

EDIFICIOS Y SALUD

REINVENTAR EL HÁBITAT
PENSANDO EN LA SALUD DE LAS PERSONAS



Ch
despacho
caga
Sede
oficina
taller
hogar



er...



Edificios y salud.

Reinventar el hábitat pensando en las personas.

Edita: GBCe, CGATE y AEICE

Diseño y maquetación: woene estudio

© de las fotografías pertenece a sus autores.

Queda prohibida su reproducción o manipulación sin consentimiento expreso de los autores y el editor.

ISBN: 978-84-09-33383-7

DELE: DL VA 701-2021

En un momento de profunda transición en el que se está poniendo el foco en el rendimiento y calidad de nuestros edificios y en el que se están cambiando los modos de vida, de trabajo y de relacionarnos, es más importante que nunca diseñar y ejecutar edificios con criterios de salud y bienestar para sus usuarios, sea cual sea su uso.

El sector de la edificación, como responsable del desarrollo del hábitat que las personas ocupamos, es protagonista en la protección de nuestra salud, pero también tiene mucho que hacer para favorecerla y mejorarla.

Con enfoques diferentes pero objetivos comunes, las organizaciones CGATE, GBCe y AEICE han trabajado y desarrollado acciones para aportar conocimiento, análisis y reflexión sobre este tema, y ahora se unen a través del Foro Edificios y Salud para profundizar sobre el mismo e identificar de forma concreta los criterios, estrategias y posibles soluciones a tener en cuenta, haciendo énfasis en sus oportunidades y limitaciones.

Este documento es el fruto de estos primeros meses de colaboración, en los que más de 60 expertos, a través de 9 grupos de trabajo temáticos reunidos a lo largo de 2021, han aportado su visión sobre lo que debe ser un edificio saludable, que cuide del bienestar las personas, buscando ir más allá de los aspectos más conocidos y regulados por normativas.

GBCe, CGATE y AEICE promueven y apoyan esta iniciativa. El contenido de este documento recoge las conclusiones de los expertos que han estado involucrados y por tanto no tienen por qué constituir la visión de estas organizaciones.

AUTORES

(POR ORDEN ALFABÉTICO)

Consuelo Acha Román
Patricia Aguilera Benito
Paula Aillón García
Gonzalo Alarcía Fernández
Óscar Miguel Ares Álvarez
Julia Ayuso Sánchez
Virginia Ballesteros Arjona
Juan Antonio Bandera Cantalejo
Antonio Bolívar Galiano
Pedro Miguel Cano Moya
Jordi Castellano Costa
Pilar Castro Sot
Enrique M. Cobreros García
Beatriz de Diego Suárez
Lucio de la Cruz Pérez
Daniel de la Prida Caballero
Carmen Devesa Fernández
Esteban Domínguez
González-Seco
Ana Espinel Valdivieso
Paula M. Esquivias Fernández

María José Farré Olalla
Luis Fernández Gutiérrez
Carmen Fernández Hernández
Guillermo Fernández
Lorenzo-Arroyo
María Figols González
Daniel García de Frutos
José María García García
Rita Gasalla Regojo
David Gay Esteban
Silvia Gómez Montes
Paula Gómez Vela
Estíbaliz González de la Serna
Pablo González López
Nuria Guinot Pascó
Sonia Hernández-Montaño Bou-
Luis Jiménez López
Laura Jornet Berdejo
Jesús Lara Crespo-López
Enrique Larrumbide
Gómez-Rubiera

Miguel Lautour
Rafael Lledó Pérez
Almudena López de Rego
García-Arquimbáu
Juan López-Asiain Martínez
Marina Concepción Losada Castro
Juan Antonio Madrid Pérez
Ceferino Maestú Unturbe
Alejandro Manso Virtus
Julia Manzano Barriga
María Marín Romano
Jordi Marrot i Ticó
Andrés Martínez Espinosa
María José Martínez Madrid
Miguel Ángel Mena García
Iván Molina López
Marta Monzón Chavarrías
José Luis Morencia Fernández
Juan Negreira Montero
Javier Neila González
José María Ordóñez Iriarte

Marta Parra Casado
Alejandro Payán de Tejada Alonso
Ángel Quelle Russo
Raquel Quevedo Roldán
Mercè Rius Almoyneser
Paula Rivas Hesse
Francisco Javier Rodríguez Marrero
José Ramón Romero Soler
Néstor Rouyet Ruiz
María Jesús Sacristán de Miguel
David Sánchez Miguel
Daniel Sánchez Peinado
Carla Sentieri Omarrementeria
Bieito Silva Potí
Ignacio Valero Ubierna
Alfons Ventura Martínez

Índice

AUTORES (POR ORDEN ALFABÉTICO) 6

CAPÍTULO 1: Confort higrotérmico 17

1 Componentes del grupo 18

2 Introducción 19

3 Indicadores de medición de calidad 22

4 Metodologías de medición 25

4.1 Equipos de medición a utilizar para obtener los datos 25

4.2 Metodologías generales que incluyan los puntos de muestreo, frecuencia de la captación de datos o condiciones para la toma de datos, entre otros parámetros de importancia 29

4.3 Normativa de referencia utilizada, ya sea obligatoria o voluntaria, o referencias técnico-científicas que desarrollen los anteriores apartados 34

5 Estrategias de acondicionamiento en edificios 35

5.1 Estrategias en fase de proyecto y ejecución del edificio 35

5.2 Estrategias durante la fase de uso 39

5.3 Rehabilitación 40

5.4 Infografía: Confort higrotérmico 44

6 Casos de éxito 46

6.1 Estrategias en fase de proyecto y ejecución del edificio 47

6.2 Control de excesos térmicos 55

7 Glosario 57

CAPÍTULO 2: Calidad del aire y salubridad 61

1 Componentes del grupo 62

2 Introducción 63

3 Indicadores de medición y calidad 66

3.1 Parámetros químicos 66

3.1.1 Los parámetros mínimos 67

3.1.2 Los parámetros complementarios 70

3.2 Parámetros físicos 73

3.2.1 Humedad 73

3.2.2 Temperatura 73

3.2.3 Ruido 73

3.2.4 Campos electromagnéticos 74

3.3 Parámetros biológicos 74

4 Metodologías de medición	75
5 Estrategias en edificios, la rehabilitación.....	78
6 La rehabilitación para la mejora de la calidad del aire interior.....	80
6.1 Soluciones de ventilación y la purificación del aire	81
6.1.1 Instalación de sistemas de ventilación.....	81
6.1.2 Instalaciones puntuales de extracción	84
6.2 Mejora e instalación de estrategias pasivas en la envolvente del edificio.....	85
6.2.1 Mejora de las envolventes térmicas.....	85
6.2.2 Mejora del nivel de aislamiento.....	85
6.2.3 Mejora de las carpinterías.....	86
6.2.4 Mejora de la hermeticidad.....	86
6.2.5 Mejora en los materiales en interiores	87
7 Conclusiones y retos futuros.....	88
8 Bibliografía	91
9 Infografía: indicadores de medición de calidad.....	94
CAPÍTULO 3: Materiales.....	97
1 Componentes del grupo	98
2 Introducción	99
2.1 Situación actual y punto de partida.....	100
2.2 Transversalidad de los materiales en la edificación saludable	103
2.3 Materiales en época de pandemia	106
3 Indicadores de medición de calidad.....	109
3.1 Agentes contaminantes presentes en los materiales y sus efectos en la salud.....	122
4 Metodología de medición.....	123
4.1 Agentes químicos	123
4.2 Agentes biológicos.....	124
4.3 Agentes físicos	130
5 Estrategias en edificios	131
6 Casos de éxito.....	133
6.1 Casa libre de tóxicos	133
6.1.1 Materiales libres de tóxicos.....	133
6.1.2 Una vivienda saludable para el medioambiente	134
6.2 Estándar de calidad WELL, sede central ACTIU	134
7 Referencias	135
8 Infografía: edificios saludables	138

CAPÍTULO 4: Calidad y confort acústico	141
1 Componentes del grupo	142
2 Introducción	143
3 Indicadores de calidad y confort acústico.....	147
3.1 Índices del aislamiento acústico (ruido aéreo impacto)	148
3.2 Acondicionamiento acústico	151
3.3 Recomendaciones en los tratamientos de instalaciones	155
4 Recomendaciones en las fases del diseño, construcción y mantenimiento.....	157
4.1 Los aislamientos acústicos en los EAS	158
4.2 Acondicionamiento acústico en los EAS	162
4.3 Los tratamientos acústicos en las instalaciones comunes del edificio.....	163
4.4 Instalaciones individuales	166
5 Metodología de análisis y verificación en EAS.....	167
5.1 Criterios de muestreo y condiciones generales en verificación ...	167
5.2 Mediciones acústicas in situ.....	169
5.3 Indicadores por tipología de ensayo	171
6 Glosario.....	174
7 Bibliografía	175
7.1 Normativa.....	175
7.2 Informes y guías	176
7.3 Anexos.....	176
8 Infografía: Calidad y confort acústico.....	178
CAPÍTULO 5: Iluminación	181
1 Componentes del grupo	182
2 La iluminación saludable.....	183
2.1 Infografía: La iluminación saludable	186
3 Situación actual y punto de partida.....	188
3.1 La sociedad.....	188
3.2 Los técnicos.....	189
3.3 La normativa	189
3.4 El mercado	190
4 Consideraciones generales. Áreas	192
4.1 Momento del día	192
4.2 Cantidad de luz	193
4.3 Direccionalidad de la luz	195

4.4 Color de la luz: distribución espectral.....	195
4.5 Duración de la exposición de la luz	197
5 Variables específicas	198
6 Ejemplos prácticos de decisión saludable y adaptada.....	204
7 El parque edificado y la obra nueva	206
8 Medidas comunes	207
9 Referencias	211
9.1 Normativa.....	211
9.2 Herramientas y guías	211
9.3 Infografías.....	212
9.4 Artículos científicos	212
 CAPÍTULO 6: Ergonomía, movilidad y accesibilidad	 215
1 Componentes del grupo	216
2 Introducción	217
2.1 Ergonomía, movilidad y accesibilidad saludable	217
2.2 Cómo afecta a la salud la falta de accesibilidad y ergonomía	218
2.3 Situación actual y punto de partida.....	219
2.4 Marco normativo.....	220
2.5 Datos específicos	222
2.6 Consideraciones.....	224
3 Indicadores de medición de calidad.....	225
4 Estrategias en los edificios	227
4.1 Estrategias en fase de proyecto	227
4.2 Estrategias durante la ejecución del edificio	228
4.3 Estrategias durante la fase de uso	229
5 Casos de éxito.....	231
5.1 Bajada de ascensores a cota cero	231
5.2 Instalación de ascensores en edificios de 4 plantas.....	233
5.3 Vivienda accesible en Alcalá de Henares	234
5.4 Actuación integral en la colonia Puerto Chico se mueve, en Aluche (Madrid)	236
6 Bibliografía	238
6.1 Infografía: entorno de aproximación al edificio	240
6.2 Infografías.....	241
6.3 Infografía: tránsito interior I.....	242
6.4 Infografía: tránsito interior II	244
6.5 Infografía: la vivienda	246

6.6 Infografía: el cuarto de baño I.....	248
6.7 Infografía: el cuarto de baño II	250
6.8 Infografía: la cocina I.....	252
6.9 Infografía: la cocina II	254
CAPÍTULO 7:Calidad del agua	257
1 Componentes del grupo	258
2 Introducción	259
2.1 Contaminación microbiológica.....	262
2.2 Contaminación química	263
3 Indicadores de medición de calidad	265
4 Metodologías de medición	269
5 Estrategias en edificios. Recomendaciones	271
6 Bibliografía	278
7 Infografía: calidad del agua.....	280
CAPÍTULO 8:Electroclima	283
1 Componentes del grupo	284
2 Introducción	285
3 Variables de caracterización, el espectro electromagnético	287
3.1 Campo eléctrico alterno de baja frecuencia	288
3.2 Campo magnético de baja frecuencia	290
3.3 Campo electromagnético de alta frecuencia.....	293
3.4 Electrostática	297
4 Consideraciones sobre la exposición a radiaciones.....	301
4.1 Relación entre edificación y salud	302
4.2 Criterios de salubridad	303
5 Recomendaciones a la exposición de la RF y electrostática.....	306
5.1 Criterios constructivos para reducir la exposición al campo eléctrico	306
5.2 Criterios constructivos para reducir la exposición del campo magnético.....	308
5.3 Criterios constructivos para reducir la exposición del campo electromagnético -alta frecuencia-	309
5.4 Criterios constructivos para reducir la exposición a cargas electrostáticas	316
6 Reflexión acerca del 5G.....	318
7 Recomendaciones	324

8	Glosario de términos	326
9	Infografía: criterios para reducir la exposición al campo eléctrico.....	328
CAPÍTULO 9: Tipologías saludables.....		331
1	Componentes del grupo	332
2	Introducción	334
2.1	Diseño para el bienestar mental.....	335
2.2	Arquitectura de elección	336
2.3	El ambiente psicosocial: cultura y valores	337
2.4	Cambio de paradigma	337
3	Viviendas	338
3.1	El ambiente físico	338
3.1.1	Entorno y barrio	338
3.1.2	Edificios e instalaciones	339
3.1.3	Condiciones físicas	340
3.1.4	Habitaciones y otros espacios de la vivienda.....	340
4	Espacios docentes	342
4.1	El ambiente físico	342
4.1.1	Entorno escolar	342
4.1.2	Edificio e instalaciones	343
4.1.3	Condiciones físicas	343
4.1.4	Aulas y otros espacios docentes	344
4.1.5	Mobiliario y material escolar	344
5	Edificios de oficinas.....	346
5.1	El ambiente físico	347
5.1.1	Entorno	347
5.1.2	Edificio e instalaciones	347
5.2	Condiciones físicas	348
5.2.1	Espacios de trabajo	350
5.2.2	Acabados	351
5.2.3	Arquitectura de elección	351
6	Hoteles	353
6.1	El ambiente físico	354
6.1.1	Entorno	354
6.1.2	Edificio e instalaciones	354
6.1.3	Condiciones físicas	355
6.1.4	Habitaciones y baños.....	356
6.1.5	Acabados y mobiliario	357

6.1.6	Mantenimiento.....	358
6.2	Diseño para mejorar la salud	358
6.2.1	Diseño para el bienestar mental.....	358
6.2.2	Arquitectura de elección.....	359
7	Restaurantes	360
7.1	El ambiente físico	360
7.1.1	Diseño y proyecto de restauración	361
7.2	Entorno	361
8	Edificios industriales.....	365
8.1	El ambiente físico	365
8.1.1	Entorno	365
8.1.2	Edificios e instalaciones para la zona industrial.....	366
8.1.3	Condiciones físicas	367
8.1.4	Despachos y otros espacios de las zonas de oficinas.....	368
8.1.5	Acabados	368
9	Residencias para mayores.....	369
9.1	El ambiente físico	369
9.1.1	Modelos	369
9.1.2	Apartamentos tutelados.....	370
9.2	La residencia del futuro	371
9.2.1	Unidades de convivencia.....	372
9.2.2	Rehabilitación	373
10	Hospitales.....	374
10.1	El ambiente físico	375
10.1.1	Entorno	375
10.1.2	Edificio e instalaciones	377
10.1.3	Condiciones físicas	378
10.1.4	Tipologías y usuarios	379
10.1.5	Diseño de espacios.....	380
11	Urbanismo saludable	382
11.1	Salud urbana.....	382
11.2	Ordenación del entorno urbano	383
11.3	Estrategia	384
11.4	Prestaciones del espacio urbano	385
11.5	Nuevo enfoque y proceso de implantación	387
11.6	Compromiso y participación	388
12	Infografía: estrategia de urbanismo saludable	389

el
calor
que olvida
el invierno
de las
calles

CAPÍTULO 1: CONFORT HIGROTÉRMICO

1

COMPONENTES DEL GRUPO

Consuelo Acha Román (coordinadora), Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Juan Antonio Bandera Cantalejo, Airzone.

Esteban Domínguez González-Seco, UPM.

Luis Fernández Gutiérrez, Coanda Passivhaus.

Guillermo Fernández lorenzo-Arroyo, Green Building Council España (GBCe).

Estíbaliz González de la Serna, MEDGÓN Passivhaus.

Nuria Guinot Pascó, profesional independiente.

Luis Jiménez López, Instituto Nacional de las Cualificaciones (INCUAL)

Enrique Larrumbide Gómez-Rubiera, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

María José Martínez Madrid, Sociedad Española del Sueño (SES)

Javier Neila González, UPM.

David Sánchez Miguel, MEDGÓN Passivhaus.

2

INTRODUCCIÓN

Nuestro cuerpo es una máquina que posee unos mecanismos de autorregulación cuando algún estímulo induce una alteración en su equilibrio interno (homeostasia). Uno de los cambios homeostáticos que el organismo trata de controlar continuamente es el aumento en la temperatura corporal. Existen dos componentes importantes a la hora de hablar de temperatura corporal: el núcleo y la periferia. La temperatura interna corporal es la temperatura del núcleo T_c , que se mide en la boca y en el recto. Se mantiene casi constante gracias a una diversidad de mecanismos termorreguladores, en un promedio de $37\text{ }^\circ\text{C}$ ($98,6\text{ }^\circ\text{F}$), que puede fluctuar entre $36\text{ }^\circ\text{C}$ y $37\text{ }^\circ\text{C}$. Durante el día se alcanza la temperatura mínima, siendo por la tarde cuando se llega al valor máximo.

La temperatura de la periferia es la temperatura cutánea media T_{sk} . Es la de la piel, el tejido subcutáneo y las porciones superficiales de las masas musculares. Su función principal es la de mantener una temperatura central constante. Esta temperatura periférica muestra considerables variaciones, subiendo y bajando según la temperatura del medioambiente, con un valor medio de $33\text{ }^\circ\text{C}$, pudiendo alcanzar valores de 36 o $37\text{ }^\circ\text{C}$ en condiciones de trabajo pesado en ambientes calurosos. Los umbrales superior

e inferior del dolor para esta temperatura son aproximadamente de 43 °C y 10 °C.

La temperatura corporal interna puede sufrir variaciones por la actividad o trabajo que se desarrolle y por las condiciones térmicas del ambiente. La actividad genera ganancias de calor que el cuerpo debe disipar, mientras que las condiciones ambientales pueden facilitar tanto una pérdida de calor como una ganancia de calor. En el caso de ganancia o producción excesiva, la temperatura corporal asciende poniendo en funcionamiento la termólisis: aumento del flujo sanguíneo periférico y sudoración. En caso de pérdidas de calor es la termogénesis la que se pone en funcionamiento: disminución del flujo sanguíneo periférico y escalofríos, tiritona.

Si comparamos la temperatura corporal media con la del ambiente interior vemos que existe un incremento térmico que implica un intercambio energético o térmico entre ambos. En este proceso, normalmente es el cuerpo humano el cuerpo caliente y el ambiente el cuerpo frío. Este intercambio es el que determinará el grado de adaptación del organismo al entorno, o lo que es lo mismo, el bienestar térmico.

Es, por tanto, importante analizar en profundidad el ambiente térmico y el cuerpo humano.

Situación actual y punto de partida

En los últimos tiempos se ha incrementado el número de estudios sobre la relación que existe entre el ambiente y la percepción que tienen de él los seres humanos. Sin embargo, sigue sin poder cuantificarse ni modelarse de manera precisa. Lo que sí parece evidente es que los modelos basados en cifras fijas y exactas, o incluso en áreas inamovibles de bienestar, no son los adecuados. El desarrollo de procedimientos que se acerquen a la realidad del comportamiento y la percepción humana del ambiente es fundamental.

Algo que parece que habíamos olvidado, la capacidad de adaptación de las personas a un entorno cambiante, higrotérmico, acústico, lumínico o químico, se ha demostrado como el camino a seguir. Los modelos adaptativos muestran el bienestar térmico como algo también relacionado con el ambiente exterior y donde al usuario es un ente capaz de hacer

modificaciones para sentirse bien; esos modelos presentan escenarios donde las situaciones de bienestar se incrementan en hasta un 30 %.

El bienestar higrotérmico se define en la Norma UNE-EN ISO 7730:2006, *Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices Voto Medio Predicho (PMV) y Porcentaje Estimado de Insatisfechos (PPD) y los criterios de bienestar térmico local*, como «la condición de la mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico». Esta definición, que está aceptada ampliamente, es muy difícil de traducir a parámetros físicos cuantificables, ya que tiene un alto grado de subjetividad. No obstante, la neutralidad térmica que daría lugar a esa sensación se alcanza cuando el ser humano elimina la cambiante cantidad de calor residual que genera su actividad metabólica, también variable; y eso es razonablemente evaluable. En ese proceso intervienen fenómenos automáticos de adaptación al clima, como la vasoconstricción en invierno y la vasodilatación en verano, con situaciones intermedias en los periodos de transición, lo que permite alcanzar el confort térmico con temperaturas y situaciones diferentes. El cambio de arropamiento o de la propia actividad, incluso la búsqueda de sombras o zonas con aire en movimiento, suponen la participación consciente de las personas, por lo que resultan determinantes a la hora de definir el confort. La previsibilidad y las expectativas también cambian la visión del bienestar. Un ambiente caluroso, vivido en la playa, a la sombra de un parasol y en bañador nos puede producir más placer que estar en un ambiente laboral, ortodoxamente neutro. Todo esto nos sitúa ante el bienestar adaptativo, tanto biológico como de comportamiento y psicológico.

Una definición genérica del término *adaptación* podría ser una disminución gradual de la respuesta del organismo a una estimulación agresiva del ambiente, buscando procesos de reducción o eliminación de ese estímulo.

3

INDICADORES DE MEDICIÓN DE CALIDAD

El bienestar adaptativo es el resultado de estudios experimentales cuyo propósito era analizar el grado de aceptabilidad de diferentes ambientes térmicos. Frente al modelo estático de confort térmico, en el modelo adaptativo las personas juegan un papel instrumental creando sus propias preferencias térmicas a través del modo en el que interactúan con el ambiente, modifican su propio comportamiento o gradualmente adaptan sus expectativas en función del ambiente térmico en el que se encuentran.

Existen varios modelos de confort adaptativo, por ejemplo, el ASHRAE Standard 55-2013 y la UNE-EN 15251:2008, *Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido*.

El ASHRAE Standard 55-2013 define los ambientes térmicos aceptables para espacios ventilados de forma natural, donde no haya ningún sistema de refrigeración mecánico, ni ningún sistema de calefacción en funcionamiento, con actividades metabólicas moderadas entre 1,0 y 1,3 met. En esas condiciones los ocupantes pueden alcanzar el confort adaptando

su ropa a las condiciones térmicas. El modelo considera variaciones entre 0,5 y 1,0 clo, que son los rangos que fluctúan entre la ropa ligera de verano y la más pesada de invierno usada en interiores. La expresión con la que se cuantifica es:

$$T_{\text{bienestar adaptativo}} = 0,31 \times T_{\text{me}} + 17,8$$

Donde la temperatura media exterior (T_{me}) es una medición aritmética tomada al menos durante los siete días anteriores consecutivos, pero sin superar 30 días consecutivos.

En este método, ese valor señalaría un porcentaje de personas insatisfechas (PPI) del 5 %, el óptimo teórico, y sobre él, si se añaden $\pm 2,5$ °C se fijaría un límite del área de bienestar con el 10 % de insatisfechos (PPI del 10 %) y usando $\pm 3,5$ °C para fijar un límite del área de bienestar con un máximo del 20 % de insatisfechos (PPI del 20 %).

Se considera que el algoritmo es válido únicamente para una temperatura media exterior mayor que 10 °C y menor que 33,5 °C.

La UNE-EN 15251:2008 es el modelo establecido como un estándar europeo por el CEN (Comité Europeo de Normalización). La aplicación de este modelo es válida para edificios con actividades sedentarias y viviendas, donde hay fácil acceso a ventanas operables y los ocupantes pueden adaptar libremente su vestimenta a las condiciones térmicas exteriores o interiores. Respecto a la actividad física de los ocupantes, para que sea de aplicación, dichas actividades deben ser casi sedentarias, con niveles de actividad metabólica, al igual que en el modelo anterior, entre 1,0 y 1,3 met. Por otra parte, los ocupantes deben poder adaptar su arropamiento sin ninguna restricción, entre 0,5 y 1,0 clo; también como en el modelo anterior. La expresión que se debe usar para un PPI del 5 % es:

$$T_{\text{bienestar adaptativo}} = 0,33 \times T_{\text{md}(p)} + 18,8$$

Donde $T_{\text{md}(p)}$ es la temperatura media ponderada de las medias de los siete últimos días:

$$T_{md(p)} = \frac{T_{md-1} + 0,8 \cdot T_{md-2} + 0,7 \cdot T_{md-3} + 0,6 \cdot T_{md-4} + 0,5 \cdot T_{md-5} + 0,3 \cdot T_{md-6} + 0,2 \cdot T_{md-7}}{3,8}$$

Los límites de aplicación de esta expresión se establecen, para la temperatura exterior, entre 10 °C y 30 °C. Para crear el área de confort, en este caso se usa el clásico $\pm 2,5$ °C para un límite del área de bienestar con el 10 % de insatisfechos (PPI del 10 %) y del $\pm 4,0$ °C para fijar un límite del área de bienestar con un máximo del 20 % de insatisfechos (PPI del 20 %).

El modelo de temperatura de bienestar adaptativo es el más adecuado para la evaluación del confort en edificios diseñados con criterios bioclimáticos pasivos, donde la ventilación y la ropa son fundamentales, pero también acabará siendo el utilizado en el futuro, incluso para fijar las temperaturas de disparo de los termostatos inteligentes y para los cálculos de demandas y las simulaciones de consumos, que seguramente así se acercarán más a los consumos reales. No obstante, aún deben resolverse problemas como los límites de viabilidad, ya que son temperaturas que se superan con cierta facilidad, sobre todo las superiores, 30 o 33,5 °C, en climas cálidos como el nuestro.

En el otro extremo de los procedimientos para fijar los indicadores de calidad están los valores fijos que se asignan a los ambientes acondicionados mecánicamente, sin tener en cuenta consideraciones climáticas ni de adaptación. Dichos valores los encontramos en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, en adelante, RITE (2021). Posteriormente se trata en el apartado 3.

Según el RITE, para el dimensionamiento de los sistemas de calefacción, se empleará una temperatura de cálculo de las condiciones interiores de 21 °C y para los sistemas de refrigeración la temperatura de cálculo será de 25 °C. Sin embargo, para el DB HE 0, las temperaturas de consigna para obtener los consumos del edificio y verificar su cumplimiento máximo irían de 17 a 20 °C para consumos de calefacción y de 25 a 27 °C para consumos de refrigeración. Aunque se trate de conceptos diferentes, dimensionado y consumos, sería razonable que las temperaturas hubieran estado más homogeneizadas.

4

METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN

4.1 Equipos de medición a utilizar para obtener los datos

Monitorización de humedad y temperatura

La monitorización de variables medioambientales en una edificación depende de algunos factores como:

- Tipo de edificio (vivienda, terciario, monumento histórico)
- Ocupación y uso del edificio
- Periodos de tiempo y medias para comparar con lo establecido en el RITE
- Coste

También depende de si la monitorización se realiza para el estudio de las condiciones interiores para verificar el cumplimiento de las exigencias y establecer medidas de mejora (caso de viviendas) o para mantener las condiciones en el uso de edificio, por lo que requiere su conexión a un sistema de actuadores de control domótico (figura 1, edificios terciarios, monumentos históricos, entre otros).

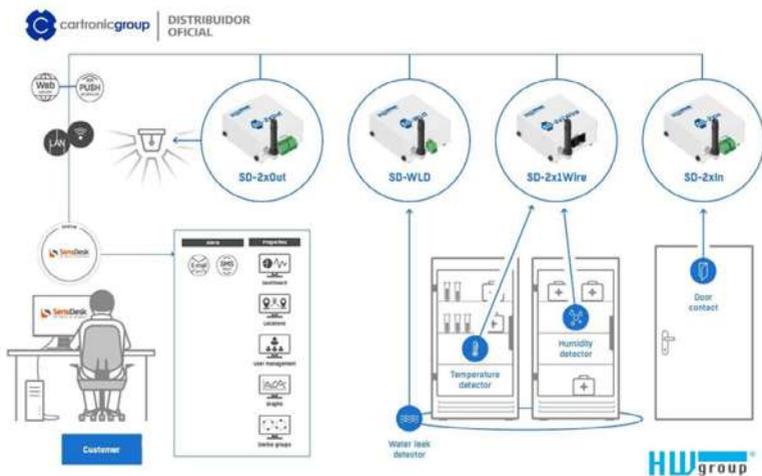


Figura 1. Ejemplo de sistema de monitorización y control de equipos
(Fuente: HW group)

Por lo tanto, dependiendo del alcance de la monitorización, los equipos pueden variar.

Si se trata de verificar el cumplimiento de las exigencias de cara a una auditoría o informe de evaluación de edificio, se puede utilizar *data logger* como el que se puede ver en la figura 2 en distintas zonas de la vivienda y establecer los valores interiores medios. Para exportar los datos de los *data logger* estos llevan asociados un *software* que permite, no solo configurar los equipos para la toma de datos, sino también para importarlos en tablas de Excel y gráficos (figura 2).

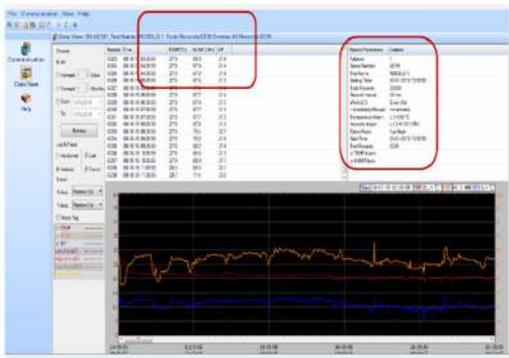


Figura 2. Ejemplo de data-logger (Fuente: Luis Jiménez López)

También existen equipos para monitorizar no solo la temperatura y humedad ambiente, incluso el CO₂, que pueden funcionar de igual forma que los anteriores (figura 3) o conectarse a un sistema de control doméstico (figura 4) a través de pasarelas digitales, pudiéndose analizar incluso en conexiones remotas.



Figura 3 Modelo de medidor de CO₂ y anemómetro (Fuente: Luis Jiménez López)



*Figura 4. Modelo de medidor de CO2 conectado a red telecomunicaciones
(Fuente: PCE, SL Instrument)*

Control de velocidad de viento interior y exterior

Para comprobar las velocidades, se pueden utilizar anemómetros de molinete (por ejemplo, el modelo Testo 410-1 de la figura 5), que debido a su tamaño práctico es ideal para las mediciones de control rápidas y velocidades bajas. Tiene una sonda de molinete montada permanentemente con un diámetro de 40 mm, lo que permite su empleo para la medición integrada de la velocidad del aire en las rejillas y en zonas exteriores.



*Figura 5. Medición con anemómetro en rejillas de ventilación
(Fuente: Luis Jiménez López)*

4.2 Metodologías generales que incluyan los puntos de muestreo, frecuencia de la captación de datos o condiciones para la toma de datos, entre otros parámetros de importancia

No existe como tal una metodología específica normalizada ni protocolo para la toma de datos (aunque sí hay ejemplos de monitorización de variables medioambientales realizadas en edificios de viviendas y edificios de carácter monumental), si bien se pueden realizar las comprobaciones y ensayos siguientes:

- Medida de la humedad relativa y temperatura con termohigrómetros (metodología de monitorización mediante el uso de *data logger*).
- Medida de la calidad del aire, especialmente el CO₂ (metodología de monitorización mediante el uso de *data logger*).
- Medida de velocidad del viento con anemómetro interior y exterior.

Para los estudios se debe tener en cuenta lo recomendado por las normas UNE-EN ISO 7726, *Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas*, UNE-EN 15927, *Comportamiento higrotérmico de edificios. Cálculo y presentación de datos climáticos* y UNE-EN ISO 16000, *Aire de interiores en lo referido a la ubicación de los equipos, duración y frecuencia de muestreo*. Se puede seguir el siguiente proceso:

- Datos de partida: forma y tipología de las viviendas a monitorizar.
- Requisitos y exigencias básicas que justificar (RITE, Código Técnico de la Edificación, entre otros).
- Número y tipos de equipos a utilizar (*data logger*) conectados en remoto o para exportar.
- Ubicación y altura (UNE-EN ISO 7726:2002).
- Tiempo necesario de toma de datos.
- Tratamiento de los datos: reales (media anual) o estadísticos (muestreo), según UNE-ISO 15927-1.

Estos métodos se han determinado teniendo en cuenta las posibilidades de medidas *in situ* y las prestaciones de los equipos de medida actuales. En la norma UNE-EN ISO 7726 se muestran los intervalos de medida, la exactitud de las medidas y los tiempos de respuesta (90 %) de los sensores para cada una de las magnitudes (ver tabla 1).

Alturas de medida de las magnitudes físicas de un ambiente			
Posición de los sensores	Coeficiente ponderación en ambiente homogéneo en método C	Altura recomendada	
		Sentado	De pie
A nivel de la cabeza	—	1,10 m	1,70 m
A nivel del abdomen	1	0,60 m	1,10 m
A nivel del tobillo	—	0,10 m	0,10 m

Tabla 1. Alturas de medida de las magnitudes físicas de un ambiente

De hecho, las especificaciones y métodos (concretamente del tipo C) están relacionados con las medidas a realizar en ambientes moderados, próximos a la situación de bienestar o de confort (tabla 2):

Clase C (de confort)				
Magnitud	Símbolo	Intervalo de medida	Exactitud	Tiempo de respuesta
Temperatura del aire	T_a	10 °C a 40 °C	Requerida: $\pm 0,5$ °C Deseable: $\pm 0,2$ °C Desviación ($t_t - t_a$) igual a 10 °C	Lo más corto posible. Su valor debe especificarse como una característica del instrumento de medida
Humedad absoluta expresada como presión parcial de vapor de agua	P_a	0,5 kPa a 3,0 kPa	$\pm 0,15$ kPa Esta exactitud debe estar garantizada al menos por una desviación ($t_t - t_a$) de 10 °C como mínimo	Lo más corto posible. Su valor debe especificarse como una característica del instrumento de medida

Tabla 2. Datos clase C de confort

Por otro lado, la norma UNE ISO 15927-1 de 2003 tiene como objetivo indicar el procedimiento para el cálculo y presentación de las medias

mensuales a partir de los datos climáticos necesarios para evaluar algunos aspectos de comportamiento higrotérmico para edificios, cubriendo, entre otras, las siguientes variables climáticas:

- Temperatura del aire
- Humedad atmosférica

La media mensual se puede hacer de la siguiente forma:

- A partir de datos de cada hora.
- La media de medidas continuas registradas durante esa hora.
- Medidas registradas en un momento particular de esa hora.
- A partir de datos medios en intervalos (3, 4 o 6 h).
- A partir de datos máximos y mínimos diarios.
- A partir de datos puntuales (7:30 h, 14:30 h y 21:30 h).

Los métodos especificados pueden utilizarse para calcular las medias mensuales o totales a partir de meses individuales (por ejemplo, el mes de enero de un año específico) o de todos los meses correspondientes de muchos años (por ejemplo, todos los meses de enero de los datos de 30 años).

Los cálculos de la desviación estándar de medias diarias o totales sobre las medias mensuales o anuales o totales deben referirse a un año o mes específico.

Monitorización de variables medioambientales. Temperatura seca y humedad relativa.

El bienestar ambiental global, según Neila, se define como «el resultado de la interacción compleja de un conjunto de parámetros e indica que el confort térmico es la sensación que expresa el grado de satisfacción de los usuarios de un edificio en relación con el ambiente térmico que se da en su interior».

Es el RITE el que establece las condiciones de bienestar térmico interior. Tiene un componente subjetivo y otro objetivo, por ello en su valoración hay que considerar desde el principio estos aspectos:

- Recoger el grado de satisfacción de los ocupantes de los edificios o locales de trabajo, integrándolo en los métodos usados de evaluación.
- Y utilizar una metodología que incluya la magnitud de la temperatura operativa y las variables vinculadas a esta: temperatura del aire o seca, temperatura radiante media, humedad relativa, velocidad relativa del aire, aislamiento del vestido y actividad metabólica del individuo.

La temperatura operativa es una ponderación de la temperatura radiante media de los cerramientos del local y la temperatura seca del aire, considerando que ambas contribuyen a la temperatura ambiental con sus coeficientes de transferencia de calor radiante y convectivo.

Su expresión es la siguiente, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 7726:2002 [5] *Ergonomía en ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes física.*

$$t_o = \frac{h_c t_a + h_r \cdot \bar{t}_r}{h_c + h_r}$$

- t_o es la temperatura operativa
- t_a es la temperatura del aire
- \bar{t}_r es la temperatura radiante media
- h_r es el coeficiente de intercambio de calor por radiación
- h_c es el coeficiente de intercambio de calor por convección

Por eso, en la práctica, si la velocidad relativa del aire es inferior a 0,2 m/s, que es lo normal en viviendas para un uso normal, o la diferencia entre la temperatura del aire y la radiante media es inferior a 4 °C, se puede aplicar la media aritmética de la temperatura radiante y la del aire, ya que en estos casos el cuerpo humano eliminaría calor por convección y radiación a partes casi iguales.

$$t_o = \frac{\bar{t}_r + t_a}{2}$$

El RITE indica que para personas con actividad metabólica sedentaria (1,2 met), con grado de vestimenta normal (de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno), los valores estarán comprendidos entre los límites en verano de temperaturas operativas 23-25 °C (que equivalen a 22-24 °C de temperatura seca aproximadamente) con humedad relativa entre 45 y 60 % y en invierno de temperaturas operativas de 21-23 °C (que equivalen a 21-24 °C de temperatura seca) con humedades relativas entre 40-50 %.

Esto se resume en la siguiente tabla:

Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño		
Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Tabla 3. Condiciones interiores establecidas en el RITE 2021

4.3 Normativa de referencia utilizada, ya sea obligatoria o voluntaria, o referencias técnico-científicas que desarrollen los anteriores apartados.

- Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y modificaciones posteriores.
- NORMA UNE-EN ISO 7726, *Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas*. Marzo 2002.
- NORMA UNE ISO 15927-1, *Comportamiento Higrotérmico en edificios. Cálculo y presentación de datos climáticos. Parte 1: medidas mensuales de elementos meteorológicos simples*.
- NORMA UNE-EN ISO 16000-1. *Aire de interiores. Parte 1: Aspectos generales de la estrategia de muestreo*.

5

ESTRATEGIAS DE ACONDICIONAMIENTO EN EDIFICIOS

5.1 Estrategias en fase de proyecto y ejecución del edificio

El confort higrotérmico en el interior de un espacio habitable se alcanza cuando las condiciones físicas, fisiológicas y psicológicas en el entorno construido son adecuadas para los usuarios. El diseño de este espacio, por tanto, ocupa un papel preponderante para materializar un entorno saludable desde el punto de vista higrotérmico.

Las buenas prácticas de acondicionamiento pasivo se convierten en una herramienta imprescindible para lograr estos objetivos.

Las estrategias de acondicionamiento pasivo se deben emplear para lograr que los espacios habitables sean capaces de adaptarse, de la mejor manera posible, a los rigores climáticos que se manifiestan en el exterior, minimizando por tanto los excesos térmicos en el interior de los edificios.

Estas herramientas de diseño deben tener en cuenta la complejidad que presenta el clima mediterráneo, con existencia de veranos calurosos e inviernos fríos, por lo que no todas las soluciones de acondicionamiento que se dispongan van a ser válidas para ambos periodos de diseño.

Las estrategias de acondicionamiento deberán lograr los siguientes objetivos:

- Aislamiento térmico adecuado
- Control de puentes térmicos
- Control de los niveles de ventilación
- Permeabilidad al aire
- Nivel de humedad interior adecuado
- Protección solar en verano
- Inercia térmica
- Control de los excesos térmicos

Desarrollado con algo más de detalle, un edificio con un buen diseño de acondicionamiento higrotérmico pasivo deberá seguir las siguientes pautas en cada uno de los apartados indicados anteriormente.

Aislamiento térmico

Actualmente los niveles de aislamiento térmico se encuentran regulados por la normativa del Código Técnico de la Edificación (CTE), en concreto el Documento Básico de Ahorro de Energía DB HE, publicado en el año 2019, donde se regulan los niveles de aislamiento térmico que deben de cumplir los edificios de uso residencial y uso público no residencial en función de la zona climática en invierno y de la compacidad.

Esto obliga a que se disponga de cierto nivel de aislamiento en el interior de los elementos opacos de la envolvente térmica y que los huecos de ventana sean de altas prestaciones.

Puentes térmicos

Cualquier edificio que pretenda tener un adecuado nivel de diseño de acondicionamiento pasivo debe controlar la no existencia de puentes tér-

micos en su definición constructiva. A efectos reglamentarios, se encuentra establecida su limitación mediante el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio, siendo este el valor medio del coeficiente de transmisión de calor para la superficie de intercambio térmico de la envolvente incluyendo los puentes térmicos.

La presencia de puentes térmicos en el edificio provoca un aumento de las pérdidas energéticas, además de la posible aparición de moho, con el consiguiente riesgo para las personas.

Nivel de ventilación

Los niveles de ventilación se encuentran regulados por el Documento Básico de Salubridad DB HS-3 y por el RITE.

Para lograr estos objetivos el edificio debe contar con adecuados niveles de ventilación natural y mecánica que garanticen unos niveles óptimos de renovación del aire. Para evitar las excesivas pérdidas energéticas que provoca el garantizar los adecuados niveles de ventilación establecidos por normativa es necesario disponer recuperadores de calor.

Permeabilidad al aire

El control de la permeabilidad al aire se encuentra regulado también por el Documento Básico de Ahorro de Energía. En este documento se establece que las soluciones constructivas y condiciones de ejecución de los elementos de la envolvente térmica asegurarán una adecuada estanqueidad al aire. Especialmente se deben cuidar los encuentros entre huecos y opacos, puntos de paso a través de la envolvente térmica y puertas de paso a espacios no acondicionados.

Humedad interior

Los excesos de humedad interior, fuera del rango establecido por el reglamento de instalaciones térmicas de los edificios, deben ser subsanados con adecuados niveles de ventilación. Esta puede ser mecánica o natural, algo preferible cuando las condiciones exteriores lo permitan.

Como criterio de acondicionamiento pasivo que favorezca el control de la humedad, los edificios deben contar con la posibilidad de existencia de ventilación cruzada.

Los equipos de aire acondicionado contribuyen a regular los niveles de humedad interior.

Los espacios se deben diseñar con materiales que tengan suficiente capacidad para acumular el exceso de nivel de humedad ambiental que se puede producir en el interior de los espacios habitables.

Protección solar en verano

Los huecos de ventana deben diseñarse con capacidad para controlar el exceso de radiación solar que se produce en determinadas orientaciones durante el periodo de verano. Actualmente, el DB HE de 2019, ya ha establecido una limitación a este concepto, mediante el indicador $Q_{sol;jul}$, limitándose con ello los excesos de calor que se pueden producir en los espacios habitables.

Inercia térmica

El fenómeno de la inercia térmica favorece un amortiguamiento y un desfase en la onda térmica que se recibe del exterior. Este mecanismo de diseño permite atenuar la fluctuación de la temperatura interior, garantizando, en cierta medida, que se mantiene cerca de las condiciones de diseño establecidas por el RITE de 2021.

Control de excesos térmicos

Con la interposición de los criterios de diseño indicados anteriormente, se pueden atenuar los excesos de temperatura interior que producen, entre otros efectos, un deterioro de las condiciones de calidad interior.

Desde un punto de vista general, la aplicación de todas estas medidas de diseño no son fácilmente exportables a edificios existentes que tienen una consideración de diseño diferente, ya sea por emplazamiento, construcción o disposiciones normativas.

La monitorización de los indicadores higrotérmicos se puede convertir en una herramienta de diseño importante. Hoy en día, es necesario ofrecer información a los usuarios del comportamiento higrotérmico del edificio.

5.2 Estrategias durante la fase de uso

Para conseguir un nivel de confort higrotérmico adecuado a las necesidades de las personas que hacen uso de un edificio es importante la automatización de sus distintas instalaciones y poder hacer un control combinado de todas ellas: climatización, ventilación, elementos de protección solar e iluminación. Para esto son esenciales los sistemas de automatización de edificios, que permiten al usuario estar confortable sin necesidad de pensar en todas las variables que debe controlar manualmente, aunque permitiéndole este control manual cuando sea necesario.

Por otra parte, los equipos de climatización deben ofrecer la posibilidad de adecuar la temperatura de una zona de forma independiente al resto de zonas. Es decir, se debe poder cambiar la temperatura de consigna o apagar/encender el sistema de climatización según las necesidades en cada zona y sin afectar al resto de zonas. Para esto es necesario medir las variables de temperatura y humedad en cada una de las zonas definidas.

Para poder actuar sobre cada zona, también deben estar zonificados los equipos de climatización. Así mismo, integrar los distintos emisores térmicos (por ejemplo, equipos de aire tipo *fan coil* y suelos radiantes) en un mismo control a través de un solo dispositivo favorece que se actúe de forma combinada con ambos emisores o cada uno de ellos por separado, según las necesidades de la zona y evitando las corrientes de aire molestas, controlando la velocidad del ventilador de forma automática. Actuando con el equipo de aire, conseguiríamos una rápida respuesta del sistema para alcanzar la temperatura de confort en el menor tiempo posible, mientras que con el equipo de suelo radiante se lograría mantener la temperatura de consigna de la forma más confortable posible, al producirse el intercambio de calor principalmente por radiación y evitando continuas corrientes de aire, aunque habría que controlar muy bien la inercia térmica de estos emisores para evitar sobrecalentamientos. Además, midiendo la humedad relativa se pueden evitar condensaciones, al funcionar el suelo radiante como refrescante.

5.3 Rehabilitación

La rehabilitación es la práctica arquitectónica más sostenible, y por tanto la más deseable. La energía embebida en los materiales de construcción supone la mayor cuantía de la que se consume en un edificio. Por tanto, al aprovechar gran cantidad de material del edificio original, se puede reducir enormemente esa energía embebida. No obstante, el edificio original condiciona y dificulta las actuaciones de mejora energética y ambiental.

Si el bienestar se debe alcanzar con un bajo consumo de energía o si la vivienda rehabilitada corresponde a una familia en pobreza energética, el planteamiento debe ser similar: mejorar el aislamiento de la envolvente opaca y mejorar vidrios y carpinterías. Es decir, soluciones similares a las de obra nueva. Los problemas pueden surgir tanto cuando se aísla por fuera (mediante SATE, sistema de aislamiento térmico exterior), ya que implicaría a todos los propietarios y usuarios, como si se aísla por dentro, generando puentes térmicos y reduciendo el espacio útil de la habitación, en algunos casos ya de por sí muy reducido.

Para el caso en el que el edificio sea objeto de rehabilitación, las condiciones del entorno y la propia arquitectura puede establecer ciertas limitaciones que no se presentan con las actuaciones en la nueva edificación.

El primer aspecto que hay que tener en cuenta es el estado en el que se encuentran los sistemas pasivos de ventilación propios del edificio, ya que muchas ventilaciones verticales han podido ser sustituidas o eliminadas en reformas previas.

En segundo lugar, es necesario también contemplar si el edificio presenta posibilidad de ventilación cruzada.

Y, en tercer lugar, y no menos importante, hay que verificar la posibilidad de integrar sistemas de ventilación y acondicionamiento en el espacio a rehabilitar y en el propio edificio.

Las condiciones climáticas del lugar juegan un papel preponderante, ya que no es lo mismo plantear una actuación de reforma en una zona climática húmeda que en una zona seca.

Con estos condicionantes técnicos y ambientales deben seleccionarse las medidas de mejora más adecuadas a cada caso en concreto. No se pueden generalizar actuaciones o incorporar medidas que sean extrapolables a cualquier emplazamiento y arquitectura.

En determinadas situaciones arquitectónicas en las que concurren condiciones ambientales desfavorables, como escasas posibilidades de ventilación y elevado nivel de humedad interior, es necesario revisar algunas actuaciones de reforma en las que se cuenta con un elevado nivel de hermeticidad en las propuestas de actuación de la envolvente. Es por tanto necesario llegar a una propuesta de solución equilibrada entre las necesidades de mejora energética y calidad del ambiente higrotérmico.

La incorporación de sistemas de recuperación de calor entálpicos puede ser una adecuada propuesta de intervención para mejorar las condiciones de confort del ambiente interior.

Un recuperador entálpico es un sistema de recuperación de energía basado en que el intercambio de aire entre el interior y el exterior se produce de forma sensible y latente, es decir, que en el intercambio de masas de aire se produce modificación de temperatura y humedad.

Los recuperadores entálpicos disponen de dos tecnologías que se describen a continuación.

- **Recuperadores entálpicos por termoacumulación:**

En este tipo de sistemas el funcionamiento se lleva a cabo mediante un proceso de termoacumulación en una masa con un recubrimiento higroscópico. Este recubrimiento capta la humedad del aire extraído y la transfiere al aire de ventilación.

Generalmente, este tipo de sistemas alcanza elevados rendimientos en su funcionamiento, por lo que son altamente eficientes.

- **Recuperadores de sorción y desorción:**

El funcionamiento de estos equipos se basa en los recuperadores rotativos convencionales, utilizando un sistema que tiene la capacidad de absorción de humedad elevada. Este sistema o matriz extrae la humedad del aire que se obtiene del edificio y se transfiere a

contracorriente por rotación. La velocidad de este proceso varía en función del material que se emplee en la transferencia de humedad.

Los sistemas de recuperación entálpicos solo se pueden disponer en sistemas de doble flujo, colocándose a la entrada y salida del aire.

Considerando el sistema de diseño del flujo de aire, se pueden establecer tres sistemas de intercambio: flujos cruzados, flujos paralelos y flujos rotativos.

- En el **sistema de flujos cruzados**, el intercambio de aire se produce en el interior del intercambiador en sentido perpendicular uno del otro.
- En el **sistema de intercambio de flujos paralelos**, los caudales de aire de impulsión y extracción circulan paralelos y en direcciones opuestas el uno del otro.
- En los **sistemas rotativos**, el intercambio entre ambos flujos se produce gracias al movimiento rotativo del propio intercambiador.

Por lo que respecta a los sistemas de acondicionamiento, otro problema puede estar en la ventilación y en la calidad de aire interior. Es probable que los sistemas tradicionales de ventilación mediante aireadores y sistemas de extracción en cuartos húmedos puedan no ser viables por las características del edificio original. En esos casos habrá que contemplar la posibilidad de sistemas mecánicos, con pequeñas redes de aire de extracción en todos los locales.

También pueden estar condicionados los equipos emisores. De no existir un sistema de calefacción previo habrá que ver cuáles son los sistemas compatibles. Los suelos radiantes, siendo desde el punto de vista del bienestar los más efectivos, podrían no ser viables debido a la altura libre de suelo a techo. Un sistema de radiadores podría no tener cabida en habitaciones muy pequeñas con los muebles ajustados a las paredes. Los sistemas de aire, tanto de calefacción como de refrigeración, pueden tener de nuevo el problema de la altura libre en el recorrido por las habitaciones, y en la ubicación de máquinas si se quieren centralizar. Para la refrigeración parece más sencillo el uso de equipos individuales, por local, aunque quedaría condicionada la fachada.

De especial importancia son todos aquellos dispositivos de control y automatización, así como de medición, con comunicaciones *wireless*.

En resumen, la intervención sobre la fachada no diferirá demasiado en relación con las actuaciones en edificios nuevos, siendo especialmente deseables los sistemas SATE, pero los sistemas de ventilación y climatización deberán resolverse en función de la singularidad de cada caso.

CONFORT HIGROTÉRMICO

Estrategias de acondicionamiento en edificios.

1 FASE DE PROYECTO Y EJECUCIÓN

El **acondicionamiento pasivo** es una herramienta imprescindible para lograr los objetivos de confort que debe seguir las siguientes pautas:

Buen nivel de **aislamiento térmico** en los elementos de la envolvente.

Eliminación de **puentes térmicos** para evitar pérdidas energéticas o aparición de moho.

Adecuados niveles de **ventilación** para la renovación del aire.

Control de la **permeabilidad al aire** mediante una correcta estanqueidad en puntos críticos.

Regulación de la **humedad interior** mediante ventilación y elección de materiales adecuados.

Huecos diseñados con **protección solar en verano** para controlar el exceso de radiación solar.

Aprovechamiento de la **inercia térmica** de los materiales para atenuar la fluctuación de temperatura.

Control de los excesos térmicos mediante la monitorización de indicadores higrotérmicos.

2 FASE DE USO DEL EDIFICIO

Para un confort higrotérmico adecuado a cada uso y necesidad las instalaciones deben cumplir estas características:

Una **automatización** que permita una configuración óptima en cada momento sin necesidad de pensar en todas las variables.

Control combinado de todas las instalaciones para ofrecer una solución coordinada.

Posibilidad de establecer una **zonificación** para control independiente de distintos espacios sin afectar al resto.



3 REHABILITACIÓN

A menudo la rehabilitación es la práctica más sostenible pero hay cuestiones que se deben tener en cuenta:

Las estrategias de **aislamiento de la envolvente**, son similares a edificios nuevos, con preferencia de sistemas SATE.

Los sistemas de ventilación y climatización requieren un **análisis del estado del edificio** y verificar la posibilidad de **ventilación cruzada** o de **integración de sistemas** en el edificio.



6

CASOS DE ÉXITO

A continuación, se comentará una vivienda construida bajo el estándar Passivhaus en Carrión de los Condes, Palencia.



Figura 6. Vivienda en Carrión de los Condes (Fuente: Medgón PassivHaus)

6.1 Estrategias en fase de proyecto y ejecución del edificio

La propiedad y el arquitecto trabajaron desde el primer día para buscar el máximo confort higrotérmico de la vivienda, y una de las primeras decisiones para alcanzar este objetivo fue construir la vivienda bajo el estándar alemán.

Muchas veces pensamos que la clave está en la construcción, pero el entorno y la orientación juegan un papel fundamental para conseguir un gran confort.

En este caso, la parcela contaba con buena orientación y se decidió situar la vivienda junto a un edificio antiguo, para evitar la sombra de este, y abrir el edificio hacia un patio interior. Se pudo evitar una de las esquinas de un edificio colindante, garantizando así el máximo soleamiento de las dos fachadas principales.

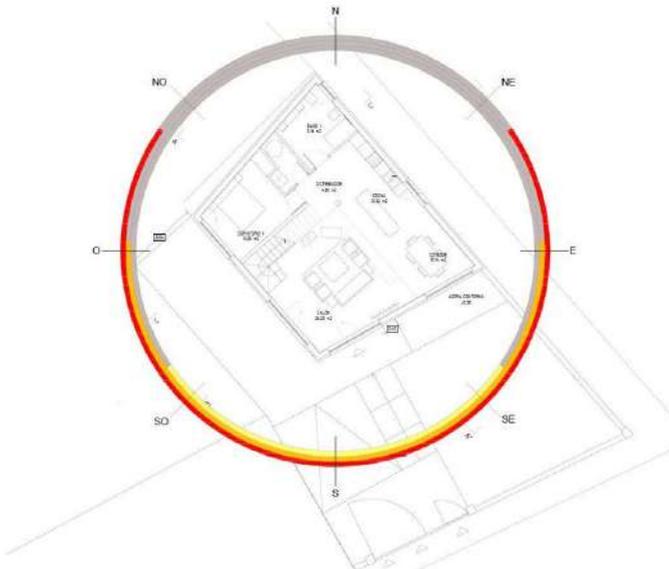


Figura 7. Estudio soleamiento vivienda en Carrión de los Condes
(Fuente: Medgón Passiv Haus)

El uso de la madera como material principal en la construcción de esta vivienda fue una decisión muy acertada, por todas las características de este material:

- Material renovable y sostenible
- Alto grado de versatilidad
- Balance negativo de CO₂
- Alta resistencia al fuego
- Excelentes propiedades mecánicas, térmicas y acústicas
- Buen comportamiento sísmico
- Alta durabilidad

Se exponen a continuación los elementos de la construcción de esta vivienda que se han ejecutado para conseguir un excelente confort higrotérmico.

Aislamiento térmico

La vivienda se ha construido con entramado ligero de madera, un material que tiene unas propiedades excelentes en cuanto a confort se refiere.

La elección del espesor del aislante se realiza mediante el estudio del clima del lugar donde realizamos el proyecto. En este caso, Carrión de los Condes se encuentra en una región frío-templada, por lo que es importante estudiar el aislamiento térmico y tenerlo en consideración.

El entramado ligero tiene unas cavidades interiores entre los tableros estructurales, donde se aloja el aislamiento, que en el caso de esta vivienda es de 24 cm de celulosa, un material con una transmitancia muy baja ($\lambda=0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$).



Figura 8. Imagen en taller (Fuente: Medgón Passiv Haus)

El estándar Passivhaus exige una envolvente térmica completa, para conseguir ese confort térmico interior en la vivienda, por lo que no solo los muros son importantes, sino también las cubiertas y el suelo.

En esta vivienda se han utilizado 24 cm de fibra de madera ($\lambda=0,038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) en la cubierta, la cual es de madera e inclinada vista, y 16 cm de XPS ($\lambda=0,031 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) en el suelo sobre la losa de cimentación.

Este conjunto de muro, cubierta y suelo garantizan un valor U (transmitancia global de los elementos constructivos) muy bajo, y garantiza un confort interior excelente.

Los huecos de ventanas y puertas exteriores también juegan un papel importante en el confort térmico, y en este caso se optó por la colocación de ventanas de PVC de altas prestaciones, con triple vidrio y doble cámara de argón.



Figura 9. Vivienda en Carrión de los Condes (Fuente: Medgón PassivHaus)

Se ha hecho uso también de persianas enrollables para garantizar privacidad en las estancias, y persianas venecianas para regular la entrada de soleamiento y evitar el sobrecalentamiento de la vivienda.

Puentes térmicos

En cuanto a los puentes térmicos, el estándar Passivhaus exige un diseño libre de puentes térmicos, por lo que esta construcción no tiene puentes térmicos en ningún punto constructivo. La madera como material constructivo contribuye mucho a la eliminación de puentes térmicos, por su gran inercia térmica, ya que permite aguantar la temperatura durante un largo periodo de tiempo.

Los huecos de ventanas y puertas exteriores se han resuelto con cintas estancas, para evitar filtraciones de aire.



Figura 10. Imagen en taller (Fuente: Medgón PassivHaus)

La fachada es ventilada, con un panel de fibrocemento anclado a ella. No se produce puente térmico porque los rastreles son de madera y van contra el entramado por el exterior. Más específicamente, contra una lámina transpirable que hace que la casa sea hermética, por lo que no se producen filtraciones.

Nivel de ventilación

El estándar Passivhaus exige un sistema de ventilación que confiera a la vivienda una calidad de aire interior óptima.

En esta vivienda se ha instalado un sistema de ventilación mecánica de doble flujo, que mantiene la calidad de aire en un nivel excelente y controla que la humedad relativa se mantenga en un nivel confortable.



Figura 11. Sistema de ventilación con recuperador de calor. Vivienda en Carrión de los Condes (Fuente: Medgón Passiv Haus)

El sistema de ventilación funciona a través de un recuperador de calor, que produce un intercambio de calor entre el aire exterior e interior. El recuperador impulsa aire en cuartos como salón y dormitorio, a una temperatura constante de 20-21 °C todo el año y expulsa el aire viciado en cuartos húmedos, como cocina y baños. Es un sistema que, aparte de funcionar y jugar con el aire exterior-interior, también recircula el aire interior de la vivienda, eliminando el aire viciado, un aire que puede tener presencia de polvo o ácaros, y elimina olores, por lo que garantiza un confort óptimo.



Figura 12. Interior de vivienda en Carrión de los Condes (Fuente: Medgón PassivH aus)

El sistema de ventilación también es necesario para mover aire dentro de la vivienda y evitar que la casa sea completamente estanca.

Permeabilidad al aire

La permeabilidad al aire se encuentra también regulada por el estándar Passivhaus, y es que es necesario que hagamos y controlemos que la construcción sea estanca al aire. Este es un aspecto fundamental.



Figura 13. Esquema “regla del lápiz” PassivHaus (Fuente: Medgón PassivHaus)

En esta vivienda, como se ha mencionado previamente, se realiza la estanqueidad en muros exteriores mediante una lámina traspirable que se empalma, en todo su perímetro, con otra lámina traspirable colocada en el interior de la cubierta.

Es muy importante que consigamos que la vivienda sea un conjunto completamente estanco, algo que se puede comprobar con la «regla del lápiz», con la que tenemos que ser capaces de dibujar una línea en toda la casa sin levantar el lápiz.

En huecos de ventanas y puertas también se realiza la estanqueidad al aire con un control muy exhaustivo, ya que es el lugar donde más filtraciones puede haber. En este caso, se ha resuelto con unas cintas herméticas en el interior de cada ventana.

Para controlar que la vivienda cumple estos requisitos, se realiza un test de estanqueidad, llamado test Blower Door. Consiste en realizar una

serie de despresurizaciones y sobrepresurizaciones del volumen interior de aire a 50 Pa, con el cual comprobamos si se producen infiltraciones no deseadas en cualquier lugar de la vivienda.



Figura 14. Ensayo Blower Door (Fuente: Medgón PassivHaus)

Este test da lugar a las denominadas renovaciones/hora, y el estándar Passivhaus exige que esta cifra debe estar por debajo de 0,6 renovaciones/hora. Esta vivienda obtuvo un resultado de 0,3 renovaciones/hora.

Humedad interior

Como se ha mencionado previamente, la existencia de un sistema de ventilación mecánica de doble flujo contribuye a una regulación de la humedad interior, para mantenerlo a un nivel dentro de la zona de confort.

Protección solar en verano

En esta casa se jugó con el diseño y la normativa, para poder abrir unos grandes ventanales al sur y oeste, y poder ganar así soleamiento y, con ello, calor en meses en los que haga frío.

En un clima frío-templado, es importante protegerse del verano, más que del invierno, ya que las temperaturas son bastante altas.



*Figura 15. Protecciones solares. Vivienda en Carrión de los Condes
(Fuente: Medgón PassivHaus)*

En la vivienda se han colocado persianas venecianas en los grandes ventanales, que permiten la entrada de luz y no de sol, y poder tener así un interior confortable.

En esta casa, también se ha diseñado un gran alero de 1 metro de ancho, lo que genera sombra en casi toda la fachada cuando el sol se encuentra en el punto más alto.



Figura 16. Vivienda en Carrión de los Condes (Fuente: Medgón PassivHaus)

Inercia térmica

Construir bajo el estándar Passivhaus garantiza una excelente inercia térmica, que, junto con el uso de las grandes propiedades térmicas de la madera y la hermeticidad, consigue que la vivienda tenga una inercia térmica constante y regular durante todo el año.



*Figura 15. Detalle madera. Vivienda en Carrión de los Condes
(Fuente: Medgón PassivHaus)*

6.2 Control de excesos térmicos

El control de excesos térmicos en esta vivienda se realiza de varias formas.

Por una parte, el sistema de ventilación dispone de un control de regulación, que nos permite regular el caudal con tres velocidades y, por supuesto, la temperatura. Este sistema es compatible con la instalación de una batería de postcalentamiento, para aumentar la temperatura, pero no en todos los casos es necesario. El sistema dispone de un recuperador de calor, que evita que las temperaturas oscilen y se mantengan constantes.

Por otra parte, la protección contra el soleamiento en verano a través de las persianas venecianas y el alero garantiza que la temperatura no se dispare en verano.

El diseño libre de puentes térmicos y la hermeticidad de la vivienda garantizan también que la temperatura se mantenga regular y constante.

Los habitantes de esta vivienda podrán disfrutar de un gran confort higrotérmico, que ha sido posible gracias a una excelente gestión del proyecto y al control de la ejecución de la construcción de la vivienda.

7

GLOSARIO

Bienestar térmico: condiciones interiores de temperatura, humedad y velocidad del aire establecidas reglamentariamente que se considera producen una sensación de bienestar adecuada y suficiente a sus ocupantes.

Climatización: acción y efecto de climatizar, es decir, de dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y la conservación de las cosas.

Clo: unidad de resistencia térmica de la ropa. $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Espacio habitable acondicionado: espacio habitable que necesita mantener unas determinadas condiciones operacionales para el bienestar térmico de sus ocupantes. En uso residencial privado, todos los espacios interiores de las viviendas se consideran acondicionados y deben cumplir las condiciones operacionales conforme al Anejo D del CTE DB HE. A efectos de cálculo, de forma simplificada, pueden considerarse igualmente acondicionados otros espacios habitables, como pasillos, escaleras y otras zonas comunes.

Espacio habitable no acondicionado: espacio habitable para el que se prevé que, durante la vida útil del edificio, no será necesario mantener unas determinadas condiciones de temperatura para el bienestar térmico de sus ocupantes. Al ser un espacio habitable dispone, sin embargo, de fuentes internas (iluminación, ocupación y equipos).

Espacio no habitable: espacio formado por uno o varios recintos no habitables contiguos, con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes, agrupados a efectos de cálculo de la demanda energética. En esta categoría se consideran los garajes, trasteros, cuartos de basuras e instalaciones (ver recintos habitables).

Espacio interior: a efectos de la obligación de la autorregulación de temperaturas, debe entenderse como una parte o una división de un edificio confinado por paredes, suelo y techo, como por ejemplo una habitación.

Inercia térmica: propiedad del edificio de amortiguar y retardar el efecto de las fluctuaciones de la temperatura exterior en el interior del edificio, como resultado de su capacidad para conducir y almacenar calor. La cantidad de calor almacenado depende de la masa térmica de los materiales, mientras que la velocidad de intercambio de calor con el entorno depende de su conductividad térmica.

Instalación térmica: se considera instalación térmica la instalación fija de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) destinada a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas, o la instalación destinada a la producción de agua caliente sanitaria (ACS), incluidas las interconexiones a redes urbanas de calefacción o refrigeración y los sistemas de automatización y control.

Masa térmica: capacidad de los materiales de almacenar calor. La cantidad de calor almacenado depende de la densidad del material y su calor específico.

Met: unidad metabólica. $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$.

Porcentaje estimado de insatisfechos (PPD, predicted percentage of dissatisfied): proporciona datos sobre la incomodidad o insatisfacción térmica

basándose en la estimación del porcentaje de personas susceptibles de sentir demasiado calor o frío en unas condiciones ambientales dadas (UNE-EN ISO 7730).

Puente térmico: zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento o de los materiales empleados, por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc., que conlleva una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento.

abrir

las
ventanas
y respirar

hondo

CAPÍTULO 2: CALIDAD DEL AIRE Y SALUBRIDAD

1

COMPONENTES DEL GRUPO

Daniel García de Frutos (coordinador), consultor independiente.

Patricia Aguilera Benito, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Virginia Ballesteros Arjona, Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (OSMAN).

Lucio de la Cruz Pérez, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza (COAATZ).

Miguel Lautour, Aldes.

Juan López-Asiain Martínez, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE).

María Marín Romano, Airlite.

José María Ordóñez Iriarte, Revista Salud Ambiental.

Daniel Sánchez Peinado, Plataforma PEP.

Bieito Silva Potí, ITG-WELL.

2

INTRODUCCIÓN

La calidad en el interior de los edificios es uno de los **principales retos** de la humanidad debido a que, por razones de diferente naturaleza (fuente de emisiones, posibilidad de aumentar las concentraciones, uso permanente de espacios, etc.) puede llegar a ser hasta cinco veces más nocivo que el aire exterior¹.

Según la mayoría de los estudios, pasamos entre el 80 y 90 % del tiempo en el interior de edificios², pero, además, un reciente estudio previo a la pandemia³ aportó un dato muy significativo: la mayoría de las personas analizadas **no eran conscientes de ello**, incluso no reconocía esta situación. En España, casi la mitad de los encuestados afirmaba pasar más de 10 horas al día en exteriores, dato posible pero altamente improbable.

Introducimos en nuestro cuerpo 10.000 litros de aire al día, que en cierta proporción han sido ya respirados previamente. En el interior de los edificios, al ser menor la renovación de aire, esa cantidad puede ser mayor. En el siglo xx los avances en la mejora de la calidad del agua han sido evidentes, la preocupación por este asunto y su trascendencia en la mejora de la salud a nivel mundial es evidente. ¿No debe ser el reto del s. XXI la mejora

de la calidad del aire interior? ¿No es el momento? La potabilización del agua ha sido un instrumento para luchar contra muchas enfermedades y ahora debemos buscar los instrumentos que nos permitan hacer lo mismo en el interior de los edificios, en ambientes no industriales.

La calidad del aire es fundamental para nuestra salud. Todos somos muy conscientes de la importancia de la nutrición para nuestro organismo. No tiene sentido preocuparnos por lo que comemos, si lo hacemos 5 veces al día y no preocuparnos por lo que respiramos, si lo hacemos 1.000 veces cada hora.

También estamos hablando de un asunto de **responsabilidad social**: la protección de personas mayores y otras vulnerables, que son las principales afectadas por unas malas condiciones de habitabilidad. Además de sus evidentes riesgos, como pueden ser los contagios de enfermedades, las emisiones nocivas de materiales o la concentración de contaminantes procedentes del exterior, su situación socioeconómica y su falta de autonomía y movilidad hace que las soluciones deban ser urgentemente planteadas. Residencias, hogares, colegios, centros sanitarios, etc., deben ser analizadas con máximo detenimiento.

Es importante destacar el papel que tienen los edificios sobre la calidad del aire, que parte de un adecuado diseño en la fase de proyecto o rehabilitación, selección de materiales y control de los flujos de aire. Es clave la incorporación de sistemas e instalaciones que permitan que nuestro edificio no solo sirva para prevenir posibles ataques, sino también para reconstruir y mejorar nuestra salud, aspirando a una nueva ola de **edificios regenerativos**. Hay que ser creativos y apoyar iniciativas que mejoren la calidad del aire en el interior e incluso en el exterior, utilizando los edificios como instrumentos.

Cuando, en términos energéticos, hablamos de edificios de energía casi nula como objetivo, algunos proponen edificios de energía positiva (que producen más energía que la que consumen). Por tanto, cuando hablamos de edificios saludables, no pretendemos quedarnos en aquellos que son unos buenos «envoltorios», sino que, además, favorezcan el bienestar y la salud.

Hay que alertar de que las intervenciones en rehabilitación hasta ahora solo contemplan aspectos de mejora de estanqueidad y reducción de consumo energético y no se contempla la calidad del aire. Estamos en un escenario muy favorable para tomar decisiones, pues parece que la rehabilitación va a ser muy incentivada y no debemos dejar pasar esta oportunidad.

3

INDICADORES DE MEDICIÓN Y CALIDAD

3.1 Parámetros químicos

La norma UNE 171330-2, *Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior* define un conjunto de parámetros mínimos: CO₂, CO, PM 2,5, conteo de partículas en suspensión (0,5 μm y 5 μm), bacterias en suspensión y hongos en suspensión. Posteriormente, recoge otros complementarios.

No obstante, la calidad del ambiente interior va a depender de dos aspectos: uno tiene que ver con las actividades que se estén desarrollando en el exterior del edificio en cuestión; el otro, con los materiales y actividades que se generen en el interior del edificio⁴

3.1.1 Los parámetros mínimos

Dióxido de carbono (CO₂)

Es importante vigilar los niveles de concentración, por los posibles efectos sobre la salud, que van desde somnolencia y cefaleas hasta otras afecciones más severas. Pero además es muy importante su medición, pues podemos considerarlo un gran aliado, ya que cuando tenemos valores bajos se reduce el riesgo de presencia de otros contaminantes.

Lo habitual en un espacio cerrado mal ventilado es alcanzar concentraciones de 2.000-3.000 ppm.

Una concentración de CO₂ de 800 ppm significa que aproximadamente el 1 % del aire que respiras ya ha sido respirado previamente, lo que implica una mayor concentración de virus, bacterias u otros patógenos.

No se puede considerar completamente inocuo en concentraciones por debajo de 3.000 ppm.

En el sector residencial la normativa vigente, CTE DB Salubridad - HS3 Calidad del aire interior (diciembre 2019), indica que en los locales habitables de las viviendas debe aportarse un caudal de aire exterior suficiente para conseguir que en cada local la concentración media anual de CO₂ sea menor que 900 ppm y que el acumulado anual de CO₂ que exceda 1.600 ppm sea menor que 500.000 ppm por hora.

En el sector terciario, el RITE (actualizado 2021) fija límites en función del local, todos ellos considerando una concentración en el exterior de 400 ppm:

- En hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías: IDA 1, máximo 750 ppm.
- En oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas: IDA 2, máximo 900 ppm.

- En edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiesta, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores: IDA 3, máximo 1.200 ppm.
- En locales con aire de calidad baja: IDA 4, máximo 1.600 ppm.

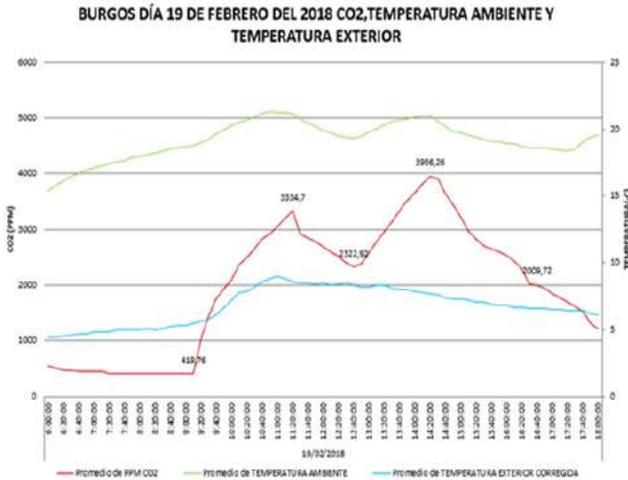


Figura 3.1- Evolución del CO₂ en aulas. Fuente: PEP

Esta gráfica muestra que el CO₂ es un indicador de actividad humana, de presencia humana en un espacio interior (especialmente en edificios que no cuentan con sistemas de ventilación mecánica controlada). Los datos muestran la monitorización representativa de un aula en un día lectivo del curso 2017/18, en el que se aprecia cómo la concentración de CO₂ responde a la ocupación del aula, aumentando de manera muy rápida al comienzo de la jornada lectiva, alcanzando un pico de 3.334 ppm, con un ligero descenso en la hora del recreo y de nuevo un incremento al final de la jornada, alcanzando su pico máximo en 3.956 ppm. Este patrón se observa durante todo el año.

El CO₂ podría servir de indicador de ventilación para espacios ocupados en general, (vinculación a otros contaminantes). No es caro medirlo, es sencillo y permite adoptar medidas de ventilación cuando se rebasa una concentración límite.

Monóxido de carbono (CO)

Es un contaminante tóxico y puede ser letal («muerte dulce»), siempre que se alcancen concentraciones altas. Con 150-200 ppm, la desorientación, la pérdida de conciencia e incluso la muerte son posibles.

Vinculado a la mala combustión, causó problemas en la España de antaño (braseros, estufas de gas antiguas...) y hoy sigue siendo un problema en algunos países.

Su interés para ser medido estará modulado por la cercanía de fuentes: tráfico rodado, gasolineras, garajes, cocinas, calentadores de agua, toma inadecuada del aire exterior y presencia de fumadores.

Partículas menores de 2,5 μm (PM 2,5)

La primera cuestión que merece la pena reseñar es que se escribe así PM 2,5, no PM_{2,5}, porque no es una sustancia química que responda a una formulación en la que se intercambian las valencias. Por ejemplo, el caso del CO₂ sí es una fórmula química.

La fuente de PM 2,5 es fundamentalmente el tráfico rodado. En ambientes interiores habría que considerar combustiones internas y humo de tabaco. Además se considerarán las actividades exteriores que las pueden producir: procesos industriales, incineradoras, canteras, minería, emisiones de chimeneas, calefacciones... También el polvo procedente de las labores agrícolas, de la construcción de carreteras o del paso de vehículos por caminos sin asfaltar son otras fuentes importantes de partículas.

Como se puede inferir, la composición puede ser muy variable. En cualquier caso, dado que la gran mayoría procede del tráfico rodado, los estudios realizados demuestran irritaciones e inflamaciones de vías respiratorias y ojos (alveolitis, bronquiolitis, fibrosis...), mayor incidencia y agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, aumento de la frecuencia de cáncer pulmonar a largo plazo y enfermedades infecciosas.

No se puede olvidar que las partículas, en general, han sido categorizadas como cancerígenas grupo 1, por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC en sus siglas en inglés).

3.1.2 Los parámetros complementarios

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

En el exterior, es el tráfico rodado el origen mayoritario de este gas.

En ambientes interiores la principal fuente de emisión de NO₂ son las calefacciones y las estufas y cocinas de gas, así como el humo de tabaco. Los niveles habituales son mayores en invierno que en verano.

A concentraciones bajas, los óxidos de nitrógeno son irritantes del tracto respiratorio superior y de los ojos. En exposiciones prolongadas puede producir edema pulmonar. La exposición excesiva a los óxidos de nitrógeno puede causar efectos sobre la salud en la sangre, hígado, pulmón y bazo.

Ozono (O₃)

Se encuentra en el exterior (en la troposfera) como contaminante secundario producido por la reacción de los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en presencia de luz solar (producción fotoquímica local).

En el ambiente interior se origina por equipos que generan descargas eléctricas que activan energéticamente los átomos de la molécula de oxígeno uniéndolos de tres en tres. Entre estos equipos podemos señalar: máquinas fotocopiadoras, impresoras láser, equipos electrostáticos para purificación del aire, motores eléctricos y equipos con radiación UV para la desinfección, además de los ozonizadores.

Debido a su poder oxidante, los efectos inmediatos en la salud se traducen principalmente en: irritación del tracto respiratorio y de los ojos, tos y dificultades respiratorias. A medio plazo se puede producir disminución general del rendimiento físico, así como síntomas de malestar general tales como dolor de cabeza, cansancio o pesadez. A largo plazo puede producir alteraciones en la función pulmonar (neumonitis y neumonía).

Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los compuestos orgánicos volátiles son un grupo de compuestos pertenecientes a diferentes familias químicas (alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres de glicol, terpenos, etc.) que tienen en común su base química de carbono y la particularidad de volatilizarse en el aire en estado gaseoso a temperatura ambiente, de forma más o menos rápida.

En el ambiente interior, dichos compuestos son ampliamente utilizados en la fabricación de diversos productos, materiales decorativos y de construcción: pinturas, colas, madera, alfombras, telas, ambientadores, biocidas, etc. En general, en los países desarrollados se observan concentraciones de COV en interiores mayores a las existentes en el exterior.

Sus efectos son, la mayoría de las veces, no bien conocidos y comprenden desde un alto grado de toxicidad hasta efectos leves o desapercibidos. Esos efectos dependerán de la naturaleza de cada compuesto, y del grado y periodo de exposición.

En este caso, un diagnóstico, tanto externo como interno, dará pautas para seleccionar cuál o cuáles de ellos deben ser controlados.

Por ejemplo, la Guía francesa *Guide pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants et des adolescents* señala que se harán determinaciones de formaldehído en los centros escolares si:

- existen empresas químicas a menos de 3 km
- existen industrias de la madera, papel o cartón a menos de 3 km
- los centros escolares cuentan con falsos techos que puedan contener este aislante

Radón

La normativa vigente que lo regula es: CTE DB Salubridad - HS 6 Protección frente a la exposición al radón (diciembre 2019).

Para limitar el riesgo de exposición de los usuarios a concentraciones inadecuadas de radón procedente del terreno en el interior de los locales

habitables, se establece un nivel de referencia para el promedio anual de concentración de radón en su interior de 300 Bq/m³.

Parámetro	Criterio de confort	Valor límite máximo	Observaciones	Norma/ Referencia
Dióxido de carbono (CO ₂)	< 900 ppm (hasta 25 % de superaciones)	2500 ppm	El valor en exterior ronda los 400 ppm	UNE-EN 13779:2005. VLM = 50 % valor límite de exposición profesional (VLA) del INSHT
	< 900 ppm	1600 ppm	El RITE recomienda máxima calidad IDA 1 < 750 ppm	CTE-HS3/ RITE 2021
Monóxido de carbono (CO)	< 5 ppm	9 ppm		Real Decreto 102/2011 Valor límite 75 % VLA del INSHT
Partículas menores de 2,5 µm (PM _{2,5})	< 20 µg/m ³	1000 µg/m ³		Real Decreto 102/2011 Valor límite 10 % VLA del INSHT
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	0,5 mg/m ³	No aplica		Recomendaciones de la OMS
Ozono (O ₃)	< 0,1 ppm	< 0,2 ppm		Basado en los VLA del INSHT (valores límite ambientales)
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	< 200 µg/m ³	3000 µg/m ³	Rango tóxico > 25.000 µg/m ³	Criterios basados en estudios realizados por Mølhøve
Radón	< 200 Bq/m ³	300 Bq/m ³		Recomendaciones de la Unión Europea / CTE-HS6

Tabla 3.1. Parámetros y valores recomendados o reglamentarios

3.2 Parámetros físicos

3.2.1 Humedad

La humedad, sobre todo la humedad debida a la mala calidad de la estructura del edificio, genera problemas de salud.

Según la OMS, la humedad favorece que cientos de especies de bacterias y hongos crezcan en los interiores de los edificios y se reproduzcan a través de esporas. La exposición a todos estos contaminantes se asocia a una mayor incidencia o empeoramiento de síntomas respiratorios, alergias, asma y reacciones inmunológicas.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE) regula este parámetro para los edificios de pública concurrencia y cifra unos valores de humedad relativa, expresada en %, de entre 45-60 en verano y entre 40-5 en invierno.

3.2.2 Temperatura

El Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE) regula este parámetro para los edificios de pública concurrencia.

En dichos espacios se establece como valor límite de la temperatura del aire: en recintos calefactados (invierno) no superior a 21°C y en los refrigerados (verano) no inferior a 26°C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional.

3.2.3 Ruido

El origen del ruido puede ser externo e interno. En cualquier caso, tiene su importante impacto en térmicos de salud.

Existe un marco legislativo que regula el ruido en España. Se trata del Real Decreto 1513/2005 en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, y del Real Decreto 1367/2007 en relación con la zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

3.2.4 Campos electromagnéticos

La intensidad de los campos eléctricos y magnéticos, que influyen en el interior de un edificio, dependerá de diversos factores, como la distancia a la que se encuentran las líneas de suministro de la zona, el número y tipo de aparatos eléctricos que se utilizan o la configuración y situación de los cables eléctricos.

3.3 Parámetros biológicos

La exposición a ciertos agentes biológicos en los ambientes interiores es un problema emergente, debido a su frecuente implicación como uno de los cofactores que pueden explicar el aumento constante de las enfermedades respiratorias, asmáticas y alergias en grupos de población especialmente vulnerables. La variedad de los biocontaminantes presentes en el ambiente interior es amplia. Además de microorganismos como protozoos, hongos, bacterias y virus, el aire puede contener granos de polen, ácaros y sus productos de excreción, detritus y fragmentos de animales e insectos, entre un largo etcétera. En este amplio abanico merece la pena destacar los animales de compañía, cuya presencia puede no estar exenta de riesgos.

En este caso, los hospitales tienen su propia normativa. Se basan en la Norma UNE 171340:2020. La Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene avala y tiene pautados los criterios, segregando entre «zonas comunes» y «zonas de ambiente controlado o de bioseguridad» (quirófanos, salas de inmunodeprimidos...).

4

METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN

Después de saber qué tenemos que medir se abordan las estrategias de muestreo. Para realizar las mediciones podemos utilizar diferentes estrategias en función de las necesidades específicas del proyecto. Las que utilizaremos con mayor frecuencia serán las siguientes:

Mediciones puntuales: tienen la ventaja de que proporcionan una gran precisión al utilizar equipos y metodologías profesionales. Suelen realizarse una o más veces al año de manera puntual y distinguimos dos estrategias principalmente:

Medición en lectura directa: se trata de equipos que tienen la capacidad de realizar lecturas en tiempo real de contaminantes específicos. Existen equipos que permiten medir gran cantidad de contaminantes ambientales, siendo los principales el CO₂, CO, PM, O₃, TCOV, CH₂O y el radón. En función del tipo de contaminante a medir, existen diferentes tecnologías que utilizan estos sensores: infrarrojo no dispersivo, detector por fotoionización, célula electroquímica o semiconductor, entre otros.

Medición mediante muestreo activo o pasivo: consiste en utilizar un elemento de retención del contaminante (como puede ser un tubo adsorbente, tubo tenax, etc.) a través del cual se hace circular una cantidad de aire de forma activa (utilizando una bomba de aspiración) o pasiva (dejándolo en el ambiente sin forzar la circulación del aire). Finalizado el proceso de muestreo estos elementos de retención se deben enviar a un laboratorio acreditado para su análisis y, de esta manera, determinar la concentración de contaminantes en el aire. Se trata de métodos que pueden llegar a tener una precisión muy elevada y que permiten medir prácticamente cualquier contaminante.

Mediciones en continuo: se trata de la instalación en el edificio de equipos con carácter permanente o prolongado que realizan mediciones periódicas y que permiten conocer la evolución de los diferentes contaminantes. Estos equipos tienen un funcionamiento similar al de los equipos de medición en lectura directa anteriormente mencionados, aunque la precisión y la variedad de contaminantes a medir suele ser menor. Presentan la ventaja de poder conocer las tendencias y no solamente un dato puntual. Existen sistemas de diferente tipo y complejidad que van desde los que no registran datos, sino que simplemente permiten su visualización, hasta los que permiten registrar localmente los datos y los que los envían a una plataforma *online* desde la que se pueden conocer de forma casi inmediata.

Metodologías generales que incluyan los puntos de muestreo, frecuencia de la captación de datos o condiciones para la toma de datos, entre otros parámetros de importancia que se consideren.

El número de puntos de muestreo dependerá de las características del edificio, pero deberán ser representativos del mismo. Siguiendo las indicaciones establecidas por la norma UNE 171330 establecemos como $P = 0,15^* \sqrt{S}$ (siendo P el número de puntos y S la superficie del edificio).

Todas las mediciones se deberán realizar a la altura de respiración (en torno a 110-120 cm para entornos donde las personas estén mayoritariamente sentadas y en torno a 160-170 cm para lugares donde estén de pie. Siempre se deberán evitar localizaciones a menos de 1 m de puertas, ventanas, personas, rejillas de ventilación o cualquier otro elemento que pueda

alterar los resultados. Asimismo, el técnico que realice las mediciones debe aproximarse a los equipos el tiempo exclusivamente necesario.

La normativa de referencia en España en materia de calidad ambiental de interiores es la norma UNE 171330. No obstante, existen multitud de normativas específicas ISO y NIOSH que regulan la metodología de las tomas de muestras y análisis en laboratorio como por ejemplo la ISO 16000-3, que hace referencia a las mediciones de formaldehído o la ISO 16000-6 para compuestos orgánicos volátiles.



Figura 4.1 Medición de la calidad del aire en interiores. Fuente: ITG

5

ESTRATEGIAS EN EDIFICIOS, LA REHABILITACIÓN

La calidad interior del aire es importante para el bienestar de los ocupantes tanto en el ámbito de la salubridad como en el del confort. Respecto a la salubridad: controlando las concentraciones de contaminantes peligrosos para la salud producidos por el metabolismo de las personas (respiración, transpiración...), por la actividad de los usuarios (fumar, uso de productos de limpieza, cocción, aseo...) y por los componentes de construcción y mobiliario (pinturas, pegamentos, revestimientos...). En lo referente al confort: controlando concentraciones de contaminantes molestos para el bienestar como pueden ser el olor, la humedad o la temperatura inadecuada.

De acuerdo con las estimaciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud (<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>) la exposición continua a un aire interior contaminado puede tener una serie de efectos negativos para la salud, a la que atribuyen más de 4 millones de muertes prematuras cada año. Estar en contacto con un aire limpio está asociado a una reducción sustancial del riesgo de morbilidad y mortalidad, y a una mejora de nuestra calidad de vida y bienestar.

Así mismo, cabe destacar que se ha demostrado la relación entre la mala calidad del ambiente interior de un edificio con la presencia de los síntomas asociados al llamado Síndrome del Edificio Enfermo.

Por ello se persigue incluir nuevas medidas y sistemas en edificios ya construidos que puedan garantizar la mejora de la calidad del aire interior para promover la salud y el bienestar de los usuarios, ya sean inquilinos, clientes, trabajadores o público en general.



Figura 5.1. Edificio de 10 viviendas en Teruel con rehabilitación integral bajo estándar Passivhaus. Fuente: Dirección General de Vivienda de Aragón

6

LA REHABILITACIÓN PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Cabe señalar que, siempre que se plantee una rehabilitación de cualquier tipo, es el momento indicado para estudiar el coste y oportunidad de realizar rehabilitaciones energéticas al mismo tiempo y, sobre todo, estudiar las interacciones entre distintas actuaciones y el posible riesgo de causar patologías provocadas por intervenciones parciales no coordinadas entre sí.

A la hora de trazar una guía de rehabilitación para la mejora de la calidad del aire, diremos que siempre en primer lugar se debe diagnosticar el punto de partida mediante mediciones. A partir de ahí, se debe actuar en la mejora de las estrategias y sistemas de ventilación, de la envolvente térmica del edificio y de las fuentes contaminantes interiores (revestimientos interiores, productos utilizados...).

Para la mejora de la calidad del aire en el interior de los edificios se plantean diferentes medidas a adoptar, que abarcan desde actuaciones sencillas hasta la incorporación de sistemas muy eficientes y novedosos.

6.1 Soluciones de ventilación y la purificación del aire

6.1.1 Instalación de sistemas de ventilación

Instalación de sistemas mecánicos o híbridos de ventilación que garanticen la renovación del aire interior. Hoy en día el CTE permite la instalación de sistemas de ventilación híbrida o mecánica. La elección de un sistema de ventilación en una rehabilitación de un edificio debería basarse en la toma en consideración de los siguientes puntos relacionados con la posibilidad de implantación de los sistemas y objetivos de calidad del aire, ahorro energético, confort térmico y acústico que se deseen alcanzar.

Ventilación colectiva, individual o cuarto por cuarto

La elección de un sistema colectivo, individual o cuarto por cuarto dependerá de los requisitos propios a cada proyecto de rehabilitación.

En un sistema colectivo, la ventilación se realiza gracias a una o varias unidades de ventilación (mecánicas o híbridas) situadas en cubierta, conectadas a varias viviendas a la vez. Este tipo de solución se puede plantear cuando la rehabilitación del edificio es lo suficientemente importante para permitir el paso de montantes generales e implantación de redes horizontales que recojan los diferentes montantes hacia un ventilador o cuando existan previamente redes de conductos verticales que se puedan aprovechar.

En un sistema individual, cada vivienda dispone de su propia unidad de ventilación, generalmente ubicada en la propia vivienda. En este caso, la extracción del aire viciado se debería realizar a cubierta con conductos propios de cada vivienda, según estipulado en el CTE.

La solución de ventilación cuarto por cuarto responde a situaciones en las cuales no se puede realizar la instalación de una red de conductos por falsos techos. En este caso la admisión y extracción de aire se realiza por cada local seco (comedor, dormitorio, despacho...).

Ventilación híbrida o mecánica

El sistema de ventilación híbrida se basa en el aprovechamiento de los motores naturales que pueden permitir generar una renovación de aire en el edificio en ciertas épocas del año (diferencial térmico entre interior y exterior, efectos del viento en fachada y remates de chimenea, altura de tiro de chimenea...). Cuando dichos motores no permiten garantizar esa renovación de aire, un sistema mecánico entra en funcionamiento automáticamente para mantener una ventilación adecuada. En el caso de un sistema mecánico, la renovación de aire se garantiza en su totalidad gracias a motores eléctricos que aseguran los caudales requeridos durante todo el año, independientemente de los factores exteriores.

Tanto en el caso de aplicación de sistemas híbridos como mecánicos, es importante plantear una estrategia de sentido de flujos y control de los caudales de ventilación para conseguir el mayor impacto en cuanto a calidad del aire, eficiencia energética, confort térmico y acústico.

Ventilación de simple flujo o doble flujo

El sistema de ventilación de simple flujo consiste en la admisión de aire nuevo a través de aireadores (o entradas de aire) colocados en las ventanas o muros exteriores de los locales secos (comedor, dormitorios, despachos...) y la evacuación del aire viciado por bocas de extracción ubicadas en los locales húmedos (cocina, baños, aseos...) conectadas a una unidad de ventilación a través de una red de conductos. En un sistema de simple flujo, la depresión generada en los locales húmedos mediante sistemas mecánicos o híbridos permite la admisión directa de aire exterior de forma natural a través de los aireadores. En este sistema, toda la energía contenida en el aire extraído es expulsada al exterior sin ningún aprovechamiento.

En un sistema de doble flujo, la admisión del aire nuevo y la extracción del aire viciado se realizan de la misma forma que en un sistema de simple flujo (admisión por locales secos y extracción por locales húmedos), pero con medios mecánicos tanto en la admisión como en la extracción con sus respectivas redes de conductos, permitiendo renovar el aire interior con caudales que responden a las necesidades del edificio.

Sin embargo, en rehabilitaciones donde no se pueda plantear la instalación de una red de conductos por falsos techos, se pueden aplicar soluciones de ventilación de doble flujo cuarto por cuarto (o descentralizada), mediante equipos compactos situados en los muros en contacto con el exterior de cada local seco a tratar.

De forma general, un sistema de doble flujo permite filtrar el aire introducido en el edificio según los niveles de calidad del aire interior mínimos requeridos. Esto facilita, además, a través de un intercambiador de calor, traspasar gran parte de la energía contenida en el aire viciado extraído al aire nuevo entrante sin que se mezclen los flujos de aire. Al renovar el aire y reutilizar la energía presente en el aire extraído, este sistema permite ahorrar energía y evitar la sensación molesta de corriente de aire frío entrante en invierno. Además, un sistema de doble flujo reduce de forma significativa la transmisión del ruido procedente del exterior hacia el interior del edificio.

Ventilación de caudal constante o variable

Los sistemas de ventilación pueden ofrecer un gran abanico de soluciones en cuanto a control de los caudales.

En los sistemas de caudal constante, donde el nivel de renovación de aire se mantiene idéntico durante todo el año y en cada estancia, podemos distinguir los sistemas con ajuste manual de los reguladores de admisión y extracción para ajustar el caudal deseado, o los sistemas autorregulables donde los propios reguladores incorporan un mecanismo capaz de ajustar de forma automática el caudal constante proyectado.

En los sistemas de caudal variable, las unidades de ventilación como los reguladores de extracción y/o de admisión pueden hacer variar el caudal de ventilación en cada estancia y en cada momento, en función de la carga de contaminantes detectada a través de uno o varios sensores de calidad del aire, situados en una o varias estancias. Existen diferentes sistemas como los sistemas higrorregulables, donde la variación de caudal se realiza en función de la humedad relativa leída en cada momento y cada estancia, los cuales están certificados por el DIT (Documento de Idoneidad Técnica). Estos sistemas permiten lograr un mayor ahorro energético al poder

reducir los niveles de renovación de aire y por lo tanto disminuir las pérdidas energéticas relacionadas con la ventilación y el consumo de sus ventiladores.

6.1.2 Instalaciones puntuales de extracción

En España algunos edificios disponen de recintos destinados a la cocción de alimentos que no disponen de sistemas de ventilación forzada. En dichos recintos se generan partículas en suspensión y gases que afectan a la calidad del aire interior, por lo que se recomienda la instalación de un sistema de extracción forzada, focalizada en la fuente emisora.

Unidades de purificación de aire localizado

En los edificios o partes de estos donde no exista la posibilidad de instalar un sistema de ventilación mecánica o híbrida, se puede recurrir, como complemento de una ventilación natural, a unidades de purificación de aire localizado de partículas HEPA (*high-efficiency particulate air*), que eliminan el 99 % de las partículas, incluso las de tamaño de 0,3 micras.

En cualquier caso, se debería asegurar que se garantiza la evacuación de los contaminantes como CO₂ o COV de una forma u otra.

Aplicación de fotocatalisis

La fotocatalisis es una reacción fotoquímica que convierte la energía solar en energía química en la superficie de un catalizador, acelerando reacciones de oxidación y de reducción que habitualmente se producen en la naturaleza.

Existen en el mercado distintos materiales aplicados en conductos o sobre paramentos, incorporando TiO₂ como catalizador, que favorecen reacciones de descomposición de componentes nocivos del aire como COV, NO_x, SO_x y formaldehído, transformándolos por oxidación en compuestos inocuos y eliminándolos por tanto del aire. Actúan como purificadores del aire.

Esa misma actividad fotocatalítica se traduce en la elevada capacidad de estos materiales de eliminar virus (incluyendo coronavirus), bacterias y hongos o mohos.

Así mismo, hacen desaparecer olores y actúan como autolimpiantes, eliminando el polvo de su superficie.

6.2 Mejora e instalación de estrategias pasivas en la envolvente del edificio

6.2.1 Mejora de las envolventes térmicas

Una mala envolvente térmica también impacta sobre la calidad de ambiente interior, concretamente en lo referido a la generación de patologías en los cerramientos que afectan a la salubridad de los espacios interiores. Los elementos principales sobre los que trabajar en una envolvente térmica son los aislamientos (y los puentes térmicos), las carpinterías (y su correcta colocación) y la hermeticidad al paso de aire.

6.2.2 Mejora del nivel de aislamiento

Como hemos adelantado, gran parte del parque inmobiliario construido en nuestro país no cuenta con criterios de protección térmica o cuenta con niveles de aislamiento insuficientes en sus envolventes térmicas.

La ausencia o escasez de aislamiento térmico genera puentes térmicos que dan lugar a puntos fríos en la superficie interior, los cuales son puntos favorables para la generación patologías como moho, hongos y otros que producen esporas que acaban respirando los ocupantes del edificio.

Un aislamiento con suficiente espesor y correctamente colocado que recorra sin discontinuidades toda la envolvente térmica tendrá la capacidad de evitar esos puentes térmicos que generan tanto patologías como pérdidas energéticas.

6.2.3 Mejora de las carpinterías

Para la mejora del confort y salubridad en los edificios es importante disponer de una carpintería que garantice mínimas infiltraciones de aire no controladas. Por ello, en la renovación de ventanas es preciso tener en cuenta el nivel de aislamiento térmico que ofrecen así como la permeabilidad al aire, tanto de la carpintería como elemento de construcción (que en función de la zona climática donde se sitúe el edificio, el CTE exige un valor más o menos restrictivo de permeabilidad), como de su correcta instalación y ejecución en obra, preferiblemente en base a la norma UNE 85219/2016.

Es muy importante aquí tener presente que la mejora de las carpinterías, y por extensión de la permeabilidad del elemento, puede provocar una menor tasa de renovación de aire por infiltraciones no controladas. Este hecho, si no se prevé una adecuada ventilación del espacio interior, puede llegar a ser contraproducente, e incluso generar patologías por falta de ventilación, lo que repercutiría negativamente en la calidad del aire interior.

6.2.4 Mejora de la hermeticidad

La hermeticidad (o permeabilidad de la envolvente opaca) hace referencia a las infiltraciones de aire no controladas que se producen por diferentes puntos de la envolvente térmica, como encuentros entre materiales, juntas, pasos de instalaciones, huecos de carpinterías y persianas, etc. Este concepto es relativamente nuevo en nuestro país, introducido por el CTE en su versión de 2019, y no se debe confundir con el concepto de ventilación interior del edificio.

Las infiltraciones de aire no controladas provocan flujos de aire no controlados que transportan temperatura, que provoca pérdidas energéticas, y humedad, que favorece de nuevo la generación de patologías en los cerramientos y afecta a la salubridad del espacio interior.

De nuevo, resulta de vital importancia que antes de mejorar la hermeticidad de la envolvente opaca de un edificio se haya previsto una adecuada ventilación del espacio interior, preferiblemente mediante sistemas de

ventilación mecánica controlada de doble flujo, de tal forma que no pueda llegar a ser contraproducente.

6.2.5 Mejora en los materiales en interiores

Se aconseja la utilización de pinturas naturales, barnices, adhesivos, mobiliario, textiles y demás revestimientos respetuosos con el medioambiente, con bajo o nulo contenido en COV y que no contengan formaldehído ni metales pesados (como benceno y cromo). Existen materiales que aúnan un nivel de emisión de COV prácticamente nulo con la capacidad de eliminar otras sustancias químicas nocivas, así como agentes biológicos.

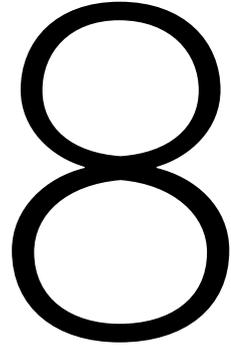
7

CONCLUSIONES Y RETOS FUTUROS

- 1. La calidad del aire ha entrado por derecho propio en la agenda de la salud pública.** No es un asunto de moda ni está vinculado a sucesos recientes.
- Dada la importancia de la calidad del aire en el interior de los edificios para la salud de sus ocupantes y al gran esfuerzo que se va realizar en Europa en un futuro próximo en materia de rehabilitación, es necesario incluir **el tratamiento del aire como un capítulo más en los proyectos de rehabilitación** e incorporarlo en los costes subvencionables.
- Los cambios en los sistemas e instalaciones deben aprovecharse para **incorporar sensores y sistemas de ventilación natural o mecánica** compatibles con los ahorros energéticos.
- También es importante destacar **la trascendencia de evaluar al edificio en su fase de uso.** En este sentido es sencillo hacer mediciones que permitan conocer el comportamiento de variabilidad de los indicadores de la calidad del aire de forma continua y prolongada en el tiempo. Lo que no se mide, no se puede mejorar.

5. En la elaboración de los criterios de calidad del aire se han tenido en cuenta, sobre todo, **los aspectos bibliográficos**. Acercarnos a la realidad nos dará una visión más práctica y fundamental para implementar cualquier tipo de medida propuesta. Hay que aumentar la investigación y el conocimiento en este campo.
6. Es una clara necesidad el **definir prioridades en los estudios**. Por ello, se propone abordar líneas de investigación para conocer los «contaminantes» existentes en los edificios y sus concentraciones. Se podría empezar por centros «sensibles», como residencias de personas mayores, centros escolares, grandes superficies, hoteles o gimnasios, para pasar después a las viviendas particulares y otros similares.
7. **La reducción de los costes de los aparatos** de medida genera una gran oportunidad de captación de datos masivos que, junto a una buena estrategia de *Big data* y las oportunidades que se generan con la internet de las cosas (*Internet of Things, IoT*), hacen que el futuro de la calidad del aire esté alineado con las estrategias e implantación de la Industria 4.0.
8. **Investigar las características de construcción**, las actividades que se desarrollan en los edificios y su ubicación en el contexto de la potencial influencia de la contaminación externa permitiría conocer las exposiciones reales a las que se ve sometida la población.
9. Toda la investigación propuesta permitiría **abordar tanto los marcos regulatorios como las tecnologías más eficientes** para mantener esos estándares de calidad, con el mejor criterio técnico-científico.
10. Los aspectos sobre la calidad del aire no son una cuestión sobre la que solamente discutir, se trata de **investigar y trabajar sobre las mejoras**. El trabajo transversal entre distintos expertos de cada área, en este caso Edificación y Salud, es fundamental. La continuidad de los trabajos iniciados es importante y muy deseable que tenga el apoyo suficiente para poder continuar y generar más resultados.

11. Hay que **trasladar al conjunto de la sociedad la importancia y los beneficios de una buena calidad del aire interior**, así como de las pequeñas acciones que se pueden realizar en el día a día para mejorar hábitos que repercuten en la salud de los ocupantes.



BIBLIOGRAFÍA

¹ .US EPA, Universidad de Arhus, CBST.

² .Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU., 2013. *Informe OMS Europa*.

³ .*Informe Indoor Generation* You.Gov. con entrevistas a 16.000 personas de 14 países.

BALLESTEROS ARJONA, Virginia y DAPONTE CODINA, Antonio, 2010. *Calidad del aire interior*. Observatorio de Salud y Medio ambiente de Andalucía (OSMAN), Escuela Andaluza de Salud Pública. ISBN 978-84-964-5934-8. [Consulta: 24 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.osman.es/project/calidad-del-aire-interior-guia/>

AENOR. Norma UNE 171330-2. *Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior*.

GARCÍA NIETO, Almudena y MARTA MORALES, Isabel, 2018. *Calidad del aire interior en edificios de uso público*. [Consulta: 5 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM020191.pdf>

INERIS, 2019. *Guide pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants et des adolescents*. [Consulta: 24 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide-complet-QAI-web.pdf>

Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía, Empleo y Hacienda. Comunidad de Madrid, 2016. *Guía de calidad del aire interior*. [Consulta: 24 de marzo de 2021]. Disponible en: https://www.diba.cat/documents/467843/172263104/Guia_qualitat_aire.pdf/ee-ba42ef-8af3-40e4-b4b3-2f399ed91f31.

SÁEZ CIFRE, Eva, 2017 *Análisis de la calidad del aire interior en función de la tipología de ventilación. Aplicación al prototipo E3 (Edificación Eco Eficiente) de la UPV*. [Consulta: 24 de marzo de 2021]. Disponible en: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/85368/memoria_53760460.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EPA. *Indoor air quality*. [Consulta: 24 de marzo de 2021]. Disponible en: [https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality#:~:text=Indoor%20Air%20Quality%20\(IAQ\)%20refers,risk%20of%20indoor%20health%20concerns](https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality#:~:text=Indoor%20Air%20Quality%20(IAQ)%20refers,risk%20of%20indoor%20health%20concerns).

WHO, 2010. *Guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. [Consulta: 24 de marzo de 2021]. Disponible en: https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/samb/guidelines_for_indoor_air_quality_selected_pollutants_-_oms_2010.pdf

WHO, 2009. *Guidelines for indoor air quality: dampness and mould*. [Consulta: 24 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2009/who-guidelines-for-indoor-air-quality-dampness-and-mould>

ESTRATEGIAS PASIVAS PARA MEJORAR LA SALUBRIDAD DEL EDIFICIO

1 VENTILACIÓN

Es importante garantizar la **ventilación natural**, especialmente en edificios de viviendas o escuelas.

Los **sistemas mecánicos** garantizan un buen nivel de ventilación independientemente de las condiciones exteriores.

Es importante **tener en cuenta los tratamientos** para evitar introducir sustancias contaminantes del exterior.

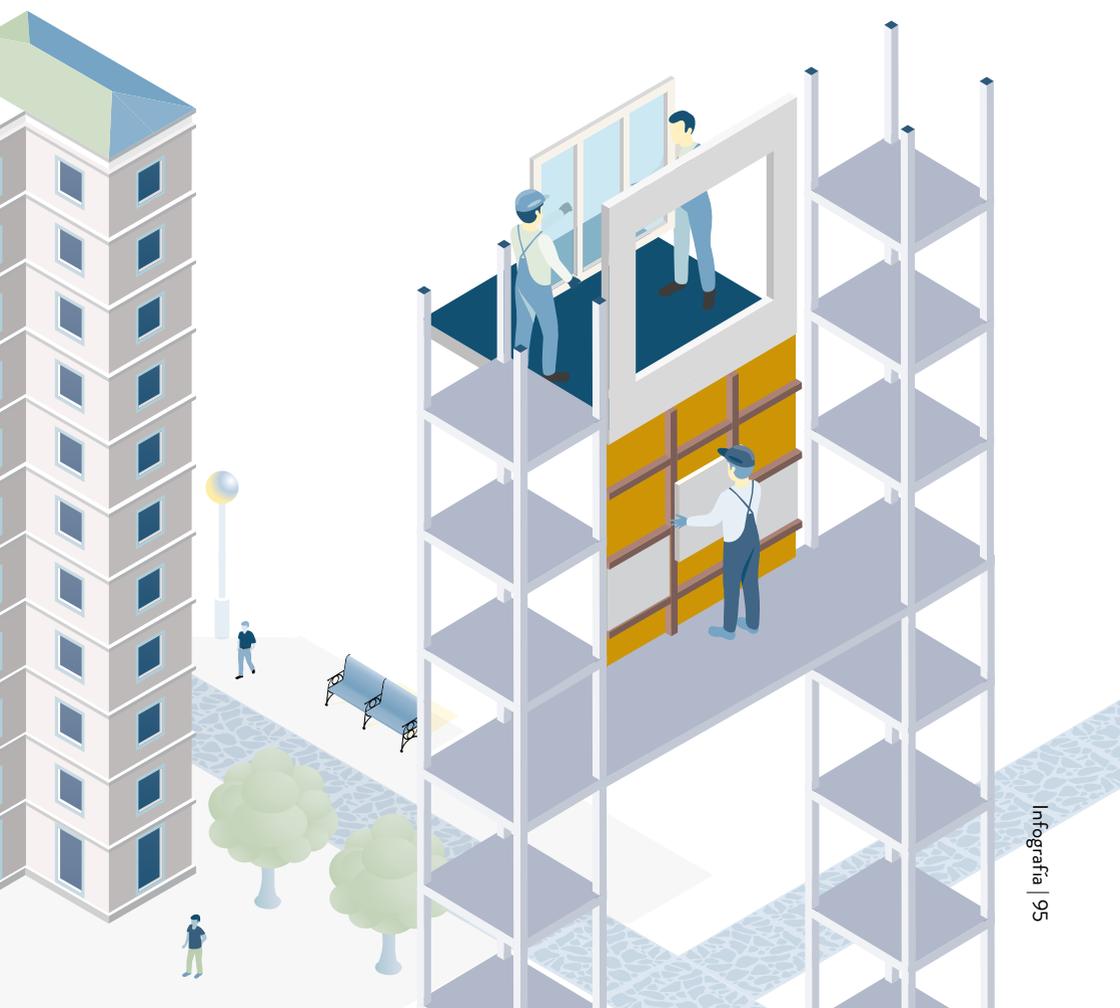


2 ESTRATEGIAS PASIVAS PARA MEJORAR LA SALUBRIDAD DEL EDIFICIO

Garantizar un **buen nivel de estanqueidad** al aire y a al agua de la envolvente del edificio.

Cuidar los materiales de acabados para **evitar emisiones contaminantes**.

Garantizar un **buen nivel de aislamiento térmico** con un adecuado tratamiento de los puentes térmicos para evitar pérdidas de calor o generación de mohos.



el
suave
tacto

de
las
sábanas

CAPÍTULO 3: MATERIALES

1

COMPONENTES DEL GRUPO

Jordi Marrot i Tíco, (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 debe 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 prediagnóstico o diagnóstico. 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 Europea¹, así como el dictamen del Comité Económico y Social Europeo² 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 manuales³ 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 personas 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 estrés⁴.

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 emisor (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 ensayos⁵ 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 tóxicos⁶.

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	Extremadamente 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 ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	< 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 ($^{\circ}$)	< 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, <i>displays</i> , 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)
		Plasticantes (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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Indicador	No significativo	Débilmente significativo	Fuertemente significativo	Extremadamente 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (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 (cm^3)
		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)
<p>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 alérgicas, 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.</p> <p>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.</p> <p>Tener en cuenta las ayudas a la evaluación de <i>baubiologie</i> para el estudio del aire, superficies, polvo, mVOC (<i>microbial volatile organic compounds</i>), actividad hídrica, humedad, etc., y demás indicaciones en las condiciones marco de técnicas de medición, aclaraciones y complementos.</p>
<p>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 <i>Candida</i> o el <i>Criptococo</i>.</p>
<p>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.</p>

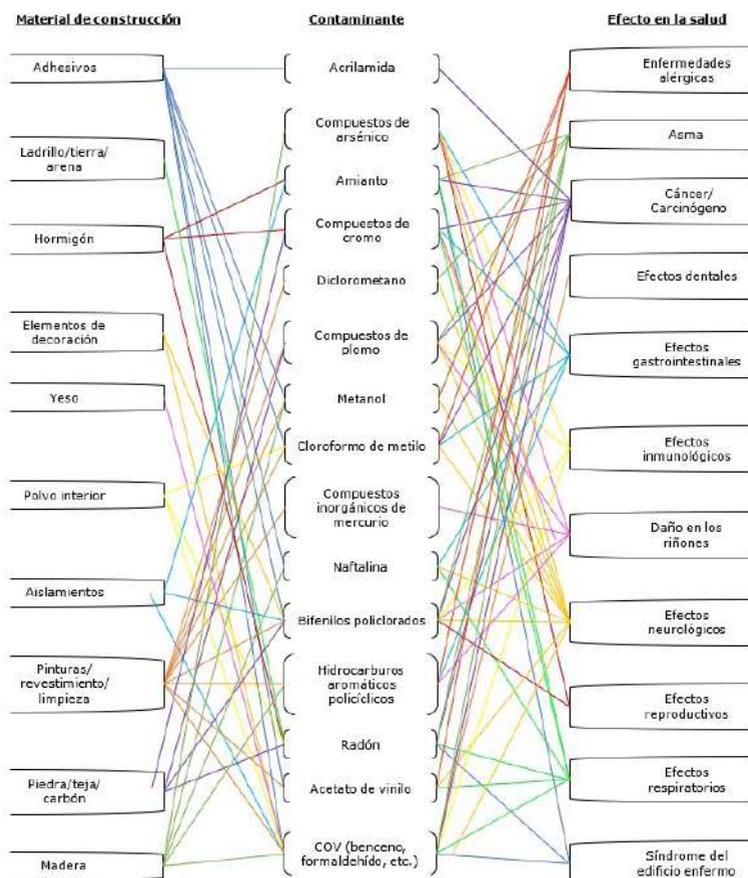
	Origen
Ácaros del polvo doméstico y otros alérgenos	Ácaros, sus excrementos y metabolitos, insectos, contaminación de moho, pólenes, higiene, polvo doméstico, animales domésticos, sustancias aromáticas, humedad, medioambiente...

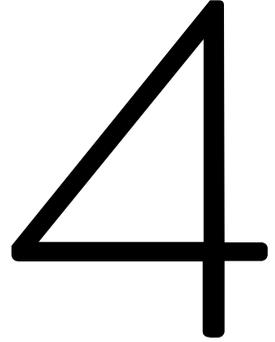
Valores de referencia grupo C: hongos, bacterias y alérgenos.

	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 sinnúmero 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 adjunto⁷, 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.





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 AC-GIH 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/m³ (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/m³, se recomienda identificar los posibles agentes etiológicos, pertenecientes tanto a bacterias como a actinomicetes u hongos, y aplicar las medidas correctoras si alguno de ellos excede las 500 Ufc/m³.

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/m³. 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, actinomicetos, 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 <i>Ufc/m²</i>	Bacterias Gram negativas <i>Ufc/m³</i>
Valores Límite	1.000	1.000
LEP Sugerido en Escandinavia		1.000
Valores Límite		
LEP		1,000
LEP		2 x 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 x 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 <i>Ufc/m³</i> 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 bioaerosoles

	Hongos <i>Ufc/m³</i>	Actinomycetos <i>Ufc/m³</i>	Microorganismos totales	Referencia
				Rylander et al. 1980, 1983
	10 ⁵			Rylander et al. 1994
	5.000			Peterson & Vikstrom 1984
				Makros 1992
		2 x 10 ⁴	1 x 10 ⁴	Dutkiewtz & Joblonski 1989
		10 ⁸		Malmberg 1991
			> 10 ⁶	Lacey et al. 1990
				Lacey et al. 1992
				Palchak 1990
				Sigsgaard 1990
	5 x 10 ⁴	2 x 10 ⁴	1 x 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, CO₂, 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.

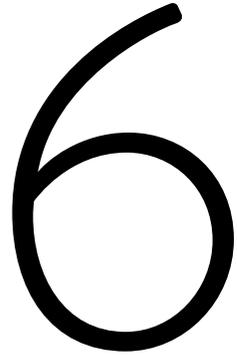
Otras estrategias podrían ser los certificados de calidad, como por ejemplo el **certificado WELL**, centrado exclusivamente en la salud y el confort de los usuarios. Esta certificación se basa en el rendimiento y no en la prescripción. Agrupa los criterios en 10 categorías. Dentro de cada categoría

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.



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. Las 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

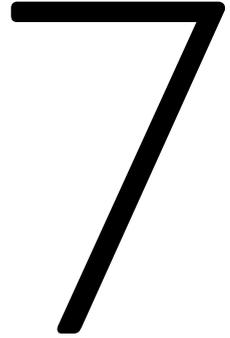
Su dueño también mostró interés por una construcción ambientalmente responsable, de modo que se cuidaron otros aspectos como una cubierta vegetal, la iluminación natural pasiva, la ventilación o la instalación de un sistema de geotermia. Aun siendo afortunados de no padecer la enfermedad, deberíamos 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.



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-Cana-d%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**, CO₂, 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.

examinar el
auto de hoy

ayer
por
la

mañana

CAPÍTULO 4: CALIDAD Y CONFORT ACÚSTICO

1

COMPONENTES DEL GRUPO

Ana Espinel Valdivieso (coordinadora), Grupo Audiotec.

Daniel de la Prida Caballero, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

David Gay Esteban, Absotec-Absorción Acústica S.L.

Jesús Lara Crespo-López, Colegio de Arquitectos Técnicos y Aparejadores de Almería (COAAT-AL).

Julia Manzano Barriga, Green Building Council España (GBCe).

Marta Monzón Chavarrías, Universidad de Zaragoza (UNIZAR).

Juan Negreira Montero, Saint Gobain Ecophon España.

Este documento, *Calidad y confort acústico*, se enmarca en la iniciativa de Life Hábitat, que recoge todos aquellos aspectos que influyen directamente en la salud de las personas y que se han considerado relevantes en la realización de los trabajos vinculados al proyecto, tal como el análisis de la situación actual de la legislación, las normativas técnicas, la percepción del usuario y la aplicabilidad de las mejores condiciones acústicas, desde el diseño, la implementación de las soluciones constructivas e instalaciones hasta la certificación de los edificios.

2

INTRODUCCIÓN

El propósito del grupo de trabajo es poder reunir en un recurso, al que hemos denominado **Guía Acústica**, información actualizada sobre cómo los efectos del ruido que percibimos en el interior de los edificios influyen en nuestra salud, con valoraciones objetivas sobre la importancia de los aislamientos y acondicionamientos acústicos en la edificación sostenible, la influencia positiva de las prestaciones de calidad y confort acústico en los edificios y sus diferentes tipologías. Todas las recomendaciones y referencias acústicas están dirigidas a la protección de las personas frente al ruido, y son reflexiones que compartimos con todos aquellos agentes de la edificación y proyectistas que tengan interés en diseñar y crear nuevos edificios y actuaciones en rehabilitación pensando en la convivencia de los usuarios.

En 2009, con la aprobación del Documento Básico de Protección frente al ruido (DB-HR) del Código Técnico de la Edificación (CTE) se produjo un cambio relevante de los criterios normativos en el diseño de edificios, lo que transformó los proyectos con carácter prescriptivo al nuevo concepto prestacional de los edificios y que, siguiendo las bases de la LOE (Ley de Ordenación de la Edificación), protegía al usuario garantizando la habitabilidad con nuevas condiciones acústicas.

En el contexto de la habitabilidad, se desarrollan los Documentos Básicos de las prestaciones acústicas y térmicas, que están conectadas directamente entre sí, con la sostenibilidad y con las soluciones para el ahorro y la eficiencia energética de los edificios. La propuesta de las administraciones europeas, nacionales y municipales y el sector de la construcción es conseguir un consumo responsable de la energía en los edificios, y una convivencia saludable de sus ocupantes. Para lograrlo, se han lanzado campañas para promover una rehabilitación limpia y sostenible y construir nuevos edificios con mejor habitabilidad. En el sector técnico acústico, se considera una oportunidad todas las promociones dirigidas a la mejora de las prestaciones de interiores, porque los elementos constructivos deberán ser caracterizados y diseñados para cumplir las nuevas condiciones con los indicadores del DB-HE, y los mínimos niveles de aislamientos acústicos del DB-HR.

En 2020, durante el periodo de confinamiento por la pandemia de la COVID-19, las personas adaptamos nuestros hábitos y actividades por las medidas de seguridad sanitaria, realizándose la mayor parte de ellas en el interior de los edificios. Esto ha puesto en evidencia las dificultades del usuario en la convivencia y las deficiencias acústicas de los espacios con débiles aislamientos, así como la falta de acondicionamientos acústicos, convirtiendo al ruido y las vibraciones en los principales contaminantes percibidos por los usuarios. Un informe emitido por el Instituto Nacional de Estadística en 2009 confirmaba que el 20 % de la población española sufría problemas por efectos del ruido y un 14,2 % de los hogares sufrían molestias constantes por el ruido procedente de sus vecinos y el ruido exterior por falta de aislamientos acústicos.

Los informes de las mutuas laborales y estudios médicos profesionales nos alertan de que el exceso de ruido está científicamente relacionado con la aparición o empeoramiento de determinadas patologías médicas, tanto psicológicas como fisiológicas. Entre ellas se encuentran, principalmente, el estrés y la falta de descanso pleno, que pueden derivar en estados de depresión y ansiedad, enfermedades cardiovasculares, aumento de peso, fatiga, dolores musculares, etc. Esto se traduce en un posible aumento de la mortalidad en las poblaciones con riesgo de padecer este tipo de enfermedades. En el sector de la docencia, existen estudios de las deficiencias de prestaciones acústicas en las aulas, que provoca una importante falta de

atención y concentración, y contribuye a un efecto negativo en las personas, tanto en su desarrollo intelectual, dificultando sus actividades académicas y profesionales, como en su bienestar general.

La contaminación acústica y la exposición a niveles elevados de ruido son, según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la segunda de las causas ambientales reconocidas que más afecta a las personas, justo por detrás de la contaminación atmosférica. En Europa, anualmente se pierden más de 1.600.000 años de vida saludable (DALY, *Disability Adjusted Life Years*)¹ de los que 903.000 años son a causa de la alteración del sueño y 45.000 años DALY por el deterioro cognitivo en los niños.

Los efectos negativos en la salud, calidad de vida y bienestar de las personas son los más relevantes y a los que damos prioridad en este documento, aunque existen otros daños colaterales que son los denominados efectos negativos socioeconómicos. El Informe *Noise in Europe*, realizado hace una década, identificó que el coste social del ruido de tráfico y ferroviario en la UE era de 40 billones de euros, de los que el 90 % se relacionaron con el efecto de un turismo descontrolado y los excesos de la movilidad de los vehículos industriales. Actualmente, existe un efecto socioeconómico vinculado a la depreciación del valor de mercado de los edificios residenciales en las zonas clasificadas en los mapas de ruido de las ciudades como ruidosas o próximas a zonas como aeropuertos o autopistas.

¹ Un DALY se define como la suma de los años potenciales de vida perdidos por muerte prematura, así como los años equivalentes de vida “saludable” (física y/o mental) perdidos por encontrarse en estados de mala salud o discapacidad).

En los nuevos planes urbanísticos municipales, las ordenanzas, la ley de costas y las zonas ecológicas protegidas se tienen en cuenta todos los datos sobre la influencia de la contaminación acústica, reduciéndose hasta un 50 % las posibilidades para el uso de terrenos disponibles para nuevas promociones.

Otro de los factores identificados es el económico-sociosanitario, en el que se ha producido un incremento sustancial por las enfermedades a causa de los efectos del ruido, lo que conlleva un coste social por la atención médica asociado a las bajas laborales y a la falta de productividad en el trabajo.

En los nuevos marcos europeos se recogen datos semejantes sobre los porcentajes de población afectada y se ha creado una tendencia en las principales certificaciones internacionales de sostenibilidad, bienestar y salud en la edificación, como LEED, BREEAM®, DGNB, VERDE, WELL o Fitwell, que han incorporado parámetros y referencias de las condiciones acústicas saludables en los nuevos diseños y ejecuciones de las nuevas edificaciones y reconstrucción de edificios existentes.

La propuesta del Grupo de Trabajo Calidad y confort acústico (GT-CCA) es reconocer los edificios que cumplen los parámetros de confort y calidad acústica, para lo cual les ha identificado en la siguiente definición:

«Un edificio acústicamente saludable (EAS) es aquel que se diseña, construye y en el que se controlan sus condiciones acústicas de forma sostenible, garantizando un aislamiento acústico óptimo para proteger a las personas usuarias frente al ruido y que mantiene los acondicionamientos acústicos en sus recintos interiores con el objetivo de prestar el confort adecuado en las actividades actuales y futuras de sus usuarios, generando espacios saludables y confortables».

3

INDICADORES DE CALIDAD Y CONFORT ACÚSTICO

En España existe un parque inmobiliario de alrededor de 25 millones de viviendas, de las cuales el 85 % fueron construidas con anterioridad al actual DB-HR y un 35 % de estas tienen más de 50 años. Teniendo en cuenta estos datos de referencia y que en los últimos 10 años el número de rehabilitaciones supera al de obra nueva en un 14 %, consideramos que la propuesta de mejora tiene que ir dirigida tanto a la rehabilitación de los edificios existentes como a los proyectos de nueva construcción. Aunque en cualquiera de los casos los indicadores de niveles de aislamiento y acondicionamiento acústico sean los mismos, las estrategias para conseguirlos son distintas. Ante un proyecto de nueva construcción, se diseñan los recintos con tipologías constructivas ya caracterizadas en cámaras de ensayos, aplicando criterios de seguridad técnica para posibles pérdidas en su ejecución, especialmente en la unión de elementos y su conexión con conductos y otras instalaciones. En los proyectos de rehabilitación es necesario evaluar y caracterizar acústicamente los elementos constructivos existentes y diseñar soluciones constructivas que se complementen, que no minusvaloren ni sobreestimen las condiciones acústicas iniciales, con un objetivo de efectividad acústica del edificio.

3.1 Índices del aislamiento acústico (ruido aéreo impacto)

Los requisitos del DB-HR CTE constituyen los niveles mínimos recomendados en este documento, y se resumen en la siguiente tabla:

RECINTOS DE ESTUDIO	AISLAMIENTO	REQUISITOS CTE
Recintos protegidos misma unidad de uso		$R_A \geq 33$ dBA
Recinto protegido { Otra unidad de uso Zona Común		$D_{nT, A} \geq 50$ dBA
Recinto protegido { Recinto instalaciones Recinto actividad		$D_{nT, A} \geq 55$ dBA
Recinto habitable { Otra unidad de uso Zona Común Recinto instalaciones Recinto actividad		$D_{nT, A} \geq 45$ dBA
Recinto protegido { Otra unidad de uso Zona común Recinto habitable		$L'_{nT, W} \leq 65$ dB
Recinto protegido { Recinto instalaciones Recinto actividad		$L'_{nT, W} \leq 60$ dB
Recinto protegido y el exterior	Ruido aéreo	$D_{2m, nT, Atr} \geq 40$ dBA $\geq (30-51)$ dBA En función del tipo de ruido que predomine, el Ld y el tipo de edificio
Paredes medianeras entre edificios	Ruido aéreo	$D_{2m, nT, Atr} \geq 40$ dBA

Figura 1. Tabla de requisitos del DB-HR CTE
Ver Anexo II y Anexo III para la explicación de términos básicos e índices

Recomendaciones en los aislamientos acústicos en los EAS

Una vez cumplidos los requisitos del DB-HR CTE, se recomienda asegurar el cumplimiento del mayor número posible de las siguientes premisas con el propósito de obtener mejoras objetivas:

1. Minimización de la desviación entre el valor de aislamiento de proyecto y ejecución: se asegurará que la ejecución de los elementos constructivos destinados a la protección acústica sea precisa, a fin de minimizar las divergencias entre los valores de aislamiento acústico planeados durante la fase de diseño y su resultado final tras la ejecución. A este efecto, se recomienda prestar especial atención a aquellas deficiencias constructivas que puedan hacer divergir significativamente valores de aislamiento de los

elementos constructivos en laboratorio frente a los resultados de medición *in situ* debido al efecto de las transmisiones indirectas a través de los elementos constructivos. Es decir, asegurando que los valores de laboratorio utilizados en fase de diseño (R_A para ruido aéreo y $L_{nT,w}$ para ruido de impacto) y los obtenidos tras la ejecución y control de obra ($D_{nT,w}$ para ruido aéreo y $L'_{nT,w}$ para ruido de impacto) sean lo más parecidos posible.

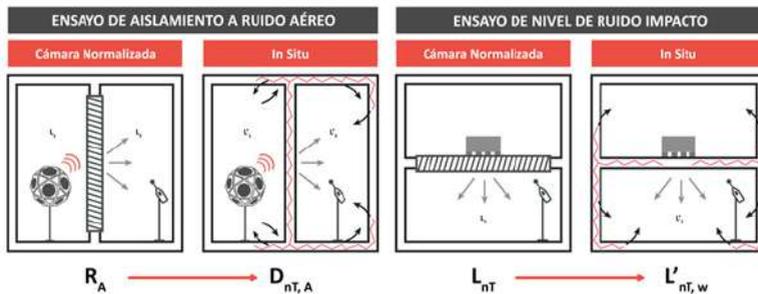


Figura 2. Ensayos acústicos a ruido aéreo y de impacto. Transmisiones directas e indirectas (Fuente: Audiotec Ingeniería Acústica)

2. Mejoras específicas espectrales (por frecuencia): el cumplimiento del DB-HR puede ser complementado con mejoras adicionales destinadas a minimizar la molestia y el estrés de los usuarios. Una forma eficaz de alcanzar este fin puede ser considerar la influencia espectral del ruido incidente sobre los elementos constructivos a fin de minimizar la molestia percibida. Diversos estudios han comprobado que ciertos rangos frecuenciales son especialmente influyentes en la percepción de molestia frente al ruido cuando se consideran diferentes fuentes de ruido. Por ello, y con el fin de obtener un edificio acústicamente saludable, los elementos constructivos, una vez hayan alcanzado los valores objetivos descritos por el DB-HR, podrían seleccionarse a fin de proporcionar una protección adicional en ciertos rangos frecuenciales, dependiendo de las condiciones espectrales del ruido incidente predominante:

Con respecto al ruido aéreo, diversas investigaciones han puesto de manifiesto que **centrar la maximización del aislamiento acústico en el rango habitual (100-3.150 Hz) puede tener una mayor relevancia sobre la protección percibida que realizar grandes esfuerzos en conseguir elevados valores de aislamiento por encima y debajo de este rango.**

- Con respecto al ruido conversacional, varias investigaciones han descrito que rangos de especial relevancia se encuentran contenidos entre 160 Hz y 2.500 Hz, con especial énfasis en el rango de frecuencias existente entre 160 y 500 Hz.
- Con respecto a los ruidos comunitarios y urbanos más habituales, algunos estudios han probado que los rangos frecuenciales contenidos entre 200 y 800 Hz y entre 2.000 y 3.150 Hz influyen significativamente en la molestia percibida.

Con respecto al ruido de impacto, diversas investigaciones han probado que **el efecto del rango frecuencial entre 50 y 100 Hz tiene una gran relación con la molestia percibida**, por lo que se deberían tratar de utilizar elementos constructivos que aporten una mayor protección en ese rango frecuencial.

Por lo tanto, teniendo en cuenta todas estas condiciones, se recomienda en fase de proyecto seleccionar los elementos constructivos valorando no solo sus magnitudes globales, sino también la protección aportada por estos en términos espectrales.

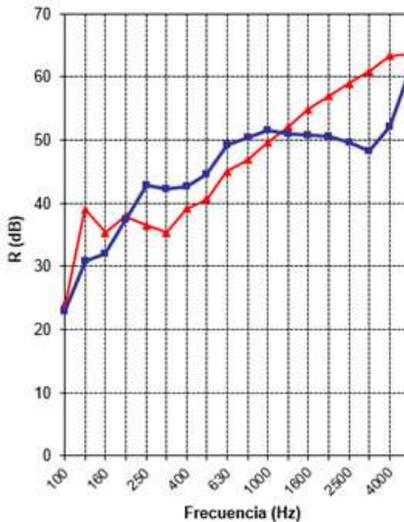


Figura 3. Gráfica de aislamiento acústico de un sistema constructivo.

Los niveles de aislamiento en las bajas y medias frecuencias es un factor diferencial

Clasificación acústica de edificios. En el momento de la publicación de esta guía no existe ningún documento normativo de obligado cumplimiento que establezca categorías mínimas de edificios con respecto a su comportamiento acústico. Sin embargo, la reciente publicación de la norma ISO/TS 19488:2021 trata de establecer determinadas categorías acústicas de manera homogénea en el ámbito residencial que ayuden a las administraciones y comités de estandarización a promoverlas. Consecuentemente, se recomienda en esta guía la revisión de la citada norma durante la fase de diseño, con la finalidad de conseguir edificios que se encuentren contenidos en las categorías más altas.

3.2 Acondicionamiento acústico

Con respecto al acondicionamiento acústico, los requisitos del DB-HR CTE constituyen los mínimos recomendados en esta guía y se encuentran resumidos en la siguiente tabla:

Requisitos CTE			
REF	Caso	T[s]	$\frac{A_{eq}}{V}$ [m ² /m ³]
R1	Aulas y salas de conferencias vacías ($V < 350 \text{ m}^3$)	$\leq 0,7$	-
R2	Aulas y salas de conferencias incluyendo las butacas ($V < 350 \text{ m}^3$)	$\leq 0,5$	-
R3	Restaurantes y comedores vacíos	$\leq 0,9$	-
R4	Zonas comunes de edificios residenciales o docentes colindantes con recintos habitables con los que comparten puertas	-	0,2

Nota: T[s] es el tiempo de reverberación*, V[m³] el volumen del recinto y Aeq[m²] es el área de absorción equivalente del recinto (obtenida como producto del área física S de un revestimiento por el coeficiente de absorción medio α_m del mismo).

*El tiempo de reverberación hace referencia al tiempo necesario para que la energía acústica generada por un emisor acústico existente en un recinto se reduzca a su millonésima parte tras el cese de la emisión acústica. El TR es el tiempo que tarda un sonido en disminuir su nivel de ruido en 60 dB después de que la fuente de emisión se haya detenido

Recomendaciones en los acondicionamientos acústicos

La forma más común de especificar los requisitos de acondicionamiento acústico en la mayor parte de normas nacionales es mediante umbrales y rangos del tiempo de reverberación, dependiendo del uso y dimensionamiento de los espacios. Sin embargo, debido al procedimiento de evaluación de este parámetro, se ignoran las reflexiones tempranas que, por otro lado, pueden afectar negativamente a ciertas condiciones acústicas de los recintos, como la inteligibilidad. Esto puede traducirse en que las personas puedan, en algunas situaciones, percibir la acústica de salas con el mismo tiempo de reverberación de forma claramente diferenciada.

En la última revisión del DB-HR CTE, solamente se contempla un número limitado de casos en los que el acondicionamiento acústico ha de estudiarse y medirse de manera específica en los edificios. Un ejemplo son aquellos que tienen recintos como aulas, salas de conferencia, zonas públicas y restaurantes dependiendo del dimensionamiento y volumen del espacio.

En la guía acústica del EAS, se recomienda al proyectista que, de manera específica y a efectos de mejorar el confort del usuario final, contemple **el acondicionamiento acústico en fase de diseño del proyecto**, independientemente del uso inicial, y poder ser valorados posteriormente. Un ejemplo son los centros hospitalarios, oficinas, restaurantes, gimnasios, tiendas, centros culturales, viviendas, residencias de mayores, etc., en los que las condiciones acústicas tienen una gran relevancia en el bienestar de las personas.

Además, para mejorar el confort acústico percibido en el interior de los recintos, se propone la evaluación de otros parámetros relativos al acondicionamiento, además del tiempo de reverberación, que pueden contribuir positivamente al diseño acústico de los entornos. Entre ellos se destacan:

Inteligibilidad. Se propone la determinación de la inteligibilidad de los entornos mediante dos índices diferentes, dependiendo de las posibilidades del proyectista y las características de los entornos: el índice de claridad de la palabra C_{50} y el STI (*Speech Transmission Index*). Ciertos países europeos ya incorporan parámetros relacionados con la inteligibilidad

en sus estándares para algunos espacios ordinarios, tales como aulas u oficinas celulares:

- Independientemente de que se use el C_{50} o el STI, en términos generales, **el confort acústico será mayor cuanto más alto sea el indicador de inteligibilidad** (en unidades de decibelios para C_{50} o en tanto por uno para el STI). Los valores aceptables dependen del uso y del volumen del entorno que se esté estudiando, por lo que se recomienda consultar con un experto acústico las particularidades de cada proyecto.
- **La inteligibilidad es crucial en espacios ordinarios** como escuelas (donde el aprendizaje y enseñanza de calidad se pueden ver comprometidos debido a una mala inteligibilidad), espacios sanitarios (donde el personal sanitario puede incurrir en malentendidos con repercusión médica si la inteligibilidad es baja) o restaurantes y locales comerciales (donde una baja inteligibilidad puede dificultar la comunicación y accesibilidad).

Propagación del sonido. La norma ISO 3382-3, que describe un método de medición de la propagación del sonido en oficinas abiertas, indica que «hay evidencia de que, para hacer una evaluación completa de un espacio abierto se necesitan otros tipos de mediciones, como la tasa de decaimiento espacial de los niveles de presión sonora con la distancia (D2S en decibelios), el índice de transmisión del habla (STI) y los niveles de ruido de fondo» de manera complementaria al tiempo de reverberación.

- Consecuentemente, se recomienda agregar requisitos de propagación del sonido (consensuados con un experto) al proyecto de espacios abiertos y/u oblongos (ya sea nuevo o rehabilitado). Un ejemplo son las oficinas (distracciones, molestia...), pasillos (en hospitales donde, por ejemplo, se han convertido en «despachos complejos» para enfermeros/as, en los que el sonido se propaga muy eficientemente y produce distracciones y estrés), etc.

La siguiente tabla resume los indicadores recomendados en esta guía más apropiados, en función del uso de los espacios, a fin de garantizar un acondicionamiento y confort acústico adecuados. Estos índices incluyen no solo

los indicadores regulados a día de hoy, tales como el tiempo de reverberación, sino también los anteriormente enumerados en esta guía. Las recomendaciones de índices y tipologías de espacios de esta tabla se encuentran fundamentadas en el marco normativo de otros países, así como en documentación científica y en la experiencia:

Acondicionamiento acústico						
Uso / Índice	Tiempo de reverberación TR[s]		Inteligibilidad (Claridad del habla C_{50} [dB] y/o <i>Speech Transmission Index</i> STI[-])**		Propagación de sonido $D_{2,5}$ [dB]	
	Regulado (DB-HR CTE)	Recomendado (otros espacios diferentes al regulado)	Regulado	Recomendado (otros espacios diferentes al regulado)	Regulado	Recomendado (otros espacios diferentes al regulado)
Residencial	Zonas comunes	-	No	Sala de juntas	No	-
Oficinas	Salas de conferencia	Zonas de descanso / comedor / Despachos	No***	Salas de reuniones/ VC/ Despachos	No	Zonas abiertas de oficina / Pasillos
Docente	Aulas	Comedores / espacios deportivos	No***	Aulas/ espacios deportivos	No	Escuelas abiertas / Pasillos
Hospitario	Zonas comunes	Quirófanos / UCI / Pasillos	No	Consultas/ Quirófanos	No	Pasillos
Hostelería	Restaurantes	Cocinas	No	Zona de restaurante	No	Comedores abiertos
Industria	No***	Zonas de máquinas	No	Zonas de comunicación	No	-
Espacios deportivos	Polideportivos, piscinas...*	-	No	Zonas de comunicación	No	-

*NORMAS NIDE: normas NIDE (elaboradas por el Consejo Superior de Deportes), tienen como objetivo definir las condiciones reglamentarias, de planificación y de diseño que deben considerarse en el proyecto y la construcción de instalaciones deportivas para que se puedan homologar (dimensiones, tipos de superficies, iluminación... y también de acústica). Estas normas son de aplicación obligatoria en todos aquellos proyectos que se realicen total o parcialmente con fondos del Consejo Superior de Deportes y

en instalaciones deportivas en las que se vayan a celebrar competiciones oficiales regidas por la federación deportiva nacional correspondiente.

** Se recomienda utilizar el STI, especialmente en espacios de más de 250 m³ (límite según la norma italiana UNI 11532-2:2020).

*** Regulado en otros países.

**** Para valores recomendados de cada parámetro para cada uso y espacio, consulte con un experto en acústica.

En este sentido, se recomienda que las zonas comunes exteriores de los edificios tengan, de la misma forma, unas prestaciones acústicas que se mimeticen con el entorno con corresponsabilidad medioambiental. Esta categoría incluye tanto edificios de uso público que tengan zonas exteriores como edificios de viviendas que compartan instalaciones como pistas deportivas, piscinas u otros espacios de esparcimiento. Con el fin de mejorar la calidad acústica de estos espacios, las estrategias deben centrarse, sobre todo en la fase de diseño, en la selección de materiales absorbentes de sonido en superficies y fachadas de los edificios, que minimicen las reflexiones que el propio recinto pueda generar. En este sentido, la ubicación de elementos vegetales en las fachadas y pavimentos, así como árboles, pueden contribuir a una mejora de las condiciones acústicas en el exterior de los edificios, a la par que puede contribuir a mejorar otras condiciones tales como la contaminación ambiental. La Ley del Ruido nos exige que en el interior de las viviendas los usuarios no superen 30 dBA en recepción.

3.3 Recomendaciones en los tratamientos de instalaciones

En los edificios existen diversas instalaciones que pueden causar molestias en el interior de las viviendas y por tanto una pérdida del confort acústico de sus usuarios.

El nivel de presión sonora procedente de las instalaciones es la recepción del ruido en un recinto debido al funcionamiento normal de las instalaciones del edificio. Se expresa mediante una magnitud global de nivel de presión sonora ponderada A y promediada en el tiempo L_{Aeq} , y/o el nivel de presión sonora máximo ponderado A utilizando la ponderación temporal, para un ciclo de trabajo de la maquinaria, instalación o equipamiento a comprobar.

Los técnicos en soluciones acústicas en instalaciones tienen en cuenta variables como la ubicación, frecuencia de uso, funcionamiento y mantenimiento, y utilizan recursos como amortiguadores elásticos, apantallamientos, silenciadores, cabinas, bancadas de inercia... que corrigen y previenen las transmisiones vía estructural de las bajas y medias frecuencias producidas por motores o elementos electromecánicos. El objetivo no solo es dar cumplimiento a los requisitos normativos establecidos en el Real Decreto 1367/2007 y en la mayor parte de normativas regionales y municipales (no superar un nivel de vibraciones en el interior de vivienda, $L_{wv} = 75$ dB), sino garantizar que los usuarios de los edificios puedan disfrutar de un adecuado confort acústico y por tanto de una mejor calidad de vida.

4

RECOMENDACIONES EN LAS FASES DEL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

El propósito en este punto de la guía sobre calidad y confort acústico es incidir tanto en la importancia que deben tener los técnicos en los procesos constructivos para dar cumplimiento a los requisitos acústicos obligados por la legislación, como presentar y valorar nuevas recomendaciones que ayuden a implantar mejoras y evolucionar para mejorar las condiciones acústicas en los edificios y que cumplan la definición de acústicamente saludables. Para ello distinguimos las tres fases fundamentales del proceso edificatorio:

- Fase de diseño y proyecto.
- Fase ejecución y control de lo ejecutado.
- Fase de uso y mantenimiento del edificio.

En la fase inicial y siempre con la mirada centrada en el usuario, es imprescindible definir los objetivos a conseguir para garantizar la calidad y el confort en los recintos de los edificios tanto si son de nueva planta como si son edificios a rehabilitar, siendo en ambos tipos de construcción preciso

identificar las prestaciones acústicas objetivo, y diseñar las soluciones constructivas óptimas según la tipología y ubicación del edificio.

4.1 Los aislamientos acústicos en los EAS

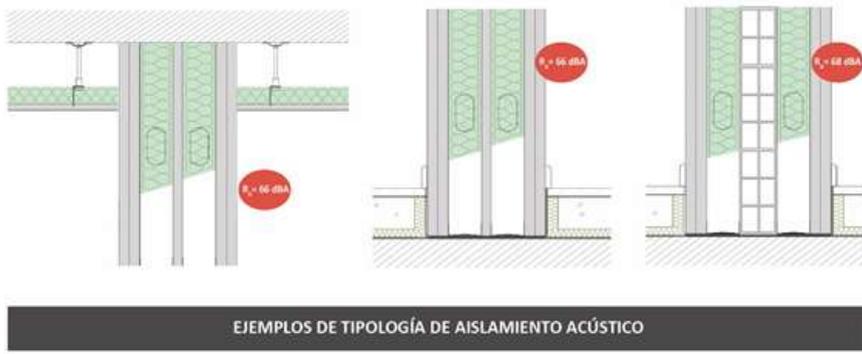
Como se ha puntualizado en el punto 2 de esta guía, se parte de los datos de referencia sobre las exigencias de los niveles mínimos de los aislamiento a ruido aéreo e impacto entre recintos y estos frente al ruido exterior. No obstante, se ha considerado un margen de mejora para implementar en los EAS que puedan aumentar los resultados de aislamiento y acondicionamientos acústicos con el objetivo de salvaguardar el descanso, privacidad, actividad intelectual, ocio y en general todos los aspectos descritos anteriormente y que están relacionados con la convivencia y actividades de sus usuarios.

Recomendaciones en la fase de proyecto y diseño de las prestaciones acústicas

- Siendo un elemento identificado como posible transmisor, los elementos de separación de distintas tipologías de recintos y de diferentes unidades de usuarios, el diseño, caracterización y simulación de las soluciones constructivas deben dimensionarse con un rango de seguridad.
- En el diseño de los elementos de separación y partición se incluirá el tratamiento acústico de los huecos producidos por el paso y ubicación de instalaciones eléctricas, conectividad, sistemas de seguridad, domótica, etc.
- El diseño de los encuentros de los diferentes sistemas constructivos deben estar detallados en los planos, para conocer el posicionamiento de cada una de las capas de productos que confluyen, siempre creando la mejor combinación de elementos elásticos, rígidos, estancos y absorbentes.
- En el diseño del paso de las conducciones de las instalaciones, se tendrán en cuenta los detalles de las sujeciones metal-elásticas, para crear fijaciones desolarizadas de los elementos estructurales.
- Los patinillos de instalaciones deben diseñarse con un elevado sistema de aislamiento, para evitar de la transmisión de ruidos de las distintas instalaciones que se pueden y deben

incluir en su interior. En los huecos de ascensor, se deben diseñar soluciones para ubicar guías desolarizadas.

- En las azoteas, sótanos y garajes se diseñarán pavimentos amortiguados para evitar las vibraciones de las maquinarias y ruidos estructurales por el paso de vehículos.
- En el diseño de la distribución de los recintos del edificio, se recomienda ubicar los que van a incorporar las instalaciones separados de los recintos protegidos y si es posible que tengan accesos al exterior.
- En el diseño de los tratamientos de las instalaciones, se deberían incluir los silenciadores, amortiguadores y cabinas acústicas autoportantes y accesibles para evitar la transmisión del ruido al exterior o recintos colindantes.
- Los edificios son parte del urbanismo de las ciudades, y el diseño de las soluciones acústicas de las fachadas (muro + carpintería + vidrio) depende del ruido del tráfico. Por ello, se deberían considerar los mapas de ruido y, en su defecto, realizar un estudio de zonificación para garantizar una recepción inferior a 30 dBa.
- En el diseño de la envolvente del edificio, se debe contribuir a mejorar los niveles de contaminación acústica aislando sus emisores y utilizando materiales sostenibles, que eviten las reflexiones excesivas de sus fachadas combinando materiales absorbentes.
- Como recomendación generalizada, consideramos que en todos los apartados del proyecto de un edificio se deberían contemplar los comportamientos acústicos tanto a ruido aéreo, de impacto como estructural. Igualmente, se deberían elegir soluciones constructivas transversales que cumplieran con las recomendaciones de esta guía, aparte de los otros requisitos de accesibilidad, salubridad, seguridad y habitabilidad.



*Figura 4. Detalles de encuentros de sistemas constructivos.
(Fuente: Audiotec Ingeniería Acústica)*

Recomendaciones en la fase de ejecución y control

El grado de definición y estudio que contemple el proyecto de ejecución condicionará esta fase. En general, se observa que en la fase de ejecución se produce un importante número de tomas de decisiones, que serán muy relevantes para las condiciones acústicas finales del edificio construido o rehabilitado.

Resulta fundamental contar con profesionales con formación en materia acústica en el sector de la construcción. Los sistemas de aislamientos y acondicionamiento están basados en la desvinculación del sistema constructivo para evitar los puentes acústicos y transmisiones por vía sólida, y la experiencia de la mano de obra actual está ligada todavía a la forma tradicional de construir, en la que se buscaba la rigidez en la conexión entre los elementos constructivos para favorecer su estabilidad, lo que genera recurrentes errores de ejecución y puentes acústicos.

- Existen en el mercado normas e instrucciones de instalación que facilitan los procesos de ejecución, aunque se recomienda tener un control de los sistemas por los diferentes cambios de los diseños durante la ejecución.
- De la experiencia en el control de ejecución, se recomienda especial atención en los procedimientos de ejecución en los que existen diseños de los sistemas mixtos donde intervienen elementos de diferente naturaleza como ladrillo,

PYL (placas de yeso laminado), láminas de elastómeros, perfileras, bandas elásticas, lanas minerales, etc.

- En la ejecución de soluciones constructivas, aunque no se hayan concebido para los aislamientos acústicos, se deben elegir materiales que cumplan de forma transversal. Un ejemplo son las fachadas para cumplir las prestaciones térmicas y las acústicas.
- En la fase de ejecución en ocasiones se proponen cambios de materiales considerados por error de similares prestaciones, lo que puede influir en el resultado del aislamiento acústico. Un ejemplo habitual son los absorbentes disipativos, que están previstos para alojar en la cámara entre dos elementos constructivos (las lanas de roca o de vidrio) y se sustituyen por otros (poliestireno expandido o espumas de poliuretano) que son para aislamientos térmicos.
- En la ejecución de edificios de tipología residencial, se incorporan determinadas mejoras en los falsos techos, para integrar iluminación u otros elementos empotrables, lo que hace que se conviertan en una caja de resonancia, que, aunque esté diseñado de una forma en proyecto, no se tiene luego en cuenta en la ejecución.
- En la ejecución de las fachadas con respecto al ruido del exterior, se ha considerado que la mayoría de las transmisiones proceden de los huecos que se producen entre el premarco y el marco y deficiencias al instalar las carpinterías con prestaciones acústicas (perfiles y vidrios), pero que, sin embargo, no logran su eficacia una vez instaladas. De igual forma se repite en el aislamiento de la caja de enrollamiento de la persiana. Se recomienda poner especial atención en el sellado, con soluciones que garanticen la estanqueidad, elasticidad, impermeabilidad y permeabilidad, para un óptimo aislamiento térmico y acústico.
- En las instalaciones en los elementos de partición vertical, se recomienda cerrar los huecos con productos acústicos, especialmente por la rotura de elementos y simetría de las cajas y elementos similares en ambas caras de la partición, que provoca una vía directa de transmisión de sonido.
- En esta fase de ejecución y control de lo ejecutado, se observa que cuando al proyecto le falta definición, se producen un importante número de decisiones, en ocasiones erróneas, que serán muy relevantes para las condiciones acústicas finales del edificio construido o rehabilitado.

4.2 Acondicionamiento acústico en los EAS

Según lo expuesto en el apartado 3.2, los requisitos del acondicionamiento acústico según el DB-HR CTE debe considerarse solo y de forma específica en determinados usos y tipos de espacios a través del índice del tiempo de reverberación. Adicionalmente, en este documento realizamos ciertas recomendaciones con el objetivo de mejorar el confort del usuario final, y que en un futuro se puedan establecer como indicadores estándar.

Por ello, en este documento ponemos especial atención a los parámetros relativos al acondicionamiento acústico de los edificios, con el fin de mejorar el bienestar y salud acústica de los usuarios.

Recomendaciones en fase de proyecto y diseño de las prestaciones

- La principal recomendación es que se debe considerar el tiempo de reverberación en el diseño de todos los espacios regulados y contemplados en la tabla del apartado 3.2 del documento. En la actualidad, este parámetro no se tiene en cuenta en las fases tempranas del ciclo de vida del edificio, como es la fase de diseño y concepción.
- En el diseño de los EAS, se recomienda considerar el tiempo de reverberación, en todos los espacios de obligado cumplimiento, especialmente en aquellos que por su uso público lo requieren, aunque no cumplan con el dimensionamiento establecido. Por ejemplo, los espacios destinados a comedores, zonas deportivas, aulas multiespacio, despachos abiertos en los edificios de oficinas, etc. Ver tabla resumen del apartado 3.2.
- Una buena práctica y consideración es definir la zonificación acústica de los espacios en función de sus usos, necesidades de privacidad y nivel de ocupación persona/m². En la definición de la memoria de materiales, debería incluirse la composición del producto base, su comportamiento y resistencia al fuego, qué tipo de superficies absorbentes tienen los elementos constructivos y cuál es su coeficiente de absorción normalizado.
- Respecto a la calidad de la inteligibilidad y comprensión clara en la escucha del habla en los espacios (contemplados en el punto 3.2) se deberán diseñar los espacios teniendo especial

interés en la capacidad de reflexión/absorción de los acabados de los materiales con los que se han diseñado los interiores.

- En función de la tipología del edificio, es recomendable incluir en todos aquellos espacios abiertos, pasillos y zonas de distribución el diseño de soluciones basadas en pantallas absorbentes para atenuar el sonido.

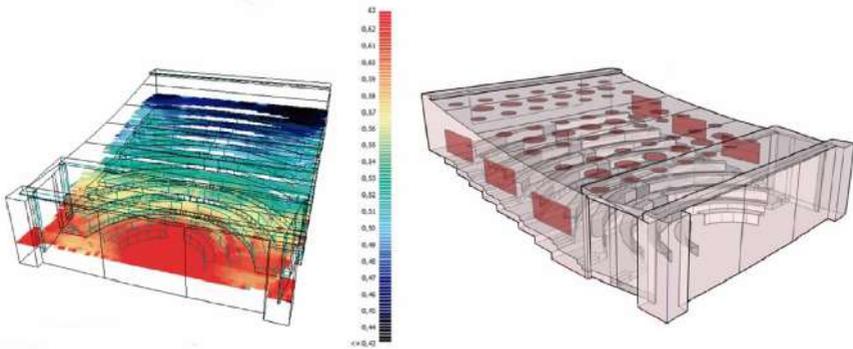


Figura 5. Simulación acústica en un interior de sala. (Fuente: Audiotec Ingeniería Acústica)

Recomendaciones en fase de ejecución y control de lo ejecutado

En esta fase se puede prever y simular el tiempo de reverberación existente y cuál es un óptimo confort acústico, partiendo del dimensionamiento de los recintos, la curva del coeficiente de absorción de los acabados superficiales de los productos y de los elementos previstos en el diseño de interiores. En esta fase de ejecución se pueden identificar y corregir los puntos superficiales donde es preciso instalar productos reflexivos y absorbentes para conseguir un óptimo confort acústico.

4.3 Los tratamientos acústicos en las instalaciones comunes del edificio

En un edificio acústicamente saludable, resulta imprescindible una correcta integración y diseño de las instalaciones comunes con el objetivo de que su

ubicación y funcionamiento no supongan un empeoramiento en las prestaciones acústicas.

La importancia en el diseño e integración de las instalaciones comunes en los edificios se considera muy alta, ya que es uno de los principales emisores de ruido en el edificio y pretendemos poner una alerta al proyectista y dirección técnica de ejecución, para evitar aquellos errores comunes detectados por los expertos, tanto en fases de diseño, como de ejecución y mantenimiento.

Uno de los puntos de vigilancia que se considera imprescindible es el trazado de los elementos comunes y conductos de las instalaciones del edificio. Estos discurren entre las unidades de uso, debiendo evitar la conexión entre estas, diseñando e instalando soluciones de aislamiento acústico suficientes para que en su recorrido, como en el paso por los elementos de partición, no se produzcan fisuras que faciliten la transmisión acústica no deseada.

En los edificios públicos, como los destinados a la cultura, docencia, administración o sanitarios, las instalaciones se diseñan para que se tenga control de cada una de sus unidades de uso (aulas, habitaciones hospitalarias, despachos salas de conciertos, oficinas...). Sin embargo, en edificios residenciales plurifamiliares y en centros de oficinas, las unidades están constituidas por cada vivienda u oficina y no acometen las instalaciones comunes a las mismas.

La importancia de conocer con detalle la información sobre la tipología de los focos y emisiones acústicos de las instalaciones que se van a integrar y disponer de la caracterización de estos equipos, tanto en valores globales como en espectrales (en octavas y preferiblemente en 1/3 de octavas), son necesarios para proyectar los aislamientos acústicos adecuados. Las soluciones en tratamientos acústicos de instalaciones deben tener en cuenta las curvas de emisión por su tendencia a las bajas frecuencias y tonalidad que hacen imprescindible el uso de sistemas de aislamiento muy específicos, bancadas de anti vibratorios, encapsulados, silenciosos, apantallamientos acústicos, etc.

Será una premisa en los EAS establecer un sistema de control de mantenimiento mediante ensayos *in situ* de las inmisiones acústicas de las instalaciones comunes en los recintos colindantes y afectados.

Las instalaciones colectivas que pueden ser objeto de molestias por ruido estructural y vibraciones son las siguientes:

- Ascensores, especialmente cuando el motor está apoyado en vigas de soporte o directamente en alguno de los cerramientos del edificio y no se han interpuesto amortiguadores o elementos elásticos.
- Salas de calderas, cuando estas son colindantes con recintos habitables de las viviendas.
- Bombas de circulación de ACS o calefacción, cuando las propias bombas o las tuberías están fijadas rígidamente, sin elementos elásticos, a cerramientos del edificio próximos a viviendas.
- Extracciones y conductos de ventilación de humos, cuando los extractores son colindantes con viviendas y no están amortiguados, o cuando los conductos son colindantes con recintos habitables de las viviendas.
- Instalaciones de climatización y aerotermia, normalmente localizadas en azoteas de edificios, cuando estas se encuentran ubicadas sin amortiguar encima de viviendas, o cuando existen ventanas de recintos habitables cercanas a ellas y no se han instalado apantallamientos acústicos o silenciadores.
- Puertas de garaje, cuando estas se localizan debajo de recintos habitables de viviendas.

Debido a que actualmente hay una mayor sensibilidad por parte del usuario ante el problema del ruido y las vibraciones en el interior de sus viviendas, los proyectistas, apoyados por especialistas en acústica, tienen más interés en diseñar y proponer medidas preventivas y correctoras durante las fases de instalación en el edificio para evitar la transmisión de vibraciones. De estas instalaciones no solo se deben controlar los niveles de inmisión acústica que producen en los usuarios del edificio, sino también los niveles de contaminación acústica que producen en su entorno.

4.4 Instalaciones individuales

Las instalaciones individuales son aquellas que los usuarios deciden instalar en sus unidades del edificio para mejorar su habitabilidad. Normalmente son equipamientos particulares como calderas individuales o sistemas de refrigeración individual tipo *split*. También se pueden considerar equipamiento los grandes electrodomésticos que cuentan con una clasificación acústica propia determinada por el marcado CE. A finales de 2020, se aprobó el Reglamento Delegado UE 2021/340 de la Comisión de 17 de diciembre de 2020, y a partir de su entrada en vigor se regula el etiquetado energético y acústico de los electrodomésticos como lavadoras domésticas, lavadoras-secadoras domésticas, lavavajillas domésticas y aparatos de refrigeración. Las emisiones acústicas del aparato electrodoméstico deben ser expresadas como ruido acústico emitido expresado en dBA con respecto a 1 pW redondeando al número entero más próximo. Esta unidad de medición se utiliza de forma que el ruido sea intrínseco a la fuente de sonido e independiente de las condiciones del recinto. En los aparatos de refrigeración se definen como aparatos de refrigeración de bajo nivel de ruido, porque emiten un ruido acústico aéreo emitido inferior a 27 dBA con referencia a 1 picovatio (dBA re 1 pW). En los lavavajillas se establece que el ruido acústico aéreo emitido en el programa eco (dBA re 1 Pw) es el de referencia. En todos los datos, la tolerancia aceptada es que el valor determinado no podrá superar el valor declarado en más de 2 dBA re 1 Pw.

La clasificación de los electrodomésticos por la emisión de ruido se determina con las letras A, B, C y D, en función de la información técnica de los fabricantes.

5

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN EN EAS

5.1 Criterios de muestreo y condiciones generales en verificación

En este punto se desarrollan los indicadores, criterios y buenas prácticas en la comprobación y verificación de las condiciones acústicas de los edificios considerados como acústicamente saludables.

Los controles se realizarán por técnicos cualificados en acústica, siguiendo cada uno de los procesos siguientes:

- Cálculo y simulaciones de diseño
- Caracterización de las soluciones
- Control de materiales y su puesta en obra
- Mediciones *in situ* de final de obra

El informe de la verificación final **se realizará con mediciones *in situ***, siguiendo un plan de muestreo que represente las diferentes casuísticas del edificio, que cumpla con los criterios del DB-HR y compruebe los resultados de aquellas propuestas de mejora descritas en esta guía.

La dirección de obra, junto con los técnicos del laboratorio de acústica, designarán los recintos susceptibles de ser ensayados, valorando la información base del edificio, como es la identificación por usos, distribución, cuantificación, colindancias y proximidad a las fuentes de ruido emisoras. Como criterio general, se elegirán aquellos recintos que tengan las situaciones más desfavorables en el proyecto de ejecución (nueva construcción o rehabilitación) realizando al menos tres repeticiones de medidas en recintos idénticos según marcan las normas técnicas correspondientes (Anexo I).

Se propone realizar las comprobaciones de las condiciones acústicas del edificio en las siguientes fases:

Fase de diseño

- Se realizará una revisión del proyecto según la norma UNE-EN ISO 12354.
- Se determinarán e identificarán los recintos protegidos más conflictivos en términos de transmisión de ruido aéreo o de impacto, por su ubicación y colindancias con cuartos de instalaciones.
- Se podrán valorar otros factores transversales del edificio, como la elección de elementos constructivos compuestos de productos que cumplan con los estándares de sostenibilidad, buen comportamiento medioambiental, clasificación como no contaminante, no generen residuos peligrosos, y que la cadena de suministros cumpla con la responsabilidad social y justo precio.

Fase de construcción

- Se realizarán comprobaciones visuales durante la ejecución de las diferentes tipologías de soluciones constructivas, registrando las imágenes y datos en cuestionarios, el grado de

cumplimiento con respecto a los procedimientos de buenas prácticas de ejecución e instrucciones técnicas de la ingeniería.

- Se recomienda comprobar los certificados de los productos y materiales con respecto a las curvas de aislamiento, coeficiente de absorción, sostenibilidad, no combustión, no contaminantes y cualquier caracterización transversal enfocada a la protección y salud de las personas.

Fase final de obra

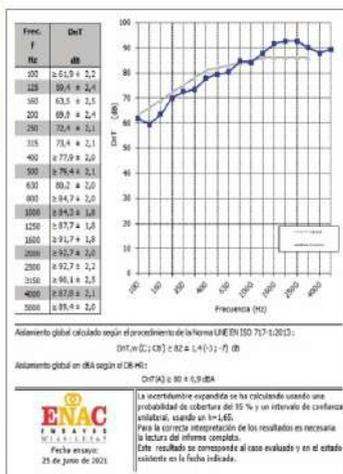
- Siguiendo el plan de muestreo elegido, se realizarán los ensayos acústicos según la norma UNE-EN 17025, y la identificación de las casuísticas y criterios técnicos de la dirección de obra, con el objetivo de contar con la máxima información relevante para cumplimentar el informe acústico del edificio.

El informe técnico de un EAS identificará el conjunto de valoraciones y datos de los tres capítulos, teniendo mayor relevancia los ensayos *in situ* al final de obra.

5.2 Mediciones acústicas *in situ*

En la realización de las mediciones acústicas, aparte de seguir fielmente las normas técnicas que apliquen en cada caso, se deberán tener en cuenta otros aspectos como:

- Los criterios sobre percepción del usuario para poder cuantificar el grado de molestias si el edificio está habitado.
- La selección de recintos para medir aislamiento a ruido aéreo, eligiendo aquellos que no estén separados por juntas de dilatación.
- La selección de recintos para realizar las mediciones de aislamiento a ruido de impactos. Se elegirán aquellos que carezcan de revestimiento de acabado en el recinto emisor.
- En las mediciones del aislamiento de fachada frente al ruido exterior, se elegirán los recintos de plantas más bajas y si es posible sin balcones.



Figuras 6 a 9. Imágenes de ensayos acústicos in situ y ensayos en cámara normalizada. (Fuente: Audiotec Ingeniería Acústica)

5.3 Indicadores por tipología de ensayo

Términos recogidos en el DB-HR CTE y las recomendaciones de esta guía:

Condiciones acústicas	Recintos de mediciones de comprobación
Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos	Entre recintos protegidos colindantes horizontalmente.
	Entre recintos protegidos colindantes horizontalmente cuando uno o más de uno recogen instalaciones o locales de actividad.
	Entre recintos protegidos que comparten puerta de entrada con zonas comunes o áreas de acceso.
	Entre recintos protegidos colindantes verticalmente.
	Entre recintos protegidos colindantes verticalmente cuando uno o más de uno recogen instalaciones o locales de actividad.
Aislamiento acústico a ruido de impacto	Entre recintos protegidos colindantes horizontalmente.
	Recintos protegidos colindantes horizontalmente cuando uno o más de uno recogen instalaciones o locales de actividad.
	Entre recintos protegidos colindantes verticalmente.
Aislamiento acústico a ruido de impacto	Entre recintos protegidos colindantes verticalmente cuando uno o más de uno recogen instalaciones o locales de actividad.
Aislamiento acústico de fachadas frente ruido exterior	Entre recintos protegidos y ruido exterior (fachadas) frente al ruido exterior se referirá siempre al L_d .
Ruido y vibraciones de instalaciones	Entre recintos protegidos y cuarto de instalaciones colindantes y/o instalaciones individuales, focos sonoros de las instalaciones. Maquinaria y conductos.
Tiempo de reverberación	Zonas de acceso común con recintos protegidos.
	Salas de conferencias, aulas vacías, zona de multiactividades.
	Salones de comedores y restaurantes.

Los límites establecidos por la norma UNE-EN ISO 12999-1, para los ensayos de aislamiento acústico, y por la norma UNE-EN ISO 16032, para los ensayos del ruido de instalaciones, permite una desviación de 2 dB con el fin de integrar la posible incertidumbre del ensayo.

En cada caso la media aritmética se efectuará tomando los resultados de los ensayos y redondeando posteriormente la media aritmética a la unidad.

Tipologías de recintos colindantes				
Recinto receptor protegido	Recinto receptor colindante de distinto uso	Recinto emisor colindante	Recinto emisor colindante	Ruido exterior emisor
	Recintos	Recintos	Recintos	Exterior
Dormitorio	Cocina	Instalaciones o actividad	Zonas comunes/ Áreas de acceso	R. exterior
	Salón-comedor			
	Dormitorio			
Salón comedor	Cocina			
	Salón-comedor			
Habitación	Estancia	Instalaciones o actividad	Zonas comunes/ Áreas de acceso	R. exterior
	Habitación			
Estancia	-			
Aula	Aula	Instalaciones o actividad	Zonas comunes/ Áreas de acceso	R. exterior
Sala lectura/ biblioteca	-			
Despacho	-			
Habitación	Estancia	Instalaciones o actividad	Caja escalera o área de acceso	R. exterior
	Habitación			
Despacho	-			
Estancia	-			

Propuestas de tipologías de ensayos acústicos y unidades de recintos / Edificio

Condiciones acústicas	Tipologías de edificios						
	Residencial	Oficina	Docente	Hospitalario	Hostelería	Industrial	Centros deportivos
Aislamiento acústico a ruido aéreo	20 %	10 %	20 %	10 %	80 %	40 %	80%
Nivel de presión de ruido de impactos	10 %	20 %	20 %	20 %	80 %	40 %	80%
Aislamiento acústico de fachadas	20 % (N/S)	20 % (N/S)	20 % (N/S)	20 % (N/S)	20 % (N/S)	20 % (N/S)	20% (N/S)
Ruido de las instalaciones del edificio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100%
Tiempo de reverberación*	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50%

En esta guía, aparte de los requisitos del CTE, se recomiendan otros parámetros de acondicionamiento acústico para diferentes tipologías de espacio, que están expuestos en la sección 3.2.

Informe de verificación EAS

El informe contemplará toda la información y tablas de los resultados obtenidos en las mediciones con las tablas de frecuencias y según las normas que apliquen, la identificación del cliente, la identificación del edificio y su uso, la cantidad de ensayos realizados y las fechas y horas de medición. Se incluirán las incidencias y se identificarán las medidas no realizadas por motivos adversos.

6

GLOSARIO

Para todos los conceptos acústicos se recomienda consultar el Glosario de Términos Acústicos de la Sociedad Española de Acústica, realizado junto a AENOR, así como los Anexos II y III para la explicación de términos básicos e índices.

7

BIBLIOGRAFÍA

7.1 Normativa

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el código Técnico de la Edificación.

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre.

Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Parlamento Europeo, Directiva 2002/49/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio, sobre evaluación y gestión del ruido. Official Journal of the European Communities, L 189.

7.2 Informes y guías

Ecophon. *Impact of noise in education. A research summary.* . Disponible en: https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/knowledge/education/research-studies/ecophonresearch-summary-education_low-200325.pdf

Ecophon. *Noise impact in the workplace .* Disponible en: <https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/knowledge/office/research-studies/impact-of-noise-in-the-workplace---a-research-summary.pdf>

Ecophon. *Sanidad.* Disponible en: <https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/ecophon.com/hc-brochure-2019-cm.pdf>

WHO Regional Office Europe, 2009. *Night noise guidelines for Europe.*

7.3 Anexos

Anexo I: GT-CCA Estándares acústicos / vibraciones. Disponible en: www.gbce.es/documentos/04-GT-CCA_Anexo-I.pdf

Anexo II: GT-CCA Conceptos e índices de los Acondicionamientos y Aislamientos acústicos. Disponible en: www.gbce.es/documentos/04-GT-CCA_Anexo-II.pdf

Anexo III: GT-CCA. Índices de Acondicionamiento y Aislamiento acústico indicadores ponderados. Disponible en: www.gbce.es/documentos/04-GT-CCA_Anexo-III.pdf

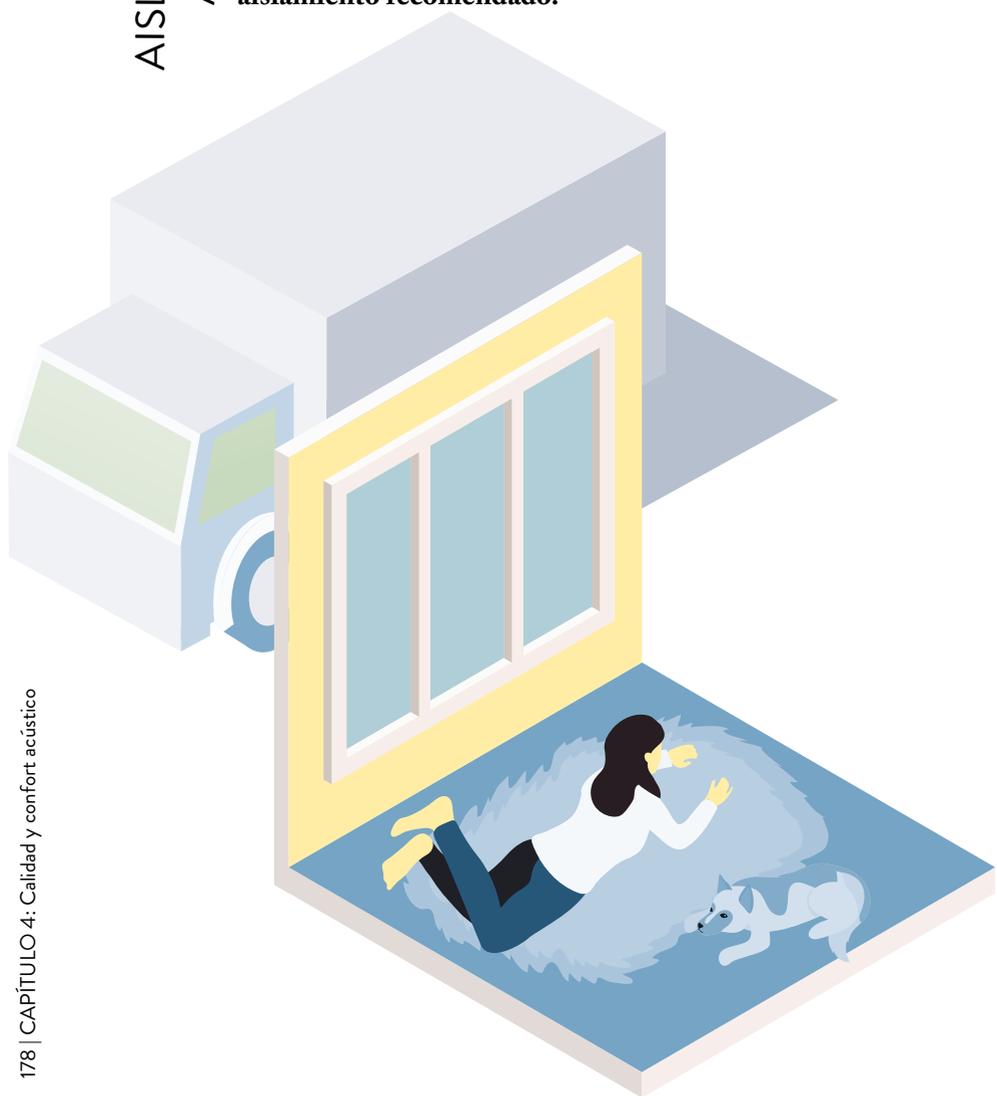
Anexo IV: Referencias normativas para la verificación de condiciones acústicas en edificios EAS. Disponible en: www.gbce.es/documentos/04-GT-CCA_Anexo-IV.pdf

CALIDAD Y CONFORT ACÚSTICO

1

AISLAMIENTO ACÚSTICO

Diversos estudios confirman la necesidad de espacios acústicamente confortables, tanto para vivienda como en entornos laborales. En el diseño de espacios **tendremos en cuenta los espacios colindantes y la presión de ruido que estos ejercen** para poder establecer el criterio de **aislamiento recomendado**.



2 OTRAS ESTRATEGIAS

Definir espacios en **función del uso**.

Diseñar espacios acústicamente correctos para **instalaciones colectivas** que generan mayor sonido.

Controlar la ejecución de **elementos que pueden actuar como resonantes o materiales de construcción de características adecuadas** para el control acústico.

Revisar **etiquetado acústico** de los componentes.

Medir y monitorizar *in situ* para corregir.



1000 un
libras a
la noche
opuestas

CAPÍTULO 5: ILUMINACIÓN

1

COMPONENTES DEL GRUPO

Para poder abordar el papel de una iluminación saludable en los edificios desde el punto de vista técnico, este texto se ha basado en la percepción y aportaciones realizadas por el grupo de expertos cuyos miembros han sido:

Alejandro Payán de Tejada Alonso (coordinador), Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE).

Pedro Miguel Cano Moya, InBoj.

Paula M. Esquivias Fernández, Universidad de Valladolid.

Paula Gómez Vela, Vela Design.

Rafael Lledó Pérez, Grupo Lledó.

Almudena López de Rego García-Arquimbáu, Velux.

Juan Antonio Madrid Pérez, Laboratorio de Cronobiología, Universidad de Murcia.

Alejandro Manso Virtus, Velux.

María José Martínez Madrid, Sociedad Española del Sueño (SES).

Raquel Quevedo Roldán, Lamp.

Ignacio Valero Ubierna, Arkilum.

2

LA ILUMINACIÓN SALUDABLE

El objetivo y punto de partida

La luz es garante de nuestra salud. Nos conecta con los ciclos diarios naturales luz-oscuridad, y nos proporciona bienestar físico, psíquico y emocional. Regula las funciones de nuestro cuerpo, y además nos permite ver nuestro entorno de forma confortable. En una iluminación saludable, la calidad de la luz es tan importante como la de la oscuridad.

La iluminación saludable

Todos y cada uno de nosotros conocemos que una buena iluminación es una condición imprescindible para nuestra visión y bienestar, particularmente dentro de los edificios. Sin embargo, ¿sabemos todo lo que nos reporta una iluminación saludable? ¿Se corresponde con las condiciones de nuestros edificios? Hoy sabemos que la luz tiene efectos visuales y no-visuales. Sirva este apartado para explicar la verdadera importancia de una iluminación saludable.

Los efectos visuales

Los conos y bastones (células fotorreceptoras en nuestro ojo) se estimulan con la luz y mandan las señales al córtex visual dándonos el sentido de la vista.

Los efectos no visuales

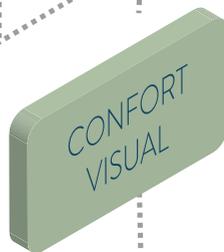
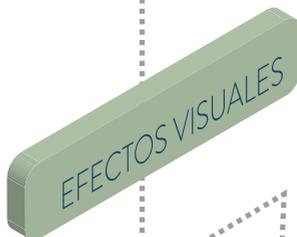
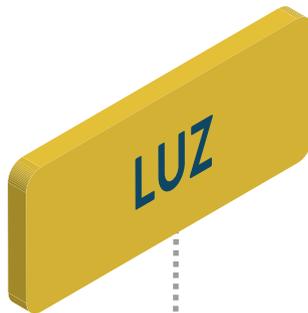
En el ojo también tenemos unos sensores de luz llamados ipRGC (células ganglionares fotorreceptoras) que son sensibles a la luz cian (480 nanómetros), mandan sus señales al núcleo supraquiasmático regulando el sistema circadiano. A su vez, estas señales afectan a nuestro reloj biológico y sistema neuroconductual e influyen sobre nuestra fisiología y psicología. El sistema circadiano se encarga de coordinar los distintos órganos del cuerpo y también la producción de las hormonas según las vamos necesitando en las distintas etapas del día. Esto influye sobre nuestro estado de ánimo, estado de alerta, capacidades físicas y psíquicas, nivel de estrés y control de impulsos, además de tener una alta incidencia en la secreción de melatonina que afecta a la calidad del sueño, y de la que depende la regeneración de nuestro cuerpo, nuestra memoria y capacidad imaginativa. Por otra parte, la iluminación de los espacios interiores, además, siempre debería estar compuesta por un aporte de luz natural complementada por luz eléctrica. Como podemos ver en la infografía de la siguiente página, **una iluminación saludable es una iluminación que proporciona los adecuados estímulos visuales y no visuales.**

Para ello, el *Human Centric Lighting* (Iluminación Centrada en las Personas, ICP) es el nuevo concepto de iluminación que considera de forma integradora los dos tipos de efectos de la luz. Este documento tiene el objetivo de ofrecer al técnico las pautas a tener en cuenta a la hora de diseñar, ejecutar y mantener un edificio en cuanto a su ambiente luminoso, situando al futuro usuario y sus necesidades visuales y no visuales en el centro.

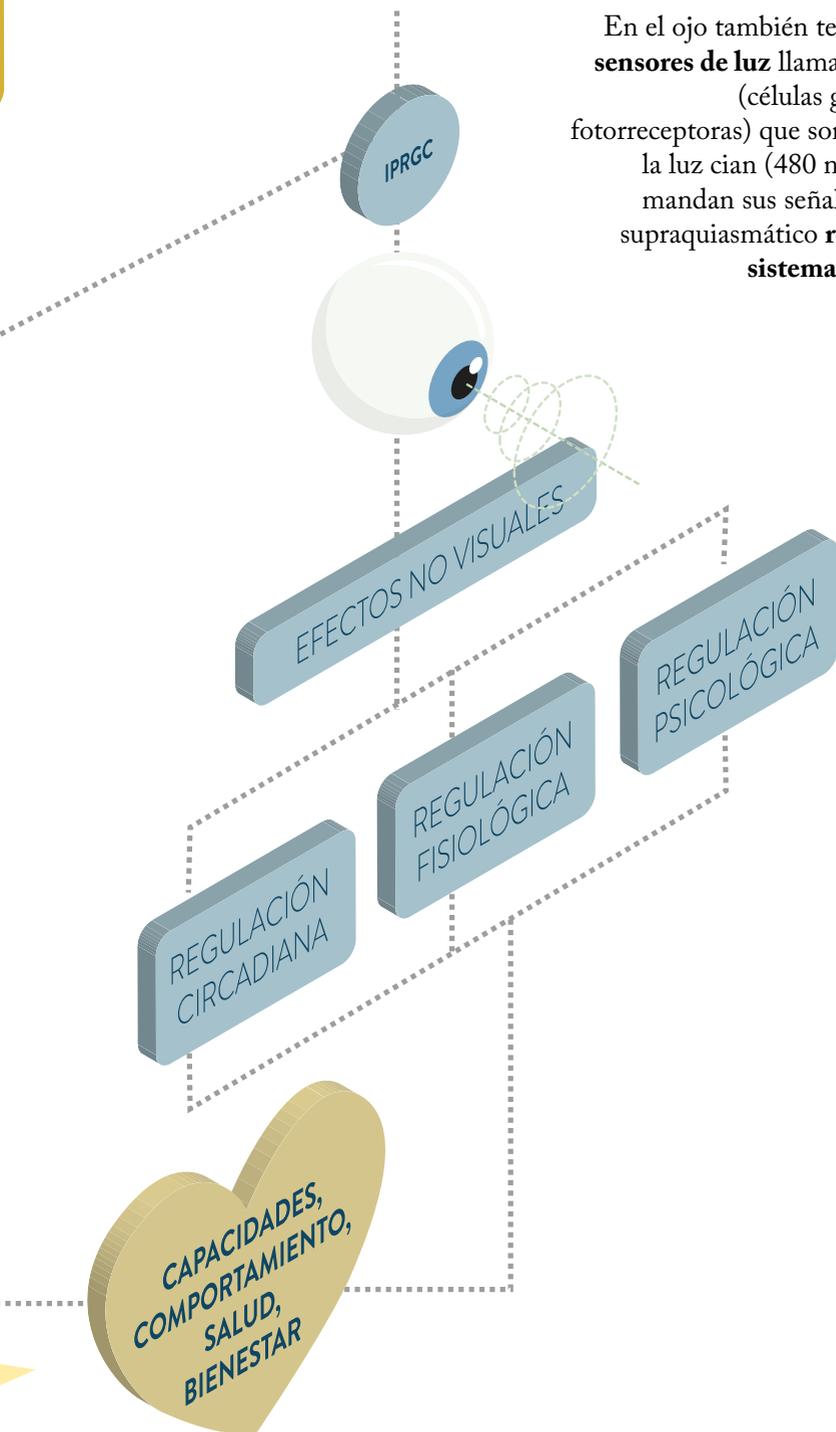
LA ILUMINACIÓN SALUDABLE

Una buena iluminación es una condición imprescindible para nuestra visión y bienestar, particularmente dentro de los edificios. Hoy sabemos que la luz tiene efectos visuales y no-visuales.

Los conos y bastones (células fotorreceptoras en nuestro ojo) se estimulan con la luz y mandan las señales al córtex visual **dándonos el sentido de la vista.**



En el ojo también tenemos unos **sensores de luz** llamados ipRGC (células ganglionares fotorreceptoras) que son sensibles a la luz cian (480 nanómetros), mandan sus señales al núcleo supraquiasmático **regulando el sistema circadiano**.



3

SITUACIÓN ACTUAL Y PUNTO DE PARTIDA

Se han diseñado cuatro ámbitos importantes para posibilitar la inclusión de una iluminación saludable en todos los edificios: la sociedad, los técnicos, el mercado y la normativa.

3.1 La sociedad

Para asegurar la correcta integración de una iluminación saludable se debe conocer el perfil de la persona usuaria del edificio. Por un lado, se encuentra el propietario-arrendador, que basa sus decisiones sobre iluminación en la normativa aplicable para cumplir los mínimos y poner la propiedad en el mercado. Por otro lado, se encuentra el propietario-arrendatario, que es también usuario. Este suele decidir sobre el sistema de iluminación, pero dependiendo en gran medida de su nivel socioeconómico. Sin embargo, pese a los perfiles diferenciados, en general, se percibe una cierta despreocupación sobre la iluminación, más allá de las cuestiones energéticas, y existe un gran desconocimiento sobre los efectos no visuales de la iluminación. En cuanto al usuario de un espacio interior, se parte de la premisa de que, siendo conscientes instintivamente de que la luz es importante para nuestra salud, no hay conocimiento ni concienciación suficiente para

requerir una iluminación saludable. Por otra parte, sí se agradece el alcanzar estos niveles, amén de otros múltiples beneficios que se dan con este tipo de actuaciones. Es destacable señalar que, en la mayoría de edificios se ha detectado que los indicadores saludables de iluminación, además de escasos, tampoco se mantienen a lo largo de la vida útil del edificio.



Para favorecer los ritmos circadianos: 30 minutos al aire libre para comenzar el día, camine 45 minutos durante el mediodía, y 45 disfrutando de deportes o pasatiempos al aire libre por la tarde.



En los perfiles de teletrabajo con una iluminación inadecuada han aumentado los **problemas de sueño un 40 %**.

3.2 Los técnicos

De nuevo se deben marcar perfiles distintos entre los especialistas que intentan adecuar el diseño, construcción y mantenimiento a los criterios de iluminación saludable y aquellos que únicamente incluyen aquellos requisitos obligatorios. Si bien se ha observado que hay una tendencia creciente en este aspecto, se sigue sin diseñar teniendo en cuenta al futuro usuario. Según el Dr. Peter Boyce: «La mala iluminación se da cuando la gente ignora los códigos y estándares; la iluminación indiferente se da cuando la gente sigue los códigos y estándares; y la buena iluminación solo es posible cuando un diseñador de iluminación con conocimiento, talento y consciente de que no está solo limitado por lo que establecen los códigos y estándares». Y es que, más allá de cumplir las normas y la legislación, los diseños de los sistemas de iluminación nos comprometen porque afectan a las vidas de los demás.

3.3 La normativa

Dentro de la mayor parte de las actuaciones que se llevan a cabo y de la forma de abordar el proceso constructivo, se ha constatado que existen normativas voluntarias que describen en detalle los criterios de iluminación adecuada en sus dos vertientes, natural y eléctrica. Sin embargo, se

echa en falta una trasposición de esta normativa que sirva de referencia a aquellos técnicos no especialistas y que actualmente solo regula cuestiones energéticas de la iluminación. Por otro lado, aún no existe normativa completa sobre los aspectos no visuales de la iluminación, existiendo ya consensos y criterios internacionales. Además, los estándares de iluminación actuales se desarrollaron pensando en los requisitos visuales de personas sanas de mediana edad y con el objetivo de controlar el consumo energético, lo que llevó a adoptar niveles de iluminación muy bajos. Estos no cubren nuestras necesidades biológicas y psicológicas, por lo que, cumpliendo la normativa, nos vemos perjudicados.

3.4 El mercado

Por último, se analiza como cuarto elemento, el mercado. Este define la demanda en la que se centran muchas veces los esfuerzos de diseño de edificios, adecuando sus prestaciones a los potenciales compradores. El panorama actual se puede caracterizar por un perfil general de usuario que sabe instintivamente que la luz es importante, pero sin exigir al sistema de iluminación lo que sí exige a otros servicios; una mayoría de técnicos que no tienen en cuenta o desconocen los requisitos y criterios de una iluminación saludable y una normativa que adolece de requisitos específicos suficientes en este sentido. Esto se suma a que el mercado no incorpora la necesidad de incluir un tratamiento completo e integrador de la iluminación en los edificios, aunque sí que es destacable la tendencia en el mercado de la potenciación como ítem de venta, de la luz natural.



La inclusión de una iluminación saludable en los edificios no tiene diferencias de precio significativas con una iluminación que cumpla solo con los objetivos visuales. Además, sus múltiples beneficios nos aportarán una **rentabilidad muy elevada**.



En algunos casos de éxito, con inversiones superiores de tan solo el 1 %, se han obtenido incrementos del valor de venta del edificio superiores al 7 %



Incluir criterios de bienestar y salud en los edificios supone un retorno de la inversión de hasta 10 veces superiores a si solo se tiene en cuenta la eficiencia energética.

4

CONSIDERACIONES GENERALES. ÁREAS

Cómo lo medimos

Para incluir una iluminación saludable en los edificios, debemos tener en cuenta cinco grandes áreas, siendo conscientes de que lo importante es la interrelación entre todas ellas e integrándolas en un proyecto coherente:

4.1 Momento del día

Efectos no visuales

La luz puede producir adelantos o retrasos en nuestro reloj biológico dependiendo del momento en el que esta se recibe. Así, la luz que se recibe durante las primeras horas de la mañana favorece un adelanto de nuestros horarios y la que recibimos en las horas previas al sueño induce retrasos en el reloj biológico, dificultando el inicio del sueño y retrasando el despertar al día siguiente. La luz recibida alrededor del mediodía, aunque no produce adelantos ni retrasos, sí que ayuda a potenciar el funcionamiento del reloj biológico, aumentando la oscilación de sus neuronas y retrasando su envejecimiento.

Efectos visuales

No tiene una influencia determinante.

4.2 Cantidad de luz

Efectos no visuales

La intensidad de la luz es una propiedad vital para determinar la capacidad de reajuste del sistema circadiano. Existe una relación no lineal, con valores de: 10 lux para iniciar la activación de los ipRGC, los 250 lux medidos perpendicularmente a la altura del ojo tienen un impacto muy significativo y en 1.000 lux se alcanza la saturación.

En el documento **CIE S 026** se establece la metrología de radiación óptica para la respuesta a la influencia de la luz de los ipRGC. CIE adopta la curva de sensibilidad espectral (color) a la luz de los ipRGC con pico de sensibilidad en los 480 nanómetros (nm) y define la nueva medida **lux Melanopic EDI** (Melanopic Equivalent Daylight (D65) Illuminance). La fuente de luz de referencia es la D65, que representa la luz del mediodía en junio en Centroeuropa. Así, cada fuente de luz tendrá su equivalencia respecto a la fuente D65.



Una fuente de luz fluorescente de 4.000 K y una iluminancia de 300 lx produce 169 lx melanopic EDI, lo que quiere decir que tiene una ratio de eficacia 0,562 melanopic DER ($300 \times 0,562 = 168,6$). Si queremos utilizar esta fuente de luz para obtener el equivalente de 300 lx melanopic EDI tendríamos que alcanzar los 534 lx, difícilmente viable por consumo energético y coste de la instalación. Sin embargo, si utilizamos una luminaria con LED de alta reproducción cromática y una distribución espectral adecuada, podemos llegar a obtener los 250 lx melanopic EDI, con una distribución de luminarias similar a una instalación normal para conseguir 500 lx en el plano de trabajo.

En la norma CIE S 026 también se indica que el cristalino del ojo amarillea con la edad, filtrando la longitud de onda de 480 nanómetros (nm) de forma que reduce el impacto que puede tener la luz en el sistema circadiano y propone unas curvas de corrección para 32, 50 y 75 años.

Es una buena práctica solicitar a los fabricantes de luminarias los ficheros con la distribución espectral de sus productos. Así se pueden incorporar en los programas de cálculo de iluminación de interiores que tengan la función de impacto circadiano. En el caso de no disponer de un programa con esas características, se puede utilizar uno convencional que calcule la iluminación cilíndrica a la altura del ojo (Ver *checklist* «Camino a la excelencia») y multiplicar por la ratio de eficacia melanopic DER que se recomienda solicitar al fabricante.

Efectos visuales

Condiciona el rendimiento visual, siendo muy diferentes las necesidades que tienen una persona joven o una mayor, que puede necesitar hasta el doble de nivel de iluminación. Es importante tener en cuenta la iluminancia media mantenida y el contraste (diferencia de luminancias) entre las superficies, evitando situaciones de disconfort por deslumbramiento.

4.3 Direccionalidad de la luz

Efectos no visuales

Los ganglios ipRGC están distribuidos por toda la retina, pero con predominancia en la zona nasal, de forma que es más sensible a la luz que proviene del cielo. Debemos tener muy en cuenta las características cromáticas de las superficies donde se refleja la luz, ya que los colores pardos absorben el azul.



Si miramos por la ventana (hacia el exterior) en una habitación pequeña de color beige, durante el día tendremos mucho impacto circadiano, pero si miramos al interior tendremos mucho menos.

Efectos visuales

La direccionalidad de la luz está relacionada con cómo nos llega la luz a los ojos y su distribución en nuestro entorno visual. Lo primero que se evoca cuando se habla de ella, son las situaciones insalubres por deslumbramientos directos o indirectos (reflejados), que producen pérdida de visión transitoria al realizar una tarea. Pero, además de evitar este tipo de incomodidades, se debe atender a la relación entorno-usuario, que ha demostrado tener efectos altamente beneficiosos para estos últimos, aún más en situaciones de vulnerabilidad, como cuando somos pacientes en un hospital o para los colectivos en espacios que necesitan alta concentración, como en usos educativos o laborales. Este entorno será agradable, con vistas del exterior con vegetación y elementos naturales. Siempre que no busquemos efectos especiales, es recomendable usar luz con sentido de arriba abajo, ya que es la luz que nuestro cerebro percibe como normal.

4.4 Color de la luz: distribución espectral

Efectos no visuales

La temperatura de color (K) es una característica facilitada por los fabricantes habitualmente, pero no aportan mucha información para la estimación del impacto circadiano. Los avances nos muestran que la

distribución espectral es el parámetro esencial a la hora de procurar una iluminación saludable.



Para una misma temperatura de color de 4.000 K: para 300 lx, tendremos 169 lx melanópicos EDI si partimos de una fuente de luz fluorescente o de 274 lx melanópicos EDI (62 % más) si usamos una fuente de luz LED diseñada para mejorar el impacto circadiano.

Cuanto más impacto circadiano recibamos durante el día, más melatonina produciremos durante la noche, mejorando nuestro sueño. Siempre que podamos debemos aprovechar la luz del día, y si es necesario incorporaremos dispositivos de control solar de filtrado o redireccionado para evitar el deslumbramiento. La luz de la mañana, cuando incorpora suficiente cantidad de azul en su espectro, nos activa. La luz eléctrica de la noche debe ser más cálida para facilitar el descanso nocturno y es preciso mantener la máxima oscuridad posible cuando dormimos.

El índice de reproducción cromática (IRC) nos puede ayudar en nuestra instalación para tener mayor impacto circadiano sin que nos moleste el color de la luz, ya que una luminaria con un índice muy alto aporta una iluminación de color más neutro que una con índice muy bajo.

Efectos visuales

Cada vez somos más conscientes de lo importante que es usar fuentes de luz con un IRC alto. Además de ver mejor los colores, normalmente incorpora más componente azul, que hace que nuestra pupila se contraiga y tengamos más agudeza visual para un mismo nivel de luz.

4.5 Duración de la exposición de la luz

Efectos no visuales

Para una correcta sincronización del reloj biológico y de los horarios de sueño se necesita la exposición diaria y regular durante un tiempo mínimo a luz diurna de suficiente intensidad y adecuado espectro. Por sus cualidades espectrales e intensidad, la exposición a dos horas de luz natural, preferentemente en la primera mitad del día, es la más saludable. Además, mientras permanezcamos en interiores, durante las horas de día, debemos ubicar nuestro lugar de trabajo o de descanso próximo a una entrada de luz natural y si esta fuera insuficiente completarla con luz eléctrica de amplio espectro y de elevada intensidad. Una insuficiente exposición a la luz favorece la aparición de desajustes en el reloj biológico (cronodisrupción), lo que se manifiesta en mayor incidencia de patologías, entre las que se encuentran envejecimiento acelerado, insomnio, depresión, alteraciones cognitivas, hipertensión, inmunodepresión e infertilidad.

Efectos visuales

No tiene una influencia determinante siempre que la luz no produzca parpadeo ni efecto estroboscópico.

5

VARIABLES ESPECÍFICAS

A continuación, podrás encontrar dos *checklist* donde se enumeran todas las variables divididas por área, su equipo de medición y su normativa de referencia.

Checklist de variables específicas básicas

Variable	Breve descripción	Medición	Recomendaciones
Definición del espacio	Conocimiento del espacio: forma, dimensiones, fuentes de luz (naturales y artificiales), acabados...	Herramientas de medición habituales e inspección visual.	En los espacios de uso continuado, se deben evitar los acabados de colores oscuros.
Caracterización del usuario	El historial lumínico diario de la persona es imprescindible para tomar decisiones.	Actímetros	

	Variable	Breve descripción	Equipo de medición. Estrategia	Normativa de referencia
Cantidad: rendimiento visual	Iluminancia media mantenida	Sobre el área de tarea, el entorno y fondo.	Luxómetro. Método de rejilla según normativa de referencia.	UNE-EN 12464-1
	Uniformidad	No solo se necesita una intensidad en un punto, sino también una correcta relación entre todas las iluminancias para no ocasionar altos contrastes.	Luxómetros. Método de rejilla según normativa de referencia.	UNE-EN 12464-1
	Control solar	La regulación es necesaria, posibilitando la adaptación de la luz al usuario del edificio.	Inspección visual	
Direccionalidad: aspectos espaciales	Deslumbramiento (UGR)	Se debe cuidar el diseño para evitar deslumbramientos, basado en las posibilidades de ubicación de los usuarios.	Programas de simulación lumínica	UNE-EN 12464-1
	Vista de exteriores	Las vistas al exterior, o a elementos naturales, han demostrado ser imprescindibles para el bienestar visual.	Inspección visual	UNE-EN 17037

	Variable	Breve descripción	Equipo de medición. Estrategia	Normativa de referencia
Color: distribución espectral	Rendimiento de color	El rendimiento nos ayuda a ver los colores tal y como son.	Es un dato ofrecido por el fabricante de las luminarias.	UNE-EN 12464-1
	Riesgo luz azul	Un exceso de este tipo de luz, de alta energía, puede ocasionar daños oculares a largo plazo.	Medición en el rango 380-475 nm.	IEC 62471
Duración: variabilidad temporal	Horas de exposición a la luz solar del espacio	Es necesaria la exposición directa a la luz solar para activar los procesos biológicos regulados por nuestros ritmos circadianos.	Cámara de lente ojo de pez. En el punto medio interior del alféizar a 1,2 m de altura.	UNE-EN 17037

Checklist de variables específicas: «Camino a la excelencia»

Se redactan en el siguiente cuadro las características enunciadas con recomendaciones más allá de la normativa referenciada, y se integran otras variables a tener en cuenta para crear un espacio con iluminación saludable.

	Variable	Breve descripción	Recomendación
Cantidad: rendimiento visual	Iluminancia media mantenida	Sobre el área de tarea, el entorno y fondo.	Aumentar 1 o 2 pasos la exigencia según la tarea visual que se realizará en el espacio.
	Iluminancia cilíndrica mantenida	Se satisface la comunicación visual y reconocimiento de objetos dentro del volumen de movimiento del usuario	UNE-EN 12464-1. Luxómetro. 150 lx y $U_o \geq 0,10$ a una altura de 1,20 m (sentado) y 1,60 (de pie).
	Iluminancia en paredes y techo	Su objetivo es evitar penumbras provocando que las superficies del espacio sean brillantes.	UNE-EN 12464-1. Luxómetro 75 lx y $U_o \geq 0,10$
	<i>Climate-based Daylight Factor.</i> Factor de Iluminación natural basado en datos climáticos (FINcb)	Iluminancia horizontal difusa que se obtiene durante el 50 % del plano de trabajo durante, al menos, el 50 % de las horas diurnas.	UNE-EN 17037 500 lux si ventana vertical o inclinada o 500 lux con cobertura del 95 % del plano de trabajo si lucernario. Simulación <i>software</i> validado o comprobación FINcb <i>in situ</i> con luxómetro y día nublado (medición simultánea interior/ exterior).

	Variable	Breve descripción	Recomendación
Cantidad: rendimiento visual	<i>Climate-based Daylight Metrics.</i> Iluminancia natural basada en datos climáticos (ENcb)	Iluminancia horizontal global que se obtiene durante el 50 % del plano de trabajo durante, al menos, el 50 % de las horas diurnas.	UNE-EN 17037
	Luminancia	Se aplica a las luminarias de techo.	Medición con luminanciómetro. < 600 cd en espacios interiores.
Direccionalidad: aspectos espaciales	Contraste de luminancias	Los contrastes entre las áreas de tarea, entorno y fondo provocan actividad. Se deben evitar los ambientes sin contrastes o monótono.	El factor C (Luminancia de fondo - luminancia de área) / Luminancia de fondo. Se debe acercar a 3 lo más posible.
	Luminancia de las luminarias	Se deben evitar luminancias altas que puedan producir deslumbramientos.	Definida por el fabricante < 600 cd.
Color: Distribución espectral	Apariencia de color	La apariencia depende de la temperatura de color y favorece el acompañamiento de la iluminación a la actividad del usuario: Cálidos < 3.300 K Intermedios entre 3.300 y 5.300 K Fríos > 5.300 K	La utilización de colores más cálidos o más fríos depende totalmente del nivel de actividad que exista en el espacio. Los cálidos serán utilizados para momentos más relajantes mientras que con los fríos activaremos al usuario.

	Variable	Breve descripción	Recomendación
Color: distribución espectral	<p>lux Melanopic EDI <i>[Melanopic Equivalent Daylight (D65) Illuminance]</i>.</p>	Iluminancia melanópica de una fuente de luz determinada equivalente a la luz del día.	<p>La distribución espectral se solicita al fabricante. Las recomendaciones son: En función de la edad: para 32 años - 250 lux mel-EDI; para 50 - 287 lux mel-EDI; y para 75 - 407 lux mel-EDI. En función del momento del día: durante el día - 250 lux mel-EDI; 3h antes de dormir - 10 lux mel-EDI; y en horas de sueño - 1 lux mel- EDI.</p>
Color: distribución espectral	<p><i>Melanopic Daylight Efficacy Ratio MDER</i></p>	Factor de corrección de una fuente de luz determinada para el cálculo de iluminancia melanópica.	A solicitar al fabricante de la luminaria.
	Temperatura de color – Iluminancia	La relación entre ambos factores depende del periodo del día.	Se procurarán temperaturas de color e iluminancias altas al comienzo del día y lo contrario en las 3 h anteriores a la pernocta.

6

EJEMPLOS PRÁCTICOS DE DECISIÓN SALUDABLE Y ADAPTADA

En la web de #BetterLighting, se incluyen tres rutinas de iluminación diaria para distintos tipos de personas Emma, Christine y Roberts. Todos ellos tienen rutinas lumínicas diferentes y una necesidad diferente al reincorporarse al trabajo después de la comida o al llegar a casa, lo que puede tener una alta influencia sobre nuestros ritmos circadianos, tanto para bien (si son adaptados) como para mal (si son fijos sin tener en cuenta nuestra vida diaria).

A escala individual, la luz saludable es muy dependiente de las necesidades, sensibilidad, cronotipo y edad de cada persona. Por ello, no existe un patrón único de iluminación dinámica saludable para todos los individuos. Los jóvenes, en general, muestran tendencias a retrasar con facilidad sus horarios de sueño, lo que merma su rendimiento laboral y físico durante las primeras horas de su jornada diaria.

Su mayor actividad física y exposición a la luz suelen estar desplazadas hacia la tarde-noche. Por ello, un patrón ideal de exposición a la luz debería potenciar la intensidad de la luz (activa sobre el sistema circadiano) durante las primeras horas tras el despertar. Por el contrario, habría que

restringir al máximo la luz melanopsínica durante al menos dos horas antes de ir a dormir.

Un caso contrario serían las personas mayores. Ellas suelen exponerse desde muy temprano a luz intensa, concentrando su mayor actividad física antes del mediodía. Sin embargo, la tarde y la noche están muy poco iluminadas, lo que contribuye al adelanto de sus horarios y hace que se duerman y se despierten antes de lo que desean. Por ello, el patrón de iluminación de estas personas debería compensar estas deficiencias y potenciar la luz durante la tarde y primeras horas de la noche. El mayor riesgo de caídas nocturnas, al levantarse para ir al baño, hace recomendable disponer de una iluminación de baja intensidad y anaranjada que le permita guiar sus pasos y que no inhiba la secreción de melatonina y dificulte su sueño posterior.

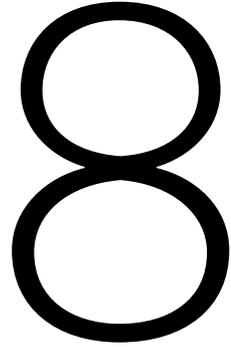
7

EL PARQUE EDIFICADO Y LA OBRA NUEVA

Las posibles soluciones

A lo largo de este capítulo, se abordarán los dos casos de edificaciones: aquel en el que se puede intervenir desde la fase de proyecto y aquel ya construido. Aunque *a priori* puedan parecer casos totalmente distintos, guardan varias similitudes como las siguientes:

- El objetivo final de iluminación debe ser su adaptación al usuario mayoritario, para las tareas principales que se van a realizar.
- Deben seguir un proceso de medición – caracterización del usuario – desarrollo de soluciones visuales y biológicas.



MEDIDAS COMUNES

En el siguiente cuadro se pueden observar actuaciones dependiendo del nivel de intervención atendiendo a su economía y tecnología disponible:

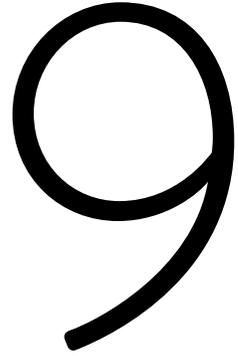
- 1) ajustado, poco presupuesto y acceso a soluciones limitada;
- 2) obra media, con presupuesto y acceso a soluciones media;
- 3) obra singular, con alto presupuesto y acceso a soluciones ilimitada.

En subrayado azul se marcan aquellas actuaciones que se pueden aplicar tanto a obra nueva como a rehabilitación. En negro, únicamente en fase de diseño.

	Actuaciones mínimas (nivel 1)
Equipo técnico y proyecto	Equipo técnico no especializado, pero con interés en salud lumínica. Al menos, una parte de proyecto referente a la iluminación. Memoria de luz y salud sobre las medidas a adoptar.
Contenedor y luz natural	Diseño arquitectónico sensible a latitud, clima y especialmente la orientación. Favorecer la conexión visual con el exterior desde todos los puntos de estancia habitual de personas. <u>Emplear preferentemente colores claros en los acabados de las zonas de estancia habitual de personas.</u> Comprobación de tipo de huecos, acristalamiento, rotura de puente térmico (RPT).
Instalación de luz artificial	Favorecer la luz de calidad activadora durante el día. Favorecer la luz de calidad inhibidora durante la noche. Comprobación de instalación y estado. Comprobación de uniformidad en temperatura y potencia de cada estancia, evitando combinar distintas lámparas con distintas potencias y temperaturas en el mismo encendido. Establecimiento de niveles mínimos de iluminación según el tipo de estancia.
Sistemas de control	Incorporar en todos los espacios en contacto con el exterior sistemas de aprovechamiento de luz natural. Promoción del uso de sistemas de control. Comprobación encendidos en buen estado, interruptores y conmutadores.
Participación de los usuarios	Incorporar a la documentación de proyecto recomendaciones generales para el usuario de gestión de la luz.

	Actuaciones estándar (nivel 2)
Equipo técnico y proyecto	Necesario un técnico con formación específica en luz y salud. Trabajo en proyecto en el equilibrio luz natural-energía, complementado con luz artificial y un sistema de control.
Contenedor y luz natural	<u>Auditar el potencial de luz natural del edificio: identificar las zonas con mayor o menor potencial. Complementar con luz artificial en las de inferior potencial.</u> <u>Realizar una selección de materiales y colores sensible al uso de los espacios.</u> <u>Comprobación transmitancia de vidrio, de marco, índice g de absorción de vidrio.</u>
Instalación de luz artificial	Segregar los espacios del proyecto según su uso y horario preferente. Aplicar las métricas y valores de la <i>checklist</i> básica distinguiendo sobre si el uso del espacio será principalmente diurno o nocturno. En los espacios de horario de uso mixto: procurar una iluminación adaptable y flexible. Crear distintos encendidos dentro del mismo espacio según la necesidad
Sistemas de control	Todas las luminarias deben ser regulables e integradas en un sistema de control bajo un protocolo abierto El sistema de control de iluminación debería incluir también la gestión de todos los sistemas de protección solar activos con rearmados diarios. Control mediante interruptores/conmutadores de distintas zonas dentro del mismo espacio. Iluminación ambiente, focalizada, etc.
Participación de los usuarios	<u>Compromiso por parte de los gestores del edificio de realizar programas de formación para los usuarios: criterios saludables y uso eficiente en la iluminación.</u>

	Actuaciones óptimas (nivel 3)
Equipo técnico y proyecto	Necesario un consultor específico que forme parte del equipo técnico. Comienzo temprano, ya en la fase de resumen o <i>brief</i> .
Contenedor y luz natural	Diseño integrado de la envolvente: capas de protección y/o gestión de luz exterior, especificación de vidrios y sistemas de modulación de luz interior. <u>Definición de materiales y acabados interiores basada en un proyecto de interiorismo realizado con criterios de sostenibilidad y bienestar.</u> <u>Estudio de índices de reflexión interior, reducción factor g de vidrio, comprobar si es bajo emisivo o reflectante. Sugerencia de sustitución si procede.</u>
Instalación de luz artificial	Segregación de espacios por técnico especializado, según necesidades específicas de los usuarios. Aplicar las métricas y valores de la <i>checklist</i> «Camino a la excelencia» distinguiendo sobre si el uso del espacio será principalmente diurno o nocturno. Aplicación de distintos tipos de temperatura de color, factores UGR según estancia (ejemplo baños, cocina o vestidor), aplicación de IRC mínima de 95.
Sistemas de control	Luminarias regulables y controlables punto a punto Integrar sistemas de control de plena accesibilidad con interfaces simples e intuitivas. El sistema de control actuará sobre los elementos tanto de iluminación interior como de los sistemas activos de la envolvente. Se procurará la instalación de sistemas de control predictivos, basados en los datos históricos diarios que aportan los dispositivos de los usuarios. Domotización de espacios y ambientes, generando y programando distintos espacios. Accionamiento mediante sensores de presencia, iluminación o <i>apps</i> .
Participación de los usuarios	<u>Posibilitar la asesoría continua y acompañamiento al usuario de un técnico especializado para resolver las dudas y promover modificaciones que favorezcan la iluminación saludable.</u>



REFERENCIAS

9.1 Normativa

Norma UNE-EN 12464-1:2012. *Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.*

Norma UNE-EN ISO 15193-1:2019. *Eficiencia energética de los edificios. Requisitos energéticos para la iluminación. Parte 1: Especificaciones, módulo M9.*

Norma UNE-EN 17037:2020. *Iluminación natural de los edificios.*

Norma UNE-EN 62471:2009. *Seguridad fotobiológica de lámparas y de los aparatos que utilizan lámparas.*

9.2 Herramientas y guías

CBRE, *Herramienta de medición del aumento de productividad y bienestar en entornos de trabajo.* Disponible en: <https://www.cbre.es/es-es/servicios/lineas-de-negocio/global-workplace-solutions/workplace-strategy/cbre-lab>

LICHT.DE. Licht Wissen 21. *Guide to Human Centric Lighting (HCL)*. Disponible en: https://www.licht.de/fileadmin/Publications/licht-wissen/1809_1w21_E_Guide_HCL_web.pdf

AEICE. *En casa con salud*. Disponible en: <https://encasaconsalud.com/>

IDAE, 2001. *Guía técnica de eficiencia energética en iluminación, centros docentes*. Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803da23.pdf

IDAE, 2019, *Guía técnica de eficiencia energética en iluminación, oficinas*. Disponible en: <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-de-eficiencia-energetica-en-iluminacion-oficinas>

GBCe y H.A.U.S. Healthy Buildings, 2020. *Salud, espacios, personas*. Disponible en: <https://gbce.es/documentos/Salud-Espacios-Personas.pdf>

9.3 Infografías

Lighting Europe. Human Centric Lighting.
Lighting Europe. Healthy Buildings combine energy efficiency, well-being and performance of people.

9.4 Artículos científicos

ANDERSEN, Marilyne, et al., 2013. *Modelling 'non-visual' effects of daylighting in a residential environment*.

KONSTANTZOS, Iason, et al., 2020. *The effect of lighting environment on task performance in buildings – A review*.

BROWN, Timothy, et al., 2020. *Recommendations for Healthy Daytime, Evening, and Night-Time Indoor Light Exposure*.

ULRICH, Roger, et al., 2008. *A Review of the Research Literature on Evidence-Based Healthcare Design*.

DE ZEEUW, Jan, et al., 2019. *Living in biological darkness: Objective sleepiness and the pupillary light responses are affected by different metameric lighting conditions during daytime.*

XIAO, Hui, et al., 2021. *Non-visual effects of indoor light environment on humans: A review.*

Sentance

of
Descansatz

sin

hucor

nab

CAPÍTULO 6: ERGONOMÍA, MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD

1

COMPONENTES DEL GRUPO

Para afrontar y desarrollar el siguiente documento sobre cómo la ergonomía, la accesibilidad y la movilidad influyen en la salud de los usuarios de los edificios, se ha contado con un grupo de expertos, con diferentes perfiles profesionales, cuyas aportaciones y experiencias han enriquecido el trabajo.

Carmen Fernández Hernández (coordinadora), Fundación ONCE.

Beatriz de Diego Suárez, Green Building Council España (GBCe).

Pablo González López, Arquitecto Técnico y representante de la Comisión de Accesibilidad del Consello Galego de Aparejadores y Arquitectos Técnicos (CGAAT).

José Luis Morencia Fernández, Colegio Profesional de Fisioterapeutas de Castilla y León.

Ángel Quelle Russo, COTAcerro y representante de la Asociación de Peritos Judiciales de Galicia.

José Ramón Romero Soler, Equity Administración de Fincas.

Néstor Rouyet Ruiz, Doctor Ingeniero de Edificación.

María Jesús Sacristán de Miguel, Arquitecta y Miembro del grupo de trabajo “Accesibilidad Universal y Diseño para Todos” del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM).

2

INTRODUCCIÓN

2.1 Ergonomía, movilidad y accesibilidad saludable

Desde el principio de los tiempos, los seres humanos han utilizado «refugios» como espacios para el almacenaje y el cobijo. Este concepto de *abrigo* es el que ha modelado, hasta la actualidad, el diseño de las viviendas, que constituyen la unidad vital. No se trata únicamente de vivir bajo un techo sino de residir en un hogar saludable.

Los seres humanos somos diversos y diferentes por naturaleza. La heterogeneidad es una cualidad innata. Para muchas personas, la vivienda se convierte en una prisión en lugar de un refugio. Esta falta de autonomía e independencia redundará en el aumento del malestar y afecta negativamente a la salud.

En este contexto, ergonomía, accesibilidad y movilidad toman una especial relevancia, debiendo ser consideradas como elementos clave y constituir el pilar fundamental en el diseño para **adaptarse a los requerimientos de sus usuarios y no al revés.**

La ergonomía tiene el objetivo de adaptar los entornos, espacios, actividades y objetos al uso del ser humano, para optimizar sus capacidades en beneficio de su salud y bienestar. En una sociedad industrializada, se define un ser humano patrón, con unas características físicas y capacidades específicas. Esta definición estandarizada de un «ser humano prototipo» como modelo define los entornos, espacios, objetos y servicios para evitar lesiones, enfermedades o deterioros cognitivos. Publicaciones e investigaciones que incluyen recomendaciones ergonómicas, como el *Neufert*, han ofrecido pautas que actualmente se han plasmado en las normativas. Los edificios anteriores a estas normativas presentan deficiencias que afectan directamente a la salud.

La estandarización choca con la diversidad del ser humano. Muchas personas quedan fuera de este diseño ergonómico, tanto a nivel de productos como a nivel arquitectónico y de espacio urbano. Todos ellos resultan inadecuados para las capacidades específicas de muchas personas, lo que genera un malestar que puede derivar en problemas de salud.

Por el contrario, con el concepto de diseño para todas las personas y accesibilidad universal, se abarca un rango más amplio y se aporta comodidad para toda la sociedad. El diseño universal no está reñido con la industrialización, ni con la estandarización, sino con un modelo excesivamente restringido que deja fuera a buena parte de la sociedad. Este diseño universal, inclusivo, es el que permite que los edificios y también el espacio urbano recuperen su papel de refugio. En resumen, la accesibilidad, ergonomía y movilidad saludable convierten el **entorno en facilitador, no en incapacitante**.

2.2 Cómo afecta a la salud la falta de accesibilidad y ergonomía

Es una realidad cómo, inconsciente y silenciosamente, la falta de accesibilidad deteriora el estado de ánimo, limita la interacción y elimina la autonomía, y con ello la toma de decisiones, hasta provocar la anulación como persona.

Existe la tendencia generalizada de pensar que la accesibilidad es la herramienta para resolver la movilidad de personas en sillas de ruedas. Pero va mucho más allá. La accesibilidad universal es la cualidad de los entornos para que cualquier persona pueda participar y disfrutar de los mismos de forma autónoma, con independencia de sus capacidades y necesidades. Para conseguirla hay que considerar la accesibilidad: física, sensorial y cognitiva, siendo esta última, la más «invisible» y desconocida de todas.

Un mal diseño, la falta de accesibilidad y la no consideración de la ergonomía ocasionan obstáculos como resaltes en los pavimentos, escalones sueltos, la ausencia de ascensor y otros, que pueden producir:

- **Consecuencias físicas:** al caer por escaleras no señalizadas o resbalones en pavimentos. Sobrepeso por no poder salir de casa. Enfermedades por sedentarismo o falta de sol, entre otros. Pérdida de autonomía y limitaciones.
- **Consecuencias psicológicas:** trastornos de ansiedad o estrés al no poder comunicarse. Dificultades de interacción y tristeza por aislamiento forzoso. Miedo y vergüenza por la falta de autonomía.

2.3 Situación actual y punto de partida

La ergonomía, accesibilidad y movilidad saludables deben considerarse una necesidad y un derecho fundamental, tal y como se recoge en el artículo 45.1 de la Constitución española (CE), según el cual: «Todos tienen el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo».

Pero no es así como la sociedad lo percibe. En general se adolece de conocimiento, sensibilidad y falta de empatía para ponerse en el lugar de otras personas, e incluso sorprende que haya que considerar otros parámetros más allá de los relacionados con la silla de ruedas. Para los técnicos, la accesibilidad es muchas veces un requisito normativo más, que aumenta la dificultad, y los técnicos municipales lo perciben como su trabajo. En cuanto a los políticos, tienen una visión generalista y carecen de visión inclusiva y el mercado, por su parte, siempre busca beneficios económicos. Por ello, personalizar diseños en la vivienda adecuados a la persona con discapacidad les resulta costoso y es más fácil obviarlos, aunque a medida

que la población envejezca y demande viviendas accesibles, el factor accesibilidad se convertirá en un factor de mercado.

Aunque para una parte de la sociedad es una preocupación importante, existe un nivel alto de tolerancia y resignación hacia un patrimonio inmobiliario heredado, que se percibe muy complejo de transformar en accesible. Incluso la administración y el propio colectivo de personas con discapacidad relajan su nivel de exigencia.

2.4 Marco normativo

En España hay cinco ordenamientos jurídicos que conforman el marco jurídico global y que determinan el contexto y las exigencias sobre accesibilidad a cumplir en los entornos, bienes, productos, servicios, etc.: internacional, comunitario (o de la Unión Europea), estatal, autonómico y municipal.

A nivel internacional la Convención Internacional de los Derechos de las Personas con Discapacidad protege los derechos de las personas con discapacidad. A nivel europeo, se acaba de aprobar la Norma EN 17210 *Accesibilidad y usabilidad del entorno construido. Requisitos funcionales*, que establece las exigencias que deben cumplir los entornos construidos, incluyendo los espacios urbanos, para poder ser considerados accesibles. Se trata de una norma de requerimientos funcionales, no da parámetros sino pautas y claves para diseñar viviendas accesibles. Asimismo, fija otros aspectos del urbanismo, como los tiempos de paso en un cruce de peatones o el sonido de los semáforos.

Respecto a la normativa estatal de obligado cumplimiento, está el Código Técnico de la Edificación (CTE), que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación de España (LOE) y el Documento Básico DB-SUA *Seguridad de utilización y accesibilidad*. Es importante no olvidar que no solo se recogen indicaciones de accesibilidad en el DB-SUA, sino que también las hay en todo el documento del CTE. Por otra parte, el Real Decreto Legislativo 1/2013 establecía como fecha límite el 4 de diciembre de 2017 para cumplir con las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso a las nuevas tecnologías relacionadas con la sociedad de la información, el

acceso y la utilización de los espacios públicos urbanizados, edificaciones y medios de transporte.

Además, cada una de las comunidades autónomas tiene sus propias normativas al igual que los ayuntamientos tienen sus ordenanzas locales.

Dada la dispersión normativa, resulta costosa su aplicación, pudiendo ocurrir que en una determinada condición, la normativa autonómica sea más exigente que el DB-SUA. En ese caso se aplicará el reparto competencial entre el Estado y las comunidades autónomas, según se indica en los artículos 148 y 149 de la Constitución española, que la normativa vigente se debe aplicar por orden de jerarquía (estatal, autonómica y local) y que cuando la normativa inferior sea más exigente y no se contradiga con ninguno de los parámetros de la superior, se aplicará la más restrictiva.

En el caso de intervención en edificios existentes, hay que considerar que estos se ejecutaron en una situación diferente y para cumplir unas necesidades distintas de las actuales, por lo que, aun cuando se debe alcanzar el máximo cumplimiento del CTE, será necesario aplicar una cierta flexibilidad en el marco normativo, mediante la justificación de criterios de interpretación y desarrollo de soluciones de mejora, tales como:

Cláusula de flexibilidad: apartado III Criterios generales de aplicación de la Introducción del DB-SUA: cuando la aplicación del DB no sea técnica o económicamente viable o incompatible con el grado de protección, se podrán ejecutar soluciones alternativas que permitan la máxima adecuación posible, quedando documentada y reflejadas las limitaciones de uso.

Ajustes razonables: se trata de modificaciones y adaptaciones que se aplican a los edificios constituidos en régimen de propiedad horizontal, que no vulneren los derechos de las personas con discapacidad y que no supongan una carga desproporcionada, para lo que el coste de las obras no excederá de doce mensualidades repercutido anualmente, y descontando las posibles ayudas públicas. Este concepto se considera en la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social y en la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.

Documento de apoyo al Documento Básico SUA: el objeto de este documento es proporcionar criterios de flexibilidad para la adecuación efectiva de los edificios y establecimientos existentes a las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad.

En el caso de las rehabilitaciones de edificios construidos antes de entrar en vigor el CTE, con tipologías de bloque de 4 o 5 alturas sin ascensor y con espacios interbloques abandonados por falta de mantenimiento y por obsolescencia de usos, requiere intervenciones a escala de barrio, de regeneración urbana. Por lo general, los residentes de estos edificios cuentan con bajos recursos económicos, con lo que es necesario que estas actuaciones vayan acompañadas de programas de ayudas y planes de subvenciones, que no solo abarquen la ejecución de las obras, sino el trabajo técnico y la financiación bancaria, incluso promover modificaciones en la Ley de Propiedad Horizontal que contemple casos desconocidos hasta el momento, como la no repercusión a la comunidad de propietarios si un vecino deja de pagar el préstamo en un momento determinado.

2.5 Datos específicos

La perfección antropométrica no existe, por eso hay que considerar las capacidades y discapacidades de cada individuo y la evolución que experimenta en las diferentes etapas de la vida (infancia, adolescencia, juventud, adultez y senectud), comprobando el gran impacto que tiene en la salud. Un 40 % de la población española puede verse favorecida por la accesibilidad universal inclusiva, según el informe *Accesibilidad Universal y diseño para todos. Arquitectura y Urbanismo*, publicado por la Fundación Once y Fundación Arquitectura COAM.

Algunos ejemplos muestran cómo las estrategias de diseño universal pueden mejorar la salud y facilitar la atención médica y el envejecimiento en el propio hogar¹.

Según un estudio (<https://www.fundacionmdp.org/solution/estudio-de-la-accesibilidad-de-las-viviendas-en-espana/#:~:text=Las%20viviendas%20espa%C3%B1olas%20suspenden%20en,con%20movilidad%20reducida%20o%20discapacidad.>) de 2018 de la Fundación Mutua de

¹Web de Texas A&M University's Center for Health Systems & Design.

Propietarios, en colaboración con la Cátedra UNESCO del Derecho a la Vivienda (Universidad Rovira i Virgili), de los 9,8 millones de edificios de viviendas existentes en España, solo un 0,6 % cumple con los requisitos de accesibilidad universal, un 63 % no son accesibles desde la calle al portal comunitario y un 22 % carece de ascensor.

La falta de accesibilidad es el mayor problema a nivel cuantitativo de las viviendas en España y afecta a casi 3,4 millones de viviendas.

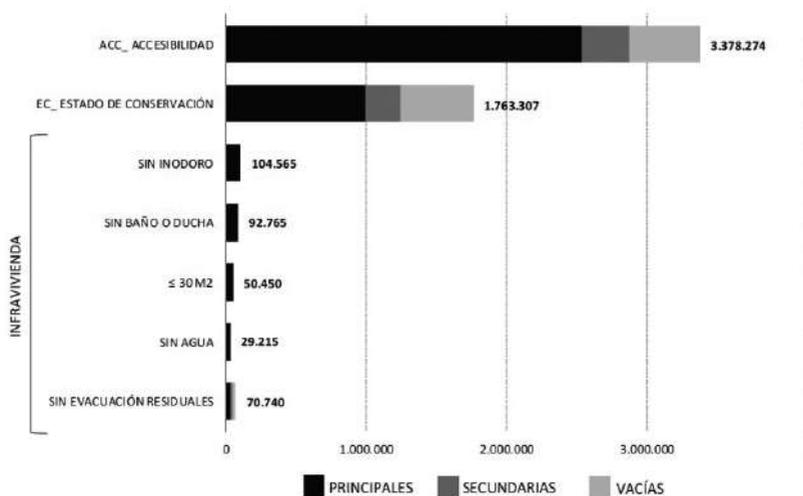


Ilustración 1. Principales problemas del parque residencial en España (2011). Fuente: Ministerio de Fomento (gráfico incluido en la ERESEE 2020).

El estudio de 2013 (<https://biblioteca.fundaciononce.es/publicaciones/colecciones-propias/coleccion-accesibilidad/observatorio-de-la-accesibilidad-3>) *Observatorio de la accesibilidad universal en la vivienda en España 2013*, realizado por la Fundación ONCE en colaboración con el Comité Español de Representantes de Personas con Discapacidad (CERMI), estableció como accesible solo el 2 % de las zonas comunes de acceso a la vivienda desde la calle. Dicho estudio también señalaba que, de las viviendas que disponían de ascensor, solo el 2 % estaban equipados con dispositivos accesibles para todas las personas. Además, únicamente el 18 % de las viviendas tenían garajes o zonas de aparcamiento accesibles.

2.6 Consideraciones

Un diseño universal es un diseño empático, con una mirada amplia que abarca múltiples puntos de vista. Es más importante que una vivienda tenga el potencial de hacerse adaptable, que el hecho mismo de que lo sea. Puesto que la posesión de una vivienda resulta muy costosa, hay que considerar que estas sean adaptables y se acomoden a sus habitantes según los cambios y situaciones que se producen a lo largo de la vida. Por eso una vivienda adaptable que permite vivir de niño y sigue siendo habitable cuando se envejece es el reto de esta nueva era. Esto es el **diseño para la adaptabilidad, que facilita la flexibilidad y versatilidad de los espacios**, pudiendo incluir aspectos como la construcción pensada para ser desmontada, que facilita las posibles reestructuraciones o las estructuras con mayores luces que permiten espacios más versátiles.

Habitualmente se suele asociar el problema de la accesibilidad a la ausencia de ascensores, pero hay otros aspectos no menos importantes y que se obvian como es el diseño de los cuartos de baño.

Así mismo se deben considerar cuestiones de menor envergadura, que suponen un salto cualitativo en la calidad de vida de muchas personas, como el peso de las puertas de entrada a los portales, sus pomos giratorios o los porteros automáticos, entre otros.

La principal barrera son las propias personas; la existencia de prejuicios frena la implantación de algunas medidas, de manera que lo ergonómico se identifica con caro, la accesibilidad con grandes dimensiones, lo adaptado con ortopédico o lo prefabricado con mala calidad. Hay que cambiar de actitud y desterrar modelos asentados durante años por otros que nos ayuden a tener una nueva visión de las cosas. Por ello es de suma importancia informar y formar en materia de accesibilidad, desde la educación primaria hasta la universitaria. La accesibilidad universal, tanto física como cognitiva y sensorial, debe ser el punto de primer nivel que prepare a las futuras generaciones en la diversidad.

3

INDICADORES DE MEDICIÓN DE CALIDAD

Los parámetros de accesibilidad son cuantitativos y cualitativos, tal y como se refleja incluso en la normativa. En este apartado se exponen los criterios básicos de accesibilidad a considerar en un edificio de viviendas y se adjunta en el Anexo un cuadro de indicadores más profundo y que van por encima de la norma.

Entorno de aproximación al edificio. Abarca el itinerario accesible desde la calle hasta la entrada principal, considerando la diferencia de nivel, dimensiones, espacios de giro, pendientes, tipo de materiales y señalización.

Entrada al edificio. Acceso a nivel o en rampa, tipo de puerta, telefonillo, felpudos y buzones.

Deambulaci3n horizontal. Itinerario accesible y libre de obst3culos hasta puntos principales, mostrador de conserjer3a, vest3bulos, pasillos, zonas comunes, ancho de puertas, ubicaci3n de elementos, mecanismos y mobiliario, iluminaci3n, contraste crom3tico y pavimentos.

Comunicación vertical. Disposición de ascensor, plataformas elevadoras, dimensiones y diseño de la escalera, pavimentos, barandillas y pasamanos.

Distribución de la vivienda. Dimensiones geométricas y características y disposición de sus elementos.

Instalaciones comunes. Acceso, dimensiones, giros y señalización de trasteros, piscinas, zonas infantiles y deportivas y salones de usos múltiples.

Seguridad y evacuación en caso de incendios. Señalización de rutas de evacuación, alarmas sonoras y visuales, espacios de refugio, sillas de evacuación y protocolo de evacuación del edificio.

4

ESTRATEGIAS EN LOS EDIFICIOS

4.1 Estrategias en fase de proyecto

En esta fase se han de abordar las acciones oportunas para conseguir un buen proyecto. Algunas acciones concretas que ayudan al proyectista a satisfacer su objetivo son:

Cumplimiento de la normativa. El primer paso para diseñar edificios y espacios accesibles es el cumplimiento de la normativa. El CTE DB-SUA y DB-SI incorporan los parámetros objetivos de accesibilidad que dan pautas que facilitan el diseño en fase de proyecto. Sin embargo, se deberá llevar a cabo un control más exhaustivo por parte de los técnicos municipales, los colegios profesionales y las entidades de control. Se necesita además una visión global.

Aplicación de las normas de accesibilidad universal. La norma UNE 170001-1 (AENOR) se utiliza cuando se quiere un certificado de accesibilidad universal y establece que un entorno es universalmente accesible si todas las personas pueden realizar actividades de deambulaci3n, aprehensi3n, localizaci3n y comunicaci3n en ese entorno (DALCO).

Cabe mencionar que en el interior de las viviendas no se rige la normativa por criterios de accesibilidad universal, que solo se aplica en las zonas comunes y en aquellas viviendas que por ley deban ser adaptadas. Sería necesario revisar este aspecto y mejorar algunos atributos de la accesibilidad universal para todas las viviendas, y no solo las adaptadas.

Incorporación de especialistas en el equipo de diseño. No se trata únicamente de aplicar la normativa, sino de conseguir espacios realmente usables, por lo que será conveniente contar dentro del equipo multidisciplinar de diseño, con un técnico especialista en accesibilidad que identifique y aporte esas propuestas que suponen una mejora.

Diseño para la adaptabilidad, que facilita la flexibilidad y versatilidad de los espacios. Algunas soluciones funcionan bien para unas personas, pero no para otras. Además, las necesidades de los usuarios pueden cambiar a lo largo de la vida útil del edificio. Por ello es importante el concepto de la adaptabilidad como estrategia de proyecto. Puede incluir estrategias como el uso de sistemas constructivos fácilmente desmontables o un sistema estructural que permita la flexibilidad de espacios.

4.2 Estrategias durante la ejecución del edificio

En la fase de ejecución se ha de seguir el control habitual de cualquier obra, con las siguientes particularidades:

Controlar de forma específica los diseños y la ejecución de los parámetros de accesibilidad, en cuanto a las medidas y a los acabados. Por ejemplo, controlar la planitud de pavimentos, la percepción de los contrastes de superficies con la entrada de luz natural o artificial, posibles reflejos en superficies brillantes, resbaladicidad de pavimentos, ergonomía de manivelas y mecanismos, ubicación de extintores y otros objetos que no supongan un obstáculo en los itinerarios peatonales.

Instrumentar un organismo de control específico (al igual que los Organismos de Control Autorizados, OCA, verifican el cumplimiento de las instalaciones eléctricas), que verifique que se lleva a cabo lo proyectado y se cumple con las condiciones y requisitos de accesibilidad.

Disposición de un listado de criterios a modo del *checklist* que se adjunta en el Anexo.

4.3 Estrategias durante la fase de uso

En la fase de uso se puede experimentar y comprobar la funcionalidad de los aspectos ejecutados relativos a la accesibilidad, así como su adecuación para todos los ocupantes, ya sean usuarios fijos u ocasionales, trabajadores, visitas, etc. Algunas herramientas son:

Evaluación del grado de cumplimiento de los criterios DALCO para analizar y proponer nuevas mejoras, así como implantar un sistema de gestión, como el establecido en la parte 2 de la norma UNE 170001-2. Este sistema integra una política de accesibilidad universal, un manual de accesibilidad universal y un conjunto de procedimientos, protocolos, planes, diagnósticos, mantenimiento, plan de emergencia y evacuación, definidos en función de cada entorno o institución.

Realización del Informe de Evaluación del Edificio. Actualmente, numerosas comunidades autónomas y ayuntamientos disponen de normativa propia que regula la aplicación de este informe, acreditando el estado de conservación de los edificios y analizando sus condiciones de accesibilidad y eficiencia energética.

Designación de la figura del técnico de cabecera o facilitador del edificio, con competencias para supervisar el buen funcionamiento y acondicionamiento de un edificio.

El libro del edificio y el pasaporte del edificio se convierten en instrumentos imprescindibles para conocer el estado y evaluar los cambios a ejecutar para aumentar la calidad del edificio en todas sus vertientes, mejorando las condiciones de vida y reduciendo el impacto ambiental en todo su ciclo. Se trata de disponer de un plan individualizado de cada edificio residencial.

Asesoramiento a las comunidades de propietarios, tanto en la parte técnica proyectual como en los aspectos jurídicos, ya sean derechos, ayudas, subvenciones o programas sobre los cuales puedan beneficiarse los usuarios del edificio. El desconocimiento de estos aspectos genera situaciones problemáticas en las comunidades de fácil solución con una gestión adecuada.

Establecer un órgano ejecutor de sanciones, que haga cumplir el régimen sancionador en materia de promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas.

El artículo de Elena Frías López y Juan Queipo de Llano Moya, Mejora de las condiciones de accesibilidad en edificios existentes analiza los criterios y las posibilidades en la rehabilitación de edificios existentes junto con propuestas de soluciones concretas teniendo en cuenta los ajustes razonables.

5

CASOS DE ÉXITO

La gran aportación constructiva del siglo xx fueron los edificios residenciales, pero hay que considerar las circunstancias en que se llevaron a cabo y las necesidades del momento. Así pues, una de las dificultades principales con que se encuentran dichos edificios, habitados en la actualidad por personas mayores, es la carencia del ascensor para posibilitar la comunicación vertical. A continuación, se presentan cuatro casos de éxito, tres en edificación existente y uno en edificación de nueva planta, que aportan bienestar a sus habitantes.

5.1 Bajada de ascensores a cota cero

La presente actuación se llevó a cabo en el edificio de viviendas ubicado en la Avenida Fernández Latorre, n.º 57 de A Coruña. Dicho edificio disponía de dos ascensores cuyo embarque se encontraba en una entreplanta comunicada por 6 escalones.

La reforma de accesibilidad proponía modificar la parada de los ascensores a la cota de entrada del inmueble, pero para ello era necesario incrementar el espacio del portal. La comunidad de propietarios llegó a un acuerdo

para la compra de un espacio perteneciente al local adyacente que era una entidad bancaria.

El acuerdo, el entendimiento y el buen hacer entre la comunidad de propietarios y la entidad bancaria hicieron posible la compra de parte del local, para así ubicar el acceso directo a los ascensores a cota de planta baja. Este caso se destaca como buena práctica de colaboración entre una entidad privada y una comunidad de vecinos para mejorar la accesibilidad en un espacio de pública concurrencia.

A continuación, se presentan algunas imágenes de la reforma y las modificaciones en plano, visualizando el antes y después:



Ilustración 2. Estado inicial y reformado. Fotos propiedad de Ángel Quello.

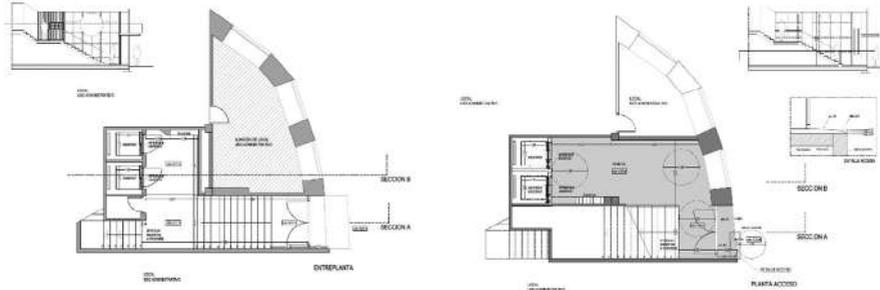


Ilustración 3. Planos del estado inicial y final de la intervención. Fotos propiedad de Ángel Quello.

5.2 Instalación de ascensores en edificios de 4 plantas

Esta intervención se ha realizado en varios bloques de viviendas situados al final de la calle Alcalá (n.º 572, 577, 586...) en Madrid. Se trata de edificios construidos en los años 70 conformados por 4 alturas sobre rasante con dos vecinos por planta. Las dimensiones interiores del portal no permitían la instalación de un ascensor en el interior, por lo que se planteó instalar el ascensor en la vía pública y mediante pasarelas desembarcar directamente en la vivienda de cada propietario.

El ascensor se ubica en la parte exterior de la acera y siempre dejando un paso libre peatonal de 1,80 m junto a la fachada. En los casos en los que no ha sido posible porque la acera era más estrecha, el ascensor se ha ubicado en la calzada, en la zona de estacionamiento. El acceso a la cabina se realiza directamente desde la acera y se ha dispuesto llave de seguridad para permitir el uso únicamente a los propietarios. También se han colocado videoporteros para mejorar la seguridad. El estudio de ingeniería y la empresa de ascensores realizaron el proyecto de ejecución, los informes oportunos, la aprobación en junta de propietarios y gestionaron todos los trámites con el Ayuntamiento de Madrid para la concesión de la licencia y la cesión de uso del suelo.

El acuerdo entre los vecinos, la flexibilidad de la entidad municipal y el trabajo de un equipo de profesionales han mejorado la accesibilidad y posibilitado que los propietarios de las viviendas puedan salir a la calle. Al comprobar los resultados de la actuación, dicha intervención se ha replicado en numerosos bloques de la calle. Se destaca como buena práctica de colaboración y flexibilidad entre una entidad municipal y una comunidad de vecinos para abordar la inclusión de las personas.

A continuación, se presentan algunas imágenes de las reformas:



*Ilustración 4. Vista general de núcleos de ascensores ubicados en la vía pública.
Foto propiedad de Google.*



*Ilustración 5. Diferentes vistas de los núcleos de ascensores.
Fotos propiedad de Carmen Fernández.*

5.3 Vivienda accesible en Alcalá de Henares

Se trata de una promoción de obra nueva formada por 123 viviendas de VPPL integradas en una urbanización privada, ubicada en la zona de Espartales en Alcalá de Henares, Madrid. Los inmuebles disponen de dos, tres y cuatro habitaciones, plazas de garaje y trasteros. Todos los pisos son exteriores y cuentan con terrazas. Hay varias viviendas accesibles en las que se han cuidado todos los detalles, desde la altura de enchufes, interruptores, telefonillo y cuadro eléctrico, diseño de las ventanas con zonas acristaladas más bajas y manivelas de fácil alcance, pavimentos antideslizantes...

hasta el diseño de la cocina. Los armarios empotrados tienen luz y barra a doble altura. El complejo residencial cuenta con varias zonas comunes que incluyen piscina con grúa para acceder al vaso, pista de pádel con rampa para llegar a nivel, área de juegos infantiles y espacios ajardinados. Los accesos se realizan mediante rampa con barandillas y en el sótano se dispone de plazas de estacionamiento reservadas correctamente señalizadas con zona para posibilitar la subida y bajada del vehículo.

Un correcto diseño del proyecto, junto al control durante la ejecución de obra, aplicando la normativa de accesibilidad correspondiente y avanzando un paso más para cuidar detalles *a priori* inapreciables ha dado como resultado unas viviendas cálidas, confortables y accesibles para todas las personas.

A continuación, se presentan algunas imágenes de la actuación y la distribución en plano:



Ilustración 6. Plano de distribución de la vivienda accesible. Imagen propiedad de Carmen Fernández.

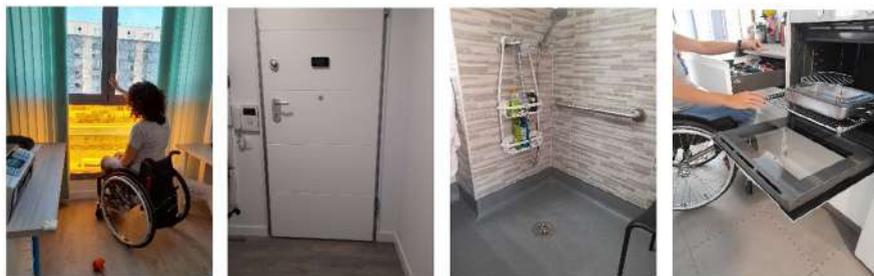


Ilustración 7. Detalles de accesibilidad en el interior de la vivienda. Fotos propiedad de Carmen Fernández.

5.4 Actuación integral en la colonia Puerto Chico se mueve, en Aluche (Madrid)

Es un proyecto que se lleva a cabo mediante un proceso participativo de acción-concienciación vecinal, para llevar a cabo la remodelación urbana de esta colonia de la década de los 60. Se trata de una intervención global sobre el edificio que resuelve a la vez problemas de habitabilidad, falta de eficiencia energética y confort (térmico, acústico o lumínico) y accesibilidad.

La intervención ha consistido en añadir una galería prefabricada por el patio de luces de los edificios. Estas galerías, además de alojar los ascensores para hacer posible la comunicación vertical desde la calle a las plantas, permiten ampliar el espacio de las cocinas de las viviendas, con lo que se mejora la iluminación y ventilación natural de la caja de escalera y se minimizan los riesgos ante un incendio. Se trata de una intervención muy adecuada, pues las pautas de la Unión Europea y los fondos de recuperación asociados se dirigen a una economía sostenible (Pacto Verde Europeo), que reduzca su huella de carbono y ayude a cumplir los compromisos políticos derivados de la crisis climática. Una visión integral de la rehabilitación permitiría aprovechar sinergias económicas y sociales que pueden impulsarla.



Ilustración 8. Estado inicial y reformado tras instalar la galería para alojar el ascensor y ampliar las cocinas. Fotos propiedad Lucía Martí y Miguel Ángel Pumariega.

6

BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de Fomento, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, 2019. *Código Técnico de la Edificación, Documento Básico Seguridad de utilización y accesibilidad (DB-SUA)*. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SUA/DccSUA.pdf>

Fundación Mutua de Propietarios, 2018: *La accesibilidad de las viviendas en España*. [Consulta: junio de 2021]. Disponible en: https://www.fundacionmdp.org/wp-content/uploads/2018/04/201803-Accesibilidad-vivien-das-espana_FundacionMdp-min.pdf

HERNÁNDEZ GALÁN, Jesús, 2019. *Manual Técnico de Accesibilidad en Municipios*. Fundación ONCE/Vía Libre. [Consulta: junio de 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.fundaciononce.es/publicaciones/colecciones-propias/coleccion-accesibilidad/manual-tecnico-de-accesibilidad-en>

Fundación ONCE y Fundación Mutua de Propietarios, 2019. *Accesibilidad en edificaciones existentes: criterios de intervención*. Editorial ONCE/Vía libre. [Consulta: junio de 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.funda->

ciononce.es/publicaciones/colecciones-propias/coleccion-accesibilidad/accesibilidad-en-edificaciones-existentes

GARCÍA, Montserrat, 2019. *El derecho a la vivienda accesible y asequible*. Revista GI Sobreruedas. Disponible en: https://siidon.guttmann.com/files/sr_101_2n_2019_17_siidon.pdf

Housing Quality Indicators (UK), 2015. *Indicadores de calidad de la vivienda*. [Consulta: junio de 2021]. Disponible en: <https://www.gov.uk/guidance/housing-quality-indicators>

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020. *Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España*. [Consultado: junio de 2021]. Disponible en: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es_ltrs_2020.pdf

UNE 170001-1:2007 *Accesibilidad Universal. Parte 1: Criterios DALCO para facilitar la accesibilidad al entorno*.

UNE 41500:2001 IN *Accesibilidad en la edificación y el urbanismo. Criterios generales de diseño*.

UNE 41524:2010 *Accesibilidad en la edificación. Reglas generales de diseño de los espacios y elementos que forman el edificio. Relación, dotación y uso*.

UNE-ISO 21542:2012 *Edificación. Accesibilidad del entorno construido*.

UNE 170001-2:2007 *Accesibilidad universal Parte 2: Sistema de gestión de la accesibilidad*.

Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social.

ERGONOMÍA, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD

ENTORNO DE APROXIMACIÓN AL EDIFICIO. ¿CÓMO SE LLEGA A LA VIVIENDA?

1 CONEXIÓN CON LOS MEDIOS DE TRANSPORTE

Existencia de **transporte público** accesible.

Existencia de **plazas de aparcamiento públicas accesibles** para personas con movilidad reducida (incluido el diseño).

Existencia de **paradas de taxi**.

2 ITINERARIO PEATONAL EXTERIOR

Las **aceras que dan acceso al edificio de viviendas son accesibles** (anchura, pavimento, obstáculos, pendientes, etc.).

Los **pasos y vados peatonales son adecuados**.

Existencia de **señalización direccional exterior** adecuada para la correcta localización de la entrada y su acceso (portal, recinto de la comunidad, etc.).

La **iluminación existente permite un tránsito seguro** por el itinerario.



ACCESO AL EDIFICIO.

¿ES POSIBLE ACCEDER AL EDIFICIO?

1 RECORRIDOS INTERIORES EN EL RECINTO (SI EXISTE) HASTA EL ACCESO PRINCIPAL

Existe itinerario **accesible peatonal** desde el acceso al recinto (o plaza propia de aparcamiento adaptada) hasta el acceso del edificio.

Acceso al edificio fácilmente localizable (nombre, número, puerta de paso).

2 CONFIGURACIÓN DEL ACCESO

En caso de existencia de desnivel entre el espacio exterior y la puerta de acceso, este está adaptado y es accesible, o bien tiene alguna otra alternativa accesible (rampa, plataforma elevadora, indicación de que existe otra entrada a nivel).

MÍNIMOS: Las **puertas de acceso y huecos de paso** permiten un tránsito seguro y cómodo (anchura, peso de la hoja, tipo de manivela y cerradura, complejidad en el manejo de la llave). **MÁXIMOS:** **Puertas automáticas** y cerraduras inteligentes.

Pavimento adecuado: no deslizante y sin resaltes, felpudos firmes y encastrados.

MÍNIMOS: **Dispositivos de llamada adecuados** (timbre, interfono, comunicador, portero automático, etc.). **MÁXIMOS:** **Altura de colocación <1.20 m** para su uso por personas de diferente estatura, tamaño de los textos y posibilidad de identificación visual y acústica desde el interior de la vivienda con el exterior.



ERGONOMÍA, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD

TRÁNSITO INTERIOR

¿PUEDE RECORRERSE EL INTERIOR DEL EDIFICIO?

1 ZONAS COMUNES

MÍNIMOS: sistema de control y acceso (cancela).
MÁXIMOS: activación a través de aplicación del móvil.

Recepción, garita de control o portería accesible (localizable, con mostrador de dimensiones adecuadas).

MÍNIMOS: los elementos auxiliares (buzones, carteles informativos y elementos decorativos) se sitúan al margen de los itinerarios peatonales y cuentan con altura y espacio libre de aproximación y uso. **MÁXIMOS:** altura de colocación <1.20 m para su uso por personas de diferente estatura, tamaño para albergar documentos en braille y paquetes de mayor tamaño.

2 ITINERARIOS INTERIORES DEL EDIFICIO

Los itinerarios son **accesibles en sus dimensiones** y no tienen obstáculos en su recorrido (en horizontal o elementos volados).

Pavimento adecuado: no deslizante y sin resaltes, felpudos firmes y encastrados.

Los itinerarios **permiten la maniobra y giro de silla de ruedas.**

Los **paramentos verticales están contrastados con respecto al pavimento** (si son de vidrio se señalizan con bandas de color).





3 HUECOS Y PUERTAS DE PASO

Los huecos de paso y las puertas presentan unas **dimensiones adecuadas** y son fácilmente localizables.

Las puertas se accionan con **mecanismos a presión o palanca o son automáticas** estando bien reguladas.

4 RAMPAS

Rampas con dimensiones/diseño adecuados.

Rampas con pendientes adecuadas.

Parte inferior de las rampas protegida.

Señalización podotáctil de color contrastado al inicio y final de la rampa.

Barandilla de protección a ambos lados con altura y diseño adecuados.

Pasamanos a doble altura, firme, fácil de asir, que permite el paso continuo de la mano, separado del paramento.

5 ESCALERAS

MÍNIMOS: escaleras con dimensiones/diseño adecuados.

MÁXIMOS: contraste cromático entre la huella y la tabica.

Parte inferior de las escaleras protegida.

Señalización podotáctil de color contrastado al inicio y final de las escaleras.

Señalización en borde de peldaños.

MÍNIMOS: iluminación (adecuada intensidad y regulación del tiempo de duración en caso de temporizador).

MÁXIMOS: instalación de sensores de presencia.

Barandilla de protección a ambos lados con altura y diseño adecuados.

MÍNIMOS: pasamanos firme, fácil de asir, permite el paso continuo de la mano, separado del paramento. **MÁXIMOS:** disposición del número de planta en braille en el pasamanos.

ERGONOMÍA, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD

TRÁNSITO INTERIOR ¿PUEDE RECORRERSE EL INTERIOR DEL EDIFICIO?

6 ASCENSORES

MÍNIMOS

Delante del ascensor, en cada una de las paradas, existe **espacio suficiente de maniobra**.

Señalización del embarque con **pavimento diferenciado**.

Dimensiones de la cabina adecuadas.

Puertas automáticas de **dimensiones adecuadas**.

Dimensión de la puerta y tipo de apertura.

Dispone de **señalización y sistemas de comunicación** (número identificador de planta al lado de la puerta del ascensor, sintetizador de voz y sistema de comunicación en caso de emergencia).

Botonera y pulsadores de planta a la **altura adecuada** (en braille y alto relieve).

Dispone de **pasamanos** interior.

MÁXIMOS

Permitir el **giro de 360°** por un usuario en silla de ruedas o un cochecito de bebe.

Hojas de **vidrio** para comunicación del interior de la cabina con el exterior

Puerta **automática con tiempo de apertura** que permite poder entrar o salir en condiciones de seguridad y cortina de infrarrojos para evitar golpes y cierres inoportunos.

Bucle magnético dentro de la cabina y monitor para comunicación visual con all center en caso de emergencia (para comunicación de las personas sordas).

Preferentemente horizontal, con verificación visual y sonora de que se a presionado el botón.

7

OTROS ELEMENTOS DE CIRCULACIÓN VERTICAL



Plataformas verticales adecuadas (como alternativa cuando no hay ascensor o rampa).

MÍNIMOS: plataformas salvaescaleras adecuadas (como alternativa cuando no hay ascensor o rampa).

MÁXIMOS: disposición de trasportín abatible para aportar seguridad en el recorrido.

LOS GARAJES Y LAS ZONAS DE APARCAMIENTO. ¿ES POSIBLE APARCAR EL VEHÍCULO Y LLEGAR HASTA LA VIVIENDA?

Apertura **automática del garaje sin descenso** del vehículo, en caso de sistema manual considerar correcta colocación del sistema.

Itinerario accesible **libre de obstáculos hasta la vivienda** (puertas adecuadas, ausencia de escalones sueltos o salvados con rampa).

OTRAS ZONAS DE USO COMÚN (TRASTEROS, PISCINAS, JARDINES, PARQUES, ETC.). ¿ES POSIBLE ACCEDER Y HACER USO DE LAS ZONAS COMUNES?

Itinerario accesible **libre de obstáculos** hasta cada zona (puertas adecuadas, ausencia de escalones sueltos o salvados con rampa).

Sistemas de **apertura colocados a la altura adecuada** y de fácil manipulación.

Existencia de **elevador hidráulico para piscina**.

Mobiliario ergonómico (banco, fuentes, papeleras, columpios, etc.).

MÍNIMOS: pavimentos duros sin resaltes y antideslizantes.

MÁXIMOS: en la zona de juegos infantiles no disponer arena para posibilitar el acceso a los progenitores que se desplazan en silla de ruedas.

ERGONOMÍA, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD

LA VIVIENDA.

¿SE PUEDE ACCEDER Y DEAMBULAR CON AUTONOMÍA?

1 EL ACCESO A LA VIVIENDA

MÍNIMOS

Puerta de acceso (anchura y peso adecuado, adecuada iluminación para manipular la cerradura, pavimento no deslizante y ausencia o fijación del felpudo).

Sistema de accionamiento y apertura.

Disposición de la mirilla.

MÁXIMOS

Contraste cromático con la pared en la que se sitúa.

Asa en **forma de "U" y cerradura electrónica.**

Instalación de **doble mirilla** (1,00 y 1,50 m) o mirilla digital.

2 RECORRIDOS POR EL INTERIOR DE LA VIVIENDA

Anchura del hall o pasillo de entrada que permita el giro de un usuario de silla de ruedas y de un carrito de bebé.

Ausencia de escalones sueltos para acceso a las estancias o terrazas incluso grupo de escaleras para acceder a la planta superior (salvados con escaleras o elevadores mecánicos).

< 1,50 m para permitir el giro de 360°. < 1,50 m para permitir el giro de 360°. < 1,50 m para permitir el giro de 360°. < 1,50 m para permitir el giro de 360°.

Las puertas de salida a las terrazas enrasadas y con **rejilla de desagüe de las aguas pluviales** en el exterior para evitar que el agua entre al interior, o drenaje en la carpintería. Disponer una **cuña para salvar el resalte.**

Dimensión de las puertas de paso y acceso a las distintas dependencias.

La hoja mínima a emplear será de 82,5 x 203 cm en hojas abatibles y un poco mayor en puertas correderas para garantizar el espacio libre de paso.

Preferiblemente correderas empotradas en el tabique para ganar espacio y evitar golpes.

Ventanas (diseño, dimensión y sistema de apertura y cierre).

Oscilobatientes o correderas para evitar golpes y verticales o con una parte **fija acristalada en la parte inferior** para posibilitar mejor la visión desde el interior estando sentado, con **mecanismos de accionamiento más bajos**.

Las manetas y sistemas de accionamiento, pestillos y cancelas accesibles (ubicación, localización y manipulación).

De cómodo agarre y accionamiento (de presión o de palanca), en forma de “U” para evitar enganches y con contraste cromático con la hoja de la puerta, **evitar pequeñas dimensiones y formas redondeadas** que exijan alta destreza manual.

Interruptores, mecanismos de mando, control y accionamiento (colocación y localización del cuadro eléctrico, termostato, etc.).

Colocación entre 80 y 120 cm de altura para facilitar su alcance, **con contraste cromático y un piloto luminoso** para una rápida y eficaz localización. **Muy acertado utilizar marcos de distintos colores** para cada tipo de interruptor y enchufe, para identificar más fácilmente la funcionalidad del mecanismo.

MÍNIMOS: **pavimento adecuado**, no deslizante, sin resaltes y que no produzca reflejos.

MÁXIMOS: disponer **sistema de domótica** para facilitar la interacción con todos los dispositivos y mecanismos existentes, tales como la televisión, climatización, persiana, iluminación, etc.

MÁXIMOS: considerar los **colores de las paredes para producir contraste**, facilitar la orientación en el espacio e influir sobre el estado de ánimo y la salud.

ERGONOMÍA, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD

EL CUARTO DE BAÑO. ¿EL CUARTO DE BAÑO ES ADECUADO Y SEGURO PARA TODAS LAS PERSONAS?

MÍNIMOS

Puerta del aseo de dimensiones adecuadas, con apertura hacia el exterior o corredera, con tiradores y cancelas ergonómicos.

Las manetas y sistemas de accionamiento, pestillos y cancelas accesibles (ubicación, localización y manipulación).

Espacio suficiente de maniobra en el interior de la cabina y para la transferencia al inodoro.

Tipo de inodoro.

MÁXIMOS

La puerta con hoja de 82 cm de ancho y apertura al exterior para evitar el bloqueo de la misma por un usuario caído en el suelo; **opción más eficaz,** disponer puerta corredera con una hoja un poco mayor que la abatible, para dejar igual anchura de paso libre, ya que el asa de apertura de la puerta corredera impide que la hoja se oculte en toda su magnitud dejando menor ancho de paso libre. **Considerar contraste cromático** para facilitar la localización.

Las manetas, tiradores, cancelas y pestillos con criterios ergonómicos que faciliten el agarre y control, colocados entre 0,80 y 1,20 m de altura y presión o palanca, **maniobrables con una sola mano** y no enganchables.

Espacio central suficiente para moverse sin obstáculos, garantizando a los usuarios una **rotación de 360°** y el acceso a todos los elementos de forma autónoma o asistida.

En el caso de usuarios de silla de ruedas y personas mayores disponer inodoro de peana alta para facilitar la transferencia y el uso, o los inodoros suspendidos que permiten colocarse a la altura que se desee (teniendo en cuenta a que altura se deja replanteado el manguetón), permiten una mejor aproximación y maniobra y permiten una mejor limpieza del aseo y del propio inodoro.

El **inodoro** dispone de **barras de apoyo** adecuadas

Importante disponer un refuerzo en la pared por si a futuro fuera necesario disponer barras de ayuda. Una buena práctica es disponer **próximo al inodoro un punto de agua** para realizar la limpieza desde el propio inodoro evitando posibles riesgos de caídas.

El **lavabo** permite el uso por su situación, altura, hueco inferior para la aproximación.

Disponer el **lavabo suspendido**, dejando una altura libre inferior >70 cm , la superior comprendida entre 80 y 85 cm y un fondo de 50 cm. Garantizar un fondo > 25 cm , que limita la posición del desagüe y las llaves de paso, que estarán debidamente aisladas para evitar quemaduras. **También se puede disponer un lavabo regulable en altura** de forma manual o electrónica.

La bañera permite el acceso y el uso y dispone de barras de ayuda.

Una bañera tiene **beneficios asociados a considerar**; hay que disponer barras de ayuda para entrar y salir y algún tipo de alfombrilla para evitar resbalones o tiras de material rugoso antideslizante y en el caso de que la persona use una grúa, disponer un espacio libre por debajo de la misma para que puedan entrar las patas de la grúa y alojar a la persona en el interior de la bañera.

Los **grifos** permiten su alcance y su uso.

Contarán con **termorregulación y serán monomandos con palanca**, táctiles o de detección de presencia y los de la ducha tendrán un alcance horizontal desde el asiento de 60 cm. **Son preferibles los mecanismos de tipo palanca** o con sensor.

ERGONOMÍA, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD

MÍNIMOS

El espejo se sitúa a una altura y **con una inclinación** que permite su uso (borde inferior del espejo colocado a 90 cm del suelo y en el caso específico de uso por personas en silla de ruedas o de baja estatura tendrá una inclinación regulable de 10° aproximadamente para facilitar la visión).

Los **accesorios del aseo** se encuentran a una altura que permite su manipulación y uso (comprendido entre 90 y 120 cm desde el suelo).

Colocación de barras de ayuda adecuadas y correctamente ancladas.

MÁXIMOS

Es **más recomendable** disponer un espejo situado el borde inferior a 90 cm y el superior a 1.85 m para permitir la visión de personas de diversas estaturas, de esta manera se abarca un rango mayor de altura. Además **los espejos inclinados deforman y distorsionan la imagen.**

Todo el equipamiento tendrá un diseño ergonómico, será comprensible, de fácil accionamiento y contrastará cromáticamente con el entorno. Los accesorios colocados en voladizo que sobresalgan más de 10 cm se situarán de manera que no produzcan riesgos de impacto o prolongados en la vertical hasta el suelo.

Las barras **horizontales son para levantarse**, las **verticales para sujetarse** y las barras anguladas fijas a una pared lateral (en L) facilitan tanto la acción de levantarse como de mantenerse en pie. **No se recomiendan las barras fijas al suelo o con pie para evitar tropiezos**, aunque suelen ser apropiada cuando la pared es de un material poco estable y es complicado anclarla garantizando la seguridad.

Pavimento y revestimiento adecuados: no deslizante, sin resaltes y que no produzca reflejos.

Los materiales empleados serán fáciles de limpiar, resistentes al uso cotidiano, contrastarán cromáticamente con los sanitarios y resto de equipamiento y **no provocaran reflejos** que generen deslumbramientos.

El cuarto de baño dispone de **sistema de aviso de emergencia**.

La garantía de seguridad se completa con la instalación de un **sistema, luminoso y acústico, de llamada de auxilio** desde su interior que abarque toda la superficie de la cabina disponiendo sensores que detecten la caída y activen la alarma, bien a una baliza o a un mensaje al móvil.



ERGONOMÍA, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD

LA COCINA. ¿LA COCINA ES ADECUADA Y SEGURA PARA TODAS LAS PERSONAS?

1 TAMAÑOS Y DISTANCIAS

MÍNIMOS

Puerta de la cocina de dimensiones adecuadas, abatible o corredera, con tiradores ergonómicos.

Espacio suficiente de maniobra en el interior de la estancia.

Adecuada ubicación y **colocación de interruptores**, llaves de paso, telefonillos, etc. para su uso.

MÁXIMOS

La puerta con hoja de 82 cm de ancho; opción más eficaz, disponer **puerta corredera** con una hoja un poco mayor que la abatible, para dejar igual anchura de paso libre, ya que el asa de apertura de la puerta corredera impide que la hoja se oculte en toda su magnitud dejando menor ancho de paso libre. **Considerar contraste cromático** para facilitar la localización.

Se deben permitir zonas de paso de 90 cm de ancho libre y asegurar en el interior un espacio libre de obstáculos en el que pueda **inscribirse un cilindro de 150 cm** de diámetros. Mínimos desplazamientos y posibilitar el alcance visual y manual.

Los controles de los electrodomésticos, las llaves de paso, los interruptores, y telefonillos estarán colocados para ser **manipulables por usuarios de diversa altura y se evitarn los elementos volados** que puedan provocar golpes al no ser percibidos.

Diseño y disposición del mobiliario (fregadero, cocina, horno, electrodomésticos y otros).

La **disposición en forma de L y U son las más correcta** pues hay continuidad entre las zonas de trabajo, se reducen las distancias, se focalizan las zonas de trabajo y los alimentos y utensilios se mueven de un lado a otro sin necesidad de levantarlos de la encimera o plano de trabajo. **Posible regulación**, eléctrica o manual, la altura de las zonas de trabajo según las necesidades de los usuarios y dejar espacio para las piernas.

2 ZONAS Y MOBILIARIO DE TRABAJO

Aproximación a la encimera, fregadero y placa.

Aproximación **frontal y un hueco inferior libre** de 70 y 80 cm de altura para personas sentadas y entre 85 y 95 cm para personas de pie, 80 cm de ancho y todo el fondo de la encimera (< 60 cm para alcanzar objetos por personas en silla de ruedas, de baja estatura o con dificultades de movilidad en los miembros superiores) o mesa. En el caso de la placa de cocina o el fregadero el área de actividad se establece en 80 x 150 cm. **Se recomiendan las cocinas eléctricas con mandos** (evitando las encimeras táctiles por la dificultad de localización por una persona ciega) y se debe **aislar térmicamente la superficie inferior** de la encimera para evitar quemaduras en las piernas y rodillas.

La iluminación existente permite la actividad en la estancia.

Evitar las sombras sobre la zona de trabajo, y controlar que no haya cambios bruscos de luz entre unas zonas y otras. Es **adecuado contar con luces adicionales** que enfoquen directamente la zona de trabajo sin que produzcan sombras ni deslumbramiento, y puedan seleccionarse según la tarea.

ERGONOMÍA, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD

3 ESPACIOS Y MOBILIARIO DE ALMACENAJE

MÍNIMOS

MÁXIMOS

Diseño y disposición de muebles.

Buena solución de accesibilidad son las columnas de estantes deslizantes o los cajones con organizadores. La máxima efectividad aconseja la aproximación lateral, en los armarios con puertas es preferible el acercamiento frontal. Disponer de un borde contrastado para favorecer su localización visual. **También resulta útil** disponer una barra a lo largo del mueble, para servir de apoyo a los usuarios con dificultades para mantener bien el equilibrio.

Diseño y disposición de electrodomésticos.

Para neveras, lavadoras, secadoras y lavaplatos se necesita un **espacio mayor de maniobra previa y margen** para alcanzar a los tiradores y manipular con comodidad. El horno colocado en columna para dejar espacio libre por la parte inferior, como máximo a la altura entre 120 cm y 165 cm para ver el interior y facilitar la manipulación de los alimentos. Las **superficies próximas serán resistentes al calor** para apoyar las cazuelas, bandejas y recipientes calientes cuando se sacan del horno. **Se aconseja** disponer un tablero extraíble para apoyar las cacerolas que salen del mismo.

Diseño y disposición del fregadero.

La **zona de acopio del menaje** estará junto al fregadero a una altura y distancia de fácil acceso y poder desplazar las cacerolas por la encimera y llenarlas de agua sin tener que levantarlas.

Grifería monomando y de fácil manipulación.

Grifo de maneta **larga y extraíble**, para facilitar su alcance desde el borde de la encimera y llenar cubos apoyados en el suelo. Existen grifos que **se pueden activar pulsando una pestaña en la alcachofa**.

Elección y colocación de interruptores.

Adecuada la instalación de interruptores de presión de gran superficie, y enchufes que facilitan el machihembrado. Las **llaves de control deben identificarse visualmente y con el tacto** para que puedan ser utilizadas por personas con discapacidad visual, y por seguridad estar situadas frente a la encimera. **Importante utilizar colores en los cercos de los enchufes** y pulsadores de la luz para diferenciar si son enchufes corrientes de 10/16/25 amperios.



agua fresca
en las
calurosas
noches
de verano

CAPÍTULO 7: CALIDAD DEL AGUA

1

COMPONENTES DEL GRUPO

Este capítulo se ha elaborado por el siguiente equipo de trabajo:

María José Farré Olalla, (coordinadora), Instituto Catalán de Investigación de Agua, (ICRA).

Pilar Castro Sot, Organisme de Salut Pública de la Diputació de Girona (Dipsalut).

Carmen Devesa Fernández, Clúster de Hábitat Eficiente (AEICE).

Silvia Gómez Montes, Sens Solutions.

Marina Concepción Losada Castro, Grupo ABN.

Miguel Ángel Mena García, Dileka Spain.

Francisco Javier Rodríguez Marrero, FCC Aqualia.

2

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es el grado en que el agua está limpia y si es adecuada para un propósito particular, como beberla. El agua pura (destilada) es incolora, inolora e insípida y el agua potable contiene sales a concentración permitida que le dan el gusto particular. El gusto de las aguas españolas puede cambiar, ya que el origen de las aguas y el tratamiento de potabilización puede ser muy diferente. Por ejemplo, según la cantidad de sales como de magnesio o calcio, el agua se clasifica como dura o blanda. También si la zona de captación está cerca del mar se habla de aguas salobres por la alta concentración de sal. Además, los tratamientos de potabilización pueden variar hasta ser muy sofisticados incluyendo ozonización o filtración con membranas. A pesar del concepto integral de este término, la calidad del agua a menudo se entiende de manera muy limitada como un conjunto de estándares con los cuales se puede evaluar el cumplimiento normativo, generalmente logrado a través del tratamiento del agua.

Actualmente la calidad del agua se rige por el RD 140/2003, de 7 de febrero, y posteriores modificaciones (RD 314/2016, de 29 de julio, y RD 902/2018, de 20 de julio). Básicamente, según el RD 140/2003, en el grifo del consumidor lo que hay que buscar es amonio, bacterias coliformes y

Escherichia coli, cloro libre residual cuando se utilice para el tratamiento de la potabilidad del agua o sus derivados, subproductos de desinfección (como trihalometanos), conductividad, metales (cobre, cromo, níquel, hierro y plomo, o cualquier otro parámetro si se sospecha que la instalación interior tiene este tipo de material instalado), sabor, olor, color, turbidez y pH. Recientemente se ha aprobado la Directiva (UE) 2020/2184 de 16 de diciembre de 2020, que realiza algunos cambios en parámetros e introduce la búsqueda de nuevos parámetros. Algunos de estos nuevos parámetros son el uranio, subproductos de desinfección (ácidos holoacéticos), ácidos fluoroalquilados, algunos disruptores endocrinos (bisfenol-a y nonifenoles), hormonas (B-estradiol) y microplásticos, así como algún parámetro microbiológico *Legionella y colifagos* (virus) y se implanta otro tipo de controles como el de valoración del riesgo en la distribución doméstica del agua. La Directiva Europea 2184/2020 se deberá implementar en el término de dos años.

La calidad del agua se garantiza en la estación de tratamiento de agua potable (ETAP), ya que hoy en día el 99,5 % del agua distribuida en España cumple con estos estándares. Sin embargo, el suministro de agua (que cumple las normas pertinentes) en los edificios depende generalmente de una instalación de fontanería que no gestiona directamente el proveedor de agua. Se han asociado significativos efectos adversos para la salud debido a la presencia, en edificios públicos y privados, de instalaciones de fontanería inadecuadas debido a su diseño deficiente, instalación incorrecta, alteraciones o mantenimiento inadecuado. Las viviendas en España cuentan con una antigüedad media de 45 años, lo cual afecta a la falta de materiales adecuados, instalaciones interiores obsoletas, falta de documentación sobre su mantenimiento, memoria de calidades, eficiencia energética, independencia de contadores de agua y calefacción, etc. Por lo tanto, es muy importante controlar la calidad del agua sobre todo en viviendas rehabilitadas.

Definiríamos como instalaciones interiores de un edificio el conjunto de tuberías, depósitos, conexiones y aparatos instalados después de la conexión de servicio y la llave de paso correspondiente que enlaza con la red de distribución. Las problemáticas de la instalación interior suelen venir por filtraciones con el saneamiento u otras redes de desagüe (presencia de patógenos) o deterioro de tuberías debido a corrosión o cesión de metales.

Además, hay que tener en cuenta la existencia de depósitos dentro de la instalación, lo que puede provocar problemas para la calidad del agua como son: la acumulación de sedimento (turbidez elevada y color), la contaminación microbiológica o la contaminación química debido a material inapropiado de recubrimiento. Otros posibles problemas que hay que contemplar son los cortes de suministro, bajada de presión, contaminación microbiológica debido al sifonaje, formación de subproductos de la desinfección por re desinfección o por exceso de tiempo de contacto del desinfectante con el agua tratada.

Respecto a los materiales utilizados, estos se deben ajustar al Código Técnico de la Edificación (BOE n.º 74 de 28 marzo 2006), que incluye en el art. 13.4 la exigencia básica HS4. Los materiales de tuberías, accesorios, depósitos y otros elementos que intervienen en la red de fontanería pueden ocasionar concentraciones elevadas de metales pesados en el agua (por ejemplo, en las instalaciones antiguas de plomo), así como el uso de materiales inadecuados puede facilitar la proliferación de bacterias. El CTE en su documento HS4 considera adecuados para las instalaciones de agua potable los siguientes materiales para las tuberías: cobre, acero inoxidable, policloruro de vinilo clorado (PVC-C), policloruro no plastificado (PVC), polietileno (PE), polietileno reticulado (PE-X), polibutileno (PB), polipropileno (PP) y polímero multicapa. Por otro lado, el material aceptado para válvulas y llaves no debe ser incompatible con las tuberías en que se intercalen. Por ejemplo, el cuerpo de la llave o válvula debe ser de una sola pieza de fundición o fundida en bronce, latón acero, acero inoxidable, aleaciones especiales o plástico. Otro parámetro importante es el índice de Langelier, que lleva a problemas de color en el agua por la agresividad en ciertos materiales metálicos. El índice de Langelier es el valor obtenido substrayendo el pH de saturación (pH_s) del pH medido en una muestra de agua y está regulado en el RD 140/2003. Este no afecta a la potabilidad, pero sí afecta a las conducciones por la posible agresividad del agua. Deberían definirse mapas de calidad para seleccionar materiales a instalar. Este parámetro es muy importante sobre todo en viviendas de más de 45 años (tuberías de cobre y hierro fundido). Si el parámetro no está apropiadamente ajustado, las tuberías se deberían reemplazar.

2.1 Contaminación microbiológica

El objetivo de los tratamientos físicos y químicos del agua destinada al consumo humano es minimizar los niveles de coliformes totales a menos de 1 coliforme por cada 100 ml. Esta es una prueba que se utiliza de manera complementaria para determinar la calidad bacteriológica de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas servidas. El incumplimiento de los límites establecidos puede ocasionar riesgos para la salud a corto plazo.

Los sistemas de distribución de aguas están compuestos por una serie de componentes que no son desinfectados ni esterilizados previamente durante su construcción. Debido a esto, el agua potable no es estéril y puede contener material biológico vivo que puede influir en la calidad del agua en la red de distribución, en caso de que por algún motivo se haya eliminado el cloro a la entrada del edificio. Del mismo modo se debe prestar especial atención a los sistemas de distribución mal diseñados, construidos y operados, ya que la calidad del agua se deteriorará en el sistema de distribución e incluso pueden producirse brotes de enfermedades.

La naturaleza del material biológico en los sistemas de distribución de agua es el resultado de una compleja serie de reacciones físicas, químicas y biológicas. Los organismos vivos y sus nutrientes pueden entrar en el sistema de distribución con el agua bruta durante los procesos de tratamiento o a partir de fuentes como guías, conexiones cruzadas, sifones de retorno y depósitos abiertos. El crecimiento biológico puede producirse en la superficie de la tubería o cerca de ella, en la interfaz de las partículas en suspensión y en el agua.

Debido a la composición del agua y las impurezas que contiene, se pueden ir generando unos depósitos inorgánicos y/u orgánicos en las superficies de las tuberías. Estos depósitos pueden inducir cambios en la calidad del agua, aumentar la corrosión en la superficie y aumentar la resistencia a la fricción del fluido, además de favorecer un crecimiento rápido de colonias de bacterias. Existen diferentes tipos de incrustaciones dependiendo del material y de las reacciones químicas o físicas que ocurren en el agua. En el caso de las incrustaciones biológicas (*biofouling*), los depósitos son debidos a la formación de biopelículas orgánicas (*biofilm*), formadas por microorganismos

y sus productos metabólicos. Las incrustaciones inorgánicas favorecen las orgánicas debido a que proporcionan una cierta rugosidad que facilita la adhesión de los microorganismos. Por lo tanto, el crecimiento microbiano dentro de la biopelícula contribuye al depósito de los sólidos inorgánicos en suspensión. Los materiales de la superficie y la rugosidad de la tubería influyen en la mezcla de las incrustaciones inorgánicas y orgánicas y en los procesos de oxidación. La dureza del agua es otro de los factores importantes para el crecimiento microbiano. Debido al grado de dureza del agua se depositará cierto grado de precipitado calcáreo que genera la rugosidad necesaria para la adhesión microbiana. Algunas superficies metálicas pueden liberar componentes tóxicos en la biopelícula inhibiendo su crecimiento y/o adhesión. Algunos metales producen películas de óxido sueltas bajo las biopelículas que promueven la distribución de diferentes colonias debido al desprendimiento de la superficie.

El hipoclorito sódico es el producto químico desinfectante más utilizado. Oxida los polímeros de la biopelícula y provoca una inactivación parcial de la biopelícula. Sin embargo, la alteración de la rugosidad de la biopelícula, el aumento de la corrosión y la rugosidad generada por el hipoclorito sódico en el material de la tubería pueden favorecer el crecimiento posterior de otras biopelículas.

2.2 Contaminación química

La regulación establece una concentración máxima de algunos contaminantes que se generan durante el mismo proceso de potabilización de agua, como por ejemplo los subproductos de la desinfección. Sin embargo, es importante subrayar que el principal riesgo del agua es la contaminación microbiológica, por lo que es necesario utilizar cloro y mantenerlo hasta el grifo del consumidor. En países en proceso de desarrollo, 25 millones de personas mueren cada año a causa de elementos patógenos en aguas contaminadas. En el mundo, la diarrea causa cada año la muerte de 3 millones de niños de menos de 5 años, es decir, provoca el 25 % de la mortalidad en este grupo de edad. La desinfección del agua es uno de los hitos más importantes conseguidos para proteger la salud pública.

Un agua que no sea de calidad tendrá efectos nocivos en los usuarios a diferentes niveles, según el contaminante que contenga. Por ejemplo, agua

con un contenido demasiado elevado de subproductos de la desinfección se ha relacionado con cáncer de vejiga o efectos reproductivos (Evlampidou et al., 2020). Una concentración elevada de plomo puede causar daño al cerebro y a los riñones y puede interferir con la producción de los glóbulos rojos que llevan el oxígeno a todas las partes del cuerpo (Jarvis and Fawell, 2021). Elevados niveles de níquel también se han relacionado con cáncer (OMS, 2005), así como concentraciones elevadas de nitrato se han relacionado con aumento de la frecuencia cardíaca, náuseas, dolores de cabeza y calambres abdominales (OMS, 2011). Cobre y cadmio también son metales con implicaciones en la salud pública que pueden encontrarse en el agua potable como resultado de una instalación inadecuada o antigua (Zietz et al., 2015).

Como ya hemos dicho con anterioridad, lo normal es que todos estos contaminantes estén controlados en una concentración que garanticen la ausencia de efectos nocivos para la salud, a no ser que haya un problema de materiales. Sin embargo, hay otros contaminantes, aquellos conocidos como contaminantes emergentes, que sí pueden estar presentes en el agua porque no están regulados y, sin embargo, se ha descrito en la literatura científica tanto su efecto nocivo para la salud como su presencia en el agua. Algunos de estos contaminantes emergentes que hay que considerar son pesticidas, microplásticos y nanoplásticos, disruptores endocrinos, productos de cuidado personal, retardantes de llama, fármacos o genes de resistencia antibiótica (Richardson, 2009). La presencia de estos compuestos en el agua potable generalmente es muy baja, pero aún se está investigando si puede tener efecto nocivo en la salud de las personas.

3

INDICADORES DE MEDICIÓN DE CALIDAD

Los parámetros para asegurar la calidad del agua están incluidos en las normativas anteriormente descritas (RD 140/2003) y modificaciones posteriores y en la Directiva Europea (Directiva Europea 2184/2020). Para el caso de *Escherichia coli* y bacterias coliformes también se podrán utilizar los métodos alternativos descritos en la Orden SCO/778/2009, de 17 de marzo. Así mismo, también hay normativa para los materiales en contacto con el agua. Respecto al diseño y cálculo de instalaciones de fontanería, encontramos diferentes normativas como el Código Técnico de la Edificación (CTE-HS4), el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y las guías técnicas del IDAE: Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria en edificios de viviendas y la Guía técnica, agua caliente sanitaria central. Finalmente, existe el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Respecto a los sistemas de equipos de tratamiento del agua doméstica, el artículo 10 del RD 140/2003 establece los requerimientos que esos equipos deben cumplir para su instalación en punto de uso y punto de entrada. Dichos requerimientos, que incluyen el cumplimiento del

Código Técnico de la Edificación (CTE-HS4), así como de la norma UNE 149101 u otra equivalente para los equipos de punto de uso, son de obligado cumplimiento.

Las tablas 1 y 2 resumen los valores «saludables» de los parámetros químicos e indicadores del agua potable según la Directiva (UE) 2020/2184. Hay que tener en cuenta que en general estos parámetros son más restrictivos que el RD 140/2003, y que los estados miembros tienen un margen de dos años para implementarlo.

		Valor paramétrico	Unidad
metales pesados	plomo	5*	µg/l
	arsénico	10	µg/l
	antimonio	10	µg/l
	mercurio	1	µg/l
	níquel	20	µg/l
	cobre	2	mg/l
	cadmio	5	µg/l
	cromo	25**	µg/l
	uranio	30	µg/l
subproductos de la desinfección	ácidos haloacéticos	60	µg/l
	trihalometanos	100	µg/l
	clorito	0,25***	mg/l
	clorato	0,25***	mg/l
	bromato	10	µg/l

		Valor paramétrico	Unidad
micro contaminantes	benceno	1	µg/l
	bisfenol A	2,5	µg/l
	1,2-dicloroetano	3	µg/l
	plaguicidas	0,1	µg/l
	hidrocarburos aromáticos	0,1	µg/l
	cloruro de vinilo	0,5	µg/l
	acrilamida	0,1	µg/l
	benzo(a)pireno	0,01	µg/l
	epiclorhidrina	0,1	µg/l
	tetracloroetano y tricloroetano	10	µg/l
otros	cianuro	50	µg/l
	boro	1,5****	mg/l
	fluoruro	1,5	mg/l
	nitrate	50	mg/l
	nitrito	0,5	mg/l
	selenio	20	µg/l

Tabla 1: parámetros químicos del agua potable según la Directiva (UE) 2020/2184

*El valor paramétrico de 5 µg/l se cumplirá, a más tardar, el 12 de enero de 2036. Hasta esa fecha, el valor paramétrico del plomo será de 10 µg/l.

** El valor paramétrico de 25 µg/l se cumplirá, a más tardar, el 12 de enero de 2036. Hasta esa fecha, el valor paramétrico del cromo será de 50 µg/l. *** Se aplicará un valor paramétrico de 0,70 mg/l cuando se emplee un método de desinfección que genere clorito, en particular, dióxido de cloro, para la desinfección de aguas destinadas al consumo humano.

**** Se aplicará un valor paramétrico de 2,4 mg/l cuando el agua sea desalinizada.

	valor paramétrico	Unidad
aluminio	200	µg/l
amonio	0,5	mg/l
cloruro	250	mg/l
pH	6,5 - 9,5	unidades pH
hierro	200	µg/l
manganeso	50	µg/l
sulfato	250	mg/l
sodio	200	mg/l
E.coli	0	numero/100 ml
Clostridium perfringens	0	numero/100 ml

Tabla 2: parámetros indicadores del agua potable según la Directiva (UE) 2020/2184

4

METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN

Las estrategias de muestreo de agua consisten en coger una muestra de agua en un contenedor limpio y específico, a veces con algunos reactivos necesarios para la correcta conservación de los contaminantes. Generalmente también es preferible dejar el grifo encendido un rato antes de tomar la muestra y no generar turbulencias. Por ejemplo, para medir metales habrá que acidificar la muestra, mientras que para medir subproductos de desinfección habrá que añadir un reactivo que elimine el cloro y pare la relación con la materia orgánica, además de no dejar espacio en la botella para evitar la volatilización. Existen laboratorios específicos para cada tipo de contaminantes y normalmente el mismo laboratorio es el que se encarga de proporcionar el material de muestreo.

Además, en el caso de grandes edificios como hospitales o instalaciones deportivas existen estrategias de monitorización en línea que controlan el crecimiento microbiológico en tiempo real. Algunos ejemplos son las técnicas de medición indirecta como la monitorización de la corrosión o del gasto de biocida en el agua o técnicas de medición directa de crecimiento microbiológico con sensores espectrofotométricos, los cuales permiten una actuación rápida ante cambios en el crecimiento y ayudan a mantener una

buena calidad del agua. Recientemente se están introduciendo en el mercado sistemas domésticos para poder monitorear de forma *online* la calidad del agua. Un resumen de las tecnologías, en uso o emergentes, utilizadas como sistemas de alerta temprana por las empresas distribuidoras de agua se puede encontrar en Storey (2011). En un futuro quizás estas tecnologías avanzarán para poder ser viables a nivel de control doméstico del agua.

Se deberán muestrear todos aquellos grifos donde se quiera asegurar la calidad del agua ya que si hay un problema de mantenimiento o de material no será igual en todos los grifos muestreados.

5

ESTRATEGIAS EN EDIFICIOS. RECOMENDACIONES

Se entiende que el agua distribuida supera todos los requisitos para asegurar que es potable, aunque es posible mejorar su calidad en el punto de uso (reducción de THM, eliminación de cal, eliminación de cloro, eliminación de compuestos químicos presentes a concentraciones muy bajas, etc.).

Existen casos concretos de contaminantes, como por ejemplo presencia de arsénico, cuya solución raramente depende del usuario final, y en general la presencia de compuestos peligrosos del agua no viene en el agua de red, sino que es introducida una vez llega al edificio debido principalmente a un mal mantenimiento del sistema de recepción y distribución del agua o un sistema antiguo que contiene materiales inapropiados, como por ejemplo el plomo. Para garantizar la inocuidad del agua de consumo distribuida en el edificio, deben utilizarse técnicas de fontanería que eviten la entrada de elementos que supongan un peligro para la salud. Este objetivo puede lograrse mediante las precauciones que se citan a continuación.

Los materiales utilizados en la fabricación de los equipos de tratamiento de agua deben tener las características adecuadas en cuanto a resistencia mecánica, química y microbiológica para cumplir con los requerimientos inherentes, tanto al agua como al proceso de tratamiento. Las tuberías,

tanto las de agua potable como las de aguas residuales deben ser impermeables y duraderas, tener una superficie interior suave y sin obstrucciones y estar protegidas contra las posibles agresiones.

El material de fontanería debe estar bien seleccionado tras estudiar las características del agua de la zona donde se encuentre la edificación. Un factor para tener en cuenta en la selección de los materiales es la corrosión.

Se debe asegurar que no existan conexiones cruzadas entre la instalación de agua de consumo y la de eliminación de aguas residuales. Además, los sistemas de almacenamiento de agua deben estar intactos y no estar expuestos a la entrada de contaminantes microbianos o químicos. Finalmente, las instalaciones de agua caliente y fría estarán diseñadas para reducir al mínimo la proliferación de *Legionella*.

Existen dispositivos adecuados que evitan el reflujó. En los aparatos y equipos de la instalación, la llegada del agua se realizará de tal modo que no se produzcan retornos. Se deben instalar filtros en la entrada de agua de los edificios. Los filtros deben ser del tipo Y, con un umbral de filtrado comprendido entre 25 y 50 micrómetros, con malla de acero inoxidable y baño de plata, para evitar la formación de bacterias y autolimpiable. La situación del filtro debe ser tal que permita realizar adecuadamente las operaciones de limpieza y mantenimiento. El diseño de las instalaciones de los edificios de múltiples plantas debe reducir al mínimo las variaciones de la presión.

La instalación de fontanería debe tener características adecuadas para evitar la acumulación de lodo, incrustaciones, herrumbre, algas o cieno (que en sistemas de distribución de agua favorece la proliferación de *Legionella*), evitar el desarrollo de gérmenes patógenos y no favorecer el desarrollo de la biocapa (*biofilm*), así como el agua estancada. En los sistemas que se mantienen limpios y en los que se evita el estancamiento de agua es menos probable que se produzca una proliferación excesiva de *Legionella* y coliformes. Actualmente existen tuberías termoplásticas en el mercado que tienen incorporados recubrimientos antimicrobianos al igual que el cobre.

Aparte de los materiales utilizados en la construcción del sistema de distribución, existen diferentes sistemas para mejorar la calidad del agua en el punto de uso. Sin embargo, cada uno tiene sus ventajas y desventajas. La tabla 1 resume los sistemas que actualmente se encuentran en el mercado para poder mejorar la calidad del agua en el punto de uso. Aparte de estos, existen otros sistemas basados en pseudociencias como la magnetización del agua, la alcalinización del agua, la hidrogenación u oxigenación del agua, entre otros, cuyos efectos elogiados no se han podido demostrar científicamente.

Otro punto para tener en cuenta es la inclusión de revisiones de mantenimiento cada 15 años que podrían incluirse en las revisiones técnicas periódicas.

Sistema de tratamiento	Principio	
Filtro de carbón como medio activo	Dispositivo de tratamiento de agua que utiliza el carbón como material adsorbente, que elimina o reduce significativamente determinados componentes del agua mediante reacción química o actividad superficial.	
Descalcificador	Dispositivo de tratamiento de agua que consiste en hacer pasar el agua a través de un lecho de resina para intercambio catiónico que cambia el calcio y magnesio por sodio.	
Sistema de separación por membranas	Dispositivo de tratamiento de agua que se basa en la separación de componentes del agua mediante membranas semipermeables. La separación va de partículas con un tamaño inferior a 1 μm (ultrafiltración) a otras de tamaño mucho menor (nanofiltración, que precisa una presión muy elevada). La de mayor eficacia llega a separar iones y se denomina ósmosis inversa.	
Lámparas UV	Dispositivo de tratamiento de agua con efecto bactericida por radiación de luz de longitud de onda específica de la zona UV, que provoca una inactivación irreversible en el crecimiento y reproducción de las bacterias presentes.	
Dosificación	Adición controlada al agua de una o más sustancias químicas activas utilizadas en el tratamiento del agua de consumo con el objeto de modificar sus características y mejorar sus propiedades.	
Ionización eléctrica	Tratamiento físico, en el que la adición de iones negativos dificulta la precipitación de minerales (sin descalcificar).	

Ventajas	Desventajas
<p>Fácil instalación y bajo coste. Elimina efectivamente compuestos orgánicos, olor, sabor, cloro, subproductos de desinfección, VOC, metales pesados, etc.</p>	<p>A menudo contienen plata para evitar la proliferación de microorganismos. La eficiencia de eliminación de contaminantes disminuye con el uso y es muy importante cambiar los filtros siguiendo las recomendaciones del suministrador.</p>
<p>Efectiva eliminación de la cal.</p>	<p>Desperdicio de agua en cada limpieza de resinas. Alto coste de mantenimiento por consumo de sal y resinas. Residuos de salmuera. No elimina contaminantes.</p>
<p>Puede adaptarse a cualquier tipo de agua, incluida el agua de mar. Especialmente útil en potabilización de agua, eliminación de metales pesados, nanoplásticos, compuestos orgánicos, etc.</p>	<p>Debe remineralizarse adecuadamente para que el agua vuelva a ser potable. Derrocha mucha agua (3-10 litros por litro). Para tener efectividad necesita previamente descalcificación. En la nanofiltración el coste energético es muy elevado. Precisa cambio de filtros periódicos.</p>
<p>Efectivo.</p>	<p>Coste de mantenimiento medio de lámparas. Necesita un agua muy limpia, ya que la sombra que puedan hacer partículas en suspensión tapa el efecto desinfectante. No tiene efecto residual.</p>
<p>Efectivo.</p>	<p>Los productos activos pueden provocar reacciones adversas en los usuarios o estropear las superficies de los materiales.</p>
<p>Vida útil muy larga con muy poco mantenimiento. Elimina el <i>biofilm</i>. Rebaja la tensión superficial.</p>	<p>Al tratarse de un sistema de larga duración, la inversión inicial es elevada. No tiene efecto residual.</p>

Sistema de tratamiento	Principio	
Electroactivación química del agua	Activación electroquímica de solución de salmuera en un electrolizador de membrana.	

Tabla 1. Sistemas de mejora de la calidad en el punto de uso adaptado y aumentado de AQUAEspaña (2016)

Ventajas	Desventajas
<p>Eliminación de microorganismos y virus mediante formación de ácido hipocloroso.</p> <p>Elimina eficazmente los malos sabores y olores. Elimina biopelículas. Bajo coste.</p> <p>Muy económico.</p> <p>Útil para sistemas descentralizados.</p>	<p>No útil para la mayoría de viviendas, donde el agua ya llega desinfectada.</p>

6

BIBLIOGRAFÍA

AQUAEspaña, 2016. *Guía técnica para unas buenas prácticas higiénicas de los titulares con actividad comercial o pública de equipos de tratamiento del agua.*

EVLAMPIDOU, I., et al., 2020. *Trihalomethanes in drinking water and bladder cancer burden in the European Union. Environmental Health Perspectives*, p. 128.

JARVIS, P. y FAWELL, J., 2021. *Lead in drinking water – An ongoing public health concern? Current Opinion in Environmental Science and Health*, p. 20.

RICHARDSON, S.D., 2009. *Water analysis: Emerging contaminants and current issues. Analytical Chemistry*, p. 81, 4645-4677.

STOREY, M.V., VAN DER GAAG, B. y BURNS, B.P., 2011. *Advances in on-line drinking water quality monitoring and early warning systems. Water Research* 45, pp. 741-747.

WHO, 2005. *Nickel in drinking-water. Background document for the development of WHO guidelines for drinking-water*. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/nickel2005.pdf.

WHO, 2011. *Nitrate and nitrite in drinking-water. Background document for the development of WHO guidelines for drinking-water*. Disponible en: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf.

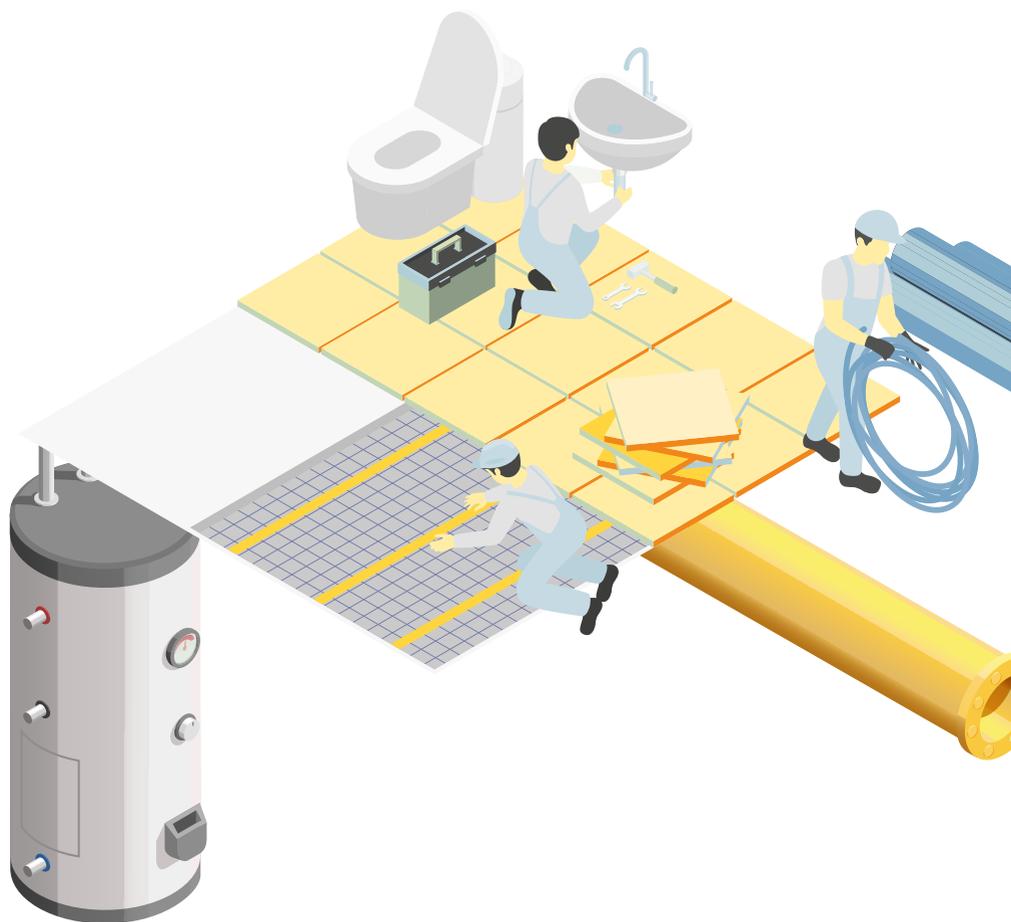
ZIETZ, B.P., et al., 2015. *Release of Metals from Different Sections of Domestic Drinking Water Installations*. *Water Quality, Exposure and Health* 7, pp. 193-204.

CALIDAD DEL AGUA

1

MATERIALES

Los materiales en contacto con el agua deben tener las características adecuadas en cuanto a **resistencia mecánica, química y microbiológica.**



2 ELEMENTOS DE FONTANERÍA

Tener muy en cuenta la **corrosión**.

Asegurar que no existan **conexiones cruzadas**.

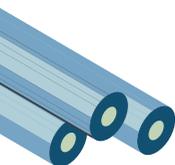
Los **sistemas de almacenamiento** de agua deben estar intactos y **no estar expuestos** a la entrada de **contaminantes** microbianos.

Evitar el reflujo, instalación de **dispositivos antiretorno**.

Los **filtros deben ser del tipo Y**, con un umbral de filtrado comprendido entre **25 y 50 micrómetros** con malla de acero inoxidable y baño de plata autolimpiable.

La situación del filtro debe ser tal que **permita realizar** adecuadamente las operaciones de limpieza y **mantenimiento**.

El diseño de las instalaciones de los **edificios de múltiples** plantas debe reducir al mínimo las **variaciones de la presión**.



3 TUBERÍAS

Deben ser impermeables y duraderas superficie interior suave y sin obstrucciones, **protegidas contra las posibles agresiones**.

estar
en el
mundo
apagado

CAPÍTULO 8: ELECTROCLIMA

1

COMPONENTES DEL GRUPO

Sonia Hernández-Montaña Bou(coordinadora), Arquitectura Sana.
Ceferino Maestú Unturbe, Centro de Tecnología Biomédica (CTB) -
Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
Paula Rivas Hesse, Green Building Council España (GBCe).

2

INTRODUCCIÓN

La exposición de las personas a los CEM (campos electromagnéticos) sufre un aumento exponencial en los últimos años, y parte de ese aumento tiene una gran relación con las condiciones del diseño arquitectónico, ya que tanto el planeamiento urbano como el diseño de instalaciones de electricidad y telecomunicaciones en un edificio pueden aumentar dicha exposición.

El aumento de exposición a las bajas frecuencias (campos eléctricos y magnéticos derivados de la distribución y aparatos eléctricos) se debe a la cada vez mayor demanda de conectividad eléctrica y su consiguiente aumento de distribución y aparatos electrónicos. Las altas frecuencias, producidas principalmente por las comunicaciones inalámbricas, también muestran un gran crecimiento con la proliferación de las telecomunicaciones.

Hoy en día, los ingenieros, arquitectos, planificadores y otros técnicos del sector de la edificación y el urbanismo se enfrentan al desafío de mantenerse al tanto de las investigaciones y políticas que abordan el daño potencial de la tecnología inalámbrica, incluyendo los posibles riesgos de responsabilidad cuando no se implementa la tecnología sin peligro.

Las medidas y directrices internacionales de precaución para una menor exposición a las radiaciones debidas a las comunicaciones por radiofrecuencia (RFR) deben tomarse en cuenta en la planificación urbanística y constructiva.

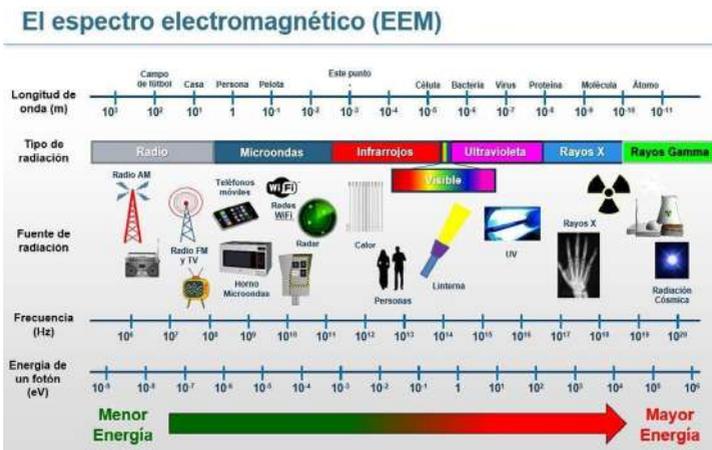
Es necesario considerar algunos aspectos relacionados con los posibles efectos sobre los sistemas biológicos y la salud humana dentro de los espacios construidos. La idea de que si no se transporta suficiente energía no se va a producir un efecto biológico dio lugar a la división de las radiaciones en ionizante y no ionizantes, considerando a estas últimas como seguras, ya que no tenían energía suficiente para ser capaces de romper enlaces moleculares. En las propiedades de la radiación no ionizante debe incorporarse no solo la energía que transporta, sino determinados códigos de información, generalmente asociados a su frecuencia, que pueden modificar el comportamiento «normal», desde el nivel celular hasta el comportamiento general de todos los sistemas vivos, precisamente, porque la vida está definida en términos de intercambio electromagnético. Por ello, es necesario proteger a los sistemas biológicos de un tipo de radiaciones que pueden modificar su capacidad funcional, a corto, medio o largo plazo. Y están determinados no solo por la tasa de exposición, también por los parámetros de duración, reacción sinérgica con otras señales, etc.

Este documento pretende ilustrar sobre las tres fuentes principales de exposición a CEM en los edificios, así como la presencia de cargas electrostáticas. En primer lugar, se caracterizará cada uno de estos campos, describiendo posteriormente los criterios constructivos para minimizar su presencia en los edificios.

3

VARIABLES DE CARACTERIZACIÓN, EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético es un continuo que va de frecuencias bajas a altas, asociadas con las longitudes de onda más largas a las más cortas, respectivamente. Se hace una distinción entre radiación no ionizante de alta frecuencia versus radiación ionizante de alta frecuencia, que tiene energía suficiente para desplazar electrones e «ionizar» átomos y moléculas.



La radiación ionizante incluye luz ultravioleta, rayos X y rayos gamma. Por debajo de estas frecuencias, la radiación no ionizante incluye luz visible y luz infrarroja, frecuencias para comunicaciones inalámbricas y radar. Las frecuencias más bajas se utilizan para transmitir radio y televisión comerciales, mientras que las corrientes alternas a 50 o 60 ciclos por segundo o Hertz (Hz) están en líneas eléctricas y cableado de edificios.

La RFR se produce al enviar información a través de medios inalámbricos desde un emisor, por ejemplo, un *router* wifi, a un receptor, como puede ser un ordenador, y viceversa.

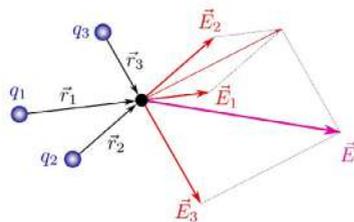
El rango cubierto en las pautas y estándares es generalmente de 3 kHz a 300 GHz e incluye la gama de microondas (MW). La información está codificada mediante señales. A menudo solo se tienen en cuenta los efectos de la onda portadora, ignorando las señales moduladoras. La exposición humana real incluye estas señales superpuestas. Todos los dispositivos inalámbricos utilizan múltiples frecuencias portadoras, que a su vez se encuentran intermoduladas.

3.1 Campo eléctrico alterno de baja frecuencia

Definición

Un campo eléctrico E es un campo físico o región del espacio que interactúa con cargas eléctricas o cuerpos cargados mediante una fuerza eléctrica. Dicho en términos físicos, es un campo vectorial en el cual una carga eléctrica determinada sufre los efectos de una fuerza eléctrica.

Esta definición general indica que el campo no es directamente medible, sino que lo que es observable es su efecto sobre alguna carga colocada en su seno.



Situación

Al conectar un conductor eléctrico en una toma de corriente se generan campos eléctricos en el aire que rodea al aparato eléctrico. El hecho de que exista una tensión, una diferencia de potencial entre los hilos conductores, provoca la existencia del campo eléctrico, incluso cuando no existe una circulación de corriente.

Cuanto mayor es la tensión entre los conductores, más intenso es el campo eléctrico producido, y disminuye conforme aumentamos la distancia de separación entre la fuente que lo produce y el organismo sobre el que puede actuar.

En los edificios, se pueden encontrar campos eléctricos alternos alrededor de los trazados de los cables eléctricos. Tanto si estos cables están empotrados como si son vistos, pueden irradiar cargas eléctricas en el aire alrededor de su trazado.

Puede parecer que, si no se genera demanda de corriente eléctrica en un circuito, no existe un campo eléctrico, pero no es así. Explicado de otra manera, esté una lámpara encendida o no, el campo eléctrico siempre existe. Es más, en algunas ocasiones se observa un mayor valor de campo eléctrico en un circuito que no está en uso, es decir, con la lámpara apagada.

Valores de referencia

Para instalaciones domésticas de baja tensión, con una frecuencia de red de 50 Hz, el RD 1066/2001 establece un valor límite de 5.000 V/m. En el caso de instalaciones de más de 70 kW, el RITE, Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, exige el cumplimiento de la norma UNE 171.330. Como parámetro complementario a medir, establece el criterio de valor de confort con una exposición inferior a 100 V/m.

Otras normas como la SBM-2015 establece unos valores significativos para zonas de descanso a partir de 50 V/m, mientras que la norma de certificación IBN-2015, así como diferentes estudios de leucemia infantil, fijan un límite de exposición de 10 V/m.

Efectos en la salud

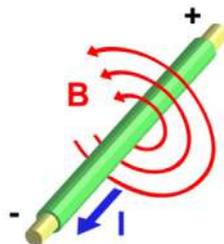
Los efectos para el equilibrio de los sistemas biológicos y para la salud humana vienen determinados por las propiedades de señalización de los sistemas celulares, que habitualmente utilizan frecuencias e intensidades próximas a los sistemas de conducción eléctrica, así los 50 Hz (en Europa) o los 60 Hz (en EE. UU.) se encuentran muy próximos a los códigos de transporte de información celular. Hay que diferenciar entre los efectos del campo eléctrico, del campo magnético y del campo electromagnético. En condiciones de baja frecuencia el elemento radiante más utilizado para proteger a la población es el campo magnético B. Por ello, la mayoría de los códigos de protección incluyen medidas relativas de campo magnético incidente. En este caso, la distancia a las fuentes generadoras (líneas de conducción, transformadores, etc.) debe ser el elemento principal de protección, considerando el principio del cuadrado de la distancia. Los efectos sobre la salud incluyen diferentes tipos de desarrollos tumorales, por lo que la IARC/OMS lo considera posiblemente cancerígeno en el nivel IIB.

3.2 Campo magnético de baja frecuencia

Definición

El campo magnético B se origina por el movimiento de cargas eléctricas. Cuando hay una corriente eléctrica, se genera un campo magnético. Su magnitud es variable: cuanto mayor sea la intensidad de la corriente, mayor será la intensidad del campo magnético.

Un campo magnético es la representación matemática del modo en que las fuerzas magnéticas se distribuyen en el espacio que circunda a una fuente magnética.



Situación

La fuente de los campos magnéticos es la corriente eléctrica. La existencia de numerosos equipos eléctricos, electrónicos o de otra índole, conectados a la red eléctrica, una vez que entran en funcionamiento se produce la circulación de cargas, que produce una corriente eléctrica y por tanto se crea el campo magnético.

En construcción, los espacios se ven afectados por los campos magnéticos que se generan en la frecuencia de la red eléctrica, 50 Hz. Las principales fuentes de campos son los equipos eléctricos y electrónicos y las redes de distribución de suministro eléctrico (estaciones transformadoras, líneas de alta tensión, etc.). En el interior de la vivienda los podemos encontrar en los transformadores, bobinas y toda la maquinaria de los equipos electrónicos susceptibles de ello. Los materiales comunes, como las paredes y fachadas de varios sistemas constructivos de los edificios, no apantallan los campos magnéticos, así que estos pueden llegar a tener una inmisión considerable.

Son especialmente problemáticos los valores de algunas estaciones transformadoras que se encuentran dentro de los edificios, así como suministros de media y alta tensión cercanos a espacios de uso habitual (edificios, parques públicos...).

También en el interior de los edificios se encuentran emisores de campo magnético muy cercanos a los usuarios, debido a una falta de conocimiento por su parte de los efectos sobre la salud que pueden generar. Como ejemplo, pueden generar un gran campo magnético alterno los radiodespertadores cercanos a la cabeza en la mesita de noche, así como otros aparatos electrónicos situados cerca de las zonas de descanso y alta permanencia.

Valores de referencia

La intensidad de los campos magnéticos se mide en amperios por metro (A/m), ya que la afección depende de la distancia y la intensidad de corriente que circula por el conductor que lo produce. Habitualmente se utiliza una magnitud relacionada, la densidad de flujo, que se mide en microteslas (μT).

En edificaciones domésticas con una frecuencia en la red eléctrica de 50 Hz, está fijado como límite de exposición 100 μT , según el RD 1066/2001. Para las instalaciones superiores a 70 kW, el RITE exige el cumplimiento de la norma UNE 171-330. Como parámetro complementario a medir, el RITE define un valor de confort de campo magnético en 0,2 μT en edificios cercanos a líneas de conducción eléctrica. La OMS establece 400 nT y el informe *BioInitiative*, 100 nT. Diversos estudios relacionan la exposición a campos magnéticos de baja frecuencia con la leucemia infantil.

El límite establecido por el RD 1066/2001 no ha sido revisado desde los años 60 del siglo pasado. Creemos que ese valor límite está obsoleto, y se debe atender a las recomendaciones de una parte muy importante de estudios científicos, donde se considera que no deben superar los 0,4 microteslas. Este hecho tiene un importante impacto constructivo, ya que se ha permitido la instalación de transformadores de alta potencia en el interior de bloques de viviendas sin las adecuadas protecciones contra el campo eléctrico.

Intensidades del campo magnético (μT) típicas de algunos aparatos eléctricos a diversas distancias			
Aparato eléctrico	A 3 cm de distancia	A 30 cm de distancia	A 1 m de distancia
Secador de pelo	6-2.000	0,001-7	0,01-0,03
Afeitadora eléctrica	15-1.500	0,008-9	0,01-0,03
Aspiradoras	200-800	2-20	0,13-2
Luz fluorescente	40-400	0,5-2	0,02-0,25
Horno microondas	73-200	4-8	0,25-0,6
Radio portátil	16-56	1	< 0,01
Horno eléctrico	1-50	0,15-0,5	0,01-0,04
Lavadora	0,8-50	0,15-3	0,01-0,15
Plancha	8-30	0,12-0,3	0,01-0,03
Lavavajillas	3,5-20	0,6-3	0,07-0,3
Ordenador	0,5-30	< 0,01	
Frigorífico	0,5-1,7	0,01-0,25	< 0,01
Televisor	2,5-50	0,04-2	0,01-0,15

Tabla 1. Intensidades de campo magnético típicas

Efecto	Umbral
Umbral o nivel de percepción	10 μ A - 0,5 mA
Corriente de pérdida del control motor	6 mA - 16 mA
Parálisis respiratoria, dolor y fatiga	18 mA - 22 mA
Fibrilación ventricular	75 mA - 400 mA
Contracción del miocardio sostenida	1 A - 6 A
Daños físicos, quemaduras y muerte	10 A en adelante

Tabla 2. Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano

Efectos en la salud

Cada vez existe más evidencia científica que relaciona alteraciones en la salud de las personas con las dosis, consideradas actualmente como bajas, recibidas de esos campos magnéticos, de forma continuada en el tiempo y en una exposición cercana a la fuente que lo produce. Esos campos magnéticos están declarados como potencialmente cancerígenos por la OMS IARC. El límite actual de 100 μ T no permite la protección de la salud de la población. Las recomendaciones científicas nos indican reducirlo hasta los 0,4 μ T, tomando medidas de inmisión en los recintos de residentes y trabajadores por debajo de este límite. Teniendo en cuenta que los materiales comunes, como las paredes y fachadas de diversos sistemas constructivos de los edificios, no apantallan los campos magnéticos, estos pueden llegar a tener una inmisión considerable en el organismo.

3.3 Campo electromagnético de alta frecuencia

Definición

El campo electromagnético es el conjunto formado por los campos vectoriales, el eléctrico y el magnético. Campo físico que combina fuerzas producidas tanto por campos eléctricos como magnéticos. Nos centramos en los campos electromagnéticos de alta frecuencia que se transmiten a través del aire, con frecuencias comprendidas entre los 30 kHz y los 300 GHz. Estas frecuencias son utilizadas para la transmisión de información a grandes distancias y es la base de las telecomunicaciones.

Situación

La parte más baja del espectro electromagnético comprende emisiones radioeléctricas de radio o televisión. En frecuencias más altas, llamadas microondas, se produce la radiotransmisión de datos o radioenlace dirigido, las redes de telefonía móvil (en sus múltiples bandas 2G a 5G) mediante los sistemas wifi, *bluetooth*, teléfonos y comunicadores inalámbricos, aparatos microondas y cualquier aparato conectado con wifi.

Valores de referencia

- Real Decreto 1215/1997.
- Real Decreto 1644/2008.
- Directiva 2004/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (campos electromagnéticos).
- Norma UNE-EN 50499, *Procedimiento para la evaluación de la exposición de los trabajadores a los campos electromagnéticos*.
- Norma UNE-EN 12198:2003, *Evaluación y reducción de los riesgos debidos a las radiaciones emitidas por las máquinas*.
 - Parte 1: Principios generales.
 - Parte 2: Procedimiento de medición de la radiación emitida.
 - Parte 3: Reducción de radiaciones mediante atenuación o apantallamiento.
- Recomendaciones de Bioinitiative 2010.
- Normas *baubiologie* 2015 sobre apantallamiento.

El RD 1066/2001 establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. Los límites para las diferentes frecuencias de telefonía móvil son las siguientes:

900 MHz - Campo eléctrico: 41 V/m [densidad de potencia: $4,5\text{W/m}^2 = 4,5 \cdot 10^6 \mu\text{W/m}^2$]

1.800 MHz - Campo eléctrico: 58 V/m [densidad de potencia: $9,0\text{W/m}^2 = 9 \cdot 10^6 \mu\text{W/m}^2$]

2.100 MHz - Campo eléctrico: 61 V/m [densidad de potencia: $10\text{W/m}^2 = 10 \cdot 10^6 \mu\text{W/m}^2$]

BioInitiative: 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ Resolución Europea 1815/2011: 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ Norma SBM-2015: por zonas de descanso con valor fuertemente significativo a partir de los 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Efectos en la salud

Las microondas, comprendidas entre los 1.000 MHz y el 300 GHz, producen dos tipos de efectos sobre el ser humano: el efecto térmico y el efecto no térmico.

El efecto térmico de la radiación de altas frecuencias o tasa de absorción específica, conocido como SAR, es la tasa a la que la energía de RF es absorbida por el tejido humano. Además, hay que considerar la densidad de potencia, que es la tasa de deposición de energía por unidad de área -una resultante de la acción de campos eléctricos y magnéticos, a una frecuencia particular-, y la intensidad del campo eléctrico. En el criterio SAR se aplican límites a dispositivos portátiles inalámbricos, teléfonos móviles y otros artículos. Los límites de densidad de potencia se aplican a exposiciones a distancia, como de antenas móviles y wifi.

Tasa de absorción específica (SAR): la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones de EE. UU.), la UE y otras agencias gubernamentales requieren que todos los dispositivos como teléfonos móviles u ordenadores cumplan con los límites de SAR cuando el dispositivo está funcionando a su máxima potencia, antes de ser colocado en el mercado. SAR es una medida de la dosis de energía RFR inducida a las partes del cuerpo más cercanas a antenas, en condiciones de «campo cercano», como el uso personal de redes inalámbricas. El SAR generalmente se expresa en unidades de Vatios por kilogramo (W/kg) o milivatios por gramo (mW/g). Para una densidad de potencia determinada, la tasa SAR varía según los detalles del equipo, la frecuencia y la modulación. Los valores límite definidos por la ICNIRP, por los cuales se basa la regulación estatal, se rigen exclusivamente por este concepto de absorción de calor. A pesar de ese límite, numerosos estudios científicos recomiendan reducir la tasa de exposición de la población a niveles más restrictivos, disminuyendo la densidad de potencia relativa hasta $0,1 \text{ microW}/\text{cm}^2$ y teniendo en cuenta el sumatorio de exposiciones que se producen en los espacios de residentes y trabajadores.

Niveles de referencia para campo eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz, valores rms imperturbados)				
Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B(μ T)	Densidad potencia equiv. (W/m ²)
0-1 Hz		3,2 x 104	4 x 104	-
1-8 Hz	10.000	4 x 104/f ²	4 x 104/f ²	-
8-25 Hz	10.000	4.000/f	5.000/f	-
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	-
3-160 kHz	87	5	6,25	-
0,16-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-
1-10 MHz	87/f _{1/2}	0,73/f	0,92/f	-
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2.000 MHz	1,375 f _{1/2}	0,0037 f _{1/2}	0,0046 f _{1/2}	f/200
2-300 GHz	81	0,16	0,20	10

Tabla 3. Niveles de referencia

Frecuencias	Intensidad de campo eléctrico, E(V/m)	Intensidad de campo magnético, H (A/m)	Inducción magnética, B (μ T)	Densidad de potencia, S (W/m ²)	Corriente de contacto, IC (mA/m)	Corriente inducida en extremidades IL (ma)
0-1 Hz	---	1,63 x 106	2 x 106	---	1	---
1-8 Hz	20.000	1,63 x 105/f ²	2 x 105/f ²	---	1	---
8-25 Hz	20.000	2 x 104/f	2 x 104/f ²	---	1	---
0,025-0,82 KHz	500/f	20/f	25/f	---	1	---
0,82-2,5 KHz	610	24,4	30,7	---	1	---
2,5-65 KHz	610	24,4	30,7	---	0,4 f	---
65-100 KHz	610	1.600/f	2.000/f	---	0,4 f	---
0,1-1 MHz	610	1,6/f	2/f	---	40	---

Frecuencias	Intensidad de campo eléctrico, E(V/m)	Intensidad de campo magnético, H (A/m)	Inducción magnética, B (μ T)	Densidad de potencia, S (W/m^2)	Corriente de contacto, IC (mA/m)	Corriente inducida en extremidades IL (ma)
1-10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	---	40	---
10-110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	1.000
110-400 MHz	61	0,16	0,2	10	---	---
400-2.000 MHz	$3 f_{1/2}$	$0,0008 f_{1/2}$	$0,01 f_{1/2}$	$f/40$	---	---
2-300 GHz	137	0,45	0,45	50	---	---

Tabla 4. Niveles de acción

El efecto no térmico, derivado de la modulación, está menos estudiado, pero los resultados de estos estudios son cada vez más preocupantes, siendo un posible cancerígeno (2B) por ICNIRP.

Por ese motivo, se debe aplicar el principio de precaución ante las tecnologías inalámbricas, especialmente ante la nueva tecnología 5G, así como otras nuevas frecuencias que se están implementando, considerando sus posibles graves afectaciones sobre la salud tanto a corto como a largo plazo. Hay que tener en cuenta el efecto sumatorio que van a suponer los miles de sistemas conectados sincrónicamente en una vivienda, por lo que las medidas deben considerar la radiación incidente desde el exterior y la radiación generada por todos los dispositivos interconectados.

3.4 Electrostática

Definición

El campo eléctrico continuo está causado por cargas eléctricas en reposo. La fuerza de este campo se basa en partículas cargadas eléctricamente (ionizadas). Para producir el efecto de fuerza de la electrostática ha de tener lugar una separación de cargas. Esto se produce generalmente frotando dos materiales diferentes y que sean malos conductores, como por ejemplo plásticos. El aire seco favorece este proceso de tensión eléctrica.

El efecto mayor y más conocido de los campos eléctricos continuos es el rayo, como descargador de las cargas atmosféricas. En la naturaleza el ambiente está poco ionizado y con carga negativa (los iones negativos son los más saludables). La intensidad eléctrica ambiental del «buen tiempo» es de unos 130 V/m en verano y 270 V/m en invierno. En cambio, en momentos de tormenta, estos campos eléctricos pueden alterarse hasta niveles altísimos (hasta 10.000 V/m).

En el interior de los espacios, debido a cargas electrostáticas y tensiones superficiales, pueden darse también grandes intensidades eléctricas en el ambiente, reproduciendo de manera artificial un «ambiente de tormenta». Especialmente los materiales con acabados plásticos en ambientes secos provocan una perturbación del ambiente interior en relación a la interacción entre iones, polvo, humedad y electrostática.

Situación

Se produce en aquellos materiales susceptibles de cargarse, como son los materiales plásticos y de fibras sintéticas: moquetas, cortinas, tapicerías, muebles recubiertos, lacas, goma espuma o sobre las pantallas del televisor y del ordenador.

También se generan grandes cargas electrostáticas originadas por un sumatorio de variables de diseño arquitectónico: deficiencias en la ventilación, ambiente interior excesivamente seco, sistema de climatización por aire que crea corrientes de convección y aumenta la conductividad eléctrica de los materiales por rozamiento, alta presencia de materiales sintéticos y sistemas eléctricos y cableados en presencia de materiales sintéticos.

Efectos en la salud

Los materiales cargados electrostáticamente producen calambres de descargas eléctricas. En ocasiones no se percibe el calambre, pero se somete al cuerpo a un campo electrostático que provoca una reducción del tejido adiposo, llamado la lipoatrofia semicircular. Se trata de una enfermedad benigna y reversible, una atrofia localizada del tejido adiposo subcutáneo que provoca una depresión de entre 5 y 20 cm de largo, unos 2 cm de ancho y de 1 a 5 mm de profundidad debida a esa exposición a un campo

eléctrico continuo. Puntualmente se puede acompañar de otros síntomas como picor o sensibilidad en la zona afectada, quemazón localizada, eccemas, edemas o fatiga.

Esta enfermedad fue detectada en España en 2007 aunque el fenómeno fue relacionado por primera vez con los edificios en Alemania en 1974. No tiene tratamiento. Se produce una curación espontánea después alejarse de los factores de riesgo, que muchas veces se relacionan con los puestos de trabajo.

La lipoatrofia es solo un signo visible de que hay algo no bien diseñado en ese espacio. Cuando aparece, se puede seguir un protocolo que evite su aparición, pero eso no significa que el espacio pase a ser saludable.

Otro efecto de la estática en los espacios interiores es la acumulación de polvo, que puede producir enfermedades respiratorias. También es un factor presente en la mayoría de casos de aparición del síndrome del edificio enfermo (SEE). Este se establece cuando el 20-30 % de los ocupantes de los espacios tienen afecciones de salud diversas pero crónicas que se acenúan cuando ocupan ese espacio y remiten al salir. Se declaró enfermedad por la Organización Mundial de la Salud ya en el año 1982.

Vale la pena apuntar que no se trata de que un edificio padezca patologías constructivas, sino que debido al diseño y a la elección de materiales y sistemas de ventilación y climatización, enferma a las personas que lo habitan. Sus causas están estrechamente relacionadas con el diseño y ejecución de sistemas constructivos y de instalaciones. Además de las molestias de salud que provoca en los usuarios, es causa de absentismo laboral y baja productividad.

La tipología edificatoria común de los espacios que suelen estar afectados por el SEE es de edificios herméticos con una ventilación inadecuada, insuficiencia de aire fresco y contaminación microbiológica de los sistemas de ventilación. Existe una predominancia de estructuras y materiales metálicos y también sintéticos y electrostáticos (pavimentos, revestimientos...). Suele acompañarse de una sobreexposición a radiaciones, tomas de tierra inexistentes o mal calculadas, luz artificial que no sigue los ciclos circadianos y un exceso de sequedad ambiental (inferior al 45 %).

El SEE provoca irritación de ojos, nariz y garganta, sequedad en mucosas y piel, lagrimeo, disfonía y tos, cansancio, náusea, mareo, cefaleas, fatiga, irritabilidad, somnolencia, fiebre, depresión, dolores musculares...

A pesar de los grandes avances en las prestaciones en eficiencia energética y sostenibilidad medioambiental, se siguen diseñando edificios que en su vida útil provocan este tipo de patologías de salud.

Valores de referencia

El RITE exige el cumplimiento de la UNE 171.330 en instalaciones de más de 70 kW. Como parámetro complementario a medir, establece un valor límite de estática de menos de 2 kV para no apreciar las descargas eléctricas. Hay una recopilación de buenas prácticas en la NTP-567. Se mide la tensión superficial en Voltios (V).

La Generalitat de Cataluña tiene un protocolo de actuación del año 2015 ante la aparición de lipoatrofia semicircular, cuyos procedimientos son criterios de diseño y constructivos de las zonas de trabajo.

4

CONSIDERACIONES SOBRE LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES

El despliegue de redes eléctricas de alta, media y baja frecuencia y las comunicaciones inalámbricas que utilizan el espectro radioeléctrico para establecer los procesos de comunicación a distancia se han expandido a nivel mundial de forma exponencial en las últimas dos décadas. Por lo tanto, es necesario considerar en los desarrollos constructivos, y especialmente en las áreas de convivencia, este incremento de la radiación electromagnética incidente, tanto dentro como fuera de los edificios.

Los diseños de edificación no han variado bajo la necesidad de proteger a la población de este tipo de radiaciones. Esta premisa no se ha valorado a la hora de tomar decisiones de diseño y constructivas con relación a las propiedades de los materiales, ubicación de edificios y demás condiciones. No existen procedimientos normativos que tengan como objetivo minimizar los posibles efectos sobre la población desde un punto de vista constructivo.

4.1 Relación entre edificación y salud

Desde el punto de vista constructivo es importante considerar que la intensidad de la señal de los CEM incidente sobre los seres vivos es inversamente proporcional a la distancia, aunque la profundidad de penetración sea función de la frecuencia, el tipo celular o de tejido y otros parámetros. Aunque la penetración de la cantidad de energía no es el único factor a valorar, hay que tener en cuenta que los CEM tanto de baja como alta frecuencia, además de transportar energía, también transportan códigos de señalización para el sistema biológico, debido a que todos los sistemas biológicos utilizan algún tipo de señal electromagnética para comunicarse con su medio externo o interno. Estas señales exteriores pueden modificar sus mecanismos de respuesta. También habría que considerar que todos los sistemas biológicos no se verían afectados con igual magnitud, siendo el sistema nervioso central el sistema regulador del conjunto de respuestas biológicas, potencialmente más sensibles. Diferentes niveles de densidad de potencia, en función del lugar de exposición, tendrían resultados distintos en diferentes individuos y órganos, modificando su respuesta en función de la tasa patogénica previa.

Además, hay que señalar que algunas radiaciones transportan información (en forma de frecuencias) muy significativas para los sistemas biológicos como es la frecuencia utilizada por el sistema wifi (wimax, bluetooth, etc.), o los hornos microondas y que hoy es el sistema habitual de comunicación a corta distancia en el interior de las viviendas. La frecuencia de 2,45 GHz utilizada por estos sistemas es la frecuencia de resonancia del H⁺ y hay que tener en cuenta que somos un 70 % de agua y la mayoría se encuentra en el espacio intracelular. También hay que considerar el uso de otras frecuencias de intermodulación características de la señalización básica de nuestros sistemas.

Los nuevos sistemas que se están desplegando pueden hacer que estos efectos puedan agravarse aún más. Con los nuevos sistemas 5G se va a producir una integración de todos los sistemas de comunicaciones, lo que va a provocar que una gran cantidad de aparatos y sistemas dentro y fuera de la vivienda tengan la necesidad de estar conectados 24 horas al día para enviar/recibir información. Todos estos sistemas van a realizar esta conexión sincrónicamente de forma inalámbrica, con lo que vamos a saturar las

viviendas y los espacios construidos de una nube poco controlable de radiaciones incidentes sobre los sistemas vivos, con origen exterior o interior a nuestra vivienda. Con cada nueva generación de dispositivos de telecomunicaciones, la cantidad de información transmitida en cada momento aumenta, lo que resulta en una mayor variabilidad y complejidad de las señales en nuestros sistemas vivos, cada vez más incapaces de adaptarse, al menos a la velocidad requerida. Es posible que necesitemos unos milenios para poder adaptarnos a estas nuevas fuentes; mientras tanto los sistemas fracasan en su capacidad de respuesta y enferman.

4.2 Criterios de salubridad

Uno de los errores que se han cometido en gran número de experimentos de laboratorio es la consideración de la respuesta biológica como la respuesta a una onda portadora, cuando la mayoría de las señales propagadas en la actualidad utilizadas en comunicaciones inalámbricas están intermoduladas, con lo que tenemos diferentes sistemas de información incidentes para propiciar respuestas celulares muy variadas difíciles de cuantificar. En la mayoría de los casos se trata de una señal portadora de alta frecuencia intermodulada en baja frecuencia que es la que transporta la información. Panagopoulos afirma: «Es importante señalar que a excepción de la RF/frecuencia portadora de microondas, las frecuencias extremadamente bajas -ELF (0-3000 Hz)- siempre están presentes en todos los campos electromagnéticos de telecomunicaciones en forma de pulsación y modulación. Existe evidencia significativa que indica que los efectos de los CEM de telecomunicaciones en los organismos vivos se deben principalmente a los ELF incluidos. Mientras que ~50 % de los estudios que emplean exposiciones simuladas no encuentran ningún efecto, los estudios que emplean exposiciones de la vida real de dispositivos disponibles comercialmente muestran una consistencia de casi el 100 % al mostrar efectos adversos» (Panagopoulos, 2019).

Un segundo factor que merece la pena valorar en el diseño constructivo es la consideración de la radiación inalámbrica, para determinar si estas señales recibidas en los mismos tramos temporales tienen un efecto aditivo, sinérgico, potenciador o antagónico. En términos generales no se hacen este tipo de experimentos de combinación de señales, si sabemos que las sinergias tienden a potenciar los efectos adversos de cada estímulo

de forma aislada. Esto se demostró en varios estudios que evaluaron los efectos acumulativos de la exposición crónica a dosis bajas. Para aquellas combinaciones que incluyen radiación inalámbrica, la exposición combinada a estímulos tóxicos y radiación inalámbrica se traduce en niveles mucho más bajos de tolerancia para cada estímulo tóxico en la combinación en relación con sus niveles de exposición que producen estos efectos adversos de forma aislada.

Una parte importante es que las revisiones realizadas en estudios en humanos, da como resultado que la radiación puede resultar en:

- carcinogenicidad (tumores cerebrales/glioma, cáncer de mama, neuromas acústicos, leucemia, tumores de la glándula parótida),
- genotoxicidad (daño del ADN, inhibición de la reparación del ADN, cromatina estructura),
- mutagenicidad, teratogenicidad,
- enfermedades neurodegenerativas (enfermedad de Alzheimer, esclerosis lateral amiotrófica),
- problemas neuroconductuales, autismo, problemas reproductivos, exceso de especies reactivas de oxígeno/estrés oxidativo, inflamación, apoptosis, alteración de la barrera hematoencefálica, pineal producción de glándulas/melatonina, trastornos del sueño, dolor de cabeza, irritabilidad, fatiga, dificultades de concentración, depresión, mareos, acúfenos, ardor y enrojecimiento de la piel, alteraciones digestivas, temblores, irregularidades cardíacas,
- impactos adversos en el sistema nervioso, circulatorio, inmunológico, endocrino y sistemas esqueléticos.

Desde esta perspectiva, la RF es una causa de enfermedad muy generalizada. La respuesta de la industria y de la mayoría de los centros reguladores ligados al ICNRIP, ha sido que ningún mecanismo de acción podría explicar la acción biológica de los campos electromagnéticos no térmicos y no ionizantes. Y por lo tanto, que no es necesario proteger a la población de sus efectos.

En consecuencia, los límites de exposición a la radiación inalámbrica, cuando se examinan en combinación con otros estímulos tóxicos, serían

mucho más bajos por motivos de seguridad que los derivados de exposiciones inalámbricas a la radiación de forma aislada.

Muchos de los experimentos de laboratorio de radiación inalámbrica que se han realizado hasta la fecha son defectuosos, ya que no consideran las condiciones de exposición de la vida real. Por ello la mayoría de los estudios de efectos sobre la salud de la radiación inalámbrica informados tienden a estar subestimados, siendo necesario unos niveles de protección más estrictos. Kostoff y Lau (2017) (Melnick, 2019).

5

RECOMENDACIONES A LA EXPOSICIÓN DE LA RF Y ELECTROSTÁTICA

5.1 Criterios constructivos para reducir la exposición al campo eléctrico

Las medidas pasivas más importantes son alejar la fuente de exposición y reducir su emisión de campo eléctrico de baja frecuencia. Además, conviene implementar las siguientes pautas de diseño:

Ejecutar una toma de tierra que como mínimo siga la normativa de la guía BT-18 del REBT, garantizando una resistencia con el terreno inferior a 10Ω . Criterios para la ejecución de esa toma de tierra:

- Conectores en contacto con el terreno adecuados a la resistividad eléctrica del mismo. De manera general, se deben usar picas de un mínimo de 300μ de cobertura de cobre para evitar la propia erosión del cobre, y por lo tanto de conductividad, durante la puesta en obra.
- Picas conectadas entre sí a un anillo que recorre el perímetro de la cimentación de redondo de 35 mm o

50 mm de sección de cobre mediante bridas de latón o conectores que garanticen la continuidad del cobre.

- El cobre no ha de estar en contacto directo con la estructura y grandes masas metálicas del edificio. El contacto con el hierro de cimentación debe hacerse mediante bridas de latón o uniones que garanticen que no hay un contacto directo entre cobre y hierro. Estos encuentros deben protegerse para evitar su corrosión con el tiempo, y por lo tanto pérdida de conductividad.
- Al cable de tierra que sube al edificio se van conectando el resto de masas metálicas.

Los espacios se deben distribuir de manera que las zonas de alta permanencia (camas, zonas de trabajo) queden alejadas de los cables y dispositivos eléctricos. Hay que prestar atención espacial a la ubicación de camas para evitar cables detrás del cabecero, a ambos lados de la pared.

La distribución desde el cuadro general de protecciones (CGP) debe ser en espiga, no en anillo, de manera que la dirección del trazado de los cables sea siempre en un mismo sentido.

Para garantizar la exposición a campos eléctricos, también pueden usarse cables apantallados o mangueras flexometálicas (siempre que exista una toma de tierra), disyuntores de red y telerruptores (que desconectan el circuito cuando no hay consumo), así como materiales de blindaje y apantallamiento (pinturas, mallas, fieltros...).

En el caso de realizar apantallamientos, deben diseñarse muy bien para garantizar su funcionamiento. Se debe medir antes y después de la intervención, así como evaluar posibles efectos rebote de campos electromagnéticos de alta frecuencia, ya que los sistemas de blindaje son comunes para ambas exposiciones.

5.2 Criterios constructivos para reducir la exposición del campo magnético

Debido a la diferente naturaleza entre los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia, sus estrategias de reducción o mitigación son muy diferentes. El campo eléctrico es fácilmente reducible siguiendo los criterios descritos anteriormente. El campo magnético, en cambio, es más difícil de disipar. Obviamente, cuanto más alejada esté la fuente de exposición y menor sea su emisión, menor será también la exposición a este campo.

Otras estrategias para mitigarlo son:

- **Alejar la fuente** (en caso de que no sea posible alejar la fuente, se pueden alejar las zonas de alta permanencia de esa fuente de emisión. Por ejemplo, situando dormitorios o zonas de vida alejadas de las fuentes de emisión).
- **Reducir o evitar la intensidad de la emisión** (en el caso de aparatos electrónicos, desconectarlos cuando no se estén usando). El diseño arquitectónico puede ayudar a que se cumplan estos objetivos.
- **Usar materiales de blindaje de aleaciones cobalto-níquel.** No se trata de apantallamientos, ya que no rebotan o absorben la radiación, sino que la redirigen. Por este motivo, son soluciones complejas de ejecutar. También hay que valorar su elevado coste. Por lo tanto, es mejor evitar el origen de estas fuentes que querer apantallarlas o evitarlas.
- A nivel de planificación territorial y urbanística, se deberían **ubicar las estaciones transformadoras alejadas de edificios y espacios de alta permanencia**, o si no es posible, garantizar unas bajas emisiones que cumplan con las recomendaciones de la OMS e ICNIRP.

5.3 Criterios constructivos para reducir la exposición del campo electromagnético -alta frecuencia-

El 5G, la próxima generación de tecnología inalámbrica, utilizará frecuencias actualmente en uso, además de ondas milimétricas de frecuencia más alta que no se han utilizado anteriormente para telecomunicaciones comerciales. Los gobiernos regionales de Suiza, como los cantones de Ginebra, Vaud y Neuchâtel, están emitiendo decretos que piden moratorias en el despliegue de la tecnología 5G hasta que se comprendan mejor los efectos sobre la salud, ya que se está poniendo en marcha una tecnología y unas nuevas frecuencias para las que no se han realizado estudios de compatibilidad sobre los sistemas biológicos y sus posibles consecuencias en la salud humana.

Para las escuelas se indican unas directrices y recomendaciones con el objetivo de reducir la exposición de los niños a los CEM, con recomendaciones para minimizar la exposición tanto a campos magnéticos de frecuencia extremadamente baja (ELF) como a RF (*Low-EMF Best Practices, 2014*).

Esas prácticas incluyen:

- Proporcionar una **red de área local (LAN) cableada** para el acceso a internet en toda la escuela.
- **Deshabilitar todos los transmisores inalámbricos** en todos los dispositivos.
- Asegurarse de que todos los **portátiles tengan un puerto Ethernet y un interruptor físico** único para desactivar los sistemas de comunicación inalámbricos.
- Proporcionar **teléfonos con cable** de fácil acceso para uso de maestros y estudiantes.
- **Prohibir la instalación o el uso de teléfonos inalámbricos DECT y móviles** por parte de profesores y alumnos.

La tecnología, en rápido desarrollo, está dando como resultado una evolución de la construcción, pasando a la integración del control de calidad del aire, gestión de la energía, vigilancia y acceso, comunicaciones y gestión de datos, etc. en edificios «inteligentes». Aunque se ha olvidado regular los aspectos relacionados con las comunicaciones inalámbricas, el «internet de

las cosas» de soporte inalámbrico se ha popularizado como fundamental para la infraestructura y las comodidades «inteligentes», Sinopoli.

Inicialmente, los teléfonos móviles estaban prohibidos en los hospitales debido a riesgos de interferencia con el funcionamiento de equipos sensibles. Ahora se recomienda que los **dispositivos inalámbricos se mantengan a distancia de equipos sensibles** (por ejemplo, en unidades de cuidados intensivos, UCI). Hoy en día, el acceso inalámbrico para los pacientes y el público a menudo se proporciona en los hospitales, y los dispositivos inalámbricos son comunes en la atención médica.

Para cualquier sistema que no esté «cableado», arquitectos, constructores, propietarios y usuarios de las viviendas deben operar dentro de las limitaciones de la RF minimizando los niveles de exposición. Muchos países siguen las recomendaciones de ICNIRP. Aunque según las recomendaciones de numerosos estudios científicos estos límites no son adecuados para proteger la salud de la población en sus efectos a medio y largo plazo, con la llegada de las nuevas tecnologías 5G, donde todos los sistemas van a estar interconectados, se va a multiplicar el uso de sistemas inalámbricos y los límites de densidad de potencia en inmisión. **La radiación recibida por los habitantes de las viviendas no debería superar los $0,1 \mu\text{W cm}^2$** , tanto para la que procede del exterior como para la que procede del interior de la vivienda o lugar de trabajo.

Las normas de construcción ecológica para la salud de los ocupantes ponen gran énfasis sobre **la calidad del aire interior y las características electromagnéticas del ambiente interior**, y están comenzando a recibir una atención más generalizada, como en *CHPS Low-EMF Best Practices* en los EE. UU. En Austria, Alemania y Suiza los campos y las exposiciones a la radiación han sido durante mucho tiempo una consideración de construcción ecológica. En Alemania, la primera guía de exposición preventiva para áreas para dormir (SBM-2015) fue publicada por Baubiologie Maes en cooperación con el Instituto de Biología de la Construcción y Sostenibilidad (IBN) en 1992. Basada en miles de evaluaciones electromagnéticas, indica que los niveles de radiación de radiofrecuencia (RFR) en el dormitorio deberían estar por debajo de $0,1 \mu\text{W/cm}^2$.

La herramienta de evaluación de la calidad total de la construcción (TQB) es un sistema de clasificación de edificios ecológicos que aborda una gama más amplia de parámetros que el sistema de clasificación LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental). Desde su creación en 2001, la herramienta TQB ha incluido los campos electromagnéticos de baja intensidad y la radiación, tanto campos magnéticos alternos de baja frecuencia como RF. La Academia Europea de Medicina Ambiental (EUROPAEM), en su EUROPEAM EMF *Guideline* 2016 establece normas para la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades y problemas de salud relacionados con los campos electromagnéticos y detalla las recomendaciones para el umbral de precaución de exposición electromagnética.

El principio rector de «**tan bajo como sea razonablemente posible**» (ALARA) se introdujo ya en la década de 1950 para proteger contra la radiación ionizante y es válido para muchos tóxicos hasta el día de hoy, incluido RF. Los niveles de RF en ambientes interiores se pueden minimizar integrando el principio de ALARA (*as low as reasonably achievable*, minimizar las emisiones y exposiciones, maximizar la distancia y utilizar la protección) en la selección de la ubicación del edificio, el diseño y los materiales, así como en las opciones de sistemas eléctricos, de control, vigilancia y servicios, incorporando al diseño constructivo sistemas de monitorización continua (24 h) de la radiación incidente y producida sobre la vivienda, sirviendo de plataforma de aviso y advertencia y poniendo en marcha el semáforo de protección a sus habitantes.

Ingenieros, arquitectos, diseñadores y urbanistas tienen una oportunidad única de crear una vida en viviendas y entornos de trabajo más saludables al reducir el uso de tecnologías inalámbricas y reducir así los niveles de RF.

- Conexión de las **tecnologías necesarias con cable**. Un primer paso importante para minimizar los niveles de RF dentro de los edificios es eliminar las fuentes interiores de RF y conectar todas las tecnologías a través de cable o de fibra óptica.
- **Infraestructura del vecindario** con acceso por cable de alta velocidad teléfono e internet.
- Dentro de los edificios, **uso de cables en el área local**, preferiblemente blindados. Redes (LAN) para proporcionar puntos de acceso por cable para todas las redes y transmisión de

- datos, incluidas las conexiones por cable para módems y *routers*, internet y medios; iluminación, calefacción, ventilación, aire acondicionado (HVAC), termostatos y humidistatos; vigilancia y sistemas de seguridad; detección y respuesta a incendios, etc.
- Instalación de **teléfonos con cable** (no inalámbricos) de fácil acceso, limitación a la instalación y uso de teléfonos inalámbricos.
 - Proporcionar **conexiones en los edificios a CAT6 cableadas o cables Ethernet CAT7**, preferiblemente blindados, para dar servicio a dispositivos como ordenadores, tabletas y otros dispositivos. Uso de periféricos con cable y accesorios, asegurando que todas las funciones inalámbricas estén apagadas o deshabilitadas.
 - **Instalación de tomas telefónicas RJ11** con cable para teléfonos fijos.
 - **Evitar el uso del cableado eléctrico para transferir datos** (sistemas Power Line Communications- PLC).

Para lograr niveles de RF muy bajos, los nuevos edificios pueden ubicarse en un entorno de baja RF, por ejemplo, a una distancia de torres de telefonía móvil, radio y torres de transmisión de TV y sitios de radar (por ejemplo, aeropuertos). Es necesario introducir en la evaluación de impacto ambiental las emisiones electromagnéticas visibles (torres etc.) e invisibles (nano y microantenas, antenas MIMO, etc.), así como otros niveles y fuentes de RFR ambientales.

Materiales de construcción y blindaje

La RF puede ser reflejada o absorbida por los materiales de construcción. Es necesario conocer los índices de reflexión y refracción de las señales de RF a las diferentes frecuencias antes de elegir un tipo de materiales de revestimiento. El blindaje con materiales altamente absorbentes o conductores puede ser muy eficaz para reducir la RF procedente de fuentes exteriores.

Muchos materiales de construcción, especialmente los más ligeros, son en gran parte transparentes a las señales de RF actuales, pero la investigación se está intensificando en materiales y tejidos absorbentes de RF que contienen metales o carbono conductor.

Los materiales de construcción son barreras menos efectivas para RF en los MHz y en frecuencias inferiores al GHz que se utilizan actualmente para los teléfonos móviles. Para las frecuencias de GHz más altas previstas para las tecnologías de quinta generación (5G) los materiales serán determinantes en su nivel de absorción RF. La absorción en lugar de la reflexión ofrece claras ventajas para la protección contra la RF, y se ha dedicado una considerable investigación relevante a materiales que absorben frecuencias, por ejemplo de radar, aunque no existen muchos estudios sobre las nuevas frecuencias 5G (a partir de 6,5 Ghz).

Las capas de edificios con materiales densos, como el hormigón enriquecido con partículas metálicas, ofrecen cierto potencial para absorber RF y de ese modo reducir los niveles, particularmente en el rango de GHz.

Los materiales conductores deben usarse con cuidado y precaución porque la señal reflejada puede resultar en exposiciones imprevistas. La radiación se refleja de una superficie a otra y esto puede resultar en niveles locales más altos de lo que sería el caso si la RF fuera transmitida o absorbida por materiales estructurales o por el mobiliario.

Para protegerse contra RF procedente de elementos radiantes de antenas celulares, redes wifi y torres de radiodifusión, el blindaje puede integrarse en toda la envolvente del edificio o habitaciones o zonas seleccionadas.

Las ventanas pueden estar revestidas de capas transparentes de óxidos metálicos (desarrollado para reflejar infrarrojos para retener el calor en edificios y reflejar luz ultravioleta del exterior) y estos metales reflejan RF también. En la superficie exterior, el blindaje se puede lograr con revestimiento/techo de metal, ventanas y marcos de puertas metálicos, puertas metálicas o revestidas de metal, ventanas de baja emisividad, pantallas, película para ventanas de RF y malla metálica fina o lámina de barrera radiante integrada en la envolvente del edificio.

Otras **opciones en interiores** incluyen pinturas de protección a base de carbono de alta calidad o mallas metálicas finas y cortinas/visillos de protección contra RF. Siempre deben estar conectados eléctricamente a tierra.

Es importante saber que, dentro de los espacios blindados, los dispositivos deben tener todas las funciones inalámbricas apagadas, ya que los teléfonos necesitarán producir señales RF más intensas desde el propio dispositivo, para comunicarse con la red, con cuatro veces mayor tasa de exposición para el usuario.

Independientemente de las opciones que se utilicen para lograr niveles bajos de RFR, es necesario verificar los resultados finales con mediciones usando un medidor RF o un sistema dosimétrico de medición continua de forma inteligente, con sistema de aviso al usuario.

Algunas recomendaciones para el uso de internet dentro de los edificios incluyen:

- Conectar los *routers* a una fuente de alimentación con un temporizador, para apagarlos cuando no se usan habitualmente, como a la hora de acostarse.
- Seleccionar *routers* que puedan admitir entradas por cable, equipados con un interruptor de encendido/apagado accesible para funciones inalámbricas, y usando un cable de conexión a un módem con cable, para proporcionar conexión a internet cuando la función inalámbrica está apagada.
- Evitar los módems que también actúan como «puntos calientes» públicos.
- No instalar puntos de acceso inalámbricos cerca de dormitorios o espacios ocupados frecuentemente.
- Etiquetar claramente los puntos de acceso inalámbrico y las áreas donde se utilizan antenas inalámbricas.
- Usar conexiones por cable para monitoreo y control de HVAC, iluminación, seguridad y otros monitores y controladores fijos.
- Para mejorar la seguridad y reducir la huella de carbono, así como para reducir la RFR, acceder a datos y controladores a través de una conexión por cable.
- Si el edificio está en su mayor parte blindado, pero tiene una zona sin blindaje para uso de dispositivos inalámbricos, se debe asegurar que haya carteles que informen a las personas de las exposiciones a RF junto con el acceso inalámbrico.

Individuos sensibles y vulnerables

Es posible que sea necesario implementar todo lo anterior y más para reducir RF adecuadamente en ambientes interiores y exteriores, para adaptarse a individuos sensibles. Esto a menudo requerirá contratar a un experto en CEM, porque el comportamiento de los campos electromagnéticos, las corrientes y la radiación es complejo y difícil de predecir. Las personas sensibles deben ser consultadas durante cualquier proyecto de renovación o construcción, porque los individuos pueden reaccionar de manera diferente a varios tipos de exposiciones.

Las soluciones cableadas tienen muchas ventajas.

Las redes inalámbricas:

- continúan siendo unas **100 veces más lentas** que los sistemas cableados.
- **no son confiables** y son más propensas a problemas de latencia y demora.
- consumen cantidades significativas de energía, más que cableadas.
- **aumentan los riesgos de seguridad** y privacidad de los datos personales y comerciales.

La gran cantidad de evidencias aportadas por la investigación científica revisada por pares que demuestra efectos biológicos de la radiación de radiofrecuencia (RF) por debajo de las normativas destaca la necesidad de seguir desarrollando normas y pautas de tecnología de construcción que protejan la salud de los habitantes de estos espacios habitables. Ya que no se podrán considerar habitables si no tienen también en cuenta los parámetros de protección frente a las radiaciones, es preciso que el profesional del diseño constructivo tenga acceso a la información necesaria en materia de riesgos para la salud, necesidades de accesibilidad, nuevos materiales, ubicación, diseño urbanístico, responsabilidad industrial, etc.

Las acciones de precaución indican que el conocimiento de los efectos de las emisiones electromagnéticas es una función importante que debe ser tomada como un parámetro en la ciencia de la construcción. La ciencia también debe innovar para incluir alternativas, físicamente conectadas, tecnologías y sistemas. Esto es importante para lograr la accesibilidad y el éxito de un edificio. Asegurar que la salud y seguridad de los ocupantes no están comprometidos requiere que aquellos profesionales de la ciencia de

la construcción deben desarrollar y aplicar evaluaciones de necesidades y medios, teniendo en cuenta el impacto de la tecnología inalámbrica en la vida de los usuarios de estas viviendas.

La ciencia de la construcción ha adaptado la ecología y la sostenibilidad como núcleo de diseño y ahora le queda el reto de adaptarse a las nuevas tecnologías de la intercomunicación de personas/objetos haciendo que sus edificios sean saludables para sus ocupantes, sea cual sea su nivel de sensibilidad frente al CEM.

5.4 Criterios constructivos para reducir la exposición a cargas electrostáticas

La aparición de campos estáticos en el interior de los edificios está producida por una desregulación del ambiente interior, debida a un sumatorio de factores:

- **Exceso de materiales plásticos no conductores**, que facilitan un aumento de la tensión eléctrica en los espacios interiores.
- **Climatización por aire**, que provoca el rozamiento de la convección sobre las superficies plásticas no conductoras, generando que se carguen.
- **Instalaciones eléctricas cercanas a zonas de trabajo**. Los materiales metálicos del mobiliario en contacto con los conductores eléctricos pueden conducir la electricidad. También puede generarse una tensión eléctrica entre los cantos vivos de mesas y pavimentos cargados electrostáticamente, que crea un campo eléctrico continuo en esa vertical (que provoca la aparición de lipoatrofia semicircular en los muslos).
- **Desregulación de la humedad relativa** (una humedad más baja ayuda a la proliferación de cargas electrostáticas).

Por lo tanto, se debe evitar la aparición de estos factores en el ambiente interior siguiendo estas recomendaciones:

- **Evitar los materiales con acabados plásticos y no conductores.**
- **Evitar la sequedad ambiental.** Controlar la humedad relativa entre el 45 % y el 60 %, priorizando el uso de materiales higroscópicos y dejando como aspecto secundario los sistemas activos de regulación de humedad.
- **Diseño que contemple el electroclima** a la hora de elegir materiales de acabado superficial y diseño de instalaciones de climatización y ventilación, controlando especialmente las corrientes de convección que aumentan la fricción sobre materiales propensos a cargarse estáticamente.
- **Control de los trazados y diseños** de las instalaciones eléctricas en las zonas de alta permanencia, optimizando los recorridos y evitando bucles de cables.
- **Evitar los cantos de las mesas vivos**, prefiriendo los redondeados.
- **Control de la existencia y buena resistencia de la toma a tierra**, y la garantía de que toda la instalación y elementos metálicos están bien conectados.

6

REFLEXIÓN ACERCA DEL 5G

La última versión integrada de redes móviles -la tecnología 4G (cuarta generación)- y la próxima versión -llamada 5G, quinta generación-, se encuentran en la etapa inicial de implementación. Aún no se han aprobado los protocolos de seguridad del 5G en escenarios creíbles de la vida real, ya que no hay suficientes estudios científicos que evalúen las consecuencias de esta nueva tecnología emergente. De manera alarmante, muchos de los estudios realizados en entornos más benignos muestran efectos nocivos de esta radiación e insisten en las importantes carencias en materia de seguridad observada. Sin embargo, incluso en ausencia otros componentes de la vida real que faltan por añadir, como los productos químicos tóxicos y las biotoxinas (que tienden a agravar los efectos adversos de la radiación inalámbrica), la literatura muestra que hay muchas razones válidas para preocuparse por los posibles efectos adversos para la salud de la tecnología 4G y 5G. Los estudios sobre los efectos de la radiación inalámbrica en la salud informados en la literatura deben ser vistos como extremadamente conservadores, subestimando sustancialmente los impactos adversos de esta nueva tecnología.

Los posibles efectos biológicos y para la salud que se pueden esperar de los nuevos sistemas de comunicaciones inalámbricas y que se consideran adversos se derivan de la naturaleza intrínseca de la radiación y su interacción con el tejido y las estructuras diana. La tecnología de redes se asoció principalmente con las frecuencias portadoras en el rango de ~1-2,5 GHz (teléfonos móviles, wifi). En su modo de rendimiento más alto, la tecnología 5G está asociada principalmente con frecuencias portadoras con al menos un orden de magnitud mayor que las frecuencias 4G, aunque, como se indicó anteriormente, «los ELF (0-3.000 Hz) siempre están presentes en forma de pulsos y modulación». Hay evidencia suficiente de que pueden iniciarse respuestas biológicas a la irradiación de ondas milimétricas (5G).

¿Cuál es el consenso sobre los efectos adversos de la tecnología inalámbrica?

Hay muchas razones posibles para explicar esta falta de consenso. La radiación inalámbrica ofrece la promesa de una mejor detección remota, comunicaciones mejoradas y transferencia de datos, y conectividad mejorada. Desafortunadamente, existen una gran cantidad de datos de laboratorio y estudios epidemiológicos que muestran que las generaciones anteriores y actuales de tecnología de redes inalámbricas tienen importantes efectos adversos para la salud. Gran parte de estos datos experimentales se obtuvieron en condiciones que no reflejaban las condiciones de la vida real. Es necesario estudiar los posibles efectos en la salud de las radiaciones del 5G en condiciones de la vida real antes de que se pueda justificar un mayor despliegue y sean trasladados al ámbito normativo, que permita construir espacios habitables minimizando los impactos de la radiación incidente.

Cada vez existe más evidencia científica que relaciona alteraciones en la salud de las personas con dosis consideradas actualmente como bajas de forma continuada a lo largo del tiempo.

En muchos países, las pautas y estándares para proteger al público de los efectos adversos de la radiación de radiofrecuencia (RF) se basan en una suposición de que el daño se produce solo por un calentamiento excesivo del tejido (efecto térmico). Sin embargo, numerosas publicaciones científicas documentan que la RFR afecta a los organismos vivos a exposiciones

dentro de los parámetros reglamentarios, a niveles «no térmicos».

La «química asistida por microondas» acelera reacciones químicas particulares con niveles bajos de RFR. En los sistemas vivos, la aceleración de algunas reacciones químicas causaría daño molecular, desequilibrios químicos y disfunción, y es consistente con las observaciones de efectos significativos en humanos, animales, plantas y células aisladas.

Efectos observados en estudios de humanos expuestos a niveles no térmicos de RFR incluyen: cáncer, problemas de desarrollo de la primera infancia, cerebro, daño al esperma y al ADN, así como hipersensibilidad electromagnética.

La idoneidad de los límites reglamentarios de RF fue cuestionada en 2011 cuando un panel de expertos convocado por la Agencia Internacional para Investigación sobre el cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud clasificó la RF (100 MHz - 300 GHz) como grupo 2B, posible carcinógeno humano, basado en gran parte en la evidencia epidemiológica humana de un mayor riesgo de glioma, un tipo de cáncer de cerebro. Esta clasificación incluye frecuencias inalámbricas de todo tipo de dispositivos emisores de RF, incluidos wifi, wimax, etc. En 2019, un grupo asesor de la IARC recomendó la reevaluación de la clasificación de 2011, a la luz de investigaciones recientes con animales. La evidencia posterior respalda la actualización de la clasificación IARC. En 2018, Miller et al. concluyeron que, como resultado de la epidemiología humana y los estudios en animales publicados después del panel de la IARC 201, la RF debe clasificarse como un carcinógeno humano conocido del Grupo 1. Hardell y Carlberg llegaron a la misma conclusión. El humo del tabaco y el asbesto están en el Grupo 1. La principal evidencia humana para esta actualización de la clasificación propuesta es un gran estudio epidemiológico francés, así como un metaanálisis de estudios de casos y controles agrupados en Suecia. Además, un estudio de exposición ocupacional israelí de 2018 concluyó que, en general, la evidencia «presentan un caso coherente para una relación causa-efecto y clasifica la exposición a RF como carcinógeno humano (IARC grupo 1)».

La serie también informa sobre cánceres de mama asociados con llevar un teléfono celular en el sujetador. Los datos canadienses (2001-2004) mostraron evidencia de un riesgo duplicado de desarrollo de glioma para

adultos que usaron teléfonos celulares durante 558 días o más. En consonancia con el uso cada vez mayor de teléfonos móviles, hubo un aumento estadísticamente significativo en la incidencia de tumores malignos del cerebro y del sistema nervioso central en niños y adolescentes en los EE. UU. entre 2000 y 2010, y tumores cerebrales.

Efectos sobre el embarazo y las etapas tempranas de la vida

Durante su rápido desarrollo, el embrión, el feto, el lactante y el niño son más vulnerables a muchas agresiones ambientales, y los impactos pueden mantenerse potencialmente de por vida. Varias etapas de la vida tienen diferentes vulnerabilidades y susceptibilidad a RF. El modelado indica que los niños absorben dosis de RF sustancialmente más altas de los sistemas inalámbricos, en estructuras cerebrales más profundas que las de los adultos. La investigación ha vinculado la exposición durante el embarazo a efectos adversos. Los autores de un estudio de casos y controles publicado en 2015 declararon que «el uso de los teléfonos móviles puede estar relacionado con abortos espontáneos tempranos».

El uso de teléfonos móviles maternos durante el primer trimestre del embarazo puede contribuir a ralentizar o detener el desarrollo embrionario, posiblemente debido a los efectos sobre los receptores de membrana en las células amnióticas humanas. Un estudio de 2019 en el que participaron más de 55.000 mujeres embarazadas y bebés de cuatro países (Dinamarca, Países Bajos, España y Corea) vinculó el uso del teléfono celular durante el embarazo con una duración más corta del periodo de gestación y mayor riesgo de parto prematuro.

Los problemas de comportamiento se han asociado con la exposición prenatal y posnatal al teléfono celular. En cinco cohortes, Birks et al. encontraron que el uso del teléfono móvil por una mujer embarazada se asociaba con un mayor riesgo de problemas de comportamiento, particularmente hiperactividad/falta de atención en su hijo.

Sage y Burgio discuten el daño producido por niveles reducidos de RF en el material genético, incluido el ADN y estructuras nucleares en la célula y posibles mecanismos de deterioro del desarrollo neurológico infantil. Los efectos sinérgicos entre la RFR y varios productos químicos, incluidos los

nutrientes (es decir, tanto beneficiosos como adversos), se describen en una revisión de 2016 por Kostoff y Lau.

Sobre las alteraciones en la producción de esperma en jóvenes, tres revisiones sistemáticas publicadas entre 2014 y 2016 informaron de efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los espermatozoides, así como daños en el ADN, por exposiciones diarias a RF.

En una revisión exhaustiva de la literatura, Pall afirma que «el wifi provoca estrés oxidativo, daño espermático/testicular, efectos neuropsiquiátricos que incluyen cambios en el electroencefalograma, apoptosis (muerte celular), daño del ADN celular, cambios endocrinos y sobrecarga de calcio». También sostiene que los efectos de la exposición continua a largo plazo pueden ser acumulativos y que las señales pulsadas son más biológicamente activas que una onda portadora suave.

Se observan alteraciones del desarrollo cerebral y de la función cognitiva, así como conductas adictivas en niños y adolescentes con la exposición a la RF. En un estudio sobre la exposición a la RF los maestros usaban «exposímetros» para registrar continuamente las exposiciones a RF. Los niveles medios de exposición sufrían amplias variaciones, según actividades en el aula, pero las medidas máximas fueron de hasta $83.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

En una extensa revisión, Dürrenberger et al. indican que las emisiones de infraestructura en microambientes son normalmente subestimados. Estas incertidumbres hacen estadísticamente difícil de detectar los efectos sobre la salud, lo que también da lugar a una subestimación de los daños. Aunque las exposiciones generalmente cumplen límites regulatorios gubernamentales, exceden las recomendaciones de precaución. Revisiones recientes de evaluaciones de RF encontraron mayores niveles en oficinas y en el transporte público.

Una patología nueva surgida en una parte creciente de la población es la hipersensibilidad electromagnética (EHS). Al igual que con otras exposiciones ambientales, algunas personas son más susceptibles (sensible o intolerante) y presentan un abanico sintomatológico ante la exposición puntual o crónica a RF.

La hipersensibilidad electromagnética (EHS) también se denomina comúnmente sensibilidad eléctrica, electrohipersensibilidad, intolerancia ambiental idiopática o (históricamente) enfermedad de microondas.

Los síntomas comunes de EHS incluyen dolores de cabeza, dificultades cognitivas, problemas para dormir, mareos, depresión, fatiga, erupciones cutáneas, *tinnitus* y síntomas similares a los de la gripe. Las reacciones adversas a los dispositivos inalámbricos van desde leves y fácilmente reversibles hasta graves e incapacitantes. Los individuos que las sufren deben reducir en gran medida su exposición a fuentes de radiación electromagnética.

Encuestas realizadas en varios países en fechas que van de 1998 a 2007 estimaron que aproximadamente del tres al trece por ciento o más de la población experimenta síntomas de EHS. EHS se reconoce como una discapacidad y se protege en los EE. UU. en virtud de la Ley de estadounidenses con discapacidades. Suecia reconoce EHS como un deterioro funcional. En Canadá, la condición está incluida bajo sensibilidades ambientales. El consenso de la directriz EUROPAEM EMF es que la acción más importante para el tratamiento y manejo de EHS es la reducción y evitación de exposiciones pertinentes en lugares donde se dedica una cantidad significativa de tiempo, especialmente en las áreas para dormir.

7

RECOMENDACIONES

Bajas frecuencias:

Priorizar la existencia de una buena toma de tierra que derive las cargas eléctricas residuales de los edificios, junto con criterios de instalación eléctrica biocompatible (trazados en espiga en vez de anillo, evitar el paso de cableados eléctricos en las zonas de alta permanencia, usar disyuntores de red o teleruptores que eviten el paso de corriente eléctrica cuando no se está utilizando un circuito). Se deberían garantizar las mínimas inmisiones de campos de baja frecuencia en el dormitorio para garantizar un sueño reparador.

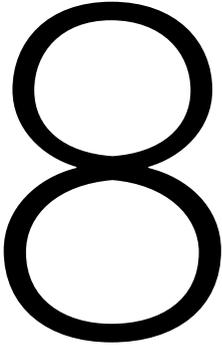
Altas frecuencias:

Se recomienda realizar una evaluación ambiental de las condiciones electromagnéticas del entorno de un edificio para incorporarlas en el diseño y distribución de los espacios y también la elección de materiales y sistemas constructivos.

También resulta interesante incorporar sistemas inteligentes de medición continua con sistemas de aviso al usuario cuando se superen determinados límites de exposición a altas frecuencias.

Electroclima en general:

Se deben considerar las propiedades de comportamiento físico de los materiales y sistemas de construcción para integrar en el diseño constructivo la minimización de los efectos del electroclima sobre la salud de las personas, para obtener así espacios más saludables.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Magnitud	Símbolo	Unidad	Símbolo	Medible con sonda
Campo eléctrico <i>in situ</i>	E0	Voltios por metro	V/m	
Campo eléctrico	E	Voltios por metro	V/m	x
Campo magnético	H	Amperios por metro	A/m	x
Inducción magnética	B	Teslas	T	x
Densidad de potencia	S	Vatios por m ²	W/m ²	x
Corriente de contacto	IC	Amperios	A	
Corriente en las extremidades	IL	Amperios	A	
Tasa de absorción específica de energía	SAR	Vatios por kilogramo	W/kg	
Absorción específica	SA	Julios por kilogramo	J/kg	

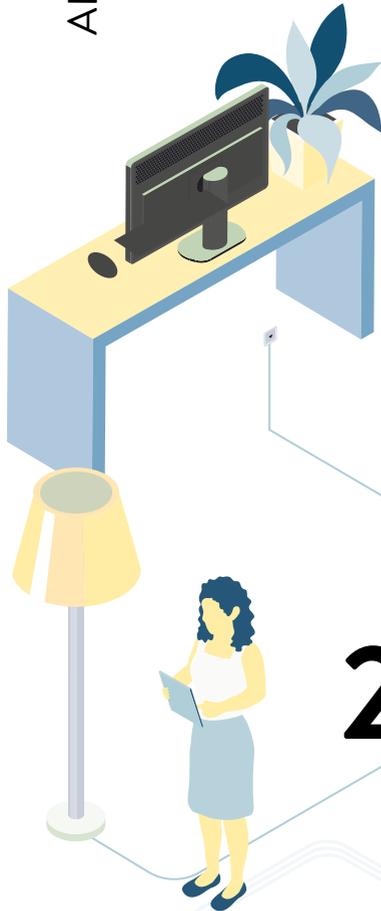
Tabla 5.- Principales magnitudes relacionadas con la exposición a CEM

Voltaje (kV)	Máximo campo eléctrico		Máximo campo magnético	
	kV/m	Límites ICNIRP (%)	μT	Límites ICNIRP (%)
10	0,15	3,6	6,41	7,7
33	0,80	19,2	1,62	1,9
60	3,57	85,6	5,14	6,2
138	0,80	19,2	2,06	2,5
220	13,42	322,6	8,81	10,6

Tabla 6. Valores máximos de los campos y los cocientes de exposición para el público en general, de acuerdo con las recomendaciones ICNIRP

CRITERIOS PARA REDUCIR LA EXPOSICIÓN AL CAMPO ELÉCTRICO

1 **ALEJAMIENTO** **Cuanto más alejada** esté la fuente de exposición y menor sea su emisión, **menor será** también **la exposición** a este campo.



Infraestructura del vecindario con **acceso por cable de alta velocidad** teléfono e internet.

Redes (LAN) para proporcionar **puntos de acceso por cable** para todas las redes.

Conexiones en los edificios a CAT6 cableadas o cables Ethernet CAT7 preferiblemente blindados.

Cableado eléctrico para transferir datos (sistemas Power Line Communications - PLC).

Tomas telefónicas RJ11 con cable para teléfonos fijos **evitando los teléfonos inalámbricos.**

2 **INFRAESTRUCTURA**

3

INTERNET

Conectar los routers a una fuente de alimentación con un **temporizador**, para apagarlos cuando **no se usan habitualmente**.

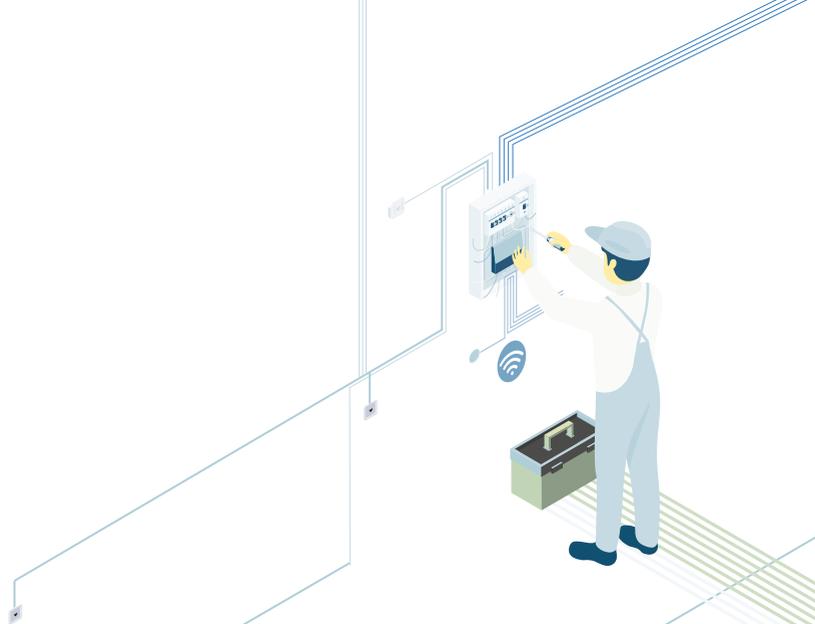
Seleccionar **routers** que puedan admitir entradas por cable, **equipados con un interruptor de encendido/apagado**.

Evitar los módems que también actúan como «**puntos calientes**» públicos.

No instalar puntos de acceso inalámbricos cerca de dormitorios o espacios **ocupados frecuentemente**.

Etiquetar claramente los puntos de acceso inalámbrico.

Usar **conexiones por cable** para monitoreo y control de HVAC, iluminación, seguridad y otros monitores y controladores fijos.



Sabon
ada

copy
en

re
sitive

CAPÍTULO 9: TIPOLOGÍAS SALUDABLES

1

COMPONENTES DEL GRUPO

Este trabajo ha sido realizado en equipo por un grupo de trabajo de expertos, integrado por arquitectos, en el que cada uno ha liderado la tipología en la que es especialista, si bien todo el grupo ha enriquecido el conjunto del capítulo con sus aportaciones.

Este trabajo de tipologías saludables es idea del arquitecto Enrique Cobres, que nos ha apoyado, ha aportado valor en todo el proceso y ha actuado como representante de las tres entidades promotoras de este documento (AEICE, CGATE y GBCe). Dado su original enfoque, no encontramos bibliografía anterior en la que apoyarnos, tanto en su estructura como en muchas de las tipologías, por lo que el resultado es consecuencia, además del trabajo individual de cada uno de nosotros, de las reflexiones colectivas producidas en las reuniones quincenales que hemos ido manteniendo.

Hemos intentado que todas las tipologías tuviesen la misma estructura, con el fin de dar unidad al trabajo. Sin embargo, dos de las tipologías, hospitales y urbanismo, por sus características particulares, tienen una estructura diferente. El contenido de este capítulo contiene recomendaciones más allá de la normativa.

Rita Gasalla Regojo (Coordinadora), Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).

Gonzalo Alarcia Fernández, G33 Arquitectos.

Óscar Miguel Ares Álvarez, Contextos de Arquitectura y Urbanismo.

Julia Ayuso Sánchez, CBRE Real Estate Spain.

Antonio Bolívar Galiano, ABG Arquitectura, Urbanismo y Rehabilitación.

Enrique M. Cobreros García, Clúster de Hábitat Eficiente (AEICE).

Marta Parra Casado, Parra-Müller Arquitectura de Maternidades.

Mercè Rius Almoyner, Instituto de Tecnología de la Construcción (ITeC).

Carla Sentieri Omarrementeria, Universitat Politècnica de València (UPV).

2

INTRODUCCIÓN

Por Rita Gasalla, arquitecta, presidenta del Observatorio de Arquitectura Saludable y coordinadora del grupo de trabajo de expertos de tipologías saludables.

Sabemos que los espacios que habitamos impactan en la salud de sus ocupantes, tanto de los usuarios de hoy como los de las generaciones futuras. El objetivo de este capítulo es aportar una visión integradora que sirva de brújula para que los agentes implicados en los proyectos puedan trabajar con una actitud consciente y transformadora. Se trata de favorecer y preservar la salud de las personas en las diferentes tipologías edificatorias y en el urbanismo.

«Los criterios de salud y bienestar pueden afectar profundamente a la concepción de los edificios, pudiendo modificar su tipología tradicional», afirma Enrique Cobreros, director de Hábitat y Construcción Eficiente de AEICE.

En el conjunto de las tipologías, coincide la recomendación de potenciar espacios comunes, que sean amplios, flexibles, accesibles y seguros. También la importancia de orientar los espacios más relevantes en cuanto a su uso a la fachada sur, o a la que ofrezca el soleamiento óptimo de cada geografía, así como maximizar la apertura de huecos a esa orientación y al disfrute de las vistas.

Hemos resaltado la importancia de potenciar la ventilación natural, y a ser posible cruzada, siempre que los espacios exteriores no estén contaminados. También la de incorporar al diseño plantas naturales, tanto en el interior como en el exterior y el diseño específico de la iluminación apropiada para el uso de cada estancia.

En los espacios docentes, hospitales y residencias de ancianos, hemos hecho especial hincapié en diseñar los espacios más humanos y cercanos, dada la especial vulnerabilidad de sus ocupantes. En el caso de los hospitales, además, cobra especial importancia que estén bien comunicados y, en los entornos urbanos, que sean saludables, seguros e inclusivos.

La seguridad es una necesidad básica y su ausencia impacta directamente en nuestra salud. Este enfoque es clave tanto en los edificios como en el urbanismo, para minimizar el riesgo de convertirnos en víctimas de la delincuencia, así como para evitar el desasosiego y estrés que produce el miedo.

2.1 Diseño para el bienestar mental

El entorno afecta al cerebro, a las emociones y a las capacidades cognitivas de las personas. Las ciudades y los edificios tienen el potencial de generar bienestar mental en sus ocupantes y, a través de su diseño, se pueden promover comportamientos, estados emocionales y pensamientos positivos, mejorar la salud mental y ayudar a reducir el nivel de estrés.

En las ciudades, asuntos como la seguridad, la accesibilidad y la proliferación de espacios verdes ayudan a fomentar hábitos saludables en la población, y la limitación del ruido y un aire de calidad mejoran el sueño y reducen el estrés.

En la concepción de los edificios es de aplicación todo lo anterior: se debe cuidar el confort acústico, la calidad del aire y de la luz e introducir plantas naturales también en los interiores, para mejorar la salud mental y favorecer los procesos cognitivos. Además, se debe utilizar la estética como valor que promueve el bienestar mental y tener en cuenta que los colores, proporciones de los espacios y alturas de los techos afectan a la creatividad, concentración, estado de ánimo y comportamientos, tal y como se demuestra en la Neuroarquitectura.

Todo lo relacionado con el entorno construido afecta también al bienestar y salud física. Asegurar además el confort térmico, la ergonomía, la calidad del agua y disfrutar del soleamiento y de las vistas impacta tanto en la calidad como en la esperanza de vida.

2.2 Arquitectura de elección

Consiste en concebir los espacios con la intención de promover en sus ocupantes la elección de la opción más saludable. Por ejemplo, sabemos que la naturalización de los espacios públicos y hacerlos más seguros y cómodamente transitables a pie invita a caminar y a la interacción social.

Podemos promocionar la actividad física a través de dotaciones deportivas y gimnasios en los barrios y edificios. En las distintas tipologías de edificios colectivos, dar servicios que promuevan el ejercicio físico y eviten el sedentarismo, dotarlos de aparcamientos para bicicletas y promover el uso de las escaleras en lugar del ascensor, ubicándolas en un lugar visible, cuidando su estética y haciéndolas cómodas.

Además, si comunicamos las medidas de arquitectura saludable informando a los usuarios y ciudadanos de las medidas tomadas para promover la salud, facilitamos que puedan elegir de manera consciente esas opciones más saludables.

2.3 El ambiente psicosocial: cultura y valores

«Sobre una base de arquitectura y urbanismo saludables, es importante que se establezcan como objetivos y compromisos asumidos explícitamente unos hábitos de vida seguros y saludables, que posibiliten el pleno desarrollo físico, psíquico, social y emocional de los individuos», asegura la arquitecta Carla Sentieri.

Los proyectos colectivos que fomentan la ayuda, cooperación, resiliencia e implicación en tareas de interés social estrechan los lazos y vinculan a los miembros de la comunidad. Se puede mejorar la convivencia promoviendo prácticas que contribuyan al desarrollo de relaciones positivas entre todas las personas de la comunidad, a través de actividades que impliquen el encuentro e intercambio y promuevan la confianza, seguridad y bienestar.

2.4 Cambio de paradigma

Cada época nos exige definir nuestro propósito colectivo y el legado para las futuras generaciones. En la nuestra, la salud es una prioridad a la que todos los arquitectos, como agentes sociales que somos, estamos obligados a responder.

Tenemos la oportunidad de transformar la arquitectura y el urbanismo con una nueva perspectiva para que nuestros edificios y ciudades sean verdaderamente saludables.

3

VIVIENDAS

Viviendas saludables

Pasamos de promedio el 65 % de nuestra vida dentro de nuestras viviendas y un tercio de nuestra vida en el dormitorio, por lo que el potencial impacto de sus espacios en nuestra salud y la de nuestras familias es enorme.

3.1 El ambiente físico

3.1.1 Entorno y barrio

Los edificios de viviendas se sitúan en lugares con buenas conexiones con transporte público para facilitar el acceso a cualquier miembro de la comunidad.

Los umbrales son elementos a tratar con un especial interés, generando una transición desde el espacio público hasta las viviendas para poder tener un lugar de espera que permita cerrar el paraguas los días de lluvia o esperar la llegada de alguien. Resulta necesaria la buena accesibilidad a las viviendas desde la calle, con dotación de aparcabicicletas próximo y propio,

así como necesario es señalar, proteger y separar la zona de entrada y salida peatonal del acceso al aparcamiento de vehículos.

El entorno garantiza la calidad de vida al situar los edificios rodeados de vegetación y naturaleza, en la medida de lo posible, así como al evitar volcar las zonas de noche de las viviendas (dormitorios) a calles o avenidas con mucho tránsito, eludiendo ruidos molestos en horas de descanso.

3.1.2 Edificios e instalaciones

La vivienda tiene en cuenta las orientaciones y busca el sur para las zonas de estar, evitando la orientación norte que es más fría y por la que no entra el sol. Es aconsejable destinar esas orientaciones para dependencias no vivideras. En relación con la orientación, se recomienda la ventilación cruzada y viviendas pasantes para mejorar las condiciones de bienestar mediante sistemas pasivos.

Las viviendas incorporan instalaciones como espacios deportivos (gimnasio, pistas o salas multiusos) y patios de juegos o jardín dentro de la parcela (si se trata de edificación abierta), de manera que puedan ser de uso colectivo en el barrio. Asimismo, en el entorno inmediato se recomienda una vivienda conectada a espacios abiertos con arbolado en zonas próximas a menos de 10 minutos caminando.

Se recomienda que todo edificio cuente con un lugar de reunión para las personas propietarias, potenciando espacios comunes amplios como vestíbulos o ensanchamientos de los corredores para fomentar la conversación y relación entre la comunidad vecinal. Se trata de pensar en el espacio de circulación como un espacio de encuentro. Además, se recomienda que estos espacios de comunicación como el zaguán de escalera o ascensor dispongan de iluminación y ventilación natural.

El resto de las instalaciones de agua, gas, telecomunicaciones, etc. serán adecuadas para un edificio del siglo XXI, de fácil acceso para su reparación o mejora.

3.1.3 Condiciones físicas

Las dimensiones espaciales de todas las estancias cumplirán la normativa de habitabilidad (DC-09) de acuerdo con su uso y se recomienda que al menos la zona de estar tenga una zona ajardinada o una terraza con una dimensión suficiente para entenderse como un espacio de estancia.

Se recomienda que todos los espacios cuenten con luz natural y sean flexibles y adaptables para que el usuario organice la vivienda en función de sus necesidades, y potenciar una estructura con doble circulación de modo que se amplíen las visuales y el movimiento en la vivienda.

3.1.4 Habitaciones y otros espacios de la vivienda

Toda vivienda contará con un espacio exterior: terraza o patio. Los espacios de la vivienda deben ser flexibles y posibilitar el uso de forma diversa en las distintas etapas de vida del usuario.

Todos los espacios dispondrán de materiales que no emitan contaminantes al aire y que ayuden a mantener el contacto con la naturaleza y el entorno y que contribuyan a una buena acústica, evitando la reverberación y la contaminación acústica que pueda venir del exterior.

La iluminación será natural y con mecanismos de protección y control para adecuarse a las distintas actividades.

Se dispondrá de termostatos independientes para controlar la temperatura para garantizar la calidad del sueño.

Se evitará en la medida de lo posible disponer de cuartos de instalaciones o ascensores colindantes con dormitorios, parear dormitorios de distintas viviendas para evitar puentes acústicos y que las puertas de ascensores abran directamente al vestíbulo de acceso a las viviendas.



*Figura 1.2. Reforma de vivienda, Valencia. Fuente: Orts & Trullenque arquitectos.
Fotografía: Diego Opazo.*

4

ESPACIOS DOCENTES

Centros seguros y saludables

Los niños y adolescentes pasan gran parte de su tiempo en los espacios docentes. Se ha demostrado que las características físicas de los espacios educativos influyen en las funciones cognitivas del alumnado y por tanto en su rendimiento académico, pero lo que es más importante es que son lugares donde se puede aprender a vivir de forma saludable.

4.1 El ambiente físico

4.1.1 Entorno escolar

Los centros docentes se sitúan en lugares de fácil acceso, a ser posible con calles peatonales que faciliten la llegada al centro, estableciendo una transición desde el espacio público al centro para poder tener un lugar de espera. Se recomienda evitar calles o avenidas con mucho tránsito. Resulta necesario señalar, proteger y separar la zona de entrada y salida de alumnos de la de vehículos y se recomienda la diferenciación de las entradas del alumnado por edades.

La relación entre el interior y el exterior es importante, ya que la escuela debe ser sensible a aquello que está ocurriendo fuera participando del exterior tanto desde un punto de vista físico, como desde el punto de vista social y político.

4.1.2 Edificio e instalaciones

La escuela es un lugar «abierto». El edificio fomenta la relación con el lugar en el que se inserta, dispone de vistas o al menos iluminación natural procedente de espacios exteriores ajardinados.

Los equipamientos deportivos exteriores e interiores, patios de juegos y espacios abiertos con arbolado fomentan la autonomía.

Resulta de alto interés que el alumnado vea el trabajo que se realiza para que lo entienda y valore fortaleciendo la creencia de que todo espacio contribuye a la educación. En el caso de los servicios, los diseños separan con frecuencia el cuerpo y sus necesidades del placer de estar en ellos y pasan por alto las oportunidades que ofrecen, como la presencia de los lavabos y el agua o la relación con la cocina.

4.1.3 Condiciones físicas

Todos los espacios cumplirán la normativa de accesibilidad. La distribución permite que los espacios sean versátiles, ampliables y transformables.

Las dimensiones espaciales de los **espacios docentes** cumplen con la normativa adecuada a la actividad y el número de usuarios y tienen vistas a espacios exteriores ajardinados e incluso de un espacio exterior propio. Se adaptarán las alturas de ventanas, mobiliario e instalaciones a los usuarios, respondiendo a su uso y bienestar.

El **espacio de circulación** se considera espacio de juego, reunión o encuentro, que permite que se generen relaciones y situaciones de aprendizaje en él. Las zonas intermedias con uso indefinido crean lugares en constante cambio.

En los **espacios exteriores** como patios se crearán espacios diversos, con desniveles para fomentar la psicomotricidad en etapas de infantil y para experimentar con el cuerpo.

4.1.4 Aulas y otros espacios docentes

El espacio del aula debe ser flexible y posibilitar áreas de trabajo con distintas características, por lo que debe diseñarse con una morfología que le permita ser versátil y cambiar la distribución para las distintas actividades.

Para la construcción del aula se utilizarán materiales que no emitan contaminantes al aire y que ayuden a mantener el contacto con la naturaleza y el entorno, que contribuyan a una buena acústica, evitando la reverberación y la contaminación acústica.

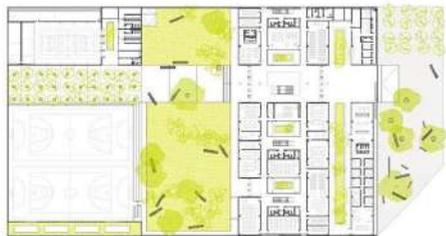
De igual modo, la iluminación natural dispondrá de mecanismos de protección y control para adecuarse a las distintas actividades. Y la transparencia y flexibilidad de los elementos de cerramiento permitirán la relación entre los espacios exteriores y el interior.

Todas las aulas dispondrán de un espacio exterior propio, como prolongación del aula, que permita actividades al aire libre.

4.1.5 Mobiliario y material escolar

El mobiliario será flexible y adaptable y permitirá la organización de los espacios en función de la actividad a realizar. Se dispondrá de mobiliario ergonómico adecuado para la edad de los usuarios.

El material escolar será de materiales naturales para que el contacto con los niños mejore su bienestar y cada alumno dispondrá de un lugar en el que colocar sus cosas personales, estrechando su vínculo con el espacio docente y personalizándolo.



Instituto San Juan. San Juan, Alicante. Orts&Trullenque arquitectos. Fotografía: Diego Opazo.

5

EDIFICIOS DE OFICINAS

Espacios de trabajo saludables

Cada vez más empresas de diferentes sectores han establecido como prioridad la creación de programas que abordan la salud desde distintas perspectivas.

Para alcanzar este objetivo de manera completa y perdurable, los espacios de trabajo deben cumplir con unas condiciones objetivas, que garanticen a las personas el mejor ambiente interior para preservar su bienestar.

Diferentes estudios avalan los efectos de los espacios de trabajo sobre la salud de los empleados. Unas oficinas saludables reducen las bajas y el absentismo laboral. Además, potencian las habilidades cognitivas de las personas (concentración, creatividad...), colaboran en la reducción del estrés y mejoran el rendimiento de los trabajadores.

Aquellas compañías que velan por el bienestar de sus trabajadores serán más competitivas y sostenibles económica y socialmente.



*Oficinas Jazz Pharmaceuticals en Madrid. Proyecto y obra Galów
Arquitectura Saludable.*

5.1 El ambiente físico

5.1.1 Entorno

Los edificios deben estar situados en lugares con buenas conexiones de transporte público para facilitar el acceso y las interacciones entre sectores y diversos tipos de oficinas. En el caso en el que tengan relación con distintas calles, se recomienda unificar la entrada en un único punto para que sea más fácil el control de accesos. Además, se sitúan en lugares de fácil acceso, estableciendo una transición del espacio público a las oficinas o locales en planta baja para poder tener un lugar de espera. Resulta necesario señalar, proteger y separar la zona de entrada y salida de peatones de la de vehículos y se recomienda una buena accesibilidad a las oficinas desde la calle y dotar el edificio con aparcamiento para bicicletas propio y próximo.

5.1.2 Edificio e instalaciones

El espacio de trabajo tiene en cuenta las orientaciones y busca una buena iluminación natural, al mismo tiempo que se protege del sol para evitar los deslumbramientos en las pantallas de ordenadores.

Los edificios de oficinas incorporan instalaciones como espacios deportivos (gimnasio, pistas o salas multiusos) y patios o jardín dentro de la parce-

la, de manera que puedan ser de uso colectivo en el barrio, para mejorar el bienestar de las personas que trabajan allí.

Se recomienda ubicar el núcleo de circulación en la zona central del edificio, en la medida de lo posible, para optimizar los recorridos de las instalaciones y optimizar la planta. Todo edificio de oficinas debe contar con un lugar de reuniones para las empresas usuarias, de manera que se favorezcan las relaciones laborales, y disponga de amplios vestíbulos y corredores para fomentar la interacción. Se trata de pensar el espacio de circulación como un espacio de encuentro con una adecuada dotación de ascensores que minimice los tiempos de espera.

5.2 Condiciones físicas

Las condiciones ambientales y de diseño de un espacio de trabajo pueden condicionar e influir en el rendimiento y la salud de los trabajadores de forma notable. Es importante la disposición y distribución de los materiales y equipos. La separación entre los elementos materiales existentes en el puesto de trabajo será suficiente para que los trabajadores puedan ejecutar su labor en condiciones de seguridad, salud y bienestar y de la forma más eficiente posible.



Edificio Barcelona Mar, Barcelona

El Real Decreto 486 establece las dimensiones de los locales de trabajo que deberán permitir que las personas trabajadoras realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables.

Sus dimensiones mínimas serán de 3 m de altura de suelo a techo, 2 m² de superficie libre y 10 m³ no ocupados por trabajador. Además, en el caso de las vías de circulación, la anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 80 cm y 1 m, respectivamente.

La flexibilidad de los espacios se considera un valor añadido que permite que se organice la oficina en función de las necesidades de las personas que hacen uso de ella y de las necesidades específicas de su negocio, cumpliendo la normativa de accesibilidad.

Los lugares de trabajo, y en particular sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico, de forma que sus condiciones de funcionamiento satisfagan siempre las especificaciones del proyecto, subsanándose con rapidez las deficiencias. Falsos techos y suelos técnicos facilitarán la ubicación de las tomas eléctricas y de telecomunicaciones donde sean necesarias y la instalación de ventilación deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento.

Se recomienda subir el aporte de aire de ventilación respecto a los mínimos marcados por normativa para mejorar el rendimiento cognitivo de los trabajadores, evitar la recirculación de aire e instalar purificadores de aire para minimizar la transmisión de enfermedades por vía aérea.



5.2.1 Espacios de trabajo

Deben ser **espacios flexibles y adaptables** que posibiliten el uso de forma diversa. Además, se deben limitar los espacios abiertos delimitando física y acústicamente las zonas de silencio.

El **cuidado de la acústica** en los espacios de trabajo es esencial para favorecer la concentración.

Se maximizará la **iluminación natural** y se introducirán mecanismos de protección y control para adecuarse a las distintas actividades. La iluminación artificial será acorde a las necesidades específicas de las tareas a realizar en cada área diferenciada de trabajo.

Los espacios de trabajo contarán con una **sala de descanso** para poder desconectar y establecer relaciones. Es recomendable disponer de un espacio exterior.

Contar con salas de reuniones y otros **espacios colaborativos** facilita el flujo y retroalimentación de ideas, siendo recomendable su aislamiento acústico para proteger la confidencialidad y evitar distracciones.

Introducir **mobiliario activo y ergonómico** para prevenir el sedentarismo y las lesiones musculoesqueléticas.

Contar con espacios cuyas **configuraciones** respondan a nuevas formas de trabajar.



Edificio Barcelona Mar, Barcelona

La ergonomía, el confort acústico y térmico, las calidades del aire, del agua y de la luz, usar plantas naturales en interiores y disfrutar de vistas, son variables que tienen un gran impacto en el rendimiento y el bienestar de las personas.

5.2.2 Acabados

Uso de **materiales naturales**, que no emitan contaminantes al aire y que ayuden a mantener el contacto con la naturaleza y el entorno y que contribuyan a una buena acústica, evitando la reverberación y la contaminación acústica que pueda venir del exterior.

Los **colores neutros y claros** favorecen la luminosidad y los colores oscuros e intensos pueden cansar y reducir el confort. Además, deben tener fácil mantenimiento y limpieza.

Fomentar el **disfrute de las vistas y el uso de las plantas** en los espacios de trabajo mejora el bienestar mental de las personas.

5.2.3 Arquitectura de elección

Diseño para promover en los empleados la **actividad física y la vida saludable**.

Proyectar escaleras cómodas y en un lugar visible para fomentar su uso y **prevenir el sedentarismo**.

Dotar de gimnasio, incorporar en el diseño el aparcamiento de bicicletas y dar servicios que promuevan la **actividad física**.

Marcar claramente las **prohibiciones de fumar**.



Sede Banque BBP en Luxemburgo. Proyecto y obra: Galöw Arquitectura Saludable.



HOTELES

Hoteles saludables

Un hotel saludable aportará una sensación de bienestar y sosiego a sus clientes, mejorando su descanso y su sueño y generando las condiciones espaciales y de entorno óptimas para promover su salud en cada uno de los servicios y actividades que ofrezca. Esto ayudará a generar una experiencia de cliente profundamente conmovedora y diferente.

Para los trabajadores, un diseño saludable, no solo mejorará su bienestar y reducirá sus bajas laborales, sino que fomentará su compromiso con la empresa y su rendimiento y promoverá un mejor ambiente emocional en el hotel.

Velar por el bienestar mental y físico de los huéspedes y trabajadores en los hoteles, procurándoles condiciones espaciales, ambientales y de seguridad saludables y adecuadas a cada tipo de actividad y comunicarlo adecuadamente generará satisfacción, orgullo de pertenencia y fidelizará a los clientes.

6.1 El ambiente físico

Caben diferentes clasificaciones de los hoteles según el tipo de destino, explotación, categoría u otros factores. Aquí se plantean recomendaciones generales que serán de aplicación según la clase de hotel de la que se trate.

6.1.1 Entorno

Se recomienda elegir entornos naturales, con vegetación, con bajos niveles de ruido, vistas y soleados.

En el caso de hoteles urbanos, deben estar situados en lugares con buenas conexiones de transporte público, favoreciendo la movilidad sin usar el vehículo privado. Habilitar aparcamiento para bicicletas y lugares de espera y marquesinas para descender de autobuses y resto de vehículos.

Estudiar flujos de circulación para evitar ruidos e interferencias: separar visual y acústicamente y señalizar las zonas de acceso peatonal y de vehículos, tanto de personal y clientes como de mercancías.

6.1.2 Edificio e instalaciones

Dotarlos de instalaciones deportivas, gimnasio o sala multiuso y pistas al aire libre. Crear espacios con usos diversos en el exterior para el reposo o para el ocio.



Azotea Hotel 5 Presidente de Ibiza. Proyecto: Galöw Arquitectura Saludable.*

Cuidar el diseño del espacio exterior, con senderos, plantas y arbolado, potenciando la vegetación autóctona y en función de las necesidades hidrológicas de la zona para favorecer el contacto con la naturaleza.

Colocar terrazas en fachadas soleadas con poco ruido y espacios cubiertos para disfrutar de los servicios del hotel al aire libre.

Valorar la instalación de cubiertas verdes e incluso huertos. Integrar plantas naturales en espacios interiores. Maximizar el disfrute de las vistas y la iluminación natural. Contar con iluminación circadiana especialmente en las habitaciones.



Restaurante The Observatory y lobby del hotel 5 Puerta América de Madrid. Proyecto y construcción: Galöw Arquitectura Saludable.*

Equipamiento de cocinas con hornos de baja temperatura y cámaras y maquinaria adecuadas para la elaboración de comidas saludables.

Instalaciones de agua, gas y telecomunicaciones adecuadas para un hotel del siglo XXI, con fácil acceso para su reparación o mejora.

6.1.3 Condiciones físicas

Ampliar en lo posible las alturas libres respecto a la norma en los lobby y resto de espacios de mayor amplitud, por la mayor ocupación y flujo de personas en estos espacios y en función de la capacidad del hotel. La incorporación de la tecnología permite rebajar los tiempos de espera en los *check-in* y *check-out*.

Distribución que facilite que los **espacios sean ampliables y transformables**. La flexibilidad de los espacios se considera un valor añadido que permite adaptarse a las necesidades futuras.

Centralizar en las plantas las lencerías y cuartos de limpieza junto a ascensores y escalera de personal, para evitar ruidos a los huéspedes. Evitar el cruce de circulaciones de personal y huéspedes.

En los espacios de uso público diseñar aperturas y ventanas que puedan aportar **ventilación cruzada**, e incorporar ventilaciones mecánicas de doble flujo y el concepto de sistemas pasivos en entornos urbanos y continentales. Instalar sistemas activos de purificación del aire que eliminen o desactiven patógenos, monitorizar la calidad del aire e informar de ello a los clientes.

Que **todos los espacios dispongan de luz natural**, incluidos baños y cocinas, en la medida de lo posible, y de ventilación natural (al menos 1/6 de la superficie útil de la estancia que ventilen).

Se dispondrán compases o sistemas de limitación de apertura de las ventanas para **evitar riesgo de caídas**.

Cuidar especialmente la envolvente del edificio, con especial atención a los sistemas de ventanas-persianas y a los posibles puentes térmicos, para **aumentar el confort higrotérmico**.

Todos los espacios cumplirán la normativa de dimensiones y accesibilidad.

6.1.4 Habitaciones y baños

Cuidar la calidad del aire y la acústica es imprescindible para mejorar la calidad del sueño de los huéspedes. Las luces cálidas o idealmente circadianas también favorecen el sueño. Con ese fin, **instalar también termostatos individuales**.

Evitar disponer las habitaciones hacia espacios exteriores más contaminados acústica o lumínicamente. Combinar la orientación sur con las vistas.

Reservar la orientación norte (que es más fría y por la que no entra el sol) para otros usos.

Facilitar la apertura de ventanas conectadas al apagado de la climatización.

Asegurar el aislamiento acústico de las habitaciones, tanto del ruido exterior como del ruido interior de pasillos y habitaciones. Evitar que los ascensores abran directamente al acceso a las habitaciones.

Instalar paneles o zócalos que permitan empotrar las cajas de mecanismos y cableado. Colocar termostatos independientes. Instalar balizas de luz cálida accionables desde las dos mesillas de noche.

Priorizar las duchas sobre las bañeras para evitar accidentes.

6.1.5 Acabados y mobiliario

Deben ser preferentemente con **materiales naturales, locales y libres de COV** o con un contenido muy bajo, y que ayuden a mantener el contacto con la naturaleza y el entorno. Primar materiales fotocatalíticos, que en contacto con el aire y en presencia de luz son potenciales reductores de la contaminación atmosférica y poseen propiedades limpiadoras. Son más duraderos y de fácil mantenimiento.

Los materiales incorporarán el concepto de **economía circular atendiendo a las 3 erres** (reducir, reciclar y reutilizar). Utilizar materiales que mejoren el nivel de reverberación para un buen confort acústico.

Mobiliario ergonómico, cuidando especialmente la comodidad de colchones, sillas y sofás; flexible, adaptable, ligero y resistente para evitar lesiones personales durante su traslado. Camas elevables.

6.1.6 Mantenimiento

Realizar un **buen mantenimiento preventivo**, que evite riesgos a clientes y empleados. Plan de limpieza primando productos ecológicos y libres de COV.

Realizar **auditorías anuales** de calidad del aire. Analizar la calidad del agua en los puntos de consumo.

Realizar un **plan de gestión de residuos** con especial atención a las cocinas y a la manipulación de productos peligrosos.

6.2 Diseño para mejorar la salud

6.2.1 Diseño para el bienestar mental

Generar bienestar mental en un hotel implica que su diseño, además de promocionar comportamientos, estados emocionales y pensamientos positivos, genera sensaciones y experiencias memorables a sus clientes.

Se deben **favorecer las proporciones rectangulares y evitar los ángulos agudos**; diseñar techos altos en las zonas públicas, facilitar el disfrute de las vistas, estudiar el color y utilizar la estética como valor que promueve el bienestar mental.

Se recomienda la **promoción de actividades culturales**: música, teatro...

Además del bienestar mental, promueve también el bienestar físico cuidar el confort acústico y térmico, la ergonomía, las calidades del aire, del agua y de la luz, usar plantas naturales en interiores y disfrutar del soleamiento.

6.2.2 Arquitectura de elección

Diseño para promover en los clientes **la elección de la opción más saludable**.

Promoción de la actividad física: dotar de instalaciones deportivas y gimnasio y dar servicios que promuevan el ejercicio físico y eviten el sedentarismo.

Escaleras visibles, cómodas y de cuidado diseño, especialmente en el *lobby*, cuando conecta con otros espacios públicos, y así promover su uso en lugar del ascensor.

Incorporar en el diseño **aparcamiento de bicicletas** y marcar claramente las prohibiciones de fumar.

En los bufet y cartas, maximizar y **resaltar la oferta de productos equilibrados, ecológicos, de huerta y elaboración propia**, así como comidas especiales para veganos, diabéticos o alérgicos a cierto tipo de alimentos. Minimizar la venta de bebidas azucaradas y carbonatadas, así como productos procesados en las máquinas expendedoras.

Comunicar interna y externamente las medidas tomadas para promover su elección informando a los clientes y empleados.

7

RESTAURANTES

Locales seguros y saludables

Cuidar la salud de trabajadores y clientes de los restaurantes a través de la arquitectura debe formar parte de la cultura empresarial para, por un lado, favorecer el rendimiento de los empleados y por otro, la tranquilidad y disfrute de los clientes. Se trata de una forma de impactar positivamente en la sociedad y de captar y fidelizar a los clientes.

7.1 El ambiente físico

Excepto los locales de uso exclusivo para colectivos, los restaurantes son de acceso libre. Aunque son privados están tutelados por la Administración porque han de cumplir con unas condiciones mínimas de habitabilidad, seguridad e higiene.

Los restaurantes (al igual que los hoteles con las estrellas) se clasifican por categorías determinadas por el número de tenedores que es asignado por cada comunidad autónoma.

A nivel de concepto, su clasificación es diversa: *gourmet*, de especialidad, familiar, bufet, de comida rápida, temático, para llevar...

7.1.1 Diseño y proyecto de restauración

La gran **diversidad de tipologías** requiere que la concepción del espacio se adecue al objetivo del proyecto. Proponemos contemplar en el proceso del diseño el pensamiento **Lean Design**, así como la participación de un **equipo multidisciplinar**.

Deberá incorporar la **innovación y sostenibilidad** como ejes del proyecto: energías renovables, eficiencia energética, uso sostenible del agua, reciclaje y reducción de residuos, productos de proximidad, productos ecológicos, etc.

En la medida de lo posible, dado que suelen instalarse en edificios ya construidos, el proyecto tendrá en cuenta los aspectos de la arquitectura bioclimática. La idoneidad del proyecto deberá adecuarse a toda la normativa vigente.



MO de Movimiento, Madrid. Promotor: Proyectos Conscientes. Interiorismo: Felipe Turell, Javier Antequera, Lucas Muñoz, Gonzalo Machado y Mafalda Muñoz. Fotos: Andrea Núñez.

7.2 Entorno

Debe dar respuesta a los criterios de seguridad, limpieza y prevención de riesgos. Se debe establecer una relación armónica con su entorno.

Exterior. Facilitar la accesibilidad, respetar las zonas de peatones, procurar entornos con vegetación y evitar en la medida de lo posible la proximidad de las terrazas con la circulación.

Local. Es aconsejable que exista un espacio de transición y de espera. El aforo y las dimensiones serán de acuerdo con la normativa vigente, si bien dentro de lo posible se incorporarán mejoras en espacios como puertas, altura, lugares de trabajo y almacenaje... El objetivo es hacerlo más seguro y saludable, así como primar la funcionalidad para trabajadores y clientes. Se potenciará la iluminación natural y la ventilación cruzada.

No debe haber interferencia provocada por el mobiliario o elementos innecesarios. Las puertas que comunican los espacios de trabajo se plantearán con ojos de buey o similar para evitar el impacto entre el personal.

Señalización identificable y visible de accesos a los servicios, salidas de emergencia, zonas de almacenamiento, riesgos, etc.

Se **diferenciarán, si es posible, las entradas de mercancías** de los accesos para usuarios.



Restaurante Món Việt, Barcelona. Promotores: Anh-Van y Carles Amat. Arquitectos: Studio Shito. Fotografías: Marcela Grassi, Marta Amat.

Ambiente. Tiene que ser agradable, sin ruido, con la temperatura adecuada y sin malos olores. Se debe contar con las herramientas que facilitan la gestión del menú, para el pedido y el pago. Transparencia en los precios y disponer de alternativas para las personas que sufren intolerancias alimentarias.

Equipamiento. El mobiliario, además de mantener la distancia de seguridad, tiene que facilitar la movilidad de las personas. Procurar que cumpla con las 4 erres: reducir, reutilizar, reciclar y recuperar. Acabados libres de COV o con un contenido muy bajo y de fácil mantenimiento y limpieza. Debe ser adecuado a las funciones y tareas.

Instalaciones. Las instalaciones de agua, gas, electricidad, iluminación, detección de incendios, saneamiento y desguaces, extracción de humos, aire acondicionado y renovación de aire, además de cumplir la normativa vigente se adaptarán a las necesidades de un local del siglo XXI.

En la medida de lo posible, se incorporarán instalaciones de domótica y se potenciarán las opciones de las TIC en los procesos de sala, reparto, control de existencias, estado de los alimentos, etc.

Serán de fácil acceso para su mantenimiento o mejora y se potenciará la existencia de instalaciones vistas para facilitar sus modificaciones y/o reparaciones. Instalación adecuada que garantice una calidad del aire saludable.

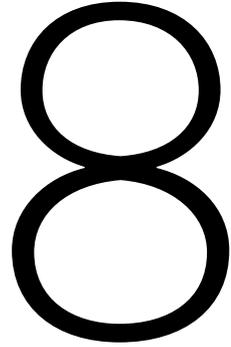
Materiales. Potenciar el uso de materiales «higiénicos» como el cobre, cristal o acero, que faciliten la limpieza, así como pinturas libres de emisores. Los pavimentos serán de materiales no deslizantes y fáciles de mantenimiento.

Recursos. Realizar una correcta gestión del almacenaje, limpieza, higiene personal y residuos. Mantener la cadena de frío y control de los productos perecederos.

Elaboración de comidas sanas y saludables, promoviendo el consumo de productos ecológicos y de proximidad, evitando el uso de productos procesados. Minimizar el uso de envases (filtraje del agua, cervezas...) y eliminar el plástico desechable de un solo uso.

Estructura organizativa: gestión, horarios, procesos, implementaciones, etc. Gestión de la mejora continua a través de la metodología Lean, estandarizando tareas, analizando el flujo de trabajo, mediante una organización eficiente de las tareas.

Establecer disciplina en el funcionamiento del local. Promover una buena cultura de empresa, políticas de igualdad y transparencia. Potenciar las capacidades de las personas y promover una política de formación. Impulsar políticas de responsabilidad social y medioambientales. Estar al día de los cambios y avances tecnológicos.



EDIFICIOS INDUSTRIALES

Instalaciones seguras y saludables

Tradicionalmente en los edificios industriales han primado la funcionalidad y practicidad por encima de otras consideraciones. Sin embargo, estos espacios deben estar también orientados a las personas, protegiendo su salud, bienestar y seguridad, potenciando un entorno laboral de colaboración e impulsando los niveles de productividad.

8.1 El ambiente físico

8.1.1 Entorno

Los edificios industriales se integrarán en el lugar evitando contrastes de colores, tamaños y formas y utilizando la vegetación como elemento de transición del polígono con su entorno, minimizando el impacto visual, la contaminación acústica y purificando el aire del entorno. Su ubicación atenderá a las condiciones del tipo de industria, favoreciendo los desplazamientos en bicicleta y caminado –en el caso de industria ligera–

o mediante transporte público, pero siempre protegiendo de ruidos y actividades molestas a las poblaciones próximas.

Conviene **separar las entradas de vehículos de carga y descarga** de material industrial de las entradas de vehículos particulares para el acceso a las oficinas de los trabajadores y visitantes y establecer una transición desde el espacio de aparcamiento a la zona de oficinas o áreas de trabajo mediante espacios ajardinados, arbolados o naturales que se mantendrán mediante riego con la recogida de aguas pluviales.

Se potenciará **la colocación de pavimentación con colores claros** frente a colores oscuros para favorecer la reflexión y una menor absorción de la radiación solar por las superficies, y en consecuencia para no aumentar la temperatura del entorno.



Integración paisajística de fábrica ENCE. Pontevedra. Arquitectos: Orts y Trullenque

8.1.2 Edificios e instalaciones para la zona industrial

Los edificios industriales deben tener **un diseño flexible** y una optimización espacial, material y estructural que permita su uso a lo largo de los años para ampliaciones o solicitudes diversas, sin tener que recurrir a grandes modificaciones y sin perder de vista el bienestar de las personas.

El análisis de los requerimientos de las diferentes zonas en las que se distribuirá el edificio (área de producción, almacén, oficinas y vestuarios), junto con su orientación, permite determinar una distribución en planta que optimice las ganancias solares, la luz natural y minimice las sombras proyectadas, y mejorar así el bienestar de las personas.

Se priorizará la adopción de divisiones interiores fácilmente desmontables: mamparas fijas o móviles, tabiques de perfilería metálica y panel de cartón

yeso, madera o similar, tabiques de entramado de madera y panel de cartón yeso, madera o similar.

Resulta muy valorable **disponer de patios, espacios abiertos** con arbolado para el esparcimiento de los usuarios del edificio industrial –jardines o parques de barrio a menos de 10 minutos caminando– o dentro de la parcela si es posible. Y es preferible iluminar con luz natural para minimizar el consumo eléctrico y la generación de calor producida por las lámparas poco eficientes.

Por lo general, los lucernarios pueden ser una solución útil para aportar **iluminación natural en los edificios industriales**, ya que permiten que la iluminación natural llegue a todas las zonas interiores del edificio industrial (generalmente en una planta).



Fábrica de turbinas, Peter Behrens, 1910. Fábrica Bacardí, Félix Candela, México, 1958-1960.

8.1.3 Condiciones físicas

El Real Decreto 486 establece las dimensiones de los locales de trabajo que deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un **mantenimiento periódico**, de forma que sus condiciones de funcionamiento satisfagan siempre las especificaciones del proyecto y se subsanen

con rapidez las deficiencias que puedan afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

Los puestos de trabajo, ya sean parte del proceso industrial o de la gestión, facilitarán la mayor concentración posible, evitando ruidos y distracciones, y contarán con una buena iluminación con el objeto de que el trabajador tenga las mejores condiciones para que su rendimiento en el puesto de trabajo sea óptimo y saludable.

8.1.4 Despachos y otros espacios de las zonas de oficinas

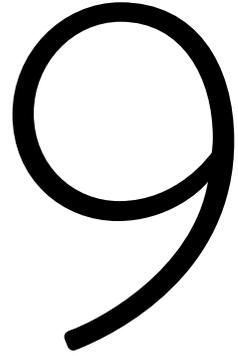
Cualquier espacio de la planta de oficinas **debe ser flexible** y posibilitar el uso de forma diversa. Contará además con salas de descanso y reuniones.

Delimitar físicamente las zonas de silencio, trabajo, acceso y servicios conjugando el espacio con estanterías, armarios y plantas, si es posible, y estudiar la utilización de elementos de materiales naturales en paredes y techos, que no emitan contaminantes al aire y que ayuden a mantener el contacto con la naturaleza y el entorno, y que contribuyan a una buena acústica.

Atender a la ergonomía, ya que su incumplimiento tiene consecuencias importantes sobre la salud, rendimiento, motivación y bienestar de las personas según la NTP 232 del INSHT.

8.1.5 Acabados

Los **acabados serán naturales** en la medida de lo posible y con colores neutros y claros que favorezcan la luminosidad, ya que los colores oscuros y fuertes pueden cansar más y generar menos confort. También deberán facilitar el trabajo del personal de limpieza y mantenimiento, para favorecer sus condiciones de bienestar en el trabajo.



RESIDENCIAS PARA MAYORES

Residencias saludables para mayores

Es imperativo potenciar el impacto positivo de los espacios arquitectónicos que albergan a personas especialmente vulnerables por su avanzada edad y habituales problemas de salud. Su diseño cobra especial importancia puesto que el entorno, al igual que en el caso de los hospitales, debe funcionar como un tercer cuidador, que vela por las personas mayores, las cuida y ayuda a sentir bienestar tanto físico como mental.

9.1 El ambiente físico

9.1.1 Modelos

Con independencia de la gestión, los modelos de vivienda de residencia-hospital, con estructura de pasillo-corredor, han mostrado no solo su ineficacia sino también la inviabilidad en el control de la pandemia. Es necesaria una buena arquitectura que se aleje de la imagen de edificio hospitalario y que vele por el bienestar de los más desprotegidos.

Además, las nuevas relaciones familiares y razones de índole económico han hecho que las personas busquen nuevos modelos de convivencia. Son los *cohousing*, apartamentos tutelados, viviendas asistidas... que irrumpen en la geografía de los nuevos modelos residenciales y que a buen seguro van a modificar la fisonomías urbana, social y económica de las urbes. Son modelos implantados en buena parte de Europa, pero que en España constituyen una realidad incipiente. Ofrecen alternativas de alojamiento temporal o permanente para personas mayores de 65 años o que superando los 50 sean pensionistas.

Estos centros se estructuran de cuatro formas básicas:

Hogares residencialia. Destinados a mayores con autonomía suficiente como para realizar tareas cotidianas, aunque puedan requerir de ciertos apoyos personales y organizativos. Cuentan con personal propio especializado y formado para atender a los residentes las 24 horas. Los mayores residen en habitaciones individuales o dobles, compartiendo espacios comunes polivalentes. Los residentes cuentan con todos los servicios sanitarios básicos, así como de actividades de ocio y socialización.

Viviendas compartidas. Apartamentos con servicios a la carta que incluyen como mínimo lavandería, *catering*, servicio de limpieza o personas de custodia durante las 24 horas. Pueden presentar una gran diversidad de tipologías (desde estudios hasta apartamentos con diferente número de habitaciones).

Residencias asistidas. Pensadas para personas que necesitan una asistencia integral para poder llevar a cabo las actividades de la vida diaria y que por circunstancias sociofamiliares no pueden hacerlo en sus hogares.

Residencias mixtas. Combinan las dos experiencias anteriores. Funcionan como centros para mayores autónomos, pero están dotadas con una unidad para la atención de personas afectadas por minusvalías físicas o psíquicas.

9.1.2 Apartamentos tutelados

La mejora de las condiciones de vida de la población hace que las personas incrementen su esperanza de vida, alargando también sus niveles de

autonomía personal hasta edades cada vez más avanzadas. Aunque no necesitan asistencia, buscan alternativas en apartamentos tutelados: edificios completos de pisos y servicios comunes en régimen de alquiler o incluso de venta:

Viviendas para mayores. Diseñadas para ser cómodas y seguras. Para personas jubiladas o próximas a la jubilación que no se sienten ancianas y que buscan un entorno agradable y seguro donde pasar temporadas o años completos.

Comunidades para mayores. Son vecindarios que pueden incluir hogares unifamiliares, apartamentos o viviendas adosadas para mayores autónomos que pueden administrar sus casas. Muchas ofrecen gama de actividades sociales, recreativas y educativas.

9.2 La residencia del futuro

Es necesario seguir unas pautas para conseguir un modelo de residencia más humano, más habitable, más próximo, cercano, construido a partir de la arquitectura como herramienta de bienestar y alejada de pretensiones de rendimiento económico. La arquitectura puede y debe definir nuevos modelos de residencias o comunidades para mayores a lo largo de su vida.



*Unidad de convivencia en la residencia en la c/ Miseses de Valladolid.
Proyecto: Óscar Ares.*

9.2.1 Unidades de convivencia

Se sustituye el concepto de edificio-pasillo-hospital por estas unidades en las que se deberían eliminar, en la medida de lo posible, los pasillos, o bien que cuenten con otra funcionalidad complementaria. Deben pensarse como espacios centrales, con ámbitos intermedios de comunicación entre los residentes, entre el espacio interior y exterior, con entre 9 y 16 personas, más los cuidadores. El objetivo es generar una sensación de vecindad y familiaridad.



*Unidad de convivencia en la residencia en la c/ Miseses de Valladolid.
Proyecto: Óscar Ares.*

La arquitectura de estos espacios debe **dejar fuera el ruido**, construir refugios y soportes para la vida donde los residentes puedan recibir a sus familiares y se sientan en un ambiente cálido y de cuidado, lejos del institucional/hospitalario.

Deben tener cortinas, cuadros, sofás y todos los elementos que sirvan para tejer una **red de apoyo psicológico** y favorezca la estimulación personal. En ese proceso de construcción de la vida es importante que participen las familias.

Rehuir de la imagen hospitalaria utilizando materiales cálidos y un buen posicionamiento de la luz (ventanales, terrazas, espacios de umbral...). Añadir jardineras, huertos, cubiertas verdes, plantas de interior a fin de general un mayor confort psicológico.

Emplear **materiales fáciles de limpiar** y una correcta renovación del aire con conductos de sistemas inhibidores de virus que eviten enfermedades por procesos respiratorios.

9.2.2 Rehabilitación

Las comunidades de mayores podrían desarrollarse en ámbitos pequeños o en el contexto rural, mediante la adquisición de dos o tres viviendas en las que realizar un proyecto común, rehabilitando su interior para construir una pequeña residencia que no pierda la condición de hogar.

En la evaluación económica de la intervención se debe tener en cuenta el **proceso de deterioro de los inmuebles**.

El planeamiento general del municipio debería asumir el cambio de uso sin penalizaciones, y se deberían modificar determinadas condiciones de la **normativa nacional del Código Técnico de la Edificación**, al encajar estos edificios en uso hospitalario, pues su aplicación supondría –en la mayoría de las circunstancias– la inviabilidad de su adaptación en los procesos de recuperación de construcciones.

La proximidad del campo dará un mayor protagonismo al espacio exterior, pudiéndose realizar muchas de las actividades fuera del edificio y promocionando así la vida activa.

Entre las ventajas, promueve la **economía circular** del lugar elegido, genera empleo directo e indirecto, recupera el patrimonio de ámbitos rurales y reactiva zonas rurales.

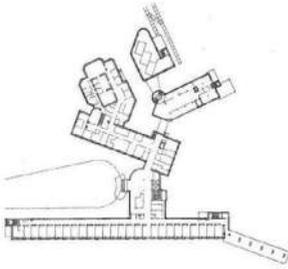
10

HOSPITALES

Edificios para la salud

Los hospitales y centros sanitarios han de ser infraestructuras que afecten positivamente a la salud, no solo como contenedores de procesos, sino también como entornos físicos donde se desarrollan los procesos de curación, rehabilitación y sanación, o los procesos de enfermedad que no mejoran.

El diseño de espacios saludables cobra toda su importancia en los hospitales y centros sanitarios, al ser sus usuarios principales personas en situación de enfermedad o carencia de salud. El entorno puede y debe funcionar como un tercer cuidador que, de manera pasiva, influye, colabora e impacta positivamente en la salud y recuperación física y/o emocional de los usuarios. El hospital como un edificio que cura, con espacios más humanizados y optimistas, centrados en el paciente y no en la enfermedad.



*Sanatorio de tuberculosos en Paimio, Finlandia.
Aino Marsio y Alvar Aalto. 1929. Foto: Libro.*

10.1 El ambiente físico

10.1.1 Entorno

Los hospitales movilizan una gran cantidad de población. La ubicación más o menos cerca del núcleo urbano al que sirve, marca la diferencia en clave de sostenibilidad y movilidad. Debido a la ingente cantidad de recursos de todo tipo que supone un hospital y el elevado número de personas que acude a diario, es importante acertar con la ubicación, acercarla lo más posible a la población y generar recursos de movilidad para todas las situaciones.

Situados en lugares con buenas conexiones para el coche privado y muy bien conectado con el transporte público para facilitar el acceso y las interacciones entre sectores y diversos tipos de oficinas. La posibilidad de que se pueda acceder andando aporta mucho. Es positivo favorecer el acceso de bicicletas con aparcamientos seguros y cercanos a las entradas.

La orientación es fundamental: desde la escala de coche, bus o a pie, es importante marcar las diferentes entradas con claridad, desde la propia tipología, más allá de la cartelería o señalética.

Hospital con aparcamiento:

- **Fácil orientación y acceso** desde los aparcamientos hacia el edificio.
- Posibilidad de generar un **entorno de aparcamiento agradable** mediante arbolado, para sombra y vistas amables desde las ventanas del hospital, y evitar las playas duras de aparcamiento.
- **Paradas de autobús público y taxis** cercanas a cada entrada del hospital.
- **Aparcamiento de bicicletas** para promocionar la movilidad ecosostenible.
- **Zonas exteriores:**
 - **Entornos con vegetación y naturales** en la medida de lo posible.
 - **Espacios exteriores de calidad** con sombras, paseos, bancos y recorridos que fomenten el uso exterior del hospital tanto por usuarios como por visitantes.



*Propuesta para el Hospital Aranda de Duero, Burgos.
Virai Arquitectura y Estudi PSP Arquitectura. Imágenes: los autores del proyecto.*

- Establecer una transición desde el espacio público hasta las entradas del centro en la que **se puedan reunir personas** en condiciones adecuadas de soleamiento/sombra, con bancos de espera, papeleras, etc.
- A ser posible, incorporar **área de juego y expansión para la infancia**.

10.1.2 Edificio e instalaciones

La estrategia tipológica de un hospital está marcada por:

- Su **tamaño**.
- Las **necesidades de parcela**.
- Un sistema eficaz de consumo de **recursos energéticos**.
- El **concepto intensivo o extensivo** de edificio, en función del modelo de ocupación de este:
 - **Un modelo extensivo** en planta requiere más recursos: más envolvente, más distancia entre áreas, más personal, etc. y consigue más luz natural, más espacios de deambulación, segregaciones más claras.
 - **Un modelo intensivo** en planta compromete la luz natural en más áreas y el uso del espacio exterior como recurso, pero favorece la interconexión entre distintas áreas programáticas y su interdependencia.



Ampliación del Hospital Vega Baja de Orihuela, Alicante. Peñín Arquitectos, Virai Arquitectura y CHILE 15.

Cada proyecto debe valorar los diferentes condicionantes en función de sus características y tener en cuenta los beneficios de ambos modelos, para incorporarlos en la medida de lo posible.

10.1.3 Condiciones físicas

Accesos: diferentes accesos alrededor del edificio, para segregar y dirigir a los diferentes usuarios correctamente:

- **Centralizar a los usuarios** a través de una entrada principal, vinculada al área de hospitalización.
- Acceso a consultas o área ambulante independiente, debido al **flujo intenso** durante unas horas.
- Acceso **independiente a las urgencias**, con diferentes entradas peatonales para segregar al paciente contagioso del no contagioso, y al adulto del infantil.
- Accesos **independientes de las áreas específicas** con tránsito de pacientes habituales, como hemodiálisis, hospitales oncológicos, hospitales de día de salud mental, rehabilitación, etc.
- A ser posible, **acceso independiente al CMA** (Unidad de Cirugía Mayor Ambulatoria), con circuitos claros que permitan un sistema eficiente de gestión de personas.
- Entradas **independientes auxiliares:** mercancías, mortuorio, accesos de profesionales a vestuarios, etc.

Conexión interior/externo: en la medida de lo posible, conectar espacios interiores y facilitar el uso en espacios exteriores acondicionados para ello.

Algunos usos conviene ubicarlos en planta baja para fomentar esa posible conexión real con el exterior, a través del uso de algunos patios: salud mental, hospitales de día oncológicos, consultas de pediatría, etc.

Orientaciones con buena iluminación en función del uso interno de cada área:

- Habitaciones de **hospitalización:** en Europa, sur/este, preferentemente.
- **Consultas:** cualquier orientación. Norte suele ser una buena opción.
- **Zonas críticas:** se hace imprescindible dotar de luz natural a todos los usos posibles, incluso en los que tradicionalmente no se han diseñado con iluminación natural, como UCI, UCI neonatales, quirófanos, áreas de administración, etc.

- En general, allá donde hay un **puesto de trabajo** es recomendable incorporar la luz natural y la conexión con el exterior.

Circulaciones y flujos:

- **Segregar circulaciones por usos**, no solo como optimización técnica y de gestión, sino como manera de cuidar las necesidades emocionales y de privacidad de los usuarios.
- Se potenciará la **generación de espacios amplios**: vestíbulos con una adecuada dotación de ascensores y escaleras que minimicen los tiempos de espera.

10.1.4 Tipologías y usuarios

Debido al amplio espectro de **espacios y tipologías** que conviven en un hospital, hay algunas áreas de «usuarios vulnerables», en las que el usuario es especialmente sensible y el entorno a través del diseño espacial tiene capacidad para fomentar su salud, respondiendo a sus necesidades físicas y emocionales:

- Urgencias
- UCI
- Maternidad
- Hospitales de día oncológicos
- Salud mental
- Pediatría

El desarrollo de las características de estas tipologías está basado en la descripción de los usuarios y en función de ellos, las necesidades espaciales para el diseño saludable de sus espacios.

Existen varios tipos de usuarios del hospital, habituales o temporales, y en función del uso que se hace del mismo:

Pacientes:

- **Pacientes habituales:** en hospitales de día, que acuden a tratamientos largos, o pacientes que son hospitalizados y pasan un corto o largo periodo de tiempo en el hospital.
- **Pacientes ocasionales:** acuden al hospital a urgencias, o para consultas externas y actos médicos concretos. Suelen estar despistados, no conocen el entorno.

Familiares: acompañantes adultos o visitantes adultos o infantiles. Personas de paso, que precisan de una comprensión adecuada del entorno, con servicios básicos de aseos, zonas de entretenimiento-acompañamiento (cafetería, espacio religioso, zona de reunión, etc.) y señalizaciones claras y concretas. Se mueven por las circulaciones públicas.

Profesionales sanitarios: son usuarios habituales, conocen las circulaciones y las áreas. Pueden trabajar en jornadas de guardia largas, por lo que precisarán de entornos de descanso y relación, fuera del ámbito asistencial.

Otros trabajadores: celadores, personal de limpieza, personal administrativo, etc.

Los trabajadores del hospital suelen moverse por circuitos no públicos o técnicos. Conocen el edificio o edificios y suelen pasar muchos años en el hospital, por lo que es importante que los espacios que los acogen sean amables y entornos cuidadosos.

10.1.5 Diseño de espacios

El diseño espacial de espacios, en general, buscará aportar salud a través de los elementos siguientes:

Confort acústico: incorporación de falsos techos en pasillos y zonas de trabajo y de reunión. Puertas en todas las estancias con correcciones acústicas que eviten el sonido de portazos o la transmisión de ruido del exterior.

Confort visual: luz natural en todas las estancias posibles, tanto asistenciales como de trabajo, descanso y circulación. Ausencia de ruido visual, me-

diante el diseño de espacios específicos para la cartelería. Conexión visual con el exterior en todas las zonas posibles, incluidas esperas, circulaciones y espacios amplios como vestíbulos, rehabilitación o cafetería. Utilización armoniosa del color y como elemento de señalización y orientación.

Fácil orientación y accesibilidad universal.

Confort térmico y una adecuada calidad del aire.

Espacios agradables y funcionales, que se alejen de la estética hospitalaria tradicional, incorporando nuevos materiales y recursos compositivos.

Diseño biofílico con incorporación de la naturaleza y elementos naturales en los espacios principales y secundarios: plantas no alérgicas, referencias a paisajes, colores, y conceptos naturales, etc.

Confort funcional. Todos los usos y usuarios están contemplados: rincones infantiles en consultas externas y en hospitalización, incorporación de la familia, con estancias adecuadas para ello y espacios para el descanso y la formación de los trabajadores.

11

URBANISMO SALUDABLE

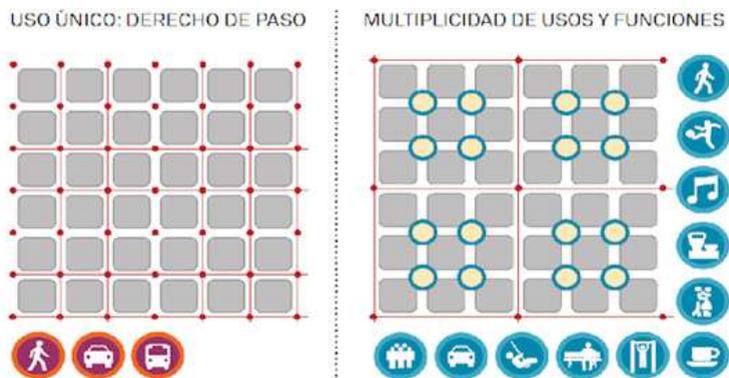
11.1 Salud urbana

En la ciudad la contaminación es causa de importantes enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Los ruidos inducen a la falta de sueño y estrés. La dificultad para caminar en la ciudad y la dependencia del automóvil provocan, entre otras, patologías óseas y obesidad. En la búsqueda de soluciones será preciso integrar la salud en el planeamiento urbano y tener claro que hay que intervenir con la intensidad necesaria para mitigar el cambio climático, la polución y dar la vuelta a la inercia de la movilidad motorizada.

La promoción de entornos saludables requiere un especial detenimiento en el diseño de los espacios públicos y la regeneración urbana de lo construido. La estrategia del urbanismo saludable tiene relevancia en la minimización del impacto en la salud de los determinantes ambientales sobre la población, así como en el cambio de algunas conductas.

11.2 Ordenación del entorno urbano

La pieza estelar de la ordenación del planificador será la célula o entorno funcional, el barrio, es decir, un espacio vital de 250.000 m² aproximadamente donde deberá potenciarse el desarrollo de las actividades esenciales del ciudadano.



*La supermanzana. Fuente: Esquema simplificado, 2015.
Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.*

La propuesta será extraer el tráfico a las calles exteriores perimetrales, eliminando el tráfico de paso en el interior de la «supermanzana», que quedará libre de coches circulando y aparcados, con lo que se reconquistará más de un 70 % del espacio público para las personas. Dentro solo circularán los vehículos de movilidad personal, los coches de los residentes y los servicios imprescindibles, lo que reducirá las enfermedades derivadas de la accidentalidad, la contaminación y la no mitigación del cambio climático.

Los desplazamientos a la mayoría de los centros de atracción a nivel de barrio y distrito serán inferiores a 600 metros a pie o abarcables a menos de 15 minutos de tiempo. Será misión del planificador hacer apetecible y saludable el espacio urbano a las personas para que, incluso los trayectos, sean espacios de convivencia y proximidad.

11.3 Estrategia

Se planeará una estrategia de tratamiento gradual de naturalización del espacio público, de las calles, según su jerarquía. De esta forma, los tramos viarios internos no deberán vislumbrarse como pistas de coches con unas franjas peatonales, sino que se transformarán en vestíbulos abiertos de los edificios a los que dan acceso y relacionan: calles peatonales (calles de estar), calles mixtas (calles de prioridad peatonal) y ejes de barrio (calles de estar y pasar). El aspecto de un entorno viario local se proyectará de manera que se ponga al ciudadano y su salud en la cúspide de los beneficios y privilegios.

Configuración ideal. La plataforma física será única, elevada y compartida. Será soporte eficaz no solo para los cascos históricos sino exportable a todas las células de la ciudad, como alfombra mágica imprescindible para soslayar el resto de dificultades.

La plataforma deberá estar libre de cualquier obstáculo que no sea útil, incluso de coches aparcados. El estacionamiento de vehículos deberá adelgazarse y alejarse a puntos convenientes en la corona de la célula funcional, preferentemente en el interior de parcelas/edificios con frente a las calles de paso. Una calle interna de la célula no deberá almacenar coches en la calzada y menos aún en dos líneas difícilmente franqueables y generadoras de riesgos.

Sección de una calzada local. Las zonas laterales o de confort deberán tener más de 250 cm de ancho, flanqueadas con maceteros, setos, farolas, sillas o bancos con respaldo y con elementos de sombra. El canal de circulación mixta tendrá entre 2,80 y 3,50 metros. Si se puede desviar el eje para que los vehículos no se animen a correr, mejor.

Calidad. Contendrá siempre que sea posible abundantes parterres con especies vegetales, arbustos y árboles no necesariamente alineados. La naturalización es importante. La calle deberá contar con todo lo necesario para que un ciudadano «sobreviva» por sí solo, como si de un coche se tratara, cambiada la óptica. Deberá ponerse a su disposición todo lo que necesita para «repostar» cada trecho: fuentes, áreas de sombras, descanso, entretenimiento, quioscos para «repostaje», etc.

Materiales. El pavimento apropiado no deberá ser resbaladizo, pero tampoco deberá ser rugoso: para que no sea ruidoso con el paso de vehículos y para que se pueda caminar cómodamente con cualquier tipo de calzado, empujando con cochecitos de bebé o con sillas.

Limitaciones de uso. En los entornos viarios de las calles locales se establecerá en las «puertas» de entrada a los recintos amables la señalización de zona 10 o zona 20, indicando la restricción y regulación que se precise.

Las reservas de estacionamiento de vehículos en el entorno viario serán excepcionales. Los vehículos antes de iniciar sus desplazamientos deberán contar con espacios reservados, preferentemente en los edificios. La tecnología de la *smart city* puede ayudar en estos y otros aspectos.

Prohibiciones. Se deberá diseñar apoyando la reducción drástica de la ocupación del espacio público por los coches y el menor impacto de la velocidad y los tubos de escape con emisiones contaminantes en la salud urbana. En estos entornos, los coches que no tengan una plaza reservada pararán en un lado de la calzada, los minutos estrictamente necesarios para desembarcar pasajeros o mercancías, sin estorbar, sin interrumpir el tránsito de las personas.

11.4 Prestaciones del espacio urbano

El entorno debe ser saludable. En clave de diseño bioclimático y con el apoyo de la tecnología del siglo XXI (la *smart city* al servicio de la salud). Se deberá tener presente la orientación y alejarse de las fuentes de contaminación. Calles con sección única y arbolado y con alicantes son preferibles. Potenciar la coincidencia de actividades económicas e integrar elementos que estimulen las relaciones sociales y las actividades al aire libre, es decir, todo lo que represente favorecer el metabolismo urbano.



La seguridad en las smart cities. Fuente: Enrique Robayna, 2019. Eona Movilidad.

Entorno jerarquizado. No es café para todos. En el nuevo enfoque del modelo urbano será importante identificar la categoría y funciones de cada espacio o viario y adoptar el diseño adecuado: la superficie para peatones será muy superior a la destinada a los coches.

Entorno comfortable. Para evitar los efectos de la radiación solar o del viento, se emplearán colores claros en las superficies. Instalar viseras y árboles de sombra. Colocar fuentes, surtidores y bancos para combatir la fatiga y el cansancio, así como suelos transpirables, desde la perspectiva de la mitigación de los efectos del cambio climático.

El entorno debe ser conciliador. Que todas las personas puedan convivir en él. Para ello el espacio no deberá ser ruidoso y deberán utilizarse pantallas vegetales o de otro tipo frente a avenidas con tráfico ($L_d < 65 \text{ dbA}$). Nivel de iluminación ($> 20 \text{ lux}$) pensando que son áreas para pasear, incluso para leer, no farolas para orientar exclusivamente al coche.



La ciudad en un cuarto de hora. Fuente: programa elecciones municipales, 2020, París. Micaël.

Entorno inclusivo. Incorporar señalética para braille, dispositivos audibles, bebederos adaptados, mobiliario y aseos para todas las situaciones. Favorecer el juego de niños.

El entorno debe ser seguro. Se implementarán, en los bordes, sobre todo, medidas o dispositivos de mejora y protección como elevaciones, pasos, refugios, calmado del tráfico, regulación semafórica, vallados, etc. en clave de las personas, no solo del tráfico.

El entorno debe ser permeable. Eliminar barreras físicas (escaleras o pendientes elevadas) o barreras viarias (glorietas y avenidas que favorecen el tráfico motorizado frente al cruce transversal de las personas).

El entorno debe ser transitable. Se ampliarán los espacios de tránsito y desaparecerán los elementos que estorben o reduzcan la capacidad del espacio para caminar, como contenedores en superficie, parquímetros, buzones, veladores o coches aparcados.

El entorno debe ser accesible universalmente. Dar solución a la necesidad real de accesibilidad ocasionada por la existencia de barreras urbanísticas, excesos de pendientes, insuficiente calidad o deficiente conservación de los pavimentos.

Por último, **el entorno debe ser sostenible.** En calles con doble plataforma (las no estanciales) se evitará el modelo de acera-bici más conflictivo que la ciclocalle. Una bioarquitectura basada igualmente en el respeto al medioambiente, que emplee materiales reciclables para reducir la huella de carbono y generar espacios sostenibles.

11.5 Nuevo enfoque y proceso de implantación

En la nueva óptica la ciudad inteligente deberá ser saludable. La evaluación de los efectos urbanos en la salud es fundamental. Se deberá corregir o compensar la inexistencia en el planeamiento de suelo del equipamiento de aparcamiento disuasorio o de barrio.

En la ciudad consolidada la intervención deberá ser quirúrgica, revitalizando y recalificando espacios. En la planificación de los ensanches urbanos

será importante no quedarse en los mínimos de la normativa e incluso, en algunos casos, será preciso rebelarse contra inercias, insuficiencias y ciertos estándares que se han de replantear.



Antes y después. Fuente: proyecto de peatonalización, 2021, Ayuntamiento de Baena, Jaén, ABG Arquitectura.

La disposición de estructuras de aparcamiento desmontables, en cualquier tipo de suelo, es una alternativa para posibilitar las actuaciones cuando no se sabe qué hacer con los coches y es posible localizar un emplazamiento de borde de carácter provisional donde trasladarlos, con diversas fórmulas amortizables.

En la planificación urbana se deberá utilizar la herramienta del ecodiseño ecológico como compromiso para hacer un entorno ambientalmente sensible, económicamente sustentable y humanamente saludable.

11.6 Compromiso y participación

La participación de la sociedad y el convenio público-privado deberán aunarse para posibilitar la consecución de escenarios saludables. El objetivo es conseguir un espacio urbano naturalizado, de bienestar para las personas, donde podamos vivir, relacionarnos, trabajar y disfrutar sin necesidad de grandes desplazamientos y, en su caso, utilizando un medio de transporte ecológico; un entorno, en definitiva, que no sea responsable de enfermedades e infelicidad.

ESTRATEGIA DE URBANISMO SALUDABLE

La promoción de entornos saludables requiere **un especial detenimiento en el diseño de los espacios públicos y la regeneración urbana de lo construido**. El aspecto de un entorno viario local se proyectará de manera que **se ponga al ciudadano y su salud en la cúspide de los beneficios y privilegios**.

CONFIGURACIÓN

La plataforma física será **única, elevada y compartida**. La plataforma deberá estar libre de cualquier obstáculo que no sea útil, incluso de coches aparcados. El **estacionamiento de vehículos** deberá adelgazarse y **alejarse a puntos convenientes**.

CALIDAD

Abundantes parterres con especies vegetales, arbustos y árboles. Fuentes, áreas de sombras, de descanso..., entretenimiento, quioscos para «repostaje», etc.



MATERIALES

El pavimento **no resbaladizo ni rugoso**.

SECCIÓN DE CALZADA

Las zonas laterales o de confort **deberán tener más de 250 cm** de ancho. El canal de circulación mixta tendrá entre 2,80 y 3,50 metros.

LIMITACIONES DE USO

En los entornos viarios de las calles locales se establecerá en las «puertas» de entrada a los recintos amables la señalización de **zona 10 o zona 20**, indicando la restricción y regulación que se precise.

PROHIBICIONES

Se deberá diseñar apoyando la **reducción drástica de la ocupación** del espacio público por los **coches**.



Pasamos la mayor parte de nuestro tiempo en el interior de edificios. Sus condiciones de diseño, construcción y mantenimiento impactan directamente en nuestra salud y bienestar. Y, por tanto, es imprescindible que todos los agentes de la cadena de valor del hábitat conozcan cómo hacer edificios que cuiden de nuestra salud, más allá de las normas vigentes, para crear entornos centrados en las personas.

Este libro es el resultado de una labor extraordinaria de colaboración y generosidad de más de setenta expertos y expertas en las diferentes materias que tienen que ver con edificios y salud: bienestar higrotérmico, calidad del aire y salubridad, materiales, confort acústico, iluminación, ergonomía, movilidad y accesibilidad, calidad del agua, electroclima, y tipologías.

Es también una muestra de la fuerza de la unión, porque las tres organizaciones impulsoras del trabajo llegan, juntas, mucho más lejos en su labor de contribuir a hacer ciudades y comunidades más saludables, que viene de tiempo atrás. Son el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE), el Clúster de Hábitat Eficiente (AEICE) y Green Building Council España (GBCe).

Durante meses, se ha compartido, se ha debatido, se ha discutido y se ha concluido, para cada una de las nueve materias, un camino de excelencia, que se ha recogido en el presente libro. El debate ha sido tan rico e intenso que lo hemos llamado Foro Edificios y Salud, y esperamos que sea solo el comienzo del camino.

Este libro se ha hecho con el ánimo de ser de la máxima utilidad para los profesionales y empresas del sector, permitiéndonos construir mejores edificios y entornos, y contribuyendo de esta manera a hacer ciudades y comunidades saludables, que cuidan de las personas.

Edita

Colabora

