

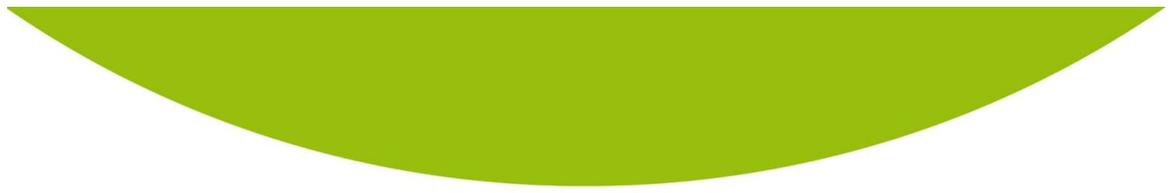
CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

HABITA-RES

Nueva herramienta integrada de evaluación para áreas urbanas vulnerables. Hacia la autosuficiencia energética y a favor de un modelo de habitabilidad biosaludable





Autor Principal: Carmen Alonso (CSIC)

Otros autores: Fernando Martín Consuegra (CSIC); Ignacio Oteiza (CSIC); Fernando de Frutos (CSIC); Jessica Fernández Agüera (US); Samuel Domínguez (US); Teresa Cuerdo (CSIC); Borja Frutos (CSIC)

RESUMEN

Este proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (BIA2017-83231-C2-1-R), es una propuesta que se basa en la oportunidad de rehabilitar de forma integral barrios de las periferias de Madrid, muchos de ellos están catalogados como barrios vulnerables y su edificación es altamente ineficiente. Estos barrios construidos en la postguerra y hasta 1979 (antes de la primera normativa térmica). El proyecto plantea además la posibilidad de rehabilitar sectores, que se acerquen a la autosuficiencia energética y que mejoren las condiciones ambientales, de salud y sociales de la población residente.

La rehabilitación integral de edificios de vivienda de sectores vulnerables de las ciudades, es una necesidad que en España se ha ido aplazando por diferentes circunstancias, debido inicialmente a la burbuja inmobiliaria dedicada principalmente a la nueva construcción (2000-2007) y posteriormente al pinchazo de la misma (2009-2014).

Las directivas europeas y la reglamentación nacional son cada vez más exigentes en materia de energía, y estas exigencias apuntan a la consecución de los objetivos para Edificios de Energía Casi Nula (año 2020) y la descarbonización de las ciudades para el año 2050.

El proyecto trata de analizar el estado actual de las áreas vulnerables en Madrid, y proponer criterios de actuación para la mejora de la habitabilidad, de la eficiencia energética y su relación con la salud.

Para evaluar las actuaciones se construye un modelo teórico que se valida con información detallada recogida in-situ, y que es capaz de integrar aspectos de salud y eficiencia energética. El modelo permitirá estudiar las estrategias tanto en los edificios como para su agrupación, permitiendo analizar actuaciones en red. Los resultados obtenidos permitirán a la población residente en estos barrios participar activamente e informarse sobre los beneficios y costes de las actuaciones de mejora.

Este proyecto está actualmente en una fase avanzada de desarrollo (se inició en 9/2019 y finaliza en 9/2021). La metodología y mejoras propuestas en estos casos servirán de ejemplo para la aplicación en áreas similares de Madrid y de otras ciudades.

PALABRAS CLAVE: Eficiencia Energética, Barrios vulnerables, Salud, Regeneración urbana integrada, Datos urbanos, Madrid

PARTICIPANTES

IETcc- CSIC. Grupo de Investigación- Sistemas Constructivos y Habitabilidad en la edificación- (SCHE)

- Ignacio Oteiza, Dr. Arq. IP
- Carmen Alonso, Dra. Arq.
- Fernando Martín Consuegra. Dr. Arq.
- Teresa Cuerdo Dra. Arq.

- Fernando de Frutos Arq.

Universidad de Alcalá de Henares

- Enrique Castaño, Dr. Arq.
- Antonio Baño, Arq

Universidad de Sevilla- E.T.S.A- Instituto CC

- Samuel Domínguez, Dr. Arq.

Miembros del equipo de trabajo

- Andrew Peacock- HERIOT-WATT UNIVERSITY – Reino Unido
- Juan Monjo, Dr. Arq., Universidad Politécnica de Madrid
- Eduardo González, Dr. Arq. Universidad del Zulia- Venezuela
- Julián Salas, Dr . Ing. Ind. IETcc-CSIC
- Gloria Gómez, Dra.Arq
- Jessica Fernández Agüera, Arq. (Dra- 7/2018). IETcc-CSIC- US

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación que se presenta, tiene sus antecedentes más próximos en el proyecto BIA2012-39020-C02-01-“Rehabilitación energética de las fachadas de viviendas sociales deterioradas en grandes ciudades españolas, aplicando productos innovadores nacionales y europeos (DIT, DITE). - REFAVIV”, coordinado igualmente por el IP de este proyecto, y que finalizó en 2016. En este proyecto se estudiaba el comportamiento de la fachada opaca de los edificios de vivienda social en Madrid y Sevilla. Por un lado se caracterizó el comportamiento térmico de seis viviendas sociales, a través de la toma de datos in-situ, y por otro se caracterizó el comportamiento térmico de diferentes soluciones innovadoras de rehabilitación para la parte opaca de la fachada. Estos datos permitieron simular por medio de programas informáticos el comportamiento energético de las viviendas y la mejora de sus condiciones de confort.

También está relacionado con el proyecto BIA2014-56650-JIN, “Rehabilitación energética de viviendas sociales, aplicando productos innovadores de ventana con Marcado CE- REven”, (<http://proyctoreven.ietcc.csic.es/>) que se desarrolla en el mismo grupo de investigación SCHE del IETcc cuya hipótesis señala que “es posible reducir sustancialmente el consumo energético asociado a las ventanas, mediante el uso de productos innovadores con marcado CE, mejorando además las condiciones del ambiente interior”. Y el objetivo general es “generar las propuestas de mejora de ventanas más adecuadas en rehabilitación de vivienda social considerando aspectos técnicos y socioeconómicos.”

La tendencia de la construcción relativa a la vivienda ha mostrado en las últimas décadas la necesidad de la rehabilitación de modelos inadecuados del pasado. Además, en España existen más de 5 millones de viviendas en el censo residencial con más de 50 años de antigüedad

(cerca del 20% del total), se estima que 9 millones de personas en España pueden considerarse dentro de la población afectada por situaciones medioambientales relacionadas con su tipología de vivienda y con probables consecuencias negativas para la salud [1]. En esta dirección se suceden los estudios encaminados a la mejora de la evaluación de los desequilibrios sociales dentro de las ciudades para definir grados de vulnerabilidad, diferencias en esperanza de vida y distribución de recursos económicos destinados a su corrección [2]. Sin embargo, se constata la ausencia de metodologías que consideren, además, diferentes factores relacionados directamente con la calidad constructiva de la vivienda y que permitan introducir en la práctica el concepto de rehabilitación integral.

En la actualidad NO existen planes saludables sobre la vivienda urbana y se hace preciso caracterizar el estado de la salud de las personas afectada por edificios ineficientes energéticamente causantes del problema denominado como “pobreza energética”.

Europa se enfrenta al reto de la rehabilitación de la ciudad existente, ante la oportunidad de la puesta en valor de su potencial y de frenar el deterioro y la obsolescencia de sus tejidos. Son muchos los proyectos de investigación, nacionales y europeos, que abordan los temas de la rehabilitación de edificios.

Cuatro directivas europeas definen el camino a seguir sobre las exigencias en materia de ahorro y eficiencia energética, emisiones de gases efecto invernadero y en general en la protección del medio ambiente y el cambio climático, instando a los Estados miembros a promover planes estratégicos hasta lograr las cifras estimadas para el 2020 en cuanto a emisiones de gases efecto invernadero, consumo energético y energías renovables [3]–[6]. Son fundamentales los considerandos de la Directiva Europea 2010/31/UE actualizada en 2018 [7], todos inciden en este proyecto.

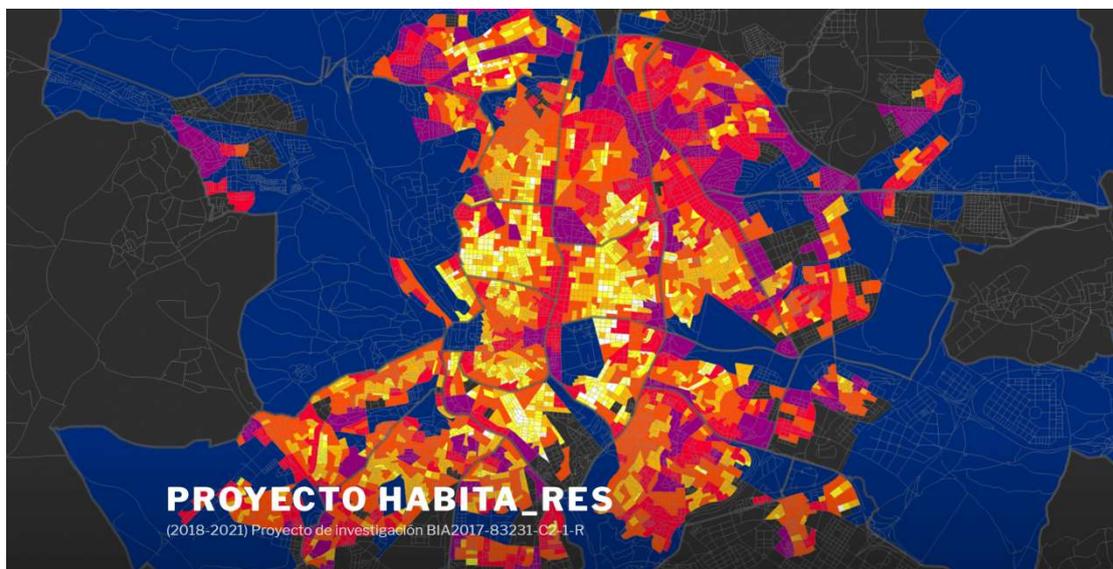


Figura 1. Página web del proyecto (<https://proyctohabitares.ietcc.csic.es/>) Imagen de la intensidad energética en la ciudad de Madrid.

Actualmente en España la mitad del consumo energético de las viviendas está destinado a acondicionamiento térmico [8] donde la fachada y la cubierta, como partes integrantes de la envolvente juega un papel determinante. Por otro lado, el 70% de las viviendas dispone de

calefacción, y el 35% dispone de aire acondicionado, sólo un 39% de las viviendas dispone de doble acristalamiento, y un 11% dispone de carpinterías con rotura de puente térmico. Es a través de la configuración de la envolvente donde se determina la demanda energética para climatización, responsable de aproximadamente el 50% del consumo de energía en el sector residencial [9].

La UE tiene otro problema que resolver, entre 50 y 125 millones de personas están en la actualidad en situación de disconfort térmico, con riesgos para su salud y de exclusión social [10]. Probablemente no resulte desacertado presumir que una parte importante de la población que vive en los barrios que fueron construidos durante el periodo comprendido entre los años 1939 y 1979 sufran de “pobreza energética”. En España, según los informes de Pobreza Energética [11]–[13], se ha pasado de un 10% de hogares que se encontraban en esa situación de pobreza energética (2012) a un 17% (2014) y un 21% (2016). También se señala que actualmente un 11% de los hogares españoles se declara incapaz de mantener su vivienda a una temperatura adecuada en los meses fríos.

La rehabilitación supone especialmente una mejora significativa sobre la calidad de vida de los ciudadanos si se actúa en los edificios que residen y en el entorno urbano, contribuyendo al bienestar de la sociedad, la inclusión social de población desfavorecida y la protección del medio ambiente. Con esta intervención se incrementa de forma inmediata el valor económico del parque de viviendas y edificios. La transformación de los barrios residenciales vulnerables y deteriorados hacia un uso energético eficiente no solo representa un reto energético, de la mejora de la salud y lo ambiental, sino que también ofrece beneficios múltiples en otras áreas de la economía española [9].

En cuanto a la importancia de la evaluación del potencial de generación de energía renovable, los objetivos planteados en la agenda de 2020 y el Marco sobre clima y energía para 2030 constituyen el escenario de trabajo para la intervención en el parque edificatorio nacional. Este marco —adoptado por la Comisión Europea en octubre de 2014— se construye sobre la base del paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020, además, se ajusta a la perspectiva a largo plazo que contempla la hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050. Para ello los edificios, tanto existentes como de nueva construcción deben reducir su huella de carbono significativamente y es en el parque existente donde se dibuja el mayor desafío.

El objetivo final debe ser incluir estos criterios dentro del diseño de las intervenciones de mejora de la envolvente del edificio (actuaciones pasivo-activas), incorporándolo a su vez en las estrategias de Regeneración Urbana Integrada [14].

En el marco de los retos identificados en la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de innovación- 2013-2020, del Ministerio de Economía y Competitividad, este proyecto aborda con su propuesta principalmente el **Reto 5- Acción en el cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas**. Sin duda el proyecto también tiene incidencia en el **Reto 1 – Salud, cambio demográfico y bienestar**, pues trata mejorar las condiciones de habitabilidad de viviendas en las zonas vulnerables y degradadas de nuestras grandes ciudades y en el **Reto 3. Energía segura, eficiente y limpia**.

OBJETIVO

Mejorar las condiciones de habitabilidad y salud de la población a partir de la reducción de la dependencia energética en barrios vulnerables en el marco de la Regeneración Urbana Integrada.

FASES DE DESARROLLO

El proyecto global se centra en el desarrollo de un modelo y una herramienta de análisis energético. Desde una evaluación inicial se busca el análisis de medidas correctoras y de mejora integral, a partir de los condicionantes críticos en materia de energía que inciden en las áreas urbanas vulnerables.

Este modelo se aplica a una serie de barrios en la ciudad de Madrid, y tiene como resultado una herramienta de visualización de los indicadores energéticos más relevantes.

La estructura del proyecto se organiza en tres fases fundamentales, relacionadas entre sí:

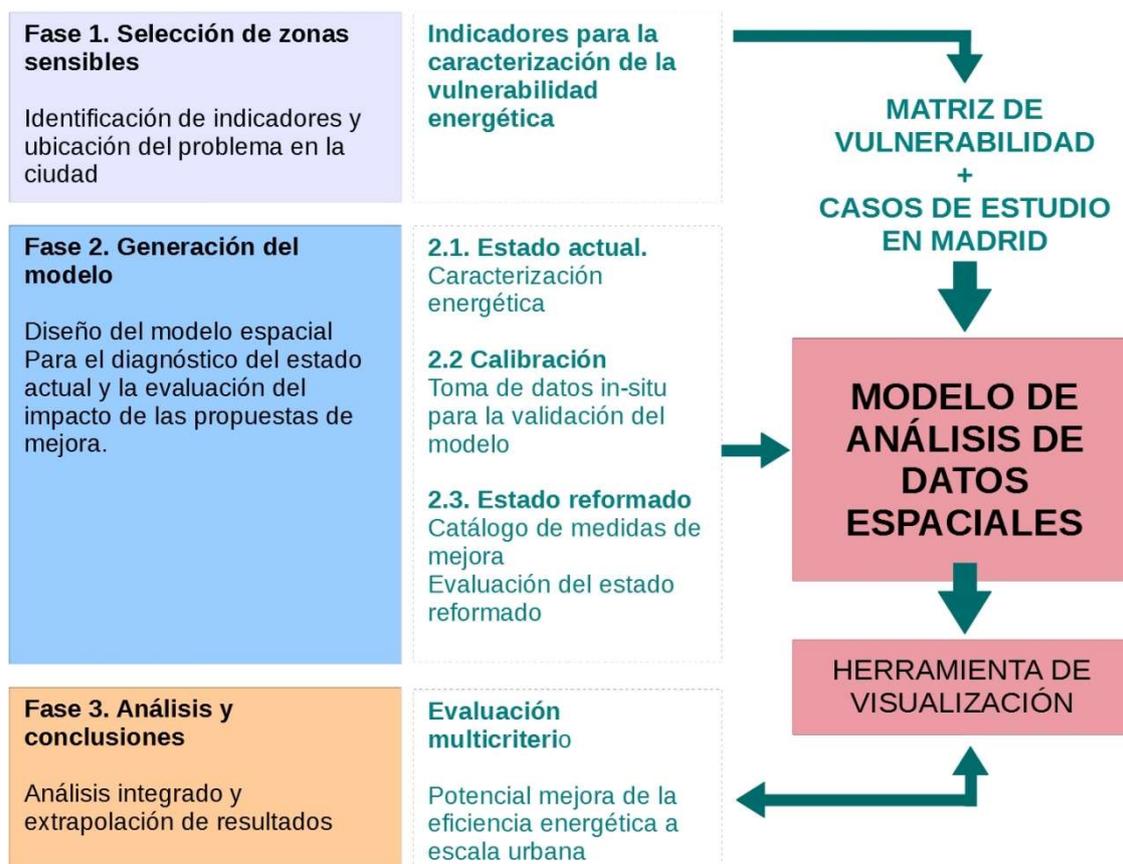


Figura 2. Esquema de desarrollo del proyecto

- **Fase1-Selección de zonas sensibles:**El primer módulo se dedica a la catalogación y selección de zonas sensibles para un diagnóstico de la situación actual, a través de indicadores relacionados con la salud y la eficiencia energética a escala urbana.
- **Fase 2-Generación del modelo:**Diseño del modelo espacial para el diagnóstico del estado actual y la evaluación del impacto de las propuestas de mejora conforme a una serie de indicadores. Se elabora un modelo de análisis espacial, con un enfoque de arriba a abajo, que se valida con datos tomados in-situ, mediante un enfoque de abajo a arriba. Este análisis se complementa con una herramienta de visualización que integra todos los resultados.
- **Fase 3-Análisis y conclusiones:** Análisis integrado y evaluación multicriterio. Se analiza el potencial de mejora sobre la salud y eficiencia energética, extrayendo las conclusiones relevantes.

RESULTADOS

El proyecto está en una fase muy avanzada, pero todavía continúa en desarrollo. Se han llevado a cabo una serie de actividades que han supuesto un avance en los diferentes ámbitos del estudio:

Pobreza energética en Madrid

Se ha catalogado la pobreza energética en Madrid, tal y como se muestra en la figura 3 y se han localizado las áreas más desfavorecidas [15]. A partir de este trabajo y en colaboración con el Departamento de Urbanística y ordenación del Territorio de la Universidad Politécnica de Madrid, se ha desarrollado un indicador multidimensional que ha permitido catalogar las diferentes áreas atendiendo a su vulnerabilidad, y seleccionar las áreas prioritarias para los casos de estudio [16].

Se da la circunstancia de que en el caso de Madrid coinciden en las mismas áreas de la ciudad diversas circunstancias que provocan una vulnerabilidad energética en la población, que la hace susceptible de caer en situaciones de pobreza energética. Algunas de estas circunstancias son la mala calidad térmica de la edificación, las instalaciones inadecuadas, bajos ingresos, o la concentración de población mayor. Estas áreas se señalan como preferentes a la hora de trazar las políticas públicas de rehabilitación energética de edificios. Gran parte de estas áreas están contenidas en el catálogo de barrios vulnerables del Ministerio de Fomento [17].

Independientemente de estas circunstancias, se detecta que hogares incluidos en los tramos de renta mínima estén en riesgo de pobreza energética de manera independiente de la eficiencia energética de la vivienda que ocupan. Esto apunta a la necesidad de desarrollar políticas públicas específicas para combatir la pobreza energética de manera complementaria a los planes para la rehabilitación energética.



Figura 3. Mapa de la pobreza energética en Madrid [15]

La interacción de diferentes factores provoca que los hogares incluidos en los tramos de renta mínima estén en riesgo de pobreza energética de manera independiente de la eficiencia energética de la vivienda que ocupan. Esto apunta a la necesidad de desarrollar políticas públicas específicas para combatir la pobreza energética de manera complementaria a los planes para la rehabilitación energética de viviendas.

Información constructiva

Para conocer la demanda energética de los edificios es necesario caracterizar la envolvente constructiva, que la componen los elementos que separan el ambiente interior del exterior, como fachadas, cubiertas, ventanas, o forjados. Para el caso de Madrid, desde el citado proyecto REFAVIV se llevó a cabo una toma de datos que ha dado lugar a una publicación monográfica [18]. Estos datos han servido en este proyecto como información estadística de entrada para el modelo de datos espaciales.

Por otro lado, para poder integrar el componente de cubierta en el análisis, se ha propuesto una metodología para su caracterización con el uso de información geográfica de libre acceso. Para ello se propone la utilización de datos de puntos LIDAR, datos de la DG Catastro, y ortofotografía aérea [19]. Con esta metodología podemos conocer el grado de inclinación de la cubierta, y por tanto su potencial de aprovechamiento de la energía solar.

Casos de estudio

Una vez seleccionadas las áreas de interés, en la fase 2.2. se ha llevado a cabo una campaña de monitorización de varias viviendas, con objeto de conocer las condiciones de habitabilidad y los consumos energéticos de diferentes viviendas.

Los barrios en los que se han tomado datos son: Fuencarral, Manoteras, San Blas -Simancas, Carabanchel, Orcasitas, Villaverde.

La toma de datos se inició de manera escalonada en 2019, con la intención de obtener información detallada de un año completo. Tal y como se muestra en la figura 4, existe una gran variabilidad, en función del tipo de hogar, sistemas constructivos e instalaciones energéticas.

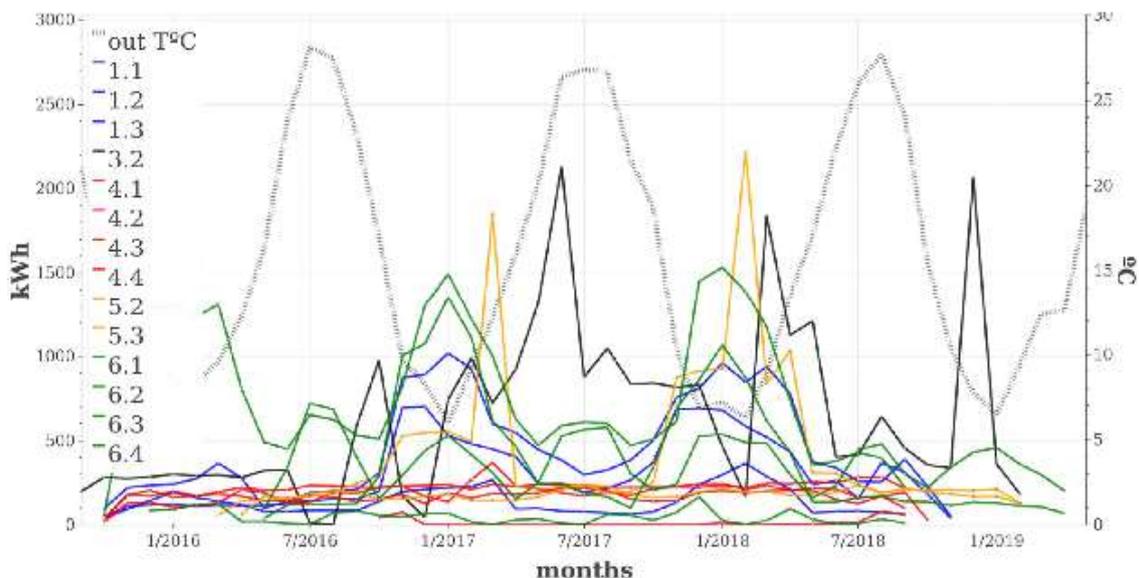


Figura 4. Consumo de fuentes energéticas en varias viviendas en Madrid. Datos de contadores inteligentes [20].

Diferencias entre datos estimados y monitorizados

Una de las claves del proyecto es determinar cuáles son los perfiles energéticos de las viviendas en áreas vulnerables, y cuánto se distancian estos perfiles de los estándares que utilizamos en los análisis energéticos. Esto da como resultado una serie de diferencias entre los datos de los modelos o datos estimados a partir de estándares, y la información del uso real de las viviendas ("GAP"). A través de información de contadores inteligentes y encuestas constatamos que existen diferencias importantes en el consumo energético y confort en estas viviendas sociales [20].

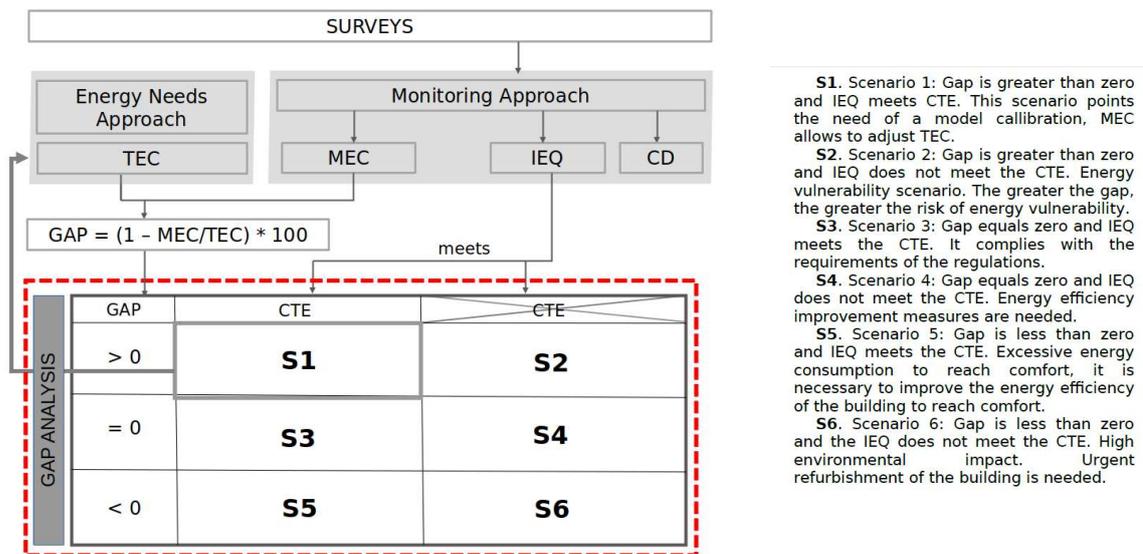


Figura 6. Análisis del “GAP”[21]

Uso de energía renovable

Una vez caracterizada la demanda energética, es necesario analizar las posibilidades de incorporación de sistemas de aporte renovable. De esta manera se podrían caracterizar las posibilidades de autoabastecimiento en estos barrios.

Para uno de los casos de estudio en el barrio de Villaverde se ha analizado el potencial de uso de energía radiante para refrigeración [22]. Los resultados obtenidos muestran un gran potencial de reducción de consumo de energía final para refrigeración en los meses de verano.

Modelos espaciales

Se ha desarrollado la tesis “Análisis de datos espaciales para la erradicación de la pobreza energética en la rehabilitación urbana: el caso de Madrid” en el marco del proyecto [23]. La tesis se basa en el desarrollo conceptual de un Modelo de Análisis de Datos Espaciales capaz de recoger y procesar grandes cantidades de información acerca de la eficiencia energética del parque edificado. El modelo incorpora datos procedentes de diversas fuentes y a varias escalas, con objeto de evaluar las necesidades de barrios enteros y priorizar las actuaciones. Facilita el planeamiento y la gestión de estrategias de rehabilitación energética basadas en la reducción de la demanda desde una perspectiva integral, teniendo en cuenta los aspectos medioambientales, sociales y económicos implicados y el problema de la pobreza energética como elemento vertebrador.

Se proponen dos herramientas complementarias para el procesado de información de las principales bases de datos de la edificación existentes en España: el Catastro y los Censos de Población y Viviendas. Estas herramientas generan indicadores energéticos que se utilizan para caracterizar el desempeño térmico de los edificios, los barrios y las ciudades. Los resultados se vuelcan en el modelo, que permite visualizarlos y detectar las áreas residenciales de la ciudad

afectadas por problemas de desigualdad asociada al uso de la energía. Se trata de barrios desfavorecidos en los que la ineficiencia de la edificación se convierte en un vector de riesgo de pobreza energética para sus ocupantes.

El modelo se aplica para el caso de Madrid, evaluando el potencial de mejora de la envolvente térmica de la edificación contenida en los tejidos urbanos característicos de los barrios vulnerables e ineficientes de la ciudad. Para ello se han utilizado Sistemas de Información Geográfica y tecnología de procesos de datos inspirada en la Ciencia de Datos Urbanos.

Las herramientas desarrolladas han permitido tanto el análisis de la ineficiencia energética de la edificación a la escala de la ciudad [24] como el análisis detallado de barrios recopilando información precisa edificio por edificio a partir de las bases de datos catastrales [25]. El desarrollo de procesos de datos automatizados mediante la utilización de algoritmos programados mediante la implementación de herramientas de *software* libre ha permitido el tratamiento de una gran cantidad de datos para determinar la eficiencia energética de la edificación en barrios enteros [21].



Figura 5. Análisis de la orientación y cuantificación de las fachadas de la edificación para el barrio de Canillas[21].

Se utilizan los datos del modelo, de los contadores inteligentes y del ambiente interior para hacer el perfil energético por vivienda. En España, sólo las empresas comercializadoras de energía tienen acceso a los registros de consumo de los medidores inteligentes (CUPS), esto hace que sea necesario monitorizar los consumos. Relacionando la diferencia entre datos estimados con el modelo y monitorizados, y la calidad del ambiente interior, se extiende la escala del análisis del modelo teórico y la monitorización permitiendo definir las estrategias más urgentes en la rehabilitación [26].

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del Gobierno de España por su financiación al proyecto habita-res Nueva herramienta integrada de evaluación para áreas urbanas vulnerables. Hacia la autosuficiencia energética y a favor de un modelo de habitabilidad biosaludable. Ref. bia2017-83231-c2-1-r.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Gili, J. García Campayo, y M. Roca, «Crisis económica y salud mental. Informe SESPAS 2014», *Gaceta Sanitaria*, vol. 28, pp. 104-108, jun. 2014, doi: 10.1016/j.gaceta.2014.02.005.
- [2] P. Howden-Chapman *et al.*, «Effect of insulating existing houses on health inequality: cluster randomised study in the community», *BMJ*, vol. 334, n.º 7591, p. 460, mar. 2007, doi: 10.1136/bmj.39070.573032.80.
- [3] Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, *Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE Texto pertinente a efectos del EEE*. 2012.
- [4] Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, *Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios*. 2010.
- [5] Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, *Directiva 2009/28/CE DEL Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE*. 2009.
- [6] Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, *Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios*. 2002.
- [7] Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, *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)*, vol. OJ L. 2018.
- [8] IDAE, «Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe Final», Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, 2011. [En línea]. Disponible en: www.idae.es/uploads/documentos/documentos_informe_spahousec_acc_f68291a3.pdf.
- [9] A. Cuchí y P. Sweatman, «Informe GTR 2014. Estrategia para la rehabilitación», Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación (GTR), 2014. Accedido: nov. 30, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://gbce.es/recursos/informe-gtr-2014/>.
- [10] BPIE, «Aligning District Energy and Building Energy Efficiency», *BPIE - Buildings Performance Institute Europe*. <http://bpie.eu/publication/aligning-district-energy-and-building-energy-efficiency-2018/> (accedido dic. 12, 2018).

- [11] S. Tirado, L. Jiménez, J. L. López, J. Martín, y E. Perero, «Pobreza energética en España. Análisis de tendencias», *España*, 2014.
- [12] S. Tirado, J. L. López Fernández, y P. Martín García, «Pobreza Energética en España. Potencial de Generación de empleo derivado de la rehabilitación energética de viviendas», *Asociación de Ciencias Ambientales, ACA, Madrid*, 2012.
- [13] Tirado, S., Jiménez Meneses, L., López Fernández, J.L., Perero Van Hove, E., Irigoyen Hidalgo, V., y Savary, P., «Pobreza, vulnerabilidad y desigualdad energética. Nuevos enfoques de análisis». Asociación de Ciencias Ambientales. Madrid, 2016.
- [14] F. Martín-Consuegra, C. Alonso, y B. Frutos, «La regeneración urbana integrada y la declaración de Toledo», *Informes de la Construcción*, vol. 67, n.º Extra-1, p. nt002, mar. 2015, doi: 10.3989/ic.14.084.
- [15] F. Martín-Consuegra, A. Hernández-Aja, I. Oteiza, y C. Alonso, «Distribución de la pobreza energética en la ciudad de Madrid (España)», *Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales*, vol. 45, n.º 135, may 2019, Accedido: ene. 03, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.eure.cl/index.php/eure/article/view/2723>.
- [16] F. Martín-Consuegra, J. M. Gómez Giménez, C. Alonso, R. Córdoba Hernández, A. Hernández Aja, y I. Oteiza, «Multidimensional index of fuel poverty in deprived neighbourhoods. Case study of Madrid», *Energy and Buildings*, p. 110205, jun. 2020, doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110205.
- [17] A. Hernández Aja *et al.*, *Barrios vulnerables de las grandes ciudades españolas. 1991/2001/2011*. Madrid: E.T.S. Arquitectura (UPM), 2018.
- [18] Oteiza, I., Carmen Alonso, Fernando Martín-Consuegra, Juan Monjo, Mariam González Moya, y Alberto Buldón, *La envolvente energética de la vivienda social. El caso de Madrid en el periodo 1939-1979*. Madrid: Editorial CSIC, 2018.
- [19] Alonso, C., Frutos, F., Martín-Consuegra, F., Frutos, B., Galeano, J., y Oteiza, I., «CLASSIFICATION OF ROOF TYPES IN EXISTING RESIDENTIAL BUILDINGS IN MADRID. DATA FOR AN ENERGY REHABILITATION STRATEGY», presentado en Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management, Granada, España, 2019.
- [20] F. Martín-Consuegra, J. P. Gouveia, F. de Frutos, C. Alonso, y I. Oteiza, «Energy consumption and comfort gap in social housing in Madrid, through smart meters and surveys information», presentado en 10th European Conference on Energy Efficiency and Sustainability in Architecture and Planning – 3rd International Congress on Advanced Construction, Vitoria-Gasteiz (Spain), sep. 2019.
- [21] F. Martín-Consuegra, F. de Frutos, I. Oteiza, y A. Hernández Aja, «Use of cadastral data to assess urban scale building energy loss. Application to a deprived quarter in Madrid», *Energy and Buildings*, vol. 171, pp. 50-63, jul. 2018, doi: 10.1016/j.enbuild.2018.04.007.
- [22] E. González-Cruz, E. Krüger, I. Oteiza, C. Alonso, y F. Martín-Consuegra, *Applicability of a passive radiant-capacitive heating and cooling system in the rehabilitation of residential buildings. Case study: Colonia de San Carlos, Madrid (Spain)*. 2020.
- [23] F. Martín-Consuegra Ávila, «Análisis de datos espaciales para la erradicación de la pobreza energética en la rehabilitación urbana: el caso de Madrid», phd, E.T.S. Arquitectura (UPM), 2019.
- [24] Martín-Consuegra, F., Hernández Aja, A., Oteiza, I., y Alonso, C., «Energy needs and vulnerability estimation at an urban scale for residential neighbourhoods heating in Madrid (Spain)», en *Proceedings of PLEA 2016 Los Angeles - 32th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Los Angeles, California. EEUU, 2016, vol. 3, pp. 1413-1419.
- [25] Sede Electrónica de Catastro, «Modelo de Datos de Cartografía Vectorial. Formato shapefile 2014 - manual descriptivo». Dirección General de Catastro, jun. 27, 2014,

Accedido: may 09, 2017. [En línea]. Disponible en:
http://www.catastro.minhap.es/ayuda/manual_descriptivo_shapefile.pdf.

- [26] Frutos, F., Martín-Consuegra, F., Oteiza, I., Alonso, C., Frutos, B., y Galeano, J., «Energy efficiency and comfort on a deprived neighbourhood in Madrid (Spain)», presentado en PLEA 2020 A Coruña. Planing Post Carbon Cities, A Coruña, 2020.