el suave tacto de las sábanas

CAPÍTULO 3: MATERIALES

1

COMPONENTES DEL GRUPO

Jordi Marrot i Ticó, (coordinador), Colegio de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Barcelona (CAATEEB).
Iván Molina López,CAATEEB.
Laura Jornet Berdejo, CAATEEB.
Paula Aillón García, profesional investigadora independiente.
Jordi Castellano Costa, Green Building Management.
María Figols González, inBiot.
José María García García, Garcotec (2COMA2).
Andrés Martínez Espinosa, profesional independiente.
Paula Rivas Hesse, Green Building Council España (GBCe).
Alfons Ventura Martínez, Mosaik Urban Systems.

2

INTRODUCCIÓN

La calidad del ambiente en que vivimos y la salud se encuentran íntimamente ligados y tienen una gran implicación en nuestro bienestar. En el caso de los edificios, la calidad ambiental se mide según los efectos que producen en la salud de las personas y en ello tienen un papel importante los productos. Evidentemente los edificios no deben enfermarnos, pero tampoco nos deben provocar malestar, por lo que decimos que los productos saludables son aquellos que nos permiten gozar de un estado completo de bienestar físico, mental y social.

En este sentido, la Organización Mundial de la Salud define la salud ambiental como la disciplina que comprende aquellos aspectos de la salud humana, incluida la calidad de vida y el bienestar social, que son determinados por factores físicos (radiaciones, ruidos, luz…), químicos (toxicidad…), biológicos (hongos, microorganismos…), sociales y psicosociales (color, compatibilidad…).

Los efectos fisiológicos e incluso psicológicos de los materiales sobre el ser humano resultan decisivos en la relación entre el producto y las personas. Hoy sabemos que algunas de estas relaciones son claramente perjudicia-

les para la salud y cuando la comunidad científica ha conseguido hacerlo evidente se han declarado tóxicas muchas sustancias, tomando medidas legislativas para su prohibición. Por otro lado, se ha observado que determinadas personas se sienten afectadas por el contacto con determinados productos y muestran una mayor predisposición a sentir malestar, perjuicios o desarrollo de enfermedades. Son personas con un elevado nivel de tóxicos en su cuerpo o con los sensores más despiertos, lo que hace que sientan los efectos que otras personas no notan. Esta mayor sensibilidad deber tenerse en cuenta por los prescriptores de productos, de la misma forma que la accesibilidad universal ha hecho que los edificios no discapaciten y todos nos beneficiemos de las medidas diseñadas inicialmente para las personas con movilidad reducida o dificultades sensoriales.

Todas estas circunstancias han hecho que aparezcan disciplinas como la «Baubiologie», (biología de la construcción o bioconstrucción). Iniciada en la década de los años 70, trabaja la relación entre el ser humano y su entorno edificado, planteando soluciones en el espacio construido para lograr un equilibrio físico, psíquico y social, simulando la cobertura de los edificios como una tercera piel del ser humano.

Esta problemática de salud no era preocupante en la construcción tradicional, edificada con materiales básicos, extraídos de la biosfera del entorno más próximo al lugar de construcción. Sin embargo, con la Revolución Industrial y el acceso a una energía barata se ha podido extraer gran multitud de recursos de la litosfera, transformarlos e incorporarlos a los edificios. En una parte de estos materiales y en su transformación posterior con la obtención de productos y tratamientos se encuentra la mayor parte de las problemáticas que hoy causan malestar.

2.1 Situación actual y punto de partida

Si bien la elaboración de un documento que trate los materiales desde una perspectiva de la salud y la calidad ambiental es muy necesaria, también es cierto que se lleva recorriendo este camino desde hace ya algunos años. Como ejemplo existe el caso de los productos tóxicos, que son aquellos en los que se ha demostrado que tienen la capacidad de producir efectos perjudiciales o dañinos a los seres humanos.

Algunos de ellos son el asbesto o amianto, la madera tratada con creosota o las tuberías de plomo, entre otros.

Por otro lado, nos encontramos con productos, en los que, habiendo evidencias científicas de su toxicidad o perjuicio en la salud, se ha legislado en algunos países, pero aún no se ha hecho en nuestro país, como es el caso de los componentes orgánicos volátiles (COV).

Finalmente, también están los productos en los que aún no existe el consenso científico suficiente para que el legislador pueda tomar medidas legislativas o la comunidad técnica haya podido elaborar normativas de consenso, aunque las estadísticas e indicadores de salud indiquen que se deban tomar medidas de prudencia en su utilización.

¿Qué hacemos con los materiales prohibidos, pero ya instalados?

Toda intervención en un edificio existente conlleva el trabajo previo de prediagnosis o diagnosis. En el caso de la salubridad, este diagnóstico debe identificar los productos que han sido declarados tóxicos, para proceder a su extracción y retirada del edificio.

Un buen ejemplo de ello es el amianto, del cual, en marzo de 2013, el Parlamento Europeo estableció la perspectiva de eliminación en toda la Unión Europea[1], así como el dictamen del Comité Económico y Social Europeo[2] de 2014, que establece entre sus conclusiones el objetivo de eliminar el amianto de la Unión Europea para finales de 2032.

Para realizar el trabajo de diagnóstico existen manuales[3] prácticos que pueden ayudar a realizar este trabajo. Recientemente se ha publicado la norma UNE: 171370-2:2021, *Parte 2, sobre localización y diagnóstico de amianto.*

¿Qué hacemos con los materiales cuyo carácter perjudicial para la salud ya ha sido demostrado, pero todavía no se ha legislado en España?

Es importante que los técnicos de la arquitectura y la edificación tengan en cuenta toda la normativa internacional existente para poder aplicar los conceptos clave que de ella se extraiga y, en la medida de lo posible, adelantarse a la legislación que aún está por venir.

En esta situación se encuentran contaminantes como los COV o los formaldehídos que, si bien en algunos países cercanos como Francia ya están regulados, aún no lo están en nuestro país, siendo un componente con un riesgo importante para las persones más sensibles y por el «efecto cóctel» que debemos tratar de evitar en el resto de la población. Otro ejemplo de contaminante que aún no ha sido regulado en nuestro país es el radón, que emiten diversos materiales. En este sentido, hemos de actuar con prudencia y estar atentos a los cambios en nuestro entorno más próximo de un mundo en constante transformación.

¿Qué se está investigando ahora mismo y hacia dónde se desarrollará el concepto de «Materiales y Salud»?

El método científico abarca las prácticas aceptadas por la comunidad científica como válidas a la hora de exponer y confirmar sus teorías. Las reglas y principios del método científico buscan minimizar la influencia de la subjetividad del científico en su trabajo, reforzando así la validez de los resultados y, por ende, del conocimiento obtenido. Desgraciadamente falta mucha investigación en el ámbito de la salubridad en los productos de la construcción. No obstante, es de esperar importantes cambios en los próximos años en este ámbito. En especial en las investigaciones alrededor de la biocompatibilidad de los materiales de construcción con los usuarios de los edificios y en el campo de los efectos de los materiales con la sensibilidad química múltiple (SQM).

Mientras estas investigaciones avanzan, es recomendable actuar en prudencia, teniendo presente que las edificaciones tienen una vida útil larga y el coste económico de los productos es elevado, por lo que las decisiones sobre la elección de los materiales se prolongarán mucho en el tiempo.

Como ejemplo de ello, diremos que está probado que cada persona tiene una mayor o menor predisposición a ser afectada por determinados agentes (productos químicos, mohos, campos eléctricos, ultravioleta, etc.). Así, hay personas con sensibilidad química múltiple (SQM) a las que la exposición ante cantidades de contaminantes dentro de la legislación les impide poder realizar vida normal. Además, sabemos que los contaminantes a los que nos exponemos son bioacumulables, es decir, se van almacenando en el cuerpo humano pudiendo llegar a manifestar o desarrollar problemas leves

o graves a lo largo de la vida. Es por ello que existe una corriente de salud ambiental que considera que las personas con SQM tienen unos «sensores» más precisos y nos están avisando de posibles problemas que tendrá la mayoría de la población si no se limita la exposición a determinados agentes. Así, la adaptación de las normativas para que las personas con SQM puedan realizar una vida normal comportaría colateralmente mejoras en la salud de todas las personas.

En paralelo, el sector de la edificación ha extraído de la medicina el concepto de materiales biocompatibles y lo ha aplicado de modo similar a los materiales de construcción. Así, análogamente al hecho de que unos materiales son aceptados por el cuerpo humano y otros no, se deduce que habrá unos materiales de construcción que interactúen de mejor manera que otros con los usuarios del edificio. Así mismo, empieza a haber investigaciones que demuestran los efectos de algunos materiales en cuestiones psico-sociales vinculadas al estrés[4].

En este sentido y empleando métodos empíricos se considera que aquellos materiales con los que históricamente estamos más acostumbrados a convivir habrían demostrado una interacción positiva con el cuerpo humano, mientras que los nuevos materiales deberían aún demostrar que esa interacción sea, al menos, inocua. Así, se consideran como materiales biocompatibles la tierra, la madera sin tratar, la arcilla o la cal; y materiales poco biocompatibles los plásticos, disolventes y diversos derivados del petróleo. Dada la situación actual (falta de evidencia científica que confirme el concepto de biocompatibilidad, certeza de que no todos los materiales afectan igual al cuerpo humano y alta disponibilidad de materiales con inocuidad probada), la aplicación del criterio de precaución que conduzca al empleo de materiales cuya inocuidad al cuerpo humano se considera probada (materiales biocompatibles) se antoja como una buena práctica que poder aplicar mientras la investigación sigue avanzando.

2.2 Transversalidad de los materiales en la edificación saludable

Son diversas las prestaciones de salubridad que pueden quedar afectadas por los materiales y los productos de construcción, destacando de forma resumida los siguientes:

Calidad del aire y salubridad

La interacción más evidente entre materiales y salud es la emisión directa de agentes contaminantes al aire interior de los espacios.

Existen regulaciones que se aplican en la fase de fabricación de los materiales y que establecen límites a las emisiones permitidas para cada tipo de contaminante. Sin embargo, no se llegan a alcanzar estándares de emisiones cero, por lo que, en menor cantidad, estos materiales seguirán cediendo contaminantes a los espacios con los que estén en contacto. Se asume que, por sí solos, estos niveles de contaminantes no son perjudiciales para la salud. Sin embargo, el mencionado «efecto cóctel» que se produce al interactuar pequeñas cantidades de los distintos agentes presentes en los espacios interiores puede, según indica la evidencia científica, ser peligroso para la salud humana.

Aislamientos

Son las propiedades físicas de los materiales las que condicionan la diferencia de temperatura entre los espacios que separan. En concreto, la conductividad térmica, el calor específico y la efusividad y difusividad térmicas. Este conocimiento sobre los materiales ha permitido al ser humano elegir, y posteriormente construir, espacios en los que habitar con condiciones de temperatura óptimas para la salud. No obstante, la simplificación normativa del problema por la que solo nos fijamos en la conductividad térmica ha hecho que las soluciones comerciales de algunos productos hayan dejado de lado el resto de las propiedades descritas y que ahora se tenga que replantear la estrategia, debiendo incorporar otras características de salubridad.

Bienestar higrotérmico

Otra propiedad física de los materiales clave para condicionar la salubridad de los edificios es la higroscopicidad. Gracias a ella los edificios pueden absorber o ceder humedad al aire con el cual están en contacto, lo que genera un efecto amortiguador ante picos de valores anómalos. En combinación con la temperatura, la humedad es la variable más importante para medir el confort de un espacio interior y, por extensión, su salubridad. Además, la humedad interior está asociada a la generación de agentes contaminantes como los mohos, los hongos o las bacterias, por lo que poder controlarla es fundamental para evitar la exposición de los usuarios a ellos.

Confort acústico

El confort acústico depende directamente de la elección de los materiales y productos y de su correcta ejecución en obra, en tanto en cuanto los materiales son los elementos físicos que separan los espacios exteriores e interiores. Tanto si transmiten ruido como resultado del impacto al circular por encima como si el ruido se propaga a través del aire, puede ser un problema importante.

Iluminación

La visibilidad de cualquier objeto depende de los fotones que le lleguen desde un foco emisivo (el sol o las luminarias) y de cómo estos interactúan con la superficie del objeto. Es decir, una vez más, son las características físicas de los materiales las que condicionan las variables que repercuten en el confort lumínico de los espacios interiores (y también los exteriores). Habrá que tener en cuenta la reflectividad de los materiales y su ubicación para evitar situaciones de deslumbramiento que puedan acabar afectando a la salud ocular de los ocupantes de un edificio.

Ergonomía, movilidad y accesibilidad

Las características y prestaciones de los materiales que utilizamos en la arquitectura para obtener una accesibilidad universal y un diseño para todos nos dan una noción de lo que debe ser un espacio sano y habitable. En este sentido, la correcta elección de los materiales en la fase de diseño para

lograr adaptar el espacio a las personas que vayan a utilizarlo es fundamental: texturas, suavidad, etc.

Calidad del agua

El agua llega a los edificios necesariamente en contacto con algún material de construcción. Dicho material puede ceder partículas que alteren la calidad del agua. Las cantidades de partículas que un material puede ceder están reguladas en la fase de fabricación, pero se han de hacer mediciones en fase de uso, así como tener en cuenta que los niveles permitidos no previenen del mencionado «efecto cóctel» comentado anteriormente.

2.3 Materiales en época de pandemia

A principios del año 2021, momento de la redacción del presente documento, la problemática del virus SARS-CoV-2 sigue siendo un vector a tener en cuenta en prácticamente todos los aspectos de la vida. Los materiales de soporte sobre el que el virus puede pasar de un individuo contagiado a otro (fómite o vector pasivo), y de receptor de la limpieza necesaria para evitar esta situación, vuelven a tener protagonismo en el control de la problemática.

Sabemos que la persistencia del virus SARS-CoV-2, (cuando el virus es contagioso) es diferente dependiendo del material en que se deposite la gotícula sobre la superficie o fómite tocada y contaminada.

Los ensayos[5] indican las siguientes persistencias:

Material	Vida
Plásticos	3-4 días
Acero inoxidable	3-4 días
Vidrio/cristal	2 días
Textil	1 día
Madera	1 día
Cartón	8 h
Cobre	4 h

Materiales biocidas (antibacteriales-virucidas)

Debido a la amenaza de salud pública generada por la COVID-19 se ha producido una demanda significativa de productos antimicrobianos para el entorno construido.

Al respecto, no se ha demostrado que ningún producto de construcción con propiedades biocidas agregadas (aditivos) reduzca las infecciones en la población humana. De hecho, muchos compuestos antimicrobianos pueden dañar la salud y el medioambiente. Las declaraciones de propiedades saludables de biocidas pueden confundir a la población y crear un falso sentimiento de seguridad.

Lo que sí se sabe referente al uso de materiales y elementos de limpieza biocidas es que hay poca evidencia del impacto positivo en la salud humana. No existe evidencia de que el uso de productos de construcción con biocidas agregados reduzca las infecciones y enfermedades.

Sin embargo, estos aditivos pueden tener impactos adversos para la salud humana porque están diseñados para matar o inhibir el crecimiento de microorganismos (buenos y malos), algunos esenciales para el buen funcionamiento de nuestro organismo.

Por otro lado, se ha demostrado que microorganismos se han vuelto resistentes a antibacterianos de uso común. Esta exposición está ligada directamente a la resistencia a los antibióticos, de los que dependemos para combatir enfermedades.

Todo esto unido a la poca información disponible de la peligrosidad de las sustancias químicas comúnmente usadas como antimicrobianos y a la poca transparencia en la divulgación de aditivos hacen que podamos estar exponiéndonos a nuevos agentes que hasta ahora no se tenían en cuenta.

Alternativa: el cobre como biocida

El cobre es el único material sólido declarado por la EPA (Environmental Protection Agency) como antibacterial (2008) y virucida (2021). Se ha comprobado que inhibe la reproducción y el crecimiento, y que provoca la

muerte de los microorganismos en contacto en un rango de tiempo que varía en función del porcentaje de cobre empleado en la aleación. Si es cobre puro, el tiempo de actuación es menor.

Esto lo hace un material idóneo para usar en superficies de contacto/fómite para evitar el uso de otros materiales con características biocidas conseguidas a través de aditivos.

Es importante que su uso sea respaldado por un estudio de factibilidad, para hacer uso responsable del metal, empleando los formatos adecuados en los sitios indicados y resguardando los procesos por los que ha pasado para evitar posibles problemas: acritud, roturas, desprendimientos e inclusive uso de adhesivos con variedad de componentes tóxicos[6].

3

INDICADORES DE MEDICIÓN DE CALIDAD

La caracterización de indicadores y valores sobre las diferentes prestaciones de los materiales se realiza en el marco de comités de normalización internacionales, donde se encuentra el consenso científico y del sector. Cuando existen parámetros mínimos que no pueden rebasarse, se legisla dentro de cada ordenamiento jurídico. No obstante, en los materiales nos encontramos que en algunos casos aún no existe esta caracterización y ni mucho menos una legislación. Es por ello, que en este documento se propone la utilización basada en la norma técnica de medición de la Baubiologie SBM-2015. En ella se estipulan los valores indicativos de precaución relativos a las zonas de descanso y de sueño y al riesgo derivado a largo plazo, con el fin de crear un ambiente vital lo menos contaminado y más natural posible. Para ello se establecen los siguientes criterios de decisión sobre los valores de referencia de cada indicador:

- **Los valores no significativos** presentan un máximo de precaución. Corresponden a los criterios medioambientales naturales o al límite mínimo de los impactos de la civilización que se encuentran de forma frecuente y casi inevitablemente.

- **Los valores débilmente significativos** son aquellos en los que se pueden aplicar mejoras en cada ocasión, cuando sea posible, por precaución y por consideración particular para las personas sensibles o enfermas.
- **Los valores fuertemente significativos** son los que ya no es aceptable desde el punto de vista baubiológico y requieren la aplicación de medidas. La realización de la mejora no debería retrasarse. Además de numerosos ejemplos de casos, estudios científicos indican también muchas veces unos efectos biológicos y problemas sanitarios.
- **Los valores extremadamente significativos** necesitan una corrección coherente y urgente. En este caso, se han alcanzado en parte o se han sobrepasado valores indicativos y recomendaciones internacionales para el interior y los lugares de trabajo.

A continuación, se presentan unas tablas con los contaminantes, el origen, los indicadores y los valores de referencia según son: no significativos, débilmente significativos, fuertemente significativos y extremadamente significativos, extraídas de la Baubiologie SBM-2015.

VALORES DE REFERENCIA FÍSICOS (CAMPOS, ONDAS, RADIACIÓN)

Contaminante	Origen
Campos eléctricos alternos	Tensión alterna generada por instalaciones eléctricas, cables, aparatos, tomas, paredes, suelos, camas, líneas aéreas, líneas de alta tensión, etc.
Campos magnéticos alternos	Corriente alterna generada por instalaciones eléctricas, cables, aparatos, transformadores, motores, líneas aéreas, líneas de tierra, líneas de alta tensión, ferrocarril, etc.
Ondas electromagnéticas	Telefonía móvil, comunicación móvil de datos, radiotelefonía con recursos compartidos, radio aérea, haz hertziano, radiodifusión, radar militar, telefonía fija sin hilo, redes sin hilo, aparatos de radio, etc.
Campos eléctricos continuos	Moquetas, cortinas, textiles y papeles pintados de materia sintética, lacas, revestimientos, peluches, pantallas, etc.
Campos magnéticos continuos	Piezas metálicas de camas, colchones, muebles, equipos, materiales de construcción, corriente continua de tramo, instalaciones fotovoltaicas, etc.
Radiactividad	Materiales de construcción, piedras, baldosas, escorias, cenizas, desechos, aparatos, antigüedades, ventilación, radiación terrestre, entorno, etc.
Perturbaciones geológicas	Corrientes y radioactividad terrestres, zonas locales de perturbaciones por deslizamientos de tierras, fallas terrestres, agua, etc.

	Indicador	No significativo	Débilmente significativo	Fuertemente significativo	Extrema-damente significativo
	Intensidad del campo conectada a tierra (V/m)	< 1	1-5	5-50	> 50
	Tensión inducida corporal conectada a tierra (mV)	< 10	10-100	100-1.000	> 1.000
	Intensidad del campo de libre potencial (V/m)	< 0,3	0,3-1,5	1,5-10	> 10
	Densidad de flujo (nT)	< 20	20-100	100-500	> 500
	Densidad de potencia ($\mu W/m^2$)	< 0,1	0,1-10	10-1.000	> 1.000
	Tensiones superficiales (V)	< 100	100-500	500-2.000	> 2.000
	Tiempo de descarga (s)	< 10	10-30	30-60	> 60
	Diferencia de densidad de flujo (acero) (μT)	< 1	1-5	5-20	> 20
	Variación de densidad de flujo (corriente) (μT)	< 1	1-2	2-10	> 10
	Desviación de aguja de brújula (°)	< 2	2-10	10-100	> 100
	Aumento de tasa de impulsos, dosis (%)	< 50	50-70	70-100	> 100
	Radón (Bq/m^3)	< 30	30-60	60-200	> 200
	Perturbación campo magnético terrestre (nT)	< 100	100-200	200-1.000	> 1.000
	Perturbación radiación terrestre (%)	< 10	10-20	20-50	> 50

Contaminante	Origen
Ondas acústicas	Ruido de tráfico, aviación, ferrocarril, industria, edificación, aparatos, máquinas, motores, bombas transformadoras, ruedas eólicas, puentes acústicos, etc.
Luz	Bombillas, halógenos, tubos fluorescentes, lámparas de ahorro, LED, OLED, pantallas, *displays*, transmisión de datos VLC, etc.

Valores de referencia grupo A: campos, ondas y radiación.

VALORES DE REFERENCIA QUÍMICOS (TOXINAS DOMÉSTICAS, AGENTES CONTAMINANTES, AMBIENTE INTERIOR)

Contaminante	Origen	Indicador
Pesticidas y agentes poco volátiles	Protección de la madera, del cuero y de la moqueta, colas, plásticos, juntas, revestimientos, tratamiento antiparasitario, etc.	PCP, lindano, etc. (mg/kg)
		DDT, cloropirifos, etc. (mg/kg)
		Diclofluanida (mg/kg)
		Retardantes de fuego clorados (mg/kg)
		Retardantes de fuego sin halógenos (mg/kg)
		Plastificantes (mg/kg)
Formaldehído y otros agentes contaminantes gaseosos	Lacas, colas, panel de partículas, materiales derivados de la madera, muebles, obras de rehabilitación, equipamientos, calefacción, fugas, combustiones, emisiones, entorno, etc.	Formaldehído **(µg/m^3)**

	Indicador	No significativo	Débilmente significativo	Fuertemente significativo	Extrema-damente significativo
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-

	No significativo	Débilmente significativo	Fuertemente significativo	Extremadamente significativo
	< 0,2	0,2-1	1-10	> 10
	< 1	1-10	10-100	> 100
	< 0,5	0,5-2	2-10	> 10
	< 0,5	0,5-2	2-10	> 10
	< 5	5-50	50-200	> 200
	< 100	100-250	250-1.000	> 1.000
	< 20	20-50	50-100	> 100

Contaminante	Origen	Indicador
Disolventes	Pinturas, lacas, colas, plásticos, materiales de construcción, productos de virutas de madera, muebles, obras de rehabilitación, revestimientos, productos de mantenimiento, etc.	**COV en µg/m³ (muy volátiles)**
Ambiente interior	Daños de humedad, humedad de construcción, materiales de construcción, ventilación, calefacción, decoración, respiración, campos eléctricos, radiación, polvo, entorno, etc.	Humedad relativa (%)
		Dióxido de carbono (ppm)
		Pequeños iones (cm³)
		Electricidad atmosférica
Metales pesados	Protección de la madera, materiales de construcción, equipos, humedad de construcción, PVC, pinturas, barnices, conductos sanitarios, industria, desechos, entorno, etc.	-
Partículas y fibras	Aerosoles, sustancias en suspensión, polvo, humo, hollín, materiales de construcción y de aislamiento, instalaciones de ventilación y de climatización, equipos, tóner, entorno, etc.	

Valores de referencia grupo B: toxinas domésticas, agentes contaminantes, ambiente interior.

	No significativo	Débilmente significativo	Fuertemente significativo	Extremadamente significativo
	< 100	100-300	300-1.000	> 1.000
	40-60	<40 / > 60	< 30 / > 70	< 20 / > 80
	< 600	600-1.000	1.000-1.500	> 1.500
	> 500	200-500	100-200	< 100
	< 100	100-500	500-2.000	> 2.000
	-	-	-	-

Las concentraciones de partículas, fibras y polvos deberían situarse por debajo de las del fondo habitual no contaminado en el aire libre. **Las fibras de amianto no deberían ser detectables en ningún caso.**

VALORES DE REFERENCIA BIOLÓGICOS (HONGOS, BACTERIAS, ALÉRGENOS)

	Origen
Mohos	Daños de humedad, puentes térmicos, defectos de construcción, materiales de construcción, errores de renovación, ventilación, climatización, decoración, entorno, etc.
Hongos de la levadura	Zonas húmedas, problemas de higiene, provisiones de productos alimenticios, desperdicios, equipos, tratamiento de agua, instalaciones sanitarias, etc.
Bacterias	Daños de humedad, daños de materias fecales, problemas de higiene, provisiones de productos alimenticios, desperdicios, equipos, tratamiento de agua, instalaciones sanitarias, etc.

	Valores (no existen valores cuantificables)
	En los interiores no debe haber **presencia de hongos de moho** directamente visible ni microscópica, tampoco contaminación por **esporas** o sus **metabolitos**. El **número** de hongos de moho en la atmósfera interior, sobre las superficies, en el polvo, en los huecos, en los materiales, etc. debería ser **inferior** al del exterior o al mismo nivel que las estancias de comparación no afectadas. El **tipo** de moho en el interior **no** debería ser básicamente diferente de aquel del exterior o de las estancias de comparación no afectadas. Los hongos particularmente **críticos** y productores de toxinas alergénicos, o que prosperan a una temperatura corporal de 37 °C, no deberían ser en absoluto, o tan solo muy poco, detectables. Hay que evitar la humedad continuada elevada de los materiales y el aire, así como las temperaturas superficiales frías, ya que representan la base para el crecimiento de los hongos. Es preciso investigar cada **carácter significativo**, cada **sospecha** o indicio de contaminación microbiana, como por ejemplo: decoloraciones y manchas, olores característicos de microorganismos, hongos indicadores de humedad, daños de construcción y de humedad, construcciones con problemas, aspectos de higiene, aportes desde el exterior por encima de la media, patologías del pasado, historia de la edificación, inspección del lugar, enfermedades de los usuarios, diagnósticos de la medicina medioambiental, etc. Tener en cuenta las ayudas a la evaluación de *baubiologie* para el estudio del aire, superficies, polvo, mVOC (*microbial volatile organic compounds*), actividad hídrica, humedad, etc., y demás indicaciones en las condiciones marco de técnicas de medición, aclaraciones y complementos.
	Los hongos de la levadura **no** deberían ser detectables o muy poco en el aire interior, paredes o materiales, o en las zonas de descanso, de vestirse, de higiene, de baño, de cocina o para el procesado de alimentos. Es particularmente válido para las levaduras especialmente **críticas** para la salud como la *Candida* o el *Criptococo*.
	El número de bacterias en el aire ambiente interior debería estar al mismo nivel o **inferior** al del aire exterior o de las estancias de comparación no afectadas. Los gérmenes particularmente **críticos**, como por ejemplo determinadas pseudomonas, legionela, actinomicetos, etc. **no** deberían ser en absoluto, o tan solo muy poco, detectables, ni en el aire ni en los materiales, el agua potable, las zonas de cocina, de baño o de higiene. Es preciso investigar cada sospecha o indicio: humedad elevada de los materiales, daños de humedad, problemas de higiene o de materias fecales, olores, etc. En el momento de un análisis de moho, hay que asociar las bacterias, y viceversa, pues los dos están presentes a menudo al mismo tiempo.

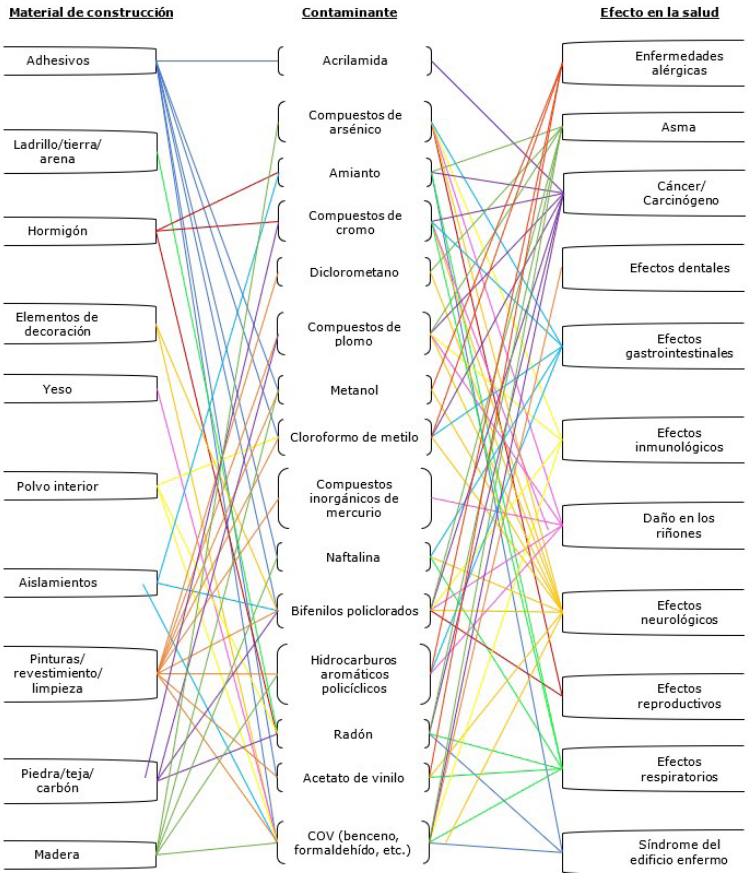
	Origen
Ácaros del polvo doméstico y otros alérgenos	Ácaros, sus excrementos y metabolitos, insectos, contaminación de moho, pólenes, higiene, polvo doméstico, animales domésticos, sustancias aromáticas, humedad, medioambiente...

Valores de referencia grupo C: hongos, bacterias y alérgenos.

	Valores (no existen valores cuantificables)
	-

3.1 Agentes contaminantes presentes en los materiales y sus efectos en la salud

Como se ha comentado a lo largo del documento, existen un sinfín de contaminantes que, a pequeña escala, pueden ser inofensivos, pero mezclados entre ellos y confinados en un espacio cerrado como son los edificios, pueden ocasionar una mezcla perjudicial para el bienestar y la salud de sus ocupantes. En este sentido es esclarecedor el gráfico adjunto[7], traducido del inglés para este documento. En él se revela que los materiales y productos de la construcción están conectados a múltiples compuestos (generalmente químicos) que pueden ser perjudiciales para la salud. Los compuestos químicos seleccionados en este gráfico son los compuestos más habituales.



4

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Lo que no se puede medir no se puede mejorar, y para ello es necesario disponer de una metodología que nos permita saber qué medir y cómo medirlo. En este apartado se aportan una serie de guías y documentos de referencia que permitirán adentrarnos en los diferentes parámetros que se han de comprobar.

4.1 Agentes químicos

El Reglamento (CE) n.º 1907/2006 REACH (acrónimo de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y mezclas químicas, en inglés) tiene como objetivo principal mejorar la protección para la salud humana y el medioambiente frente al riesgo que puede conllevar la fabricación, comercialización y uso de las sustancias y mezclas químicas.

Uno de los mayores alicientes del Reglamento REACH es incrementar la información existente sobre los efectos peligrosos de las sustancias. Se basa en el principio de que corresponde a los fabricantes, importadores y usuarios intermedios garantizar que solo se fabrican, comercializan o usan sustancias que no afectan negativamente a la salud humana o al medioam-

biente. Es decir, las empresas fabricantes y proveedoras deben proporcionar información sobre los riesgos que presentan las sustancias y cómo deben manipularse en toda la cadena de suministro. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:es:PDF

La directiva sobre el agua potable establece requisitos mínimos para los materiales que entran en contacto con aguas destinadas al consumo humano en toda la UE. Esta armonización contribuye a alcanzar un nivel uniforme de protección de la salud para todos los ciudadanos de la UE y mejora el funcionamiento del mercado interior. El artículo 11 de la directiva revisada establece el marco de los requisitos higiénicos mínimos para los materiales que entren en contacto con el agua potable. https://echa.europa.eu/es/understanding-dwd

La norma UNE 171370-2:2021, *Parte 2, sobre localización y diagnóstico de amianto*, permite identificar y valorar el nivel de riesgo asociado a los posibles materiales con contenido en amianto en los edificios, definiendo los requisitos y la metodología necesarios para diseñar y ejecutar las inspecciones para permitir la localización y el diagnóstico, en base a criterios técnicos contrastados y de acuerdo con la legislación vigente. También indica la necesidad de un plan de control periódico mientras los productos con amianto no se retiren. Además, se puede utilizar la norma del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 633, para la detección de amianto en edificios (II): identificación y metodología de análisis.

4.2 Agentes biológicos

Debido a que no hay niveles cuantitativos, en la Guía de Directrices para evaluar el riesgo biológico se indican los siguientes criterios de valoración:

Algunos autores y organismos como la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), la AIHA (American Industrial Hygiene Association), la OMS (Organización Mundial de la Salud) o el HSE (Health and Safety Executive) han intentado establecer límites de exposición ambiental para agentes biológicos y sus productos basándose en los efectos en la salud.

En un protocolo elaborado por el Comité sobre Bioaerosoles de la ACGIH para ambientes de oficinas, se establece un modo de actuación en función de la concentración ambiental de agentes biológicos. Según este protocolo, si la concentración supera las 10.000 Ufc/m^3 (unidades formadoras de colonias por metro cúbico), se han de aplicar de inmediato una serie de medidas correctoras que se describen en el propio protocolo. Mientras que, si la concentración es inferior a las 10.000 Ufc/m^3, se recomienda identificar los posibles agentes etiológicos, pertenecientes tanto a bacterias como a actinomycetes u hongos, y aplicar las medidas correctoras si alguno de ellos excede las 500 Ufc/m^3.

Se entiende que estos niveles son aplicables para agentes no infecciosos y siempre que no existan trabajadores que estén sensibilizados contra ellos o sus productos. Existen normas o reales decretos para agentes específicos como, por ejemplo, el RD 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. También la *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos* del INSHT (2003) establece que en la actualidad se admite un límite máximo de exposición profesional a endotoxinas de 200 ng/m^3. En la tabla 1, perteneciente a un documento del HSE, se recoge un resumen de algunos de los valores límite propuestos publicados en Europa. En esta tabla se puede observar la falta de unanimidad en los valores propuestos. Los efectos sobre la salud debidos a la exposición a agentes biológicos no infecciosos dependen no solo de su concentración en el aire, sino también de las especies presentes, tamaño y condiciones de viabilidad y crecimiento. Por ello, algunos autores consideran que los límites de exposición deberían desarrollarse para especies o grupos de microorganismos como bacterias gram negativo, actinomycetos, esporas de hongos y sustancias tóxicas de origen microbiano como endotoxinas y alérgenos, en lugar de para niveles totales de microorganismos.

Ante la falta de valores límite para la valoración de la exposición a agentes biológicos no infecciosos es de gran utilidad la comparación entre las especies que aparecen en el local de trabajo y las que aparecen en otras áreas tomadas como control, normalmente el ambiente exterior u otra zona del edificio sin problemas. Estas comparaciones son más significativas en el caso de los hongos que en el de las bacterias. Las especies de hongos en el interior, en ausencia de focos contaminantes, no deben ser significativa-

mente diferentes de las que aparecen en el exterior, tanto en tipo como en frecuencias.

Para valorar las diferencias entre ambos ambientes, la AIHA recomienda utilizar el estadístico conocido como coeficiente de correlación por rangos ordenados de Spearman. Para poderlo utilizar es necesario que el número de especies presentes en las muestras sea superior a seis.

En definitiva, según el conocimiento científico actual no se puede establecer una relación clara entre dosis y efectos. Por tanto, para valorar los resultados obtenidos tras una toma de muestras debe primar siempre el criterio profesional.

Valor sugerido	Bacterias *Ufc/m²*	Bacterias Gram negativas *Ufc/m³*
Valores Límite	1.000	1.000
LEP Sugerido en Escandinavia		1.000
Valores Límite		
LEP		1,000
LEP		2×10^4
Valor que puede causar sensibilización		
Incremento del riesgo de EAA y ODTS		
Valores Límite		1.000
LEP Sugerido (biotecnología)		300
LEP Sugerido promediado 8h	5-10.000	1.000
LEP* basado en la salud		2×10^4
Número de esporas necesarias para desarrollar síntomas agudos		
Máximo recomendado para residencias, colegios y oficinas	< 4500	
Guía Holandesa provisional sobre aire interior en el ambiente laboral	10.000	
LEP sugerido en Escandinavia		Neumonitis tóxica 10^7 Inflamación respiratoria 10^5
*LEP Límites de exposición profesional basados en la salud. Cuando se produce una exposición continua a concentraciones de microorganismos superiores a 10^5 ***Ufc/m³*** las alteraciones respiratorias relacionadas con el trabajo son muy comunes en los trabajadores		

Tabla 1. Resumen de los límites de exposición sugeridos para lugares de trabajo y ambientes con exposición a bioaereosoles

	Hongos *Ufc/m³*	Actinomycetos *Ufc/m³*	Microorganismos totales	Referencia
				Rylander et al. 1980, 1983
	10^5			Rylander et al. 1994
	5.000			Peterson & Vikstrom 1984
				Makros 1992
		2×10^4	1×10^4	Dutkiewtz & Joblonski 1989
		10^8		Malmberg 1991
			$> 10^6$	Lacey et al. 1990
				Lacey et al. 1992
				Palchak 1990
				Sigsgaard 1990
	5×10^4	2×10^4	1×10^5	Dutkiewtz 1997
			10^8	Miller 1992
		< 10 en invierno	< 500 en invierno < 2.500 en verano	Ministerio finlandés de Asuntos sociales y salud 1997
				Asociación Holandesa de Salud en el Trabajo NWA 1989
				Rylander 1994

4.3 Agentes físicos

Actualmente la forma de protegerse frente al radón es su medición. En general la medida de la concentración de radón presente en un ambiente determinado se basa en el recuento de partículas emitidas tanto por él como por sus descendientes de vida corta. Para su medición se puede utilizar la **metodología para la medición del radón en interiores (NTP 440)**: https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_440.pdf/3700e855-5f14-459e-9790-305bef11e26e

Para conseguir unos edificios con un uso de materiales y productos más saludables, es necesario planificar y llevar a cabo una serie de actuaciones tendentes a este objetivo. En este documento se plantean unos criterios básicos, que se considera que deberían cumplirse a modo estratégico:

- Favorecer el uso de materiales de origen natural frente a otros que hayan podido ser manipulados o adulterados .
- Evitar que estos materiales/productos emitan sustancias tóxicas.
- Bajo nivel de radiactividad.
- Buena capacidad higroscópica (regulación natural de la humedad atmosférica interior).
- Protección acústica y antivibratoria orientada a las personas.
- Utilizar productos/materiales de proximidad que reduzcan costes en el transporte, alteraciones, etc.
- **Seleccionar materiales con ecoetiquetas (ej: *friendly materials*).** https://www.friendlymaterials.com/

5

ESTRATEGIAS EN EDIFICIOS

En fase de uso:

- Mantenimiento de los edificios.
- Uso de productos naturales (limpieza paramentos, mobiliario, etc.).
- Limpieza e higiene del edificio (polvo, restos orgánicos, etc.).
- Evitar acumulación de productos volátiles, CO_2, humo de tabaco, etc.

Rehabilitación:

- Detección de materiales y sustancias nocivas (presencia de radón, amianto, etc.).
- Mantenimiento de las instalaciones (restos biológicos, legionela, etc.).
- Evaluar y eliminar los focos de contaminación.
- Sustitución de materiales.

Otras estrategias podrían ser los certificados de calidad, como por ejemplo el **certificado WELL**, centrado exclusivamente en la salud y el confort de los usuarios. Esta certificación se basa en el rendimiento y no en la prescripción. Agrupa los criterios en 10 categorías. Dentro de cada categoría

hay una serie de requisitos mínimos que hay que cumplir, llamados precondiciones y una serie de criterios de mejora llamados optimizaciones. El resultado que se obtiene de la certificación depende del número de optimizaciones que se hayan llevado a cabo. Existen tres niveles en función de los puntos alcanzados en las optimizaciones:

- WELL Silver – 50 puntos
- WELL Gold – 60 puntos
- WELL Platinum – 80 puntos

Los materiales de construcción no solo son una parte integral, sino que, a diferencia de la mayoría de los bienes de consumo, tienen una fase de uso mucho más larga, lo que hace que su composición química y su impacto potencial en la calidad del aire interior sean significativos. WELL promueve la identificación, evaluación y gestión de ingredientes peligrosos en los materiales de construcción, productos de limpieza, residuos, espacios exteriores y paisajismo, con el objetivo de reducir la exposición de las personas a los componentes contaminantes de los materiales:

- Ausencia de plomo, amianto y mercurio.
- Gestión de residuos.
- Uso de pesticidas.
- Protocolos y productos de limpieza.
- Reducción de COV.
- Monitorización de las emisiones.

6

CASOS DE ÉXITO

6.1 Casa libre de tóxicos

El estudio de arquitectura Superkül diseñó una vivienda para un cliente con sensibilidad química múltiple (SQM) sin sacrificar en ningún momento el diseño.

La vivienda se ubica junto a un lago, en un entorno espectacular, y la gran superficie acristalada del frontal de la vivienda permite conectarse al entorno y disfrutar del paso de las estaciones. Tan solo con esto, uno ya se siente bien en una casa. Pero para quien padece esta enfermedad, es requisito *sine qua non*, ya que la contaminación de las grandes urbes agrava seriamente los síntomas.

6.1.1 Materiales libres de tóxicos

Todos los materiales utilizados han sido sometidos a posibles reacciones por parte del cliente.

Está construida con bloques de cemento inertes que inhiben el crecimiento de hongos y mohos. Llas paredes son de madera y acabadas con arcilla que es 100 % natural y libre de COV. Seda y cáñamo sin tratar visten las cortinas.

La acumulación de polvo también está bajo control, a excepción de algunos estantes de fácil acceso, donde se evitó el diseño de superficies horizontales ya que el polvo podría acumularse.

6.1.2 Una vivienda saludable para el medioambiente

Su dueño también mostró interés por una construcción ambientalmente responsable, de modo que se cuidaron otros aspectos como una cubierta vegetal, la iluminación natural pasiva, la ventilación o la instalación de un sistema de geotermia. Aun siendo afortunados de no padecer la enfermedad, deberíamos diseñar los espacios que habitamos con estos criterios en mente, porque, aunque los tóxicos, aparentemente no nos den reacción, ahí están cargando cada día nuestra mochila. Y si tenemos la mala suerte de vernos afectados, saber que es posible diseñar espacios que nos ayuden a vivir mejor.

6.2 Estándar de calidad WELL, sede central ACTIU

La sede de ACTIU en Castalla, Alicante, se ha convertido recientemente en el quinto complejo del mundo en recibir el certificado WELL v2 Platino y el primer edificio industrial en el mundo en sumar las dos certificaciones: LEED y WELL Platino.

El Instituto Tecnológico de Galicia (ITG) participó en este proyecto realizando el proceso de *performance verification*, que implica la realización de una serie de test e inspecciones visuales para verificar el correcto cumplimiento de las diferentes medidas de las que se compone WELL.

Con esta certificación WELL v2, la sede central de ACTIU se ha convertido en el edificio más saludable de España para trabajar, lo que hace de sus instalaciones un ejemplo de arquitectura sostenible.

7

REFERENCIAS

[1]. Diario Oficial de la Unión Europea, 2016. Resolución del Parlamento Europeo, de 14 de marzo de 2013, sobre los riesgos para la salud en el lugar de trabajo relacionados con el amianto y perspectivas de eliminación de todo el amianto existente, DOUE, pp. 36-110.

[2]. Diario Oficial de la Unión Europea, 2015. Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre «Erradicar el amianto en la UE», DOUE, pp. 13-18.

[3]. GRAUS, Ramón, et al., 1998. *Manual per a la diagnosi i el tractament de l'amiant a la construcció. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics* de Barcelona.

[4]. FELL, David, 2011. *Madera y salud humana*. Disponible en: https://www.aeim.org/wp-content/uploads/2017/04/Madera-y-salud.-FPI-Canad%C3%A1-Aeim.-Marzo-2017..pdf

[5]. ABOUBAKR, Hamada, SHARAFELDIN, Tamer y GOYAL, Samar, 2021. *Stability of SARS-CoV-2 and other coronaviruses in the environment*

and on common touch surfaces and the influence of climatic conditions: A review. Transboundary and Emerging Diseases (68), pp. 296-312. Disponible en: https://doi.org/10.1111/tbed.13707

[6]. AILLÓN GARCÍA, Paula y PARGA-LANDA, Blanca, 2021. An improved proposal for using laminar copper as a biocidal material *in touch surfaces in a hospital Intensive Care Unit (ICU). Environmental Science and Pollution Research* (28), 16314-16322. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-11678-z

[7]. CHO, Seongju, et al., 2021. *Networking human biomarker and hazardous chemical elements from building materials: Systematic literature review and in vivo test. Building and Environment* 192, 107603. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107603

EDIFICIOS **SALUDABLES**

Para conseguir unos edificios con un uso de materiales y productos más saludables, es necesario **planificar y llevar a cabo una serie de actuaciones previas** que se describen como:

1 FASE PREVIA

Favorecer el uso de **materiales de origen natural** frente a otros que hayan podido ser manipulados o adulterados.

Evitar que estos materiales/productos emitan **sustancias tóxicas.**

Bajo nivel de radiactividad.

Buena capacidad higroscópica (regulación natural de la humedad atmosférica interior).

Protección acústica y antivibratoria **orientada a las personas**.

Utilizar productos/**materiales de proximidad** que reduzcan costes en el transporte, alteraciones, etc.

Seleccionar **materiales con ecoetiquetas** (ej: *friendly materials*). https://www.friendlymaterials.com/

2 FASE DE USO

Mantenimiento de los edificios.

Uso de **productos naturales** (limpieza paramentos, mobiliario, etc.).

Limpieza e higiene del edificio (polvo, restos orgánicos, etc.).

Evitar acumulación de **productos volátiles**, CO_2, humo de tabaco, etc.

3 REHABILITACIÓN

Detección de materiales y sustancias nocivas (presencia de radón, amianto, etc.).

Mantenimiento de las instalaciones (restos biológicos, legionela, etc.).

Evaluar y **eliminar los focos** de contaminación.

Sustitución de materiales.

4 OTRAS ESTRATEGIAS

Los **certificados de sostenibilidad** o salud en la edificación son de gran ayuda para lograr un ambiente saludable.

Sistemas como DGNB **mejoran el confort interior** facilitando una elección de materiales con poco impacto en la salud o los test de calidad del aire limitando los posibles contaminantes.

Otros como WELL, además, **inciden en el uso del edificio** controlando la gestión de residuos, el uso de pesticidas o los productos de limpieza.