

Estrategia de monitorización Habita Madrid

Análisis del confort, los consumos y el
impacto de la rehabilitación energética
de edificios residenciales en Madrid



Autor Principal: Fernando Martín-Consuegra (Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IETcc-CSIC))

Otros autores: Libertad Manglano (IETcc-CSIC); Fernando de Frutos (IETcc-CSIC); Elena Cuerda (Universidad Politécnica de Madrid), Ignacio Oteiza (IETcc-CSIC), Carmen Alonso (IETcc-CSIC), Borja Frutos (IETcc-CSIC), Jorge Hernando (IETcc-CSIC).

ÍNDICE

1. Introducción
2. Objetivo
3. Estrategia de monitorización
4. Primeros resultados de investigación
5. Conclusiones

1. INTRODUCCIÓN

La Estrategia de monitorización HABITA MADRID es una iniciativa puesta en marcha en el año 2020 por el Área Delegada de Vivienda del Ayuntamiento de Madrid en colaboración con el Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IETcc-CSIC). Forma parte de las medidas incluidas por el ayuntamiento en el Plan TRANSFORMA Madrid para impulsar la Rehabilitación, la Regeneración Urbana y la Vivienda en el municipio (<https://transforma.madrid.es/>). Se trata de una campaña de monitorización destinada a registrar datos de la eficiencia energética en una muestra de viviendas ubicadas en edificios que han resultado beneficiados con una subvención para obras de mejora energética en los planes Rehabilita Madrid 2020, 2021 y 2022 (Ayuntamiento de Madrid, 2021).

La estrategia que aquí se presenta se construye a partir de una serie de experiencias anteriores dedicadas a la monitorización de la eficiencia energética de la edificación. Entre los proyectos desarrollados por el IETcc-CSIC destaca el proyecto REFAVIV, en el que se definió una metodología para determinar la eficiencia energética de edificios construidos con anterioridad al año 1979 mediante mediciones realizadas in situ en viviendas del Poblado Dirigido de Manoteras (Oteiza et al., 2016; Alonso et al., 2017). Posteriormente, el proyecto HABITA_RES desplegó una primera campaña de monitorización a mayor escala en la que se recogieron datos de una muestra de 22 viviendas de edificios ineficientes situados en seis barrios de la periferia de Madrid (<https://proyectorhabita.ietcc.csic.es/>) (Oteiza, 2018). Los datos recogidos permiten realizar un diagnóstico en base a datos reales de la situación de partida (de Frutos et al., 2021). También se pudieron realizar las primeras estimaciones del ahorro y mejora del confort en viviendas en las cuales se ha mejorado la envolvente térmica (Martín-Consuegra et al., 2021). Otra experiencia importante que ha sentado las bases para el trabajo que se presenta es la Red de Excelencia MONITOR (<https://redmonitor.ietcc.csic.es/>), que integró a los grupos de trabajo con experiencia significativa en el ámbito nacional. Esta red recopiló las experiencias más importantes en España y generó un foro de discusión e intercambio de conocimiento en las iniciativas de investigación en la materia (Oteiza et al., 2020).

En cuanto a las iniciativas impulsadas por la administración pública, el proyecto ha contado como referente la ORDEN de 12 de junio de 2019, del Consejero de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda, por la que se convoca y regula, para el año 2019, el Programa de ayudas en materia de rehabilitación eficiente de viviendas y edificios (Programa Renove) para la elaboración de proyectos de intervención en el patrimonio edificado de la Comunidad

Autónoma del País Vasco, y la ejecución de las obras derivadas de los mismos. Esta iniciativa autonómica propone por primera vez la necesidad de verificar el funcionamiento y efectividad de las medidas de eficiencia energética adoptadas a través de monitorización de datos de consumos y condiciones ambientales, para el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda. En su Anexo I se describen las especificaciones técnicas necesarias para dar cumplimiento a este requisito (BOLETÍN OFICIAL DEL PAÍS VASCO, 2019).

2. OBJETIVO

El objetivo es obtener información para concienciar a la ciudadanía madrileña del impacto que supone la rehabilitación energética residencial, desde el punto de vista del confort higrotérmico, la calidad del aire interior y en el ahorro en las facturas de electricidad y gas natural. Además, los resultados obtenidos en este estudio aportarán información precisa al Ayuntamiento para la impulsión de políticas públicas basadas en datos, en aplicación de las estrategias de regeneración urbana impulsadas por la Unión Europea a través de la “Ola de Rehabilitación” del Pacto Verde Europeo (European Commission, 2020a, 2020b), y a su transposición en nuestro país a través de la “Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el sector de la Edificación en España” (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020).

El estudio está dirigido a la evaluación de mejoras pasivas de la eficiencia energética de la edificación residencial. Las obras tienen como objeto la reducción de la demanda energética y consisten en el incremento de las prestaciones térmicas de la envolvente, realizando una actuación integral en todo el edificio. Con la información recogida en estas campañas, que se pretende realizar antes y después de los trabajos de rehabilitación, se podrá evaluar la repercusión de las intervenciones llevadas a cabo en los edificios.

Se ha perseguido realizar una monitorización mínima, con el menor coste posible, de manera no intrusiva y que genere las mínimas molestias a los usuarios.

3. PLAN DE MONITORIZACIÓN

La Estrategia Habita Madrid se ha puesto en marcha inicialmente en 50 viviendas privadas, si bien ya se están realizando los trámites necesarios para ampliar su número. Los casos de estudio son viviendas beneficiarias de subvenciones para actuaciones de eficiencia energética del Plan Rehabilita que, además han optado por participar en el Plan de Monitorización. Próximamente se espera incorporar a esta campaña viviendas sociales de promoción pública pertenecientes a la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (EMVs). Estas viviendas van a ser rehabilitadas para cumplir con el deber ejemplarizante exigido por las directivas europeas a las administraciones públicas (Directiva (UE) 2018/844 Del Parlamento Europeo y Del Consejo, de 30 de Mayo de 2018, Por La Que Se Modifica La Directiva 2010/31/UE Relativa a La Eficiencia Energética de Los Edificios y La Directiva 2012/27/UE Relativa a La Eficiencia Energética (Texto Pertinente a Efectos Del EEE), 2018).

El Plan de Monitorización consta de dos fases principales: una inicial, previa a la ejecución de las obras, para recoger información de una muestra de los edificios que van a ser rehabilitados. A continuación, las comunidades de vecinos contratan la monitorización de las viviendas

atendiendo a las especificaciones técnicas definidas por la estrategia. La segunda fase comprende la recogida de datos en continuo. En la medida de lo posible, se pretende contar con datos previos y durante los dos años posteriores a la rehabilitación. El proceso se acompaña de una serie de entrevistas, mediciones puntuales, seguimiento y análisis por parte del IETcc-CSIC y el Ayuntamiento. Para recoger y analizar la información se ha desarrollado una herramienta de gestión energética: la Plataforma de Gestión de Datos para Monitorización (Ayuntamiento de Madrid & IETcc-CSIC, 2022). Esta permite la recepción de datos, su visualización por parte de usuarios, proyectistas y Ayuntamiento, y la evaluación de la repercusión de las intervenciones llevadas a cabo en los edificios por parte del IETcc-CSIC. Todos los datos recogidos durante el proceso se tratan de manera confidencial, según el artículo 5 de la Ley Orgánica 15/1999, y sólo van a ser utilizados con fines estadísticos (Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, 1999).

3.1. Estudios previos

Los trabajos a desarrollar de manera previa al inicio de la monitorización consisten en el análisis de la documentación de la edificación que se rehabilita, facilitada por el ayuntamiento, la selección de viviendas a monitorizar y la aplicación de encuestas en las mismas.

Análisis de la documentación y selección de viviendas

Parte de la documentación presentada por los beneficiarios de las ayudas a la rehabilitación en la solicitud para el ayuntamiento es analizada, con la intención de conocer el tipo de construcción del edificio, en el marco normativo en el que fue construido y las medidas de mejora que se proponen para su rehabilitación energética.

De esta manera contamos con el Certificado de Eficiencia Energética (CEE), realizado por un arquitecto de la elección de la comunidad, el cual se presenta previa solicitud, donde se recoge la calificación energética actual del edificio y una estimación de la que será una vez se realice la rehabilitación energética. Analiza valores como la envolvente térmica actual incluyendo los valores de la transmitancia térmica (U) de todos sus elementos y las características de las instalaciones térmicas. Con eso calcula la calificación energética en emisiones, en consumo de energía primaria no renovable y en la demanda de refrigeración y calefacción. Añade los valores de la nueva envolvente térmica y los sistemas de instalaciones que se proponen con la rehabilitación y calcula la futura calificación energética del edificio.

Además, se cuenta con el Proyecto Básico y de Ejecución de Renovación de Envolvente, presentado también durante la solicitud al ayuntamiento, donde se analiza el desarrollo del proyecto, los planos y las mediciones y presupuesto, teniendo en cuenta las nuevas características de los sistemas constructivos que se van a incorporar.

Una vez analizada la documentación del edificio, para el caso de edificios plurifamiliares se identifican las viviendas a analizar. Para su selección se considera necesario elegir varios tipos de vivienda diferentes e incluir los más desfavorables energéticamente. Se incluyen, en la medida de lo posible, al menos una vivienda bajo cubierta, otra vivienda en el piso más bajo del edificio, y otra a un nivel intermedio.

Encuestas a los ocupantes

Uno de los primeros trabajos a desarrollar dentro del Plan de Monitorización es el diseño y ejecución de una encuesta a los ocupantes de las viviendas beneficiadas por el Ayuntamiento. El diseño de la encuesta se basa en experiencias anteriores y se ha adaptado para el caso concreto de viviendas que van a ser rehabilitadas (Oteiza, 2018). La realización de la encuesta tiene una duración estimada de entre 45 y 60 minutos y en ella se recoge información acerca de:

- Las características de la vivienda y del hogar y las fuentes de energía utilizadas
- Los sistemas de climatización, ventilación y agua caliente sanitaria
- Confort y uso de la vivienda en los periodos de invierno y de verano
- Equipamiento y ventanas

Se consulta a los ocupantes acerca de sus hábitos energéticos, de uso de la vivienda y de ventilación. Esta información permite definir los equipos necesarios para la monitorización y sirve también para realizar la interpretación de los resultados una vez realizada la toma de datos.

Características de la vivienda y del hogar

Se recoge información sobre el tamaño y composición del hogar. De cada una de ellas se registran las horas en las que se encuentran en la vivienda o fuera de ella, diferenciando el perfil de uso entre los días laborables y el fin de semana. Se pregunta acerca del nivel de renta del hogar, clasificado por tramos conforme a criterios europeos estandarizados definidos en el proyecto Urban (Eurostat, 2018). Esta pregunta permite completar con datos socioeconómicos la información medioambiental que se recoge durante la monitorización y analizar problemas como la pobreza energética.

Respecto a la vivienda se recoge información sobre el régimen de tenencia y las reformas realizadas en ella. Se enumeran las estancias de las que está compuesta y una descripción que el uso que se hace de ellas. Se analiza la tipología edificatoria, la ubicación interior o exterior de la vivienda, la orientación de la estancia y del dormitorio principal.

Sistemas de climatización, ventilación y agua caliente sanitaria

Respecto a la calefacción se registra información sobre el combustible utilizado, el sistema de producción y los emisores. A continuación, se les realizan preguntas sobre el uso que se hace de la misma, analizando si se utiliza, el periodo de uso (meses y horario de uso) y la manera de usarlo (temperatura, número de emisores encendidos). En relación con este apartado se evalúa también el horario en el que se realiza la ventilación de la vivienda, tanto entre semana como los fines de semana.

Para analizar el uso de sistemas de refrigeración se identifica la existencia de instalación, y en caso de que así sea se realizan preguntas sobre el tipo de sistema, las estancias donde se encuentran, el horario o patrón de uso y temperatura a la que se programa.

Respecto al ACS se registra información sobre el combustible utilizado y el sistema de producción, así como su correcto funcionamiento. Por último, se pregunta sobre el uso (veces por semana de ducha/baño) que se hace del mismo por habitante.

Confort declarado por los ocupantes

El comportamiento de los usuarios de la vivienda, así como la percepción del confort son factores determinantes en el impacto del consumo energético en la vivienda (O'Neill & Niu, 2017). La encuesta recoge la siguiente información:

- En relación a la percepción en el confort se pregunta sobre sus sensaciones en la vivienda a lo largo de todo el año. Esta pregunta se formula de la manera en la que aparece en la Encuesta de Condiciones de Vida (INE, 2017).
- Además, en relación a la percepción en los consumos se pregunta sobre si considera que el coste de las facturas energéticas es elevado y si utilizan medidas de ahorro energético durante el invierno y el verano.

Equipamiento y ventanas

Se completa la recogida de información mediante un reportaje fotográfico.

- Documentación de equipos por vivienda: fotos de cuadro eléctrico, contador de agua, contador de gas, caldera ACS, equipos de calefacción, equipos de refrigeración. El instalador enviará las mismas fotos con los equipos de monitorización instalados y la ubicación de los sensores de confort y calidad del aire en estancia principal
- Se solicitan las facturas de electricidad y gas natural y se anota el número de identificación del punto de suministro (CUPS).
- Toma de fotos de las unidades terminales de calefacción y refrigeración en las distintas estancias de la vivienda
- Conteo de electrodomésticos, se anota la fuente de energía que usan y el sistema, así como su uso semanal. De la misma manera se documentan las luminarias por tipo, número y ubicación
- Información sobre las ventanas, definidas por la estancia y orientación, superficie, tipo de apertura (corredera, batiente, etc.), porcentaje de apertura en invierno y verano, tipo de marco y acristalamiento.

3.2. Monitorización y mediciones puntuales

El grueso de la toma de datos consiste en una monitorización en continuo de la eficiencia energética del edificio. Esta monitorización se completa con una serie de mediciones puntuales.

Monitorización

La fase de monitorización se desarrolla para la recogida de datos de consumo energético y confort ambiental. En la medida de lo posible, y siempre sin interferir en los planes de obra organizados por la comunidad de propietarios correspondiente, se persigue recabar información antes y después de la ejecución de las obras de rehabilitación.

La toma de datos la realiza la comunidad de propietarios de cada uno de los edificios mediante la contratación de una empresa especializada encargada de ejecutar los trabajos. El Ayuntamiento y el IETcc-CSIC ponen a su disposición un documento de ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN que detalla las características de los sensores a instalar y los requisitos que debe seguir el proceso (IETcc-CSIC & Ayuntamiento de Madrid, 2022). Además, se ha creado una plataforma para que los instaladores entreguen los datos medidos y que los vecinos puedan visualizar los datos correspondientes a su vivienda (Ayuntamiento de Madrid & IETcc-CSIC, 2022).

La medición se realiza de forma continua y registrada en intervalos cada 10 minutos. Los datos que se miden en el interior de cada vivienda son los siguientes:

- Para la calidad del ambiente interior, la temperatura ambiente, humedad relativa y nivel de CO₂. Se instalan como mínimo cada 100m² construidos, en el espacio principal (o más representativo) de la vivienda y a 1,7m del suelo.
- Los consumos energéticos de las fuentes de energía de la vivienda (electricidad y gas natural). La medición de los consumos generales de energía (electricidad y gas natural) se realizan a tiempo real y en intervalos de 10 minutos
- En lo que respecta a los datos climáticos, se ha optado por utilizar el servicio de datos abiertos que ofrece la red de meteorológica municipal del Sistema Integral de la Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid (Ayuntamiento de Madrid, s. f.). Esta opción resulta más económica que la instalación de estaciones meteorológicas en cada uno de los edificios a rehabilitar. Además, se trata de una red de estaciones calibradas que registran los parámetros de temperatura y humedad exterior, datos de soleamiento, dirección e intensidad del viento y precipitaciones. A falta de realizar los primeros análisis de resultados se ha optado por seleccionar la estación de control más cercana al edificio monitorizado.

Mediciones puntuales

La información de la monitorización en continuo se completa con la realización de otros ensayos como son el de estanqueidad al aire, termografía infrarroja y un muestreo de contaminantes en el aire (Formaldehidos, COVs y gas Radón).

Ensayo de estanqueidad con Puerta Soplante (Blower Door)

Consiste en un ensayo donde se mide el nivel de estanqueidad de la vivienda. Tal como se ve en la imagen inferior, el equipo se coloca en la puerta principal; un bastidor, que la sella herméticamente, sujeta el ventilador. Este produce una compresión de la vivienda, lo que permite medir el aire a través de las grietas o fisuras que pueda haber en la envolvente utilizando un manómetro (figura 1).

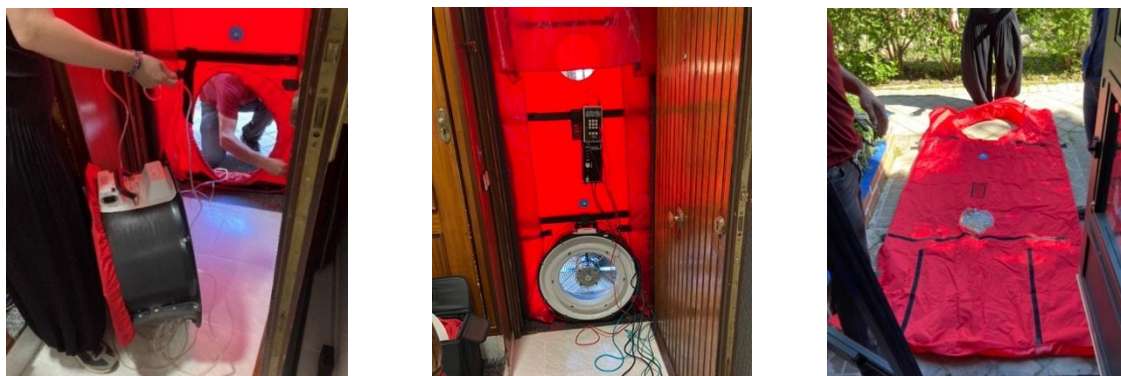


Figura 1. Instalación de puerta soplante

Mediciones de gases contaminantes: COVs y Formaldehidos

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) y los formaldehidos son los contaminantes más habituales que encontramos en el aire interior de las viviendas. Se trata de hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Algunos materiales que producen emisiones de COVs son las pinturas y barnices, las colas y pegamentos para la madera, los productos cosméticos y farmacéuticos, los productos de limpieza, entre otros.

Se coloca un dispositivo para medir estos gases, con una dimensión reducida, como se puede observar en las imágenes inferiores (figura 2). Necesita estar conectado a un enchufe eléctrico y a la red wifi de la vivienda, en la estancia principal de ésta (en la que más tiempo se pasa a lo largo del día, habitualmente salón o sala de estar), durante al menos una semana.

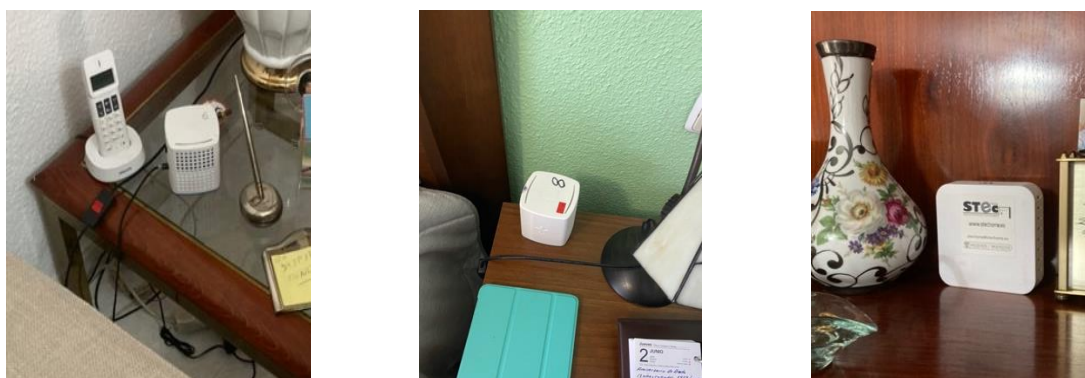


Figura 2. Equipos de medición de gases contaminantes: formaldehidos.

Mediciones de gases contaminantes: Radón

El radón es un gas radiactivo incoloro e inodoro. Se produce por la desintegración natural del uranio presente en suelos y rocas. Este gas emana del suelo y pasa al aire, donde se desintegra y emite otras partículas radiactivas. Se realiza una medición puntual de una semana, especialmente en las viviendas situadas en las plantas más bajas, donde existe mayor riesgo de acumulación de este gas. El dispositivo toma las medidas en continuo de la actividad de concentración de radón en intervalos horarios. El dispositivo cuenta con cámara de ionización,

tiene unas dimensiones similares a las de un teléfono móvil, como se puede observar en las imágenes inferiores. No necesita conectarse a la corriente eléctrica ni a la red wifi, solo estar apoyado en una superficie plana (figura 3).

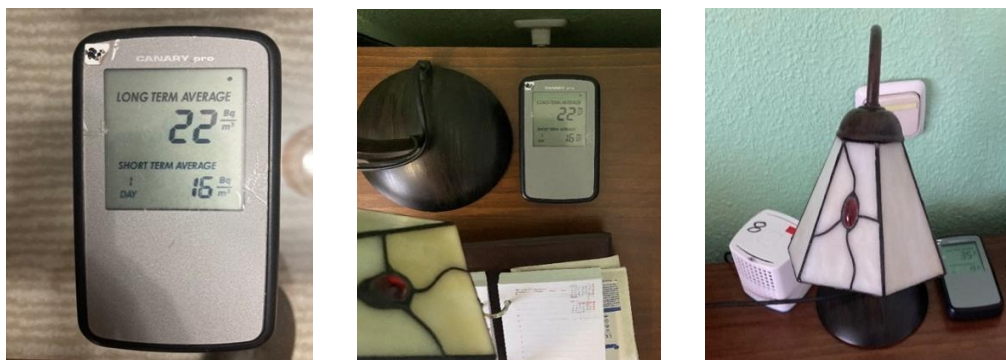


Figura 3. Equipos de medición de gases contaminantes: radón.

3.3. Plataforma de gestión energética

El proyecto incluye el desarrollo de una plataforma de gestión energética para almacenar, gestionar y visualizar toda la información recogida en el plan de monitorización. Esta plataforma ha sido desarrollada por el giSCHE-IETcc-CSIC con la colaboración de la empresa de gestión energética STECHOME. La plataforma se va alimentando con la información recogida desde las viviendas adheridas al plan. El objetivo principal de esta plataforma es la evaluación de las mejoras obtenidas a través de la rehabilitación energética de los edificios adheridos a la Estrategia Habita-Madrid (figura 4).

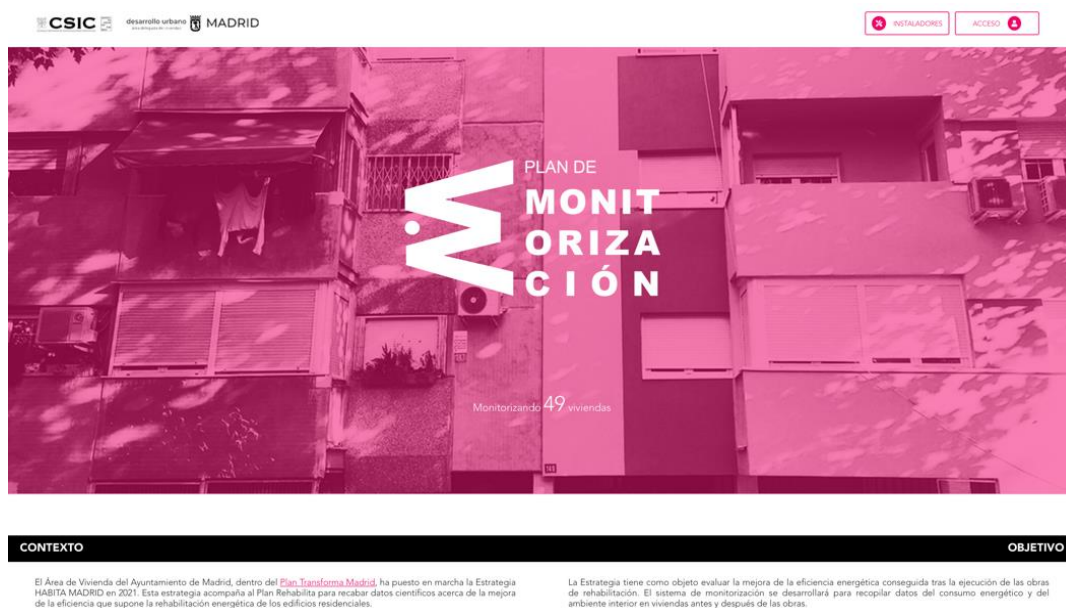


Figura 4. Portal del Plan de Monitorización: página de inicio.

Portal interno

Está previsto que los vecinos contraten los servicios de monitorización a empresas especializadas en gestión energética. Se ha creado una aplicación dirigida a los instaladores de equipos de monitorización para organizar la recogida de datos y su incorporación a una base de datos (figura 5).



Figura 5. Portal del Plan de Monitorización: inicio del portal interno.

Una vez los instaladores colocan los equipos de medición en continuo en las viviendas, se le facilita el código asociado a ella, ya que están anonimizadas, para que, una vez dados de alta como instaladores dentro de la plataforma, puedan cargar semanalmente los ficheros de la vivienda a la carpeta correspondiente (figura 6), y así, los vecinos puedan ver desde su visualizador, los datos recogidos de su vivienda.

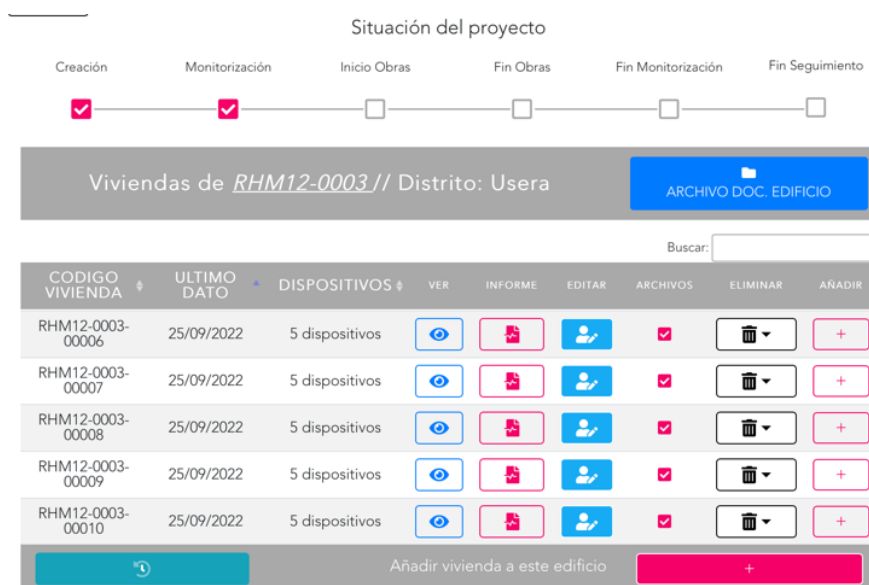


Figura 6. Portal del Plan de Monitorización: ejemplo de vivienda - sensores.

Portal externo

Se trata de una herramienta para la visualización de la base de datos recogidos. A través del programa Power Bi se hace posible que la carga de datos se visualice en forma de gráficos (figura 7), y se puedan comparar las diferentes viviendas, edificios y distritos de una manera más visual y dinámica.

Además, el propio vecino cuenta con su visualización personal, donde puede revisar todos sus consumos y valores de manera gráfica, incorporando la generación de informes automáticos con las pertinentes observaciones necesarias.

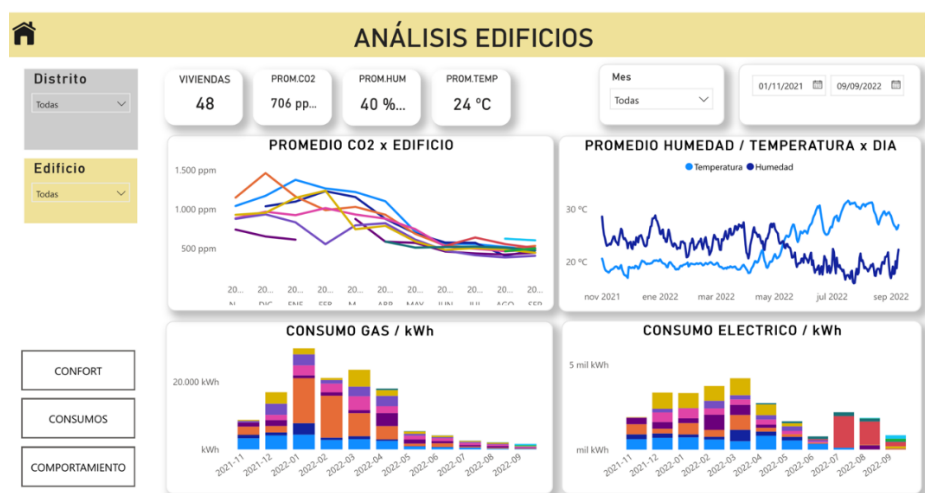


Figura 7. Portal del Plan de Monitorización: visualización Power Bi – análisis de edificios.

4. RESULTADOS PRELIMINARES, EL PANEL DE HOGARES

En el momento de la presente comunicación se está completando la primera muestra de hogares. La primera muestra de 50 viviendas está prácticamente completa y con equipos instalados que están enviando datos a la plataforma. Algunos de los edificios ya han iniciado las obras de rehabilitación y la mayor parte de ellos están a la espera del inicio de las obras. Para la evaluación de los resultados de la rehabilitación todavía habrá que esperar algún tiempo para tener acumulados suficientes datos. No obstante, se ha comenzado a realizar un análisis del panel de hogares que permitirá asociar los resultados de los ahorros obtenidos en consumos energéticos y mejora del confort, en función de las características de los hogares. Este análisis servirá para obtener una información valiosa que permitirá adecuar las políticas de rehabilitación en estos aspectos.

En el momento de la presente comunicación se han realizado encuestas en 45 viviendas. El análisis de la muestra se centra en aspectos socioeconómicos, de percepción del confort, además de acerca de los principales servicios consumidores de energía: calefacción, ACS, refrigeración y cocinas.

4.1. Aspectos socioeconómicos y de percepción del confort

La mayor parte de los hogares participantes (17 viviendas) declaran rentas situadas en el tramo entre 20.200 € a 35.200 € anuales, a los que le siguen hogares con rentas bajas (11 viviendas con ingresos de 12.450 € a 20.200 €). No obstante, la muestra contiene hogares con diversos niveles de renta: 4 viviendas tienen ingresos muy bajos inferiores a 12.450 € anuales y tres viviendas declaran ingresos anuales superiores a 60.000 €. Dos viviendas no quisieron declarar en este aspecto (cuadro 1). En cuanto al tamaño de las familias, la mayor parte de las viviendas tienen dos habitantes (24 Uds.), 8 son de 4 habitantes, 6 de 3, 5 hogares unipersonales y dos hogares con 5 habitantes. La mayor parte de las viviendas son en régimen de propiedad, solamente dos de las 45 viviendas procesadas son en alquiler.

Otros aspectos que se pueden abordar con la información recopilada pueden ser la influencia de la edad de los ocupantes o de la composición familiar en los hábitos energéticos, estudios con perspectiva de género, etc.

Cuadro 1. Número de viviendas monitorizadas según el tramo de renta y tamaño del hogar

Renta del hogar	Total viviendas	Tam. hogar (personas)	Vivs. alquiler	Vivs. propiedad
Menos de 12.450 €	1	1		1
	2	2		2
	1	3	1	
Total menos de 12.450 €	4		1	3
desde 12.450 € a 20.200 €	1	1		1
	2	2		2
	2	3		2
	5	4		5
	1	5		1
total desde 12.450 € a 20.200 €			11	11
desde 20.200 € a 35.200 €	2	1		2
	11	2	1	10
	2	3		2
	2	4		2
total desde 20.200 € a 35.200 €		1	16	17
desde 35.200 € a 60.000 €	1	1		1
	5	2		5
	1	3		1
	1	4		1
total desde 35.200 € a 60.000 €			8	8
más de 60.000 €	2	2		2
	1	5		1
Total más de 60.000 €	3			3
(en blanco)	2	2		2
total (en blanco)	2			2
TOTAL GENERAL	45		2	43

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la percepción del confort los resultados de las encuestas apuntan a que, para la muestra analizada, 32 de los encuestados declaran que la vivienda es, en general, confortable y 10 de ellas se quejan de falta de confort generalizado. No obstante, cuando se pregunta por los periodos de invierno y verano en particular, 16 encuestados declaran no tener confort en invierno (frente a 9 que declaran sí tener confort) y 18 encuestados declaran falta de confort durante el verano (frente a 6 que declaran sí tenerlo) (figura 8). Cabe destacar también que 12 de los encuestados declaran problemas en su servicio de Agua Caliente Sanitaria, ya sea por falta de presión o por dificultad para alcanzar una temperatura adecuada. 30 encuestados declararon su satisfacción con el servicio de ACS. En general, a los encuestados les ha resultado más fácil declarar la falta de confort que las situaciones confortables.

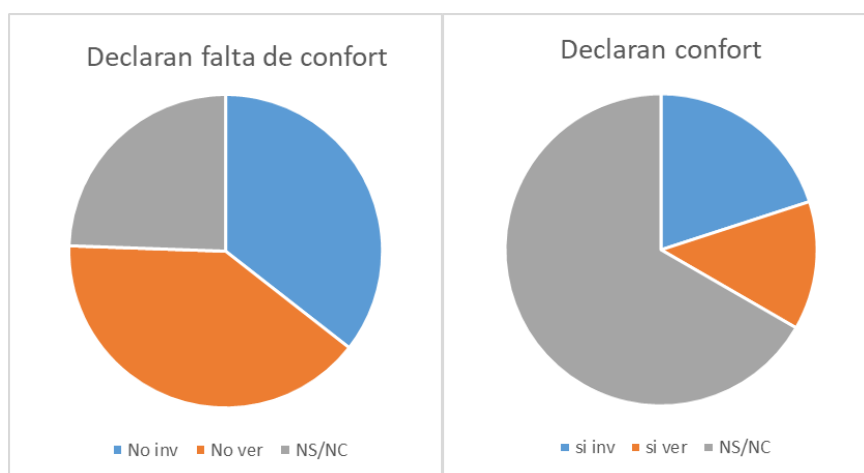


Figura 8. Respuestas acerca del confort declarado en verano y en invierno. Elaboración propia.

En lo que respecta a las reformas realizadas desde que los encuestados ocupan las viviendas, 37 de ellas han realizado algún tipo de reforma, que incluyen en su mayoría el cambio de ventanas, mejoras en cocinas, baños, etc... 7 de los ocupantes declaran no haber realizado ningún tipo de reforma en la vivienda, entre los que se encuentran los ocupantes de las dos viviendas en alquiler.

4.2. Aspectos energéticos

En este apartado se analizan los resultados de la encuesta referidos a la ventilación, las instalaciones térmicas y la cocina.

Ventilación

Los resultados de la encuesta para la ventilación indican una gran disparidad en los resultados. La mayor parte de las viviendas ventilan durante 15, 30 o 90 minutos, pero la dispersión es amplia (figura 9). Estos resultados parecen indicar que es necesaria una mayor formación y concienciación en temas de ventilación entre la ciudadanía en general.

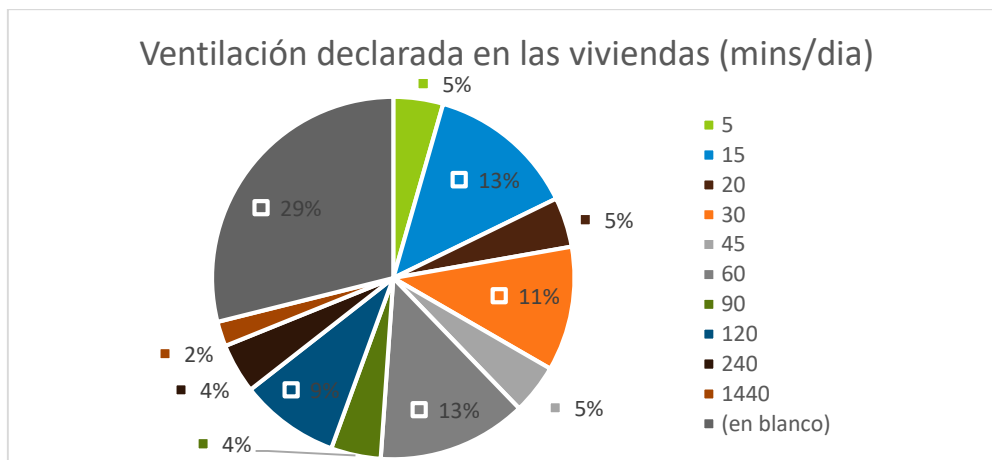


Figura 9. Respuestas acerca de los minutos de ventilación por vivienda y día. Elaboración propia

Calefacción

Se han obtenido resultados acerca del tipo de suministro energético utilizado para calefacción, y de los sistemas de calefacción (calderas y emisores) existentes en cada vivienda. También se obtiene información sobre su uso, los horarios y la temperatura de consigna.

De los 45 encuestados, 39 declaran uso habitual de la calefacción en invierno, 4 de ellos declaran no encender la calefacción y dos no contestan. El 82% de la muestra utiliza gas natural para calefacción y el 16% utiliza electricidad. Los sistemas empleados en la muestra aparecen en la figura 10. Por el momento no ha aparecido en la muestra ningún sistema de calefacción central a nivel de edificio ni instalaciones urbanas de calefacción por distrito.

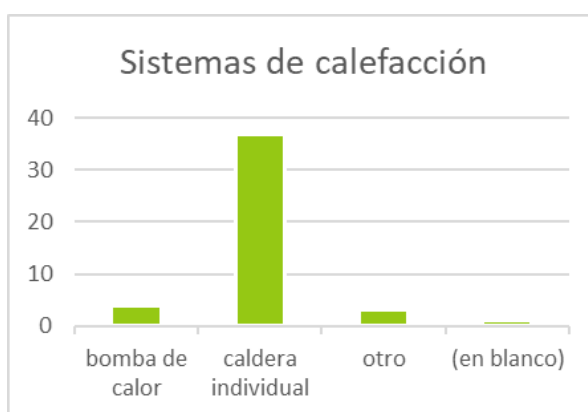


Figura 10. Sistemas de calefacción empleados en la muestra. Elaboración propia

En lo que respecta a la temperatura de consigna, también se observa una gran disparidad. Esta oscila entre los 19°C y los 30 °C (este último valor se refiere a una instalación por bomba de calor) (figura 11). También se detecta aquí una necesidad de información a los usuarios.

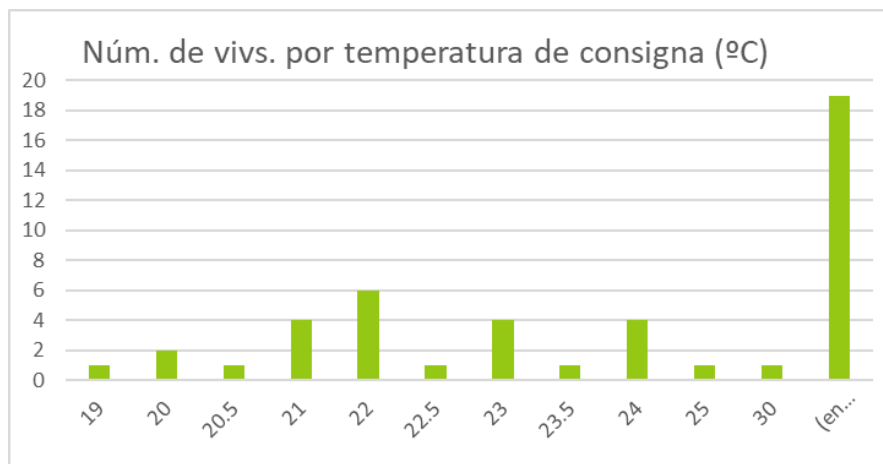


Figura 11. Temperatura de consigna en las viviendas. Elaboración propia

El análisis de los horarios de calefacción declarados indica que la mayor parte de las viviendas (18 Uds.) encienden la calefacción cuando están en la vivienda. 5 usuarios declaran no encender la calefacción casi nunca o en algunos días sueltos y en 6 viviendas tienen una programación para encenderla durante unas determinadas horas todos los días. En una de las viviendas mantienen la calefacción constantemente encendida con una temperatura de termostato baja. En cuanto a la temporada de calefacción, el periodo más habitual es de noviembre a marzo (15 uds.) (cuadro 2).

Cuadro 2. Número de viviendas por mes de inicio y fin de la temporada de calefacción

Mes inicio calefacción	Mes fin calefacción				Total
	Febrero	Marzo	Abril	(En blanco)	
Enero	2	-	-	-	2
Octubre	2	5	2	-	9
Noviembre	7	15	2	-	24
Diciembre	4	1	-	-	5
(En blanco)	-	-	-	5	5
Total	15	21	4	5	45

Fuente: Elaboración propia

Refrigeración

En lo que respecta a la instalación de aire acondicionado, 34 viviendas de la muestra cuentan con una instalación y 10 viviendas no cuentan con ella. El sistema más utilizado es aire acondicionado doméstico por split o multisplit (cuadro 3). La mayor parte de la muestra lo utiliza procurando ahorrar al máximo, en ocasiones puntuales, cuando sienten calor excesivo.

Cuadro 3. Número de viviendas con aire acondicionado por sistema y tipo

Tipo de aire acondicionado	Existencia de sistema de refrigeración			Total
	no	si	(En blanco)	
Split / multisplit	-	31	-	31
Por conductos aéreos	-	2	-	2
Otros	-	1	-	1
(En blanco)	10	-	1	11
Total	10	34	1	45

Fuente: Elaboración propia

Cocina

En lo que respecta a las cocinas, el sistema más utilizado es la vitrocerámica (22 viviendas), seguido de la inducción. Las instalaciones que utilizan gas son menos numerosas y en su mayoría utilizan gas natural. Solamente existe una vivienda en la muestra en la que se cocina con gas butano (figura 12).

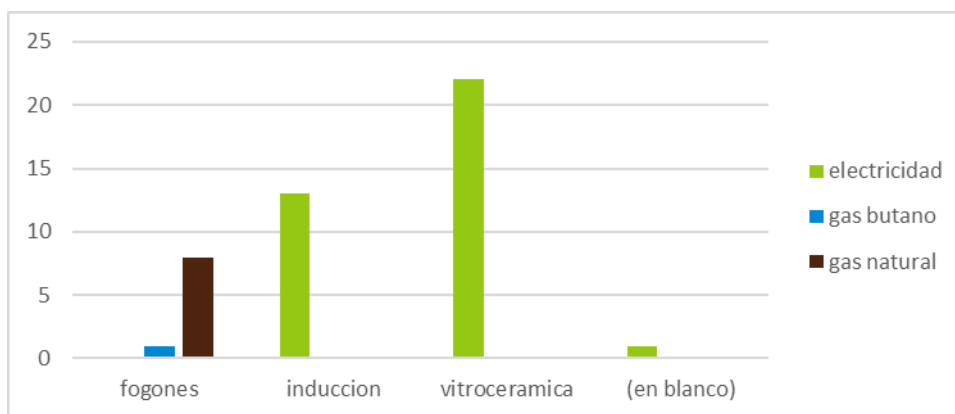


Figura 12. Número de viviendas por tipo de cocina y fuente de energía. Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

La metodología y las herramientas desarrolladas para este proyecto permitirán obtener datos de consumos energéticos, confort y calidad del aire de las viviendas monitorizadas. Para la interpretación de los resultados, esta información se podrá contextualizar en función de las características socioeconómicas y los hábitos de uso de los ocupantes de las viviendas. Además, permitirá tomar un primer muestreo de la presencia de gases contaminantes en las viviendas. Esta información permitirá determinar si resulta necesario realizar estudios más profundos acerca de la presencia de sustancias nocivas en los hogares de la ciudad.

Los usuarios tienen acceso a la información recopilada sobre su vivienda a través de la aplicación “portal externo”, que pueden configurar en sus ordenadores, dispositivos móviles o tabletas. Esta transparencia en los datos recopilados permite realizar una labor de concienciación y aumentar el interés y el conocimiento acerca de los aspectos energéticos de la vivienda entre los participantes del proyecto.

La información recopilada permitirá a su vez un control adicional de la ejecución de los trabajos de rehabilitación energética. Una vez analizados los hábitos de las familias en un mayor número de viviendas, es conveniente proponer hábitos que mejoren el confort y la eficiencia energética, como, por ejemplo, tiempo de ventilación en invierno, temperaturas de consigna más recomendables, protecciones solares (persianas, toldos, cortinas, etc.) más recomendables según la estación del año. Uso de ventiladores de techo o de pie, cuando se pueda en verano.

Además, una vez finalizado el periodo de monitorización de las viviendas, los resultados del panel de los hogares expuestos en este artículo servirán para complementar el resto los datos medidos. Esto permitirá interpretar si la percepción que tienen los usuarios de sus hogares se corresponde con las condiciones de confort del interior de las viviendas y así poder hacer recomendaciones más ajustadas para mejorar su bienestar y para conseguir ahorrar adecuando el uso que hacen de su vivienda.

6. AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer su participación a los vecinos que están permitiendo que se monitoricen sus viviendas; al Ayuntamiento de Madrid, al Área delegada de Vivienda, y especialmente a la D.G. de Vivienda, Rehabilitación y Regeneración; a Manuela Navarro por su labor en la Asociación de Vecinos Guetaria, por promover este proyecto entre los vecinos; al equipo de la empresa Stechome; y al equipo de informática del CSIC y en especial a Carlos Villagrà.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alonso, C., Oteiza, I., Martín-Consuegra, F., & Frutos, B. (2017). Methodological proposal for monitoring energy refurbishment. Indoor environmental quality in two case studies of social housing in Madrid, Spain. *Energy and Buildings*, 155(Supplement C), 492-502.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.042>
- [2] Ayuntamiento de Madrid. (s. f.). Datos meteorológicos. Estaciones de control. Portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid. Recuperado 15 de septiembre de 2022, de <https://datos.madrid.es/portal/site/egob/menuitem.c05c1f754a33a9fbe4b2e4b284f1a5a0/?vgnextoid=2ac5be53b4d2b610VgnVCM2000001f4a900aRCRD&vgnnextchannel=374512b9ace9f310VgnVCM100000171f5a0aRCRD&vgnnextfmt=default>
- [3] Ayuntamiento de Madrid. (2021). Área delegada de Vivienda. Rehabilitación: Accesibilidad, conservación y eficiencia energética.
<https://transforma.madrid.es/rehabilitacion/>

- [4] Ayuntamiento de Madrid, & IETcc-CSIC. (2022). Herramienta de recogida y visualización de datos del Plan de Monitorización de la Estrategia Habita-Madrid. <https://habitamadrid.ietcc.csic.es/>
- [5] BOLETÍN OFICIAL DEL PAÍS VASCO. (2019). ORDEN de 12 de junio de 2019, del Consejero de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda, por la que se convoca y regula, para el año 2019, el Programa de ayudas en materia de rehabilitación eficiente de viviendas y edificios (Programa Renove) para la elaboración de proyectos de intervención en el patrimonio edificado de la Comunidad Autónoma del País Vasco, y la ejecución de las obras derivadas de los mismos. <https://www.euskadi.eus/plan-renove-2019/web01-tramite/es/>
- [6] de Frutos, F., Cuervo-Vilches, T., Alonso, C., Martín-Consuegra, F., Frutos, B., Oteiza, I., & Navas-Martín, M. Á. (2021). Indoor Environmental Quality and Consumption Patterns before and during the COVID-19 Lockdown in Twelve Social Dwellings in Madrid, Spain. *Sustainability*, 13(14), 7700. <https://doi.org/10.3390/su13147700>
- [7] European Commission. (2020a). A European Green Deal [Text]. - European Commission. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [8] European Commission. (2020b, junio 4). Renovation wave [Text]. Energy - European Commission. https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en
- [9] Eurostat. (2018). Urban Audit. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/urban-audit>
- [10] IETcc-CSIC, & Ayuntamiento de Madrid. (2022). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN. <https://transforma.madrid.es/wp-content/uploads/2022/06/ESPECIFICACIONES-TECNICAS-V3.pdf>
- [11] INE. (2017). Encuesta de condiciones de vida. Instituto Nacional de Estadística. https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176807&menu=ultiDatos&idp=1254735976608
- [12] Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, Pub. L. No. Ley Orgánica 15/1999, BOE-A-1999-23750 43088 (1999). <https://www.boe.es/eli/es/lo/1999/12/13/15>
- [13] Martín-Consuegra, F., de Frutos, F., Oteiza, I., Alonso, C., & Frutos, B. (2021). Minimal Monitoring of Improvements in Energy Performance after Envelope Renovation in Subsidized Single Family Housing in Madrid. *Sustainability*, 13(1), 235. <https://doi.org/10.3390/su13010235>
- [14] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2020). ERESEE 2020. Actualización 2020 de la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España. <https://www.mitma.es/el-ministerio/planes-estrategicos/estrategia-a-largo-plazo-para-la-rehabilitacion-energetica-en-el-sector-de-la->

edificacion-en-espana

- [15] O'Neill, Z., & Niu, F. (2017). Uncertainty and sensitivity analysis of spatio-temporal occupant behaviors on residential building energy usage utilizing Karhunen-Loève expansion. *Building and Environment*, 115, 157-172.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.01.025>
- [16] Oteiza, I. (2018, 2021). Proyecto Habita_res – (2018-2021) Proyecto de investigación BIA2017-83231-C2-1-R. Nueva herramienta integrada de evaluación para áreas urbanas vulnerables. Hacia la autosuficiencia energética y a favor de un modelo de habitabilidad biosaludable. <https://proyectohabitares.ietcc.csic.es/>
- [17] Oteiza, I., Alonso, C., Martín-Consuegra, F., Blazquez, A., Cuervo, T., Monjo, J., González, M., Sendra, J. J., Fernández, J., Domínguez, S., & Escandón, R. (2016). Proyecto REFAVIV. Rehabilitación energética de la fachada de viviendas sociales, con productos innovadores con Documento de Idoneidad Técnica (DIT, DITE). Impacto económico, social y ambiental.
- [18] Oteiza, I., Alonso, C., Martín-Consuegra, F., Serrano-Lanzarote, B., de los Ríos, I., & Alonso, M. (Eds.). (2020). MONITORIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA HABITABILIDAD, CALIDAD DEL AIRE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS. EXPERIENCIAS ESPAÑOLAS. Instituto Valenciano de la Edificación.
- [19] Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética (Texto pertinente a efectos del EEE), 32018L0844, CONSIL, EP, OJ L 156 (2018).
<http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj/eng>