de las viviendas, aunque también provoca el deterioro o envejecimiento prematuro de muchos materiales.

La radiación infrarroja es otra de las radiaciones electromagnéticas que nos llega con la luz solar. No es detectada por nuestra vista, pero es la radiación con más poder calorífico. Según el caso será necesario dejar pasar mayor o menor cantidad de radiación infrarroja, para mantener el confort climático de la vivienda al menor coste energético posible.

Una buena iluminación natural debe dejar pasar la máxima cantidad de luz visible y limitar los aportes ultravioleta e infrarrojo, según las necesidades de cada caso.

Ventilación natural/forzada

La ventilación natural es un elemento básico para un edificio saludable. Un buen diseño bioclimático produce de forma espontánea una ventilación natural cruzada. Ello permite renovar el aire viciado del interior de los edificios y al mismo tiempo evitar las peligrosas humedades. El aire de renovación debe ser de buena calidad y «barrer» todo el espacio interior. Existe aquí un claro paralelismo con los criterios *feng shui* en los que se busca que el *chi* o energía recorra todo el interior de la habitación.

Actualmente existe una gran tendencia a disminuir la renovación natural del aire, mediante estructuras muy cerradas y aisladas térmicamente, que prácticamente no pierden energía y cuyo aire interior es renovado automáticamente en función de los niveles interiores de dióxido de carbono, a través de un sistema de recirculación y de recuperación de calor. Ejemplos de estas técnicas son los criterios Passiv Haus o Minergie. Es criterio extendido que estos sistemas no se deben utilizar en edificios públicos, especialmente del ámbito sanitario.

La ventilación cruzada natural aprovecha las diferencias térmicas entre la pared norte más fresca y la sur más cálida. En algunos casos se aprovecha la existencia de un viento dominante casi constante, como puede ser el caso en alguna de las islas del archipiélago canario.

En climas cálidos se ha utilizado el «bagdir» o torre de viento, en el que la ventilación no se efectúa tan sólo en sentido horizontal, sino que también existe un tiraje en sentido vertical. Se basa en una aspiración del aire del interior del edificio provocada por el efecto Venturi de succión al pasar el aire por los orificios situados en lo alto de una torre central superior del edificio; esta corriente vertical ascendente es compensada con aire que penetra por la parte inferior del edificio barriendolo y limpiándolo en su totalidad. En muchas ocasiones este aire «aspirado» es acondicionado de temperatura y humedad, y se hace pasar por conductos subterráneos o torres de agua.

Un efecto similar es el que se produce aprovechando el gradiente térmico del aire caliente acumulado en el interior, que asciende a lo largo del edificio provocando un efecto de succión en todas las plantas del edificio, y sale por una abertura central superior

(efecto chimenea). En algunos casos, este efecto chimenea es potenciado instalando captadores solares en la parte superior del edificio, que al calentarse provocan un mayor gradiente térmico que facilita el efecto de succión. En edificios antiguos de zonas muy cálidas se excavaba una red de galerías subterráneas conectadas a las diversas estancias y en la parte central se construía una torre de ventilación en cuya parte superior se encendía un fuego que provocaba que al ascender el aire caliente de la combustión se produjese una aspiración que hacía entrar el aire fresco del subsuelo dentro del edificio. Estos sistemas son bien conocidos para edificios pequeños, pero hace un par de décadas se están utilizando en edificios de gran altura; el primero fue la torre del Commerzbank en Frankfurt. El principio de funcionamiento de este edificio es el de disponer de una doble piel exterior; en el espacio existente entre las dos pieles el aire se atempera térmicamente y es canalizado hacia las distintas plantas del edificio, penetra en los espacios de cada planta y sale al exterior por el efecto chimenea a través de una conducción central con salida cenital.

Otro ejemplo es el del edificio Der Turm en Essen. En este caso, la doble piel es de vidrio de alta transparencia, gracias a ello se evita dar una tonalidad verdosa a la construcción y se consigue una gran iluminación natural de los despachos de oficinas.

La Universidad de Zaragoza ha inaugurado en el año 2009 el edificio CIRCE (Centro de Investigación en Energías Renovables), que consigue tanto una buena iluminación natural como una ventilación natural nocturna que acondiciona térmicamente el edificio.

La tendencia actual en edificios del ámbito sanitario es la de procurar la renovación del aire interior mediante una ventilación del 100% con aire fresco de buena calidad mediante sistemas de ventilación lo más natural posible, y con sistemas de recuperación de calor que disminuyan las necesidades energéticas. Cada vez es más frecuente tratar este aire de renovación (ya sea una renovación total o parcial) con mecanismos de desinfección ultravioleta, especialmente para evitar las autoinfecciones tan abundantes en el ámbito hospitalario.

Aislamiento térmico

Uno de los mayores consumos energéticos de los edificios es el causado por las pérdidas o excesivas ganancias de calor que sufren a causa de las temperaturas, de los vientos y de insolaciones externas. Estos flujos de energía se producen a través de paredes, ventanas, techos e incluso de los suelos y pavimentos; por ello es muy importante el aislamiento térmico del edificio.

Existe actualmente una gran presión para disminuir el consumo energético de los edificios y así contribuir a la disminución del cambio climático. Aumentar el aislamiento térmico de los edificios, disminuyendo sus pérdidas de calor, contribuye a este fin. Por ello las nuevas normativas fijan parámetros muy estrictos de aislamiento para los nuevos edificios (valores K, también llamados valores U).

En un futuro próximo estas normativas serán aún más exigentes; se prevé que a partir del 2020 todo nuevo edificio público europeo (o gran remodelación) deberá ser neutro en emisiones de dióxido de carbono, lo que implicará, entre otros factores, un aumento de las condiciones de aislamiento térmico.

Esta tendencia hace que *de facto* se esté trabajando más en materia de aislamiento que en diseño bioclimático o de incorporación de energías renovables a los edificios. Gran cantidad de materiales están apareciendo en el mercado para satisfacer estas necesidades legales de disminución de los valores K.

Es preciso no fijarse tan sólo en los valores K, ya que el exceso de rigidez normativa puede tener algunas consecuencias negativas. Una primera consecuencia es la de que al contemplar tan sólo el valor K no se tiene suficientemente presente el papel que la ventilación cruzada y los materiales de cerramiento del edificio tienen para retardar la entrada del exceso de energía exterior a un edificio. Veamos un ejemplo: un edificio de oficinas fuertemente expuesto a la insolación durante el día y a bajas temperaturas por la noche podría tener un valor K inferior al que marca la legislación, si los materiales de sus paredes acumulan el calor diurno, retrasando hasta medianoche (cuando no hay personal presente) su entrada hacia el interior del edificio; una buena ventilación nocturna atemperaría el edificio, haciendo que a la mañana siguiente estuviese en perfectas condiciones.

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta es que puede ocurrir que un edificio tenga un valor K que cumpla la normativa, o incluso sea más bajo, pero que el material aislante que se ha utilizado para conseguir este valor de aislamiento haya consumido en su fabricación una cantidad de energía que no se recupere con el ahorro energético de consumo hasta pasados 40 ó 50 años de vida útil del edificio.

Esta rigidez en el cumplimiento de la normativa de los valores K deja fuera de uso, para edificios de cierta envergadura, materiales aislantes naturales como el cáñamo o la lana, ya que al tener un menor valor aislante precisan grosor mayores de aislamiento, lo que se traduce en pérdida de espacio o problemas estructurales. Sin embargo, estos materiales naturales no sólo tienen un análisis de ciclo de vida mucho más ecológico que muchas de sus variantes sintéticas, sino que además poseen la propiedad de retener más humedad, con lo que pueden controlar el exceso de humedad que se produce en un momento dado dentro de un edificio, a causa por ejemplo de la ducha o la cocina,

evitando así condensaciones, liberando esta humedad de forma progresiva cuando el espacio interior se reseca en exceso.

En muchas ocasiones, las pérdidas energéticas se producen por la cubierta del edificio. Para evitarlo, existen materiales aislantes específicos para cubiertas, o puede recurrirse a un «tejado verde», con o sin aljibe de agua, que además de tener un gran poder aislante térmico proporciona un espacio verde al edificio. En climas cálidos y soleados se recurre a veces a tejados reflectantes que además de no acumular el calor, aumentan el efecto albedo o de reflexión solar, contribuyendo así a la reducción del cambio climático.

El nuevo almacén inteligente de productos químico-farmacéuticos de Ferrer en Sant Feliu de Buixalleu (Girona) dispone de un tejado verde que además de mejorar el aislamiento térmico regenera con plantas autóctonas el espacio natural ocupado por el edificio. El aislamiento térmico del edificio se completa con la incorporación de paneles de lana de roca en los muros exteriores.

El nuevo hospital de Santa Lucía en Cartagena (Murcia) combina diversos elementos de protección solar con una terraza ajardinada para evitar el sobrecalentamiento de la fachada. Para mejorar la iluminación natural y disminuir las necesidades energéticas, todas sus habitaciones están orientadas al sur.

Actualmente existen muchos programas de rehabilitación energética de edificios para disminuir sus pérdidas de energía. Estas rehabilitaciones se basan en un diagnóstico de las pérdidas producidas, normalmente mediante una fotografía de infrarrojos que detecta las fugas y puentes térmicos. Posteriormente se efectúa un recubrimiento exterior con material aislante de diversos tipos, especialmente lana de roca o materiales sintéticos, que evita los puentes térmicos y al mismo tiempo reduce las pérdidas generales de energía (este recubrimiento nunca debe efectuarse por la parte interior del edificio, ya que además de perder espacio sería poco eficaz). Las ventanas pueden transformarse en dobles ventanas aprovechando el incremento de grosor de pared, o lo que es más frecuente, cambiándolas por ventanas de doble vidrio con rotura de puente térmico. Las cubiertas también son tratadas mediante algún material de aislamiento.

Eficiencia de las instalaciones energéticas

Un buen diseño bioclimático y un eficaz sistema de aislamiento deben complementarse con unas instalaciones energéticas de calor y frío apropiadas. Este capítulo se centra en las instalaciones tradicionales; se deja para más adelante la incorporación de energías renovables en las edificaciones.

En una instalación energética se debe considerar la instalación propiamente dicha, el

mantenimiento y los hábitos de sus ocupantes.

La instalación debe ser la más apropiada para cada edificio en particular, en función de sus características. Cada caso necesita un proyecto específico para evitar graves y frecuentes errores.

El mantenimiento debe tener protocolos establecidos que se deben cumplir rigurosamente. En Cataluña es obligado desde el año 2007 que los edificios con un consumo anual superior a 200.000 kWh tengan un gestor energético responsable del seguimiento de las instalaciones energéticas. En apartado posterior se comenta más ampliamente este punto.

Los hábitos de los moradores influyen poderosamente en el ahorro energético. Está claramente demostrado que edificios con instalaciones menos eficientes energéticamente tienen un consumo menor que otros con mejores instalaciones, dependiendo del grado de concienciación e implicación de sus ocupantes para con los temas energéticos.

No debe olvidarse que el objetivo de la eficiencia de las instalaciones es el de reducir el consumo energético y el gasto económico, disminuyendo de manera paralela las emisiones de dióxido de carbono, pero manteniendo al mismo tiempo el confort de sus ocupantes. Por confort se entiende tanto el aspecto térmico como el higiénico, el acústico y el lumínico.

Sistemas de climatización (HVAC)

Los sistemas HVAC pueden ser de varios tipos: todo aire, todo agua, mixto aire-agua y sistemas de expansión.

En todos los casos constan de los siguientes elementos: climatizador que hace el tratamiento del aire suministrado y mezcla el aire fresco con el de renovación, generador de calor o de frío, unidades terminales que emiten el aire al espacio a acondicionar, y elementos de conexión, regulación y seguridad.

Existen muchos sistemas HVAC y no es el objetivo de este trabajo el repasarlos exhaustivamente, aunque se harán algunas consideraciones especiales de algunos de los sistemas, incidiendo en aquellos aspectos relacionados con el confort o el consumo, que generalmente producen mayores problemas.

Sistemas aire-agua de inducción

Son especialmente útiles cuando en el mismo edificio es preciso, según las condiciones, disponer de frío o de calor. Para conseguirlo, se refrigerará o calienta agua y se conduce a unos inductores a los que se hace llegar aire exterior por medio de toberas; se provoca una succión del aire del espacio por climatizar, que se refrigerará o calienta según el caso, provocando así una climatización y una renovación simultánea del aire.

Superficies radiantes

Son cada vez más usadas, ya que mejoran la sensación de confort por aumentar la temperatura media radiante del envolvente de la habitación. La radiación se puede efectuar a través de suelos, techos, paredes e incluso zócalos. Generalmente se usa más para calefacción, aunque cada vez son más frecuentes los techos fríos que al refrigerar el aire que está en contacto con ellos hace que éste, al ser más pesado, se deslice suavemente hacia abajo provocando una gran sensación de confort. Este sistema precisa de una instalación paralela de renovación de aire, que sanea el aire viciado y al mismo tiempo regula el grado de humedad interior; de no hacerse así se provocaría la condensación de la humedad en el techo frío. Asimismo el techo ha de tener un buen aislamiento térmico para no enfriar el suelo de la planta superior.

Son sistemas de bajo consumo y alto confort, aunque de cierta dificultad técnica, ya que existen en el mercado pocas enfriadoras que enfríen el agua a 15-17º, que es la temperatura necesaria para su correcto funcionamiento. Para la calefacción se usan calderas de baja temperatura.

Sistemas todo agua de cuatro tubos

Incorporan dos circuitos (4 tubos en total) de agua, lo que permite que uno de ellos distribuya calor, y el otro, frío. Son útiles en edificios en que por sus diferentes características de exposición al sol, precisan de generación de calor y de frío al mismo tiempo, para así cubrir las diferentes necesidades simultáneas de distintos espacios del mismo edificio.

Tienen el inconveniente de su elevado consumo energético.

Sistemas de expansión directa

Hay muchos pero cada vez son más usados los sistemas VRV (valor refrigerante variable) que varían automáticamente la cantidad de fluido refrigerante que se suministra a cada una de las unidades interiores de una instalación en función de las necesidades de cada momento. Funcionan con una única línea de gas y una de agua, para proporcionar calor y frío.

El sistema puede funcionar sólo para frío o bien para frío y calor. Normalmente se usa como bomba de calor, en cuyo caso no funciona demasiado bien cuando las temperaturas exteriores son frías (inferiores a 5ºC)

Calderas de calefacción

Existen muchos tipos diferentes, con rendimientos y aplicaciones variados.

Caldera convencional

Precisa de temperaturas de impulsión del agua caliente comprendidas entre los 70 y los 90 oC, y temperaturas de retorno de 55 oC. Su gran inconveniente es su bajo rendimiento. Además, el vapor producido durante la combustión puede condensarse en el interior de la caldera al bajar la temperatura, y formar ácido sulfúrico, si el combustible empleado tiene azufre (por ejemplo gasoil) y/o ácido carbónico, a partir de todos los combustibles. Estos ácidos disminuyen la vida útil de la instalación. Para evitarlo es preciso que la temperatura mínima de retorno en una caldera de gasoil sea de 48 oC y en una de gas natural de 57 oC.

Caldera de baja temperatura

Puede funcionar en continuo produciendo agua a 35-40 oC. Dispone de elementos constructivos que impiden la condensación del vapor en el interior de la caldera, lo que evita los problemas de corrosión de la caldera convencional. Sin embargo, la mayor parte del vapor producido en la combustión se pierde a través de la chimenea, sin aprovechamiento de su calor latente.

Tiene un rendimiento aproximadamente un 15% superior a la caldera convencional.

Muy usada para sistemas radiantes.

Caldera de condensación

Condensa el vapor producido, por lo que aprovecha el calor latente. Los materiales utilizados deben ser muy resistentes: acero inoxidable con aleaciones especiales.

Su rendimiento es un 15% superior al de la caldera de baja temperatura.

Caldera de biomasa

Utiliza restos de madera y materiales vegetales convenientemente acondicionados. Las formas más usuales de acondicionamiento son astillas o «pellets», piezas cilíndricas de unos 3 centímetros de longitud, de madera triturada y prensada que mantiene su forma gracias a la presión empleada y a las resinas naturales que tienen las maderas de origen. La disminución de tamaño reduce asimismo los costes de transporte.

Para su buen funcionamiento estas calderas precisan un sistema de alimentación continua de combustible, ya sea mediante tolva o tornillo sin fin. Es necesario además un eficaz mecanismo de control y de inyección de aire. El aire primario se inyecta por debajo, a través de las parrillas; otro flujo de aire se añade a la zona de formación de las llamas; finalmente un aire de postcombustión se inyecta en la parte superior para facilitar la combustión de los inquemados.

Cuando existen problemas de tiraje o el aire injectado no es suficiente, se producen condensaciones de hollín en la caldera y especialmente en la chimenea.

Existen calderas de biomasa de condensación.

Desde un punto de vista ecológico se considera que las calderas de biomasa tienen emisión cero de dióxido de carbono, ya que provienen de fuentes de madera y que el dióxido de carbono que producen en la combustión es aproximadamente el mismo que se emitiría en la descomposición orgánica de la madera en el bosque (algunos autores discrepan de este punto).

Comparación de inversiones y rendimientos

Caldera	Rendimiento	Combustible	Inversión	Retorno
Convencional	75-80%	cualquiera	100	-
Baja temperatura	91-96%	gas/gasoil	+43%	3 años
Condensación	105-109%	gas	+350%	6 años
Biomasa	90-95%	madera/pellets	+220%	5-10 años

El Hospital Comarcal del Noroeste, en Murcia, ha conseguido rebajar el 50% de su energía mediante una combinación de placas solares térmicas y una caldera de biomasa.

Incorporación de energías renovables en los edificios

Las energías renovables aprovechan las diferentes energías existentes en la naturaleza para transformarlas y hacerlas útiles para las finalidades de la sociedad humana.

Hay dos conceptos claramente diferentes en el aprovechamiento de las energías renovables.

El primer concepto es el de hacer grandes instalaciones que transforman el sol, el viento, las mareas, la energía del subsuelo... en electricidad y la distribuyen a través de la red eléctrica. Evidentemente es un avance en la disminución del consumo de energías fósiles, pero no deja de ser la continuidad del modelo de grandes centrales de producción que después distribuyen la electricidad a través de una red que crea grandes problemas

ambientales; el ejemplo más significativo es la gran central termosolar que se está construyendo en el desierto del Sahara para generar energía y llevarla a Europa.

La segunda forma de aprovechamiento de las energías renovables se basa en su incorporación a los edificios para generar la energía que se consuma en ellos. Hasta la fecha se usan especialmente en edificios aislados, pero comienzan a ser empleadas en bloques de viviendas y urbanizaciones enteras. Posiblemente éste es el camino que más va a desarrollarse en un futuro próximo en la construcción.

Existen diversos proyectos para crear una auténtica red de edificios energéticamente autosuficientes, que estén interconectados con otros edificios próximos, asimismo autosuficientes, para lograr una estabilidad en la generación de energía renovable, disminuyendo al mismo tiempo las necesidades de su transporte. Estos proyectos se combinan con otros basados en la proliferación de coches eléctricos, cuyas baterías contribuirían a aumentar la red de almacenamiento de energía.

El Providence Newberg Medical Center utiliza energía renovable para cubrir todas sus necesidades.

Las principales energías renovables utilizadas en construcción son las siguientes:

Energía solar térmica

Capta el calor del sol para calentar agua que es utilizada como agua caliente sanitaria (ACS) o como soporte para la calefacción. En algunos casos también se utiliza en sistemas de calefacción por suelo o paredes radiantes.

Normalmente se utilizan placas solares cada vez más eficientes. Las placas incorporan un sistema de vidrio que minimiza las pérdidas por radiación en la superficie de la placa.

Por diversas normativas, los edificios nuevos deben incorporar este sistema en una proporción variable (pero siempre elevada) según el caso. Desde la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación en abril de 2009 todo nuevo hospital de más de 100 camas debe incorporar placas solares térmicas para la obtención de agua caliente sanitaria.

Se trata de los primeros sistemas de aprovechamiento de la energía solar que se utilizaron y hay que ser muy cuidadosos en su diseño, instalación y mantenimiento, ya que muchos de ellos funcionan defectuosamente. La principal causa del mal funcionamiento es el sobrecalentamiento de la instalación. Este sobrecalentamiento se origina en deficiencias en el sistema de recirculación, pérdida momentánea de corriente eléctrica o disfunción de los purgadores de emergencia. Todos estos problemas tienen fácil solución si se actúa adecuadamente.

Una instalación de ACS comunitaria puede crear problemas de convivencia. Para evitarlos se recurre a separar la parte comunitaria de la individual de cada vecino. La

parte común comprende las placas solares, un gran depósito de agua caliente y un circuito cerrado de circulación del agua caliente que calienta, sin transferencia de agua, el depósito de ACS de cada vecino. Este sistema se debe complementar con un calentador adicional en cada uno de los pisos. De esta manera cada vecino consume su propia agua, aprovechándose del calor de la instalación comunitaria de placas solares para disminuir la energía que consume su propio calentador.

Un sistema más avanzado, con mayor rendimiento aunque más caro, es utilizar tubos de vacío que son tubos de vidrio pirex, en cuyo interior se ha hecho el vacío y en el que se ubica la placa metálica y el circuito de agua por calentar. Tienen la ventaja de que pierden muy poco calor, tanto por convección como por radiación, y que calientan el agua a mayor temperatura que las placas convencionales. Esta elevada temperatura facilita su uso alternativo en verano para generar frío solar. Los tubos de vacío son especialmente útiles en climas fríos y ventosos, aunque deben evitarse donde puedan sufrir roturas por granizadas extremas.

Muchos hospitales han incorporado placas solares térmicas para la obtención de agua caliente sanitaria (ACS). Destaca el proyecto «Hospisol» iniciado en el año 2002 y que agrupa los 14 hospitales de Castilla y León; ha conseguido un ahorro del 40% del consumo energético en la obtención de ACS.

Energía solar fotovoltaica

Transforma la energía del sol en electricidad que es usada en el propio edificio o conectada a la red general de distribución. En edificación sostenible tiene interés el uso en el propio edificio. Para ello es preciso adecuar la instalación y compensar el problema de las horas sin sol con un sistema de baterías y conexión a la red.

Las placas fotovoltaicas son cada vez más eficientes. Las hay de diversos tipos; no siempre es conveniente utilizar la más eficiente eléctricamente, ya que algunas con menor eficiencia pueden usarse como una segunda piel del edificio que, además de generar electricidad, se integre en su diseño bioclimático.

El nuevo almacén inteligente de Ferrer en Sant Feliu de Buixalleu (Girona) incorpora placas fotovoltaicas en su fachada; la energía producida es transferida a la red eléctrica.

La energía fotovoltaica también puede ser usada para luminarias autónomas, tanto de interior como de exterior de edificios. Son sistemas desconectados de la red eléctrica general y son especialmente útiles para espacios de poco uso, como almacenes, trasteros, pasillos poco transitados, parkings... Normalmente se asocian a sensores de presencia.

Frío solar

La tecnología moderna permite que la energía solar pueda ser utilizada para generar frío.

Las mismas placas solares usadas para generar agua caliente pueden emplearse para obtener frío. Esta versatilidad tiene la gran ventaja de que la máxima demanda de frío se produce precisamente cuando hay más radiación solar y simultáneamente menor demanda de ACS. Los captadores solares usados deben ser capaces de elevar la temperatura del agua a valores cercanos a 80 oC. El calor acumulado es transferido por medio de agua o de soluciones salinas, a un intercambiador enfriador. Cuando la temperatura del agua no llega a la temperatura citada, tan sólo puede ser utilizada para agua caliente sanitaria o calefacción.

Energía geotérmica

Se basa en aprovechar el diferencial de temperatura del terreno con el aire ambiente. En los primeros 10 metros de profundidad, la temperatura del terreno queda influenciada por el calentamiento solar y varía a lo largo del año; pero a mayor profundidad, la temperatura es aproximadamente constante todo el año, dependiendo del terreno. Se utiliza para calefacción en invierno y para refrigeración en verano.

Hay dos tipos de aprovechamientos geotérmicos. Los primeros son los que necesitan una gran superficie de terreno pero son poco profundos (hasta 1,5 metros). Este sistema instala un gran complejo de tuberías a dicha profundidad y el agua queda atemperada a la temperatura del suelo. El segundo tipo de geotermia es vertical y alcanza profundidades superiores a los 50 metros, precisa de menor superficie de terreno y es más estable que el anterior, ya que a dicha profundidad la temperatura del suelo es más constante. Un ejemplo de instalación geotérmica vertical es la del hospital de Mollet del Vallés con 140 pozos de 143 metros de profundidad.

Una variante geotérmica cada vez más empleada es la de aprovechar una infraestructura de hormigón (por ejemplo el pilar de un puente) próxima al emplazamiento que se desea climatizar, para instalar en su interior en el momento del vertido del hormigón, un intercambiador de calor. La masa de hormigón está conectada al subsuelo que le transmite su energía, y al mismo tiempo está captando la energía producida por su exposición al sol. La energía así acumulada en el hormigón es transferida al edificio por climatizar, gracias al intercambiador incorporado a la estructura.

El fluido que transporta la energía del subsuelo al edificio es generalmente agua, aunque en ocasiones se utiliza aire, siguiendo modelos milenariamente usados en zonas desérticas. Un buen ejemplo es el edificio Hemiciclo Solar.

Energía eólica

Actualmente la energía eólica consiste básicamente en la instalación de grandes

complejos de aerogeneradores, tanto en tierra firme como sobre el lecho marino. La energía así producida representa una porción significativa del consumo total de energía de la sociedad; su contribución en algunos países o comunidades ya alcanza niveles del 25 al 50% del consumo total de energía eléctrica. La energía generada es transportada por medios convencionales hasta las viviendas.

De momento los sistemas de generación de energía a partir del viento en la propia vivienda son aún poco utilizados en construcción, aunque empiezan a desarrollarse instalaciones de poca y media potencia para viviendas unifamiliares y para grandes edificios singulares. Estas instalaciones tienen la limitación de que sólo son útiles en emplazamientos donde el viento sea frecuente, independientemente de su velocidad. Además generan energía tan sólo cuando sopla el viento, lo que requiere una instalación algo complicada y disponer de baterías de acumulación eléctrica.

Algunos edificios singulares están incorporando turbinas generadoras de energía eléctrica en su estructura. Existen numerosos proyectos que prevén generar la mayor parte de la energía consumida en el propio edificio a partir de turbinas eólicas.

Tecnología de hidrógeno

La oxidación catalítica del hidrógeno genera energía y vapor de agua, por lo que es una energía muy limpia. Ya se ofrecen en el mercado diversos modelos de pilas de hidrógeno para uso doméstico, para generar electricidad en la propia vivienda. Cada vez son más frecuentes edificios que usan este sistema, solo o asociado con otras energías renovables, para desconectar de la red eléctrica general.

Estos sistemas tienen la limitación de que el hidrógeno se genera usualmente a partir de un suministro de gas natural; por ello, además de producir vapor de agua, se genera la misma cantidad de dióxido de carbono que el que se produciría en la combustión del gas natural, aunque no se emiten óxidos de nitrógeno. Una variante más sostenible, pero de momento poco usada, es la de descomponer mediante energía fotovoltaica el agua en oxígeno e hidrógeno, y usar ese hidrógeno para generar la energía; algunas empresas automovilísticas avanzan rápidamente en esta dirección proporcionando unidades fotovoltaicas que descomponen el agua del grifo para proporcionar hidrógeno que es usado en la recarga de vehículos.

Programas de mantenimiento y control de funcionamiento y consumo

Las instalaciones energéticas se deben diseñar e instalar de manera específica para cada

proyecto. Una vez instaladas y en funcionamiento, es preciso establecer un programa para su mantenimiento y control.

Desde el año 2007 es obligatorio en Cataluña que los edificios con un consumo superior a 200.000 kWh de energía final térmica y/o eléctrica dispongan de un gestor responsable de la explotación de las instalaciones energéticas.

El control es necesario en todas las instalaciones independientemente de cual sea su potencia y consumo.

Uno de los mecanismos mejores y más sencillos de control es el de comparar el consumo energético real de un edificio con su consumo teórico.

Una primera aproximación a los valores normales de consumo por año y para agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración y electricidad es la siguiente:

Edificio antiguo:	250 kWh/m ²
Edificio que cumple con los criterios del CTE:	200 kWh/m ²
Ídem del DEE (decreto eficiencia energética Cataluña):	130 kWh/m ²
Edificio de bajo consumo:	85 kWh/m ²

Estos valores se deben tomar tan sólo como una estimación teórica, ya que existen muchos factores que tener en cuenta, como el clima más o menos frío o cálido, el envejecimiento de las instalaciones, los horarios de funcionamiento... Existen baremos de consumo algo más detallados, que sirven para verificar si un edificio está dentro del margen de consumos energéticos correctos. Una buena práctica es la de establecer programas de *benchmarking* entre edificios de características similares para comprobar si se está en el buen camino.

Los establecimientos relacionados con el cuidado de la salud acostumbran a tener horarios de ocupación mucho más amplios que los de los edificios dedicados a otros usos. Una primera aproximación de lo que sería un buen consumo para calefacción y climatización en función del horario sería el siguiente:

OCCUPACIÓN		kWh/m2/año
8 horas	5 días semana	105
10-11 horas	5 días semana	210
12 horas	7 días semana	250
24 horas	5 días semana	310
24 horas	7 días semana	460

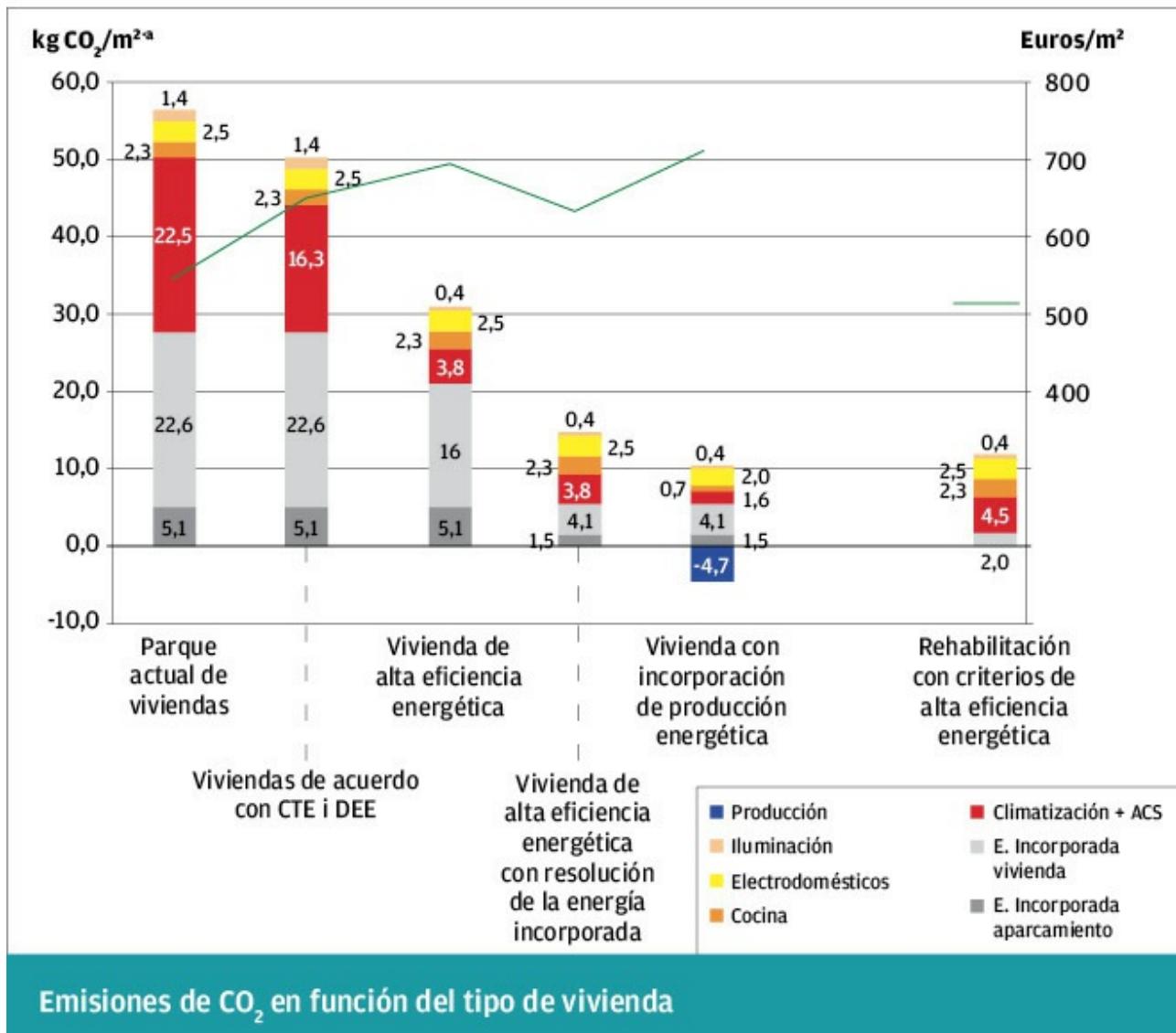
Los centros sanitarios que disponen de laboratorio y/o servicio de radiología precisan de refrigeración todo el año, por lo que su consumo es algo mayor.

En ocasiones se desea calcular las emisiones de dióxido de carbono de un edificio para así evaluar su impacto sobre el cambio climático. Como las emisiones de dióxido de carbono dependen del consumo energético, se pueden utilizar los siguientes factores de conversión:

COMBUSTIBLE	KgCO2/kWht.
Gasoil	0,264
Gas natural	0,201
Biomasa	0,000
Electricidad	
Mix Europa 25	0,510
Mix España	0,464
Mix Cataluña	0,230

Si se desea comparar las emisiones de CO2 del edificio con valores considerados como normales se puede usar la tabla siguiente:

Algunas empresas establecen baremos de consumo energético muy detallados que deben cumplir sus edificios. La cadena hotelera ACCOR establece para sus hoteles unos consumos máximos de energía que se fijan en función del clima, el número de habitaciones y plazas de restaurante, y de su categoría expresada en estrellas.



Cuando en un edificio se identifica que el consumo de energía es excesivo, es conveniente encargar una auditoría externa que identifique los problemas y proponga soluciones. Normalmente hay una primera categoría de acciones de fácil arreglo, como regulación de los termostatos o reducir el nivel de iluminación. Una vez realizadas, y si el consumo aún es excesivo, es preciso adoptar medidas de mayor importancia y coste económico.

Cada vez más hospitales establecen programas de mantenimiento de las instalaciones y de formación del personal para minimizar su consumo de energía. El Instituto Municipal de Asistencia Sanitaria de Cataluña comenzó en el año 2007 un programa con estos objetivos. El hospital Virgen de las Nieves de Granada, en colaboración con la Fundación para la Investigación Biosanitaria en Andalucía Oriental ha elaborado un protocolo de control de la iluminación y la generación de energía. Un caso especial es el

del hospital de La Paz (Madrid) que es uno de los pocos centros españoles incluidos en el seguimiento del Protocolo de Kyoto, lo que limita su emisión de CO₂ a un máximo de 11.788 toneladas anuales de dicho gas; para conseguir este objetivo ha implementado un detallado sistema de gestión de las emisiones y de formación del personal.

Flota de vehículos y política de transporte

Los edificios asociados a empresas y organizaciones, como es el caso de los edificios destinados a usos sanitarios, están unidos a una gran necesidad de transportes de personas y mercancías, lo que conlleva que se precisen vehículos. Esta flota de vehículos, y las instalaciones asociadas, tienen un gran impacto ambiental, que es preciso minimizar para que el edificio pueda ser considerado realmente sostenible. De hecho, los criterios de sostenibilidad de edificios contemplan estos aspectos en sus baremos de evaluación.

Uno de los criterios aplicados es el de la proximidad del edificio a los medios de transporte público, para disminuir la necesidad de transporte privado. Otro aspecto afecta a la sostenibilidad de las plazas de parking de la construcción, como por ejemplo disponer de iluminación fotovoltaica o de un sistema que evite que el agua de lluvia arrastre fuera del recinto los contaminantes que dejan los coches en el suelo.

Igualmente es conveniente establecer programas de transporte de los empleados, para minimizar los desplazamientos; por ejemplo fomentando el uso compartido de coches, o reservando las mejores plazas de aparcamiento para los empleados que utilicen coches más ecológicos. Esta reserva de plazas se ha llevado a cabo en el nuevo almacén inteligente de Ferrer en Sant Feliu de Buixalleu.

Muchas empresas disponen de una flota de vehículos propios. Pueden ser para uso del personal o para transporte de mercancías. Es necesaria una correcta elección de los vehículos y adaptar las instalaciones del parking de la empresa a las características de la flota.

Existen numerosas ayudas públicas tendentes a fomentar el uso de vehículos ambientalmente eficientes, como disminución de impuestos, facilidad de aparcamiento en las calles, y subvenciones directas para su adquisición.

Actualmente es un momento de transición, ya que las grandes firmas automovilísticas están lanzando al mercado vehículos sostenibles y se prevé que en los próximos años aparecerán gran número de modelos de coches eléctricos a precios razonables y con buenas prestaciones mecánicas y de autonomía. La mejor opción actualmente es la del vehículo híbrido para kilometrajes de cierta importancia que se realizan entre recorrido urbano y carretera. Ya existen vehículos híbridos de transporte, pero aún son poco

abundantes. Para vehículo urbano, la opción híbrida es buena, pero seguramente en un futuro inmediato será preferible el vehículo 100% eléctrico y recargable mediante conexión a la red. Actualmente diversas administraciones, entre ellas el IDEA, publican listas de los vehículos ambientalmente mejores.

Poco a poco, se van abriendo paso los vehículos con motor de hidrógeno. En Europa existen tan sólo 300 estaciones de servicio en las que se puede repostar hidrógeno. Comienzan a surgir propuestas de instalaciones de recarga de vehículos en las que el hidrógeno se genera en la propia estación a partir de agua y electricidad, ya sea fotovoltaica o de la red. Una estación experimental en la que la energía se obtiene fotovoltaicamente ha sido impulsada por Honda para abastecer de hidrógeno a su modelo FCX Clarity. En un futuro próximo está previsto instalar en diversas ciudades españolas puntos de recarga de vehículos eléctricos en parkings públicos y en algunas calles. Parece conveniente que los nuevos edificios sostenibles estén preparados para tener una flota de vehículos eléctricos, lo que implica un gran instalación de cargadores eléctricos. Los tiempos de recarga son largos, por lo que se buscan alternativas diferentes. Una posibilidad que se está experimentando en Israel y Dinamarca (Proyecto Better Place) es la de disponer de instalaciones robotizadas que en vez de recargar la batería lo que hacen es cambiar la batería usada por una ya recargada, en cuestión de un par de minutos.

El Green Ambulante Project de Estocolmo imparte cursos de conducción ambientalmente responsable a los conductores de ambulancia. Estos cursos han conseguido disminuir el consumo energético sin alterar la calidad del servicio ni aumentar los tiempos de recorrido.

Los edificios son responsables de aproximadamente el 40% del consumo de energía, por lo que son una de las principales causas de emisión de dióxido de carbono y, por tanto, del cambio climático. Los edificios de uso sanitario son grandes consumidores de energía por permanecer abiertos las veinticuatro horas de todos los días y disponer de gran número de instalaciones. La sociedad ha establecido como una de sus prioridades disminuir el consumo energético en los edificios; las normativas que regulan este consumo son y serán cada vez más estrictas, aunque contemplan excepciones para los edificios sanitarios. La OMS ha establecido unos objetivos energéticos para los hospitales. Muchos centros sanitarios ya han implantado medidas de reducción de consumo. Las actuaciones para lograr esta reducción se centran tanto en edificios nuevos como en la rehabilitación de los ya existentes; se basan en diseño bioclimático, aislamiento térmico, mejora de la eficiencia de las instalaciones, incorporación de energías renovables en los edificios y programas de mantenimiento y control.

Minimización del consumo de agua

«Si os queréis salvar,
aprended a nadar,
u os ahogaréis,
porque los tiempos están cambiando.»
Bob Dylan

EN LOS EDIFICIOS SE CONSUME una cantidad elevada de agua. El agua es un recurso escaso que es preciso tratar antes de su utilización y depurar antes de ser devuelto al medio. Por ello se dedican grandes esfuerzos para minimizar el consumo de agua en los edificios. Algunos de estos esfuerzos van encaminados a la concienciación y educación ambiental de los ocupantes de los edificios, basada en consejos para ahorrar agua sin perder el confort. Otras actuaciones se realizan sobre el edificio propiamente dicho, diseñándolo, construyéndolo y manteniéndolo de forma que el consumo de agua sea el mínimo posible, buscando al mismo tiempo reducir al máximo la cantidad, volumen y toxicidad de las aguas residuales vertidas al sistema de saneamiento.

Un edificio sostenible debe minimizar el consumo y la carga contaminante de las aguas que emplea. En esta línea, el CTE (código técnico de la edificación) establece la obligatoriedad de que todas las unidades de consumo de agua dispongan de contadores individualizados de consumo de agua caliente y de agua fría, para así estimular el ahorro.

El agua que se suministra a los edificios es captada a partir de diversas procedencias: ríos, lagos, aguas subterráneas, e incluso aguas marinas desalinizadas. Una vez captada, el agua hay que transportarla hacia las plantas de tratamiento, generalmente cercanas a los lugares de consumo. En estas plantas de tratamiento se somete el agua a procesos de potabilización que utilizan productos químicos que no son del todo inocuos, ni para la salud humana ni para el medio ambiente; es preciso además dejar cierta cantidad de producto desinfectante en el agua que va a ser suministrada, para tener la garantía de que alguna contaminación accidental en las conducciones no represente un peligro para la salud humana.

Son numerosos los estudios que discuten las ventajas e inconvenientes de los diversos sistemas de desinfección del agua e incluso de si en determinados casos de pureza del agua es mejor tratarla o no tratarla (algunas legislaciones permiten en ocasiones no efectuar tratamientos de desinfección del agua con aditivos químicos). Es evidente que si se disminuye el volumen de agua consumido, disminuirá el volumen de sustancias

químicas utilizadas en su potabilización y desinfección; por lo tanto, menos contaminantes llegarán al medio ambiente (especialmente significativos son los trihalometanos formados a partir de la cloración de aguas con alto contenido de materia orgánica).

Tan sólo una pequeña parte del agua suministrada a un edificio es usada para beber y para cocinar; la mayoría se emplea en tareas de limpieza y saneamiento. Parece pues lógico considerar la posibilidad de efectuar un tratamiento separado de ambos tipos de aguas. Dado que el suministro público es generalmente unitario, se debe actuar en los circuitos internos del edificio. Por ello es muy frecuente en oficinas u hospitales utilizar dispositivos de potabilización, o como mínimo de mejora organoléptica de las aguas, para aquella fracción del agua que entra en una vivienda y que será usada para consumo humano. En algunos casos, dada la mala calidad del agua de suministro público, es conveniente usar mecanismos domésticos de mejora de la calidad del agua destinada a los electrodomésticos o a tareas de limpieza.

Para disminuir el consumo de agua hay en el mercado dispositivos de grifería, ducha, inodoros... cada vez con menor consumo de agua, pero que al mismo tiempo no disminuyen el confort del usuario.

Una parte de las aguas que se usan en un edificio son aguas con baja carga contaminante, como las de los lavamanos o las duchas. Estas aguas, que se denominan grises, pueden ser captadas en una red separativa distinta de la de las aguas destinadas a su vertido a la red de saneamiento. Pueden ser tratadas en aparatos especiales que las depuran y desinfectan hasta el punto de que pueden volver a ser utilizadas en el mismo edificio en que se generaron. Estos usos de reutilización son generalmente los de agua para descarga de inodoros (algunas empresas comerciales recomiendan su uso para otros fines).

Las aguas sucias, también llamadas negras, han de ser vertidas a la red de alcantarillado o saneamiento. Muy a menudo surgen problemas en los sistemas de saneamiento urbano a consecuencia de vertidos inapropiados en los edificios (disolventes, medicamentos, productos químicos...). Por ello, aparte de los programas de educación sanitaria que informan de lo que la población puede verter o no a la red de alcantarillado, se instalan cada vez en mayor número de edificios sistemas de recogida de aguas negras e incluso de pretratamiento de ellas, previo a su vertido a la red pública. En algunos edificios como en hospitales y centros de diagnóstico este tratamiento es de obligado cumplimiento para parte de sus instalaciones.

Instalaciones de potabilización en los edificios

En edificios aislados, desconectados de la red de suministro de agua pública es preciso instalar sistemas de potabilización autónomos. Pero para muchos edificios conectados a la red es conveniente utilizar estos dispositivos para la mejora de la calidad de las aguas, especialmente las de bebida y las de lavado. Algunos hospitales también disponen de estos sistemas para facilitar agua de mejor calidad alimenticia a sus pacientes. La tendencia en construcción sostenible es la de incorporar estos elementos cuando se realiza la obra. Existen diversos tipos.

Ósmosis inversa

Es el sistema que confiere una mayor calidad al agua de consumo. Se basa en someter el agua de suministro a una gran presión, haciéndola pasar a través de una membrana semipermeable que retiene todas las partículas e incluso los virus. El residuo producido en el proceso es eliminado a través de la red de saneamiento y el agua tratada que se obtiene es de gran pureza. Esta agua tratada debe ser acondicionada, ya que a causa de su extrema pureza es demasiado ácida y tiene propiedades corrosivas, lo que hace que en ocasiones ataque las cañerías, y las disuelva en parte; como consecuencia, el agua de bebida obtenida puede llegar a ser perjudicial para la salud. Es conveniente mezclarla en cierta proporción con agua no osmotizada, para obtener una calidad de agua menos agresiva. En estas instalaciones también es aconsejable utilizar cañerías de acero inoxidable y evitar las de cobre, ya que son más fácilmente atacables por el agua ácida.

Un edificio de usos sanitarios debe establecer un programa de control del agua obtenida por este procedimiento.

Filtros domésticos

Existen muchas variantes de filtros que incorporados a los grifos mejoran la calidad organoléptica del agua. La mayor parte se basan en filtros de carbón activo (generalmente a base de productos vegetales como la fibra de coco). Algunos de ellos incorporan una sal potásica que confiere ciertas propiedades eléctricas al filtro, lo que ayuda a retener en él diversos metales.

Estos filtros precisan un mantenimiento adecuado y una reposición periódica para no ser foco de contaminación bacteriana. El filtro, una vez descartado, debe ser eliminado como un residuo especial y ser llevado al centro de tratamiento de dicho tipo de residuos (hecho que raramente se produce).

No se recomienda el uso de estos filtros en edificios de usos sanitarios.

Radiación ultravioleta

La radiación ultravioleta es un gran sistema de desinfección y potabilización de las aguas, ya que actúa sobre el ADN de los gérmenes, destruyéndolos. De hecho es el sistema utilizado en diversas ciudades para potabilizar el agua de suministro público. Presenta el inconveniente de que no confiere poder desinfectante residual al agua tratada, por lo que una contaminación posterior al tratamiento desinfectante no sería eliminada (cosa que sí ocurre con los sistemas de cloración que dejan en el agua cierta cantidad de cloro residual). Un efecto secundario y que depende enormemente de la calidad previa del agua es el de que la energía de la radiación ultravioleta puede favorecer la aparición de nuevos compuestos de propiedades no deseadas.

La radiación ultravioleta es el sistema generalmente usado para desinfectar las aguas grises antes de su reutilización en los inodoros.

Utilaje doméstico de bajo consumo

La tendencia es la de utilizar cada vez un caudal menor de agua en grifos, duchas, sanitarios, urinarios y electrodomésticos. Esta disminución de consumo no debe ir en menoscabo del confort del usuario. Para ello se está utilizando nueva tecnología. La mayoría de las firmas comerciales están lanzando al mercado este tipo de utilaje; generalmente en el sector de mayor precio, aunque alguna de las firmas está presentando líneas de bajo consumo y bajo precio. Los sistemas basados en acoplar un equipo de aireamiento al grifo tradicional están cayendo en desuso.

Se considera que para no perder confort un grifo no debe bajar del consumo de 7 litros por minuto, aunque hay alguna firma que ha puesto en el mercado grifos en forma de cascada con un consumo de sólo 5 litros por minuto, con un alto grado de confort.

Para las duchas se estima que el caudal mínimo de confort es de 9 litros por minuto.

El CTE marca unas pautas de consumo de agua para diferentes utilajes; los equipos que se encuentran en el mercado ya las cumplen.

Por el Decreto de Eficiencia Energética de Cataluña (DEE), los edificios de uso sanitario deben disponer de grifos dotados de temporizadores o sistemas de infrarrojos que hacen que sólo mane el agua cuando detectan la presencia de las manos.

Los grifos con sensores de infrarrojos presentan el gran inconveniente de que utilizan una batería eléctrica que al cabo de unos dos años se descarga. Los últimos modelos están incorporando un sistema de autorecarga eléctrica, aprovechando el chorro de agua que cae.

En urinarios existen diversas opciones de urinarios secos sin consumo de agua (uno de ellos incluso está certificado con la acreditación de materiales sostenibles «C2C»).

En inodoros se ha reducido el consumo de 8 litros por descarga a 4. Incluso hay en el mercado sistemas de succión por aire, de menor consumo de agua, e incluso inodoros secos con compostaje incluido de las heces para su posterior aprovechamiento como abono (aunque son minoritarios y de dudoso confort).

Los nuevos electrodomésticos consumen cada vez menos agua, ello se consigue modificando su capacidad de carga, ajustándola según las necesidades e incorporando nuevas tecnologías más respetuosas con el medio ambiente, como la ozonización, que disminuye la necesidad de uso de productos químicos de limpieza. Algunas administraciones exigen que los nuevos electrodomésticos tengan tomas separadas para agua caliente y agua fría, para así poder conectarlos al circuito de ACS solar de la casa y evitar el gran consumo de energías no renovables que necesitaría el electrodoméstico para calentar el agua mediante resistencias eléctricas.

Reutilización de aguas grises

Las aguas grises son las procedentes de duchas y lavamanos (se excluyen las de cocina por incorporar demasiada grasa). Son recogidas en una red separativa, diferente de la de las aguas de consumo y de las negras. En el momento de la construcción del edificio esto no representa un coste adicional excesivo. Una vez recogidas son llevadas a un equipo de tratamiento que las hace aptas para su uso en inodoros, y según alguna firma comercial incluso para su uso en lavadoras, excepto el aclarado final.

El proceso de tratamiento consiste en una filtración seguida de un tratamiento biológico aerobio con separación de fangos que son vertidos a la red de saneamiento, y una sedimentación y desinfección final por radiación ultravioleta. En un edificio tipo, este sistema permite un ahorro de consumo de agua de un 40% aproximadamente. La tendencia es la de incorporar estos sistemas en los bloques de edificios, recogiendo las aguas de todos los vecinos y devolviéndolas a los inodoros, sin pasar, por lo tanto, por ningún contador adicional de consumo de agua.

En principio no se recomienda esta reutilización para edificios de uso sanitario.

Aprovechamiento de aguas pluviales

Las aguas de lluvia generalmente no se aprovechan. Además, en caso de lluvias torrenciales provocan graves problemas de erosión, desbordamiento de alcantarillas e inundaciones de sótanos. Estos problemas se agravan en zona urbanas donde la

pavimentación dura de la práctica totalidad de la superficie urbana impide la penetración de las aguas de lluvia hacia el subsuelo, impidiendo así la recarga de las aguas subterráneas y creando graves problemas de escorrentía.

Para evitar estos problemas y minimizar el consumo de agua, existe la tendencia a captar las aguas de lluvia en los edificios para su aprovechamiento en la propia construcción. Algunos edificios incorporan elementos arquitectónicos especiales para la captación de esta agua, un buen ejemplo es el proyecto de la Editt Tower de Ken Yeang. En numerosas ciudades, como por ejemplo Barcelona, los nuevos edificios deben contar con una red separativa que permita la captación de aguas pluviales separada del resto de las aguas del edificio.

Una vez captada el agua de lluvia puede ser usada tras un ligero tratamiento, para riego de zonas verdes, en los sanitarios, en la red antiincendios o como agua de soporte a la instalación de climatización. Un caso especial de aprovechamiento de pluviales es el de los tejados verdes en los que el agua es retenida por la vegetación y la tierra del propio tejado; algunos de éstos disponen de una base filtrante que permite el paso del agua, que así puede ser almacenada en un aljibe que además de actuar como reserva de agua también juega el papel de aislante térmico de la cubierta del edificio.

El almacenamiento de este tipo de agua se debe controlar para evitar que puedan desarrollarse en él mosquitos u otros agentes biológicos. Es preferible guardar esta agua en depósitos subterráneos protegidos de la luz y los animales.

Piscinas naturalizadas

En edificios de uso público es frecuente disponer de piscinas. La piscina clásica utiliza sistemas de filtrado y desinfección agresivos con el medio ambiente e incluso con la piel y mucosas de los usuarios. Para evitar estos inconvenientes se está comenzando a utilizar piscinas naturalizadas que no utilizan productos químicos.

Una piscina naturalizada se basa en la recirculación de su agua a través de filtros de arena. Una vez filtrada el agua, se vierte a una parte del vaso de la piscina en la que se ha desarrollado un cultivo vegetal (normalmente Phragmytes) que depura el agua de forma natural. Una vez depurada biológicamente, el agua pasa al recinto principal del vaso de la piscina.

Nuevas tendencias

Se están desarrollando nuevas tecnologías para el aprovechamiento de aguas que antes no se utilizaban. El objetivo es el de minimizar su consumo.

Un ejemplo innovador es el del acuario de la ciudad de Nueva York, que padece una fuerte humedad relativa por la noche. Usando bolas de policarbonato se consigue condensar esta humedad, transformándola en agua que es utilizada para riego de las instalaciones. Además disminuye la molesta humedad ambiental.

Para proteger el medio ambiente se debe utilizar la menor cantidad de agua posible y devolverla al medio en las mejores condiciones factibles. La disminución de consumo se basa en el uso de griferías de bajo caudal, pero buen confort, y en el aprovechamiento de las aguas grises y pluviales, exclusivamente para aquellos usos en que sea viable; usos que en el caso de los centros sanitarios quedan muy restringidos. Comienzan a efectuarse pretratamientos de las aguas residuales antes de su vertido a la red pública de alcantarillado; estos pretratamientos ya son obligatorios en los centros sanitarios para aquellas aguas que puedan contener trazadores radiactivos o similares.

Emplazamiento del edificio

«La salud humana es un reflejo
de la salud de la Tierra.»
HERÁCLITO

LAS CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES del emplazamiento de un edificio destinado a funciones sanitarias es muy importante tanto desde el punto de vista ambiental como del de la salud y bienestar de trabajadores y usuarios.

Frecuentemente existen muchas limitaciones para seleccionar la ubicación de un nuevo edificio. Una primera consideración que tener en cuenta en la selección son los aspectos urbanísticos, ya que el edificio debe estar en armonía con la planificación urbanística del área; además una instalación con funciones sanitarias necesita una buena comunicación de transporte público, así como con las principales vías de comunicación.

También es preciso conocer la contaminación del terreno, ya se trate de una contaminación de origen humano o natural; así como la calidad del aire que rodea el edificio (máxime cuando la tendencia es a incrementar las tasas de renovación del aire de este tipo de instalaciones, con abundante aire del exterior). En todos los casos, el análisis de las características del entorno es básico, ya que permitirá construir de manera adaptada a ellas, y ello redundará en mejoras ambientales, de bienestar y de salud.

Hay que evitar, siempre que sea posible, desperdiciar terrenos de alto valor ecológico con nuevas construcciones. Sin embargo, es muy beneficioso que una instalación sanitaria esté conectada con la naturaleza, ya que dicha conexión favorece la salud y el bienestar, tanto de enfermos y familiares como de profesionales.

Otros aspectos que deben contemplarse son la prevención de la contaminación causada por la obra durante la construcción y el impacto posterior del edificio en funcionamiento, sobre su entorno; aspectos como la contaminación lumínica o el aumento del efecto «isla de calor» se deben tener en cuenta.

Contaminación del emplazamiento

El nuevo emplazamiento puede estar afectado por problemas de contaminación del suelo, ya sea ésta natural o de origen humano. También influye la contaminación química, física o biológica de su entorno. Estos factores deben conocerse y tenerse en

cuenta en el momento de la construcción, y posteriormente durante el funcionamiento del edificio.

Contaminación química del suelo

En muchos terrenos existe una contaminación de origen humano causada por antiguas instalaciones industriales, depósitos de residuos o fugas de combustibles. Las más frecuentes pueden desprender compuestos orgánicos volátiles (COV). Estos COV pueden llegar a penetrar dentro del edificio, y así afectar a sus ocupantes. Este fenómeno se produce especialmente cuando el edificio entra en depresión al calentarse, con lo que se producen salidas de aire caliente por su parte superior y como consecuencia el edificio succiona gases del subsuelo. Los efectos producidos por estos gases dependen del contaminante de que se trate, ya que no es lo mismo un residuo de plaguicida que un hidrocarburo ligero.

Es preciso conocer el estado del terreno antes de comenzar a construir. Si es necesario, el suelo se debe sanear de manera previa a la construcción del nuevo edificio, siguiendo los criterios de descontaminación de suelos contaminados.

Cuando se trata de rehabilitar el terreno bajo un edificio ya construido, la descontaminación del suelo será prácticamente inviable y será necesario recurrir a técnicas de saneamiento basadas en aislar el recinto de los gases que se desprendan, canalizando éstos hacia el exterior (en el caso de que sean altamente tóxicos será preciso descontaminarlos mediante los filtros apropiados). La técnica de saneamiento más apropiada para estos casos es la de instalar tubos de permeación en el subsuelo y crear una aspiración en ellos, con lo que se forma una depresión que canaliza los gases del subsuelo hacia el exterior, ya sea previa filtración o no.

Contaminación por radón

Puede existir también una contaminación natural del terreno. El principal problema es el causado por el radón que se desprende de determinados tipos de suelos. Este gas es responsable de aproximadamente el 10% de los casos de cánceres de pulmón. Los terrenos que más lo desprenden son el granito y sus materiales de descomposición, determinadas rocas fosfóricas y algunas tierras radiactivas. También puede desprenderse de aguas subterráneas que atraviesan dicho tipo de terrenos. Existe un mapa de suelos españoles susceptibles de emitir radón; sin embargo, este mapa se debe tomar tan sólo de manera orientativa, ya que en zonas teóricamente conflictivas puede haber terrenos que no desprendan radón y al revés. Por ello es conveniente en todos los casos efectuar una determinación analítica de radón (se trata de un análisis muy sencillo y económico).

El radón es un gas noble que se desprende de manera natural en los terrenos citados.

Como gas noble que es, no reacciona con compuestos químicos. Pero se trata de un gas con propiedades radiactivas que va transformándose espontáneamente en nuevos compuestos. Uno de estos compuestos es una partícula sólida de aproximadamente una micra de diámetro que es emisora de partículas radiactivas alfa. Al respirar un aire que contiene estas partículas, penetran en los pulmones y quedan retenidas en ellos, irradiándolos con partículas alfa que a la larga provocan cáncer de pulmón. Como se ha citado anteriormente, las autoridades sanitarias estiman que aproximadamente el 10% los cánceres de pulmón que se producen en España tienen su origen en el radón que se desprende de los terrenos y penetra en los edificios.

El primer caso detectado de contaminación radioactiva por radón es del año 1984 cuando un trabajador de una central nuclear de Estados Unidos, en su control rutinario de dosis radioactiva recibida, presentó unos niveles extremadamente elevados. Era el único trabajador de la central en mostrar dichos niveles. Por ello se supuso que la causa debía de estar en su hogar, y así fue; se trataba de un hogar con unos niveles inusualmente elevados de radioactividad que una vez investigados se demostró procedían del radón.

No es viable sanear totalmente los terrenos que desprenden radón, por lo que se hace preciso evitar que este gas penetre en los edificios. Para ello se establece una ventilación, natural o forzada según el caso, por debajo del forjado sanitario con lo que el radón ya no penetrará en el recinto. En edificios ya construidos, en los que no es posible establecer una ventilación forzada bajo forjado, se recurre a sistemas de instalar tubos de permeación en el terreno para captar y expulsar los gases, similares a los empleados en el caso de los COV.

Se debe evitar la toma del aire fresco de los sistemas de renovación de lugares donde se pueda acumular el radón.

El radón es un gas 7,5 veces más pesado que el aire, por lo que tiene tendencia a acumularse en las partes más bajas de los edificios, por lo que es en ellas donde más precauciones se deben tomar para evitar su acumulación.

Hasta la fecha no existe en la legislación española límites a las concentraciones de radón en los edificios, excepto en la comunidad de Galicia, que los estableció en el año 2009.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido unos valores límites recomendados de exposición al radón de 100 Bq/m³. Este valor representa una drástica reducción del que había sido propuesto en 1996, que era de 1.000 Bq/m³. Los informes sanitarios estiman que el riesgo de padecer cáncer de pulmón se incrementa en un 16% cuando la concentración de radón aumenta en 100 Bq/m³.

La Unión Europea recomienda unos niveles de 400 Bq/m³ en edificios viejos y de 200

Bq/m³ en edificios nuevos.

Algunos materiales de construcción también pueden desprender algo de radón, especialmente los granitos y algunos plafones que usan materiales reciclados procedentes de cenizas. Un material acreditado sosteniblemente no emitirá dicho gas.

La determinación analítica de radón es muy sencilla. Se utiliza un contador Geyger que se coloca en el punto más bajo del edificio o del terreno (el radón se acumulará en ese punto). El contador debe quedar protegido para evitar que se halle en una zona ventilada, ya que de ser así se dispersaría el radón. Se contabiliza el número de impactos de radiación ionizante que registra el detector a lo largo de un período de un par de horas y se divide por el número de minutos de exposición. Este valor se divide por 0,435 e indica el nivel en Bq/m³.

Una cifra de 44 impactos por minuto equivaldría al nivel máximo recomendado por la OMS.

Debe tenerse presente que parte de las radiaciones detectadas proceden de la radiación cósmica del fondo de la Tierra. Su nivel depende del sitio y del momento, pero es aproximadamente de entre 20 y 25 impactos por minuto.

En caso de detectar valores bajos no es preciso efectuar más análisis, pero si los valores son moderadamente elevados es necesario encargar a una empresa especializada un análisis cuantitativo más preciso.

Debe destacarse que el radón ha sido utilizado, y aún lo es, para determinados usos médicos. En el siglo XIX se exponía a pacientes afectados de tuberculosis a niveles elevados de radón en el interior de las minas de carbón. En el fondo se trataba de una primitiva forma de radioterapia intuitiva, ya que las partículas alfa radioactivas procedentes del radón irradiaban los nódulos tuberculosos.

Después de la segunda guerra mundial se reactivó la actividad extractiva en una antigua mina de oro abandonada en Bad Gastein (Austria). Algunos de los mineros eran de cierta edad y notaron como sus molestias de reuma y artritis mejoraban dentro de la mina. Ésta fue la base para la creación, o adaptación, de balnearios con curas basadas en el uso de radón a bajas dosis y bajo control médico. Son abundantes en Centroeuropa y existen algunos en España. La eficacia de estas instalaciones es fuertemente discutida.

Alteraciones del campo magnético terrestre

Los terrenos pueden presentar contaminaciones de tipo físico que afecten a trabajadores y usuarios de los edificios de uso sanitario y de los edificios en general. Las más importantes son las alteraciones del campo magnético terrestre. La influencia de estas alteraciones sobre la salud humana no está demostrada científicamente al 100%, pero existen abundantes indicios de que tienen una influencia importante sobre el tono

muscular, los mecanismos relacionados con el descanso, y a largo plazo sobre el debilitamiento del sistema inmunológico, con la correspondiente aparición de enfermedades.

Dado que existe incertezas sobre los efectos producidos, no existe normativa que fije unos límites de exposición al campo magnético terrestre. Tampoco se han encontrado establecimientos de uso sanitario que hayan tenido presente este factor en su construcción; quizás tan sólo el Beth Israel Medical Center de Nueva York. Sin embargo, las alteraciones del campo magnético terrestre están siendo cada vez más contempladas en bioconstrucción.

El campo magnético terrestre se genera básicamente por el movimiento de giro de la Tierra. El núcleo del planeta es una masa de metales en fusión que al girar produce un efecto dínamo. La circulación de este campo magnético se establece entre los polos norte y sur magnéticos. Las líneas de fuerza llegan al espacio exterior, donde se aplanan en dirección al Sol (por interactuar con su campo magnético) y se expanden hacia el exterior por el lado opuesto. Los polos magnético y geográfico no coinciden, sino que están separados aproximadamente en unos 10 grados actualmente. Esta separación fluctúa con el tiempo a lo largo de miles de años y es una de las causas de los cambios climáticos.

El campo magnético terrestre se distribuye en forma de retículas por toda la superficie del planeta. Estas mallas reciben distintos nombres, las más conocidas son la Hartmann y la Curry. Los geobiólogos consideran que algunos puntos de estas redes son especialmente peligrosos, sobre todo los nudos en que se cruzan, y las superposiciones entre ellas y las alteraciones geológicas como fallas del terreno, corrientes subterráneas de agua y depósitos de minerales.

La existencia de redes como la Hartmann y la Curry, y sobre todo su influencia en la salud, son discutidas. Su presencia se debe detectar mediante procedimientos parecidos a los de los antiguos zahoríes mediante péndulos y varillas de diversas formas y tamaños.

Las alteraciones del campo magnético producidas por corrientes de agua subterráneas, fallas del terreno o depósitos subterráneos de minerales son fácilmente detectables en superficie. Una forma de detectarlas es mediante el uso de varillas como las antes citadas para el caso de las redes geomagnéticas. Pero también pueden usarse geomagnetómetros o, aún mejor, contadores de centelleo de radiación gamma. La alteración del campo magnético en la superficie se detecta a lo largo de toda la altura de un edificio, excepto en el caso de que se deba a depósitos subterráneos de minerales, en cuyo caso el valor desciende a medida que aumenta la altura sobre el terreno.

En construcción debería evitarse que los lugares con importantes alteraciones del campo magnético sean destinados a espacios de larga estancia.

No existen límites legales para las alteraciones el campo magnético terrestre. Los valores recomendados por el IBN (Instituto de Bioconstrucción alemán) señalan que una alteración de 200 a 1.000 nanoteslas es fuertemente significativa, y una variación de más de 1.000 nanoteslas es extraordinariamente significativa.

A los alumnos de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (UPC) se les recomienda que eviten en sus proyectos destinar los lugares en que se detecte una alteración superior a 6.000 nanoteslas a espacios en que los ocupantes pasen largos períodos de tiempo.

Los contadores de centelleo miden la radiación radioactiva natural, gama y neutrónica de la Tierra. Esta radiación viene modificada por algunas de las alteraciones del subsuelo asociadas al campo magnético terrestre. El IBN considera una perturbación del 20% al 50% fuertemente significativa, y extremadamente significativa por encima del 50%.

Para evitar las consecuencias de estas alteraciones allí donde se produzcan, no existen técnicas constructivas apropiadas ni materiales que puedan neutralizarlas, aunque se están empezando a utilizar diversos aparatos de eficacia aún no probada para neutralizarlos. La mejor solución es evitar los puntos del terreno con mayores alteraciones para que no sean usados para ubicación de camas o de lugares donde las personas pasen largos períodos de tiempo.

Calidad del aire exterior

La contaminación del aire del exterior que rodea el edificio afecta al propio edificio. Esta contaminación puede ser química, física o biológica y puede penetrar a través de ventanas y aberturas, o incluso puede ser introducida involuntariamente con el aire de renovación de los sistemas de climatización; algunos contaminantes físicos como las radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia pueden atravesar las paredes del edificio.

La contaminación química puede provenir de instalaciones de combustión (a veces del propio edificio), de vehículos automóviles o de instalaciones industriales. Es preciso evitar en la medida de lo posible aquellos emplazamientos con una fuerte contaminación atmosférica, y en todo caso controlar que todos los focos próximos de contaminantes cumplan la legislación vigente. La toma de aire de renovación de los sistemas de climatización debe efectuarse en lugares y horas del día en que este aire sea de mejor calidad (éste es a menudo un problema de difícil solución).

Las contaminaciones físicas más importantes son el ruido y los campos electromagnéticos de origen humano, como telefonía móvil, líneas de alta tensión, transformadores eléctricos, emisoras de radio o televisión... Se deben identificar y controlar las instalaciones de este tipo próximas al edificio (véase capítulo «Calidad ambiental interior»).

La contaminación biológica más importante de un edificio es la que se produce en su interior a partir de humedades. La contaminación biológica procedente del exterior es especialmente importante en lo que concierne a las alergias. Debe vigilarse la calidad del aire y establecer los mecanismos de filtrado apropiados en los sistemas de renovación de aire.

Especial cuidado se debe tener hoy en día con los tejados verdes. Se debe evitar poner en ellos especies vegetales susceptibles de generar polen alergógeno. Igualmente se deben mantener de forma apropiada, para evitar que estas especies potencialmente peligrosas los invadan y colonicen. También debe evitarse que se conviertan en lugares de reproducción de diversos animales, como por ejemplo el mosquito tigre.

Preservar el valor ambiental del lugar

La construcción de un nuevo edificio de uso sanitario debe preservar y, si es posible, mejorar el valor ecológico del terreno. Las acciones deben tomarse tanto en función del proceso de construcción como del funcionamiento de la instalación.

El nuevo hospital de Monte Carrasco (Pontevedra) ha sido proyectado de manera que se minimice su impacto sobre el territorio y el paisaje.

Minimizar el uso de terrenos de alto valor ecológico

La sociedad cada vez ocupa más terrenos, dejando menos espacios naturales. Uno de los principios de construcción sostenible es el de no desperdiciar terrenos de alto valor ecológico. Para ello, se recuperan antiguos edificios o se descontaminan solares que han resultado afectados por actividades anteriores.

Un ejemplo es el Dell Children's Medical Center of Central Texas que ha sido construido sobre las antiguas instalaciones del aeropuerto Austin's Mueller, que estaba fuera de uso y cuyo terreno estaba fuertemente contaminado por disolventes y combustibles. El solar se descontaminó y regeneró. Además, 47.000 toneladas de material de derribo de las antiguas pistas fueron reutilizadas en la nueva construcción.

El hospital Queen of the Valley de Napa, California, se edificó sobre un antiguo edificio de almacenes abandonado.

El Providence Newberg Medical Center se diseñó para disminuir su huella ecológica en conjunto y se dotó además con grandes espacios de áreas verdes.

El Concord Hospital, Massachusetts, dispone además de un tejado verde visible que se integra en el entorno.

Proceso de construcción

Durante el proceso de construcción se debe evitar la contaminación del medio. Este punto es citado expresamente en todos los sistemas de acreditación de edificios sostenibles.

Un aspecto que se debe evitar es el de la erosión del terreno en que se está construyendo. Esto ocurre frecuentemente por la escorrentía de las lluvias. Hay que evitarlas mediante diques de contención o medidas equivalentes.

También es preocupante la gestión de los residuos de la construcción. Actualmente existe en España normativa específica bien conocida y que regula este aspecto.

Jardines sanadores y criterios feng shui

La luz natural, las plantas, el agua o los jardines desempeñan un importante papel en la recuperación de la salud y el bienestar. Este papel ha quedado claramente demostrado. En el siglo XIX todos los hospitales disponían de jardines, espacios que se fueron abandonando progresivamente para aumentar las áreas edificadas. La construcción sostenible otorga a los jardines un papel importante, tanto en edificios de uso sanitario como en general.

Los jardines sanadores tienen varias funciones:

- Facilitan la percepción del cambio de estaciones y por tanto ayudan a conectar a las personas con la naturaleza cambiante. El Kiseki No Hoshi de Japón tiene un invernadero con jardín sanador en el que se busca el reequilibrio personal y la calma mediante una combinación de naturaleza y arte.
- Aportan luz natural a las dependencias del edificio.
- Crean una atmósfera de colores y olores, y facilitan zonas de paseo.
- Favorecen la infiltración natural en el terreno de las aguas de lluvia, impidiendo así las escorrentías.
- Bien diseñados establecen una integración y conexión del edificio con su entorno natural. El diseño del Concord Hospital se centró en establecer esta conexión.

Las plantas utilizadas en los jardines sanadores son especies autóctonas, de bajo consumo en agua, que varían de aspecto en función de la estación del año. Algunos de ellos incorporan plantas de uso medicinal, en ocasiones las específicas para el tratamiento de la enfermedad en la que el hospital está especializado. La última tendencia es la de disponer de un espacio de uso hortícola para la producción de alimentos orgánicos que se consumen en el propio establecimiento, así como para terapias de

determinados tipos de pacientes.

El Children's Hospital and Health Center de San Diego ha creado un jardín sanador especialmente destinado a los niños.

Otros hospitales que en su presentación hacen mención de sus jardines sanadores son el Providence Newberg Medical Center o el St Luke's Medical Center. Sin que se haga mención expresa de ello en su presentación puede considerarse que los jardines del Instituto Guttmann de Barcelona son un ejemplo de jardines sanadores.

Algunos hospitales van más lejos y, además de jardines sanadores, han incorporado los criterios *feng shui* a su diseño y funcionamiento. Es el caso del Beth Israel Medical Center de Nueva York. En este hospital, todo, sillas, cortinas, fontanería..., ha sido diseñado con la idea de lograr un ambiente favorable para la curación, según los principios del *feng shui* y de la arquitectura ecológica: luz natural, plantas, madera, corcho, lana...

Este centro combina la medicina convencional con las terapias naturales.

Muchos de los criterios *feng shui* coinciden con los de la arquitectura sostenible. Por ejemplo que el *chi* o energía deba recorrer todos los espacios y rincones de una habitación equivale a los criterios de ventilación cruzada. Algunos puntos son más específicos del *feng shui*, como que los bajantes de agua no pueden circular por la parte central del edificio, para que éste no se vacíe de energía, o evitar las formas claramente puntiagudas que concentran la energía desprendida del edificio hacia algún lugar concreto del exterior.

Aspectos menos técnicos del *feng shui* son los que relacionan las diversas partes de un edificio con aspectos básicos de la personalidad humana, incluida su parte espiritual. Para ello divide una estancia en ocho áreas diferentes siguiendo una plantilla llamada «Pa-kua». Cada área representa una idea: amor, familia, salud, amistad, dinero... En cada área se disponen elementos que tengan relación con el concepto asignado; por ejemplo fotos de los antepasados en el sector familia. Se logra así que la estancia en la propia vivienda recuerde en el día a día aspectos importantes para el desarrollo de la vida de una persona.

Existen, especialmente en Oriente, talleres de arquitectura especializados en usar estos criterios *feng shui* (uno de estos equipos fue contratado para el proyecto de una vivienda singular en Barcelona).

Tejados verdes o reflectantes

Los tejados de las instalaciones sanitarias pueden desempeñar diferentes papeles relacionados con la sostenibilidad y con la protección de la salud.

Los más populares son los tejados verdes que se integran en su entorno y proporcionan zona verde urbana. Normalmente son visitables y pueden ser usados como

jardines sanadores.

Un tejado verde precisa de un sistema constructivo especial. Para crearlos se ha popularizado el uso de «losas filtrón» que permiten el paso del agua hacia un aljibe situado bajo ellas, mientras que en su superficie se dispone un geotextil y sustrato adecuado para las plantas. El tipo de plantas que utilizar es el mismo que el indicado para los jardines sanadores, aunque normalmente se evitan las de elevado porte y se escogen especies de poco consumo de agua y escaso mantenimiento. El agua recogida sirve para regar el jardín, pero también como aislante térmico y regulador de las aguas pluviales; se evitan las escorrentías.

Se debe tener un cuidado especial en no introducir en los tejados verdes especies vegetales susceptibles de producir polen alergógeno. En un jardín situado a nivel del terreno es más fácil mantener el control de plantas invasoras, pero en un tejado es muy posible que éstas colonicen el tejado verde y que se introduzcan en él especies con poder alergógeno.

Un tejado verde ayuda a disminuir el efecto «isla de calor» de las ciudades (las aglomeraciones urbanas acostumbran a tener una temperatura 3 ó 4 grados superior a la de sus alrededores). La razón es que al ser una zona verde no se calienta tanto como una superficie de cemento o similar.

Un caso especial es el de los tejados reflectantes. En este caso no sólo disminuyen el efecto «isla de calor», sino que además contribuyen a disminuir el calentamiento global. Uno de los factores que contribuye a dicho calentamiento global es el de que al disminuir el tamaño de los casquetes polares y las masas de glaciares de las altas montañas, la Tierra tiene menos superficie blanca y, por lo tanto, refleja menor cantidad de radiación solar. Éste es el mismo principio por el que en climas cálidos las casas se pintan de color blanco. La idea de los tejados reflectantes es que ya que disminuye la capa blanca de la Tierra, su efecto puede ser compensado en parte con tejados que reflejen la luz solar.

Un ejemplo es una vez más el Providence Newberg Medical Center, ya que los tejados de sus edificaciones están cubiertos con un termoplástico blanco de alto poder reflectante.

Disminución del impacto ambiental del edificio en funcionamiento

Los edificios de uso sanitario deben consumir la menor energía posible. Al mismo tiempo deben vigilar que sus instalaciones no creen problemas de contaminación a los edificios vecinos. Especial interés tienen en este sentido las emisiones contaminantes de las instalaciones de combustión, el ruido y los agentes biológicos, en especial la legionela procedente de las torres de refrigeración.

Las aguas de lluvia no deben causar problemas de escorrentía. Los tejados verdes funcionan bien en este sentido, pero también es frecuente recoger las aguas pluviales para

su aprovechamiento posterior en inodoros, riegos, red antiincendios...

Un caso especial de escorrentía es el que se produce en las áreas de parking, ya que en su pavimento suelen depositarse restos de combustible y diversos hidrocarburos parcialmente quemados, que el agua de lluvia podría arrastrar hasta lugares indeseados. Para evitarlo se instalan sistemas de recogida de esta agua, que una vez depurada, o como mínimo decantada, es devuelta al medio.

La contaminación lumínica se ha convertido en un problema importante. Los edificios se han adaptado para disminuir su impacto lumínico. En el caso de los hospitales y similares esto es aún más importante, ya que se procura que durante las horas destinadas al sueño la iluminación sea lo más apropiada posible para evitar que se interrumpa el ciclo de secreción de la melatonina. El Matthew Hay Building de la Universidad de Aberdeen (premio BREEAM 2008) tiene durante la noche una iluminación adaptada y diferente a la del día.

La calidad del emplazamiento de un edificio influye poderosamente sobre éste y sobre la salud de los que lo ocupan. Antes de construir, se debe conocer la calidad ambiental del terreno y la existencia de posibles focos contaminantes en los alrededores; es conveniente mejorar estas condiciones todo lo que sea posible. Las técnicas de construcción y el uso de determinados materiales pueden corregir algunos de los problemas. Los problemas principales relacionados con el terreno son que desprenda radón o esté contaminado por compuestos orgánicos volátiles; se discute sobre la influencia de las alteraciones del campo magnético terrestre, aunque siempre que sea posible es preferible ubicar los sitios en que se haya de permanecer mucho tiempo sobre lugares no alterados. Los problemas creados por la presencia cercana de focos contaminantes depende del tipo e intensidad de contaminación, ésta puede ser química, física o biológica.

Se debe evitar la utilización de terrenos de alto valor ecológico para la construcción. Siempre que sea posible, el nuevo edificio debe compensar la huella que ha dejado sobre el territorio; la forma más usual de compensación es la de crear tejados verdes.

La tendencia de los nuevos centros sanitarios es la de recuperar los jardines sanadores, mediante la creación de zonas verdes para uso de los pacientes y empleados.

Materiales para la construcción sostenible

«Nuestra época es retrospectiva. Construye los sepulcros de los padres. Escribe biografías, historias y críticas. Las generaciones anteriores contemplaban a Dios y la naturaleza cara a cara; nosotros, a través de sus ojos.

¿Por qué no disfrutamos también nosotros de una relación original con el universo?»

Ralph Waldo Emerson

EL OBJETIVO DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE es el de proteger el medio ambiente y al mismo tiempo la salud y el bienestar de las personas. Para conseguir estos fines, los materiales que se usan en construcción sostenible deben ser especialmente diseñados, construidos y utilizados. Existe cierta tendencia a utilizar materiales naturales (especialmente en bioconstrucción), pero la moderna tecnología ofrece muchos materiales que pueden alcanzar perfectamente los objetivos de la construcción sostenible.

Sea cual sea el origen de los materiales, éstos deben cumplir una serie de características para ser aptos para la construcción sostenible.

Características de los materiales de construcción sostenible

No agotar recursos naturales

Deben proceder de fuentes renovables como el corcho o la madera, o de materias primas muy abundantes, como por ejemplo arena o determinados tipos de rocas. Lógicamente existe disparidad de criterios respecto de los materiales procedentes de derivados del petróleo, aunque en general son aceptados si en el conjunto de su ciclo de vida son respetuosos con el medio ambiente, y su uso presenta ventajas ambientales y para la salud y el bienestar de las personas.

Se debe tener presente que aproximadamente el 40% del consumo de materias primas del mundo se destina al sector de la construcción. Es evidente la importancia que tiene que estos materiales sean sostenibles.

No consumir energía en exceso

Para evaluar la energía realmente consumida por un producto debe tenerse en cuenta todo el ciclo de vida del producto. Así, no ha de consumir mucha energía en su proceso

de fabricación ni en su transporte hasta el lugar en que va a ser usada. También debe contribuir a disminuir el consumo energético de la edificación en que es utilizado, y finalmente no debe consumir energía en su reciclaje o disposición final.

Un punto de fuerte discusión es el de que hay materiales con buen poder aislante térmico, y que por tanto disminuyen el consumo de energía del edificio en que son utilizados, pero que consumen mucha energía en su proceso de fabricación, por lo que a veces el cálculo de consumo energético final los hace ambientalmente desaconsejables. La tendencia actual es la de intentar recuperar la energía utilizada en su fabricación, mediante el reciclado del material, como en el caso del aluminio, o bien mediante la incineración con valoración energética al final de su vida útil. Véase como ejemplo el coste energético de obtención de diversos materiales:

- Aluminio de primera fusión: 34.000 kWh/ton.
- Poliestireno expandido: 23.000 kWh/ton.
- Poliuretano: 18.000 kWh/ton.
- Lana de vidrio: 14.000 kWh/ton.

Podría ocurrir que la energía consumida en la fabricación de algunos materiales aislantes fuese superior a la que el edificio en que se utilizan ahorrará en 40 años.

Un ejemplo real contribuye a aclarar este concepto. El proyecto de rehabilitación del barrio Verdún en Barcelona, con 210 edificios y 1.464 viviendas, aislará fachadas e impermeabilizará las cubiertas. El ahorro potencial estimado es del 70% en calefacción, lo que representa un ahorro neto de energía del 28%. Si en los cálculos teóricos se introduce la energía incorporada en la fabricación de los materiales de aislamiento utilizados, el ahorro neto conseguido disminuye al 25%, teniendo en cuenta una vida útil del aislamiento de 20 años.

El consumo energético en el transporte de los materiales es una de las características contempladas en los procesos de acreditación de edificios, ya que sería un sinsentido considerar ecológico un material que ha gastado enormes cantidades energéticas en su viaje desde su punto de fabricación hasta el lugar en que se va a instalar. Este aspecto es un reflejo más del desequilibrio causado por no dar suficiente importancia a la repercusión ambiental del consumo de combustibles para transporte en un mundo globalizado.

Ser respetuosos con el medio ambiente al final de su vida útil

La tendencia es utilizar materiales y técnicas de construcción que permitan una fácil

deconstrucción, es decir, que al final de la vida útil del edificio sean fácilmente desmontables y reutilizables. Por ello se evitan los materiales compuestos de dos o más tipos de materias primas, ya que dificultan su posterior reciclado. Todo material debería ser reintegrable de nuevo en el circuito de materias primas, ya sean inorgánicas u orgánicas. Existe en este hecho un paralelismo con los criterios de la arquitectura orgánica de Lloyd Wright o Gaudí, entre otros.

Han de servir para el uso que se les ha encomendado

En algunas ocasiones, las normativas de construcción sostenible son demasiado rígidas y persiguen objetivos parciales (especialmente la disminución del consumo de energía). Por ello es frecuente que establezcan unos criterios que sólo pueden cumplir determinados materiales. Materiales que analizados a lo largo de todo su ciclo de vida podrían resultar mucho menos sostenibles que otros que no cumplen los criterios legalmente establecidos. En algunos casos, estas normativas podrían llegar a considerarse como vulneradoras de las reglas de la libre competencia. Es preciso promulgar normativas que tengan una visión global de la sostenibilidad para evitar estos errores.

Ser biocompatibles

Una primera característica de biocompatibilidad es la de no desprender sustancias tóxicas. Estos tóxicos pueden ser compuestos químicos como el formaldehído, diversos orgánicos volátiles o fibra de vidrio entre otros. Pero también pueden ser de tipo físico como las radiaciones desprendidas por algunos materiales cerámicos, el granito, los aditivos de fósforo en algunos plafones de yeso o diversos aditivos del cemento. Muchos materiales naturales presentan altas características de biocompatibilidad.

Acreditación de materiales para construcción sostenible

Para certificar que un material es sostenible existen diversas etiquetas acreditativas. No todas son iguales, ya que algunas prestan más atención a unos aspectos y otras a otros. Las características generales de los materiales certificados por estas etiquetas son las ya descritas en el capítulo anterior.

Diversas normativas impulsan el uso de materiales certificados. Un buen ejemplo es el Decreto de Ecoeficiencia de la Generalitat de Catalunya (21/7/2006) (DEE), que en su artículo 6.2 establece: «Al menos una de la familias de productos de los utilizados en la construcción de un edificio, entendiendo como familia el conjunto de productos destinados a un mismo uso, habrá de disponer de un distintivo de garantía de calidad».

Criterios C2C (<http://www.c2ccertified.com>)



Son las etiquetas que corresponden a los criterios «Cradle to cradle» de MacDonough y Braungart.

El criterio básico de estas etiquetas es el de no intentar hacer menos malo ambientalmente un producto, sino rediseñarlo desde el principio para que esté totalmente integrado en los procesos de la naturaleza, desde su principio a un nuevo principio (*cradle to cradle*). Uno de sus objetivos básicos es que no se produzcan residuos, todo es reutilizable o recicitable, dentro de los ciclos orgánicos o inorgánicos. No deben generarse residuos, y además el material utilizado debe conservar sus características originales sin perder calidad en el proceso de reciclado.

Esta etiqueta no es exclusiva de materiales de construcción.

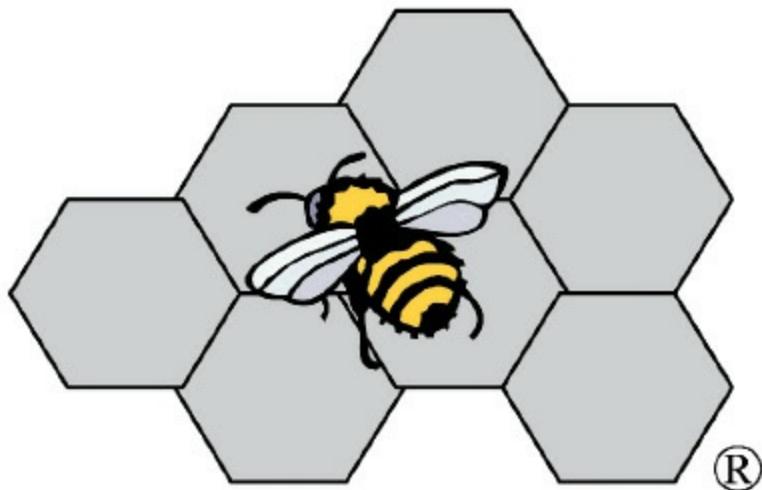
Se trata de materiales que son ambientalmente seguros y saludables, que han sido diseñados para su reutilización a través del reciclado, del compostaje o por cualquier otra vía que garantice la no generación de residuos y que el nuevo producto tenga la misma calidad que el original. Tiene presentes todos los conceptos de sostenibilidad, como por ejemplo usar energías renovables y técnicas de eficiencia energética, utilizar el agua de forma eficiente obteniendo la máxima calidad del agua asociada a la producción, así como estrategias asociadas a los aspectos de responsabilidad social.

Los productos certificados C2C tienen varias categorías: básico, plata, oro y platino.

Existe una sinergia con los criterios LEED, tanto en cuanto a la clasificación de las categorías como en el hecho de que el uso de los productos acreditados C2C otorga créditos puntuables en el sistema de certificación de edificios LEED. Un caso especial es el crédito LEED de «Innovación en diseño» que se puede obtener si el tanto por ciento de

materiales certificados C2C en la construcción alcanza el 2,5% de todos los costes de materiales (calculado según un sistema de ponderación en función de la categoría).

Criterios BEES (Building for Environmental Economic Sustainability)
[\(www.bfrl.nist.gov/oae/bees.html\)](http://www.bfrl.nist.gov/oae/bees.html)



Son impulsados por la EPA (Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos).

Tienen en consideración los principales aspectos ambientales: obtención de materia prima, proceso de fabricación, transporte, instalación, uso, reciclado y gestión de residuos.

También consideran aspectos económicos: inversión inicial, coste de reposición, operación, mantenimiento y eliminación final.

Este sistema de acreditación efectúa un análisis multifactorial entre todos los aspectos, tanto ambientales como económicos, y recomienda el uso de los materiales más apropiados para cada caso.

Existen, acreditados por BEES, más de 250 tipos de productos diferentes para la construcción.

BEES utiliza el sistema de evaluación de ciclo de vida (ACV) según los criterios de la norma ISO 14040.

Otras certificaciones:

- SIMAPRO (www.pre.nl/simapro.html).
- ATHENA (www.athenaSMI.ca).

- ECOETIQUETA EUROPEA (www.europa.eu.int/com/environment/ecolabel).
- AENOR (www.aenor.es).
- BLAUER ENGEL (www.blauer-engel.de).
- FSC (www.fscoax.org).
- PEFC (www.pefc.es).
- CISNE BLANCO (www.sis.se).
- DECLARACIÓ AMBIENTAL DE PRODUCTES, Generalitat de Catalunya.

La construcción sostenible debe usar materiales igualmente sostenibles. Sus características básicas son: no agotar recursos naturales, consumir poca energía en su fabricación, transporte, uso y eliminación, y ser biocompatibles. Para saber si un material es sostenible o no, existen diversas etiquetas ecológicas que lo acreditan.

Aislantes térmicos

«Si los seres humanos no hubieran vivido nunca un invierno,
¿qué pensarían que se avecinaba?»
Henry David Thoreau

LOS MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS tienen como objetivo disminuir las pérdidas de calor a través de la envolvente del edificio (véase el capítulo «Minimización del consumo energético. Aislamiento»).

Actualmente la sociedad tiene como objetivo prioritario reducir las emisiones de dióxido de carbono para disminuir el cambio climático. Para ello es preciso disminuir el consumo de combustibles fósiles. Dado que la construcción es responsable del consumo de aproximadamente el 40% del total de energía de la sociedad, es evidente que los materiales aislantes térmicos tienen un gran papel por desempeñar (actuando de forma conjunta con todos los aspectos que se han visto en el capítulo «Minimización del consumo de energía»).

La característica básica de un material aislante es su transmitancia térmica, también llamada factor K (o factor U según el autor). Este coeficiente expresa la pérdida de energía a través de una unidad de superficie en función de los grados de diferencia entre la temperatura exterior e interior del edificio. Según normativa, los edificios en sus diferentes partes envolventes deben tener unos valores límite de transmitancia. Se deben usar materiales apropiados para conseguir dichos valores.

Sin embargo, hay otros aspectos que se deben tener en cuenta en el momento de elegir un determinado material aislante.

Un aspecto citado con anterioridad es que determinados materiales aislantes consumen mucha energía en su fabricación. El edificio en que se usan puede tardar mucho en «amortizar», con el descenso de consumo en su vida útil, el exceso gastado en su producción.

Otro aspecto por considerar es el papel regulador de la humedad ambiental interior del edificio. Hay muchos materiales aislantes, especialmente los de origen natural, que absorben la humedad del aire cuando ésta se produce, por ejemplo en el momento de la ducha, y la liberan cuando el grado de humedad de la habitación desciende. Juegan así un papel estabilizador del grado de humedad del ambiente.

También se debe considerar la inercia térmica del material. Así un material aislante

exterior puede acumular calor sin permitir que éste pase al interior del edificio hasta al cabo de cierto tiempo, con lo que el confort de sus ocupantes no se resiente. Finalmente el calor acabará pasando al interior por la noche cuando en muchos edificios de oficinas ya no hay personal. Ese calor puede ser eliminado entonces de manera natural, sin coste energético, por ejemplo mediante una chimenea solar.

Muchos materiales aislantes, combinados con un apropiado diseño bioclimático, tienen un efecto atemperador de las variaciones externas de temperaturas. Es factible conseguir que mientras la variación día-noche en el exterior sea de 20 grados, la variación de temperatura dentro del edificio no oscile más de tres grados, lo que redunda en un gran ahorro energético y en la mejora de la sensación de confort.

Materiales aislantes orgánicos

Por su propio origen natural tienen una gran biocompatibilidad. Consumen muy poca energía en su proceso de obtención y fabricación y son buenos reguladores de la humedad interna de la vivienda. No presentan problemas de eliminación al final de su vida útil, ya que son fácilmente integrables en el ciclo orgánico. Generalmente proceden de productores locales, lo que diminuye los costes de transporte y favorece la cohesión social en el medio rural.

Su inconveniente principal es el de que para alcanzar los niveles de aislamiento requeridos hay que utilizar grosorres importantes de material, lo que disminuye el espacio habitable y puede llegar a afectar al diseño de la estructura.

Algunos materiales utilizados son: lanas de cáñamo o lino, lana de oveja, plumas... Un ejemplo reciente es el pabellón de España en la Expo Universal de Shanghái del año 2010, que está recubierto por 9.000 paneles de mimbre. Otro ejemplo es el de la California Academy of Sciences, considerada como el museo más sostenible del mundo, que utiliza como material aislante algodón reciclado a partir de pantalones vaqueros usados.

Especial interés tiene el corcho que puede ser usado como aislante térmico (poro cerrado) o acústico (poro abierto). Se puede utilizar en cerramientos verticales u horizontales y también como pavimento. El buen corcho es el blanco, obtenido por trituración de la corteza del alcornoque (material renovable) y sometido a una temperatura de 300 grados que moviliza una resina natural, la suberina, que actúa como aglomerante natural. Se deben evitar los corchos obtenidos a partir de retales que han sido unidos con colas o pegamentos sintéticos.

Muchos productos aislantes son fabricados a partir de celulosa o de fibra de madera. Utilizan materiales fácilmente renovables y con buen poder aislante. Una de sus

aplicaciones es la de utilizar el material en forma granular como aislante de relleno en huecos, cavidades y dobles paredes. Normalmente se les añade un producto ignífugo (generalmente sales de boro) para aumentar su resistencia al fuego; algunas organizaciones ecologistas, a pesar de reconocer la necesidad de utilizar retardantes de fuego, consideran que las sales de boro pueden acabar liberándose al medio ambiente, con lo que contaminarían las aguas subterráneas donde pueden ejercer un poderoso papel fitotóxico.

Otra aplicación de la celulosa y fibras de madera es la de fabricar tableros con múltiples funciones: tabiques, aislante de techos, separación entre espacios... Generalmente presentan acabados que permiten su posterior pintado.

Dos marcas bien conocidas de tableros de fibra de madera son Homatherm y Gutex. Este último fue el material usado en la construcción «El Segon Pas» de la Generalitat de Catalunya en la edición de Construmat 2009.

Aislantes térmicos minerales

Muchos materiales inorgánicos también son útiles como materiales aislantes para la construcción.

El primer lugar lo ocupan todos los derivados de la arcilla cocida en forma de ladrillos y piezas de toda clase. Especial interés tiene la termoarcilla, que son piezas de arcilla cocida moldeadas, de manera que al ir construyendo la edificación con este tipo de material se va formando al mismo tiempo una cámara aislante de aire. Esta tecnología ya era usada en las bóvedas de las termas romanas hace un par de milenarios. Sin embargo, la termoarcilla necesitó bastantes años antes de ser autorizada como material estructural.

Otras variedades de arcilla muy usadas son las formas cocidas y expandidas en forma granular, que se emplean como material de relleno en estructuras aislantes; ejemplos son la arlita, la perlita o la vermiculita.

Otros materiales inorgánicos son la lana de vidrio o la lana de roca. La lana de vidrio es vidrio (silicato) en forma de fibras que pueden ser usadas como relleno, o bien formar paneles que se usan como aislante térmico. Es preciso evitar el uso de este tipo de fibras en conducciones de cualquier clase que pudiesen permitir que la fibra de vidrio estuviese en contacto con el agua de bebida o con el aire que respiran los ocupantes de la vivienda. Este material está desaconsejado para todas las conducciones en que esté en contacto con el gas o fluido que circula por ellas.

La lana de roca se obtiene por trituración de rocas de origen magmático, generalmente basalto. El producto obtenido tiene la misma forma que la fibra de vidrio, lo que permite

construir paneles con ellas. Especialmente útiles son hoy en día los paneles de doble densidad usados para rehabilitación energética de edificios antiguos. El panel de lana de roca es suave por la parte que está en contacto con la pared que rehabilitar; su especial textura le permite adaptarse totalmente a las imperfecciones de la fachada original. Por otra parte, su cara externa es muy dura, lo que le permite afrontar las exigencias del clima. Es un material con un gran poder aislante, pero consume mucha energía en su fabricación.

Algunos materiales inorgánicos tradicionales han perdido momentáneamente parte de su importancia, pero la están recuperando a gran velocidad. El caso más evidente es el de la construcción con tierra en forma de tapial o de adobe. Este tipo de construcción es milenario, aunque había quedado obsoleto a partir de los nuevos materiales de control térmico. Sin embargo, las exigencias de rendimiento energético y de otros aspectos de biosostenibilidad han comportado un redescubrimiento de este material. Su aplicación directa más importante en forma de tapial está siendo recuperada usando una nueva técnica de adición de la arcilla entre encofrados resistentes; una vez dentro se somete a una fuerte presión mediante un compresor adecuado. También existen en el mercado adobes mixtos de arcilla y fibras vegetales, fabricados a escala industrial y que tienen un buen rendimiento térmico. Estos materiales acostumbran a tener de forma natural una ionización con carga eléctrica negativa, lo que es favorable para la salud humana, y además evitan la deposición de polvo y no permiten la proliferación de gérmenes patógenos.

El material aislante también se puede aplicar en forma de pintura en el exterior del edificio. Algunas pinturas (por ejemplo, Thermoshield) utilizan microsilicatos, con agua como disolvente y acrilato como religante. Esta pintura es transpirable, con lo que no desarrolla algas ni mohos; además refleja la luz solar, es resistente a la radiación ultravioleta y acumula calor en la fachada.

Materiales de síntesis

Cada vez aparecen en el mercado nuevos productos no naturales, muchos de ellos derivados del petróleo, que mejoran las condiciones de aislamiento térmico de la vivienda en que se utilizan. Como se ha visto anteriormente, muchos de ellos consumen gran cantidad de energía en su fabricación, pero ofrecen grandes prestaciones térmicas una vez instalados. Es preciso efectuar una evaluación de los consumos reales a lo largo de la vida útil del edificio.

Muy usadas son las resinas de espuma flexible elastoméricas a base de caucho

sintético, que se adaptan a cualquier superficie y tienen una textura de celda cerrada (necesaria para un buen aislamiento térmico). Tienen buen comportamiento frente al fuego.

Las espumas de polietileno han sido muy utilizadas, tienen gran resistencia mecánica y son ligeras; también tienen estructura de celdas cerradas.

Cada vez es más usado el poliestireno expandido o extrudido de gran resistencia mecánica y buen comportamiento frente a la humedad. Puede ser moldeado fácilmente, y como los anteriores tiene estructura de celdas cerradas. Consuma gran energía en su proceso de fabricación, aunque esta energía puede ser recuperada al final de su vida útil mediante su incineración en plantas apropiadas.

Un gran avance se ha producido en el campo del aislamiento térmico con los materiales de cambio de fase, como el micronal. Este material incorpora un núcleo de cera recubierto de material sintético. Cuando aumenta el calor del edificio, la cera se funde absorbiendo el exceso de calor. Posteriormente cuando la temperatura ambiente desciende, la cera vuelve a solidificarse, liberando energía; se reduce así tanto la necesidad de refrigeración como la de calefacción: este tipo de producto puede incluso usarse como un aditivo de pintura, lo que simplifica enormemente su aplicación.

El aislamiento térmico es una de las formas de conseguir ahorro energético en un edificio.

Existen materiales aislantes naturales y sintéticos. Los naturales presentan las ventajas de ser biocompatibles, consumir poca energía en su fabricación, potenciar la agricultura, ser fácilmente reciclables y regular de forma natural el grado de humedad. Los sintéticos precisan menor grosor para conseguir el mismo efecto aislante y tienen prestaciones cada vez más avanzadas, como las que permiten homogenizar la temperatura de una habitación, o equilibrar la temperatura dentro del edificio a lo largo del día, sin apenas aporte externo de energía.

El aislamiento térmico no debe disminuir el confort ni la calidad del aire interior, por lo que deben respetarse los volúmenes necesarios de renovación de aire.

En rehabilitación de edificios existentes, el aislamiento térmico es casi siempre la mejor solución para rebajar su consumo energético; es conveniente efectuar una fotografía de infrarrojos para detectar los puntos de pérdida energética y, a posteriori, efectuar un recubrimiento externo con material aislante.

Vidrios

«¡Qué grandes son vistas en las calles de las ciudades!
Si las estrellas apareciesen tan sólo una noche cada mil años,
cómo las adorarían los hombres y cómo preservarían
a través de muchas generaciones el recuerdo
de la ciudad de Dios que habían visto. Pero cada noche llega
esta belleza e ilumina el universo con su sonrisa.»
Ralph Waldo Emerson

EL VIDRIO HA SIDO USADO en construcción desde hace milenios, pero es en los últimos 20 años cuando se ha desarrollado una auténtica tecnología del vidrio, lo que ha permitido su utilización en todos los aspectos de la construcción; entre ellos los relacionados con la construcción sostenible. En la actualidad aparecen continuamente nuevas aplicaciones de este material.

Las principales funciones de los vidrios en construcción sostenible son:

- Limitar las ganancias de energía solar a través de ventanas o claraboyas en los edificios.
- Limitar las pérdidas de energía de los edificios cuando el exterior está más frío que el interior del edificio.
- Mejorar la temperatura media radiante de las habitaciones, con lo que aumenta el confort térmico de sus ocupantes.
- Facilitar iluminación natural a las estancias (aspecto especialmente interesante en edificios de uso sanitario, ya que contribuye a mejorar los aspectos de salud).
- Eliminar o filtrar parcialmente la radiación ultravioleta solar para que al penetrar dentro del edificio no dañen los materiales y objetos del interior.
- Proteger de ruidos externos y evitar la transmisión de ruidos dentro de los edificios.
- Crear espacios de transición entre el exterior y el interior de los edificios.

Es posible fabricar vidrios para casi todas las prestaciones necesarias en construcción sostenible. Tienen, sin embargo, un factor limitante y es su escasa capacidad de adaptación (una vez instalados) a responder a las variaciones exteriores e interiores del ambiente. Una de las características de la construcción sostenible es la de que su envolvente debe responder a dichas condiciones variables del entorno. Normalmente se usa el símil de que deben responder igual que lo hace la piel humana. Al utilizar vidrio, la adaptación a esta variación tiene que provenir de elementos constructivos, como dobles

paredes ventiladas o mecanismos inteligentes de abertura o cierre de espacios.

La moderna tecnología de materiales está desarrollando materiales plásticos como el EFTE, que responden a las variaciones externas de luz modificando tanto su transmitancia térmica como su factor de transmisión luminoso, como se ha visto en el caso del edificio Mediatic (véanse las páginas 23 a 25)

Espectro de la radiación solar

La luz que llega procedente del sol comprende toda una gama de radiaciones electromagnéticas de espectros muy diferentes. Algunas, como las radiaciones cósmicas penetran en el interior de los edificios sin que sean detenidas por las paredes ni, evidentemente, por los vidrios. Las radiaciones de mayor importancia en construcción (sobre las que podemos actuar con elementos constructivos) abarcan tan sólo una pequeña parte del espectro solar, lo que normalmente llamamos luz, que comprende la radiación visible, la ultravioleta y la infrarroja.

Radiación ultravioleta

Es de frecuencia algo mayor que la radiación visible. Representa tan sólo un 3% del total del espectro solar y no es visible por el ojo humano. No tiene gran poder calorífico, pero la energía que lleva incorporada tiene efectos sobre el organismo humano y los materiales:

- Bronceado de la piel (en dosis adecuadas).
- Cataratas oculares y cáncer de piel (en dosis excesivas).
- Decoloración de pinturas.
- Envejecimiento prematuro de los objetos.

La alteración de los colores de los objetos expuestos a la radiación solar es el resultado de la degradación progresiva de los enlaces moleculares de los colorantes (afecta más a los colorantes orgánicos).

El agujero en la capa de ozono ha provocado un incremento de la radiación ultravioleta que llega a la Tierra, aunque este incremento tiene una distribución desigual tanto en el tiempo como en el espacio. Por ejemplo ha aumentado significativamente el número de ovejas ciegas en los rebaños del sur de la Patagonia a causa del incremento de radiación ultravioleta.

Se puede evitar casi por completo el paso de la radiación UV utilizando vidrios laminados con PVB, que tan sólo dejan pasar el 0,4% de la radiación UV en vez del casi 50% de un vidrio normal. En muchos edificios, especialmente los museos o construcciones que albergan objetos de valor se está incrementando el uso de vidrios que filtran la radiación ultravioleta.

Radiación infrarroja

Es la radiación caliente del sol. Tiene una frecuencia algo más baja que la luz visible. No es visible por el ojo humano y representa el 55% de la luz natural.

Radiación visible

Es la que permite ver los objetos, ya que al ser absorbida o reflejada por ellos, les da color y forma. Representa el 42% de la luz natural y tiene poder calorífico, aunque es menor que el de la radiación infrarroja.

Transmisión de la luz a través de los vidrios

Al incidir la luz sobre un vidrio sufre una serie de transformaciones y no toda la luz incidente pasa al interior del edificio. El uso de vidrios apropiados permite regular la cantidad de radiación de cada tipo que penetra dentro del edificio. Es preciso buscar el equilibrio apropiado a cada caso.

En el Great Ormond Street Hospital de Londres se deseaba un gran aporte de luz natural sin tener excesivas ganancias o pérdidas de energía. Se utilizó un vidrio de alta transmisión luminosa pero con reforzamiento térmico.

El edificio Der Turm de Essen dispone de una doble piel en vidrio, con alta transmisión luminosa, pero que utiliza una composición cristalina que evita los tonos verdes. Además su grosor y separación mejora el comportamiento acústico y el térmico. Sus partes externa e interna tienen acabados de seguridad frente a impactos.

La luz incidente en un edificio es en parte reflejada hacia el exterior y ya no entra en su interior. Otra parte queda absorbida en el propio vidrio y después es reemitida parcialmente al exterior y parcialmente hacia el interior. El resto de la energía luminosa incidente pasa al interior del edificio.

Efecto invernadero

La luz solar penetra en el interior de un edificio y lo calienta, la acumulación de calor es especialmente intensa en los elementos de elevada inercia térmica como paredes, suelos o muros (ver apartado de bioclimatismo).

Al ponerse el sol, la radiación deja de llegar y los elementos que han sido calentados

por él empiezan a perder su calor. Pero esta pérdida se produce en forma de radiación infrarroja. Si dentro de esta parte del edificio hay vapor de agua, dióxido de carbono o algún otro gas de efecto invernadero, la radiación infrarroja es captada por ellos y permanece en el interior del recinto. En este sentido también desempeña un papel el vidrio que cierra el recinto; según sus características puede ayudar considerablemente a evitar esta pérdida de calor. Éste es el fundamento de los invernaderos, ya vistos en el apartado bioclimatismo.

Este mismo efecto es el que está contribuyendo significativamente al calentamiento global de la Tierra. Al aumentar la concentración de dióxido de carbono en la troposfera (capa de 10 kilómetros de grosor que recubre la Tierra), la radiación solar que capta el planeta al ser reemitida en forma de radiación infrarroja al ponerse el sol no se evaca en su totalidad al espacio exterior, sino que queda dentro de esta primera capa de la atmósfera, con lo que contribuye así al calentamiento. Se calcula que actualmente la Tierra absorbe cada año 0,85 vatios por metro cuadrado más que los que reemite al espacio exterior. A medida que los niveles de dióxido de carbono aumentan, esta ganancia de calor también crece.

Factor solar (g)

Es la relación entre la energía que incide en el vidrio y la que penetra dentro del edificio. Siempre está comprendido entre 0 y 1. Un factor solar de 0,20 significa que tan sólo entra el 20% de la energía solar y que, por tanto, el 80% es rechazado antes de transferir su calor.

Según las condiciones de clima es conveniente utilizar vidrios con uno u otro factor solar. En zonas cálidas y para edificios fuertemente expuestos al sol conviene reducirlo. Para ello se instalan vidrios de bajo factor g (las marcas comerciales ya lo indican). En rehabilitación del mismo tipo de edificios puede recurrirse a la utilización de láminas de protección solar y ahorro energético. Están formadas por un material transparente a la luz visible (aunque normalmente no al 100%), pero que refleja la radiación infrarroja. Se trata de láminas metalizadas que rechazan hasta el 80% de dicha radiación. Tienen la propiedad de retener la entrada de energía calorífica, pero también ayudan en épocas de frío a evitar la pérdida de calor desde dentro del edificio hacia el exterior; tienen un alto coste de mantenimiento y se deben instalar muy cuidadosamente para que sean eficaces sin disminuir la estética del conjunto. Los modelos más avanzados de vehículos sostenibles incorporan en sus parabrisas vidrios que filtran la radiación infrarroja para evitar el sobrecalentamiento del habitáculo del vehículo, y así disminuir las necesidades de climatización y por tanto de energía.

Transmitancia térmica (U) (K)

Es la cantidad de energía que atraviesa en una unidad de tiempo una unidad de superficie de un elemento constructivo de caras planas paralelas, cuando entre dichas caras hay un gradiente térmico de una unidad.

Existe cierta confusión porque muchas veces se usa indistintamente el símbolo K o el símbolo U para expresar el mismo concepto.

La fórmula que define la transmitancia térmica es $K = W / SK$.

K = transmitancia expresada en vatios por metro cuadrado y kelvin.

W = potencia en vatios.

S = superficie en metros cuadrados.

K = temperatura en Kelvin.

(K = $^{\circ}\text{C} + 273,15$).

Por lo tanto, un vidrio de un metro cuadrado de superficie, con un factor K de 1,4 y expuesto en su cara interior a una temperatura de $21\ ^{\circ}\text{C}$ y en el exterior a una de 50 perderá de interior a exterior $1,4\ \text{vatios} \times 1\text{m}^2 \times 16\text{K} = 22,4\ \text{vatios}$, o lo que es lo mismo 22,4 julios por segundo.

El CTE establece unos valores K que deben cumplir por diversos elementos de construcción (véase el capítulo «Aislamiento térmico»).

Para minimizar las pérdidas energéticas a través de los vidrios, se están fabricando vidrios cada vez más eficaces, se consiguen factores K tan bajos como 0,4, aunque los más frecuentemente usados en la actualidad tienen valores de entre 1,1 y 1,4.

Para conseguir una menor transmitancia se usan dobles vidrios, incluso triple vidrio, con cámara de aire entre las capas, e incluso rellenando este espacio con un gas inerte como el argón.

Transmisión luminosa (T). Factor de luz diurno

Los factores de transmisión luminosa y de reflexión luminosa de un acristalamiento son las relaciones entre el flujo luminoso incidente y el transmitido o reflejado.

El conocimiento del factor de transmisión luminosa de un acristalamiento permite establecer con cierta precisión la iluminación disponible dentro de un local cuando se conoce el nivel de iluminación exterior. La relación entre la iluminación interior en un punto determinado de un local y la iluminación exterior medida en un plano horizontal es constante, cualquiera que sea la hora del día (factor diurno). En un local cuyo factor de luz diurna es de 0,10 en la zona próxima a la ventana y de 0,01 en el fondo, una iluminación exterior de 5000 lux (cielo cubierto, nubes densas) producirá una

iluminación interior de 500 lux en la zona próxima de la ventana y de 50 lux en el fondo del local.

Doble vidrio con cámara

La mayor parte de los vidrios que se instalan en la actualidad son dobles vidrios con cámara en la que se ha hecho el vacío (en pocos casos se inyecta en ella argón).

Para cada caso se debe buscar un equilibrio entre transmisión luminosa, factor solar y transmitancia. Esto conlleva un gran número de posibilidades que los fabricantes resuelven ofreciendo numerosas opciones.

Una de las variantes más frecuentes consiste en ofrecer un doble vidrio con cámara y con aislamiento térmico reforzado. Este sistema incorpora en una de las caras interiores una fina capa transparente con base de plata que refleja la radiación solar hacia el exterior, lo que disminuye el factor solar. El mismo vidrio permite en época fría retener el calor en el interior del edificio para hacer decrecer la transmitancia térmica.

El doble vidrio lleva incorporado un desecante en su parte interior para evitar condensaciones de humedad. Igualmente necesita un doble sellado para garantizar la estanqueidad. Este doble sellado se debe preservar de la exposición directa y prolongada al sol; por ello tiene que ser especial para resistir el sol directo de claraboyas y determinados muros cortina.

Marcos de ventana

En los cerramientos de ventana es preciso complementar los vidrios con los correspondientes marcos. En muchas construcciones antiguas los marcos de ventana están hechos de materiales que permiten la transmisión de frío y de calor, lo que constituye lo que se conoce como puentes térmicos. Estos puentes térmicos provocan grandes pérdidas de energía (que se pueden observar en las fotografías de infrarrojos) y humedades de condensación en el interior de los edificios, lo que favorece la aparición de formas de vida que pueden causar trastornos alérgicos. Los nuevos edificios, siguiendo las directrices del CTE, evitan los puentes térmicos en los marcos de las ventanas.

La rotura de puente térmico se consigue eliminando la continuidad del material transmisor del calor.

Existe cierta controversia en el hecho de que según el CTE los marcos deben permitir la circulación de aire, lo que contrasta aparentemente con las necesidades de ahorro de

energía.

Hay mucha controversia sobre qué materiales son aptos para fabricar marcos de ventana para construcción sostenible. Generalmente no se acepta el uso de PVC, a causa de que su proceso de fabricación es poco ecológico, y en él se produce el cloruro de vinilo, que es un potente agente carcinógeno; además, su eliminación al final de su vida útil es problemática; en caso de incendio accidental desprende peligrosos humos que, como se demostró en el incendio del aeropuerto de Düsseldorf, son altamente tóxicos. El aluminio es generalmente aceptado a pesar de que en su fabricación consume una gran cantidad de energía; sin embargo, al final de su vida útil es completamente reutilizable. El material más ecológico es sin duda la madera procedente de explotaciones sostenibles certificadas, aunque tiene el inconveniente de las necesidades de mantenimiento; una de las últimas novedades es la de fabricar marcos de ventana de madera en los que su parte exterior está formada por una pieza que cuando se deteriora es recambiable sin que sea preciso cambiar toda la ventana.

Vidrios y confort térmico

Los nuevos vidrios pueden contribuir en gran medida a aumentar el confort térmico de las estancias. Uno de los factores de confort térmico es la temperatura media radiante de las paredes y cerramientos de una estancia. Una persona situada en una habitación con una temperatura del aire de 24 oC sentirá frío si está situada cerca de una ventana no aislada térmicamente, ya que su cuerpo perderá calor por radiación al estar al lado de una superficie fría. Para evitarlo se usan los vidrios térmicos, que, como se ha visto, además de evitar las pérdidas de energía, mejoran la sensación de confort al evitar la disminución de calor por radiación.

Vidrios autolimpiables

El uso masivo de vidrio en construcción conlleva la necesidad de limpiar grandes superficies acristaladas. Para disminuir las necesidades de limpieza, especialmente en aquellos lugares de difícil acceso como las claraboyas, se han desarrollado vidrios que hasta cierto punto se limpian solos gracias a la acción de la radiación solar y de la lluvia.

El efecto autolimiante se consigue gracias a un tratamiento químico específico de la superficie del vidrio. Este tratamiento se activa tras estar expuesto a la luz durante una semana.

Las necesidades de limpieza disminuyen considerablemente con estos vidrios, pero su coste es elevado y tienen dificultades de instalación para cubrir grandes superficies vidriadas, ya que de momento no son compatibles con las siliconas usadas en los muros cortina.

Este tipo de vidrio puede combinarse con las otras variedades ya vistas.

Otros tipos de vidrio

Existen más variaciones en vidrios: antiincendios, antirrobo, seguridad, opacos, de transmisión luminosa variable, translúcidos... No se exponen aquí por no estar directamente relacionados con la sostenibilidad.

Vidrios y ruido

Los cerramientos con vidrio también son utilizados para resolver otro de los grandes problemas actuales de sostenibilidad: el ruido.

El uso de vidrio amortigua el ruido exterior. En primer lugar, según la «regla de la masa», que nos indica que a doble masa se amortigua el ruido en unos 5 ó 6 decibelios. En el caso del doble vidrio se suma la masa de los dos cristales.

Otro factor de amortiguación sigue la «ley de la frecuencia». Los vidrios son más eficaces amortiguando los ruidos de frecuencias altas. El oído humano es más sensible a las frecuencias agudas, que son precisamente las altas. Pero hay una frecuencia crítica para el aislamiento; para el vidrio es igual a la resultante de dividir 13.000 por el grosor del vidrio, lo que hace que para vidrios monolíticos (de una sola hoja) la frecuencia crítica coincida con las frecuencias más sensibles para el oído humano.

Para controlar el ruido, normalmente se usan dobles vidrios que sirven al mismo tiempo para el aislamiento térmico. Pero para que sean más eficaces contra el ruido, los dos vidrios deben ser de grosor diferente, y la cámara de aire entre ambos debe estar dimensionada en función del grosor de los vidrios para evitar los armónicos.

En ocasiones, la solución consiste en instalar una doble ventana (caso frecuente en rehabilitación). Para que sea realmente eficaz debe existir cierta separación entre las dos ventanas. Una separación de 75 milímetros atenúa el ruido en 13 decibelios; si la separación es de 150 milímetros la atenuación aumenta hasta los 17 decibelios (un incremento de 3 decibelios representa que un sonido duplica su intensidad sonora).

En ocasiones no es posible instalar un doble vidrio, en estos casos para amortiguar el

ruido se puede recurrir al uso de vidrios laminados. Son vidrios de aspecto similar a uno monolítico grueso, pero están formados por dos hojas de vidrio separadas por una capa intermedia de PVB (*polivinil butiral*), un material plástico transparente que además de conferir al conjunto gran resistencia, proporciona mayor aislamiento acústico que un vidrio simple de igual espesor, ya que parte del sonido queda encerrado entre las caras paralelas, disipándose así su energía. Recientemente han surgido laminados tricapa que incorporan dos capas de PVB y entre ellas una tercera capa de una resina elástica. Como la frecuencia depende inversamente de la elasticidad, se consigue trasladar el ruido a frecuencias alejadas de las de mayor sensibilidad para el oído humano.

Amortiguación sonora en función del vidrio

Vidrio común	27 a 37 dB
Doble vidrio hermético (DVH)	30 a 44 dB
Vidrio laminado	33 a 41 dB
DVH laminado simple	37 a 49 dB
DVH laminado doble	42 a 51 dB

Los vidrios forman parte importante del cerramiento de las construcciones.

A través de ellos se regula la iluminación natural, así como las pérdidas o ganancias de energía del edificio. La iluminación natural es muy importante en los centros sanitarios, ya que contribuye en gran medida a los procesos de curación; por ello procuran disponer de grandes ventanales con vidrios que busquen el equilibrio entre la máxima iluminación, la menor ganancia de calor por exposición solar y la mínima pérdida por radiación. También se usan vidrios que protegen del ruido y los que filtran la radiación ultravioleta; comienzan a utilizarse los que son en cierta medida autolimpiables.

Los marcos de las ventanas deben tener rotura del puente térmico para evitar pérdidas de energía y la aparición de focos de humedad.

Instalaciones de iluminación artificial

«¿Cuánta verdad osa,
cuánta verdad soporta un espíritu?»
Friedrich Nietzsche

LA ILUMINACIÓN NATURAL dentro de un edificio debe ser la máxima posible. Es la preferible tanto desde el punto de vista de salud y bienestar como desde el ambiental (véase el capítulo «Biolimnismo»), pero se debe complementar con instalaciones de iluminación artificial. Esta iluminación artificial debe consumir la menor energía posible, no debe tener efectos ambientales indeseados y debe proporcionar salud, bienestar y confort a los usuarios.

Salud, bienestar y confort

En los edificios destinados a usos sanitarios, uno de los aspectos más necesarios es el de aumentar el grado de control que los ocupantes tienen sobre los sistemas de iluminación, apertura de ventanas, temperatura de la habitación... Se exceptúan los mecanismos de ventilación para evitar alteraciones en el sistema general del edificio. Esta posibilidad de autocontrol disminuye el estrés y favorece el bienestar.

La iluminación debe ser la necesaria para cada tipo de espacio. Ese nivel de iluminación se alcanza a partir de la suma de la natural y la artificial. Es conveniente instalar sistemas que permitan el ajuste de la artificial en función de las necesidades de cada momento. Algunos parámetros de orientación de luz necesaria son:

- Archivo: 200 lux.
- Sala conferencias: 300 lux.
- Habitación lectura: 500 lux.

Los sistemas de iluminación artificial no deben generar campos electromagnéticos potentes en las zonas próximas a los ocupantes. Un ejemplo de la evolución de la tecnología en este sentido es el de las nuevas lámparas halógenas sin transformador.

Existen en el mercado luces frías, cálidas y de espectro completo: cada una de ellas

(independientemente de los lux que produzca) emite en frecuencias determinadas del espectro de la luz solar. La mejor luz artificial es la que tiene un índice cromático de 100, es decir, que reproduce totalmente el espectro de la luz visible solar. Sin embargo, para determinados usos a veces no es así. La luz natural fluctúa a lo largo del día, variando de tonos amarillos a azulados, verdes y finalmente rojizos. El organismo humano se ha adaptado a ellos y responde preparándose para la actividad o el descanso. Es por ello por lo que para las zonas de descanso se recomienda el uso de lámparas halógenas sin transformador, que emitan en la zona cercana al rojo; este tipo de luz tiene la ventaja de que no interrumpe el ciclo biológico natural nocturno de segregación de melatonina, lo que favorece la regeneración del organismo. Las bombillas de incandescencia que desaparecerán en el año 2012 también emiten en esta franja de tonalidades cercanas al rojo.

En colaboración con el tipo de luz también se debe tener en cuenta los colores de las diferentes zonas del edificio. Existe una teoría de los colores (aunque muy discutida) sobre la relación entre ellos y el estado de ánimo de los ocupantes del espacio. En algunos puntos hay consenso, como es el caso de utilizar amarillos brillantes en las zonas de enfermos de larga estancia, ya que se ha demostrado que disminuye el estrés del confinamiento. Un ejemplo es la planta subterránea de irradiados, del hospital Gregorio Marañón de Madrid, pintada en este color. Otro ejemplo del uso de colores es el Instituto Guttmann de Barcelona, de enfermos con lesiones medulares o cerebrales, que utiliza los colores de las diversas plantas como mecanismo de orientación de los pacientes.

Consumo energético, protección del medio ambiente y tipo de iluminación

La reducción del consumo de energía en los edificios pasa en gran medida por la mejora de la iluminación. Dejando aparte la tendencia a aumentar los niveles de iluminación natural en los edificios de usos sanitarios, están apareciendo en el mercado sistemas de iluminación artificial que cada vez consumen menos energía, aunque hay que destacar que algunos de ellos son acusados de crear problemas ambientales o incluso de salud, especialmente los que contienen mercurio. La evolución es tan rápida que es previsible un gran cambio del panorama en los próximos tres años.

También es importante la sectorialización del espacio a iluminar, con lo que se evita que se iluminen grandes superficies de manera innecesaria. Se basa en una distribución racional del esquema de iluminación y en el uso de sensores de presencia, prácticamente unipersonales, que encienden la luz de un puesto de trabajo cuando hay alguien en él y la

apagan al cabo de un tiempo de detectar que no hay presencia. La sectorialización también debe estar pensada para adaptarse a futuras modificaciones en la distribución del espacio.

Bombillas de incandescencia

Este tipo de bombilla está siendo retirado de forma progresiva del mercado, ya que tiene una muy baja eficiencia, tan sólo el 10% de la energía que consume se transforma en luz.

El calendario de retirada (durante cierto tiempo se podrán vender los stocks acumulados) es:

- Septiembre 2009, bombillas de 100 vatios.
- Agosto 2010, bombillas de 75 vatios.
- Septiembre 2011, bombillas de 60 vatios.
- Septiembre 2012, bombillas de 40 vatios.

Algunas ONG ambientales están de acuerdo en que este sistema de iluminación se debe retirar a causa de su elevado consumo energético, pero critican que muchas de las alternativas actuales de lámparas de bajo consumo crean problemas ambientales, como se verá más adelante.

Las bombillas de incandescencia entroncan con la antigua tradición de iluminación mediante llama (hoguera, antorcha, vela, luz de aceite...), ya que se trata de un filamento que se transforma en una brasa rojiza sin hacer llama, ya que dentro de la bombilla no hay oxígeno. Precisamente por ser una especie de combustión emite en la gama rojiza del espectro, lo que la hace apropiada para zonas de descanso.

Fluorescentes y luces de bajo consumo

A igualdad de emisión de luz consumen tan sólo un 20% de la energía que consume una bombilla de incandescencia. Además su vida útil es muy superior. Su principio de funcionamiento se basa en que los electrones excitan el vapor de mercurio que contiene el fluorescente, lo que produce radiación ultravioleta que al impactar con el recubrimiento de fósforo del interior del tubo genera luz por un fenómeno de fluorescencia.

Estos sistemas tienen algunos problemas que diversas ONG han denunciado. En primer lugar contienen mercurio, que es un elemento tóxico que está siendo retirado de muchos productos, especialmente en el ámbito hospitalario. De hecho, un fluorescente es un residuo peligroso que se debe llevar al centro de recogida de residuos municipal para su eliminación en plantas especiales (en Cataluña en Pont de Vilomara) En caso de rotura se deben tomar precauciones como las que recomienda el Department for

Environment, Food and Rural Affaire (Reino Unido): «Desocupar la habitación y ventilarla durante al menos 15 minutos. No usar una aspiradora. Limpieza utilizando guantes de goma y evitar la creación e inhalación de polvo del aire. Recoger todas las partículas y fragmentos de vidrio y colocarlos en una bolsa de plástico. Limpieza el área con un pañuelo húmedo y a continuación ponerlo en una bolsa y sellarla. La bolsa no se debe tirar a la basura». Los Ayuntamientos tienen la obligación de disponer de las medidas necesarias para la eliminación de los residuos peligrosos.

Los transformadores empleados en los sistemas de iluminación generan campos electromagnéticos. Su uso en lámparas de cabecera o en mesas de despacho pueden llegar a generar en la cabeza de personas próximas campos eléctricos de más de 100 V/m (véase el capítulo «Contaminación por agentes físicos»).

Los sistemas de iluminación fluorescentes generan un centelleo que puede provocar fatiga o dolor de cabeza. Esto no se produce con las lámparas que utilizan balastos electrónicos de 20.000 hercios.

En lo que concierne a su índice de reproducción cromática, el de un fluorescente clásico es el 60%, aunque los hay de espectro completo.

Lámparas halógenas de última generación

Este tipo de lámparas eran de muy baja eficacia hasta hace poco, pero han evolucionado rápidamente; las más modernas consumen un 35% de la energía de una bombilla de incandescencia de igual generación de luz. Además no emiten campos electromagnéticos al no necesitar transformador, ya que llevan un sistema de rosca que se acopla directamente a la red de 220 voltios. Otra ventaja adicional para lámparas de cabecera es la de que emite en el espectro luminoso cercano al rojo, lo que como se ha visto es ideal para encender una luz suave por la noche sin que se interrumpa el ciclo biológico de secreción de melatonina.

LED

Son diodos que emiten luz a través de un proceso de fotoluminiscencia. Aunque en componentes electrónicos se usan desde 1962, su uso en iluminación comenzó en 1999. Actualmente representan para muchos la opción más avanzada y ecológica de iluminación.

El LED emite luz de diferentes colores según el tipo y color del cristal utilizado, así como de los recubrimientos químicos incorporados. Puede cubrir toda la gama de luz visible (si se desea sin infrarrojos ni ultravioletas). Hasta hace unos pocos años, la luz blanca no se podía conseguir directamente, sino que tenía que ser obtenida por la combinación simultánea de tres LED con los colores básicos. Este hecho limitaba su uso

para iluminación general de un edificio, reservándose para iluminación de fachadas o luces indicadoras de posición. Hoy se está utilizando en todos los campos. Su consumo energético es mínimo y su vida útil no cesa de aumentar, especialmente con las nuevas bombillas LED de rosca que incorporan un sistema de disipación del calor generado, lo que alarga su vida útil. Su principal inconveniente actual radica en su precio.

Se usan frecuentemente asociados a sensores de presencia para pasillos, almacenes de poco uso o zonas similares.

Otro de los usos actuales más frecuentes es en alumbrado público de calles y espacios deportivos.

Un ejemplo de proyecto con uso de LED en fachada es el de un hotel en L'Hospitalet de Llobregat en que todo el edificio queda cubierto por una malla, en cuyos cruces se instalarán unidades compuestas de una placa fotovoltaica y un LED de intensidad luminosa variable en función de la energía eléctrica que recibe. En función de la radiación solar del día, la placa fotovoltaica generará mayor o menor energía y el LED se iluminará más o menos, con lo que el edificio pasará a ser una especie de indicador de la radiación solar de aquel día.

Otro ejemplo es su uso en iluminación de espacios públicos.

Iluminación fotovoltaica

Cada vez se emplea más en iluminación de espacios públicos. Consiste en un sistema fotovoltaico que genera energía eléctrica a partir de la radiación solar, la almacena en baterías y la usa en iluminación. Frecuentemente van asociados a sensores de presencia y utilizan LED.

La iluminación natural se debe complementar con instalaciones de iluminación artificial. Esta iluminación artificial debe consumir la menor energía posible, no debe tener efectos ambientales indeseados y debe proporcionar salud, bienestar y confort a los usuarios. En los centros sanitarios es recomendable usar sistemas de bajo consumo que no contengan mercurio y tengan el máximo espectro cromático posible para asemejarse a la luz natural, excepto en dormitorios donde se recomienda el espectro rojizo. Se prevé un aumento del uso de LED, sensores de presencia y de luces solares autónomas.

Calidad ambiental del interior de los edificios sostenibles

«La tortuga dice que su propio caparazón es el hogar ideal.»
Esopo

LA MAYOR PARTE DE LAS PERSONAS permanecen más del 90% de su tiempo en el interior de los edificios. Por ello la calidad ambiental del interior de los edificios tiene importantes repercusiones sobre el bienestar y la salud de la población. Para que un edificio sea realmente sostenible debe ser respetuoso con el medio ambiente, pero también con las personas que están en él. Este hecho es muy importante para los edificios destinados a usos sanitarios, ya que sus ocupantes son especialmente vulnerables.

Los sistemas de certificación que acreditan la sostenibilidad de los edificios comienzan a incorporar los criterios de salud. El BREEAM ya los ha incorporado y la Green Guide for Health Care (GGHC) ha establecido unos patrones que son la base de los futuros criterios LEED para este tipo de construcciones. Los aspectos contemplados en la acreditación se refieren tanto al impacto sobre los pacientes como sobre el resto de las personas que trabajan o viven en el edificio. También se valora la repercusión de la construcción sobre los vecinos y sobre el medio ambiente en general.

La GGHC ha incorporado un concepto que seguramente será un requisito en el futuro LEED para los edificios de usos sanitarios. Este requisito ha sido elaborado fundamentalmente en colaboración con el Boulder Community Hospital y está incluido dentro de la categoría de «Innovación y diseño». Se enuncia como «Health Mission Statement and Program». Su objetivo es establecer la salud humana como un criterio fundamental en la evaluación del diseño del edificio y en las estrategias de construcción y de funcionamiento. Para ello solicita incluir en el proyecto de diseño una declaración sobre los objetivos para salvaguardar la salud de los ocupantes del edificio, de la comunidad local y del medio ambiente global, con lo que crea además un ambiente «sanador» para los pacientes, cuidadores y personal en general.

Para comprobar los resultados sobre la salud de estas acciones, y además incorporar criterios de rentabilidad económica, la GGHC recomienda establecer protocolos de recogida de documentación sobre variaciones en los porcentajes de absentismo laboral, fidelización de los empleados y cualquier otro aspecto relacionado con estos conceptos. La constatación de mejoras económicas será un buen aliciente para los directivos no

especialmente preocupados por el medio ambiente.

Los principales problemas de salud que un edificio sostenible debe minimizar y que son causados por una deficiente calidad ambiental interior son:

- Más del 10% de los cánceres de pulmón tienen su origen en el radón del interior de los edificios.
- El 25% de la población es alérgica en mayor o menor medida. Buena parte de estas alergias son causadas por humedades y formas biológicas presentes en el interior de los edificios.
- El monóxido de carbono (CO) procedente de instalaciones de combustión defectuosas es responsable de gran número de muertes cada año. Muchas personas aparecen muertas en el interior de los edificios como consecuencia de haberlo inhalado. Además de estos fallecimientos repentinos se debe tener en cuenta que el CO a concentraciones no letales provoca que las grasas de la sangre se depositen en las arterias, aumentando así considerablemente los trastornos de circulación sanguínea y las enfermedades coronarias y cerebrales.
- La presencia de sustancias químicas procedentes de instalaciones y materiales, o de las actividades de los usuarios, parecen estar detrás de algunas enfermedades poco conocidas como fibromialgia, fatiga crónica o sensibilidad química múltiple.
- La elevada concentración de agentes físicos procedentes de instalaciones y equipamientos eléctricos, así como del uso de campos electromagnéticos en telecomunicaciones, asociada a un diseño deficiente de la estructura de los edificios, causan desequilibrios eléctricos en los ocupantes de éstos. El más popular de ellos actualmente es la lipoatrofia semicircular causada por el exceso de electricidad estática. La lipoatrofia no es una enfermedad grave, pero hay que tener presente que es tan sólo una manifestación de los desequilibrios producidos por agentes físicos del interior del edificio.

Las causas de que la calidad ambiental interior de un edificio sea buena o mala son:

- La contaminación procedente del exterior.
- La que se desprende de los materiales y mobiliario.
- La que se desprende de instalaciones defectuosas.
- Las producidas por las actividades de los ocupantes de los edificios.

Hace aproximadamente unos 20 años se popularizó el concepto de «síndrome del edificio enfermo» aplicado a aquellas construcciones de uso público en las que un número significativo de sus ocupantes (más del 20%) padece trastornos asociados a su presencia en el interior. La mayoría de los problemas son transitorios y de poca importancia, y se asocian especialmente a defectos de climatización o al exceso de instalaciones electromagnéticas.

La calidad ambiental interior es importante en toda suerte de edificios, pero lo es aún más en edificios relacionados con usos sanitarios, ya que en ellos:

- Existe presencia potencial de agentes patógenos, ya sean biológicos o químicos.
- Hay población delicada, con un mayor riesgo sanitario.
- En algunos casos se trata de edificios con una ocupación de 24 horas al día durante 7 días a la semana.

Dadas estas características especiales, una de las actuaciones específicas que se está extendiendo en este tipo de edificios es la de incrementar al 100% el volumen de aire exterior incorporado al programa de renovación de aire. Para no aumentar el consumo energético se utilizan sistemas de recuperación de energía. La renovación va acompañada en ocasiones de sistemas de desinfección ultravioleta del aire entrante.

Para el sector de la población especialmente sensible a los factores ambientales (sensibilidad química múltiple, fibromialgia o fatiga crónica) se están construyendo edificios especiales que cumplen al límite los criterios específicos de construcción sostenible adaptados a sus necesidades. El más conocido de estos centros es el Seagoville Ecological Housing de Texas.

Los factores que afectan a la calidad ambiental interior de los edificios, se pueden agrupar en tres apartados: agentes físicos (los más populares últimamente), químicos y biológicos.

El medio ambiente interior de los edificios es el más próximo a las personas

e influye poderosamente en su salud. Muchas alergias y trastornos coronarios, así como un 10% de los cánceres de pulmón se asocian a una deficiente calidad ambiental del interior de las construcciones; también parece existir cierta relación con fibromialgia, fatiga crónica y sensibilidad química múltiple.

El problema aparece tanto en domicilios particulares como en edificios públicos, a los que se suele llamar «edificios enfermos».

Los factores de riesgo pueden ser químicos, físicos y biológicos y se analizan en los capítulos siguientes.

Una buena construcción sostenible debe evitar estos problemas y potenciar la salud de sus ocupantes.

Contaminación física por campos electromagnéticos (CEM)

«Sólo se progrsa cuando se piensa
que siempre se puede hacer algo más.»
Guglielmo Marconi

DENTRO DE LOS EDIFICIOS ESTÁN PRESENTES muchos campos electromagnéticos (CEM) diferentes. Proceden de las instalaciones eléctricas, del uso de sistemas de comunicaciones, aparatos e instalaciones... Muchos de estos CEM no son generados en el interior del edificio, sino que penetran en él desde el exterior.

Un CEM es la asociación de un campo magnético y un campo eléctrico ondulantes que viajan a través el espacio en forma de onda y que llevan incorporada una energía que se transmite como si fuese una partícula. Esta energía se transmite al organismo humano expuesto al CEM y le produce diversos efectos. También se deben tener presentes los efectos que producen en el funcionamiento de muchas instalaciones.

La magnitud de los efectos producidos depende de la frecuencia del CEM y de su potencia.

Los principales efectos producidos pueden ser ionizantes, térmicos, eléctricos o electrostáticos.

Los edificios sostenibles y sus instalaciones deben ser diseñados para minimizar la generación y el impacto de los CEM. Actualmente la contaminación por CEM está poco contemplada en los criterios de sostenibilidad generalmente más aceptados, lo que dificulta su prevención en muchos edificios.

Principales CEM presentes en los edificios

Instalaciones eléctricas

La electricidad es un elemento imprescindible en todos los edificios; se usa para iluminación, calefacción, climatización y toda clase de electrodomésticos.

La mayor parte de la electricidad es producida en centrales térmicas, nucleares o de energías renovables... Desde ellas se transporta en líneas de alta tensión a las zonas habitadas, en las que hay que instalar estaciones trasformadoras para bajar la tensión a voltajes de uso doméstico. Esta red de transporte eléctrico también tiene un gran impacto

sobre el medio ambiente y la salud.

La corriente eléctrica oscila 50 veces por segundo. Por ello todas las instalaciones antes citadas generan un CEM de una frecuencia de 50Hz (hercios o ciclos por segundo). La potencia del CEM oscila según sea la potencia de la corriente eléctrica.

Las etiquetas de radioidentificación

Son usadas como sistema de identificación de animales domésticos, o de prevención de robo de objetos. Operan a frecuencias muy bajas, desde unos kilohercios hasta unos 14 megahercios (Mhz) (millones de hercios).

Emisoras de radio comercial

La mayor parte de las emisoras de radio emiten al aire ondas de CEM con una frecuencia de entre 85 y 110 Mhz. Estas ondas CEM van rebotando entre la superficie terrestre y determinadas capas de la atmósfera, pudiendo transmitirse a largas distancias. El sonido va codificado en forma de variaciones de la amplitud de las ondas (emisoras de banda ancha) o de pequeñas modificaciones de su frecuencia (emisoras de frecuencia modulada). Cuando las ondas llegan a un receptor de radio, la información se descodifica y reemite el sonido original producido en la emisora.

Emisoras de televisión

La televisión analógica (en proceso de extinción) emite entre los 30 Mhz y los 3 Ghz (mil millones de hercios). La televisión digital terrestre emite entre 300 Mhz y los 3 Ghz.

Teléfonos móviles

La tecnología GSM trabaja en 900 Mhz, la 3G funciona a 1,8 Ghz y la UMTS a 2,1 Ghz.

Wifi

La mayoría de los sistemas Wifi actuales usan el rango de 2,4 Ghz. Dado que hay otros aparatos domésticos que generan interferencias en estas frecuencias, se intenta ofrecer frecuencias distintas para los nuevos sistemas Wifi.

Bluetooth

La transmisión de datos vía inalámbrica también usa la frecuencia de 2,4 Ghz. Algunas transmisiones inalámbricas funcionan a frecuencias más altas y han sido señaladas como las más peligrosas para la salud humana.

Hornos microondas

La mayoría trabaja a 2,45 Ghz.

Telefonía fija inalámbrica

Los teléfonos inalámbricos más modernos trabajan en el rango de los 5,8 Ghz, pero todavía hay muchos que usan la franja de 2,4 Ghz, lo que conlleva interferencias con los sistemas Wifi. En muchos domicilios, el teléfono inalámbrico es el principal riesgo de exposición a CEM, ya que la conexión entre la estación base y los periféricos es continua y a frecuencia mucho más elevada que la de los teléfonos móviles. Por ello, los nuevos sistemas inalámbricos ecológicos utilizan un dispositivo que hace que la conexión entre estación base y periférico se produzca tan sólo cuando el teléfono está funcionando.

Radares

Funcionan alrededor de los 10 Ghz.

Mandos a distancia

Los mandos que controlan a distancia el televisor, las videoconsolas y diversos aparatos utilizan un rango cercano al infrarrojo, de alrededor de 390 Thz (billones de hercios). Este rango es de frecuencias muy altas, cercanas a la luz visible, aunque de potencias muy bajas. El ojo humano no ve los rayos de estos mandos, pero las cámaras fotográficas pueden captarlos.

Instalaciones médicas de tratamiento y diagnóstico

Utilizan frecuencias mucho mayores, del orden de un billón de veces superior a los mandos a distancia. Estas elevadas frecuencias les confieren propiedades ionizantes que provocan muerte o alteración de las células del organismo.

Estas instalaciones tienen un tratamiento específico y están fuertemente reguladas para que no afecten espacios exteriores a las salas en que se efectúan los tratamientos, por lo que en esta publicación no se hace especial mención de ellas.

Efectos negativos de los CEM

Los efectos producidos dependen de la frecuencia del CEM, de su potencia y del tiempo de exposición a ellos.

La influencia relativa de frecuencia y potencia se explica con el siguiente ejemplo: un horno microondas funciona a una frecuencia muy poco superior a la de la telefonía móvil; sin embargo, trabaja a cientos de vatios de potencia, mientras que un teléfono

móvil difícilmente supera los milivatios de potencia (una potencia un millón de veces inferior).

La influencia del tiempo de exposición se comprende con el ejemplo de los teléfonos ecológicos inalámbricos que para minimizar su impacto emiten CEM tan sólo cuando están en conexión.

Los diversos CEM tienen efectos térmicos, eléctricos y de alteración de la permeabilidad celular.

Aparte de los problemas producidos a corto plazo, la exposición a largo plazo a dosis importantes de CEM viene asociada a una debilitación del sistema inmunológico, sobre todo a partir de la alteración del ciclo de la melatonina. Este efecto, que no ha sido total y científicamente probado, es, según algunos, la causa de la aparición de enfermedades degenerativas.

Efectos térmicos

Los CEM provocan un aumento de temperatura de los tejidos con los que entran en contacto, a causa de su acción sobre las moléculas de agua. Es el principio del funcionamiento de los microondas para calentar los alimentos.

El incremento de temperatura es mayor cuanta mayor es la frecuencia y la potencia del CEM, y cuanto mayor es el tiempo de exposición a él.

El efecto térmico comienza a ser apreciable a partir de las frecuencias correspondientes a la telefonía móvil. Es mayor para frecuencias mayores, y prácticamente inapreciable para la corriente eléctrica.

Los teléfonos comerciales están diseñados para no provocar incrementos de temperatura superiores a 0,1 oC en los tejidos humanos (especialmente el cerebro). Dado que los niños tienen menor grosor de hueso en la cabeza y mayor cantidad de agua en el cerebro, el incremento de temperatura al usar el teléfono móvil es mayor en ellos; por ello las recomendaciones sobre su uso por parte de menores son más estrictas.

A frecuencias mayores, los efectos térmicos pueden llegar a ser importantes, pero tan sólo se han documentado casos problemáticos en profesionales asociados a las instalaciones de radar.

Efectos eléctricos

Los CEM inducen una corriente eléctrica en los cuerpos conductores de electricidad. Un ejemplo espectacular es el de los fluorescentes que se encienden al situarse debajo de una línea de alta tensión, ya que la corriente eléctrica inducida por el campo magnético variable generado por la línea es suficiente para provocar la ionización del mercurio, que al incidir sobre la capa de fósforo del tubo provoca la emisión de luz fluorescente.

Las células humanas son conductoras de electricidad. Por ello se inducen en ellas corrientes eléctricas cuando se exponen a los CEM. La tendencia actual es la de fabricar teléfonos móviles que no induzcan una corriente eléctrica que llegue a alterar la permeabilidad de la membrana celular, y se comienzan a marcar límites legales a tal efecto.

La inducción de corrientes eléctricas en las células altera el equilibrio eléctrico general del organismo humano. Cada vez son más frecuentes los profesionales de la medicina que elaboran diagnósticos en función del equilibrio o desequilibrio eléctrico del organismo del paciente. Existen diversos aparatos para medir el espectro eléctrico de una persona; el más antiguo es la cámara Kirlian, que, por así decirlo, hace una radiografía eléctrica del paciente, radiografía que después el médico interpreta. Existen utilajes médicos (Quantum) más avanzados, asociados a la interacción de pequeñas descargas eléctricas entre el paciente y la máquina, que son analizadas por ordenador y posteriormente interpretadas por el facultativo.

También han aparecido aparatos que permiten regenerar el equilibrio eléctrico del organismo afectado por el desequilibrio. Pero si una vez reequilibrado se continúa con la exposición al CEM que originó el desequilibrio, éste se reproducirá.

El Karolinska Institut (centro médico que elabora los informes para la concesión del Premio Nobel de Medicina) desarrolló una técnica para la curación de determinados tipos de cáncer asociados a tejidos enfermos afectados por desequilibrios eléctricos. La técnica conecta el tejido enfermo con un tejido sano del mismo tipo mediante microconductores eléctricos, generalmente subcutáneos. Esta técnica está siendo cada vez más usada en Europa y en especial en China.

Otra forma de alteración eléctrica es la causada por una hipotética alteración (no científicamente demostrada) de la transmisión de impulsos nerviosos mediante ondas cerebrales. Estas ondas sufrirían una interferencia similar a la que padece un receptor de radio cuando un teléfono móvil situado a su lado recibe una llamada.

Los efectos de la electricidad inducida por los CEM se manifiestan no tan sólo en organismos vivos, sino que también afectan a diversas instalaciones como, por ejemplo, los microscopios electrónicos de los hospitales.

Alteración de la permeabilidad de la membrana celular

Determinados CEM, especialmente la telefonía móvil, provocan la vibración de iones intracelulares, lo que altera la permeabilidad de la membrana celular frente a ellos, lo que provoca trastornos de transmisión del impulso nervioso. Este efecto está actualmente poco estudiado.

Lipoatrofia semicircular

La lipoatrofia semicircular ha levantado muchos temores en los últimos años a causa de su proliferación en numerosos edificios de oficinas. Es una enfermedad cuya manifestación clínica consiste en la atrofia de una zona semicircular del tejido fino graso subcutáneo situado especialmente en la parte frontal de los muslos; no provoca alteración de la piel ni del tejido muscular. La lesión es uni o bilateral y oscila entre los 5 y los 20 centímetros de longitud, tiene unos 2 centímetros de ancho y de 1 a 5 milímetros de profundidad. Afecta más a las mujeres.

Los primeros casos se remontan a 1974, aunque se extendieron a partir de 1995.

Es una enfermedad fácilmente reversible una vez se abandona el lugar de trabajo que la ha causado.

La causa más probable de esta enfermedad es la carga electrostática (electricidad de signo positivo) que se descarga en los muslos de la persona al entrar en contacto con las mesas u otro mobiliario de oficina. Parece ser producida por la combinación de baja humedad (inferior al 40%), electricidad estática y campos electromagnéticos. En estudios realizados se comprobó, en puestos de trabajo afectados, que los niveles de campo magnético eran normales, pero que el campo eléctrico era excesivamente alto debajo de las mesas, a la altura de las rodillas. Los campos electromagnéticos inducen electricidad en la mesa, y al entrar ésta en contacto con el cuerpo humano (que es conductor de la electricidad) se produce una descarga eléctrica.

Aunque la lipoatrofia semicircular no es una enfermedad grave, hay que entenderla como un síntoma de un desequilibrio eléctrico, una anomalía que a largo plazo puede tener peores consecuencias, como la disminución del poder del sistema inmunitario.

Para evitar la lipoatrofia en un edificio en que han aparecido diversos casos, lo primero que hay que hacer es verificar el nivel de electricidad estática en la mesa. Esto se hace con un aparato de infrarrojos, porque si se toca la mesa con las manos, ésta se descargaría.

Una vez establecido que en un puesto de trabajo hay un problema de carga electrostática, es preciso mantener la humedad del ambiente entre el 45% y el 55%, y evitar los focos de electricidad estática. Para ello el cableado de la mesa debe disponer de protección adicional y el suelo no debe ser metálico (si lo es, se debe cubrir con material disipativo). Si el suelo es aislante eléctrico, se deben emplear diariamente productos que eliminan la electricidad estática; también se deben eliminar los cantos puntiagudos de las mesas. (La Generalitat de Catalunya y la Agència de Salut Pública de Barcelona han elaborado un protocolo para hacer frente a los casos de lipoatrofia.)

Un edificio nuevo debe ser diseñado de forma que no pueda acumularse en su interior la electricidad estática (carga positiva). Ello se consigue mediante un sistema de toma de tierra independiente conectado a todos los posibles focos. Además deben tomarse las

precauciones de humedad y mobiliario (evitar las mesas metálicas) expuestas anteriormente.

Protección de los edificios frente a los CEM

Los edificios nuevos, especialmente los destinados a usos sanitarios, se deben proteger frente a los CEM, para evitar sus efectos perjudiciales sobre las personas y los materiales. Los CEM pueden provenir del interior del propio edificio o bien del exterior.

La UE aprobó la directiva 2004/40/CE de 29 de abril de 2004, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos). Esta directiva cubre las necesidades mínimas de protección, ya que está tan sólo dirigida a los trabajadores y además cita textualmente: «no se abordan los efectos a largo plazo, incluidos los posibles efectos carcinógenos, de la exposición a campos eléctricos, magnéticos o electromagnéticos variables en el tiempo, sobre los cuales no hay pruebas científicas concluyentes que establezcan una relación de causalidad. Estas medidas tienen como finalidad no sólo garantizar la salud y la seguridad de cada trabajador por separado, sino también crear para el conjunto de los trabajadores de la comunidad una base mínima de protección que evite posibles distorsiones de la competencia».

El cumplimiento de la directiva debe entenderse como una base mínima de obligado cumplimiento, pero que hay que mejorar considerablemente para una construcción sostenible, especialmente en centros sanitarios.

Medidas de protección frente a la red eléctrica de alta tensión

El campo electromagnético generado por las redes de alta y media tensión, así como por las estaciones transformadoras, penetra dentro de los edificios a través de muros, paredes y ventanas, ejerciendo su influencia sobre las personas y materiales que están en su interior.

La mejor protección para estas fuentes eléctricas externas es, en primer lugar, verificar que funcionan correctamente, y en segundo, alejarse de ellas. Numerosas instalaciones presentan desequilibrios entre fases u otros problemas de funcionamiento, que normalmente agravan los CEM emitidos. En lo que concierne a alejarse de ellas, la normativa es muy tolerante, por lo que no merece siquiera la pena citarla. Las organizaciones ecologistas más estrictas proponen un alejamiento de 1 metro por kilovoltio; para una línea de alta tensión de 400.000 voltios implicaría una distancia de

400 metros y para una estación transformadora o una línea de 25.000 voltios, de 25 metros. La opinión más extendida es que basta con una distancia de 30 cm por kilovoltio.

Actualmente existe la tendencia a soterrar las líneas eléctricas de alta tensión. En este caso el campo magnético producido es prácticamente igual que en el caso de una línea aérea, ya que la permeabilidad magnética del suelo y del aire son muy similares. Puede ocurrir que al no ver la línea de alta tensión no se sea consciente del problema; en numerosos casos se han detectado interferencias en ordenadores y otros equipos electrónicos en edificios próximos a una línea de alta tensión soterrada. Sin embargo, hay dos aspectos positivos en el soterramiento, por una parte el impacto visual desaparece y el riesgo de incendio al atravesar zonas boscosas también disminuye. Sería necesario señalizar la presencia de las líneas soterradas para avisar de la posible presencia de campos electromagnéticos.

En lo que concierne a las estaciones transformadoras muchas veces se colocan muy cercanas a las viviendas, ya que además la legislación no permite instalarlas en las plantas sótano. Hay que destacar que ya ha habido dos sentencias del Tribunal Supremo en que la compañía eléctrica ha sido condenada a indemnizar a los moradores de una vivienda situada al lado de una estación transformadora por las molestias y problemas causados. Es necesario respetar la distancia recomendada de 30 centímetros por kilovoltio, es decir, 7 metros y medio para una ET clásica de 25 kilovatios.

También debe vigilarse la proximidad de líneas de transporte público que utilizan electricidad de alta potencia. En este caso hay que respetar la distancia en función del voltaje, pero además hay que tener presente que el vehículo eléctrico al circular por la vía crea un arco eléctrico móvil que emite fuertes CEM (puede, por ejemplo, inutilizar el microscopio electrónico de un hospital). Es preciso, por tanto, además de respetar la distancia, asegurarse de que esa vía de transporte próxima al edificio minimiza el arco eléctrico producido.

A veces es difícil saber si existe alguna de estas redes o instalaciones en la proximidad del edificio. Para averiguarlo se debe recurrir a un fácil análisis con un aparato que mida la electricidad inducida por un campo magnético variable; estos aparatos ya llevan incorporados los valores máximos recomendados.

Protección frente a la instalación eléctrica del propio edificio

En lo que concierne a la red eléctrica interior del edificio, la tendencia es construir instalaciones biocompatibles. La red crea un campo eléctrico y un campo magnético. El campo eléctrico puede reducirse por medio de una adecuada toma de tierra de las masas metálicas o un apantallamiento de los conductores. El campo magnético no se puede

eliminar utilizando materiales usuales en construcción, ya que todos son permeables a su paso; se debe aumentar la distancia al foco emisor para permanecer fuera de su alcance (su intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia).

La instalación eléctrica en la vivienda se debe realizar en forma de espiga. Las líneas secundarias que alimentan a receptores con conexión deben situarse lo más alejadas posibles de camas y lugares de larga permanencia.

Los receptores de alumbrado que dispongan de reactancias (tubos fluorescentes) o de transformadores (halógenas de baja tensión) no deben instalarse próximas a las zonas de descanso (se han de evitar también la presencia de una cama justo encima, en la planta superior).

Televisores y ordenadores con monitor de rayos catódicos deben situarse a más de 5 metros de los bordes de las camas (medidos tanto por delante como por detrás). Es mejor apagarlos y desenchufarlos por la noche cuando no es posible respetar esta distancia.

El mástil de las antenas de televisión o de las antenas parabólicas no debe estar en la vertical de ninguna cama.

Para la zona de dormitorios es aconsejable instalar un biointerruptor que corte la corriente alterna de 220 voltios cuando no hay consumo en la habitación, sustituyéndola por una corriente continua de 12 voltios que no genera campos electromagnéticos variables. Cuando se conecta cualquier punto de consumo eléctrico, automáticamente se reestablece la circulación de 220 voltios. Por ello, para que esta instalación sea efectiva, es preciso no dejar conectado absolutamente ningún punto de consumo eléctrico, como radiodespertadores, ambientadores eléctricos...

Algunos autores añaden algunas recomendaciones basadas en evitar las sinergias negativas entre la instalación eléctrica de la vivienda y las alteraciones del campo magnético terrestre del lugar. Básicamente se trata de que el cuadro de distribución, las líneas secundarias y sus derivaciones, las cajas de empalme, los mecanismos y los receptores, se ubiquen en zonas neutras, es decir, que no coincidan ni afecten en la medida de lo posible a las líneas geomagnéticas Hartmann y Curry ni a las anomalías telúricas que se producen (véase el capítulo «Emplazamiento»).

Protección frente a emisoras de radio y televisión

Como se ha visto, la frecuencia de estas emisiones es muy superior a las de la corriente eléctrica normal. Sin embargo, su potencia hace que normalmente no sean peligrosas.

El principal peligro para un edificio es la proximidad de un radioaficionado que emita con exceso de potencia, ya que no están sometidos a un control riguroso.

Las emisoras comerciales están bien controladas y no presentan problemas, excepto en casos muy concretos de emisoras extrapotentes que desean emitir a muy grandes

distancias. En los años 90, Radio Liberty de Pals emitía con una potencia que hacía que en pequeños territorios del municipio los niveles de electromagnetismo fueran ligeramente superiores a los aceptados por la legislación laboral; el caso fue resuelto de manera inmediata.

Más grave fue el caso de Radio Vaticana en el año 2005, cuando dos de sus directivos fueron condenados a 10 días de reclusión (que fue condonada) y al pago de una importante multa por la contaminación electromagnética producida en la villa de Cesano al norte de Roma. Los habitantes de Cesano denunciaban que padecían interferencias en sus aparatos electrónicos y, además, que se habían producido diversos casos de leucemia infantil. Radio Vaticana solucionó la situación.

Protección frente a telefonía móvil, instalaciones Wifi y similares

Un teléfono móvil es un transceptor, es decir, que funciona como un aparato receptor de radio cuando se escucha y como una emisora de radio cuando se habla. La mayor dosis de radiación electromagnética se recibe en el momento de hablar, ya que las ondas del CEM son emitidas por el aparato que está cerca de la oreja. Esta dosis es mayor cuanto menor cobertura tiene el aparato, ya que debe emitir con más potencia para alcanzar la estación base más próxima. Por ello es preferible una red de antenas de baja potencia y bien instaladas, que permita tener una buena cobertura en todo el territorio y minimizar así la potencia de las ondas que se emiten por cada aparato telefónico.

Las precauciones personales que adoptar en el uso del teléfono pasan por limitar su uso al mínimo imprescindible y por usar sistemas sin manos y alejados de la cabeza, cuando sea posible.

A pesar de que la tendencia de la sociedad actual es la de proporcionar cobertura en todos los lugares públicos, el uso del teléfono móvil dentro de metros y estructuras metálicas cerradas es desaconsejable a causa de la elevada concentración de ondas que se llega a producir en su interior.

En la década pasada surgieron muchos conflictos a raíz de las instalaciones de antenas de telefonía móvil, a las que se atribuía (real o supuestamente) ser causantes de enfermedades diversas que aparecían en su proximidad. Actualmente una instalación bien hecha de telefonía móvil convencional no debe crear problemas ni en el edificio ni en los edificios vecinos. Para saber si una instalación está bien, no basta con compararla con la normativa, ya que ésta es excesivamente tolerante. En primer lugar debe verificarse que las frecuencias de emisión son solamente las de telefonía y que en el mismo mástil de soporte no hay emisoras de CEM de mayor frecuencia. También se debe verificar la potencia que realmente alcanza el edificio que se está estudiando y sus

alrededores.

Los sistemas Wifi se están extendiendo con gran rapidez, aunque en algunos países están comenzando a retirarlos de centros como escuelas y bibliotecas públicas, especialmente en Francia. Es recomendable evitarlos en un edificio, cuando sea viable instalar sistemas por cable.

Otros sistemas de transmisión inalámbrica de datos que emiten a mayor frecuencia son poco usuales, pero son posiblemente los más peligrosos. Muchas veces es difícil saber las frecuencias y potencias que está emitiendo la antena que se ve en un edificio. Por ello la mejor solución es verificar la frecuencia del CEM y medir su potencia. Uno de los aparatos de medición más usados es el Spectran.

Existe mucha discrepancia sobre los valores tolerables de exposición a los CEM. Los valores aprobados legalmente son excesivamente elevados. Los más aceptados por organizaciones que siguen el «principio de precaución» son:

- ICNIRP: 450 microvatio/cm².
- Salzburgo1: 0,1 microvatio/cm² = 1 milivatio/m².
- Salzburgo2: 1 nanovatio/cm² = 10 microvatio/m².
- Salzburgo3: 0,1 nanovatios/cm² = 1 microvatio/m².

Para evitar la exposición a los diversos CEM están surgiendo diversos aparatos y materiales.

Para evitar las radiaciones del teléfono móvil individual han surgido dispositivos (de eficacia discutida) que se acoplan al aparato telefónico o a los dispositivos que emiten o reciben ondas Wifi, o de otras radiofrecuencias. Este dispositivo está compuesto normalmente de polvo de roca sedimentaria en la que se encuentran elementos de sílice, hierro y titanio, así como concentraciones relativamente elevadas de tierras raras como el cerio o el lantano.

Para proteger un edificio de los CEM exteriores es fácil evitar el campo eléctrico, pero no así el magnético. Hasta la fecha se están realizando diversos experimentos, pero de resultados aún inciertos. Una de las propuestas consiste en aislar el edificio construyendo una especie de jaula de Faraday; esta construcción es contraproducente, ya que no evita el campo magnético y puede contribuir a crear problemas de electricidad estática. Otra de las propuestas es la de instalar una malla eléctrica que transforma el campo magnético en electricidad y la deriva hacia una toma de tierra que la descarga.

Para evitar el campo magnético estático de estructuras que han resultado imantadas es útil utilizar el «Mumetal», compuesto de 80% níquel, 20% hierro y trazas de molibdeno.

Control de la electricidad corporal

Dado que los CEM inducen electricidad en el cuerpo humano y que precisamente esta propiedad es la que más preocupa actualmente a los científicos, una de las formas de valorar el impacto sobre la salud humana de los diversos CEM es la de medir la electricidad del cuerpo humano.

Una medida fácil puede llevarse a cabo con un biovoltímetro. La persona que analizar sostiene en una mano el instrumento mientras que con la otra coge el terminal metálico que lleva incorporado el aparato. Éste a su vez es conectado a una toma de tierra. La lectura da la corriente eléctrica de la persona en milivoltios. Para que la lectura sea fiable se debe efectuar cuando la persona ha permanecido un mínimo de dos horas en el mismo emplazamiento, ya que la lectura indicará la electricidad inducida en dicha persona en ese lugar concreto.

No existe normativa aplicable, pero los valores recomendados son como máximo de 100 milivoltios para la cama y 500 milivoltios para el lugar de trabajo.

Ionización del aire interior

Un caso especial, no específicamente contemplado en los capítulos anteriores, es el de la carga iónica del ambiente interior del edificio. Ésta puede ser de signo positivo o de signo negativo.

La atmósfera está normalmente cargada con iones. Los iones con carga positiva se producen cuando el viento hace un largo recorrido sobre tierra firme y posteriormente asciende por la ladera de una montaña para luego descender; es el caso de vientos como la tramontana. Antes de una tormenta, el suelo está fuertemente cargado con signo positivo; las partes puntiagudas del terreno y de los edificios concentran el máximo de esa carga (por ello las puntas de los pararrayos se cargan positivamente y así atraen al rayo). Los iones negativos se producen después de una tormenta y también con la brisa marina, y desaparecen a causa de su interacción con diversas formas de contaminación. También producen iones con carga positiva muchas formas de contaminación de origen humano.

Es deseable que en la atmósfera interior de los edificios haya una concentración de 500 iones por metro cúbico; se considera muy desfavorable cuando la concentración desciende por debajo de los 100 iones por metro cúbico.

Los iones positivos tienen un efecto perjudicial para la salud; provocan nerviosismo, irritabilidad, depresión, dolor de cabeza... Los iones negativos crean cierto estado de euforia y bienestar.

En el interior de los edificios es frecuente que se acumulen cargas eléctricas positivas como consecuencia de una deficiente construcción, basada en una estructura metálica

que constituye una auténtica jaula de Faraday que aísla el edificio de la circulación eléctrica natural de la atmósfera. Además, en muchas ocasiones la toma de tierra no es apropiada. Otra causa que contribuye a la carga positiva es la acumulación de gran cantidad de aparatos eléctricos en el interior del edificio. Esta carga positiva, ya sea en forma de iones o acumulada en objetos, configura la electricidad estática responsable de la lipoatrofia, como se ha visto en un apartado anterior.

Para aprovecharse del efecto benefactor de los iones negativos hay en el mercado aparatos ionizadores que liberan estos iones negativos dentro del edificio. Su único pequeño inconveniente es que contribuyen a ensuciar las paredes, ya que al ionizar el polvo favorecen su deposición en aquéllas.

No se deben confundir los aparatos ionizadores, que son beneficiosos, con los ozonizadores, que son altamente perjudiciales, fuera de su uso profesional.

En el interior de los edificios hay muchos campos electromagnéticos (CEM) que proceden del interior y del exterior de la construcción: electricidad, telefonía móvil, Wifi, ondas de radio y televisión... Los CEM se trasmiten por el aire en forma de un campo eléctrico y un campo magnético que van siempre asociados y transfieren parte de su energía a los organismos y objetos que alcanzan. Esta energía provoca malos funcionamientos en las instalaciones de la casa y efectos sobre el organismo humano. Los efectos sobre el cuerpo son térmicos y eléctricos; están bien demostrados aunque hay discusión sobre su importancia; también se cree que producen efectos sobre la permeabilidad de la membrana celular y sobre la transmisión nerviosa

La mejor manera de protegerse de los CEM es evitarlos; para ello las construcciones sostenibles efectúan instalaciones eléctricas biocompatibles. Los CEM que tienen su origen en el exterior sólo pueden ser evitados en parte; el campo eléctrico es fácilmente eliminado, pero el campo magnético no; se comienzan a experimentar materiales de construcción capaces de frenar el campo magnético.

Contaminación acústica

«Y la vida misma me confió este secreto:
«Mira —me dijo—, yo soy aquello que siempre
tiene que superarse a sí mismo.»
Friedrich Nietzsche

LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA CREA GRAVES problemas de confort y de molestia y, a largo plazo, de salud. El problema es más preocupante en edificios de uso sanitario. Se ha demostrado que en hospitales que reducen los niveles de ruido, el grado de satisfacción de los pacientes aumenta significativamente, su sueño mejora y su presión sanguínea disminuye. El personal que trabaja en estos edificios también experimenta las mismas mejoras, y su percepción de su puesto de trabajo es mucho más positiva.

El ruido dentro del edificio puede proceder del exterior o tener su origen en su mismo interior. Se puede transmitir por vía aérea, o bien a través de elementos de la estructura (ruido de impacto).

También hay que tener en cuenta que todo edificio genera ruidos que pueden llegar a afectar a los vecinos. Estos ruidos también se deben minimizar.

La prevención comienza en el mismo momento de diseño del edificio, continúa con una buena ejecución de obra y finaliza en una apropiada verificación final y mantenimiento de instalaciones y protocolos de actuación.

Niveles permisibles de ruido

El Código Técnico de la Edificación (DB-HR) que entró en vigor en abril de 2009 establece unos valores que oscilan entre los 30 y los 42 decibelios (dB) para ruido aéreo, según se trate de espacios protegidos, no protegidos o no habitables y de las circunstancias del lugar concreto en que se ubica, especialmente del nivel sonoro externo. Para ruidos nocturnos en una habitación no se deben superar valores puntuas de 45 dB. Ruidos de ese nivel o poco más no llegan a despertar a una persona, pero interrumpen su fase profunda de sueño con lo que su descanso no es completo; este hecho debilita a las personas a largo plazo, ya que se interrumpe el ciclo de secreción de la melatonina.

Para ruidos de impacto el DB-HR establece unos límites entre recintos protegidos que sean colindantes vertical u horizontalmente, o que tengan como mínimo una arista en

común.

Entre dos viviendas colindantes existen 13 vías de transmisión de ruido; un buen aislamiento acústico debe cortar las 13 vías.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que el ruido continuo de fondo en habitaciones de hospital no exceda 35 dB y que los picos nocturnos en las áreas de pacientes no excedan de 40 dB. Según datos de la propia OMS, el ruido de fondo real en los hospitales oscila entre los 45 y los 68 dB, con puntas que llegan a exceder los 90 dB.

Prevención de ruidos internos

Existen unas medidas generales de prevención de ruidos que son aplicables tanto a obra nueva como a rehabilitación. Estas acciones están contempladas desde el punto de vista de un edificio de uso sanitario, pero son aplicables a cualquier edificio:

- Prever en el proyecto la reserva de espacio necesario para albergar las instalaciones y materiales imprescindibles para eliminar la contaminación acústica.
- Instalar material absorbente acústico en los suelos para evitar el ruido de pisadas y el de rodaje de carros, camillas... En este tipo de edificios no es recomendable el uso de moquetas y se suele aconsejar instalar encima del forjado de planta un cojín acústico de aproximadamente 1 mm de grosor, y encima de él el pavimento final que debe ser fácilmente limpiable. El cojín acústico no debe presentar discontinuidades en su inserción perimetral con las paredes para evitar puentes por los que pueda transmitirse el ruido.
- Utilizar materiales de acabado de construcción que sean absorbentes acústicos en las salas de espera y otros espacios públicos.
- Usar material absorbente acústico en los techos en áreas especiales, como son los departamentos de emergencia o las salas de recuperación de pacientes.
- Aislart suelos, techos, paredes... de los puestos de enfermería para reducir el nivel sonoro.
- Aislart el equipo y las instalaciones susceptibles de generar vibraciones, mediante «silent blocs».
- Separar los equipamientos mecánicos y eléctricos de las áreas de pacientes y de personal, así como de los edificios vecinos.
- Implantar protocolos de control de ruidos. Esto es particularmente importante en las salas de cuidados intensivos de recién nacidos. Conviene instalar sensores de ruido que proporcionen una señal visual en caso de que se sobrepasen los niveles deseados de ruido.
- Evitar que las habitaciones de pacientes queden cercanas a ascensores, escaleras o espacios abiertos al público.
- Aislart acústicamente las habitaciones entre sí para evitar que el ruido de una habitación pase a las

contiguas. En los sitios en que es preciso mantener conexión visual pueden instalarse vidrios de aislamiento acústico.

- Ubicar los televisores de las zonas reservadas al público y trabajadores en zonas acústicamente aisladas de las áreas de pacientes.
- Revisar las conducciones de agua para que no provoquen ruido por exceso de presión o por la presencia de codos y estrangulamientos. Asegurarse de la instalación de pasatubos elásticos al atravesar paredes. En los techos que alberguen instalaciones, colocar aislamiento acústico.
- Ajustar los niveles sonoros de la comunicación por megafonía y de los avisos de alarma a niveles audibles pero no exagerados. Debe cuidarse especialmente su inteligibilidad, por lo que su frecuencia se debe ajustar a las de mayor percepción del oído humano. También debe calcularse el tiempo de reverberación de los recintos, ya que éste debe de estar comprendido entre los 0,5 y los 0,9 segundos, ya que de otra forma las vocales al tener un mayor tiempo de reverberación solaparían a las consonantes y el mensaje sería ininteligible.

Prevención de ruidos externos

En primer lugar, para un centro sanitario se debe escoger un entorno no excesivamente ruidoso; a ser posible que no sobrepase un nivel sonoro equivalente diario de 60 dB.

Los focos sonoros punitivos externos se deben controlar y en caso necesario corregir. La normativa permite actuar sobre aquellos focos externos que no cumplen la legislación.

La protección para evitar la entrada de ruidos externos se basa en un apropiado diseño antiacústico de toda la envolvente del edificio.

En ocasiones, para evitar las molestias producidas por el ruido del tráfico se recurre a su enmascaramiento con un surtidor de agua, ya que emite un sonido con la misma frecuencia que el tráfico rodado; esto hace que su percepción dentro del edificio no se perciba como una agresión acústica. Este sistema se utilizó en el edificio de Sanitas situado junto a la M40 en Madrid.

Supresión de ruidos

A pesar de las medidas preventivas de protección, es necesario en muchas ocasiones disminuir el nivel de ruido existente, tanto de transmisión aérea como de impacto.

Los ruidos de transmisión aérea son aquellos en que la onda sonora se transmite a través del aire; al llegar a un tabique o similar provoca su vibración, por lo que el aire que está al otro lado de dicho tabique también comienza a vibrar (efecto tambor) y produce

un nuevo ruido.

Para eliminar los ruidos de transmisión aérea es preciso instalar materiales absorbentes que evitan la vibración y absorben la energía sonora y la transforman en calor, evitando así su propagación. Para esta forma de ruido se cumple la denominada «ley de la masa», que indica que a doble masa de material de protección acústica se produce una atenuación de ruido de 5 a 6 dB (cada 3 dB de incremento representa un ruido de doble intensidad). Los más usados son materiales fibrosos como la lana de vidrio o de roca, las fibras de madera, las moquetas... También se utilizan materiales porosos de célula abierta (los de célula cerrada son buenos para aislamiento térmico, pero no para aislamiento acústico) como espuma de poliuretano, aglomerados porosos de piedras naturales o corcho. También son útiles los dobles vidrios o los vidrios laminados que incorporan elementos elásticos en su interior (véase el apartado «Vidrios»).

Los ruidos de impacto se transmiten por vibración de elementos de la estructura. Esto hace que entren en vibración otros elementos en partes distantes del edificio. Para evitarlos se recurre a aislar todas las instalaciones susceptibles de vibrar con «silent blocs», también se instalan suelos flotantes, o bien un cojín acústico bajo el pavimento. En ocasiones es preciso recurrir al trasdosado de paredes y techos. En los ruidos de impacto no se cumple la «ley de la masa». Como los diversos materiales son efectivos para ruidos de diferentes frecuencias, se debe utilizar el material más apropiado para cada caso; es frecuente combinar productos compuestos de materiales diferentes para así ampliar la gama de frecuencias eliminadas o atenuadas.

En todos los casos, la instalación de los elementos antirruido se debe hacer evitando toda clase de puentes acústicos que arruinaría la eficacia de la instalación. Ejemplos de puentes acústicos son los cajetines de la instalación eléctrica en los tabiques, los cerramientos sin sellado perimetral, o pasos de conducciones a través de paredes.

El aislamiento de ruido es una auténtica especialidad que aconseja buscar la solución apropiada para cada caso. Un ejemplo es la sala de actos de la torre AGBAR de Barcelona, en la que se deseaba que el sonido se transmitiese tan sólo por la parte superior del recinto, por lo que se instaló en ella un recubrimiento de madera de formas apropiadas para que rebotase en él el sonido de la voz y se transmitiese hasta el fondo de la sala (no es preciso el uso de micrófonos). Al mismo tiempo debía de absorberse toda transmisión o rebote acústico en las paredes; para ello se ha recubierto de una finísima cortina tejida con hilos de acero que absorbe todas las ondas sonoras sin apenas ocupar espacio y creando un efecto estético muy apreciable.

El hospital Virgen de las Nieves (Granada) convoca anualmente unos premios a iniciativas medioambientales propuestas por sus trabajadores, propuestas que

posteriormente implementa en el centro. El primer premio del año 2010 fue para una propuesta que tiene como objetivo reducir la contaminación acústica en el centro hospitalario. Se trata de un dispositivo electrónico que avisa cuando se produce un exceso de decibelios sonoros en la zona en que está instalado.

La contaminación sonora provoca molestias y trastornos de salud a largo plazo. Los ruidos pueden trasmitirse tanto por vía aérea como a través de las estructuras de los edificios. Las construcciones sostenibles disminuyen su nivel sonoro gracias a su diseño y al uso de materiales antiacústicos. Los centros sanitarios están implantando protocolos de reducción de la contaminación sonora.

Contaminación química

«La experiencia no es lo que te sucede,
sino lo que haces con lo que te sucede.»
Aldous Huxley

DENTRO DE LOS EDIFICIOS se encuentran presentes muchos contaminantes químicos que afectan a la salud de los ocupantes. Estos contaminantes pueden proceder del exterior del edificio, o bien ser generados en su interior a partir de las combustiones y el uso de productos químicos. También pueden desprenderse de los materiales usados en la construcción.

En la década de los 90, el Departament de Sanitat de la Generalitat de Catalunya hizo un estudio sobre la contaminación química en el interior de las viviendas de Cataluña. Se analizaron 600 viviendas elegidas al azar, con lo que se consiguió un margen de confianza de los resultados del 95%. De las conclusiones cabe destacar que se identificaron como las principales causas de contaminación las combustiones y el uso de productos químicos domésticos. La situación no parece haber cambiado demasiado actualmente. Aquel estudio permite obtener conclusiones sobre qué aspectos se deben considerar en los centros sanitarios.

Contaminación química procedente del exterior del edificio

La calidad del aire de la zona en que se ubica un edificio condiciona su calidad interior, ya que con mayor o menor retraso el aire exterior acaba penetrando dentro de la construcción.

Para mantener la calidad del aire interior es preciso efectuar ventilaciones incorporando aire de renovación. En el caso de edificios de uso sanitario la tendencia es la de renovar el máximo posible (algunos llegan al 100%) con aire exterior de refresco. La calidad de este aire es fundamental para evitar aportar contaminantes externos al interior del edificio. Para mejorar la calidad del aire que procede del exterior se están instalando sistemas de filtración de contaminantes químicos, e incluso aparatos de desinfección por radiación ultravioleta para eliminar bacterias, virus, mohos, biofilms... La experiencia muestra que en muchas ocasiones es muy difícil conseguir un lugar apropiado para la toma de aire de renovación, ya sea por servidumbres con vecinos o por estar el entorno

muy contaminado. La toma de aire de la zona de parking es un recurso que no se debería tener en cuenta de manera sistemática, a causa de los gases contaminantes que pueden estar presentes en él; en algún caso podría incluso aportar radón que sería introducido en el edificio con los graves perjuicios correspondientes.

Otra forma de entrada de contaminantes desde el exterior es a través de las aguas de suministro público. Esta agua muchas veces es de mala calidad química, a pesar de ser potable. Puede incorporar diversos contaminantes, algunos naturales como el radón y otros introducidos o generados en el proceso de potabilización como los trihalometanos. Cada vez es más frecuente, especialmente en los edificios de uso sanitario, que se disponga de fuentes propias de suministro, o bien que el agua que llega a través de la red de suministro público sea acondicionada en instalaciones en el propio edificio, para mejorar su calidad organoléptica y disminuir su carga contaminante (véase el capítulo «Minimización del consumo de agua»).

Los contaminantes también pueden penetrar en el edificio a través del subsuelo. Los principales de estos contaminantes son el radón y los compuestos orgánicos volátiles (véase el capítulo «Emplazamiento»).

Contaminación procedente de las combustiones del propio edificio

La encuesta antes citada demostró que las combustiones en el interior del edificio eran la causa principal de contaminación química en el interior de las viviendas particulares. Seguramente esto no ocurre en los centros sanitarios, ya que sus instalaciones de combustión suelen estar bastante bien mantenidas (véase el apartado «Minimización consumo energético»).

Todos los combustibles derivados del petróleo y del carbón incorporan átomos de carbono y de hidrógeno en su estructura molecular, acompañados de otros elementos y de impurezas. La combustión, al combinarse el carbono y el hidrógeno con el oxígeno atmosférico, produce dióxido de carbono y vapor de agua (si la combustión es completa) acompañados de subproductos como los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos parcialmente quemados o el peligrosísimo monóxido de carbono, cuando la combustión es defectuosa e incompleta.

La combustión debe ser completa para disminuir el consumo energético y el volumen de contaminantes emitidos.

Los gases de combustión deben ser evacuados al exterior evitando que puedan reintroducirse en el edificio que los ha generado. Para ello es preciso que haya una buena

conducción de extracción de gases, sin roturas ni fisuras, que se utilice el material que se considere más oportuno para cada caso particular y que se evacuen a un lugar en el que haya suficiente tiro de aire. También se debe tener presente que hay que evitar que el gas contaminante que sale por una abertura se reintroduzca en el propio edificio por otra abertura próxima, o bien acabe en el interior de un piso vecino. Para evitarlo existen normas sobre cómo construir la salida de gases. La tendencia es la de facilitar la salida cenital; para ello incluso se ha modificado la interpretación de alguna de las cláusulas de la ley de la propiedad horizontal para evitar que la negativa de un solo vecino bastase para paralizar las mejoras que desea realizar una comunidad entera.

El uso de electricidad en vez de energías fósiles mejora la situación en el propio edificio (aunque hay que tener precaución con los campos electromagnéticos generados), pero mientras la electricidad no sea producida por energías renovables en la propia construcción, tan sólo traspasa el problema ambiental a los lugares de generación de la energía eléctrica.

Periódicamente se deben controlar las instalaciones de combustión (véase el capítulo «Minimización del consumo energético»). La verificación mínima que debe efectuarse es que la llama sea de color azulado y que las conexiones de salida de gases al exterior estén bien instaladas y mantenidas.

El contaminante más peligroso procedente de las combustiones es el monóxido de carbono (CO) que se produce cuando la combustión es defectuosa e incompleta. Cuando esto ocurre, cada átomo de carbono se combina tan sólo con un átomo de oxígeno en vez de con dos, con lo que se produce CO en vez de CO₂. El CO es un gas tan peligroso que se le suele conocer como «el asesino invisible». De hecho, cada año centenares de personas son halladas muertas dentro de sus domicilios como consecuencia de la intoxicación con CO.

Pero las muertes por CO son tan sólo una parte del problema, ya que a dosis menores, que no implican la muerte de las personas, el CO provoca la deposición de la grasa sanguínea en las arterias, provocando así enfermedades coronarias y cerebrales.

Los efectos perjudiciales del CO se basan en que al ser un gas insoluble en agua, penetra dentro de los pulmones junto al aire de respiración. Al llegar a los alvéolos entra en contacto con la sangre y se une a la hemoglobina de los glóbulos rojos y forma carboxihemoglobina, lo que disminuye la cantidad de oxihemoglobina que circula por el sistema circulatorio. El resultado neto es una disminución del aporte de oxígeno al organismo. Los síntomas van desde somnolencia, pérdida de la agudeza visual, dolor de cabeza, y llega a producir la muerte cuando la disminución del aporte de oxígeno es excesiva.

Contaminación que se desprende de los materiales de construcción

Los materiales de construcción pueden desprender sustancias que alteran la calidad ambiental interior del edificio. Este problema era mayor en el pasado cuando muchos materiales de construcción desprendían formaldehído, compuestos orgánicos volátiles (COV), radón o asbestos. Los nuevos materiales no desprenden estas sustancias o lo hacen en pequeñas cantidades. El uso de materiales acreditados para la construcción sostenible permite asegurar una emisión mínima.

Actualmente aún se debe tener cuidado especialmente con los sistemas de iluminación que contienen mercurio, ya que por rotura o al final de su vida útil pueden desprender este peligroso material neurotóxico. También se debe procurar evitar las lámparas con haluros metálicos.

El radón puede desprenderse de diversos materiales, incluso de algunos materiales reciclados, pero normalmente el que se desprende de los materiales no es significativo respecto del que puede penetrar del terreno (véase el capítulo «Emplazamiento»).

Los COV están aún presentes en muchos materiales, aunque en cantidades cada vez menores. Su principal importancia radica en que son precursores de la contaminación por oxidantes fotoquímicos.

La principal preocupación actual radica en evitar que los materiales que contienen plásticos halogenados formen parte del cableado, de las conducciones de líquidos o del material sanitario... Los plásticos halogenados pueden desprender dioxinas en su proceso de fabricación y también en su eliminación final si ésta no se efectúa de manera correcta. Otros contaminantes asociados a estos productos son los metales cadmio, plomo, cobre y cromo.

Una de las precauciones habituales para eliminar del ambiente interior los contaminantes desprendidos de los materiales en construcción es el de ventilar totalmente el edificio antes de su ocupación. El Boulder Community Hospital fue ventilado durante quince días una vez finalizado y antes de ser ocupado. El almacén inteligente de Ferrer en Sant Feliu de Buixalleu ha sido ventilado durante un mes antes de su ocupación definitiva.

Cuando se rehabilita y derriba un edificio se deben tomar precauciones con algunos materiales especiales. De forma general, la presencia de amianto es uno de los problemas más graves y se debe eliminar por empresas especializadas y autorizadas.

En el caso de rehabilitación o demolición de edificios de uso sanitario merece una atención especial el mercurio, ya que normalmente se ha ido acumulando a lo largo de

los años en diversas partes del edificio.

Uso de productos químicos en el edificio

En un edificio de usos sanitarios se utilizan muchos productos químicos que pueden contribuir a degradar la calidad ambiental interior. Hay productos de uso médico, tanto de tratamiento como de laboratorio. También se usan productos químicos en las tareas de limpieza y de mantenimiento.

Los modernos centros sanitarios implantan programas para disminuir la presencia de productos peligrosos. El mercurio es paulatinamente retirado de termómetros, utilaje de laboratorio, así como de las instalaciones de iluminación; la retirada se acostumbra a hacer por reposición, es decir, que cuando se acaba la vida útil de un producto que contiene mercurio se reemplaza por otro que ya no lo contiene. Otros materiales que se están evitando son los biberones con ftalato. El Servicio Andaluz de Salud ha impulsado un plan de eliminación del mercurio en sus hospitales (termómetros, fluorescentes, mantas eléctricas, equipos de electromedicina...). También ha disminuido el uso de PVC en bolsas de suero y sondas y está eliminando el uso del gluteraldehido en esterilización de material quirúrgico y en limpieza de quirófanos.

Los productos de limpieza y de mantenimiento pueden emitir compuestos orgánicos volátiles, ácidos o álcalis, que son sustancias no deseadas en el ambiente interior. Algunas de las sustancias más utilizadas son naftalina, fenol, cresol, alcohol etílico, amoníaco, butoxietanol y diversos disolventes. Existe la tendencia a ir reemplazando estos productos por líneas de productos ecológicos que usan sustancias menos tóxicas, aunque para algunas operaciones de limpieza no pueden ser usados, ya que su poder desinfectante es menor. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) ha elaborado una guía de productos de limpieza ecológicos y afirma que si se sustituyen los limpiadores comerciales, como los multiusos o los limpiacristales, por productos no contaminantes, la calidad del ambiente interior de un edificio mejorará hasta en un 85%.

Un ejemplo que seguir es el del Providence Newberg Medical Center, que usa una gama ecológica de productos de limpieza y realiza las operaciones que precisan de productos químicos peligrosos en una sala con presión negativa, para evitar que pase al ambiente interior.

Muchas sustancias químicas están presentes en el interior de los edificios;

proceden del exterior, de los materiales usados en construcción o de las actividades que se realizan en su interior. Las más peligrosas son el radón, el monóxido de carbono, el mercurio y diversos compuestos químicos usados en limpieza y desinfección. Muchos centros sanitarios están llevando a cabo programas específicos para su eliminación.

Contaminación por agentes biológicos

«¿Cómo sabes que la Tierra no es más
que el infierno de otro planeta?»
Aldous Huxley

DENTRO DE LOS EDIFICIOS se pueden encontrar muchos contaminantes de origen biológico. Muchos de ellos pueden provocar trastornos de salud, y especialmente importantes son los relacionados con las alergias. Una construcción sostenible disminuye enormemente la presencia de formas biológicas y los riesgos asociados a ellas.

La contaminación puede proceder del exterior, ya sean insectos, polen o legionela, o bien originarse en el propio interior, muchas veces asociada a problemas de humedad que favorecen la aparición de ácaros, polen, esporas, insectos, hongos y bacterias. También hay contaminación biológica procedente de plantas o animales domésticos. La construcción sostenible impide que los agentes causantes penetren dentro del edificio o que proliferen en su interior.

Las principales enfermedades producidas son alergias de diverso tipo, legionelosis y fiebre de Pontiac. La OMS alerta de que el aumento de la temperatura terrestre, conjuntamente con la globalización, producirá un gran y rápido incremento de enfermedades tropicales que se consideraban prácticamente erradicadas. Muchas especies animales y vegetales están desplazando su hábitat a alturas sobre el nivel del mar cada vez mayores y al mismo tiempo van avanzando hacia los polos. Un ejemplo es el del mosquito tigre que, originario de Asia, se va extendiendo por todo el mundo; la causa primaria de esta expansión parece haber sido el comercio mundial de neumáticos usados, ya que el agua que queda retenida dentro del neumático es un caldo de cultivo ideal para la reproducción del mosquito tigre. Este mismo mosquito es el vector transmisor de diversas enfermedades como el dengue o la fiebre amarilla, ambas prácticamente erradicadas de España, pero que podrían volver a introducirse una vez que el vector transmisor se ha establecido aquí. La zona norte de Argentina ha tenido a finales de 2009 unos gravísimos problemas de dengue que amenazan con extenderse a todo el país.

Polen

El polen es el esperma de las plantas. Tiene formas esféricas con tamaños de cerca de 8

micras de diámetro y puede ser transportado por el viento a grandes distancias.

Muchas especies vegetales producen polen que resulta alergógeno para buena parte de la población; los principales problemas vienen causados por las gramíneas y especialmente por la *parietaria officinalis*, que, como su nombre indica, es muy abundante en paredes tanto naturales como de construcciones humanas.

Se debe tener cuidado de no introducir (o permitir que se establezcan de forma natural) este tipo de plantas en las zonas ajardinadas y en los tejados verdes para evitar las alergias que puedan llegar a producir.

Es difícil evitar que penetren dentro de los edificios en el momento de ventilar. Se deben instalar filtros en los equipos de renovación de aire. En casos de especial sensibilidad puede ser conveniente instalar biopurificadores que retendrán tanto el polen como otros alergógenos. Ese sistema de purificación es usado en el Seagoville Ecology Housing, los apartamentos asociados a la clínica del Dr. William Rea en Texas, que han sido construidos con todos los elementos de pureza para pacientes con problemas de fatiga crónica, sensibilidad química múltiple o fibromialgia.

Mohos, hongos, bacterias y sus esporas y metabolitos

Se generan por la humedad incorporada durante la construcción o por la que ha sido aportada con los materiales usados. También aparece por defectos de los sistemas de aislamiento o de ventilación, la falta de higiene, los alimentos mal conservados o sistemas defectuosos de purificación de agua.

Se está intentando establecer un estándar de calidad para este tipo de contaminantes. El Instituto para la Bioconstrucción (IBN) trabaja para establecerlos. En principio el número y composición de estas formas biológicas en el interior de un edificio no debería ser diferente del que existe en su exterior. De momento se considera como un valor de referencia, a partir del cual la calidad ambiental interior no es aceptable, el valor de 100 hongos de mohos más por metro cúbico, en el interior del edificio respecto a su número en el exterior. También deben estar ausentes los hongos particularmente críticos y productores de toxinas; especialmente peligrosos son los hongos de levadura.

La OMS acepta como máximo en aire interior la cifra de 50 hongos patógenos y generadores de toxinas por metro cúbico.

Las causas de las humedades en los edificios son varias. Hay una humedad causada por la condensación del vapor en las zonas frías del interior; estas zonas normalmente son el punto de unión de la pared maestra con el forjado, y los marcos de las ventanas que no disponen de rotura de puente térmico. Otras humedades proceden a partir de la existente

en el subsuelo que asciende por capilaridad a través de los elementos constructivos. También hay humedades por rotura de cañerías y similares.

Es preciso eliminar las causas de la humedad. En el capítulo «Minimización del consumo energético» ya se ha destacado la importancia que tiene evitar los puentes térmicos en toda construcción sostenible. Las de infiltración se pueden eliminar usando barreras de resinas impermeables.

Cuando se produce una humedad hay que eliminarla por ventilación y saneamiento. Nunca se debe ocultar una humedad para que simplemente no sea visible; en estas condiciones es cuando más se desarrollarán estas formas biológicas indeseadas. Esto ocurre frecuentemente en rehabilitaciones de edificios antiguos en los que alguna de las paredes antiguas simplemente se ha recubierto, sin ser saneada, con un nuevo material, con lo que se crea una cámara ideal para el desarrollo de estas formas biológicas

En la construcción del Providence Newberg Medical Center se tuvo especial cuidado en evitar que los materiales que iban a ser empleados en la construcción cogiesen humedad antes de ser instalados.

El Seagoville Ecology Housing evita las humedades al elevar los apartamentos sobre pilares que desconectan el edificio del suelo, y además permiten una buena ventilación natural bajo él.

En el almacén inteligente de Sant Feliu de Buixalleu (Girona) se protegieron de la humedad los materiales de construcción antes de su colocación en obra.

Ácaros

Son artrópodos que conviven con las personas. Tienen un tamaño inferior a 0,3 mm y viven especialmente en las sábanas húmedas. Se alimentan de la descamación de la piel humana.

Pueden provocar alergias; la parte más alergógena son sus heces.

Es imposible eliminarlos totalmente, pero se pueden controlar extremando las condiciones de higiene, evitando la humedad excesiva y, en caso extremo, usando materiales textiles antiácaros.

Legionela

La bacteria legionela, en sus diversas cepas, origina problemas en los edificios y provoca una enfermedad que afecta más a las personas de edad y que tiene una alta tasa de

mortalidad. La bacteria puede generarse en el interior del edificio, especialmente en los reservorios de agua mantenidos a cualquier temperatura inferior a los 70 oC. La presencia de hierro y materia orgánica favorece la proliferación de esta bacteria. La infección se produce por inhalación cuando al usar el agua contaminada la legionela es dispersada en el aire.

En ocasiones, la legionela procede del exterior del edificio. Esto es especialmente frecuente en las proximidades de torres de refrigeración.

Deben tomarse precauciones para que en un edificio sostenible de uso sanitario no se alcancen niveles importantes de legionela.

Existen protocolos legales de actuación para evitar la legionela (muchos expertos los consideran exagerados). No se incluyen en este informe.

Animales domésticos y plantas

Muchos animales y plantas comparten edificios con los seres humanos. A veces se convierten en fuente de contaminación biológica. Una buena higiene y limpieza evita casi todos los problemas, pero en algunos casos existe una sensibilidad especial que puede provocar alergias, como la alergia a los pelos de gato.

Igual ocurre con algunas plantas. El caso que más afecta al personal sanitario es la alergia al ficus benjamina (una de las plantas más populares de interior) que provoca reacciones alérgicas entre el personal que ya es alérgico al látex.

Aunque no se trata de animales propiamente domésticos, cada vez tiene más interés el control de mosquitos en edificación, especialmente después de la invasión del mosquito tigre. Es preciso evitar su entrada, por lo que es conveniente recurrir al uso de mosquiteras. En los últimos años ha empezado a aparecer en el mercado cierta oferta de mosquiteras adaptables a diversos tipos de ventana; es conveniente su instalación ya en el momento de la construcción.

También es preciso evitar la proliferación de mosquitos y otros insectos. Para ello las administraciones públicas hacen campañas informativas, pero también hay que evitar en nuestros edificios y aledaños la presencia de reservorios de agua que favorezcan su reproducción. Se ha mencionado anteriormente el cuidado necesario para evitar este problema en los tejados verdes. Otro punto que controlar es el de los depósitos de agua pluviales, los estanques y los surtidores. En estos estanques y similares es conveniente poner peces que eliminarán la reproducción de mosquitos y similares.

Infecciones nosocomiales

En las instalaciones hospitalarias se produce un alto grado de infecciones con origen en el propio hospital; son las infecciones nosocomiales (el 60% de ellas se deben a bacterias resistentes a uno o más antibióticos).

Un edificio sostenible de uso sanitario debe prevenir este tipo de infecciones.

Una de las formas más empleadas actualmente para disminuir las infecciones nosocomiales es la de efectuar las renovaciones necesarias de aire con el 100% de aire exterior, para evitar las recirculaciones. Esto representa un importante incremento del consumo energético, consumo que puede disminuirse mediante el uso de recuperadores de calor asociados al sistema de renovación. Ejemplo de renovación de aire al 100% es el Providence Newberg Medical Center. El CAP Roger de Flor renueva con un 60% de aire exterior.

Otro sistema que se está comenzando a utilizar es la incorporación al sistema de climatización de aire de un equipo de desinfección por radiación ultravioleta. La radiación elimina los virus y bacterias del aire y al mismo tiempo evita la formación de biofilms y la aparición de mohos. Según el equipo instalado se consigue además la eliminación de la electricidad estática en el interior del edificio. Algunos estudios comerciales cifran en dos años el período de retorno económico de esa instalación. Hospitales que lo han instalado son el Muskogee Community Hospital, la Clínica Ruber o La Paz.

Los dos sistemas de los puntos anteriores pueden ser incorporados a las instalaciones de un edificio sanitario sostenible. Sin embargo, muchos profesionales de la medicina no acaban de estar de acuerdo en que se trate de soluciones totales; por ello prefieren implementar medidas especiales que tienen que ver con los protocolos de actuación del centro.

Un programa especial de protocolos es el programa MOSAR, en el que participan 20 laboratorios y 50 hospitales. El primer paso es evitar el recetar antibióticos innecesarios o inapropiados (el 60% de las infecciones nosocomiales se deben a bacterias que se han vuelto resistentes a uno o más antibióticos). Otra actuación consiste en evitar que el vector de contagio entre enfermos sea la propia enfermera/o, por ello se establece entre ellos una relación biunívoca (sólo en los casos en que se considera necesario, especialmente en la UCI). Finalmente también se recomienda que exista una habitación para cada paciente; esta habitación debe disponer de lavabo exclusivo, de sistemas de desinfección y de ventilación directa al exterior. Es preciso evitar la compartimentación de habitaciones con sábanas. El Instituto Guttmann participa en el programa MOSAR.

Existe el caso especial de habitaciones que se mantienen a presión negativa para casos

de enfermos altamente infecciosos o para cuando es preciso utilizar sustancias químicas altamente tóxicas. Ejemplos sanitarios son una vez más el Instituto Guttmann y el Providence Newberg Medical Center.

El Rush University Medical Center de Chicago ha acondicionado, en colaboración con la McCormick Foundation Center for Advanced Emergency Response, un departamento de emergencias con 60 puestos de tratamiento. Dispone de sistemas avanzados de vigilancia biológica para detectar patrones de admisión hospitalaria no usuales, así como equipos de descontaminación. En caso de pandemias o de bioterrorismo la capacidad de tratamiento del centro puede incrementarse rápidamente. Las habitaciones de aislamiento tienen el doble del número de renovaciones de aire recomendadas, todas ellas con flujo negativo de aire para evitar las propagaciones indeseadas.

En los edificios existen contaminantes biológicos que pueden provocar

trastornos de salud, especialmente alergias, legionelosis e infecciones nosocomiales. Los contaminantes pueden proceder del exterior o tener su origen en el interior del propio edificio. Para evitarlos se eliminan las humedades y se instalan sistemas de renovación, filtración y desinfección del aire; también se establecen protocolos específicos de actuación. Algunos centros sanitarios se están especializando en el tratamiento de enfermedades asociadas con factores biológicos.

Alimentación en los edificios de usos sanitarios

«Lo que da valor a una taza de barro
es el espacio vacío que hay entre sus paredes.»
Lao-Tse

LOS ALIMENTOS, INCLUIDA EL AGUA, presentan un doble aspecto. Por una parte son considerados un medicamento y, por otra, tienen una gran repercusión sobre el medio ambiente. Una construcción sostenible destinada a usos sanitarios debe cuidar la calidad, procedencia y uso apropiado de sus alimentos.

Diversas organizaciones, entre las que se halla el UK National Health Service, han decidido disminuir la cantidad de carne y derivados lácteos en los menús de los hospitales, para así contribuir a la reducción del cambio climático; la producción de estos alimentos provoca una gran emisión de CO₂.

Los alimentos que se sirven en los centros sanitarios deben proceder, en la medida de lo posible, de producción orgánica, sin plaguicidas ni abonos químicos. Se deben eliminar los transgénicos.

El agua también es considerada un alimento. Por ello muchos hospitales acondicionan su propia agua, a partir del agua de suministro público, por los medios que se han detallado en el capítulo «Minimización del consumo de agua».

Siempre que sea viable se recurrirá a la producción agroalimentaria local, ya que además de disminuir los costes ambientales del transporte a grandes distancias, favorece la estabilidad de la población del lugar.

Los alimentos son considerados una medicación. Por ello no deben interferir en los tratamientos médicos asignados y se deben incluir en los criterios de prescripción específicos para cada paciente.

Los alimentos no deben contener elementos tóxicos, lo que se consigue precisamente con una producción orgánica controlada.

Comienza a aparecer la tendencia a incorporar huertos propios en la zona ajardinada de algunos hospitales. Este huerto, además de ser una zona verde, puede ser usado para terapias de recuperación de determinados pacientes.

Varios hospitales han comenzado estas prácticas. Destacan el St. Luke's Hospital de Minnesota y el Seagoville Ecology Housing de Texas. El Hospital Virgen de las Nieves (Granada) y el Hospital General de Valencia ya las han comenzado, y está prevista su incorporación en la red hospitalaria de Extremadura y Canarias.

Los alimentos servidos en los centros sanitarios deben formar parte del tratamiento, por lo que deben ser prescritos para cada paciente y no deben contener sustancias tóxicas, lo que se consigue con productos agroalimentarios ecológicos. Estos productos contribuyen además a la protección ambiental, ya que disminuyen el impacto sobre el cambio climático y evitan la incorporación de sustancias tóxicas al medio.

Acreditación de edificios sostenibles

«El hombre que ha empezado a vivir serenamente por dentro, empieza a vivir sencillamente por fuera.»
Ernest Hemingway

TODOS LOS SECTORES PRODUCTIVOS de la sociedad actual han decidido adaptarse a los criterios de la sostenibilidad. Esta decisión ha ido implementándose progresivamente desde la Cumbre de Medio Ambiente de Río de Janeiro de 1992, y especialmente desde la de Johannesburgo de 2002. Los aspectos medioambientales son contemplados en los análisis de situación y el establecimiento de estrategias de las empresas y organizaciones. En algunos sectores, como es el caso de la construcción, esta incorporación es relativamente reciente a nivel normativo, aunque hace décadas que van apareciendo construcciones que reclaman ser ecológicas e incluso sostenibles. Esta situación hace que cuando se quiere construir una edificación sostenible existen muchas interpretaciones diferentes sobre lo que es la sostenibilidad; muchas de ellas fuertemente subjetivas y parciales. A consecuencia de ello surgen errores y dudas que crean desconfianza entre el público en general. Con el objetivo de armonizar y objetivar los criterios que definen que una construcción sea sostenible han surgido diversas acreditaciones que, con mayor o menor fortuna, certifican dicha sostenibilidad.

Hay que tener presente que se está en pleno proceso de elaboración de los criterios de sostenibilidad en la construcción y que ello conlleva cierta distorsión en el establecimiento de prioridades de actuación. La principal preocupación ambiental actual de la sociedad, en lo que concierne a la construcción, es la disminución del consumo energético de los edificios para así contribuir a la prevención del cambio climático. Una segunda prioridad es la de no utilizar materiales que agoten recursos naturales y que no generen gran cantidad de residuos al final de su vida útil. El priorizar estos aspectos hace que hasta cierto punto se otorgue menos valor del que sería necesario a la calidad del medio ambiente interior de los edificios, lo que repercute en la salud y bienestar de sus ocupantes. Otras críticas a los sistemas de acreditación se basan en atribuirles teóricas preferencias por determinado tipo de instalaciones o materiales relacionados con firmas comerciales.

Cabe destacar como aspecto muy positivo que los sistemas de acreditación están siendo continuamente actualizados y revisados por organizaciones expertas. Existe además un activo proceso de concentración, armonización y trabajo conjunto entre

diversas organizaciones para ofrecer unos criterios homogéneos de sostenibilidad. Un ejemplo concreto es el trabajo conjunto de WGBC (World Green Building Council), USGBC (US Green Building Council), HCWH (Healthcare Without Harm) y Rocky Mountain Institute para la elaboración de criterios de sostenibilidad en instalaciones de carácter sanitario como las que son objeto de este informe. En noviembre de 2009, el WGBC invitó al BREEAM a integrarse como miembro en su organización.

Hay sistemas de acreditación o certificación que son exigibles por normativa y otros que son voluntarios.

Las certificaciones exigibles por normativa son bien conocidas y ya aplicadas en nuevas construcciones. La más importante de ellas es la «certificación energética» exigible por el decreto 47/2007 de 19 de enero que da cumplimiento a la directiva 2002/91/CE; está en vigor desde el 31 octubre de 2007 y afecta a todos los edificios de nueva construcción y a las grandes rehabilitaciones. Mediante el programa LIDER se calcula la demanda energética del edificio y con el programa CALENER se establece la calificación energética de éste (categorías A a G). Es preciso efectuar una certificación provisional en relación con el proyecto y una certificación definitiva, con comprobación, al acabar la obra; la validez de la certificación es de 10 años.

En lo que concierne a los sistemas de acreditación de aplicación voluntaria, los más reconocidos son el LEED y el BREEAM; aunque están adquiriendo nuevo protagonismo los más centrados en aspectos de ahorro energético como el PASSIV HAUS y el MINERGIE.

Las características básicas de los sistemas de acreditación voluntaria de edificios son:

- Ser independientes.
- Estar basados en los conocimientos científicos más avanzados.
- Ser muy concretos y fácilmente verificables.

Características especiales de la acreditación de centros sanitarios

Son edificios especiales que precisan de criterios de acreditación específicos.

Una primera diferencia es que se trata de instalaciones que funcionan 24 horas diarias los 7 días de la semana, y que cobijan a personas que tienen necesidades de temperatura ambiente superior dado su estado de salud (usualmente las normativas exceptúan estos edificios del cumplimiento de las limitaciones de temperatura exigidas a los edificios en general). Todo ello dificulta enormemente el control del gasto energético. La mayor sensibilidad a determinadas sustancias de algunos de los usuarios de estos edificios impide el uso de materiales usados para otras construcciones sostenibles.

¿Por qué solicitar una acreditación no obligatoria de sostenibilidad?

Las certificaciones no obligatorias son cada vez más solicitadas. Una primera causa son los programas de responsabilidad social de las empresas y organizaciones, asociados a su imagen corporativa. También hay una causa de tipo económico, ya que los edificios acreditados tienen una mayor demanda por parte de los clientes de las empresas; tienen además unos menores consumos energéticos y de agua, y una disminución del absentismo laboral que frecuentemente alcanza tasas del 15%. Esta mejora de las condiciones de salud y bienestar es especialmente importante en los centros sanitarios en los que mejora de forma apreciable la recuperación de los pacientes.

Acreditación BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

Se explica en primer lugar este sistema de acreditación, ya que aunque está menos extendido en España que el LEED, tiene una categoría específica para edificios de uso sanitario desde el año 2008 y ha certificado en todo el mundo 110.000 edificios hasta la fecha.

Desde julio de 2008, el BREEAM Healthcare ha reemplazado al NHS Environmental Assessment Tool (NEAT) y es usado en el Reino Unido para los edificios relacionados con la salud que dispongan de servicios médicos. Ha sido especialmente diseñado para ayudar a mitigar el impacto ambiental de los edificios.

Un edificio interesante de uso sanitario es el Great Ormond Street Hospital de Londres, cuya ampliación prevista para el 2012 ha usado el sistema NEAT para el cálculo de emisiones contaminantes (este sistema es equivalente al usado por el BREEAM). Las mejoras de este edificio son espectaculares y ha hecho que personas tan significativas como Ken Yeang hayan declarado que «las cifras obtenidas son impresionantes y marcan una nueva referencia en edificios sostenibles dentro del sector sanitario».

El BREEAM se creó en 1990 en dos versiones, una para oficinas y otra para viviendas. Actualmente existen o están en fase de creación versiones para comercios, escuelas, cárceles, centros industriales y residenciales.

Es especialmente usado en el Reino Unido, donde el 20% de las nuevas oficinas se han acreditado por este sistema.

En España, en el año 2009, se ha establecido una colaboración con el Instituto Gallego de Tecnología para el desarrollo del BREEAM en España.

El primer edificio certificado en España ha sido el centro FACTORY de A Coruña, desarrollado para la empresa Neinver La Toja SVL, una empresa basada en la gestión de

propiedades y en fondos de inversión. De manera simultánea, en febrero de 2010, hay al menos 10 nuevos proyectos de construcción en España que han iniciado el proceso de certificación BREEAM.

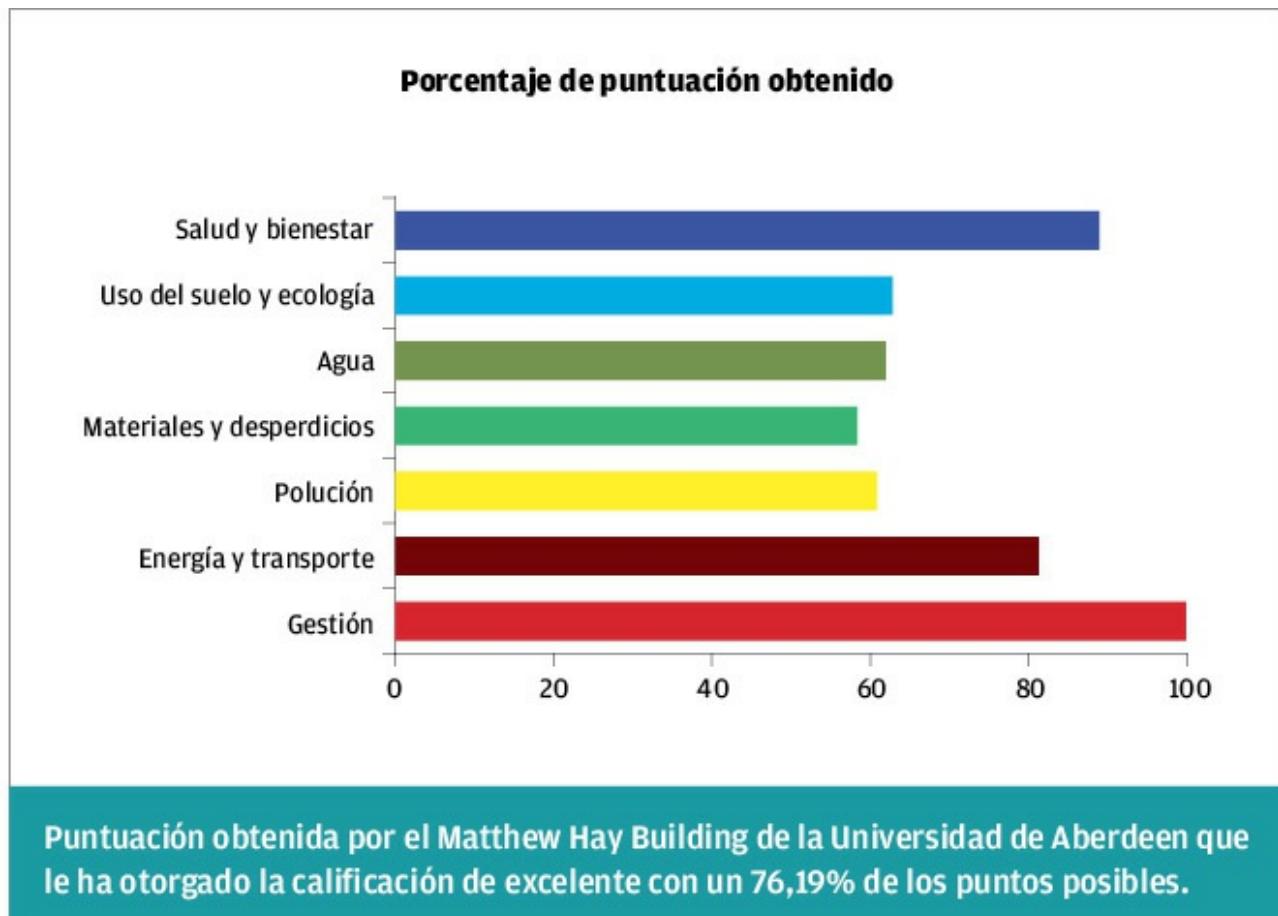
Las categorías BREEAM son:

- Excelente.
- Muy buena.
- Buena.
- Aprobada.

Las categorías se conceden en función de la puntuación obtenida en el conjunto de los diversos aspectos de sostenibilidad que contempla el sistema.

Los criterios de certificación del BREEAM son:

- Gestión.
- Salud y bienestar.
- Energía.
- Transporte.
- Agua.
- Materiales.
- Usos del suelo.
- Ecología.
- Atmósfera.



Las principales diferencias con el LEED son que el BREEAM no tiene requisitos de obligado cumplimiento y que presta más atención a los aspectos de salud y bienestar de los ocupantes.

Existe una colaboración entre el BREEAM y el SHINE (Sustainable Healthcare in the NHS Estates). Se está desarrollando una guía de próxima aparición, *Industry guide on sustainability budgeting*, con el apoyo del Department of Health.

Acreditación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

Es el sistema más extendido en la actualidad en España. Está impulsado por la WGBC (World Green Building Council) fundado en 1993 y con casi 20.000 organizaciones y empresas asociadas. Su capítulo correspondiente en España es el CCVE (Consejo Construcción Verde España).

El sistema LEED presenta muchas ventajas; destaca entre ellas:

- Evalúa el edificio en su totalidad.
- Está muy implantado en todo el mundo.
- Se adapta a la evolución tecnológica de la construcción sostenible.
- El USGBC trabaja en coordinación con muchas otras organizaciones como el Health Care Without Harm o el Rocky Mountain Institute para ofrecer los mejores criterios de sostenibilidad y evitar la proliferación excesiva de nuevos sistemas de acreditación de edificios. Actualmente se intenta la coordinación con el BREEAM.
- El sistema de acreditación por puntos es especialmente atractivo para promotores que buscan el reconocimiento de la sostenibilidad de sus edificios al menor coste económico posible. Un ejemplo claro es el de la promoción Battery Park en Manhattan Sur (complejo de varios cientos de apartamentos de 1 y 2 habitaciones), en que el promotor pidió a los constructores obtener la categoría LEED certificado, para conseguir el mínimo de puntos requeridos y que de ellos se escogiesen los de menor coste económico para su obtención.

Algunas de las principales críticas que se hacen al LEED son:

- No valora suficientemente los aspectos de contaminación acústica (sí que están contemplados en escuelas y centros de asistencia sanitaria).
- Prioriza los sistemas de eficiencia en el consumo de energías fósiles más que el uso de las energías renovables.
- Valora más el rendimiento de los materiales una vez que han sido instalados en la construcción que no el ACV (análisis de ciclo de vida) de dichos materiales (por ejemplo, no se contempla suficientemente la energía utilizada en la fabricación de los materiales, *embodied energy*).
- El sistema de obtención de puntos distorsiona hasta cierto punto los objetivos del edificio que se desea acreditar. Un ejemplo sería un examen en el que se hiciesen, previamente al día del examen, las preguntas y la puntuación que se les dará; los temas no incluidos en el examen no son valorados.
- Se le atribuye cierta preferencia por materiales y marcas específicas.

Categorías LEED (nivel 3)

Las categorías actualmente en vigor son:

- LEED-NC para nuevas construcciones. Fue el primer LEED, a partir del cual han ido evolucionando todos los demás.
- LEED-EB para edificios existentes. Se centra en la limpieza, el reciclaje y el mantenimiento de las instalaciones existentes.
- LEED-CI y LEED-CS. Para locales comerciales; especialmente útil para el mercado de alquiler. El

primero se centra en que el ambiente interior sea saludable y favorezca la productividad. El segundo se centra en la estructura, cerramientos y determinadas instalaciones.

- LEED-Homes, para viviendas.
- LEED Schools (escuelas). Centrado en acústica, iluminación natural y espacios exteriores.

Se están preparando nuevas certificaciones entre las que destaca el **LEED para instalaciones sanitarias**. Esta acreditación está en su segundo período de alegaciones y se están realizando estudios y seguimiento en 115 proyectos de construcción de este tipo de edificios.

Los criterios de certificación del LEED se basan en el cumplimiento de unos requisitos y unos créditos. Los primeros son de obligado cumplimiento, es decir, que si no se cumplen todos ellos, el edificio no puede ser acreditado. El cumplimiento de los distintos créditos otorga puntos al edificio; en función de los puntos obtenidos un edificio puede ser acreditado en los siguientes niveles LEED:

- Certificado: 40-49 puntos.
- Plata: 50-59 puntos.
- Oro: 60-79 puntos.
- Platino: 80 y más puntos.

La puntuación corresponde a los criterios para LEED nueva construcción, 2009.

Todas las categorías LEED tienen la misma estructura de créditos:

- Sostenibilidad de la parcela.
- Eficiencia en el uso del agua.
- Eficiencia energética.
- Uso de materiales y recursos.
- Calidad ambiental del aire interior.
- Innovación y diseño a lo largo del proceso.

El hospital Queen of the Valley Medical Center, en Napa, California, ya está preparado para solicitar la certificación LEED Healthcare, en cuanto sea definitivamente aprobada por el WGBC.

El almacén inteligente del Grupo Ferrer en Sant Feliu de Buixalleu (Barcelona) opta a la categoría LEED plata, y el Centro de Investigación Biomédica del mismo grupo en L'Hospitalet (Girona), a la platino.

Criterios HCWH (Health Care Without Harm)

La HCWH tiene como misión transformar mundialmente el sector del cuidado de la salud, sin comprometer la seguridad o el cuidado del paciente, para que dicho sector sea sostenible desde un punto de vista ecológico y deje de ser una fuente de daño para las personas y el medio ambiente. La HCWH registra los edificios de uso sanitario que voluntariamente lo deseen. El autor de esta publicación está registrado en la HCWH.

Actualmente ya está implantada la Green Guide for Health Care (GGHC) (actualizada en 2008) desarrollada por la Health Care Without Harm (HCWH). Es la base del futuro LEED para instalaciones sanitarias.

Del 11 al 13 de mayo de 2010 se ha celebrado en Baltimore (con la colaboración de la HCWH) la CleanMed 2010, la primera conferencia sobre sostenibilidad del sector de la salud. Los objetivos de esta conferencia han sido:

- Acelerar el desarrollo, uso y difusión de las mejores prácticas en el cuidado de la salud que sean adecuadas desde el punto ambiental y de seguridad.
- Presentar servicios relacionados con salud y sostenibilidad.
- Presentación de ejemplos de diseño y construcción de instalaciones sanitarias sostenibles.
- Analizar alternativas para la incineración de residuos médicos.

Hospitales verdes

Es una guía que cuenta con el visto bueno de la OMS para lograr hospitales urbanos y rurales más amigables con los pacientes y el medio ambiente. Disminuyen el estrés de los ocupantes, el consumo de agua y energía, así como el volumen de infecciones nosocomiales.

Acreditación PASSIV HAUS

Este sistema de acreditación se basa fundamentalmente en el ahorro energético y en las siguientes premisas:

- Niveles de aislamiento muy elevados, con casi total ausencia de puentes térmicos.
- Utilización inteligente de las ganancias solares, así como de las fuentes internas de calor.
- Nivel excelente de estanqueidad.
- Buena calidad del aire interior, obtenida gracias a un sistema de ventilación mecánica con mecanismo de recuperación de calor, que abarca toda la casa.

El sistema Passiv Haus es fundamentalmente usado en Alemania y Centroeuropa, donde hay aproximadamente 17.000 edificios construidos según su patrón.

La gran ventaja de Passiv Haus es el ahorro energético, ya que para Centroeuropa garantiza:

- Que la energía total necesaria para calefacción y refrigeración es menor de 15 kWh/m²/año.
- Que la energía total necesaria para todos los usos, agua caliente, calefacción y refrigeración es inferior a 120 kWh/m²/año.

Los principales inconvenientes de Passiv Haus (se está trabajando para resolverlos) son:

- Aún no está totalmente adaptado a climas cálidos y templados.
- Potencial mal uso del sistema de renovación de aire por los usuarios (especialmente por la noche) lo que conlleva la alteración de la calidad interior del aire.
- No contemplar algunos otros aspectos de sostenibilidad distintos del consumo de energía.

Otros sistemas de acreditación

Minergie

Especialmente usado en Suiza.

Muy parecido al Passiv Haus, aunque presta más atención a los materiales empleados, al ruido y a la calidad del aire interior.

CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)

Creado en 2002 por el Consorcio Japonés de Construcción Sostenible.

Certifica 4 niveles diferentes de sostenibilidad.

Analiza el ciclo de vida de construcción del edificio, el prediseño, la nueva

construcción, los edificios existentes y las rehabilitaciones.

Acreditación ambiental del sistema de gestión de un centro sanitario

Un centro sanitario sostenible precisa que la organización que en él trabaja disponga de un sistema de gestión sostenible. Para conseguirlo, la organización suele acreditarse por las normas ISO 14001, o bien por las EMAS. En ambos casos, la pieza fundamental de la ambientalización de la organización es la implementación de un sistema integrado de gestión ambiental. Numerosos centros sanitarios están implementando estos sistemas de acreditación; destaca el esfuerzo realizado por el Servicio Andaluz de Salud, que dispone de un sistema unitario e integrado de gestión ambiental en todos sus centros sanitarios.

Existen multitud de opiniones sobre lo que es sostenible en edificación y lo que no lo es. Diversas organizaciones han establecido criterios de acreditación de sostenibilidad que ofrecen un patrón de referencia que seguir. Los criterios más extendidos son el BREEAM (que ya tiene criterios específicos para centros sanitarios) y el LEED (que está a punto de aprobarlos).

El edificio de un centro sanitario puede ser sostenible, pero la sostenibilidad se debe extender a toda la organización. Para conseguirlo se debe implantar un sistema integrado de gestión ambiental, acreditado por la normas ISO o EMAS.

Participación de los profesionales sanitarios en el diseño y proceso de construcción del edificio

«Intentas hacer lo que los mayores dicen que no puedes hacer y descubres que sí que puedes.»
Henry David Thoreau

LOS EDIFICIOS DESTINADOS A USOS ESPECÍFICOS se deben proyectar pensando en sus actividades específicas; para ello es conveniente contar con la participación, en fases de proyecto y ejecución, de los profesionales que ejercerán en ellos su actividad. Esta afirmación es aplicable a los centros sanitarios. Muchas veces la participación de los profesionales sanitarios en el proyecto de un nuevo edificio no es toda la que debería ser. Frecuentemente esta carencia se traduce en defectos que es costoso solucionar a posteriori.

Un ejemplo positivo de participación es el del Rush University Medical Center de Chicago. El centro ha sido diseñado a partir de la colaboración de cientos de enfermeras, médicos y pacientes que han aportado sus ideas sobre características de las habitaciones, servicios para pacientes y familiares, así como en materias de seguridad y de sostenibilidad.

Otro ejemplo de participación de los profesionales sanitarios en la concepción del edificio es el Instituto Guttmann de Barcelona, en el que dadas las características de sus pacientes, muchos de los cuales van en silla de ruedas, los pasillos han sido dimensionados de forma que puedan cruzarse dos sillas de ruedas. Las paredes han sido cubiertas de un material que soporta los golpes sin deteriorarse. Los ascensores tienen una peculiar forma de rectángulo, que se abre por su parte más ancha, para facilitar la entrada y salida de sillas de ruedas sin que quede una detrás de otra. Los antepechos de las ventanas son más bajos de lo usual para facilitar la visión exterior desde la posición sentada. Especialmente curioso es el diseño de parapoles horizontales en la fachada oeste (en teoría deberían ser verticales), que están calculados de forma que evitan el sobrecalentamiento solar, pero permiten al mismo tiempo una visión panorámica del exterior desde la misma posición sentada.

Una observación adicional es que actualmente en muchas construcciones sostenibles el proyecto ha sido elaborado por un despacho de arquitectura-ingeniería con suficientes conocimientos de sostenibilidad, pero en la fase de ejecución de obras falta personal con capacidad para incorporar los criterios de sostenibilidad a pie de obra. La nueva carrera

de Ingeniería de la Construcción creada según los criterios de Bolonia, y que es la mejora de la actualización de los antiguos estudios de arquitectura técnica, incorpora estos criterios y debe proporcionar al mercado buenos profesionales que cubran esta carencia.

Los profesionales de la medicina y los pacientes deben participar en el diseño de los nuevos centros sanitarios sostenibles, analizar sus necesidades y aportar sus puntos de vista a los criterios de sostenibilidad.

Epílogo

Una redefinición de la sostenibilidad desde el punto de vista de las personas

Conversación con Sergio Ferrer-Salat, presidente del Grupo Ferrer

Enric Aulí (EA): Como colofón a este libro sobre la importancia de integrar los conceptos de sostenibilidad en el diseño, construcción, funcionamiento y mantenimiento de un centro sanitario, creo oportuno que dediquemos estas últimas páginas, a modo de epílogo, para que el promotor y el autor del libro expliquemos nuestro punto de vista sobre el origen y los objetivos de esta publicación, así como lo que su realización nos ha aportado a nosotros mismos y lo que esperamos pueda aportar a los lectores.

Sergio Ferrer-Salat (SFS): Estoy totalmente de acuerdo, porque la importancia de la sostenibilidad en los centros sanitarios implica factores económicos, sociales, políticos y humanos, que trascienden el marco estricto de la técnica constructiva.

EA: Desde mi punto de vista existen varias ideas importantes que deberíamos explicar claramente al lector no especializado. La primera es que la sostenibilidad se debe integrar plenamente en los temas de salud, y viceversa, ya que a menudo los aspectos sanitarios son olvidados cuando hablamos de sostenibilidad. Recordemos además que la salud no es tan sólo la ausencia de enfermedad; este concepto es importante destacarlo porque no se trata tan sólo de evitar la construcción de «edificios enfermos», sino de conseguir «edificios sanadores», es decir, que favorezcan el desarrollo pleno de la persona, además de su curación física; y simultáneamente acortar las estancias hospitalarias, lograr ambientes más sanos de trabajo y proteger el medio ambiente.

La segunda idea importante es la necesidad de participación del personal, que trabaja o trabajará en un edificio, en su concepción y posterior gestión. Deben ser las personas que usarán el edificio las que aporten ideas para la sostenibilidad de éste. Un ejemplo de esta participación es la cada vez mayor implantación de la alimentación ecológica en la dieta de los enfermos, aprovechando los productos locales y elaborando menús personalizados que evitan que la alimentación de un paciente

interfiera con su medicación. Si construimos centros sostenibles, pero las organizaciones que los ocupan no lo son, se produce una falta de armonía que dificulta que el edificio desarrolle todo su potencial.

SFS: En el fondo, cuando hablamos de la sostenibilidad en los centros sanitarios, nos estamos refiriendo al desarrollo sostenible o a la economía sostenible y constatamos la existencia de un modelo, de un paradigma nuevo de la economía, en el que existen tres elementos fundamentales que se interrelacionan, son interdependientes y se refuerzan mutuamente: los aspectos sociales, medioambientales y económicos.

Cuando se dice que un edificio debe ser sostenible, se trata de que desde un punto de vista social los enfermos estén bien tratados y de que los profesionales trabajen en un entorno agradable; que desde la vertiente medioambiental, el consumo de energía, agua y materiales sea el mínimo posible; y de que económicamente la organización que utiliza el edificio sea también viable para que pueda garantizarse su continuidad en el tiempo. Se puede construir un edificio ultrasostenible y supereficiente, y tratar a los enfermos y profesionales de forma maravillosa, pero si las cifras económicas no son adecuadas, su futuro será insostenible. En consecuencia, sin los tres pilares de la sostenibilidad (económicos, sociales y ambientales) cualquier proyecto carecerá de una viabilidad futura.

EA: Es cierto, de hecho es obvio, aunque muchas veces no lo parezca.

SFS: La vertiente social es fundamental, porque el edificio puede ser muy eficiente desde el punto de vista energético y de respeto del medio ambiente, pero si las personas no tienen luz natural, ocupan sillas incómodas y trabajan en condiciones desagradables, la situación resultará inviable. Y eso es así especialmente en el campo sanitario, ya que la finalidad fundamental del mundo sanitario y químico-farmacéutico es contribuir al bienestar social. Ésa es su razón de ser.

EA: En esta línea de actuación, asociaciones como Healthcare Without Harm están trabajando para eliminar de los centros sanitarios las sustancias que son tóxicas para el medio ambiente, los enfermos y los profesionales. Esta iniciativa es tremadamente necesaria y ya lleva en funcionamiento cuatro o cinco años, a pesar de lo cual muchos centros aún no cumplen los requisitos fijados por esta organización.

Pero desde tu punto de vista ¿cuál de los tres aspectos de la sostenibilidad es el más importante en los edificios del sector sanitario?

SFS: Creo que los tres aspectos son fundamentales; en última instancia diría que lo más importante es que los enfermos y los profesionales sanitarios estén y se sientan a gusto, porque si no lo están difícilmente podrán transmitir la vertiente humanista, que tan importante es en medicina.

EA: Para medir este grado de satisfacción a que haces referencia, se están utilizando en la

actualidad dos indicadores: la reducción del absentismo laboral de los profesionales y la reducción del período de curación de los enfermos. En los centros sanitarios sostenibles ambos indicadores están mejorando espectacularmente.

Un ejemplo claro son las nuevas oficinas de Sanitas en la M-40 de Madrid. No se trata de un centro sanitario propiamente dicho, pero sí de una empresa del ámbito de la salud. En sus oficinas centrales había un colectivo con un elevado índice de absentismo, el de las teleoperadoras que pasan su jornada laboral atendiendo los problemas de los asegurados y que se encontraban en un espacio inadecuado. En el nuevo edificio disponen de luz natural, espacios individualizados, una climatización sin apenas corrientes de aire, e incluso de un toldo solar exterior que va siguiendo el recorrido del sol para evitar el calentamiento directo por radiación solar, de manera que les llega la luz pero no el exceso de calor. Además un buen sistema de cableado eléctrico disminuye su exposición a los campos electromagnéticos. No dispongo de datos exactos, pero unas primeras estimaciones evaluaban la disminución del absentismo de este colectivo en un 15% aproximadamente.

SFS: Ése es un buen ejemplo de la vertiente social de la sostenibilidad.

EA: Cuando como empresa apostáis por la publicación de un libro como éste, ¿qué objetivos perseguís?

SFS: En Ferrer, la esencia de nuestra empresa es, desde hace mucho tiempo, el bienestar social. Ése es el objetivo para el que trabajamos día a día; tenemos plena conciencia de la necesidad de evolucionar hacia un modelo plenamente sostenible. Pero más allá de nuestro caso, es preciso que este compromiso con la sostenibilidad se extienda a todo el tejido empresarial. La empresa es, en última instancia, la institución dominante en el planeta y es el factor clave hacia este nuevo modelo de crecimiento. El empresario es el primer responsable, más allá del poder político y de la ruptura tecnológica que requiere este nuevo paradigma, e incluso más allá de la revolución social que debe generar la demanda suficiente para que el cambio sea viable económicamente. Este nuevo modelo de desarrollo económico debe ser mucho más racional en el uso de los recursos, debe saber trabajar en pro de un sistema industrial que elimine el concepto de residuo y en conjunto, saber desarrollarse en plena armonía con el medio natural y con sus ecosistemas, que son el sostén de nuestra existencia en tanto que especie humana. Sin la contribución total y el compromiso del empresario, este nuevo modelo económico y esta nueva revolución, que son necesarios para entrar en lo que podríamos llamar la era del «capitalismo natural», serán inviables.

EA: El término «capitalismo natural» de este nuevo modelo se presta a interpretaciones erróneas, a analizarlo desde ideas preconcebidas. ¿Cómo se podría explicar que es lo que realmente significa?

SFS: Me refiero a la necesidad de abandonar la idea de que maximizar los beneficios es lo más importante, es el fin último de una empresa, de asumir que es preciso internalizar totalmente el impacto social y medioambiental de la actividad económica de una empresa. Debemos entrar en una nueva era en la que tengamos conciencia de que tenemos una gran responsabilidad para con las generaciones futuras, de que debemos garantizar que los servicios que ofrecen de forma gratuita los ecosistemas terrestres también deben estar disponibles para las generaciones futuras.

Uno de los primeros fenómenos extraordinarios de esta nueva situación son las huelgas masivas que han tenido lugar en China o Bangladesh, y que eran impensables hace sólo cuatro o cinco años. Los obreros de estos países ya no aceptan ser la «fábrica del mundo» a costa de disminuir sus salarios y de evitar los costes sociales y medioambientales; además se da la injusticia de que con sus sueldos no tienen suficiente para comprar los productos que ellos mismos fabrican. De cara al empresario sin escrúpulos, que estaba buscando permanentemente lugares en el mundo para no asumir el gasto social y medioambiental, estas revueltas representan el principio del fin. Por eso cuando hablo de «capitalismo natural» me refiero a un modelo de libre mercado y competencia en el que los aspectos sociales, los derechos de los trabajadores y el respeto absoluto de la biodiversidad son incorporados a los costes. Se trata de un nuevo modelo de economía totalmente sostenible.

EA: Esto me recuerda la experiencia de Ray Anderson, presidente de Interface Inc, el principal fabricante mundial de moqueta modular, que relata en su libro *Mid-Course Correction* cómo se dio cuenta de que su empresa degradaba el medio ambiente. Decidió, como describe el propio título del libro, cambiar la orientación de su compañía y ha logrado transformarla en una referencia mundial en cuanto a sostenibilidad. En el libro se relata todo el proceso seguido en la transformación.

SFS: Éste es el camino tomado por Ferrer. No construimos ni reformamos ningún edificio que no tenga el certificado de sostenibilidad LEED: esto sólo en lo que concierne a los edificios, que representan a nivel mundial entre un 30 y un 40% de las emisiones de CO₂. Cuando recientemente renovamos el parque móvil, el criterio fundamental para decidir la compra de los vehículos fueron sus niveles de emisión de CO₂. En todos los medicamentos que fabricamos intentamos disminuir al mínimo la cantidad de residuos que se generan. Todos los centros de trabajo han incorporado un sistema integrado de gestión ambiental a través de la obtención del certificado ISO 14001. Todo el papel que compramos lleva el certificado FSC. Intentamos trabajar y avanzar por este camino en cada uno de los detalles del día a día. Hemos dejado de lado la idea de que el único fin de la empresa es el de ganar dinero, porque ese objetivo es intrínsecamente incompatible con la sostenibilidad. Intentamos garantizar la

rentabilidad económica de la empresa para así poder reinvertir, garantizando su supervivencia y al mismo tiempo contribuir a la vertiente social de la sostenibilidad.

EA: Pero eso no es lo que se enseña básicamente en las escuelas de negocios.

SFS: Ciertamente, y aunque no sea excesivamente diplomático, las escuelas de negocios deberían asumir una parte de responsabilidad en la crisis económico-financiera y medioambiental que estamos sufriendo.

EA: Opino que esto está bien, pero que no es suficiente; la sostenibilidad influye en las estrategias y en el día a día de las empresas, y por lo tanto debe de impregnar toda la enseñanza de las escuelas de negocios. No se trata tan sólo de ser responsable socialmente, sino de prepararse para las empresas del futuro inmediato, para la nueva forma de hacer negocio que ya empieza a aparecer.

SFS: Es preciso que nos demos cuenta de que los ecosistemas proporcionan recursos y servicios necesarios para el desarrollo de la vida humana. El agua se depura naturalmente gracias a la filtración de los suelos; los contaminantes del aire son eliminados por la acción solar y del oxígeno, entre el 30 y el 40% de la polinización natural se debe a las abejas... Sin los servicios de los ecosistemas no podríamos vivir y la especie humana no tendría viabilidad de supervivencia. O empezamos a respetar la biodiversidad, o no tenemos futuro. No deberíamos pasar jamás por alto el hecho que todas las grandes civilizaciones de la historia han llegado al colapso por causas relacionadas directa o indirectamente con la degradación medioambiental.

EA: Todos los modelos de sociedad humana han tenido su momento de inicio, crecimiento, esplendor, decadencia y desaparición: si me permites un símil farmacéutico, es lo que ocurre con las colonias microbianas en una placa de cultivo; una vez sembradas en el medio empiezan a desarrollarse y pasan por todas las fases que acabo de enumerar, pero después de la fase de esplendor, la placa (que es su medio ambiente) ha agotado sus recursos y la colonia microbiana decae y muere. A nuestra sociedad le puede pasar igual y seguramente le acabará pasando, pero yo quisiera que el fin de la especie humana se produjera cuando ya hubiese agotado todo su ciclo vital y no que desapareciese en un prematuro suicidio colectivo, que es lo que parece que andemos buscando con nuestro absurdo comportamiento medioambiental.

SFS: En el marco del nuevo camino, la responsabilidad del empresario es total. La empresa debe ser rentable porque tiene la obligación de garantizar su supervivencia, pero no a costa de los aspectos sociales y medioambientales. La empresa debe ser capaz de internalizar los gastos sociales y los costes ambientales de su actividad, lo que requiere un cambio de modelo brusco y de una gran complejidad. Vuelvo a insistir, sin la complicidad del empresario, este nuevo paradigma de la economía y del capitalismo plenamente sostenible es inviable. Un ejemplo claro de esta situación han sido las

dificultades de una Administración tan importante como la norteamericana para imponerse a BP en el caso del gran desastre ecológico del Golfo de México.

EA: ¿Cómo podemos lograr que el empresariado comprenda, acepte y asuma que estamos inmersos en un gran y necesario cambio?

SFS: Sensibilizándolo. Pero también la Administración tiene que jugar un papel importante, debe imponer una normativa mucho más exigente y fijar unos criterios estrictos y claros de sostenibilidad medioambiental. No se debería permitir que se construyesen edificios por encima de determinados consumos energéticos e hídricos, por poner sólo un ejemplo. Estas imposiciones deberían de complementarse con ayudas técnicas y económicas, como ya ocurre en Francia.

EA: Las Administraciones han avanzado mucho en el camino de la sostenibilidad en los últimos 20 años, especialmente algunas de ellas. Sin embargo, creo que se han centrado más en los aspectos de protección del medio ambiente que en la sostenibilidad propiamente dicha. Además el diálogo entre Administraciones y empresas no es fácil; yo he estado en ambos lados y sé de las dificultades; en general, las Administraciones no comprenden el lenguaje de las empresas, y éstas no entienden los diferentes mecanismos de funcionamiento que tienen las Administraciones.

SFS: Las Administraciones deben superar la visión partidista y a corto plazo, y formular una visión estratégica a largo plazo por encima de los intereses inmediatos.

EA: Junto con los desiertos que a causa de la desertización crecen cada año en China en cientos de miles de hectáreas, lo que provoca que millones de chinos sean desplazados de sus tierras. En la década de los treinta del siglo XX ocurrió algo similar en Oklahoma, cuando las tierras de cultivo esquiladas por una agricultura excesiva fueron barridas por los fuertes vientos de un huracán, lo que creó una nueva zona desértica. Este episodio se conoce como el «dust bowl» y provocó que una ingente cantidad de habitantes de Oklahoma, los «Okies», emigraran a California, en unas condiciones penosas, que son el tema de la famosa novela *Las uvas de la ira*.

SFS: Es cuestión de imponer criterios con visión de Estado y de responsabilidad política a largo plazo, por encima de los intereses a corto plazo. En la actualidad se siguen construyendo edificios que no cumplen los mínimos que exigirá la UE en el 2020. En este sentido ni el tejido empresarial ni las Administraciones han asumido con suficiente fuerza y compromiso su responsabilidad en la sostenibilidad y en el camino hacia ese nuevo paradigma.

EA: Con esta finalidad, ¿qué papel debería jugar este libro?

SFS: Debería ayudar a que los centros sanitarios sean más sostenibles, tanto los edificios como su gestión. La construcción desempeña un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático y el uso irracional de los recursos energéticos e hídricos. Por eso es

necesario dejar claro que una nueva forma de construir resulta esencial para conseguir un mundo más armonioso y sostenible. Igual de importante es que la gestión de estos nuevos edificios y sus instalaciones sea también sostenible.

EA: Estos temas se abordan en diferentes capítulos del libro. Un aspecto muy importante es la necesidad de que el personal sanitario participe en el diseño de los centros sanitarios para que se adecúen a las características reales de las funciones que debe desarrollar. Un buen ejemplo es el Instituto Guttmann de Barcelona, en el que gracias a esta colaboración de los profesionales sanitarios, los ascensores son más anchos para permitir el movimiento de las sillas de ruedas, y los parasoles de su cara oeste están diseñados de forma que permiten una perfecta visión del horizonte desde una silla de ruedas, aunque esto disminuya ligeramente su eficiencia energética; y éstos son sólo unos ejemplos.

También insistimos en el libro en que es preciso mejorar la luz natural, así como el confort climático, disponer de espacios verdes, y evitar los campos eléctricos y magnéticos inadecuados producidos por una deficiente instalación eléctrica. Todos estos aspectos y muchos otros son los que me gustaría que pudiesen mejorar con la lectura de este libro.

SFS: Otro elemento esencial es que esta situación tiene un carácter global. España puede tener su especificidad, pero se encuentra dentro del contexto europeo y mundial; de manera que el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la destrucción de los ecosistemas en cualquier parte del mundo nos afecta directamente, aunque a muchas personas les pueda parecer que no. El calor extremo y los incendios en Rusia durante este verano no son algo fortuito, sino una consecuencia evidente de la acción humana; en este caso, además, las partículas producidas en este incendio llegarán en gran parte a las zonas árticas, lo que acelerará el proceso de fusión de los hielos polares. En consecuencia, hemos de ser conscientes de que las alteraciones del medio ambiente tienen una repercusión a escala mundial.

Por eso, volviendo a la figura del empresario, subcontratar o externalizar una parte importante de la actividad para no contaminar en tu país, no es el camino; todos compartimos la misma atmósfera y todo nos acaba afectando. Si se mueren las abejas en todo el mundo, como está ocurriendo, y como consecuencia disminuye la efectividad de la polinización, el efecto será global y grave, yendo mucho más allá de la desaparición de la miel, que parece que es el único efecto que ha trascendido entre la gente, como si fuera una anécdota. Pero lo mismo está ocurriendo con la desaparición de los gorriones de las ciudades o con la altísima tasa de mortalidad de sapos y ranas en todo el mundo a causa de la contaminación de aguas y suelos.

Por eso cuando hablamos de globalización, el empresario que la había usado en

gran parte para obtener más beneficios a costa de los aspectos sociales y ambientales, está empezando a padecer las consecuencias de sus actos, en un claro ejemplo de efecto búmeran. No existe escapatoria, el empresario debe asumir su responsabilidad. La degradación de los organismos y ecosistemas trasciende totalmente del ámbito ambiental y afecta claramente a los aspectos económicos, porque no existe tecnología ni capacidad económica que puedan suplir los servicios que nos ofrecen. Ya en 1987 Robert Costanza realizó la primera aproximación al valor de los servicios que ofrecen gratuitamente los ecosistemas y los valoró en más del doble del valor total de la economía mundial en ese año. Por eso, si llegamos a la degradación total de los ecosistemas de los que depende nuestra subsistencia, habremos llegado al borde de la extinción.

EA: Si llegamos a ese límite, ¿cómo crees que reaccionará la sociedad humana?

SFS: Estaríamos en un escenario similar al recreado por la película *La carretera*: una lucha brutal por la subsistencia. Antes de llegar al colapso total o a la extinción tendremos que vivir en un mundo en el que nos veremos obligados a huir unos de los otros para no matarnos. Por eso la pregunta es: ¿nos compensa vivir en esas condiciones? Además la civilización occidental comete el error de creer que puede aislarse, de manera que mucha gente cree que en el fondo el cambio climático y la desaparición de los ecosistemas no les afectará porque con dinero podrán vivir aislados del mundo. Pero todos podemos comprobar que es imposible aislarse; muchas personas se han visto obligadas a abandonar su país y venir al nuestro, y en buena parte de estas migraciones subyacen causas de índole medioambiental, que provocan pobreza y caos social.

EA: Estos fenómenos de desplazamiento masivo se están produciendo en todo el mundo.

Un claro ejemplo es el de aquellos países en que la mitad, o más, de la población vive en la capital y sus alrededores.

SFS: Efectivamente. Y muchos de ellos viven en la miseria porque no hay agua, porque las tierras ya no son fértiles... Eso está pasando, y aquí nos puede suceder exactamente lo mismo. Cuando hablamos de inmigración africana, tenemos que analizar cuáles son las causas de las desigualdades socioeconómicas tan marcadas, y buena parte de ellas corresponden a cuestiones medioambientales. Por eso, pensar que podemos aislarnos en nuestro pequeño mundo y que nada de esto nos afectará, es un error de dimensiones incalculables.

EA: Nuestra sociedad tiene la tendencia a perpetuar este modelo a pesar de ser totalmente inviable a largo plazo. Aunque hay que reconocer que es el modelo menos malo de los hasta ahora conocidos, se basa en gran parte en la explotación de otras zonas del planeta; como todos los países quieren desarrollar este modelo, pronto no

quedarán zonas que explotar. Ya sé que dicho así es un poco demagógico, pero creo es esclarecedor de cuál es la situación actual. De la misma forma que le ha llegado el turno al cambio en el campo de la energía, creo que ahora es necesario, imprescindible, un cambio de los valores sociales y materiales de nuestra sociedad.

SFS: Desde luego, también sería necesario redefinir el propio concepto de riqueza.
¿Cómo se define la riqueza?

EA: Será un tópico, pero para un norteamericano la riqueza es ganar al año diez mil dólares más que su cuñado.

SFS: Sí, normalmente la riqueza se define en términos de dinero, pero para muchas civilizaciones es un concepto básicamente espiritual, no material. La concepción puramente material de la riqueza es una creación de nuestra civilización.

EA: Yo creo que es necesario dar un paso más y redefinir también el concepto de «triunfador» y de si es tan necesario «triunfar». La necesidad de destacar delante de los demás componentes de la sociedad está haciendo daño a muchas personas, personas que dedican sus energías a objetivos que nunca alcanzarán, y que si los alcanzan se darán cuenta de lo engañados que estaban al perseguirlos.

Mucha gente está de acuerdo en este planteamiento y hay tendencias en este sentido como la *Próxima revolución industrial*, de MacDonough y Barungart, la *Retirada sostenible*, de Lovelock, o la *Economía azul*, de Pauli. Pero ¿cómo se puede lograr que la sociedad gire en esta dirección?

SFS: Ahí reside el gran reto. Sería ideal que aprovechásemos esta crisis para crear un nuevo modelo de sociedad, pero esto será muy difícil.

EA: Quiero creer que en el caso de la edificación este cambio ya ha comenzado. Las nuevas normativas evitan los derroches de energía, agua y materiales; las leyes serán aún más estrictas en un futuro próximo. Sin embargo, yo creo que se debe aprovechar este cambio para no pensar tan sólo en el medio ambiente y preocuparse también del pleno desarrollo de las personas que viven y trabajan en los edificios. Un paso en este sentido debería ser la creación en los edificios de espacios con energías positivas. Estos principios ya están dentro de los conceptos del *feng shui*, pero también tienen raíces en las antiguas técnicas occidentales de construcción de catedrales. Un ejemplo que personalmente me agrada en gran manera es el de la catedral de Chartres, en la que el altar de su cripta está ubicado en una zona de gran fuerza telúrica en la que he experimentado que las varillas de radiestesista giran a una velocidad cercana a los sesenta giros por minuto. Soy consciente de que hablar de energías positivas suena a algo esotérico, pero es totalmente científico y se puede comprobar con un simple geomagnetómetro. Esa energía natural eleva nuestro estado de ánimo; de hecho existen muchos lugares en el mundo que se consideran sagrados desde las épocas más

remotas por tener esta fuerza telúrica.

Volviendo a lo más inmediato, ¿por qué no podemos tener en casa espacios de elevada energía positiva y evitar los de energía negativa? Actualmente nos preocupamos más de evitar las energías negativas que encontramos en bastantes de los llamados «edificios enfermos»; son aquellas que nos debilitan poco a poco y acaban afectando al sistema inmunológico; corresponden a terrenos con muy poca energía como las marismas, o a terrenos con alteraciones geomagnéticas producidas por corrientes de agua, fisuras del terreno o grandes depósitos minerales. A mis alumnos de Ingeniería de la edificación les recomiendo que en las zonas en que encuentren una variación del campo geomagnético de seis mil o más nanoteslas en un espacio de dos metros, eviten ubicar las camas o destinarlos a lugares de larga permanencia, como la silla de un despacho profesional.

SFS: Todos esos aspectos son muy incipientes en la construcción actual.

EA: Estoy de acuerdo, es así, pero el cambio ya ha empezado por pequeñas construcciones y edificios corporativos. Además los nuevos profesionales, entre ellos los ingenieros de edificación, los van incorporando a su bagaje técnico y los acabarán aplicando en su ejercicio profesional. Este mismo libro tiene como objetivo el de contribuir a que los nuevos centros sanitarios sean más sostenibles en el sentido amplio de la palabra, y a estos espacios «sanadores» hemos dedicado una buena aparte de un capítulo.

SFS: Entonces, para concluir, y creo que estarás de acuerdo conmigo, estaría muy bien que este libro fuera uno de esos puntos de energía positiva que nos permitieran reflexionar y mejorar para conseguir que las próximas generaciones tengan un futuro mejor. Empezaremos ayudando a que los nuevos centros sanitarios sean más sostenibles.

El cerebro del niño explicado a los padres

Dr. Álvaro Bilbao

Autor de *Cuida tu cerebro*



«Un libro que
todos los adultos
deberían leer.»
Javier Ortigosa

Cómo ayudar a tu hijo a desarrollar
su potencial intelectual y emocional

El cerebro del niño explicado a los padres

Bilbao, Álvaro

9788416429578

296 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Cómo ayudar a tu hijo a desarrollar su potencial intelectual y emocional. Durante los seis primeros años de vida el cerebro infantil tiene un potencial que no volverá a tener. Esto no quiere decir que debamos intentar convertir a los niños en pequeños genios, porque además de resultar imposible, un cerebro que se desarrolla bajo presión puede perder por el camino parte de su esencia. Este libro es un manual práctico que sintetiza los conocimientos que la neurociencia ofrece a los padres y educadores, con el fin de que puedan ayudar a los niños a alcanzar un desarrollo intelectual y emocional pleno. "Indispensable. Una herramienta fundamental para que los padres conozcan y fomenten un desarrollo cerebral equilibrado y para que los profesionales apoyemos nuestra labor de asesoramiento parental."LUCÍA ZUMÁRRAGA, neuropsicóloga infantil, directora de NeuroPed "Imprescindible. Un libro que ayuda a entender a nuestros hijos y proporciona herramientas prácticas para guiarnos en el gran reto de ser padres. Todo con una gran base científica pero explicado de forma amena y accesible."ISHTAR ESPEJO, directora de la Fundación Aladina y madre de dos niños "Un libro claro, profundo y entrañable que todos los adultos deberían leer."JAVIER ORTIGOSA PEROCHENA, psicoterapeuta y fundador del Instituto de Interacción "100% recomendable. El mejor

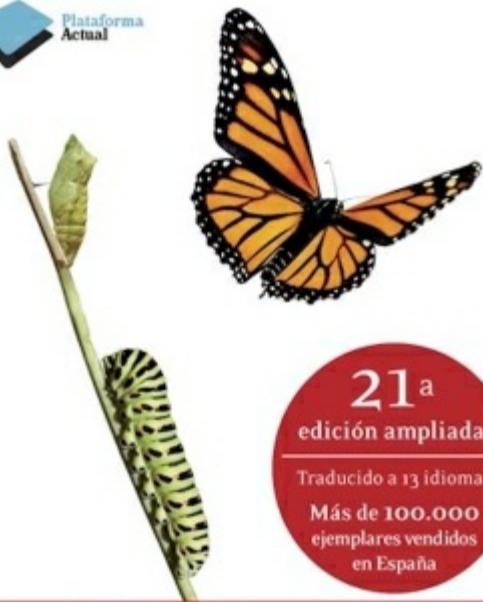
regalo que un padre puede hacer a sus hijos."ANA AZKOITIA,
psicopedagoga, maestra y madre de dos niñas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Reinventarse

Tu segunda oportunidad

Dr. Mario Alonso Puig



21^a
edición ampliada

Traducido a 13 idiomas

Más de 100.000
ejemplares vendidos
en España

¿Qué te atreverías a hacer si supieras
que no puedes fallar?

Reinventarse

Alonso Puig, Dr. Mario
9788415577744
192 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

El Dr. Mario Alonso Puig nos ofrece un mapa con el que conocernos mejor a nosotros mismos. Poco a poco irá desvelando el secreto de cómo las personas creamos los ojos a través de los cuales observamos y percibimos el mundo.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Vivir la vida con sentido

Actitudes para vivir con
pasión y entusiasmo

Victor Küppers



Solo se vive una vez, pero una vez es
suficiente si se hace bien

Vivir la vida con sentido

Küppers, Victor

9788415750109

246 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Este libro pretende hacerte pensar, de forma amena y clara, para ordenar ideas, para priorizar, para ayudarte a tomar decisiones. Con un enfoque muy sencillo, cercano y práctico, este libro te quiere hacer reflexionar sobre la importancia de vivir una vida con sentido. Valoramos a las personas por su manera de ser, por sus actitudes, no por sus conocimientos, sus títulos o su experiencia. Todas las personas fantásticas tienen una manera de ser fantástica, y todas las personas mediocres tienen una manera de ser mediocre. No nos aprecian por lo que tenemos, nos aprecian por cómo somos. Vivir la vida con sentido te ayudará a darte cuenta de que lo más importante en la vida es que lo más importante sea lo más importante, de la necesidad de centrarnos en luchar y no en llorar, de hacer y no de quejarte, de cómo desarrollar la alegría y el entusiasmo, de recuperar valores como la amabilidad, el agradecimiento, la generosidad, la perseverancia o la integridad. En definitiva, un libro sobre valores, virtudes y actitudes para ir por la vida, porque ser grande es una manera de ser.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

VENDER COMO CRACKS

Técnicas prácticas y eficaces
que no utilizan los merluzos



Victor Küppers
Autor de *Vivir la vida con sentido*

Para vender, o enamoras o eres barato

Vender como cracks

Küppers, Victor

9788417002565

208 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

La venta es una profesión maravillosa, absolutamente fantástica. Difícil, complicada, con frustraciones, solitaria, pero llena también de alegrías y satisfacciones que compensan sobradamente esa parte menos bonita.

Este libro intenta ayudar a motivar, a ilusionar, a disfrutar con el trabajo comercial. Es un ámbito en el que hay dos tipos de profesionales: los cracks y los chusqueros; los que tienen metodología, los que se preparan, los que se preocupan por ayudar a sus clientes, por un lado, y los maleantes, los colocadores y los enchufadores, por otro. He pretendido escribir un libro que sea muy práctico, útil, aplicable, simple, nada complejo y con un poco de humor, y explico sin guardarme nada todas aquellas técnicas y metodologías de venta que he visto que funcionan, que dan resultado. No es un libro teórico ni con filosofadas, es un libro que va al grano, que pretende darte ideas que puedas utilizar inmediatamente. Ideas que están ordenadas fase a fase, paso a paso.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Vivir con ABUNDANCIA

Por qué algunas personas consiguen
lo que se proponen y otras no

SERGIO FERNÁNDEZ

Plataforma
Actual



Por el autor de
Vivir sin jefe
y Vivir sin
miedos

El éxito tiene sus reglas y conocerlas
lo hace todo más fácil

Vivir con abundancia

Fernández, Sergio

9788416256471

237 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Por qué algunas personas consiguen lo que se proponen y otras no. Algunas personas materializan todo aquello que desean sin esfuerzo; otras parecen condenadas a una vida de resignación y sufrimiento. Vivir con abundancia no es un libro: es una revolución que te permitirá pasar a formar parte –y para siempre– del primer grupo. La vida es un juego que tiene sus propias reglas. Comprenderlas e interiorizarlas te permitirá manifestar la abundancia de manera natural. En esta obra práctica y optimista, Sergio Fernández te ofrece las diez leyes para cristalizar tus sueños, así como las treinta claves prácticas para incorporarlas. "Un mapa para cristalizar nuestros sueños a través de una lectura inspiradora y muy necesaria", Pilar Jericó. "Aprecio a Sergio, respeto su trabajo y admiro su frescura. Es un ejemplo de lo que escribe", Raimon Samsó. "Me ha encantado su lectura. Es necesario e imprescindible", Juan Haro. "Sergio es libre, sabio, eficaz y generoso y lo que predica les da estupendos resultados a quienes siguen sus métodos", José Luis Montes. "Sergio Fernández es definitivamente el referente del desarrollo personal en España", Fabián González. "Gracias, Sergio, una vez más, por ayudarnos a crear el mundo que soñamos", Ana Moreno. "Vivir con abundancia se ha convertido en uno de mis libros de cabecera. Imprescindible", Josepe García.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Índice

Portadilla	2
Créditos	3
Cita	4
Contenido	5
Prólogo	6
Alcance y objetivos de esta publicación	8
Minimización y gestión del consumo de energía	12
Minimización del consumo de agua	34
Emplazamiento del edificio	41
Materiales para la construcción sostenible	52
Aislantes térmicos	58
Vidrios	63
Instalaciones de iluminación artificial	72
Calidad ambiental del interior de los edificios sostenibles	77
Contaminación física por campos electromagnéticos (CEM)	80
Contaminación acústica	93
Contaminación química	98
Contaminación por agentes biológicos	104
Alimentación en los edificios de usos sanitarios	110
Acreditación de edificios sostenibles	112
Participación de los profesionales sanitarios en el diseño y proceso de construcción del edificio	122
Epílogo	124