

CEU

*Universidad
San Pablo*

Escuela Politécnica Superior

Estrategias de instalaciones eficientes que garanticen confort, bienestar y salud en espacios interiores

Roberto Alonso González Lezcano

Profesor Titular de Construcciones Arquitectónicas

Universidad CEU San Pablo

Festividad de San José

Marzo 2023



CEU | *Ediciones*

Estrategias de instalaciones eficientes que garanticen confort, bienestar y salud en espacios interiores

Dr. Roberto Alonso González Lezcano

Profesor Titular de Construcciones Arquitectónicas

Universidad CEU San Pablo

Festividad de San José

Marzo 2023

**Escuela Politécnica Superior
Universidad CEU San Pablo**

Estrategias de instalaciones eficientes que garanticen confort, bienestar y salud en espacios interiores

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita escanear algún fragmento de esta obra.

© Roberto Alonso González Lezcano, 2023
© de la edición, Fundación Universitaria San Pablo CEU, 2023

CEU *Ediciones*
Julián Romea 18, 28003 Madrid
Teléfono: 91 514 05 73, fax: 91 514 04 30
Correo electrónico: ceuediciones@ceu.es
www.ceuediciones.es

Maquetación: Pedro Coronado Jiménez (CEU *Ediciones*)

Depósito legal: M-8142-2023

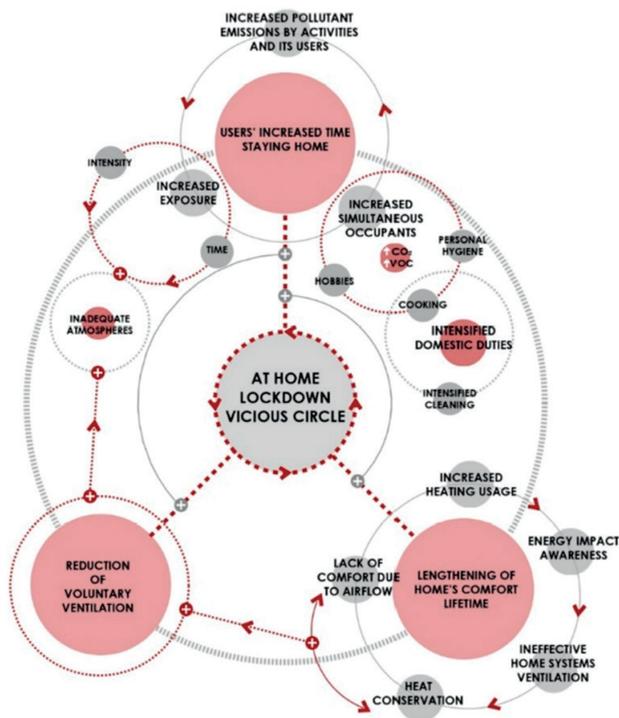
Es para mi un honor realizar esta lección magistral en el día de nuestra Escuela y poder compartir con mis compañeros algunas de las líneas de investigación en la que trabaja nuestro grupo de investigación relacionadas con la calidad del ambiente interior e Instalaciones eficientes: Me gustaría agradecer la invitación de nuestro director D. Santiago de Molina por darme esta oportunidad. Concretamente, hablaremos de estrategias de instalaciones eficientes, calidad del ambiente interior y como esta incide en la salud de las personas. Para mantener una arquitectura sostenible y saludable nuestras líneas de investigación también consideran la gestión eficiente de los recursos materiales y el consumo energético por medio del desarrollo de nuevas tecnologías.

Teniendo en cuenta que en los países desarrollados la mayor parte del tiempo se pasa en interiores y, dependiendo de cada persona, la presencia en el hogar oscila entre el 60 % y el 90 % del día, el 30 % de ese tiempo dedicado a dormir. Teniendo en cuenta estos datos, los ambientes residenciales interiores tienen una influencia directa en la salud humana, sobre todo si se tiene en cuenta que en los países en vías de desarrollo los niveles significativos de contaminación interior hacen que las viviendas sean inseguras, lo que repercute en la salud de sus habitantes. Por lo tanto, la vivienda es un factor clave para la salud de las personas en todo el mundo, y diversos parámetros como la calidad del aire, la ventilación, el confort higrotérmico, la acústica, la iluminación, el entorno físico, la eficiencia de los edificios y otros pueden contribuir a una arquitectura saludable, así como las condiciones que pueden derivarse de una mala aplicación de estos parámetros.

Nuestra presentación estará dividida en 5 partes: Primero hablaremos sobre algunos resultados obtenidos relativos a la calidad del aire; a continuación, abordaremos resultados concernientes a las estrategias pasivas y el confort higrotérmico; seguiremos exponiendo resultados de nuestras investigaciones relativas a la iluminación de interiores para finalizar con nuestras investigaciones en la temática de infrasonidos.

Calidad del aire interior

Empezamos analizando un estudio realizado en Madrid donde se monitorizaron las concentraciones de CO₂, PM_{2.5} y TVOC de viviendas en Madrid durante el primer brote de la pandemia de SRAS-CoV-2. En ese momento la población, centrada principalmente en el riesgo de infección, en general no prestó atención a la calidad del aire interior. España, y la ciudad de Madrid en particular, se encontraban entre los focos mundiales de coronavirus. Toda la población del país durante 45 días. En nuestro grupo de investigación hicimos un estudio longitudinal comparativo de la calidad del aire en cuatro tipos de viviendas de la ciudad de Madrid antes y durante el cierre. Se analizaron las temperaturas interiores y las variaciones de CO₂, partículas de 2,5 μm (PM_{2,5}) y compuestos orgánicos volátiles totales (COVT). y compuestos orgánicos volátiles totales (COVT) antes y durante el cierre. La concentración media diaria de en el exterior disminuyó de 11,04 g/m³ antes a 7,10 g/m³ durante el cierre. Antes del cierre, los valores de concentración de NO₂ se calificaron como «muy buenos» el 46 % de las veces, frente al 90,9 % durante ese periodo. Aunque la calidad del aire exterior de la ciudad mejoró, durante el cierre la la exposición de la población a los contaminantes en interiores fue en general más aguda y prolongada. Debido principalmente a la preocupación por el ahorro energético doméstico, la falta de ventilación adecuada y el uso más intensivo de productos de limpieza y desinfectantes durante la crisis Covid-19, los niveles de contaminantes en interiores fueron normalmente más altos de lo compatible con entornos saludables. La concentración media diaria de PM_{2,5} aumentó aproximadamente un 12 % y la concentración media de COVT entre un 37 % y un 56 %.



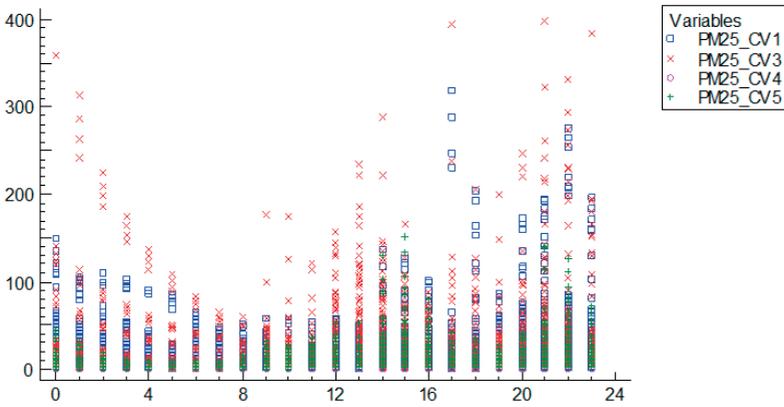
Ciclo del confinamiento.

En nuestra investigación proponemos una serie de recomendaciones para mejorar los entornos domésticos interiores en futuras pandemias y en caso de cuarentena total o parcial para proteger a los residentes de las enfermedades respiratorias y la consiguiente mayor susceptibilidad al SRAS-CoV-2, tal y como se desprende de la investigación médica internacional.

La imposición de la orden de stay-at-home provoca una modificación significativa de la calidad interior de las viviendas, con un desplazamiento general de los valores de CO₂ interior en todos los casos. Esta alteración afecta tanto a los valores centrales, con un incremento en el entorno del 7 al 12 % de la mediana de la concentración, como en la forma y posición de su distribución. Este aumento, si bien es previsible, al aumentar de forma significativa la presencia en el hogar,

es especialmente indicativo de un empeoramiento de la ventilación para estas condiciones, bien por limitaciones específicas o ausencia de modificaciones conductuales de los usuarios.

De especial interés es la distribución temporal de las partículas (PM2.5) en el interior de las viviendas, cuyos picos pueden ser asociados con los periodos de preparación de alimentos y la limpieza diaria. Donde se representan las medidas en relación a su presencia temporal para el periodo de confinamiento (hay que reseñar que el sur de Europa el tiempo para la cena se produce más tarde que en centro-Europa, aspecto que parece haberse intensificado en el periodo de confinamiento).

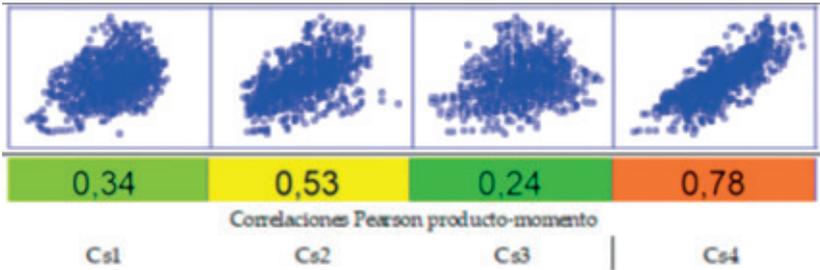


Partículas orgánicas volátiles PM2.5 a lo largo del día en las viviendas estudiadas.

Aunque son viviendas con sistema de calefacción en funcionamiento –más o menos constante–, su control y/o potencia no parece aportar un funcionamiento estable del ambiente, introduciendo oscilaciones significativas y una evolución térmica ligada a las condiciones exteriores. Existe una cierta relación, de fortaleza variable entre los casos, aproximadamente lineal entre el comportamiento exterior y el interior.

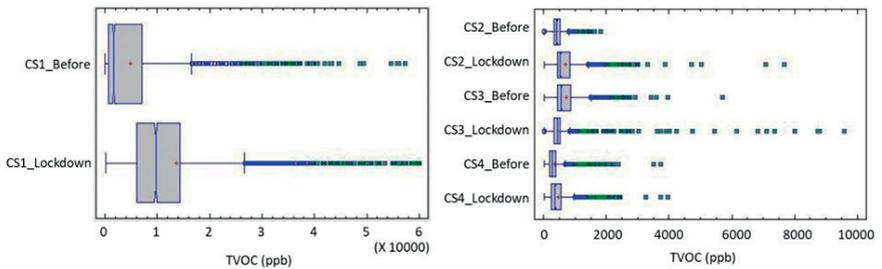
Para su comprobación se ha realizado un análisis de correlaciones aplicando el momento producto de Pearson (en este caso entre la temperatura exterior y la interior evalúa la fuerza de la relación lineal entre las variables, el p-valor

comprueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas (en este caso correlaciones significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0 % para todos los casos).



Correlaciones de Pearson de tipos de viviendas estudiadas.

Se extrae de esta investigación que aunque la atmosfera exterior ha mejorado considerablemente durante el confinamiento, el aumento de la intensidad de uso de la vivienda genera escenarios de emisiones internas de contaminantes más elevadas, entre otras razones por el incremento de uso doméstico de productos de limpieza y desinfección durante la crisis del COVID_19 que ha podido contribuir al aumento de los VOC's y otros químicos en la atmosfera interior. Esta situación encuentra importantes dificultades para ser contrarrestada por la ventilación de las viviendas, bien por su reducida efectividad o por limitación voluntaria. Luego de los resultados de nuestras investigaciones:



Total de partículas orgánicas volátiles antes y después del confinamiento por COVID 19 en 4 tipos de viviendas en Madrid.

- Aconsejamos una desescalada de productos de limpieza cotidiana de las viviendas hacia elementos con menos agresividad y menores emisiones
- Es recomendable proveer a los trabajadores de servicios esenciales o con exposición elevada al contagio biológico espacios específicos de limpieza en sus centros de trabajo, incluyendo el manejo de vestimenta y ropa, con objeto de liberar a las viviendas de la necesidad de tratar todos estos elementos.
- Este aspecto aporta una oportunidad para su incorporación de los programas arquitectónicos de los futuros desarrollos, siendo fundamental que se asuma desde las diferentes disciplinas la necesidad de mejorar la seguridad sanitaria de las viviendas, tanto en edificios nuevos como en sus retrofittings.
- Promover la limitación y/o reducción de uso de ambientadores.

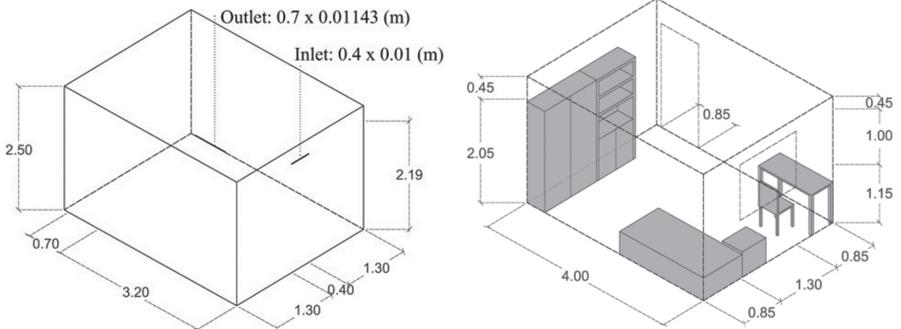
Es fundamental realizar una adecuada pedagogía general sobre la necesidad de sustituir todos estos procesos por una ventilación lo más efectiva posible, asumiendo incluso los efectos térmicos y de reducción temporal del confort. Recomendamos:

- Realizar una concienciación de los riesgos que el tabaco supone en los hogares durante situaciones de confinamiento, incluso si esto se realiza abriendo las ventanas o técnicas similares. Los propios efectos derivados como son olores y presencia de humos tienden a implicar el incremento de emisiones de los mecanismos compensatorios (ambientadores, lavados adicionales, etc...).
- Promover programas de acción para la sustitución o mejora de los sistemas de climatización y calefacción en las viviendas. Estos programas no deben basarse solo, como hasta el momento, en la eficiencia energética, sino en incluir mejoras directas en la salubridad: acoplamiento con sistemas de ventilación, aumento del rendimiento energético para hacer viable la neutralización de las cargas térmicas del aire exterior, mejora de los mecanismos de ventilación natural voluntaria y su efectividad, etc.

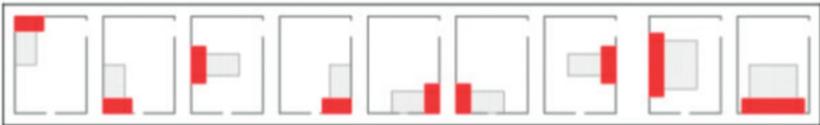
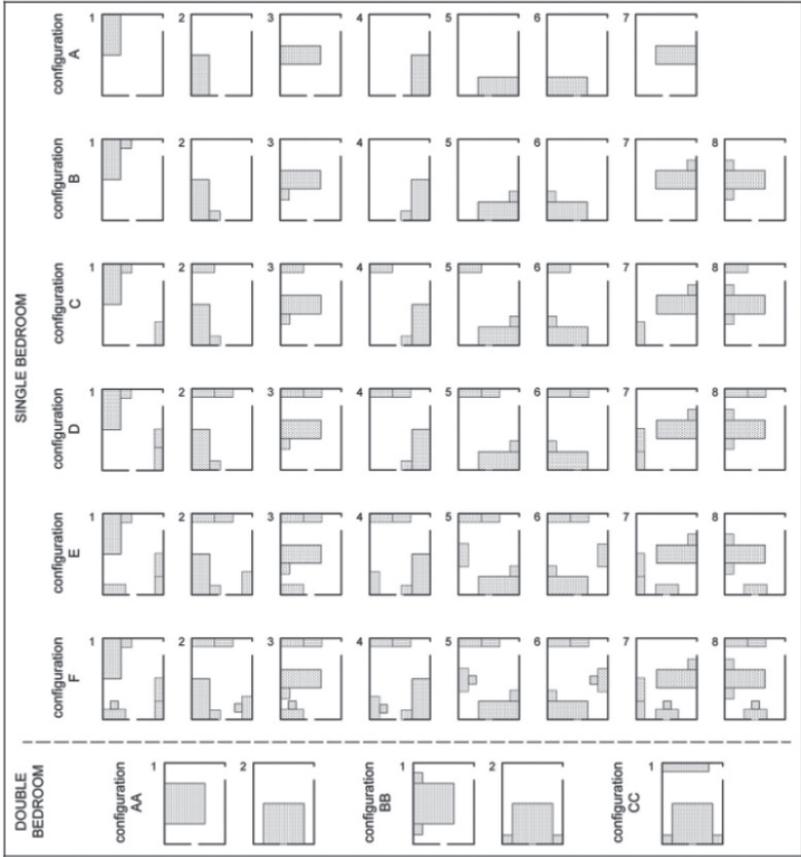
Ventilación eficiente

Se realiza una investigación para evaluar la eficacia de la ventilación en la zona respiratoria de una persona en un dormitorio durante el sueño, teniendo en cuenta la influencia de la ubicación de la cama, y del resto del mobiliario, sobre la edad del aire. Para ello se consideraron dos tipos diferentes de dormitorios, uno individual y otro doble, ambos con un volumen de 30m³, en condiciones isotérmicas, estudiando 52 diferentes disposiciones del mobiliario. Se realizó un estudio numérico de la edad del aire, validado por el método de decaimiento de la concentración de gas trazador (SF₆), se desarrolló utilizando el método de estado estacionario y a través de una función que nos pudiera proporcionar la edad del aire.

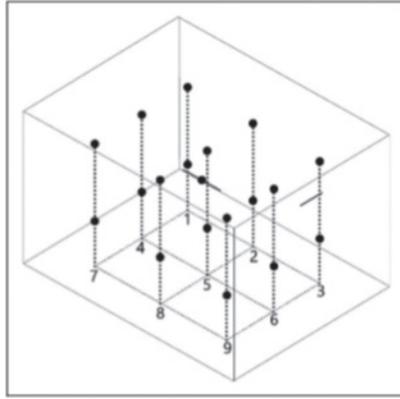
Se estudia un dormitorio principal y se definen fuentes de emisiones, para determinar una tasa de ventilación adecuada (geometría y mobiliario).



Disposiciones de la cámara de prueba (en metros) y disposiciones de entrada y salida del aire.



Configuraciones y arreglos de los muebles.



Distribución espacial de 9 puntos de medida a 0,75m y 2m.

En los modelos A1, B1, C1, D1, E1, F1, AA1, BB1 se consiguieron eficiencias de la ventilación de 49,5 % muy cercanas a la eficiencia de la flujo de mezcla perfecta (50 %). En otras configuraciones decrece el valor de eficiencia de la ventilación hasta en un 6,5 %.

Nos basamos en el concepto de «Edad del aire», en los 9 puntos medidos experimentalmente y simulados numéricamente. ¿Es aconsejable colocar los muebles en el espacio para que haya más volumen de aire desocupado, libre de obstáculos, en la zona de salida; así, se facilita la salida del aire se facilita. Además, la obstrucción del flujo de aire debe evitarse en la zona próxima a la entrada, como la colocación de una cama bajo el suministro, porque se generan zonas de estancamiento. También aparecen zonas de aire viciado si la zona ocupada por los muebles es la esquina compartida por la pared donde se encuentra el suministro y la pared contigua, donde se coloca el extractor.

Así, según este estudio, se pueden conseguir mejoras de hasta un 6,5 % aproximadamente en la eficacia de la ventilación. Siempre que la zona próxima a la entrada no esté obstruida, mayor será el volumen del fluido (zona libre de obstáculos) próximo a la salida, mayor será la mejora de la eficiencia de ventilación e en comparación con la eficiencia de ventilación de todo el recinto. Según los resultados obtenidos en esta investigación; si se obstruye el espacio próximo a la entrada, por ejemplo, colocando una cama bajo la ventana (suministro de aire),

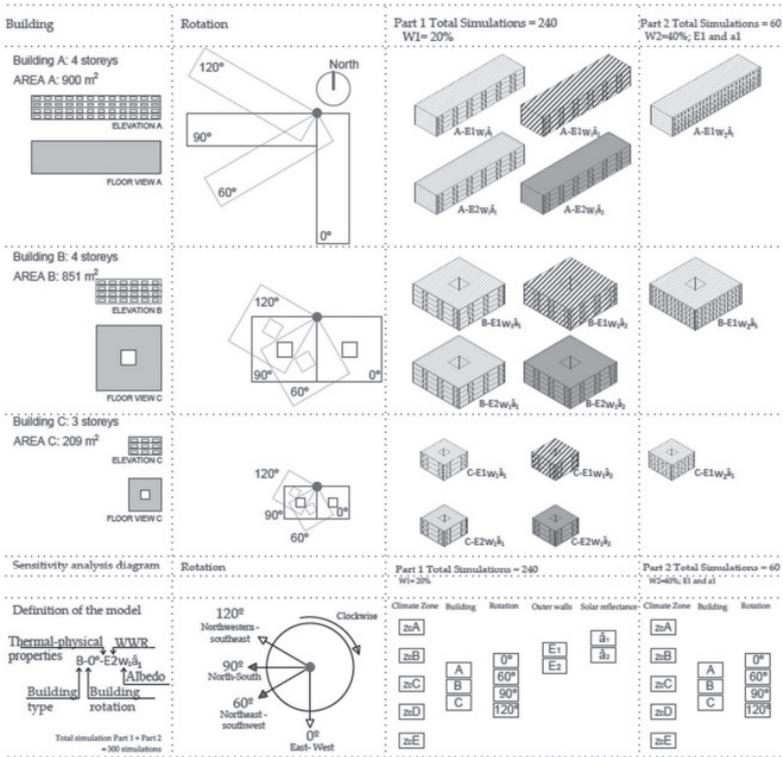
suele producirse un empeoramiento de la eficacia de la ventilación en comparación con la eficiencia de ventilación de todo el recinto.

En este estudio, se observa una reducción de la eficacia de hasta un 2,8 % aproximadamente. observada. Si se colocan elementos de mobiliario de baja altura en el centro de la habitación, como una cama, y otros de mayor altura se sitúan en la pared opuesta a la entrada pero contiguos a la salida, como un armario, se producen zonas de estancamiento. Esto ocurre porque el movimiento del aire se ve obstaculizado por la adición de elementos en la pared opuesta a la impulsión; por lo tanto, el aire tarda más en intercambiarse, ya que la edad del aire será menor en las zonas altas de la habitación. En estos casos, se produce un empeoramiento de la eficacia de la ventilación de hasta un 1,7 % con respecto a la eficacia de la ventilación considerando el recinto completo. Añadir muebles a un recinto no supone una mejora de la eficacia de la ventilación.

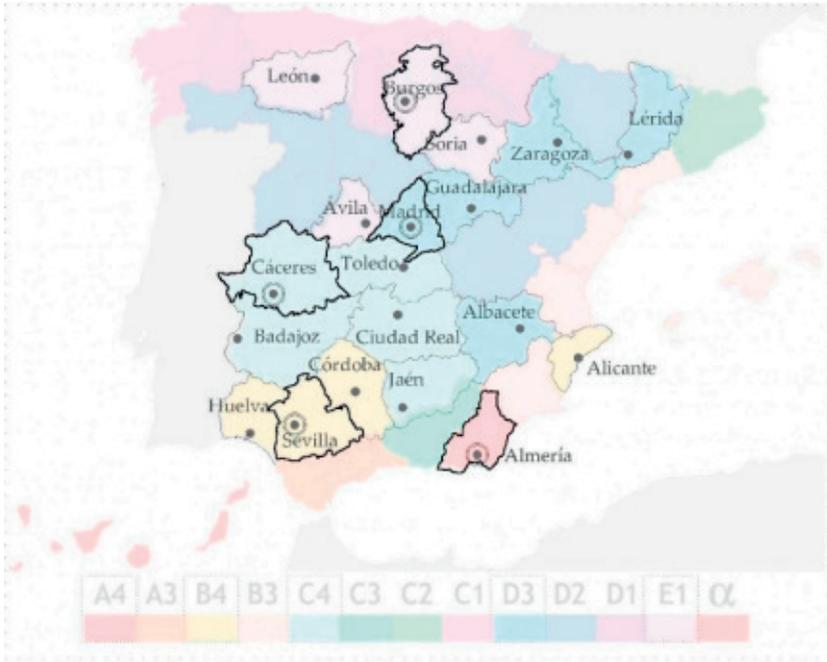
Estrategias pasivas

La necesidad que se tiene hoy día de diseñar edificios eficientes, y en particular de los arquitectos durante las primeras fases de su diseño arquitectónico, es crucial a la hora de considerar edificios energéticamente eficientes. Por lo tanto, los arquitectos que participan en las fases de diseño y construcción desempeñan un papel clave en el proceso de mejora de la eficiencia energética de los edificios. Se llevo a cabo una investigación que explora la eficiencia energética y el diseño arquitectónico optimizado de edificios residenciales situados en diferentes zonas climáticas de España, con Building Performance Simulation (BPS) como herramienta clave para arquitectos y otros profesionales. Según un análisis paramétrico realizado con Design Builder, se determinaron 300 simulaciones energéticas obteniendo configuraciones óptimas para proyectos típicos de edificios residenciales: Orientación Norte-Sur en las cinco zonas climáticas, un factor de forma máximo de 0,48, muros exteriores que cumplen con el valor U máximo prescrito por el Código Técnico de la Edificación ($0,35 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$) y una relación ventana-pared no superior al 20 %. En cuanto a la reflectancia solar, se observó que el uso de colores claros es mejor en las zonas climáticas más cálidas A4, B4 y C4, mientras que la mejor opción es utilizar colores más oscuros en las zonas climáticas más frías D3 y E1.

Estas medidas ayudan incluso a alcanzar los umbrales de demanda energética fijados por el Estándar Passivhaus en todas las zonas climáticas; excepto las zonas C4, D3 y E1, para las que se necesitan más medidas de diseño pasivo.

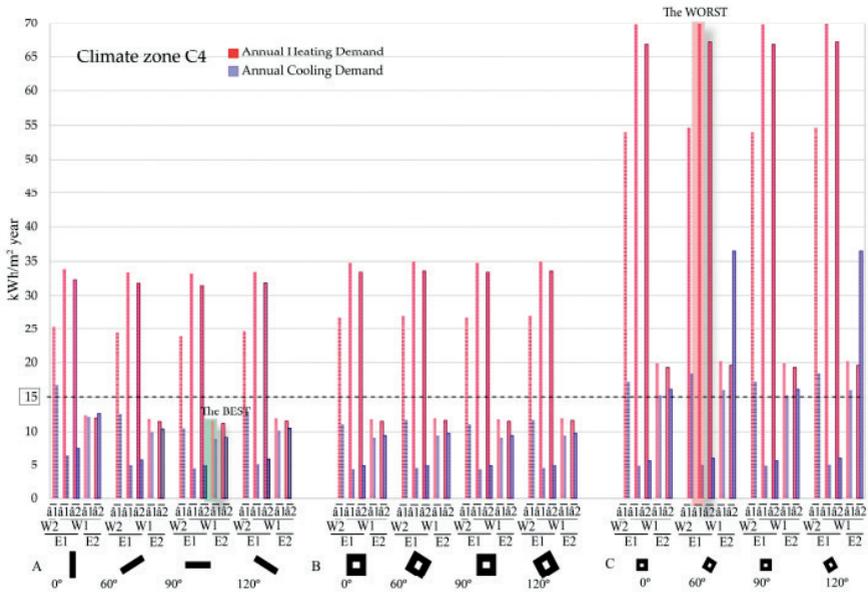


Diferentes configuraciones de edificios simuladas numéricamente.



Zonas climáticas estudiadas de España.

Demanda de calefacción y refrigeración en la zona climática C4. La energía de calefacción más baja demanda ($Q\text{-calor} = 11,16 \text{ kWhm}^{-2}$) se asocia al modelo A cuando se gira 90° y se usa la envolvente ($U = 0,35 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$), así como un WWR igual a $W1$ (20 %), colores oscuros $\alpha 2$ (0,2), y una forma más baja factor (0,26). La demanda de energía de refrigeración más baja ($Q\text{-cool} = 4,3 \text{ kWhm}^{-2}$) se asocia al modelo B cuando girado 0° y 90° y utilizando la envolvente E1 ($U = 1,58 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$), así como un WWR igual a $W1$ (20 %), colores claros $\alpha 1$ (0,64), y un factor de forma menor (0,26).

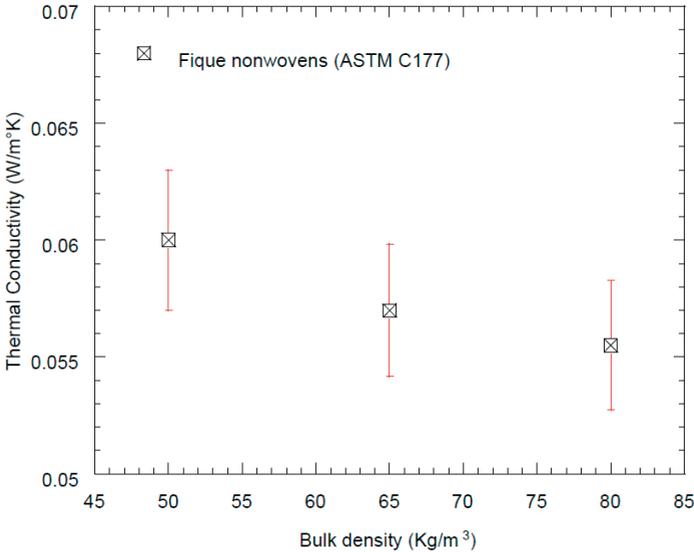


Demanda de Calefacción y Refrigeración en Zona Climática C4.

Materiales aislantes sostenibles

Los edificios consumen una gran cantidad de energía durante todas las fases de su ciclo de vida. Una de las formas más eficientes de reducir su consumo es el uso de materiales de aislamiento térmico. Los aislantes suelen tener efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana. Los bioaislantes se presentan como una buena solución alternativa a este problema, motivando así el estudio de las propiedades de los materiales naturales o reciclados que podrían reducir el consumo de energía. El fique es un cultivo importante en Colombia. Con el fin de contribuir al conocimiento de las propiedades de sus fibras como aislante térmico, se realizó la medición de sus propiedades térmicas; su capacidad de aislante térmico y la medición de su conductividad térmica. El grupo de investigación trabaja en el estudio de la relación entre muestras de la fibra vegetal fique en su comportamiento térmico y conductividad. La muestra de telas no tejidas de fique con la densidad más alta tiene el valor de conductividad térmica más bajo. Esto

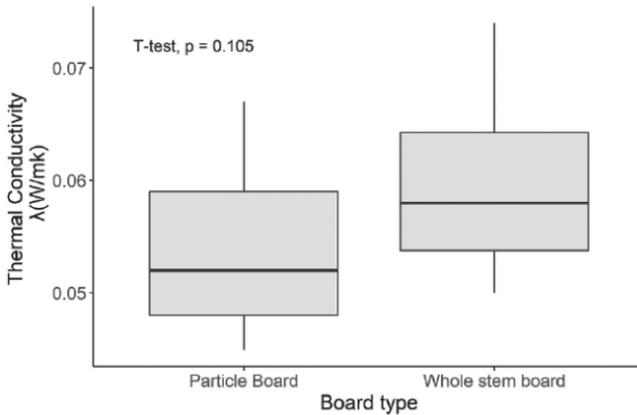
indica que los vacíos también son un parámetro a considerar, ya que los resultados sugieren que cuanto mayor sea la densidad de empaquetamiento, menor el tamaño de los vacíos y mayor la resistencia térmica.



Conductividad térmica del fique Vs densidad del fique.

Como ya hemos expuesto la extracción y el uso de materiales de construcción generan un impacto en el medio ambiente debido a la actividad humana. Hacer frente a estos problemas requiere el desarrollo de nuevas alternativas que apoyen cambios hacia una construcción sostenible. El desarrollo de materiales que utilicen recursos naturales naturales crea una importante oportunidad para reducir la demanda de energía, como la utilizada en la fabricación de materiales. Esto contribuirá a la reducción del agotamiento de los recursos no renovables y la producción de residuos. El grupo de investigación trabaja en un nuevo tipo de aislamiento térmico a partir de vegetación natural. En este caso, utilizando totora (*Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Sojak), que es una planta acuática que crece en el lago Titicaca. Los paneles se fabricaron totora triturada y entera. Estos paneles podrían utilizarse para mejorar el confort térmico en el interior de las

viviendas de la región altoandina de Perú, de las casas de la región altoandina de Perú, donde las variaciones de temperatura son extremas. Los estudios han demostrado que una de las características de esta planta es su baja conductividad térmica, lo que revela su potencial como aislante.



Densidad de la totora Vs panel aislante de totora.

En el grupo de investigación se plantea un esfuerzo por introducir la tierra como material de construcción para seguir apostando por un desarrollo sostenible que busque potenciar y proteger los ecosistemas y la biodiversidad, reducir la producción de residuos, ayudar a proteger los recursos naturales y aumentar el bienestar y la salud de los ciudadanos.

Uno de los mayores retos a día de hoy podría hallarse en alcanzar un material 100 % biodegradable con un coste de retorno al medio prácticamente nulo. En la actualidad, son numerosos los grupos que han planteado nuevas mezclas y estabilizantes con el fin de obtener una tierra 100 % biodegradable.

Iluminación

En nuestras investigaciones proponemos una iluminación integradora de espacios interiores. Una iluminación interior que respete nuestra salud y bienestar. Una iluminación integradora.

- **La iluminación integradora** puede sincronizar y apoyar el sistema circadiano humano. Para lograr este objetivo, es necesario establecer un patrón de luz-oscuridad diario fuerte al planificar e implementar la iluminación natural y la iluminación artificial.
- **La iluminación integradora** puede activar, aumentar el rendimiento cognitivo y reducir la somnolencia durante la noche, lo que podría ser deseable para el trabajo nocturno. Estas influencias también se pueden buscar a corto plazo, sin tener en cuenta un curso diario.
- **La iluminación integradora** puede tener efectos positivos en la calidad del sueño, el inicio del sueño y el rendimiento en los días siguientes. Esto se basa en parte en evitar una posible influencia negativa en el sistema circadiano por los efectos no visuales de la iluminación eléctrica.
- **Iluminación integradora.** Puede ser beneficiosa para los efectos agudos y a largo plazo sobre el bienestar y los estados de ánimo. Existen evidencias en varias investigaciones de campo de que las personas que reciben una mayor exposición a la luz cada día experimentan estados de ánimo más positivos y reportan una mejor vitalidad general que aquellas que no lo hacen.
- **La iluminación integradora** podría beneficiar a algunas personas con afecciones médicas como la demencia.

Iluminación Sostenible ¿hacia donde vamos en investigación en iluminación?

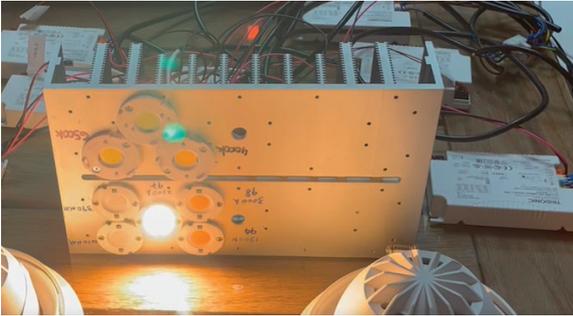
- Una determinada instalación de iluminación, que siempre tendrá efectos no formadores de imagen (positivos o negativos), debe controlarse de forma adecuada para aprovechar positivamente estos efectos y evitar riesgos innecesarios.
- Todas las instalaciones de iluminación tendrán efectos en los sistemas visuales y fisiológicos.
- Los mejores resultados se obtendrán cuando el diseñador de iluminación trabaje con un equipo multidisciplinario que incluye expertos en salud ocupacional, psicólogos y otros.

- Para la planificación e implementación individual de la iluminación integradora, es esencial determinar los resultados deseados y priorizar su importancia. Esto requiere una comprensión de las condiciones a las que los usuarios pueden estar expuestos durante todo el día y la noche (por ejemplo, en los lugares de trabajo, en el hogar y en transición, así como durante las horas de trabajo).
- Los efectos de cualquier exposición a la luz también dependen del estado del individuo, incluido su historial de luz anterior y sus estados internos (por ejemplo, grupos de individuos en un aeropuerto podrían tener diferentes estados de desfase horario o alteración circadiana).

Los trabajos realizados por el grupo de investigación dan lugar al modelo de utilidad «Luminaria LED de interior emisora del espectro de luz visible completo». La empresa Pentaluz compró los derechos de explotación de este modelo de utilidad. El modelo de utilidad está en fase de construcción.

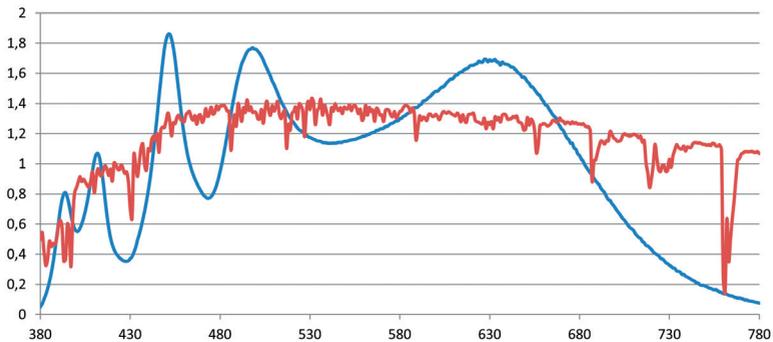
- La generación de este prototipo dará lugar a reproducir el espectro deseado a una actividad determinada tanto en iluminación interior. Esta fuente de luz da lugar a la creación de nuevos diseños de luminarias que respeten los ritmos circadianos, el bienestar y salud de las personas; pero que el diseño varíe según las necesidades de la dependencia.
- Hasta el día de hoy en el diseño de la iluminación interior generalmente se enfoca en las características visuales. Se tiene en cuenta para ello por ejemplo el desempeño visual de la tarea, la reproducción del color, la reducción del deslumbramiento, la apariencia iluminada y la iluminación para la realización de tareas.
- Los estudios de entornos luminosos hasta estos momentos se han centrado en el desarrollo de luminarias con alta eficiencia y alta reproducción cromática para lograr la satisfacción visual del observador. Los recientes descubrimientos científicos sobre los efectos los NIF de la luz abren una nueva perspectiva de como entender la iluminación interior. Las revisiones que se están realizando en estos momentos de las normativas de iluminación de los puestos de trabajo (ISO 8995, 2001) (prEN 12464-1:2019) han abierto en los anexos que plantean que ha de tener una nueva perspectiva de la iluminación teniendo en cuenta la influencia de la composición de la luz emitida por las luminarias, el momento en que se recibe esa luz, la importancia de recibir luz del exterior y otros muchos factores que se están estudiando en estos momentos en el ámbito científico.

- Las métricas de iluminación más comúnmente utilizadas relacionan actualmente el desempeño de la tarea visual, incomodidad visual (por ejemplo, probabilidad de deslumbramiento) y ahorro de energía de iluminación (por ejemplo, reducción de energía de iluminación eléctrica por fotocontroles). Hoy día nuevos estudios destacan la importancia de tener en cuenta, junto con la iluminación natural, las nuevas distribuciones espectrales de las luminarias. Es aquí donde el grupo de investigación ARIE está centrando sus investigaciones en iluminación.
- Los luxes se calculan a partir de la curva de sensibilidad fotópica del ojo. Científicos de todo el mundo están estudiando una curva de sensibilidad relacionada con la supresión de la melatonina, para poder recomendar a partir de ello una nueva forma de entender y crear las proporciones de cada parte del espectro visible que se han de recibir a lo largo del día. Debido a la revolución producida en el mundo de la iluminación por los LED, se abre un mundo nuevo para la iluminación interior.



Luminaria desarrollada por el grupo de investigación.

Irradiancia



Espectro de la luminaria desarrollada. Tres espectros visibles a lo largo del día.

El modelo de luminaria desarrollado tiene las siguientes ventajas:

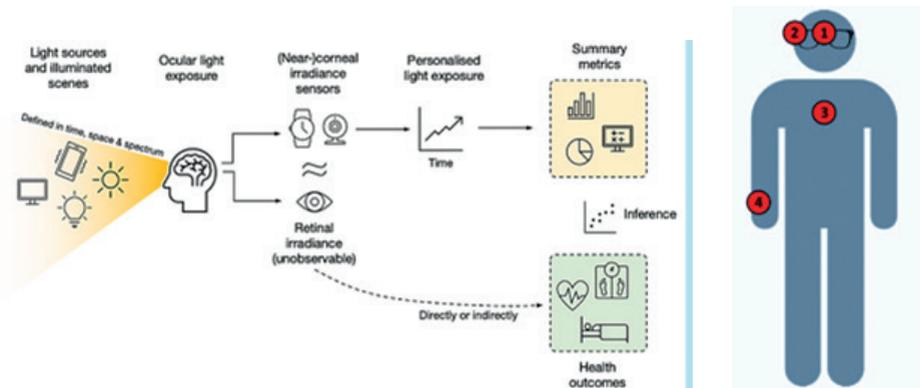
- Mejora en el estado de bienestar de las personas. mejores condiciones y calidad del sueño, transiciones menos bruscas entre sueño y vigilia: una luz adecuada nos ayuda a ir cambiando nuestras condiciones a medida que avanza el día, menos sensaciones de fatiga, posible disminución o ralentización en el desarrollo de la miopía infantil.
- El diseño de este nuevo concepto de iluminación busca proporcionar luz de la manera más natural posible (espectro similar a la luz solar) sin alterar ni excitar de manera artificial las conductas ni patrones de comportamiento de las personas. Estas nuevas luminarias pueden hacer que las personas reciban una luz interior que se parezca mucho más que las luminarias precedentes a la distribución espectral e intensidad solar y por tanto vaya más acorde con nuestros ciclos circadianos.
- Eficiencia energética: La combinación de la luz natural junto con la tecnología led de estas nuevas luminarias puede producir un ahorro importante de consumo energético y por tanto una reducción de emisiones de CO2. Este concepto está directamente vinculado con la sostenibilidad ya que la vida útil media de estas luminarias es superior a las 50.000 horas, muy lejos de las convencionales (fluorescencia, halogenuro metálico...) que necesitan un relamping continuo con la consiguiente generación de residuos peligrosos.

- Las publicaciones del grupo de investigación pueden aportar conocimiento científico y técnico que ayuden a la mejora de las normativas de iluminación existentes. Abren una nueva perspectiva para entender por parte de los profesionales responsables la forma de iluminar de la iluminación interior de centros educativos, lugares de trabajo y los hogares.
- Estas nuevas luminarias sustituirán a la iluminación convencional ya instalada cumpliendo las normativas vigentes nacionales, comunitarias (EN 12564-1) e internacionales (ISO 8995) y siguiendo las directrices de los recientes informes del Comité Internacional de Iluminación (CIE) que tiene en cuenta los nuevos parámetros para intentar no alterar los NIF que sí producen las luminarias tradicionales.

Recientemente el grupo de investigación ha ganado el proyecto europeo EURAMET JRP-n12 MeLiDos Metrology for Wearable Light Loggers and UV Radiation Dosimeters cuyo objetivo es la normalización de sensores de luz portátiles diseñados para estudiar los efectos biológicos y fisiológicos de la luz.

El grupo de investigación trabajará en el desarrollo de una metodología de análisis, validación, representación, reproducibilidad y transferencia de datos de dosimetría de luz; los cuales se harán en Suecia, Alemania, Suiza y España. El grupo ARIE de la Universidad CEU San Pablo liderará las mediciones en España.

También estaremos a cargo de la recomendación de uso y validación de datos mediante el análisis de los casos de uso de los registradores luminosos portátiles, a partir de las necesidades de los usuarios finales y las pruebas sobre el terreno, y elaborar recomendaciones para su uso sobre el terreno. Se emplearán tres dosímetros para posiciones distintas mediante mediciones continuas durante 24 h, durante una semana a personas de 20 a 55 años, física y mentalmente sanos con visión normal o corregida.



Metodología de análisis, validación, representación, reproducibilidad y transferencia de datos de dosimetría de luz.

Infrasonidos

A fecha actual aún existen muchos interrogantes sobre los infrasonidos, sus causas y posibles efectos. Los infrasonidos son aquellas ondas sonoras que se transmiten mediante frecuencias inferiores a 20 Hz, que es el límite inferior que se establece estándar como umbral para la percepción del ruido por parte de los seres humanos, aunque los rangos reales en cada humano pueden variar en función de la edad y otros factores.

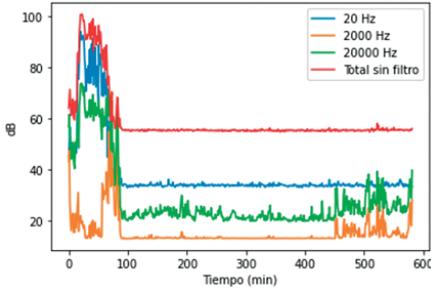
También se considera baja frecuencia todos aquellos ruidos con frecuencias inferiores a 500Hz, ya que el ser humano tiene una mayor sensibilidad para escuchar ruidos en el entorno entre 500 y 8.000 Hz. Existe a su vez una intensidad (dB) de ruido umbral. Se considera que la intensidad de referencia (I_0) es 10^{-12} W/m^2 , que es el umbral de audición de un ser humano, o lo que es lo mismo 0 dB. Sin embargo, esta intensidad no es uniforme en el rango de frecuencias, tal y como se muestra en la siguiente figura a modo de ejemplo (puede depender de otras características de la persona como la edad, estructura coclear, exposición a ruidos durante su vida, etc.).

Al final las investigaciones que realiza nuestro grupo de investigación, es encontrar los medios para mejorar la habitabilidad de los hogares sometidos a fuentes emisoras de infrasonidos, permitiendo en primer lugar, dotar a los especialistas de herramientas para medir e identificar las fuentes de infrasonidos, y, en segundo lugar, mitigando y eliminando los mismos, tanto en la fuente de origen como en la vivienda. Un enfoque arquitectónico que sea respetuoso con el medio ambiente y con las personas que habitamos esos hogares, y del que espero esta tesis pueda contribuir.

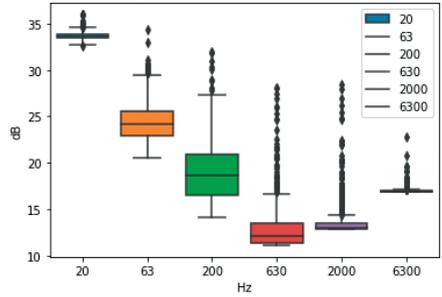
Finalmente, siempre se debe de considerar la utilidad implícita a toda investigación, y eso sin duda es mejorar la salud de las personas y el entorno que habitamos. Los efectos sobre la salud se indican en multitud de artículos, donde se exponen sobre la presencia o no de síntomas como pérdida auditiva, desórdenes mentales, efectos en el comportamiento, estrés, presión arterial, problemas para dormir, etc. A ellos pertenece el objetivo final de esta investigación de grupo ARIE.

Los antecedentes muestran campos de actuación que hasta ahora no habían sido abordados por los investigadores, y otros campos que, aunque habían sido abordados, todavía no existen conclusiones definitivas al respecto, como, por ejemplo, los efectos adversos sobre la salud. Es por lo que, en función de lo realizado hasta ahora, y dado que no se puede determinar una teoría sobre estos campos de actuación, la realización nuestra investigación consideró la hipótesis que los infrasonidos procedentes de cuartos de instalaciones de locales y edificios, así como otros elementos del entorno urbano (tráfico, locales de ocio, etc.) son los causantes de muchas de las alteraciones que se producen en nuestros ritmos circadianos y nuestro sistema vestibular, y pueden llegar afectar a nuestro comportamiento y desempeño, redundando por tanto en unas malas condiciones de habitabilidad.

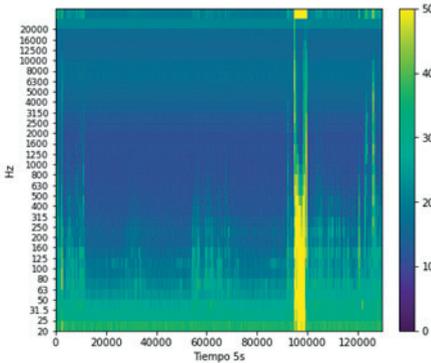
Se realizaron una serie de medidas de ruido en el ambiente interior de una vivienda ubicada en Madrid, como consecuencia de un ruido que perciben las personas que moran en la vivienda, siguiendo los procedimientos de medida indicados en la Ordenanza de Protección de la Atmósfera contra la Contaminación Acústica y Térmica del Ayuntamiento de Madrid.



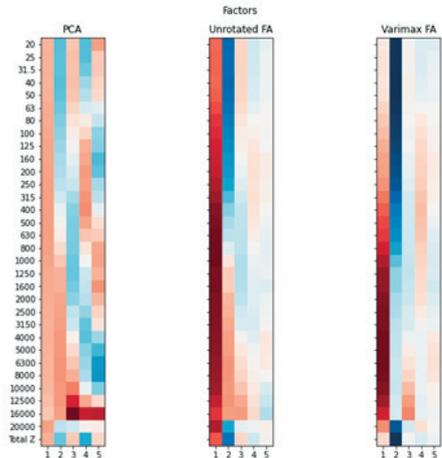
Intensidad de sonido en el tiempo.



Intensidad del sonido Vs Frecuencia.



Valores de intensidad más alta a frecuencias más bajas.

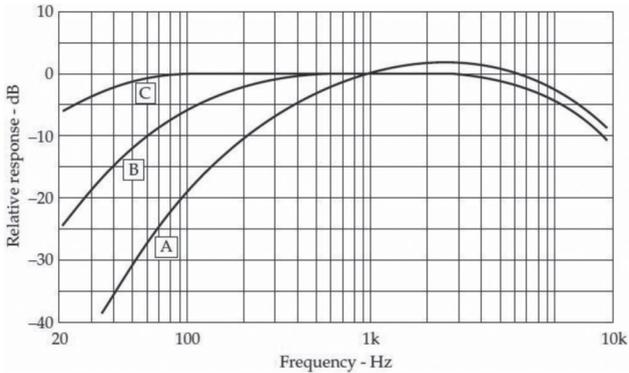


Posible fuente sonora.

En la vivienda donde se tomaron las mediciones es muy probable que existan intensidades superiores a 40 dB para frecuencias inferiores a 20 Hz, es decir, no audibles. Por lo tanto, se infieren dos cosas:

- Existen fuentes productoras de infrasonidos en el entorno urbano que afectan el confort en los interiores de la vivienda.

- Estas fuentes pueden llegar a tener intensidades muy elevadas, superando los 40 dB por cada frecuencia, y llegando a tener si no se aplican filtros A o C, intensidades totales superiores a 75 dB. El hecho de aplicar filtro A o C enmascara parte de estas emisiones sonoras.



Filtro tipo A que casi anula las frecuencias audibles mas bajas.

Todavía existen algunos puntos por mejorar, ya que la muestra únicamente se hizo durante pocos días y en un único punto de medida. Para investigaciones futuras sin duda habría que hacer mediciones durante más días y en un número mayor de puntos. A su vez debería aumentar las viviendas a muestrear. Este estudio ha demostrado la necesidad de utilizar equipos específicos que midan por debajo de 20 Hz, así como de fuentes generadoras que produzcan este tipo de ruidos para así poder calibrar correctamente los equipos.... Y así poder monitorizar los infrasonidos procedentes de cuartos de instalaciones de locales y edificios, así como otros elementos del entorno urbano para intentar dar soluciones a las alteraciones que se producen en nuestros ritmos circadianos y nuestro sistema vestibular, nuestro comportamiento y desempeño, garantizando unas buenas condiciones de habitabilidad.

Se que estamos sensibilizados con el medio ambiente; pero me gustaría que recordemos que calidad del ambiente interior tiene un efecto directo en nuestra salud y bienestar. Un interior confortable es fuente de satisfacción, mejora el bienestar

mental, permite a las personas recuperarse del estrés de la vida cotidiana y llevar a cabo actividades físicas. En nuestro grupo de investigación hemos buscado aportar conocimiento a la comunidad científica desde nuestra escuela, desde nuestra área de conocimiento; de manera que podamos dar ese pequeño aporte en el conocimiento de las instalaciones energéticamente eficientes que garanticen la salud y bienestar en espacios interiores.

Reitero mi agradecimiento a la invitación que me ha permitido dirigirme a todos vosotros...mis compañeros y compartir parte del trabajo del grupo de investigación ARIE de estos últimos años. Las publicaciones que reflejan nuestros trabajos son frutos de un gran esfuerzo; que considero un logro que ha sido posible gracias al esfuerzo de todos los miembros del grupo y de los colaboradores del mismo; que sin ellos no hubiese podido ser posible. Muchas gracias.

Agradezco a todos vosotros por toda la atención que me habéis prestado.

¡Muchas gracias a todos!

