

Manual de Arquitectura Ecológica ARQUITECTURA Y SALUD

Metodología de diseño para realizar una arquitectura saludable y ecológica que garantice la salud y la longevidad de sus ocupantes



Luis De Garrido

nobuko

de la
ediciones 

Manual de Arquitectura Ecológica ARQUITECTURA Y SALUD

Metodología de diseño para realizar una arquitectura saludable y ecológica que garantice la salud y la longevidad de sus ocupantes



Luis De Garrido

nobuko

de la
ediciones 

De Garrido, Luis

Manual de Arquitectura Ecológica Arquitectura y salud: metodología de diseño para realizar una arquitectura saludable y ecológica que garantice la salud y la longevidad de sus ocupantes / Luis de Garrido. - 1a.ed. -- Bogotá : Ediciones de la U, 2019.

252 p.: il. ; 30 x 21 cm.

ISBN 978-958-762-971-2

1. Arquitectura sustentable 2. Ecología 3. Arquitectura bioclimática I. Título
577

*Edición original publicada por © Editorial Nobuko S.A. (Argentina)
Edición autorizada a Ediciones de la U para América Latina y el Caribe*

Área: Arquitectura

Primera edición: Bogotá, Colombia, febrero de 2019

ISBN. 978-958-762-971-2

- © Luis De Garrido
- © Editorial Nobuko S.A. - Florida 683, Local 18, Tel. 54 11 4314-6303
www.cp67.com - E-mail: guillermo@nobuko.com.ar
Buenos Aires, Argentina
- © Ediciones de la U - Carrera 27 #27-43 - Tel. (+57-1) 3203510
www.edicionesdelau.com - E-mail: editor@edicionesdelau.com
Bogotá, Colombia

Ediciones de la U es una empresa editorial que, con una visión moderna y estratégica de las tecnologías, desarrolla, promueve, distribuye y comercializa contenidos, herramientas de formación, libros técnicos y profesionales, e-books, e-learning o aprendizaje en línea, realizados por autores con amplia experiencia en las diferentes áreas profesionales e investigativas, para brindar a nuestros usuarios soluciones útiles y prácticas que contribuyan al dominio de sus campos de trabajo y a su mejor desempeño en un mundo global, cambiante y cada vez más competitivo.

Coordinación editorial: Adriana Gutiérrez M.

Carátula: Ediciones de la U

Imagen carátula: *Ferran Adriá Eco-House*

Impresión: Digiprint Editores SAS

Calle 63 #70D-34, Pbx. (57+1) 7217756, Bogotá

Impreso y hecho en Colombia

Printed and made in Colombia

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro y otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Dedicado a mis padres y a mi hija

Índice

Prefacio	9
1. Los 3 deseos del ser humano. Poder, Salud y Felicidad	11
2. Desinformación, manipulación mediática, lucro económico, ecología y salud	12
3. Clasificación ecológica y saludable de los materiales de construcción	14
4. Las patologías asociadas a la arquitectura. Síndrome del edificio enfermo	21
5. Análisis de los principales agentes patógenos en arquitectura	24
5.1. Gases	24
5.2. Compuestos orgánicos volátiles	29
5.3. Partículas en suspensión	38
5.4. Biopartículas	44
5.5. Ondas sonoras	47
5.6. Radiación electromagnética	48
a. Radiación Ionizante	50
b. Radiación No-Ionizante	53
5.7. Ionización	59
6. Los elementos arquitectónicos más perjudiciales para nuestra salud	62
▪ Pinturas	62
▪ Sistemas de aire acondicionado	68
▪ Tratamientos de la madera y derivados de la madera	76
▪ Recubrimientos textiles	77
▪ Paneles laminados	78
▪ Aislamientos	79
▪ Sistemas de ventilación mecánica por conductos	79
▪ Mobiliario	80
▪ Personas fumadoras	80
7. Arquitectura saludable y ecológica. Metodología de diseño y rehabilitación	81
a. Metodología de diseño para lograr una arquitectura saludable	81
b. Metodología de rehabilitación saludable para mejorar los edificios existentes	84

8. Análisis de proyectos	91
BIOHABITAT Green Housing Complex. Valencia. España	92
FERRAN ADRIÁ Eco-House. Gerona. España	104
GAIA-1 Eco-House. Valencia. España	120
GREEN-4-HOUSE. Honolulu. USA	134
KATRIN Eco-House. Madrid. España	142
NEVEREND Eco-House. Irlanda. UK	148
NUÑEZ Eco-House. Valencia. España	162
OPTICA CLIMENT. Valencia. España	172
PALACIO DEL SOL. Valencia. España	184
PAVON Eco-House. Barcelona. España	194
ROSA Eco-House. Valencia. España	204
SEVE Eco-House. Valencia. España	210
SOLLANA Eco-House. Valencia. España	222
TORRES Eco-House. Castellón. España	232
VILAMIÑO Green Housing Complex. Lugo. España	244

Prefacio

Siempre que nos pasa una desgracia importante, nuestras personas cercanas se afanan en decir “lo importante es la salud”.

Pareciera por tanto que la salud es lo más importante para todos.

Sin embargo la mayoría de las personas no hacen nada para conservarla, hasta que ya es demasiado tarde y la pierden parcial o totalmente para siempre. La mayoría de las personas confían demasiado en la capacidad de recuperación de nuestro cuerpo, y desean creer en todo momento que no perderán la salud, y toman muy pocas medidas. Como mucho siguen algunos consejos, aunque bien-intencionados muchas veces basados en la ignorancia, de sus padres, amigos, e incluso médicos no suficientemente cualificados.

Y si pasa esto a nivel general la situación se complica a nivel arquitectónico. Pocas

personas, y casi ningún médico, piensan que los entornos en los que habitan pueden reducir su salud, hacerlos enfermar, o incluso acabar con sus vidas. La mayoría piensan: ¿cómo va a hacerme enfermar una simple pintura, un barniz, un equipo de aire acondicionado...?

Pero el caso es que cada día cientos de personas enferman o incluso mueren, como consecuencia únicamente de las características de los espacios arquitectónicos en los que habitan.

Pues bien, el objetivo de este libro es proporcionar una información general y completa en todas las acciones que deben tomarse para construir espacios arquitectónicos con la finalidad de que no ocasionen daños para nuestra salud.

Mantenernos sanos en todo momento nos permitirá lograr nuestros sueños y poder alcanzar la vida que deseamos tener.

*“Yo... he visto cosas que vosotros no creeríais.
Naves de guerra ardiendo más allá de Orión.
He visto rayos-c resplandecer en la oscuridad,
cerca de la puerta de Tanhauser.
Todos esos... momentos se perderán... en el tiempo.
Como... lágrimas... en la lluvia...
Es hora... de morir”.*

Actor Rutger Hauer, película “Blade Runner”

Los 3 deseos del ser humano. Poder, Salud y Felicidad

Desde sus orígenes los seres humanos han inventado entes y seres ficticios sobrenaturales que deberían ser superiores a ellos, y con la finalidad de legitimar un orden social planeado por ellos mismos. Cuando ciertos grupos de seres humanos deseaban mantener un cierto orden social (que sobre todo fuera beneficioso para ellos mismos) pronto aprendieron a inventar entes y seres sobrenaturales superiores que dictaban unas determinadas reglas que todos los seres humanos deberían respetar.

En esto se han basado todas las religiones inventadas por los seres humanos, ya sean teístas o no teístas.

La primera característica que debían tener estos seres sobrenaturales es tener unos poderes superiores a cualquier ser humano, para legitimar su poder sobre los mismos. Estos seres deberían ser muy poderosos, deberían ser eternos y deberían permanecer ajenos al sufrimiento humano. La segunda característica que deberían tener estos seres sobrenaturales es permanecer inaccesibles, con la finalidad de que ningún ser humano pudiera comprobar sus supuestas características superiores.

Todas las culturas creadas por los seres humanos, desde su aparición en el planeta Tierra, han inventado seres sobrenaturales que tenían en común las mismas características: poder, longevidad y felicidad. Y esto es así porque estos han sido, son y serán los tres deseos más importantes de cualquier humano. Los seres humanos desean ser poderosos, felices, sanos y longevos.

A lo largo de la Historia, y en base estos

seres ficticios o sobrevalorados, los seres humanos han ido creando relatos y religiones para permitir su colaboración flexible y en gran número, y de este modo poder crear civilizaciones y construir entornos que supuestamente les permitieran ir acercándose a sus deseos.

Sin embargo eso no ha resultado ser así. Las civilizaciones han utilizado a los humanos para su propia continuidad, su propio beneficio y el de sus estamentos superiores. Por el contrario, el poder, la salud y la felicidad de los humanos no han crecido sustancialmente. La gran mayoría de investigadores estiman que los cazadores-recolectores comían mejor, estaban más sanos y eran más felices que la mayoría de los seres humanos actuales.

La cooperación flexible y en masa ha permitido hacer grandes cosas: ciudades, autopistas, automóviles, aviones, ir a la Luna, ... pero ello apenas ha permitido su supervivencia, pero no su longevidad, su poder y su felicidad.

Hoy en día la mayor parte de los seres humanos ha adoptado los hábitos de vida y de consumo que interesan a una determinada élite social, la misma que inventa los relatos de conducta que deben tener los demás para lograr poder y beneficio económico. La mayoría de los seres humanos come mal, y habita en entornos contaminantes, que los aleja de conseguir sus grandes deseos. Y lo que es peor, la élite dirigente les convence de lo contrario.

Por ello, solo con una correcta información, con un fuerte compromiso personal y con un arduo trabajo podremos alcanzar nuestros ancestros deseos.

Desinformación, manipulación mediática, lucro económico, ecología y salud

En la actualidad vivimos en una sociedad global basada en la información, y por ello los estamentos y los lobbies de poder controlan a los ciudadanos precisamente manipulando la información a la que tienen acceso. De hecho uno de los objetivos de todos los políticos de cualquier país, se centra en gestionar la ignorancia de los ciudadanos, es decir, de mantenerlos desinformados, con la finalidad de consolidar su poder sobre los mismos.

En este contexto no es de extrañar que los mismos estamentos de poder estén fomentando la desinformación con la finalidad de que cualquier producto que puedan fabricar, sea aceptado como “ecológico”, “sano” o “saludable” por el ciudadano común, con la finalidad de incentivar su consumo masivo. De hecho, hoy en día, como resultado de esta

campaña global, el ciudadano común ha llegado a aceptar como “ecológicos”, “sanos” o “saludables” incluso productos que son altamente perjudiciales tanto para nuestra salud, como para el ecosistema natural. Este es el caso, por poner algunos ejemplos, de los mal llamados “automóviles ecológicos”, “bollería industrial saludable”, “productos de limpieza ecológicos”, “caldos caseros”, ... y en el sector de la arquitectura de la mayoría de las mal llamadas “pinturas ecológicas”, la mayoría de paneles “aglomerados”, las calderas de calefacción de biomasa, o las calderas de calefacción de gas... a cuyo nombre siempre se le añade la palabra “ecológico”. Por desgracia, el consumidor desea permanecer desinformado, y se deja engañar de un modo que resulta increíble.



El ciudadano está preocupado y sensibilizado por los daños medioambientales que se están produciendo debidos a la actividad humana, y tiene cierta preocupación sobre su salud y sobre su futuro. Sin embargo, su desinformación es mucho mayor que su sensibilización, por lo que se convierte en un consumidor dócil de cualquier cosa que se le venda como "sana", "saludable", "ecológica", "sostenible", "eco-friendly", "organic"... Por ello, del mismo modo que se le publicita la mortadela, la leche, los dulces y la bollería industrial como "saludables", se le publicita el aluminio reciclado, las pinturas al agua, las calderas de calefacción de biomasa, o de gas, como "ecológicas", o "sostenibles"... y el ciudadano acaba aceptándolo.

Dicho de otro modo, el ciudadano desea rodearse de productos ecológicos, pero no dispone de criterio que le permita cuantificar conceptualmente su nivel de salud y de ecología. De hecho, a los diferentes estamentos de poder no les interesa que el ciudadano tenga dicho criterio, ya que, de ser así, rechazaría muchos de los productos que actualmente fabrican, que nada tienen de sanos ni de ecológicos, pero que les

proporcionan unos enormes beneficios económicos, que a su vez les permiten mantener su poder social.

En general, puede decirse que nuestra actual sociedad demanda una alternativa más ecológica para nuestro desarrollo económico y social, pero los estamentos económicos y políticos no están dispuestos a hacerlo, ya que su interés prioritario es conseguir lucro económico. Por ello, en lugar de desarrollar estrategias alternativas de desarrollo, con la finalidad de no seguir impactando en nuestro ecosistema natural, se siguen utilizando las mismas estrategias de siempre, pero convenientemente maquilladas para aparentar ser más ecológicas, y por tanto ser aceptadas por la sociedad.

La única forma de salir de esta situación pasa por proporcionar al ciudadano robustos y legítimos criterios de evaluación, y por tanto por el acceso a la información correcta, es decir, información sobre la información (lo que se denomina meta-información). Dicho de otro modo, el ciudadano necesita esforzarse y formarse convenientemente, con la finalidad de no ser manipulado por los poderes fácticos.

Clasificación ecológica y saludable de los materiales de construcción

Como el ciudadano no dispone de criterios de evaluación para averiguar si un determinado producto es ecológico o no lo es, los diferentes estamentos de poder se apresuraron hace ya algunos años en crear métodos de evaluación que les fueran convenientes, a través de asociaciones terceras, creadas

por ellos mismos. De este modo, los productos que fabrican, una vez evaluados con los métodos de evaluación que ellos mismos han diseñado y que ellos mismos controlan, salen puntuados de forma ventajosa.

Por todo lo expuesto, a continuación se proporciona un sistema alternativo –exhaustivo y absolutamente objetivo– de evaluación del nivel de ecología y salud de los edificios. Este sistema de evaluación es muy sencillo, fue diseñado por mí hace más de 20 años, y puede ser utilizado por cualquier persona. La utilización de este sistema de evaluación tiene además un objetivo mucho más importante: proporcionar criterios robustos y no manipulados que permitan al arquitecto la realización de una arquitectura con el máximo nivel saludable y ecológico posible.

El método de evaluación propuesto tiene como origen la definición detallada de lo que debe entenderse como “arquitectura ecológica”, se basa en los pilares básicos que sustentan dicha definición, y se detalla teniendo en cuenta todos los *indicadores ecológicos* que permiten el máximo nivel de cumplimiento de dichos pilares básicos.

Por ello se hace indispensable en primer lugar contar con la mejor definición posible de lo que debe entenderse como “arquitectura ecológica”.

“Una verdadera Arquitectura ecológica es aquella que satisface las necesidades de sus ocupantes, en cualquier momento y lugar, sin por ello poner en peligro el bienestar y el desarrollo de las generaciones futuras. Por lo tanto, la arquitectura ecológica implica un



MARIPOSA ECO-HOUSE



COMPLEJO ECOLÓGICO ACTIO. GREENPEACE

compromiso honesto con el desarrollo humano y la estabilidad social, utilizando estrategias arquitectónicas con el fin de optimizar los recursos y materiales; disminuir el consumo energético; promover la energía renovable; reducir al máximo los residuos y las emisiones; reducir al máximo el mantenimiento, la funcionalidad y el precio de los edificios; y mejorar la calidad de la vida de sus ocupantes”.

(Luís De Garrido. 2010).

Esta definición de Arquitectura ecológica, ha sido propuesta, aceptada y validada por 12 de los mejores arquitectos del mundo, comprometidos con la arquitectura ecológica, con ocasión de la Exposición Mundial de Arquitectura Sostenible, en la Fundación Canal, de Madrid, en el año 2010. Tuve el honor de ser el comisario de esta exposición, y los arquitectos convocados fueron los siguientes: *Ken Yeang, Emilio Ambasz, Norman Foster, Richard Rogers, Antonio Lamela, David Kirkland, Jonathan Hines, Rafael de la Hoz, Iñigo Ortiz, Enrique León, Mario Cucinella y Jacob van Rijs (MVRDV).*

En esta definición quedan claramente identificados los objetivos generales que deben lograrse para conseguir una arquitectura ecológica. Estos objetivos constituyen, por tanto, los pilares básicos en los que se debe fundamentar.

1. *Optimización de recursos. Naturales y artificiales*
2. *Disminución del consumo energético*
3. *Fomento de fuentes energéticas naturales*
4. *Disminución de residuos y emisiones*
5. *Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios*
6. *Disminución del mantenimiento y coste de los edificios*

El grado de consecución de cada uno de estos pilares básicos constituye, por tanto, el nivel de ecología de una construcción.

Como estos pilares básicos son muy generales y ambiguos, se hace necesario dividirlos en varias partes, de tal modo que sean diferentes entre sí, y al mismo tiempo, fáciles de identificar, de ejecutar, y de evaluar. Estas partes se denominarán “*indicadores ecológicos*”, y pueden utilizarse para evaluar el grado de ecología de un determinado edificio, y lo que es más importante y útil, para proporcionar un conjunto de pautas a seguir para la consecución de una verdadera arquitectura ecológica.

A continuación se proporcionan los *39 indicadores ecológicos*, que personalmente he identificado, que posibilitan la obtención de una verdadera arquitectura ecológica. Personalmente los utilizo desde hace más de 25 años en mi actividad profesional.

■ 1. Optimización de recursos. Naturales y artificiales

- 1.1. Nivel de utilización de recursos naturales
- 1.2. Nivel de utilización de materiales duraderos
- 1.3. Nivel de utilización de materiales recuperados
- 1.4. Capacidad de reutilización de los materiales utilizados
- 1.5. Nivel de utilización de materiales reutilizables
- 1.6. Capacidad de reparación de los materiales utilizados
- 1.7. Nivel de utilización de materiales reciclados
- 1.8. Capacidad de reciclaje de los materiales utilizados
- 1.9. Nivel de aprovechamiento de los recursos utilizados

■ 2. Disminución del consumo energético

- 2.1. Energía consumida en la obtención de materiales
- 2.2. Energía consumida en el transporte de materiales
- 2.3. Energía consumida en el transporte de la mano de obra
- 2.4. Energía consumida en el proceso de construcción del edificio
- 2.5. Energía consumida por el edificio a lo largo de su vida útil
- 2.6. Nivel de adecuación tecnológica para la satisfacción de necesidades humanas
- 2.7. Eficacia energética del diseño arquitectónico bioclimático
- 2.8. Nivel de inercia térmica del edificio
- 2.9. Energía consumida en el proceso de derribo o desmontaje del edificio

■ 3. Fomento de fuentes energéticas naturales

- 3.1. Nivel de utilización tecnológica a base de energía solar
- 3.2. Nivel de utilización tecnológica a base de energía geotérmica
- 3.3. Nivel de utilización tecnológica a base de energías renovables por el ecosistema natural

■ 4. Disminución de residuos y emisiones

- 4.1. Nivel de residuos y emisiones generadas en la obtención de materiales de construcción
- 4.2. Nivel de residuos y emisiones generadas en el proceso de construcción
- 4.3. Nivel de residuos y emisiones generadas en el mantenimiento de los edificios
- 4.4. Nivel de residuos y emisiones generadas en el derribo de los edificios

■ 5. Aumento de la calidad de vida de los ocupantes de los edificios

- 5.1. Emisiones perjudiciales para el ecosistema natural
- 5.2. Emisiones perjudiciales para nuestra salud
- 5.3. Número de enfermedades de los ocupantes del edificio
- 5.4. Grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes del edificio

■ 6. Disminución del mantenimiento y coste de los edificios

6.1. Nivel de adecuación entre la durabilidad de los materiales y su ciclo de vida funcional

6.2. Adecuación funcional de los componentes

6.3. Recursos consumidos por el edificio en su actividad cotidiana

6.4. Energía consumida por el equipamiento tecnológico del edificio

6.5. Energía consumida en la accesibilidad al edificio

6.6. Energía residual consumida por el edificio cuando no está ocupado

6.7. Nivel de necesidad de mantenimiento en el edificio

6.8. Nivel de necesidad de tratamiento de emisiones y residuos generados por el edificio

6.9. Coste económico en la construcción del edificio

6.10. Entorno social y económico

Llegados a este punto me gustaría hacer una puntualización con la relación entre el concepto de “ecología” y “salud”.

Una verdadera arquitectura ecológica debe cumplir con la mayor cantidad posible de *indicadores ecológicos*. Aunque hay que tener en cuenta ciertas acotaciones.

En primer lugar, hay que ser conscientes de todos los *indicadores ecológicos* no tienen el mismo valor relativo, por lo que es necesario utilizar coeficientes correctores. Del mismo modo, muchos indicadores están relacionados entre sí, por lo que hay que llegar a un compromiso, dependiendo del entorno social y económico concreto. Por último, cada indicador está asociado a costes económicos diferentes, por lo tanto, hay que potenciar aquellos que son más efectivos y más económicos, sobre los más caros e ineficaces.

Por otro lado hay que tener en cuenta que cada indicador utiliza una unidad de medición diferente, y que algunos pueden ser fácilmente cuantificables, pero otros no. Por ejemplo, ciertos indicadores, como por ejemplo “*Energía consumida en la obtención de materiales*” son fáciles de cuantificar (en cualquier unidad energética (por ejemplo Mj/kilogramo) ya que se conoce el consumo energético en la obtención de cada material, y se conoce la cantidad de materiales empleados). En cambio, otros indicadores, como por ejemplo “*Nivel de residuos y emisiones generadas en la obtención de materiales de construcción*”, son mucho más difíciles de



GUAITA ECO-HOUSE

cuantificar (ya que no se conoce con precisión la cantidad de emisiones y de residuos generados en la obtención de un material, y además las empresas fabricantes suelen manipular este dato). Por otro lado, otros indicadores no pueden cuantificarse en modo alguno con unidades de medición establecidas, como por ejemplo "Grado de satisfacción y bienestar de los ocupantes del edificio".

Por todo ello se debe establecer un sistema sencillo de cuantificación general, que sea válido para todos los indicadores. Además, hay que recordar que los indicadores deben ser muy fáciles de percibir y de cuantificar. De hecho, cualquier persona debería poder hacerlo, sin ser especialista. Para ilustrar el concepto me gustaría poner un ejemplo. En la ciudad de Seattle en Estados Unidos, se identificaron hace ya algunos años un conjunto de indicadores para medir el grado de eficacia de su política medioambiental. Pues bien, a la hora de elegir un indicador para medir el grado de deterioro medioambiental de los ríos de *Seattle*, no se eligió un medidor complejo, como podría ser "*cantidad de metales pesados*", o "*grado de eutrofización*", o "*contenido de sustancias químicas*", o similar. No, en su lugar el indicador elegido fue: "*nivel de movimiento de los salmones del río*". Es decir, si se observa mucho movimiento de salmones, es un claro indicio de que la salud del río es buena; pero si se observa poco movimiento, es que el río va mal. Sólo en este caso es cuando deben identificarse las causas del deterioro medioambiental, realizando mediciones complejas (cantidad de metales, sustancias químicas, etc.), y posteriormente, poner remedio a la situación estableciendo las políticas de actuación más adecuadas. El ejemplo deja el concepto perfectamente claro: los indicadores ecológicos, o sostenibles en su caso, deben ser muy sencillos y muy fáciles de cuantificar.

Por ello he definido un sistema sencillo de evaluación numérica para cada indicador:

- 0: nivel cero
- 1: nivel muy bajo
- 2: nivel bajo
- 3: nivel medio
- 4: nivel alto
- 5: nivel muy alto

Con este sencillo sistema cualquier arquitecto puede cuantificar por sí mismo cada indicador, y obtener así un resultado numérico exacto sobre el "*nivel ecológico*" de un determinado material, un determinado sistema constructivo, o un edificio completo. Al final se obtendrá una media aritmética ponderada en forma de un valor numérico. Este valor tendrá una escala de "0" a "5", por lo que para obtener una escala decimal (de "0" a "10") simplemente se debe multiplicar por dos el resultado obtenido.

Por ejemplo, en vista de la tabla anterior, cualquier persona podría evaluar el indicador "Energía consumida en la obtención de materiales". Por ejemplo, para el hormigón armado su valor sería "1" (muy bajo), para la cerámica sería "2" (bajo), para el vidrio sería "3" (medio), y para el aluminio (el peor material de construcción con diferencia) el valor sería "5".

Siguiendo este mismo proceso, en la tabla siguiente se ha obtenido el "*nivel ecológico*" de los materiales habituales en construcción, evaluando cada material con todos los *indicadores ecológicos*, y haciendo una media aritmética no ponderada (mas tarde se debe ponderar con los oportunos coeficientes). El valor decimal resultante proporciona una idea inicial de la idoneidad de cada material en arquitectura ecológica, y supone un sistema de elección muy eficaz. Hay que tener muy claro que este resultado inicial no tiene demasiada validez, porque debe ponderarse adecuadamente, como se verá más adelante.

Esta tabla ha sido elaborada, bajo mi dirección, por el grupo de investigación establecido para tal fin, de la *Asociación Nacional para la Arquitectura Sostenible* (ANAS).

INDICADOR	Optimización de recursos. Naturales y artificiales									Disminución del consumo energético					Disminución de residuos y emisiones		Aumento de la calidad de vida de los ocupantes				Disminución del mantenimiento y coste de los edificios					NOTA
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.7	2.8	4.1	4.2	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.7	6.9	6.10	
Aislamientos																										
CAÑAMO - ROLLO	5	2	4	2	4	5	1	4	5	5	4	3	5	1	4	3	5	5	5	2	4	4	5	3	4	7,52
CELULOSA - GRANEL	3	2	1	1	3	5	5	4	5	4	5	4	5	1	4	4	5	5	5	2	4	3	5	4	3	7,36
ESPUMA - POLIURETANO	1	2	1	1	1	4	1	1	4	2	5	4	5	1	1	2	2	1	2	2	3	2	5	4	2	4,72
FIBRA MADERA Prensada	4	2	4	2	3	4	5	5	5	4	4	3	5	1	4	3	5	4	4	3	4	3	5	3	3	7,36
FIBRAS TEXTILES	2	2	4	3	3	5	5	4	5	4	5	4	5	1	4	4	5	5	5	2	4	3	5	3	3	7,60
LANA DE OVEJA - ROLLO	5	2	2	3	4	5	1	1	5	5	4	3	5	1	4	3	5	5	5	2	4	5	5	3	4	7,28
LANA DE ROCA	4	3	4	2	3	4	5	5	5	3	4	3	5	1	2	3	5	4	5	2	4	4	5	3	3	7,28
PAJA	5	2	1	2	2	2	1	1	5	5	4	4	5	1	4	5	5	4	4	2	5	2	5	5	4	6,80
PANELES - XPS LIBRE DE CO2	1	3	4	1	4	4	1	1	4	2	5	3	4	1	2	3	5	5	5	2	2	4	5	3	3	6,16
Cerámicos																										
AZULEJO	3	5	1	3	2	1	2	1	3	3	3	3	3	3	1	2	5	5	5	4	1	2	4	2	1	5,44
BALDOSA HIDRAULICA	4	4	3	4	3	1	2	3	4	4	3	3	5	4	2	2	5	5	5	5	2	5	4	2	2	6,88
BLOQUES CERÁMICOS	4	5	2	2	2	1	2	1	3	5	2	3	4	4	1	3	5	5	5	3	1	5	5	3	2	6,24
LADRILLO CERÁMICO COCIDO BAJA T*	4	5	1	2	1	1	2	1	3	5	3	3	5	4	2	2	5	5	5	5	2	3	4	3	4	6,40
LADRILLO CERÁMICO HUECO	4	5	1	2	1	1	2	1	3	5	2	3	4	3	1	2	5	5	5	3	1	3	5	4	3	5,92
LADRILLO CERÁMICO MACIZO	4	5	2	2	2	1	2	1	3	4	3	3	4	4	1	2	5	5	5	4	1	4	5	2	2	6,08
LADRILLO CERÁMICO PERFORADO	4	5	1	2	1	1	2	1	3	4	3	3	4	4	1	2	5	5	5	4	1	3	5	2	2	5,84
LADRILLO CERÁMICO VITRIFICADO	3	5	1	2	1	1	2	1	3	3	3	3	3	3	1	2	5	5	5	4	1	2	5	2	2	5,44
LOSETA CERÁMICA CON ANCLAJE	3	5	1	4	5	1	2	1	3	3	3	3	3	3	1	4	5	5	5	4	1	5	4	3	2	6,32
LOSETAS BARRO COCIDO BAJA T*	4	5	1	4	1	1	2	2	4	5	3	3	5	4	2	2	5	5	5	4	2	5	4	3	3	6,72
LOSETAS CERÁMICAS (PORCELÁNICO)	3	5	1	2	1	1	2	1	2	4	3	3	3	3	1	2	5	5	5	5	1	3	4	2	1	5,44
LOSETAS CERÁMICAS DOBLE COCCIÓN	4	5	1	2	1	1	2	1	3	4	3	3	4	3	1	2	5	5	5	5	1	2	4	2	1	5,60
MOSAICO CERÁMICO	3	5	3	4	2	1	2	1	3	4	3	2	3	3	1	3	5	5	5	5	1	2	4	2	3	6,00
TRENCADIS	3	5	4	2	2	1	2	1	5	5	3	2	5	3	3	3	5	5	5	4	1	2	4	2	2	6,32
Hormigones																										
BLOQUE DE HORMIGÓN	3	5	1	1	1	1	2	1	4	5	2	3	5	3	4	4	5	5	5	3	4	4	5	4	3	6,64
HORMIGÓN ARMADO IN SITU	2	4	1	1	1	3	2	1	3	5	2	2	3	5	3	3	5	5	5	4	4	3	4	3	3	6,16
H.A. ALIGERADO (ARCILLA EXPANDIDA) IN SITU	2	4	1	1	1	3	2	1	3	5	2	2	3	4	3	3	5	5	5	4	4	2	4	3	2	5,92
H.A. ALIGERADO (AIRE) IN SITU	2	4	1	1	1	3	2	1	3	5	2	2	3	4	3	3	5	5	5	4	4	2	4	3	2	5,92
H.A. PREFABRICADO	2	4	1	4	4	2	1	4	4	3	3	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	3	2	7,44	
H.A. PREFABRICADO ALIGERADO	2	4	1	4	4	4	2	1	4	4	3	3	4	4	3	5	5	5	5	5	5	3	4	3	2	7,12
H.A. PREFABRICADO ARCILLA EXPANDIDA	2	4	1	4	4	4	2	1	4	4	3	3	4	4	3	5	5	5	5	5	5	3	4	3	2	7,12
H.A. PREFABRICADO CON FIBRAS	2	4	1	5	4	2	1	4	4	3	3	4	5	3	5	5	4	4	5	5	5	4	2	2	7,28	
HORMIGÓN EN MASA	3	5	1	1	1	3	3	1	4	5	2	2	5	5	4	4	5	5	5	4	4	2	5	3	3	6,80
Imperm.																										
BETÓN	3	3	1	1	1	4	1	1	4	4	3	3	4	1	3	3	2	3	4	2	3	2	2	5	4	5,36
LÁMINA ASFALTICA	3	3	1	1	2	4	1	1	4	2	3	3	4	1	3	3	4	4	4	2	3	4	3	4	3	5,60
LÁMINA DE CAUCHO NATURAL	5	4	1	1	3	3	4	4	4	3	3	3	5	1	4	3	5	5	5	3	4	5	3	3	3	6,96
Maderas																										
MADERA LIGERA	5	4	2	4	3	4	1	3	3	5	4	3	5	3	4	4	5	5	5	4	5	3	3	3	3	7,44
MADERA PESADA	5	4	2	5	4	4	1	3	3	5	4	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	3	2	3	7,84
MADERA TERMOTRATADA	5	5	2	4	4	3	1	3	3	4	4	3	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	2	2	7,68
Metales																										
ACERO	2	3	3	5	5	4	5	5	5	2	3	3	4	2	2	4	5	5	5	4	4	5	3	2	2	7,36
ACERO CORTEN	2	4	2	5	5	4	5	4	5	2	3	3	4	2	2	5	3	4	5	4	4	2	4	2	2	6,96
ACERO GALVANIZADO	2	3	2	2	3	3	5	3	5	2	3	3	4	2	1	5	5	5	5	3	3	4	4	3	2	6,56
ACERO INOXIDABLE A	2	5	2	5	5	4	5	5	5	1	3	3	3	2	1	5	5	5	5	5	3	4	5	1	1	7,20
ACERO INOXIDABLE B	2	5	2	5	5	4	5	5	5	1	3	3	3	2	1	5	5	5	5	5	3	4	5	1	1	7,20
ALUMINIO	2	2	2	2	2	2	2	3	5	1	4	3	3	1	1	4	5	4	5	4	3	1	3	3	2	5,52
COBRE	3	3	3	3	3	3	5	5	5	3	4	3	4	2	2	3	3	4	4	3	3	1	3	1	3	6,32
ZINC	2	3	3	3	3	3	5	5	5	3	4	3	3	2	2	3	4	4	4	3	4	1	3	2	3	6,40
Paneles madera																										
PANELES CEMENTO - MADERA	4	3	3	4	4	4	3	2	3	3	4	3	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	3	2	7,36
PANELES CONTRACHAPADO DE MADERA	3	3	2	3	4	4	2	3	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	5	3	4	3	3	3	3	6,56
PANELES FIBRA MADERA CON RESINAS	3	3	3	4	4	4	4	2	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	4	3	4	4	3	2	2	6,48
PANELES FIBRAS MADERA. ALTA DENSIDAD	5	3	3	4	4	4	5	5	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	5	3	4	4	3	3	2	7,28
PANELES FIBRAS MADERA. BAJA DENSIDAD	5	3	3	2	3	4	5	5	3	4	4	3	4	3	4	3	3	3	5	3	4	4	3	3	2	7,04
PANELES FIBRAS MADERA. MEDIA DENSIDAD	5	3	3	4	4	4	5	5	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	5	3	4	4	3	3	2	7,28
PANELES YESO - MADERA	4	3	2	2	2	4	3	2	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	5	4	4	3	3	3	2	6,56
Pétreos																										
ADOBE	5	2	2	1	1	2	5	2	4	5	4	2	4	4	5	5	5	5	5	1	1	2	2	5	3	6,56
GRAVA	5	5	1	3	4	1	1	1	4	4	3	3	4	3	4	5	5	5	5	4	3	2	5	4	4	7,04
PIEDRA NO LABORADA	5	5	1	4	4	3	1	1	5	5	3	3	4	5	4	5	5	5	5	5	4	3	5	2	4	7,68
YESO	4	3	1	1	1	5	1	1	4	3	3	3	4	1	3	4	4	5	5	4	3	4	4	4	3	6,24
Pinturas																										
PINTURA A LA CAL	4	3	1	1	1	4	1	1	4	4	3	4	4	1	3	3	5	5	5	4	2	5	3	2	3	6,08
PINTURA A LOS SILICATOS	4	3	1	1	1	1	1	1	4	3	3	4	4	1	3	3	5	5	5	4	2	5	3	2	3	5,76
PINTURA ORGÁNICA	3	2	1	1	1	1	1	1	4	3	3	4	4	1	2	2	5	3	5	4	1	4	1	3	3	5,04
PINTURA PLÁSTICA	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	3	4	4	1	1	1	3	1	4	4	1	1	1	5	2	4,00
PINTURA PLÁSTICA AL AGUA	2	1	1	1	1	1	1	1	4	2	3	4	4	1	1	1	4	2	5	4	1	2	1	5	2	4,40
Plásticos																										
MELAMINA	2	4	1	1	1	3	1	1	3	1	4	3	4	2	2	4	3	2	5	2	4	1	3	4	2	5,04
METACRILATO	2	4	1	3	4	3</																				

	NOTA REAL		NOTA REAL
1 H.A. PREFABRICADO	7,48	39 BALDOSA HIDRAÚLICA	5,74
2 PIEDRA NO LABORADA	7,39	40 PANELES CONTRACHAPADO DE MADERA	5,67
3 VIDRIO	7,37	41 PANELES - XPS LIBRE DE CO2	5,61
4 MADERA PESADA	7,32	42 YESO	5,58
5 MADERA TERMOTRATADA	7,15	43 BLOQUES CERÁMICOS	5,48
6 H.A. PREFABRICADO CON FIBRAS	7,14	44 ADOBE	5,45
7 CAÑAMO - ROLLO	6,95	45 PANELES YESO - MADERA	5,41
8 LANA DE OVEJA - ROLLO	6,91	46 PANELES FIBRA MADERA CON RESINAS	5,39
9 H.A. PREFABRICADO ALIGERADO	6,88	47 LADRILLO CERÁMICO COCIDO BAJA T°	5,32
10 H.A. PREFABRICADO ARCILLA EXPANDIDA	6,88	48 H.A. ALIGERADO (ARCILLA EXPANDIDA) IN SITU	5,31
11 VIDRIO TEMPLADO	6,83	49 H.A. ALIGERADO (AIRE) IN SITU	5,31
12 PANELES CEMENTO - MADERA	6,80	50 ZINC	5,11
13 FIBRAS TEXTILES	6,79	51 LADRILLO CERÁMICO HUECO	5,04
14 MADERA LIGERA	6,78	52 PINTURA A LA CAL	4,98
15 ACERO	6,74	53 TRENCADIS	4,97
16 GRAVA	6,67	54 LADRILLO CERÁMICO MACIZO	4,95
17 CELULOSA - GRANEL	6,65	55 LÁMINA ASFÁLTICA	4,92
18 ACERO INOXIDABLE A	6,59	56 LASUR	4,91
19 ACERO INOXIDABLE B	6,59	57 MOSAICO CERÁMICO	4,86
20 LANA DE ROCA	6,35	58 COBRE	4,66
21 HORMIGÓN EN MASA	6,31	59 LADRILLO CERÁMICO PERFORADO	4,60
22 POLIPROPILENO	6,28	60 PINTURA A LOS SILICATOS	4,53
23 BLOQUE DE HORMIGÓN	6,27	61 BETÚN	4,30
24 FIBRA MADERA Prensada	6,25	62 LADRILLO CERÁMICO VITRIFICADO	4,21
25 LÁMINA DE CAUCHO NATURAL	6,17	63 ALUMINIO	4,19
26 PANELES FIBRAS MADERA. ALTA DENSIDAD	6,16	64 AZULEJO	4,13
27 PANELES FIBRAS MADERA. MEDIA DENSIDAD	6,16	65 LOSETAS CERÁMICAS (PORCELÁNICO)	4,06
28 PAJA	6,16	66 LOSETAS CERÁMICAS DOBLE COCCIÓN	4,00
29 POLICARBONATO	6,13	67 MELAMINA	3,92
30 ACERO CORTEN	6,13	68 PINTURA ORGÁNICA	3,31
31 POLIETILENO	5,97	69 ESPUMA - POLIURETANO	3,20
32 ACERO GALVANIZADO	5,86	70 BARNIZ AL AGUA	2,47
33 LOSETA CERÁMICA CON ANCLAJE	5,81	71 PINTURA PLÁSTICA AL AGUA	2,42
34 LOSETAS BARRO COCIDO BAJA T°	5,81	72 BARNIZ	2,15
35 HORMIGÓN ARMADO IN SITU	5,76	73 LACAS HIERRO	2,08
36 PVC	5,76	74 PINTURA PLÁSTICA	1,85
37 PANELES FIBRAS MADERA. BAJA DENSIDAD	5,75	75 BARNIZ MARINO	1,80
38 METACRILATO	5,74		

ORDENACIÓN ECOLÓGICA DE VARIOS MATERIALES

Esta clasificación de los materiales de construcción más comunes proporciona un primer acercamiento general a su nivel ecológico y saludable, especialmente si se tienen en cuenta los indicadores directamente relacionados con la nuestra salud. De este modo los materiales con peor puntuación pasan a ser sospechosos, por lo que se deberían analizar con mayor cuidado. Por este motivo se nece-

sita tener mucha más información sobre ellos, y sus componentes químicos, y el impacto que puedan tener sobre la nuestra salud. Este justamente es el objetivo principal de este libro.

De un primer vistazo a la clasificación se deduce que las pinturas plásticas, y otros materiales de tratamiento superficial, decorativos y de aislamiento son los más peligrosos para el medio ambiente. Resulta paradójico que las empresas fabricantes de estos materiales sean las que más dinero dedican al mercadeo y publicidad, con la finalidad de lavar su imagen ecológica, y convencer al consumidor de las características saludables y ecológicas que supuestamente tienen los materiales que fabrican. Aunque eso no sea cierto en absoluto.

Debo decir que, personalmente, solo utilizo los materiales con mayor puntuación, y en base a ellos he creado una nueva sintaxis compositiva. Ello justifica en parte mi propio estilo y mi lenguaje de expresión arquitectónica. Nunca utilizo, bajo ningún concepto, los materiales con menor puntuación.



BLASCO ECO-HOUSE

Las patologías asociadas a la arquitectura.

Síndrome del edificio enfermo

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido “el síndrome del edificio enfermo” como un conjunto de malestares y enfermedades originadas o favorecidas por la contaminación en los espacios arquitectónicos, y debidas, entre otras causas, a la mala ventilación, la descompensación de temperaturas, la ionización, la radiación electromagnéticas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen químico. El cuadro patológico derivado del síndrome del edificio enfermo es muy variado, y entre otras muchas cabe destacar las siguientes enfermedades: jaquecas, náuseas, mareos, resfriados persistentes, alergias, astenias, irritaciones de las vías respiratorias, piel y ojos, alteraciones del sistema nervioso, neumonías... pudiendo incluso provocar la muerte.

Lo cierto es que en los últimos años son cada vez más numerosos los casos de personas que enferman simplemente debido a agentes patógenos asociados a la arquitectura. Cada vez son más numerosos los casos en los que los trabajadores de determinados edificios se niegan a seguir trabajando en ellos, debido a los malestares y enfermedades que contraen en los mismos. Al mismo tiempo, cada año aumenta el listado de elementos patógenos de los edificios, así como su impacto sobre la salud humana. Parece paradójico, pero en la última década, en la que principalmente se habla de salud y ecología, es cuando más se está impactando tanto en el ecosistema natural, como en la salud humana.

Es evidente que vivimos en una sociedad completamente regulada por los intereses económicos de cualquier estrato, y por ello,

la generación de riqueza a corto plazo eclipsa por completo la preservación de la salud humana y el ecosistema natural. Dado además lo fácil que resulta manipular a una cada vez más dócil ciudadanía. El hecho de que no se controle el contenido químico de los cigarrillos, y que estos sigan matando, y que los ciudadanos sigan fumando... lo dice todo.

Y lo mismo es válido para la arquitectura. Parece increíble, pero materiales y tecnologías que hacen enfermar a personas se siguen utilizando con total impunidad (muchas veces bajo la etiqueta de “sostenibles”), bajo la mirada ignorante de profesionales al servicio de los intereses económicos de terceros.

La situación no tiene fácil solución y lamentablemente las personas seguirán enfermando y muriendo debido a agentes patógenos existentes en los espacios arquitectónicos. Por ello, las posibles soluciones deben pasar ineludiblemente, por identificar y divulgar dichos agentes patógenos, y su impacto sobre la salud humana.

El asunto debe tratarse con rotundidad y sin alarmismo, pero eliminando la desinformación y las divagaciones de una vez por todas. Hay que tener en cuenta que el mejor aliado que tienen los estamentos económicos para seguir fabricando sustancias dañinas para nuestra salud y para el medioambiente es el fomento de la polémica, la desinformación, con la finalidad de sembrar en la duda en la sociedad. Por otro lado, la situación se agrava debido al hecho de que las diferentes sustancias dañinas tienen un impacto diferente sobre la salud de cada persona, debido a un elevado número



INTERIOR ACTIO

de factores. De hecho, por cada ejemplo que puedan poner los profesionales de la medicina y los científicos confirmando el impacto sobre nuestra salud y sobre el medioambiente de un determinado material o tecnología, muchas empresas pondrán otros varios confirmando justo lo contrario, con la finalidad de seguir produciendo y vendiendo sus dañinos productos.

Por ello, antes de pasar al estudio de los agentes perjudiciales para nuestra salud, debe tenerse en cuenta que ninguno de ellos perjudica por igual a todas las personas. Lo que para una persona puede ser muy dañino, para otra persona puede ser menos dañino. Sin embargo ello no debe distraer sobre la peligrosidad de los mismos.

Es evidente que la primera estrategia que podría tomarse con la finalidad de eliminar o de reducir los daños para nuestra salud sería identificar cual es la dosis, superada la cual un determinado material pasa a ser perjudicial para nuestra salud. Eso sería perfecto, pero lamentablemente el asunto no es tan simple.

En primer lugar, en algunos casos no se puede identificar de forma sencilla la relación causa-efecto, ya sea porque las causas puedan ser múltiples, o porque los efectos se manifiesten de forma muy tardía. Y en segundo lugar, los efectos perjudiciales de los elementos patógenos nos afectan de forma diferente, según sea nuestra sensibilidad a los mismos.

En general, puede decirse que nuestra sensibilidad frente a los diferentes elementos patógenos varía considerablemente de acuerdo a 4 factores fundamentales:

a. Cantidad total de contaminantes

Cada persona tiene un umbral individual respecto de la cantidad total de elementos dañinos que puede soportar. Este umbral es, además, variable y puede verse reducido por varios motivos, como por ejemplo: la tensión nerviosa, las infecciones, la falta de sueño, o la falta de actividad física. Por este motivo no se pueden establecer las concentraciones de contaminantes por encima de las cuales determinadas sustancias pasan a ser peligrosas. No obstante algunos organismos sanitarios han establecido ciertos valores límites (por ejemplo, los TLV), por encima de los cuales determinadas sustancias pueden convertirse en peligrosas para nuestra salud. Los TLVs (*Threshold Limit Values*) han sido establecidos por la *American Conference of Industrial Hygiene of the Government*, de EE.UU., son valores de referencia para el control de los riesgos derivados de la exposición a los agentes dañinos presentes en los puestos de trabajo y, por lo tanto, para proteger la salud de los trabajadores.

b. Adaptación

Las personas tienen respuestas fisiológicas distintas frente a un determinado contaminante. No obstante, al prolongarse la exposición,

se acostumbran a sus propias respuestas fisiológicas, y ya no son conscientes de ellas (como vulgarmente se acostumbra a decir, las personas no hacen caso de las señales de su cuerpo). Esta adaptación se continuará dando a lo largo de repetidas exposiciones, mientras el cuerpo se esfuerza en adaptarse. Con el tiempo llega una fase de agotamiento, que puede dar lugar a una enfermedad.

c. Bipolaridad

La respuesta natural del cuerpo a un contaminante consiste en activar sus sistemas de defensa inmunitaria y no inmunitaria (encimas). En primer lugar aumenta el metabolismo en un intento de eliminar el contaminante. En segundo lugar después de un periodo prolongado, viene la etapa depresiva, en la que los sistemas de respuesta ya no pueden hacer frente al problema. Esta respuesta bipolar (alta-baja), al cabo de los años, agotará los nutrientes esenciales del sistema inmunitario y, como consecuencia, sobrevendrá la enfermedad.

d. Individualidad bioquímica

El sistema inmunitario de cada persona es distinto y su sensibilidad varía. Se sabe que existen más de 1.500 defectos metabólicos innatos que afectarán la eficacia de los sistemas de defensa corporales.

Por todo lo expuesto no es posible cuantificar con precisión la concentración para la cual un determinado agente se convierte en perjudicial para nuestra salud. Sin embargo sí que se pueden establecer rangos de peligrosidad basados tanto en estudios experimentales sobre animales, o en estudios epidemiológicos en personas. Por ello, y como práctica general, una vez identificado un posible agente patógeno, lo que debe hacerse es evitarlo, o reducir al máximo su concentración, y nuestra exposición al mismo. Hay que tener en cuenta además que cualquier elemento arquitectónico perjudicial siempre puede tener un sustituto que no lo sea.



INTERIOR ACTIO

Análisis de los principales agentes patógenos en arquitectura

Salvo en algunas ciudades o zonas muy contaminadas, en general, en el interior de los espacios arquitectónicos estamos expuestos a muchos más agentes nocivos para nuestra salud que en el exterior de los mismos. Por ello conviene conocerlos, con la finalidad de evitarlos, o bien reducirlos al máximo a la par que se toman medidas correctivas de compensación.

A continuación proporciono un listado muy completo de todos los agentes patógenos en el interior de los espacios arquitectónicos, agrupados por categorías. He consultado una enorme cantidad de bibliografía sobre el tema, y he investigado por mi mismo durante más de 25 años. Por ello, los contaminantes aquí expuestos los considero mucho más peligrosos que los que no se incluyen.

■ Gases

Son contaminantes en estado gaseoso, con independencia de cuál haya sido su origen (emanación de gases subterráneos, gases de combustión, ebullición, etc ...).

• Ozono

El *ozono* se puede producir artificialmente mediante generadores de *ozono*, y se utiliza en la síntesis de algunos compuestos orgánicos, pero principalmente, como desinfectante depurador y purificador de aguas minerales. Su principal propiedad es que es un fuerte oxidante.

El *ozono* es tóxico y puede irritar el sistema respiratorio, provocando la tos de forma continuada, causando irritación en la garganta, y una sensación incomoda en el pecho. También puede reducir la función pulmonar y puede

dañar las células que recubren los pulmones. Al cabo de unos pocos días, las células dañadas son reemplazadas y se desprenden (de forma similar a las exfoliaciones de la piel debidas a quemaduras del sol).

El *ozono* puede empeorar las enfermedades pulmonares crónicas tales como el enfisema y la bronquitis y reducir la capacidad del sistema inmunológico para defender al sistema respiratorio de las infecciones bacterianas.

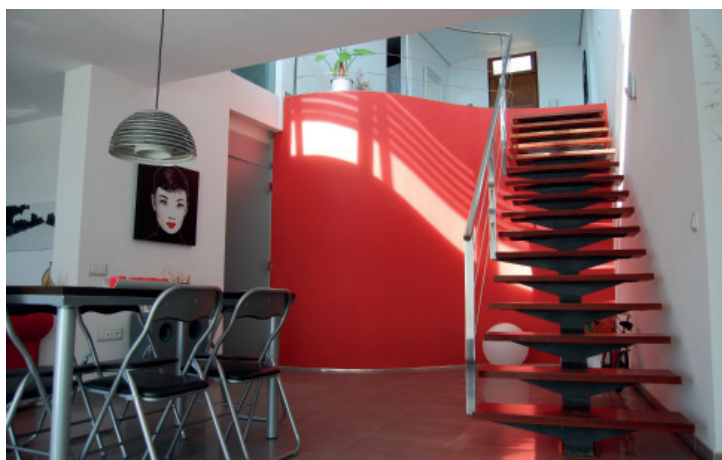
• Radón

El *radón* es un gas radiactivo producto de la desintegración del *radio*, elemento altamente radiactivo, así como del *torio*. Es decir, el *radón* procede de la cadena de desintegración del *uranio*.

El *radón* emana del suelo con una intensidad variable, dependiendo del tipo de suelo y de su contenido de uranio. Hay que señalar que el uranio tarda en reducirse a la mitad unos 4.500 millones de años y en cambio el radón tarda 3,8 días. Es fácil deducir que siempre habrá uranio y radio para transformarse en *radón*, y por lo tanto se puede deducir que el nivel medio en el interior de los edificios expuestos será bastante parecido en todo momento. Por tanto, si un determinado suelo es generador continuo de *radón*, el único modo de protegerse contra él es una correcta ventilación continua, que vaya sacando el radón del interior de los edificios tan pronto se introduzca en ellos.

Las fuentes de *radón* en arquitectura son su envolvente arquitectónica (su porosidad y las grietas que tengan), así como el agua y gas utilizados en su interior. El *radón* puede penetrar en los edificios a través de pequeñas fisuras, e incluso a través de los poros de los materiales porosos. Por ello, las estancias más peligrosas de los edificios son los sótanos mal ventilados (lo que suele ser habitual) realizados con envolventes porosas, y las estancias poco ventiladas.

Los daños para nuestra salud por la exposición al *radón* está sobre todo en sus descendientes de vida corta: en concreto el *polonio 218Po* y *214Po*. Existe también una exposición externa causada por la radiación *gamma* directa, pero el verdadero riesgo se centra en la radiación *alfa*. La radiación alfa es relativamente poco peligrosa fuera del cuerpo ya que tiene poca capacidad penetrante, y la epidermis nos protege de ella.



ALABAU ECO-HOUSE

El principal problema de la radiación *alfa* es cuando se inhala: las partículas radioactivas se adhieren al tejido pulmonar, donde pueden emitir radiación alfa a las células broncopulmonares. La absorción de esta radiación provoca ionizaciones y excitaciones de las estructuras celulares provocando efectos lesivos: puede dañar directa e indirectamente el ADN y provocar mutaciones en el tejido pulmonar. En EE.UU. está considerada la segunda causa de muerte por cáncer de pulmón después del tabaco. Además, sus efectos son sinérgicos: fumar y vivir en una casa con alto contenido de *radón* aumenta el riesgo unas 46 veces más que darse los 2 fenómenos por separado.

La única forma de protegerse del *radón* es elegir de forma correcta el lugar para vivir, y sobre todo impermeabilizar perfectamente la superficie de las envolventes arquitectónicas que queden por debajo del suelo. En edificios ya construidos en los que el radón ya se introduce en los mismos el único remedio es ventilar de forma continuada.

• Monóxido de carbono (CO)

El *monóxido de carbono* se origina principalmente con la combustión incompleta de carburantes en los automóviles, en la combustión incompleta en focos fijos (calefacciones, industrias) y en la incineración de residuos.

Este gas representa una gran amenaza para la salud por su capacidad de reaccionar con la *hemoglobina* de la sangre en competencia con el oxígeno (posee unas 240 veces más afinidad por la *hemoglobina* que el O₂) formando *carboxihemoglobina*, que reduce la capacidad de la sangre para el transporte de oxígeno desde los pulmones a los tejidos.

Entre sus efectos dañinos para nuestra salud cabe destacar los siguientes: somnolencia, cansancio, cefaleas, problemas cardiovasculares afecta la concentración, hace más lentos nuestros reflejos y altera la coordinación, disminuye las funciones neuroconductuales. En mujeres embarazadas pone en peligro el crecimiento y desarrollo mental del feto. En altas concentraciones, provoca la muerte.