

05-021

URBAN HEAT ISLAND EFFECT MITIGATION STRATEGIES AND THEIR IMPACT ON BUILDINGS

Palomo Amores, Teresa Rocío ⁽¹⁾; Guerrero Delgado, María del Carmen ⁽¹⁾; Montero Gutiérrez, María de la Paz ⁽¹⁾; Sánchez Ramos, José ⁽¹⁾; Álvarez Domínguez, Servando ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad de Sevilla

Indoor temperatures in buildings and their urban environment are increasing every year, especially in hot climates, moving increasingly away from the desired comfort conditions. The scarcity of vegetation and the use of conventional materials in urban areas lead to a worsening of environmental conditions, feeding the urban heat island effect. It also affects indoor comfort, increasing electricity consumption for air conditioning and, consequently, greenhouse gas emissions. This work evaluates the impact of urban transformation on the thermal demand and comfort of adjacent buildings in an urban space. This is located in the Avenida Cruz Roja in Seville, the object of a real bioclimatic urban design intervention. For this purpose, the buildings involved are organized into clusters, assessing the impact on indoor demand and comfort of the different mitigation measures proposed in each cluster. In this way, adaptation to climate change not only provides the necessary conditions for citizens to enjoy life in the street again, but also benefits buildings, reducing their demand and increasing the comfort of their occupants.

Keywords: urban heat island; climate change; mitigation strategy; energy demand; indoor thermal comfort

ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL EFECTO DE ISLA DE CALOR URBANA Y SU IMPACTO EN LOS EDIFICIOS

Las temperaturas en el interior de las viviendas y su entorno urbano aumentan cada año, especialmente en climas cálidos, alejándose cada vez más de las condiciones de confort deseadas. La escasez de vegetación y el uso de materiales convencionales en las zonas urbanas llevan a un empeoramiento de las condiciones ambientales, alimentando el efecto de isla de calor urbana. Asimismo, este afecta el confort en el interior de los edificios, aumentando el gasto eléctrico en climatización y, consecuentemente, las emisiones de gases de efecto invernadero. Este trabajo evalúa el impacto de la transformación urbana en la demanda y confort térmico de los edificios colindantes de un espacio urbano. Este se enclava en la Avenida Cruz Roja de Sevilla, objeto de una intervención real de diseño urbano bioclimático. Para ello, los edificios involucrados se organizan en clústeres, evaluando el impacto en la demanda y confort interiores de las distintas medidas de mitigación propuestas en cada clúster. De este modo, la adaptación al cambio climático no sólo proporciona las condiciones necesarias para que la ciudadanía vuelva a disfrutar de la vida en la calle, sino que también beneficia a los edificios, reduciendo su demanda e incrementando el confort de sus ocupantes.

Palabras clave: isla de calor urbana; cambio climático; estrategia de mitigación; demanda energética; confort térmico interior

Agradecimientos: Este estudio ha sido financiado por los proyectos "CONSTANCY - Metodologías de urbanización resiliente y acondicionamiento natural utilizando soluciones imaginativas basadas en la naturaleza y el patrimonio cultural para recuperar la vida en la calle"



© 2023 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El rápido crecimiento de las zonas urbanas en todo el mundo lleva a una creciente preocupación del efecto de la humanidad sobre el medio ambiente, lo que representa una amenaza para nuestra forma de vida actual. La urbanización ha deteriorado la calidad del aire interior y exterior, ha modificado la ventilación de los edificios y ha aumentado el consumo de energía de los edificios (Huadun, et al. 2023). Los espacios verdes se han transformado en áreas con materiales que absorben el calor, provocando un aumento de las temperaturas urbanas. El IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change 2023) ha demostrado que la temperatura global ha subido 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, siguiendo una tendencia al alza. El efecto del aumento de la temperatura global se intensifica en las ciudades, con el llamado Isla de Calor Urbano o UHI por sus siglas en inglés. La isla de calor se define cómo la capacidad que tiene una zona urbana de estar más caliente que las zonas de su alrededor/extrarradio, generando así su propio microclima (Romero, et al. 2023).

Los materiales y las construcciones tienen una alta capacidad para almacenar energía, y la liberación de esta se produce de forma muy lenta provocando que en las noches sea el momento dónde se da la diferencia máxima de temperatura. Muchos expertos coinciden en que existen 3 categorías donde se engloban las principales causas del efecto de isla de calor. Estas categorías son las ambientales, los factores socioeconómicos y la morfología urbana (Mirabi y Davies 2022). Las características ambientales son las más complicadas de controlar, puesto que depende del lugar donde nos encontremos. Los factores socioeconómicos se refieren a la función urbana, las características económicas intrínsecas de la sociedad, la densidad de población, el tejido urbano e infraestructura y transportes. Los factores de morfología urbana son los que cuentan con mayor potencial para ser influenciado por políticas y decisiones de planificación urbana.

Los edificios se ven muy afectados por las condiciones climáticas de su entorno, en particular, la temperatura del aire. Disminuir su consumo energético es muy importante, ya que por ejemplo en el caso de la Unión Europea los edificios representan el 40% del consumo final de energía (Comisión Europea 2020). Por lo tanto, una evaluación adecuada de un edificio requiere una consideración precisa del clima real. En zonas donde el clima es frío, el efecto de UHI se traduce en demandas energéticas de refrigeración de los edificios parecidas a las alcanzadas en las zonas cálidas sin efecto de UHI. En zonas cálidas, este efecto presenta su pico por la noche, incrementando la demanda de refrigeración de los edificios pertenecientes al núcleo urbano. Durante el día, el calentamiento de la superficie por incidencia de radiación solar es más intenso, mientras que durante la noche, los cielos despejados aumentan la pérdida neta de la radiación larga longitud de onda (Meng, et al. 2023).

Todos estos factores, llevan a una necesaria actuación sobre el clima urbano que garantice condiciones de confort y procure el bienestar de los ciudadanos. Por ello, este trabajo evalúa el efecto de la transformación urbana en la demanda de los edificios. Se enclava en la Avenida de la Cruz Roja de la ciudad de Sevilla, donde se realiza una intervención real de diseño urbano bioclimático. Para ello, se analizarán los edificios involucrados organizándolos en distintos cluster, evaluando el impacto en la demanda y en las condiciones de confort interiores de las distintas medidas de mitigación. En el trabajo se conjugan la adaptación al cambio climático y su efecto en el confort térmico, consiguiendo que la ciudadanía vuelva a disfrutar de la vida en la calle, beneficiando a su vez la demanda energética y el confort en los edificios.

Por otra parte, a partir de los datos nacionales de catastro, se obtienen los datos de superficie construida, número de plantas, superficie horizontal total, porcentaje acristalado del edificio, coordenadas geográficas y tipo de uso entre otros. A partir de estos datos, se generan distintos clústeres que engloban las principales tipologías de edificios:

- **Clúster 1. Edificios comerciales:** La estructura del edificio será una planta, cuyo techo será compuesto de materiales parecidos a las particiones interiores de un edificio, pues estos establecimientos no tienen cubierta al pertenecer a un edificio cuyas plantas superiores son plantas de uso residencial.
- **Clúster 2. Edificios residenciales 1:** La mayoría de los edificios que componen la avenida de la Cruz Roja son de tipo residencial, no obstante, no todos son iguales. En este caso son edificios de la avenida que tienen 2 tipos de uso: el comercial y el residencial. Para modelar estos edificios, se debe tener en cuenta la altura en la que se encuentran los edificios y por supuesto los materiales constructivos del área acondicionada, que serán los mismos que los de una partición interior, ya que el suelo de esas plantas residenciales coincide con el techo de las plantas comerciales.
- **Clúster 3. Edificios residenciales 2:** El segundo grupo de edificios residenciales son aquellos que se componen solo de este uso, el residencial.
- **Clúster 4. Edificios no residenciales:** Son pocos los edificios de esta característica que se encuentran en la avenida, repartidos en diferentes usos como son el de enseñanza, sanidad, cultural e industrial

Una vez realizados los 4 grupos de los que se componen la avenida (clustering), el siguiente paso consiste en modelar el edificio tipo de cada grupo, a partir del cual se realizará la simulación y su posterior análisis. Para ello, se empleará el software Herramienta Unificada Lider-Calener, la herramienta de certificación oficial del Gobierno de España.

Por otro lado, con objetivo de caracterizar el efecto de isla de calor y caracterizar las condiciones medioambientales que servirán de referencia para la valoración del impacto del proyecto, se lleva a cabo una campaña de monitorización en la zona. Por un lado, se cuenta con una monitorización fija situada en la cubierta de un colegio de la zona, a una altura aproximada de 10m sobre el suelo (Figura 3).

Figura 3: Monitorización fija I para la caracterización de la UHI



Además, se han instalado sensores de temperatura y humedad con periodos de muestreo de 5 minutos. Se diseñan 14 coberturas para 14 sensores que serán colocados a lo largo de la avenida. Cada cobertura está formada por un cilindro de 6 cm perforado por los laterales unido a una cubierta redonda de 15 cm de diámetro que permite la circulación de aire por el interior de este a la vez que evita el contacto con el agua de lluvia en el caso de precipitación. La cubierta se pinta con colores oscuros para dificultar su visualización entre el follaje de los árboles (ver Figura 4).

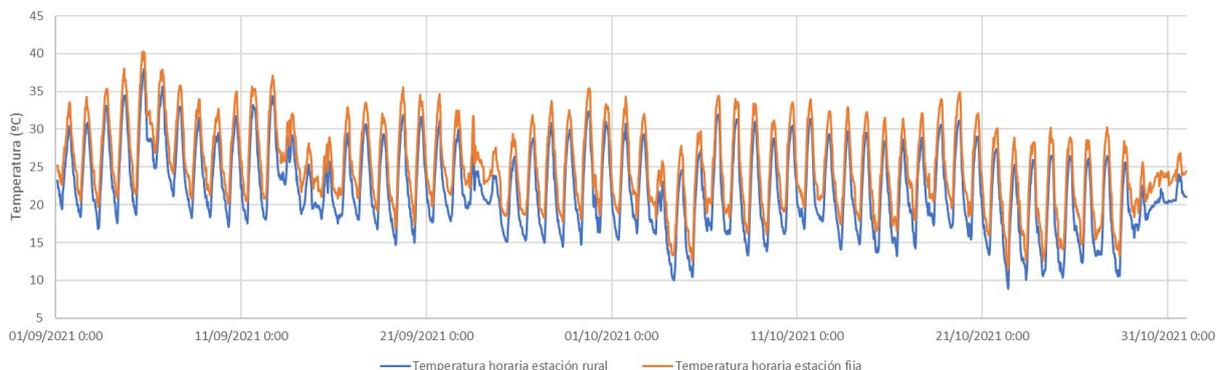
Figura 4: Monitorización fija II para la caracterización de la UHI



Ahora bien, la dificultad de caracterizar el efecto de isla de calor requiere una monitorización móvil. Para ello se ha formado un grupo de personas (Figura 5) que han realizado transectos especialmente diseñados para tomar muestras representativas de temperaturas en momentos del día predefinidos. Para ello, se prepara un sistema de sistema de monitorización de temperatura de aire móvil que evita la radiación solar y las perturbaciones en temperatura de aire colindante a las personas. Se preparan 3 dispositivos móviles formados por un cilindro con capa aislante y extractor situado en la parte superior. Sobre la capa aislante se fija una capa externa reflectiva. El sensor de aire situado en el interior (previamente calibrado) realizan mediciones cada 1minuto. El extractor se encuentra conectado a una batería portátil por una conexión USB.

La Figura 5 muestra la comparación de temperaturas de aire obtenidas para dos meses de medida de la estación fija y la estación rural de referencia para Sevilla (SIAR-La Rinconada). Como puede observarse, las temperaturas alcanzadas son elevadas para las esperadas en los meses presentados, lo que pone de manifiesto la necesidad de actuación incluso en los periodos climáticos intermedios. Además, se observa una clara influencia de la isla de calor urbana en la estación climática fija, con un valor medio de 2,9°C superior.

Figura 5: Resultados de temperatura horaria y efecto de la UHI



Con el objetivo de reducir los efectos de la isla de calor, se realizan distintas medidas de mitigación sobre la avenida jugando con el control solar, el confinamiento del espacio para controlar la cantidad de aire exterior que penetra en el espacio, la temperatura de las superficies que rodean al ocupante con el cambio del pavimento y la temperatura/humedad del aire mediante la impulsión de aire fresco en estancias seleccionadas, como muestra la Figura 6. Todas las necesidades de calor y frío de estos espacios son combatidos usando recursos naturales como el sol, el cielo, el terreno y el aire. Tras estas medidas, se consiguen condiciones climáticas en la zona cercanas a las obtenidas en zonas rurales.

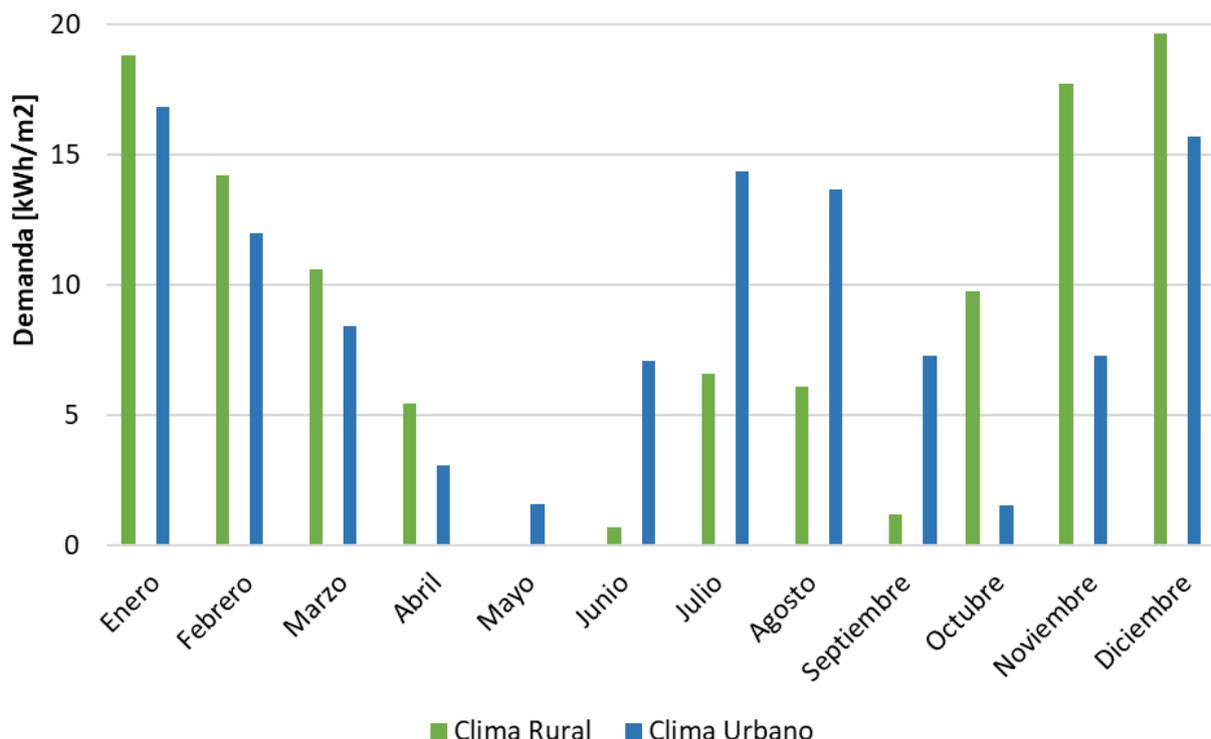
Figura 6: Modelo inicial planteado y situación actual



3. Resultados

Finalmente, se analizan las demandas obtenidas en la situación inicial (UHI) y las obtenidas tras la mitigación para cada uno de los clústeres. Para el clúster 1, edificios comerciales, se puede observar en la Figura 7, como la demanda de refrigeración se ve reducida tras las medidas de mitigación y sin embargo, la demanda de calefacción aumenta. Esto se debe a que el aumento de temperatura provocado por la isla de calor urbano, reduce la energía necesaria para conseguir que el edificio alcance la temperatura de consigna. La demanda de refrigeración anual pasa de 42,4 kWh/m²·año en la situación inicial con efectos de la UHI, a 14,61 kWh/m²·año tras las medidas de mitigación, consiguiendo una reducción del 66%. En el caso de calefacción pasa de una demanda inicial de 66,44kWh/m² año a 96,31 kWh/m² año suponiendo un 31% de aumento.

Figura 7: Resultados de Demanda Energética – Clúster 1



Para los edificios residenciales, como muestra la Figura 8, la demanda alcanzada es mayor, pero mantiene el mismo comportamiento. Durante los meses de calefacción la demanda se ve reducida en el clima urbano, debido a las altas temperaturas alcanzadas sobre todo durante las horas nocturnas. En el caso de refrigeración el aumento es notable, sobre todo en aquellos meses donde en el clima rural, las temperaturas comienzan a descender como es el caso del mes de septiembre. En este caso, la demanda de refrigeración anual pasa de 61,57 kWh/m²·año en la situación inicial con efectos de la UHI, a 17,91 kWh/m²·año tras las medidas de mitigación, consiguiendo una reducción del 70%. En el caso de calefacción pasa de una demanda inicial de 108,76 kWh/m² año a 151,54 kWh/m² año suponiendo un 28% de aumento.

Por último, los edificios clusterizados como otros usos, tienen un comportamiento similar a los anteriores, como muestra la Figura 9. La demanda de refrigeración anual pasa de 105,38 kWh/m²·año en la situación inicial con efectos de la UHI, a 34,73 kWh/m²·año tras las medidas de mitigación, consiguiendo una reducción del 67%. En el caso de calefacción pasa de una demanda inicial de 188,61 kWh/m² año a 250,6 kWh/m² año suponiendo un 25% de aumento.

En cuanto a la evaluación del confort térmico, se computa en número de horas fuera confort [Nh] y grados hora [GH] para ambas situaciones y los tres clústeres, para el periodo de verano (junio-septiembre) y de invierno (diciembre-marzo). En este caso, el comportamiento se repite en los distintos tipos de edificios, por lo que solo se comentará en uno de ellos. En el caso de los edificios residenciales, los más comunes en la avenida, el número de horas fuera de confort pasa de 2824 h debido al clima urbano a 2863 h para invierno de invierno (un 1%). Sin embargo, durante los meses de refrigeración, las horas fuera de confort se reducen de 2769 horas a 1744 horas (un 63%). En cuanto a los grados horas fuera de confort se ven aumentadas en un 24% en el caso de invierno y reducidas en un 60% en el caso de refrigeración.

Figura 8. Resultados de Demanda Energética – Clúster 2

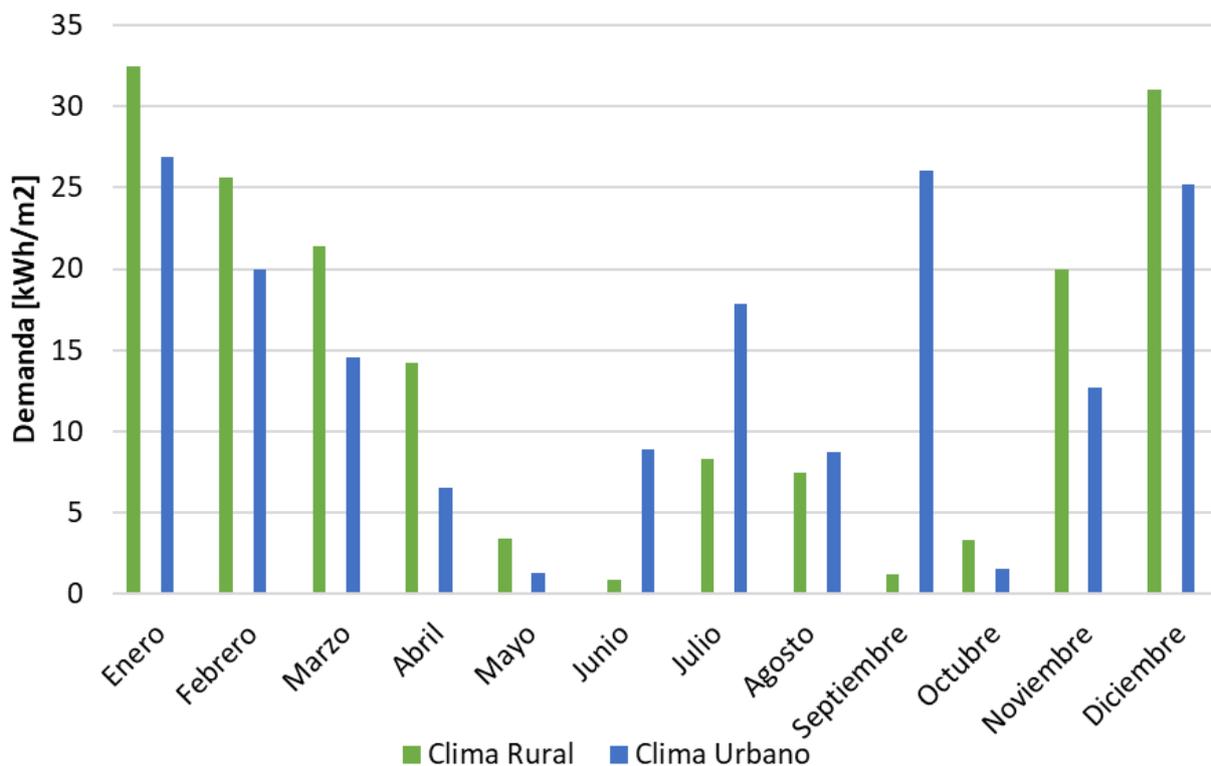
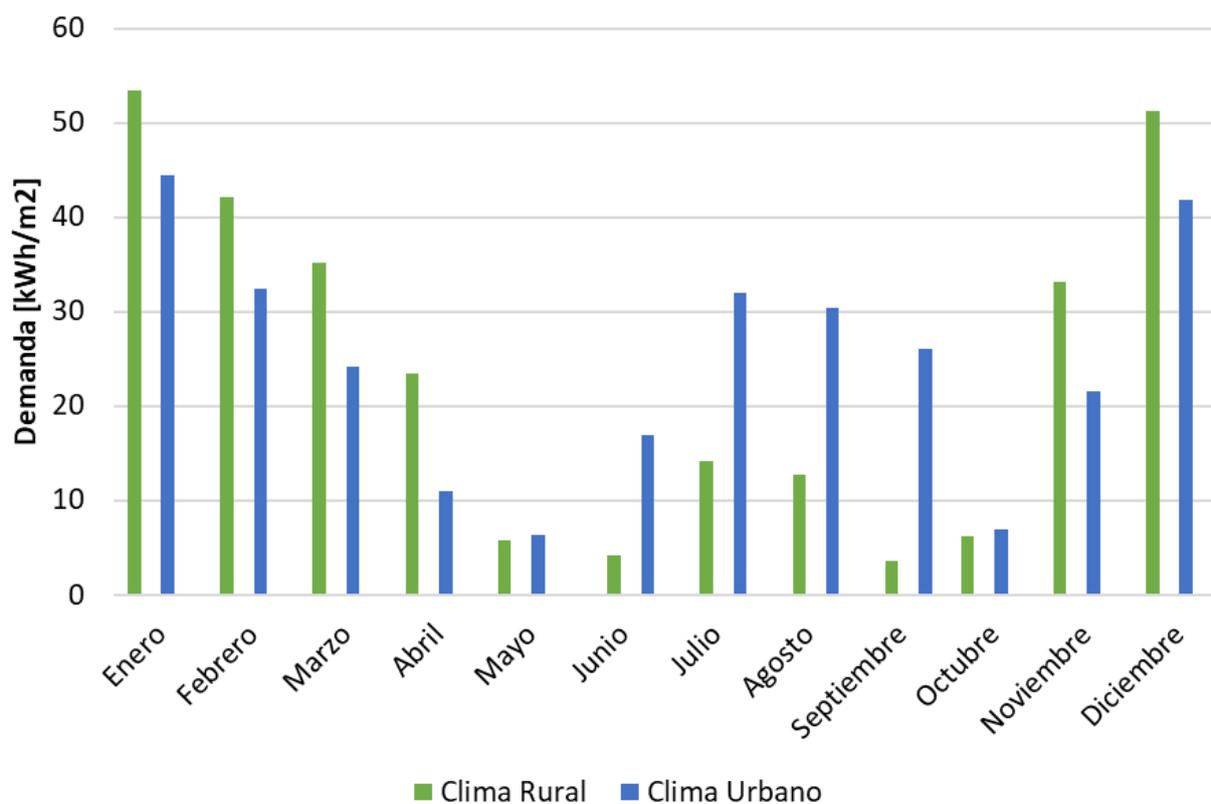


Figura 9: Resultados de Demanda Energética – Clúster 3



4. Conclusiones

Las temperaturas en el interior de las viviendas y en el entorno urbano aumentan cada año, alejándose cada vez más de las condiciones de confort deseadas. Ante la falta de estudios que analicen el impacto de la readaptación urbana en los edificios, este trabajo evalúa el efecto de la transformación urbana en la demanda de los edificios y en el confort térmico. Se enclava en la Avenida de la Cruz Roja de Sevilla, donde se realiza una intervención real de diseño urbano bioclimático. Para ello, se han analizado los edificios involucrados organizándolos en distintos clústeres, evaluado el impacto en la demanda y en las condiciones de confort interiores de las distintas medidas de mitigación. Se ha observado una reducción de alrededor del 65% de la demanda de refrigeración tras la inclusión de las medidas de mitigación, mientras que la calefacción se ha visto aumentada en torno al 20%. En cuanto al confort térmico, el número de horas fuera de confort se reduce en un 60% durante los meses de refrigeración, mientras que se ven aumentadas en un 24% en los meses de calefacción. Esto demuestra la necesidad de actuación en las ciudades con objetivo de reducir no solo la demanda de los edificios, sino el consumo energético que este conlleva y la mejora de la habitabilidad de las ciudades, mejorando las condiciones de los ciudadanos.

5. Referencias

- Comisión Europea. «In focus: Energy efficiency in buildings.» Bruselas, 2020.
- Huadun, Chen, Cao Ruijiao , Yuan Ting, Huo Tengfei, y Cai Weiguang. «Are the later-urbanized regions more energy-efficient in the building sector? Evidence from the difference-in-differences model.» *Journal of Cleaner Production* 384 (2023).
- Intergovernmental Panel on Climate Change. «SYNTHESIS REPORT OF THE IPCC SIXTH ASSESSMENT REPORT.» 2023.
- Meng, Fanchao, Lei Zhang, Guoyu Ren, y Ruixue Zhang. «Impacts of UHI on variations in cooling loads in buildings during heatwaves: A case study of Beijing and Tianjin, China.» *Energy* 273 (2023).
- Mirabi, Elahe, y Peter Davies. «A systematic review investigating linear infrastructure effects on Urban Heat Island (UHI) and its interaction with UHI typologies.» *Urban Climate* (Elsevier) 45 (2022).
- Romero, Laura, José Sánchez, y Servando Álvarez. «Simplifying the process to perform air temperature and UHI measurements at large scales: Design of a new APP and low-cost Arduino device.» *Sustainable Cities and Society* 95 (2023).

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

