



**Universidad
Zaragoza**

TRABAJO FIN DE GRADO

Consumo y Gasto Eléctrico en los Edificios Universitarios de Zaragoza

Autor

Juan Caudevilla Sancho

Director/es

Rosa Aísa Rived

Josefina Cabeza Laguna

Facultad de Economía y Empresa

Año 2023-2024

Resumen

Este Trabajo Fin de Grado (TFG), titulado " **Consumo y Gasto Eléctrico en los Edificios Universitarios de Zaragoza**", se centra en examinar y evaluar el uso de datos para mejorar la eficiencia y el impacto de las entidades sociales. Utilizando herramientas de análisis y visualización de datos, el estudio recopila, limpia y analiza datos de diversas fuentes para identificar patrones, mejorar la planificación de programas y optimizar el uso de recursos. Los resultados destacan la importancia del análisis de datos en la toma de decisiones informadas, revelando patrones significativos y desarrollando modelos predictivos que ayudan a anticipar la demanda y asignar recursos de manera efectiva. El TFG concluye con recomendaciones prácticas para la adopción de estrategias basadas en datos y sugiere futuras líneas de investigación para ampliar los hallazgos del estudio.

Abstract

This Final Degree Project (TFG), entitled "Electric Consumption and Expenditure in the University Buildings of Zaragoza", focuses on examining and evaluating the use of data to improve the efficiency and impact of social entities. Using analysis tools and data visualization, the study collects, cleans and analyzes data from various sources to identify patterns, improve program planning and optimize resource use. The results highlight the importance of data analysis in making informed decisions, revealing patterns. significant and developing predictive models that help anticipate demand and allocate resources effectively. The TFG concludes with practical recommendations for the adoption of data-driven strategies and suggests future lines of research to expand the study's findings.

Índice

1.Introducción.....	4
2.Contexto.....	6
3.Consumo en electricidad en los campus universitarios de Zaragoza ciudad.....	9
3.1. Relación entre consumo, superficie y usos por edificios.....	10
3.2. Relación entre consumo y personal por centros	18
4. Consumo en electricidad versus gasto en electricidad.....	21
5. Conclusiones	26
Referencias bibliográficas	
Anexo 1: Listado Edificios	
Anexo 2: Listado Centros	

1. Introducción

La sostenibilidad medioambiental de las Universidades está cobrando cada día más importancia en el entorno de la educación superior. A nivel internacional han surgido varias iniciativas, entre las cuales destacan *Sustainable Development Solutions Network*¹, *International Sustainable Campus Network*² y *Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education*³. A nivel nacional, la comisión Crue-Sostenibilidad⁴ se ocupa y preocupa de la sostenibilidad ambiental de las universidades españolas. En concreto, este grupo de trabajo persigue:

“A: evaluar el nivel actual de contribución a la sostenibilidad ambiental de las universidades españolas a un número significativo y representativo de éstas; B: Conocer los puntos débiles y fuertes en materia de sostenibilidad ambiental de las universidades españolas; C: Fomentar la participación de las universidades para realizar un informe que represente el estado global de su contribución a la sostenibilidad ambiental” (página 8, Diagnóstico de la sostenibilidad ambiental en las universidades españolas, 2021).

Este trabajo fin de grado (TFG) contribuye a los objetivos A y B marcados por la comisión Crue-Sostenibilidad en relación con la Universidad de Zaragoza (UZ). En concreto, el objetivo de este trabajo es estudiar el consumo y gasto en electricidad de los edificios universitarios ubicados en la ciudad de Zaragoza, a fin de elaborar recomendaciones útiles que contribuyan a la sostenibilidad ambiental.

Se usan los datos proporcionados por la Oficina Verde de la Universidad de Zaragoza (UZ), sobre la cual recae la responsabilidad social de la UZ de conseguir un modelo universitario plenamente sostenible. La Oficina Verde inicia su actividad en septiembre de 2007 “como respuesta a las inquietudes surgidas dentro de la Comunidad Universitaria, sobre el Cambio Climático, el agua, la protección de los recursos y el desarrollo sostenible, con la intención de estimular entre la comunidad universitaria la adquisición de unos buenos hábitos y prácticas sostenibles”⁵. Forma parte de la Unidad Técnica de Construcciones y Energía de UZ. Sus ámbitos de actuación son la gestión ambiental y la sensibilización ambiental. En su página web⁶, se puede comprobar que esta

¹ <https://www.unsdsn.org/>

² <https://international-sustainable-campus-network.org/>

³ <https://www.aashe.org/>

⁴ <https://www.crue.org/comision-sectorial/sostenibilidad/>

⁵ <https://oficinaverde.unizar.es/conocenos>

⁶ <https://oficinaverde.unizar.es/>

unidad se caracteriza por una gran actividad y dinamismo: gestión de residuos, movilidad sostenible, PMUZ, Comprometidos Unisur, alquiler de espacios, climatización, el sello cáculo-reduzco-compenso del registro de huella de carbono, ... etc.

Fruto de la iniciativa que muestra el equipo que integra la Oficina Verde, se produjo un contacto entre la misma y un grupo de profesores de la Facultad de Economía y Empresa, agrupados bajo el paraguas de SocialFECM⁷, quienes pretenden “potenciar la formación integral de los estudiantes, la mejora de su aprendizaje y sus competencias profesionales y, al mismo tiempo, contribuir como institución al bienestar social..... a través de iniciativas solidarias que ponen en valor los conocimientos de los estudiantes, para atender las necesidades de una comunidad o una entidad sin ánimo de lucro”. Existe un problema real y difícil en UZ, y en cualquier universidad, que es identificar qué medidas, además de las ya adoptadas, pueden contribuir a *La sensibilidad y el compromiso con el medio ambiente, abogando por un desarrollo sostenible*, valores expresados por UZ en su web institucional⁸. Este TFG contribuye a formular algunas medidas fundamentadas sobre sostenibilidad en energía eléctrica a partir del estudio de los datos proporcionados por la Oficina Verde.

Los datos revelan “luces y sombras” respecto a la situación actual sobre el consumo y gasto en electricidad en los edificios universitarios ubicados en Zaragoza ciudad. Las luces son que las medidas implementadas por la Oficina Verde han conseguido que la tendencia del consumo en electricidad de los edificios analizados sea descendiente. Las sombras son que el consumo en electricidad, y lo que es más importante, su coste unitario⁹ es muy heterogéneo. La tipología de uso de cada edificio y el número de usuarios incrementa o disminuye la factura. En cualquier caso, comunicar de una forma original cuánto cuesta la luz en UZ por cada persona perteneciente a la comunidad universitaria o por cada centro puede ayudar a concienciar a la comunidad universitaria que todos somos partícipes de la sostenibilidad energética.

La estructura del trabajo es la siguiente. En el apartado 2 se presenta de forma sucinta el contexto en el que se ubica este trabajo. En el apartado 3 se muestra el consumo en electricidad en los edificios y centros ubicados en la ciudad de Zaragoza. Se tiene en cuenta la superficie, la tipología y el número de usuarios. En el apartado 4, se ahonda en

⁷ <https://fecem.unizar.es/index.php/socialfecem>

⁸ <https://www.unizar.es/institucion/conoce-la-universidad/cultura-y-valores>.

⁹ Precio de cada kWh, teniendo en cuenta tanto la parte fija como la parte variable de la “factura de la luz”.

las diferencias entre consumo en electricidad y gasto en electricidad. El apartado 5 presenta las conclusiones del trabajo y da unas recomendaciones.

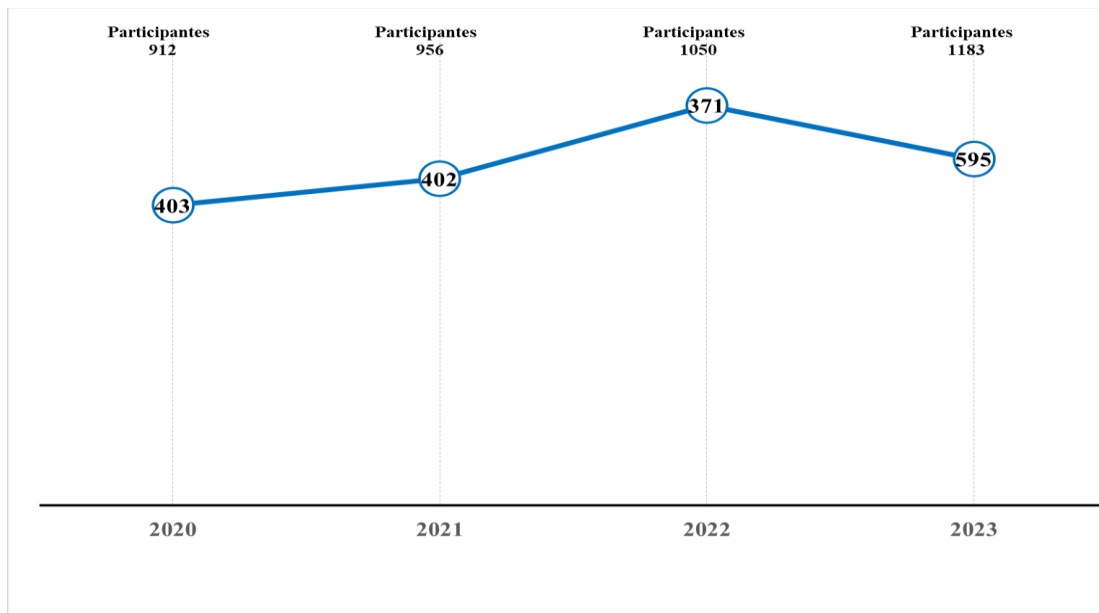
2. Contexto

Existen dos fuentes, Crue-Sostenibilidad, ya mencionada, y UI GreenMetric World University Ranking, que permiten situar a UZ en relación a su sostenibilidad energética. El último informe publicado por Crue-Sostenibilidad, informe 2021, evalúa los resultados de sostenibilidad ambiental de 43 universidades españolas, siendo UZ una de las valoradas. Este informe informa sobre el conjunto, pero no respecto a cada una de las Universidades que participan, ya que opta por el *anonimato*, lo que resulta chocante y hasta cierto punto criticable si tenemos en cuenta la corriente actual de ciencia abierta en la que discurre la mayoría de la comunidad científica. La valoración conjunta en el apartado energía del último informe disponible no es concluyente ya que se establece que, si bien algunos indicadores han mejorado, otros han empeorado. Entre los que han mejorado se señala a la implementación de planes estratégicos sobre gestión energética, firmas de convenios con instituciones o empresas del sector para la mejora energética y la instalación de energías renovables. Entre los que han empeorado se encuentra el seguimiento de consumos, análisis y revisión de las potencias contratadas de los diferentes suministros, análisis de los hábitos de consumo de los usuarios y propuestas de actuaciones. A pesar de no ser concluyente este informe, sí se advierte del elevado grado de heterogeneidad entre las universidades españolas valoradas y la existencia de un amplio margen de mejora en la gestión energética para la mayoría de universidades. Precisamente, estas evidencias también emergen en los siguientes apartados del TFG: concurren muchas diferencias en cuanto a consumo y gasto en electricidad entre los edificios o centros de UZ ubicados en la ciudad de Zaragoza y se observa margen de mejora en la gestión energética.

Con una repercusión internacional, UI GreenMetric World University Ranking proporciona varios indicadores que valoran la sostenibilidad ambiental de las Universidades a nivel mundial. En 2023, último informe disponible, fueron valoradas 1185 universidades. Las figuras 2.1 y 2.2 presentan los puestos y posiciones relativas alcanzadas por la UZ en los últimos 4 años en cuanto al índice general y al índice correspondiente a la categoría Energía y Cambio Climático. Esta categoría tiene un peso del 21% en el cálculo del índice general y es la categoría con mayor ponderación

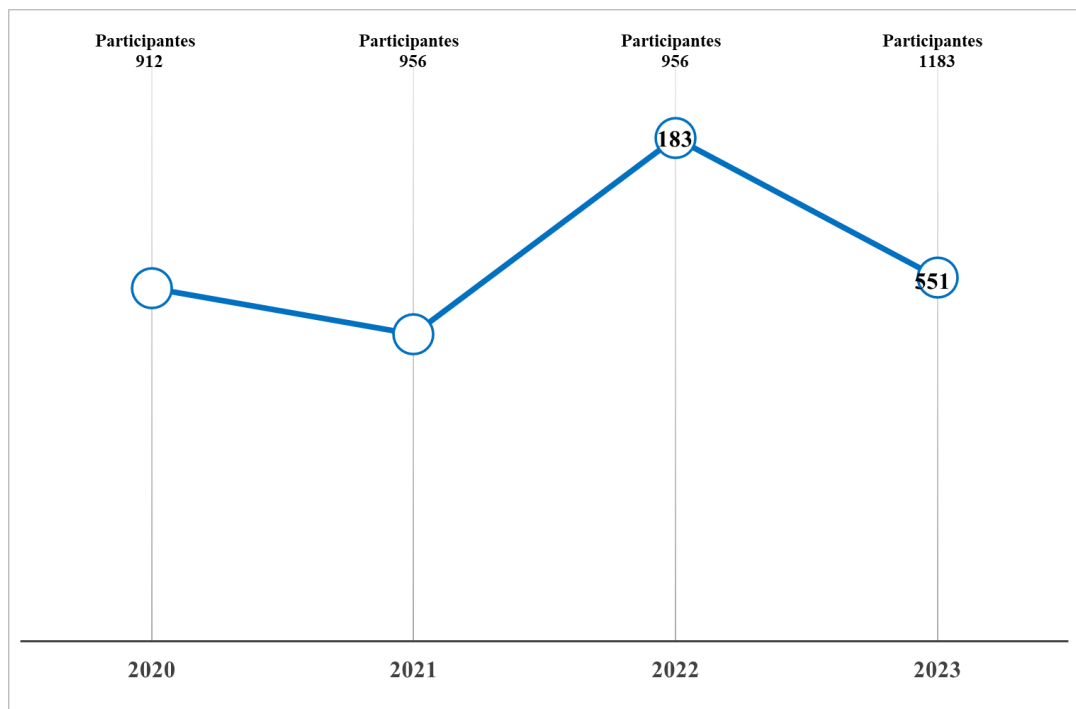
asignada. Hay que tener cuidado con la lectura de este ranking, puesto que el puesto que ocupa una universidad no hay que leerlo en términos absolutos, sino que lo importante es la posición relativa. El motivo es que el número de universidades evaluadas aumenta de año en año. En concreto, 271 universidades se han incorporado a este ranking en el periodo seleccionado. El puesto relativo de una universidad se define como la diferencia entre el número total de universidades valoradas y el puesto alcanzado por esa universidad. En el año 2023, la UZ perdió 224 puestos en el índice global y 368 puestos en la categoría Energía y Cambio Climático, que se tradujo en una caída en su posición relativa tanto a nivel global como en la categoría mencionada. Esto no quiere decir que UZ esté haciendo las cosas mal. Sin embargo, sí que apunta a que las universidades que se han incorporado entre los rankings del año 2022 y 2023 lo están haciendo muy bien y UZ no puede quedarse rezagada.

Figura 2.1 Puesto y posición relativa. UI GreenMetric World University Ranking. Índice general. Periodo 2020-2023.



Fuente: elaboración propia a partir de la información proporcionada por UI GreenMetric (<https://GreenMetric.ui.ac.id/>).

Figura 2.2. Puesto y posición relativa. UI GreenMetric World University Ranking. Índice Energía y Cambio Climático*. Periodo 2020-2023.



* El puesto según categorías no está disponible para los años 2021 y 2020 en la página web, si bien se ha llevado a cabo su cálculo para elaborar el gráfico.

Fuente: elaboración propia a partir de la información proporcionada por UI GreenMetric (<https://GreenMetric.ui.ac.id/>).

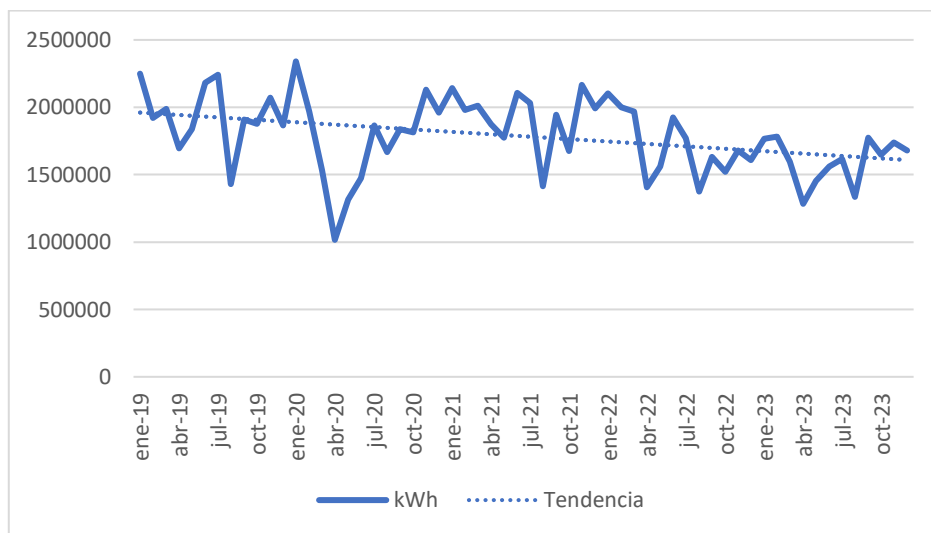
Las publicaciones académicas que tratan sobre consumo de electricidad en los campus universitarios son escasas. Cabe citar a Kemp-Hesterman et al. (2014), quienes estudian la influencia del comportamiento humano en el consumo energético en entornos de educación y Anwar et al. (2020), que analizan las prácticas de recursos humanos medioambientales en una universidad pública de Malasia.

3.- Consumo en electricidad en los campus universitarios de Zaragoza ciudad

La figura 3.1 muestra que, durante el periodo 2019-2023, ha habido una reducción del consumo en electricidad en los campus universitarios situados en la ciudad de Zaragoza. La gráfica revela una caída en el periodo entre abril y junio del año 2020, periodo en que la UZ cerró como consecuencia de la pandemia COVID.

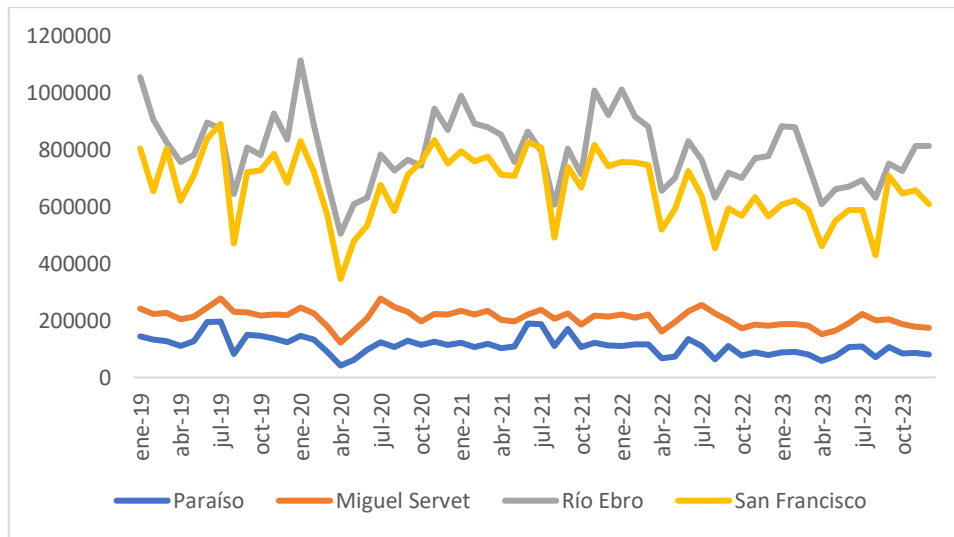
La figura 3.2 distingue por campus y, como era de esperar, se observa un consumo heterogéneo, atribuible a que la superficie edificada, el personal y el tipo de uso (docente, investigador y servicios) es diferente en cada uno de los campus ubicados en la ciudad de Zaragoza. Es lógico pensar que el tamaño de los edificios, el número de usuarios y el tipo de uso que se le da a cada edificio son factores determinantes de un mayor o menor consumo. La pregunta es qué factor es el más determinante de los tres citados. En los

Figura 3.1. Evolución del consumo mensual en electricidad. Total campus ubicados en Zaragoza ciudad (kWh)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Figura 3.2 Evolución del consumo en electricidad por campus (kWh). Zaragoza ciudad



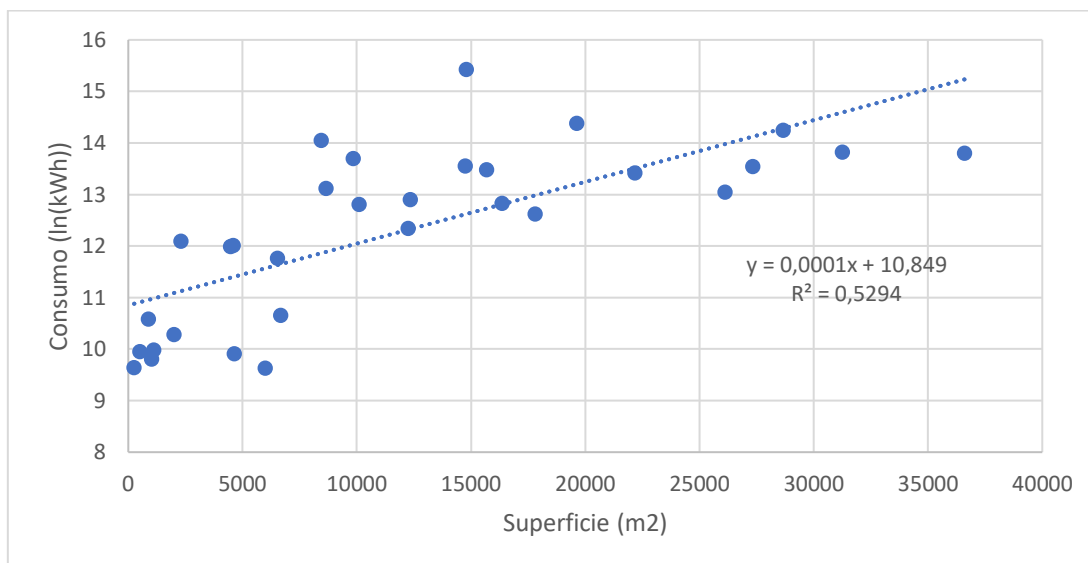
Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

subapartados siguientes vamos a averiguarlo. Lo idóneo sería investigar las relaciones entre consumo en electricidad y los factores mencionados utilizando el mayor nivel de desagregación posible, es decir, por edificios. Sin embargo, dicho análisis sólo es posible en el caso de superficie y tipo de uso debido a que la información sobre personal no está disponible por edificios, sino por centros. Por tanto, a continuación, se desagrega, por un lado, la relación entre consumo de electricidad, superficie y tipo de uso por edificios, mientras se desagrega por otro lado, la relación entre consumo de electricidad y personal por centros.

3.1. Relación entre consumo, superficie y usosA por edificios

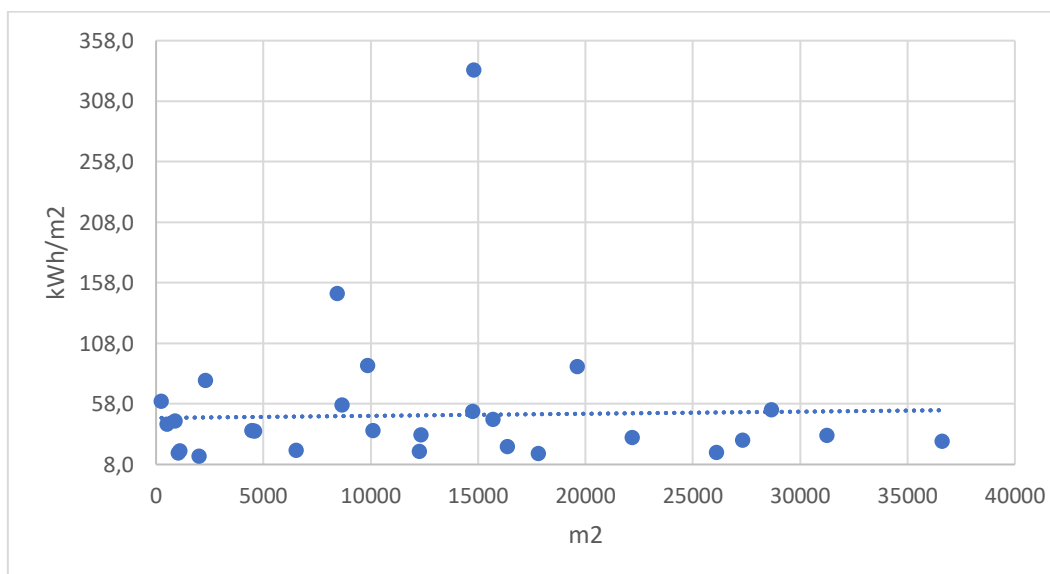
La figura 3.3 muestra la relación entre consumo en electricidad y superficie para cada uno de los 32 edificios universitarios sitios en Zaragoza ciudad de los que se dispone de información (el listado aparece en el Anexo 1). La figura 3.3 señala que, a mayor superficie, mayor consumo en electricidad, lo cual es previsible. En realidad, la pregunta relevante es conocer si existe un patrón de la ratio consumo en electricidad por superficie. Si los valores de esta ratio son mayores para edificios de mayor superficie, convendrían edificios pequeños. En cambio, si los valores de esta ratio son mayores para edificios con menor superficie, lo adecuado sería tener edificios grandes. La figura 3.4 no muestra ningún patrón.

Figura 3.3. Consumo en electricidad por edificios versus superficie. Zaragoza ciudad.
Año 2023.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Figura 3.4. Ratio kWh/m2 versus superficie, por edificios. Zaragoza ciudad. Año 2023.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Más pistas dan las figuras 3.5 y 3.6, en las que se presenta el ranking de los edificios con una mayor y menor ratio kWh/m², respectivamente. Entre los edificios con mayor consumo kWh/m² aparecen dos edificios dedicados a investigación como el edificio CIRCE, donde se aloja el Instituto Universitario de Investigación Mixto de la Energía y Eficiencia de los Recursos de Aragón y el Edificio de Institutos I+D Campus Río Ebro-Naves 1, 2 y 3. Hay que advertir que dentro del top 5 de los edificios con mayor ratio kWh/m² aparece el edificio CIFICE (antiguo ICE). La razón es que el consumo del edificio de Filosofía y Letras, recientemente inaugurado, compartía el mismo código unificado del punto de suministro (CUPS)¹⁰ con los edificios de la Facultad de Derecho, Facultad de Educación, CIFICE y la residencia de profesores. El consumo de los cinco edificios está ligado a un único CUPS en el periodo analizado y, por tanto, no se puede averiguar con certeza el consumo individual de cada edificio. La Oficina Verde ha proporcionado las imputaciones a cada edificio, con una imputación nula a la Facultad de Filosofía y Letras (hasta julio del 2023) y una imputación del 22% del totalizador o cups al CIFICE. Resulta factible pensar que esta ponderación podría introducir distorsiones y se ha optado por eliminar el edificio CIFICE de la figura 3.5, a fin de no desfigurar la información. Lógicamente la Facultad de Filosofía y Letras tampoco figura en esta ordenación. Similares precauciones han de tenerse con la figura 3.6. En cualquier caso, ambas figuras revelan que el uso que se le hace a los edificios juega un papel clave en el consumo en electricidad.

La figura 3.7 muestra el consumo de los edificios en función de su uso mayoritario¹¹. Se distingue entre uso docente, investigador y de servicios. La figura 3.8 expone la ratio kWh/m² siguiendo la misma clasificación. La figura 3.8 es mucho más informativa que la figura 3.7. Se advierte que el uso investigador es muy intensivo en el consumo de energía eléctrica, mientras que los usos docente y servicios son menos intensivos y presentan unas ratios similares.

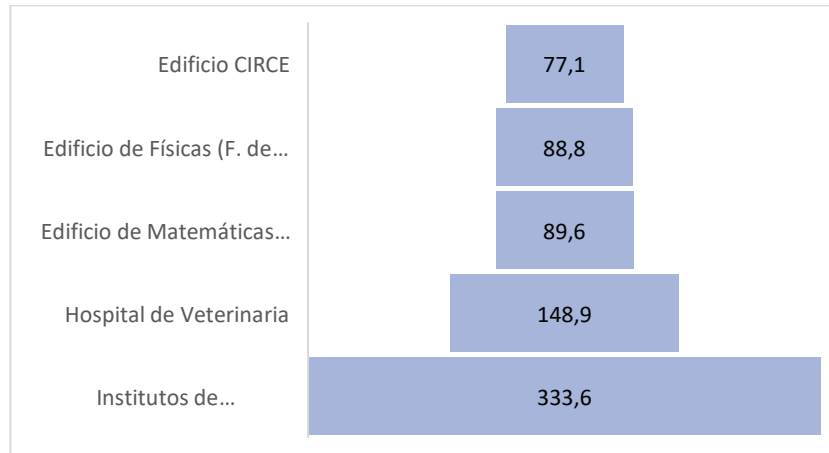
No obstante, dichas ratios esconden un elevado grado de heterogeneidad (ver figuras 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12). En cuanto a los edificios cuyo uso es mayoritariamente docente, son los dedicados a Grados encuadrados en Ciencias e Ingeniería los que muestran las ratios

¹⁰ El Código Unificado del Punto de Suministro (CUPS) identifica un punto de suministro de luz. En lenguaje coloquial es el DNI de las instalaciones energéticas.

¹¹ Hay edificios que tienen un uso mixto. Por ejemplo, la sede del Instituto Universitario de Matemática Aplicada (IUMA), de carácter investigador, se encuentra en el Edificio de Matemáticas, primera planta, de la Facultad de Ciencias, donde se imparte el Grado en Matemáticas.

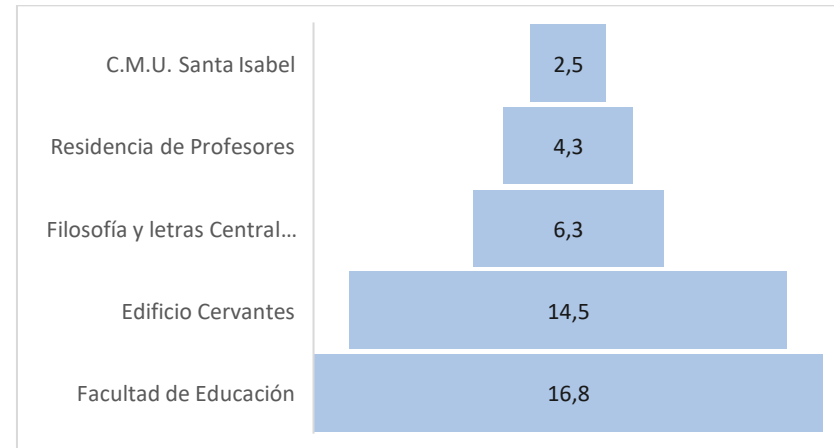
kWh/m² más elevadas. En el otro extremo se encuentran los Grados pertenecientes a la rama de conocimiento Artes y Humanísticas los menos intensivos en el consumo de energía, tanto en términos absolutos como por metro cuadrado. Respecto a los edificios cuyo uso es mayoritariamente servicios universitarios, es el Hospital de Veterinaria el más intensivo en consumo en electricidad. Servicios administrativos es el tercero con mayor ratio de consumo kWh/m², por delante de la Biblioteca CAI y edificios destinados a uso residencial como los colegios mayores y la residencia de profesores.

Figura 3.5. Edificios con mayor ratio kWh/m2. Año 2023. Top 5 edificios sitios en Zaragoza ciudad.



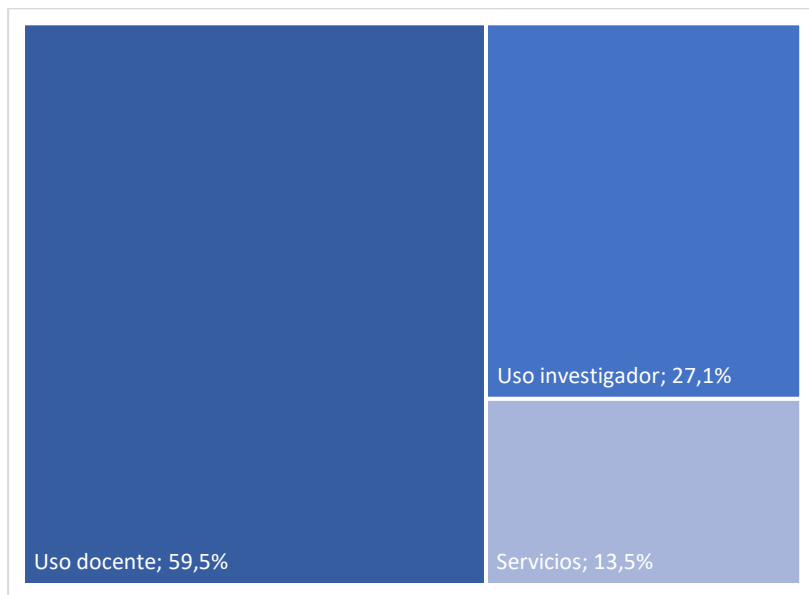
Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Figura 3.6. Edificios con menor ratio kWh/m2. Año 2023. Top 5 edificios sitios en Zaragoza ciudad.



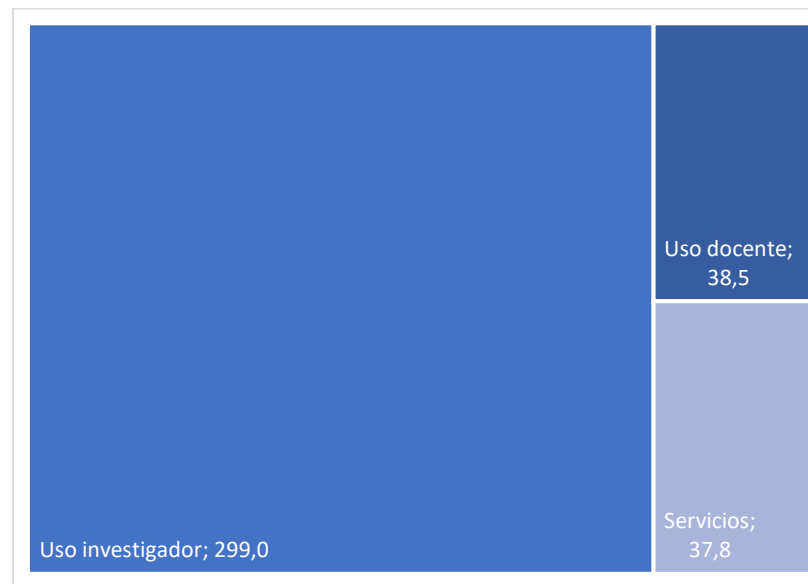
Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Figura 3.7. Consumo en electricidad (kWh) según uso. Año 2023. Edificios sitios en Zaragoza ciudad.



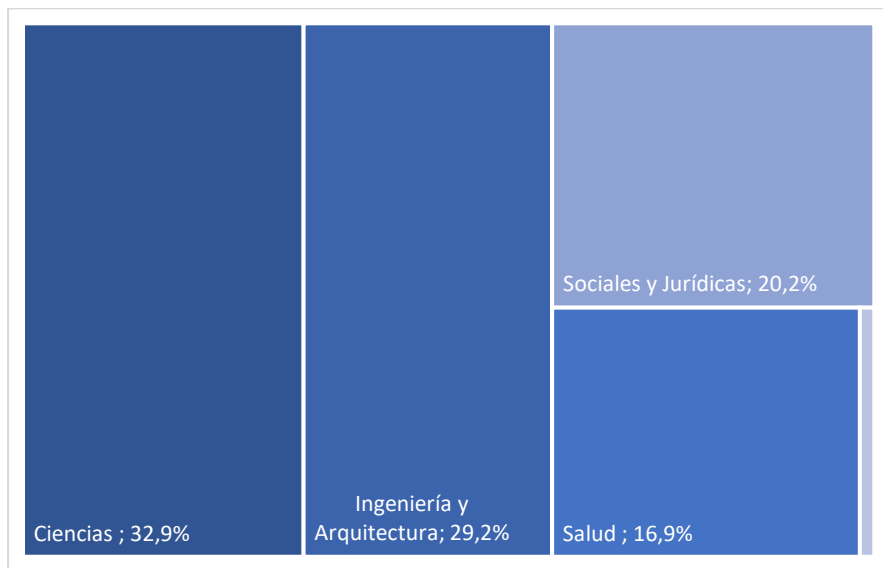
Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Figura 3.8. Ratio kWh/m2 según su uso. Año 2023. Edificios sitios en Zaragoza ciudad.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

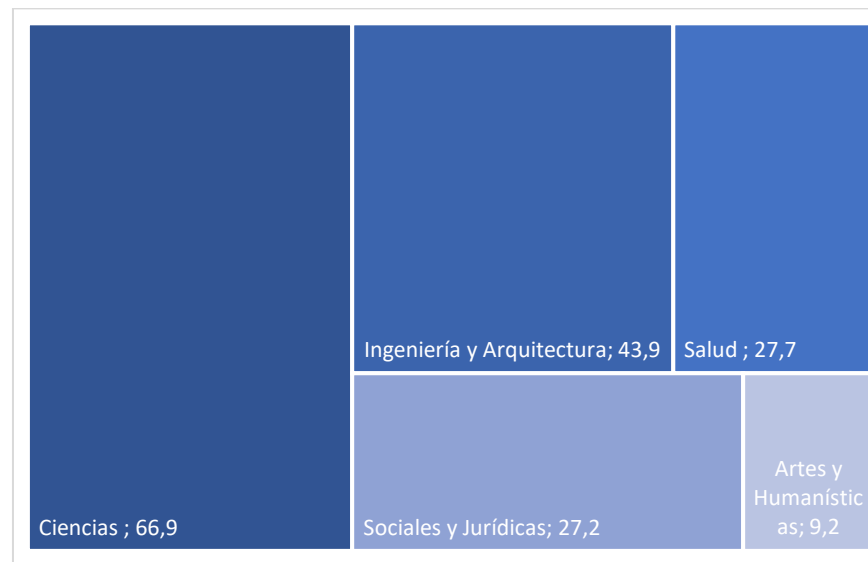
Figura 3.9. Consumo en electricidad (kWh), uso docente, por ramas de conocimiento*. Año 2023. Edificios sitos en Zaragoza ciudad.



* Artes y humanísticas supone el 0.79% del total de consumo anual en electricidad atribuible a edificios cuyo uso mayoritariamente es docente. La rama de Ingeniería y Arquitectura sólo recoge estudios de Ingeniería ya que agrupa edificios sitos en Zaragoza ciudad.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

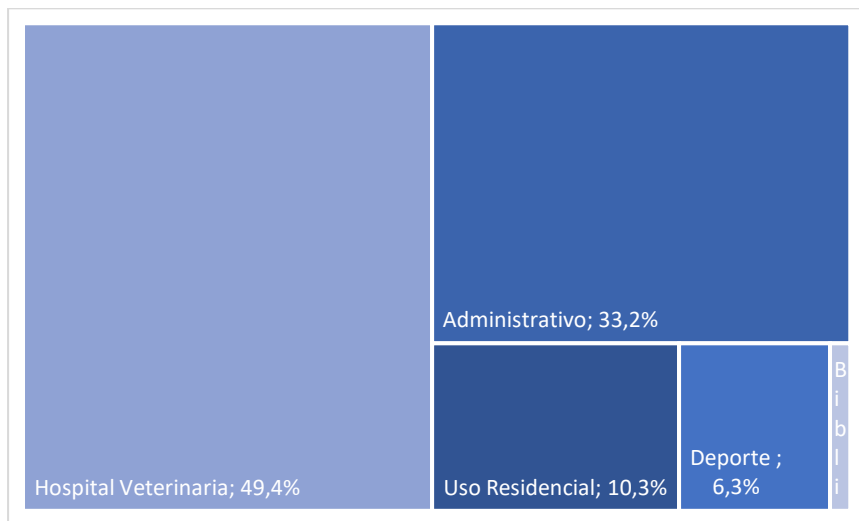
Figura 3.10. Ratio kWh/m2, uso docente, por ramas de conocimiento*. Año 2023. Edificios sitos en Zaragoza ciudad.



* La rama de Ingeniería y Arquitectura sólo recoge estudios de Ingeniería ya que agrupa edificios sitos en Zaragoza ciudad.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

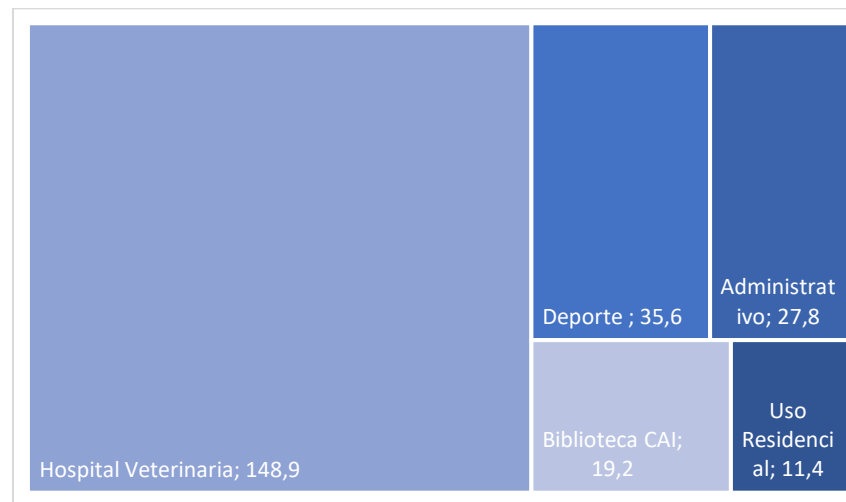
Figura 3.11. Consumo en electricidad (kWh), uso servicios universitarios desagregado*. Año 2023. Edificios ubicados en Zaragoza ciudad.



*El consumo en electricidad de la Biblioteca CAI asciende al 0.84% del consumo total en electricidad atribuible a edificios cuyo uso mayoritariamente es servicios

Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Figura 3.12. Ratio kWh/m2, uso servicios desagregado. Año 2023. Edificios ubicados en Zaragoza ciudad.

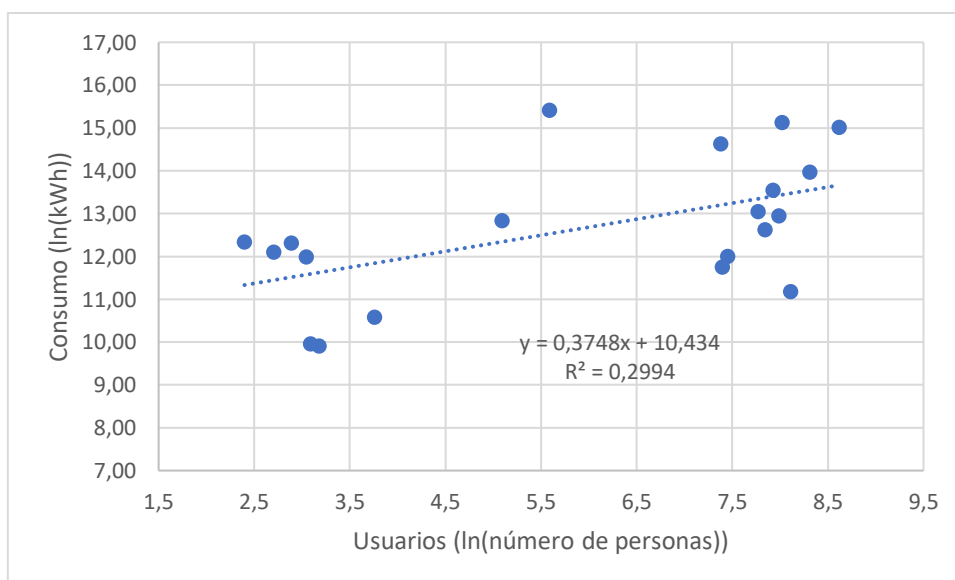


Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

3.2. Relación entre consumo y personal por centros

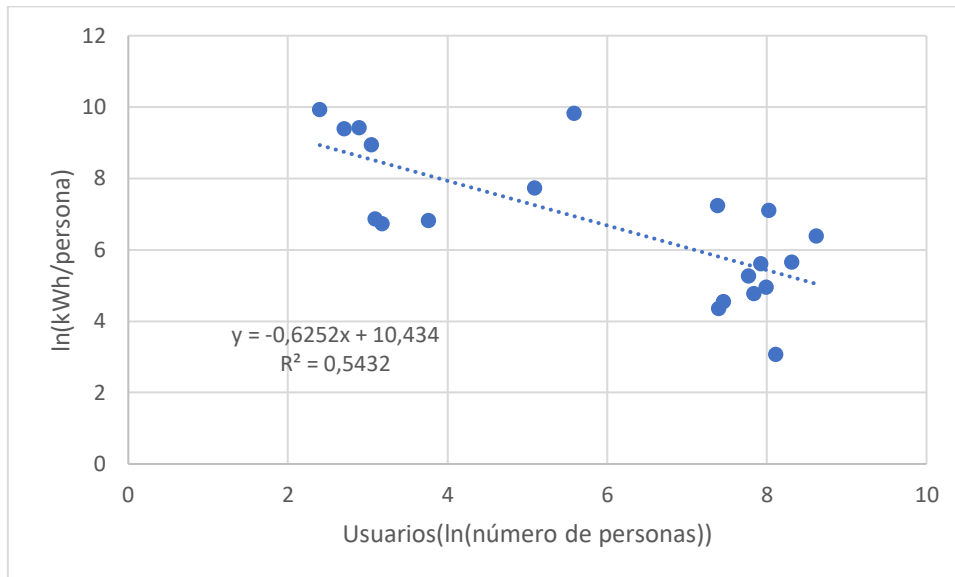
El anterior apartado ha revelado que, aunque la superficie juega cierto rol a la hora de explicar el consumo en electricidad, el mayor papel lo tiene el uso de ese edificio. La pregunta siguiente es qué sucede con las personas. La disponibilidad de información ha obligado a hacer los cálculos a nivel del centro (el Anexo 2 recoge el listado de centros). La figura 3.13 refleja un resultado esperable: a mayor número de usuarios, mayor consumo. Sin embargo, lo interesante es averiguar si la ratio consumo/número de usuarios aumenta conforme aumenta el número de usuarios o disminuye. En el primer caso, convendría que los usuarios utilizaran los espacios de forma uniforme, mientras que en el segundo caso convendría la concentración de usuarios. La figura 3.14 revela que cuanto mayor es el número de usuarios, menor es la ratio consumo/número de usuarios, es decir, hay lo que se conoce popularmente como economías de escala y que en microeconomía se prefiere denominar rendimientos crecientes a escala. Una empresa presenta rendimientos crecientes a escala cuando al aumentar el uso de todos los inputs en la misma proporción, el output aumenta en mayor proporción. Si el precio de los inputs no depende del volumen de producción, entonces a mayor producción, menores costes unitarios.

Figura 3.13. Consumo en electricidad por centros versus usuarios. Zaragoza ciudad.
Año 2023.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Figura 3.14. Ratio kWh/persona versus número de usuarios por centros sitos en Zaragoza ciudad. Año 2023.

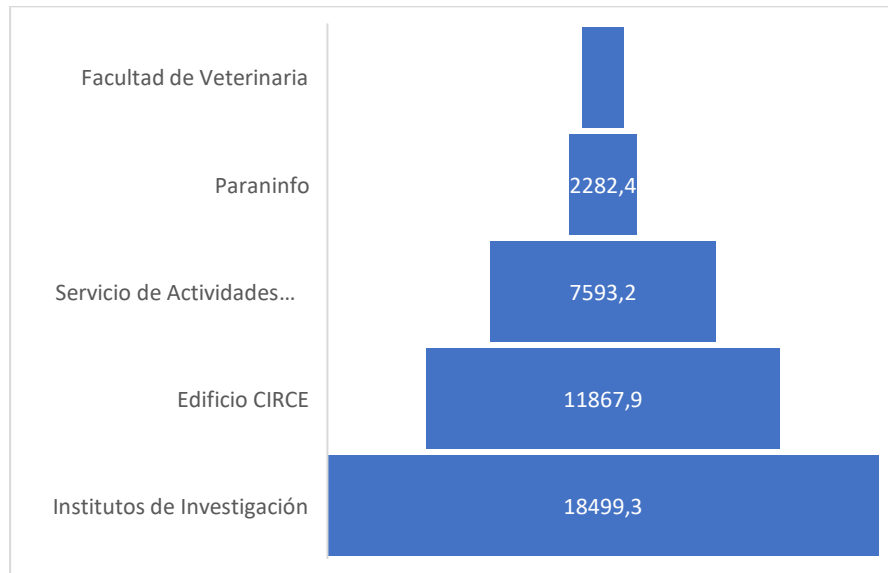


Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

¿Qué centros tienen una mayor ratio kWh por usuario y qué centros tienen una menor ratio? Las figuras 3.15 y 3.16 muestran que pesa más el volumen de usuarios del centro que la tipología de uso del centro. Advertir que entre los centros con mayor ratio consumo por usuario aparecía Pedro Cerbuna. La razón es que, si bien se ha accedido a datos relativos al personal ligado al mismo, no así a los datos relativos a los estudiantes que lo utilizan y por tanto, la información está distorsionada. Se ha optado por eliminarlo del ranking.

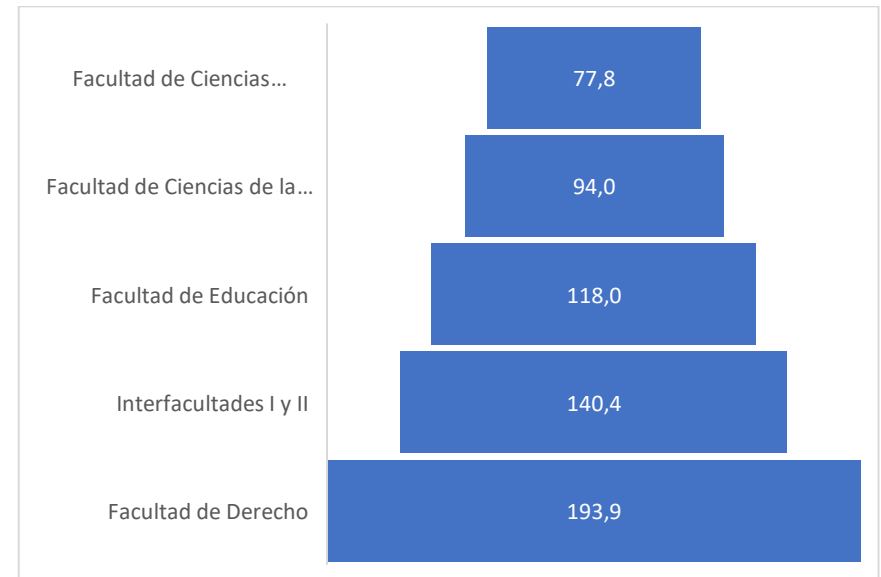
No es de extrañar que los Institutos de Investigación y el edificio CIRCE tengan las peores ratios de consumo primero por la tipología de su uso y segundo, porque el personal usuario de sus instalaciones no le permite beneficiarse de los rendimientos crecientes a escala.

Figura 3.15. Centros con mayor ratio kWh/persona. Año 2023. Top 5 centros sitios en Zaragoza ciudad*.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ).
La ratio kWh/persona de la Facultad de Veterinaria es 1389,9.

Figura 3.16. Edificios con menor ratio kWh/persona. Año 2023. Top 5 centros sitios en Zaragoza ciudad.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

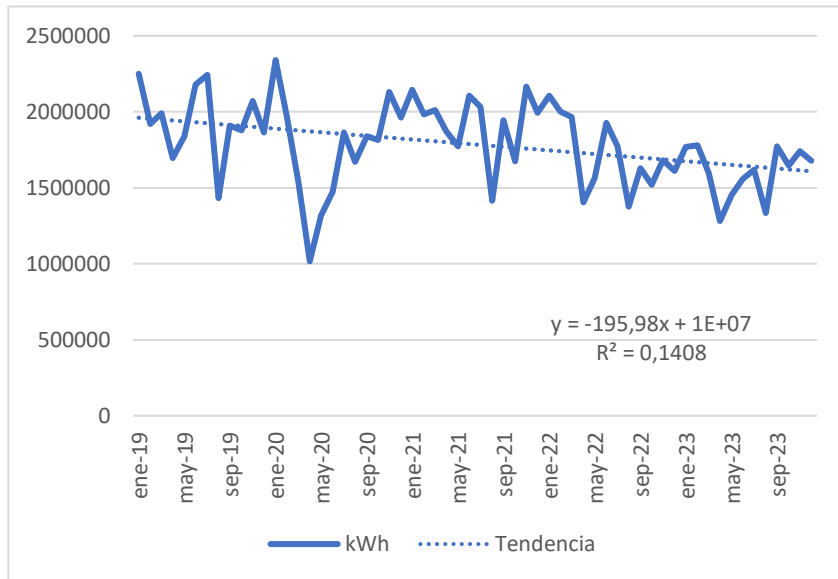
4.- Consumo en electricidad versus gasto en electricidad.

Hasta ahora hemos llevado a cabo un análisis en términos de consumo en kWh. Sin embargo, durante el periodo considerado se produjeron fuertes subidas del precio de la electricidad. Las figuras 4.1 y 4.2 recogen la evolución del consumo en electricidad mensual en el conjunto de edificios de UZ ubicados en la ciudad de Zaragoza y la evolución del gasto en electricidad mensual en éstos en el periodo 2019-2023. A fin de garantizar la comparabilidad de una variable medida en unidades monetarias (euros) se procede a expresar este gasto en términos reales, tomando como base el mes de diciembre de 2023. Se constata una tendencia descendente en el consumo en electricidad, como ya se menciona en el apartado 3 del trabajo y, por el contrario, se observa que el gasto en términos reales aumentó a lo largo del periodo considerado. Es interesante que el aumento del gasto en electricidad no fue uniforme, sino que se aprecia una evolución en forma de U invertida, siendo el máximo de este gasto en diciembre del año 2021.

Atendiendo exclusivamente a la tendencia descendente del consumo en electricidad en kWh y a la tendencia ascendente del gasto en electricidad en términos reales, se deduce que la demanda de consumo en electricidad por la UZ se clasifica como una demanda normal inelástica. Una demanda normal inelástica es aquella demanda que, si sube el precio del bien o servicio, se reduce el consumo del mismo, y viceversa, si bien el cambio en el consumo reacciona en menor proporción que el cambio en precios.

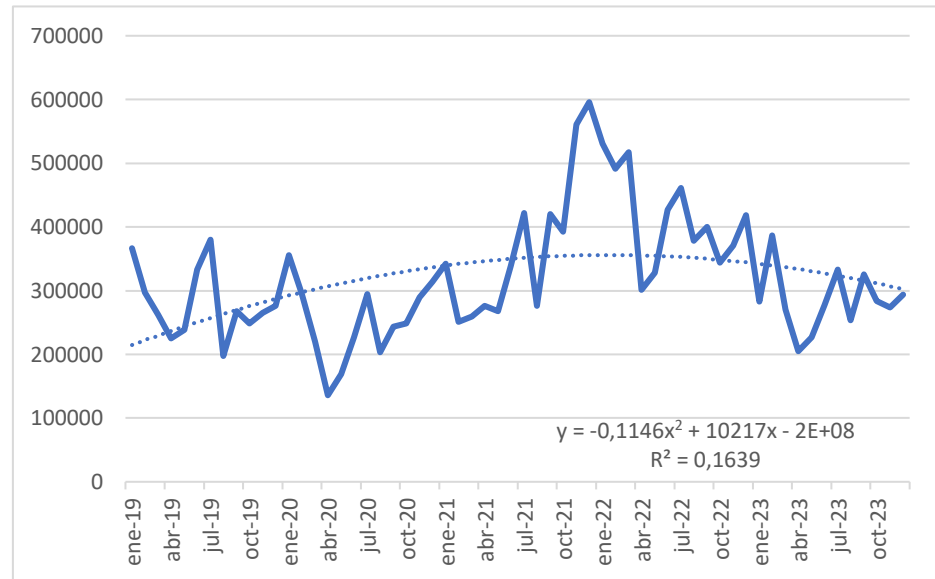
A partir de ambas gráficas, es posible calcular la evolución del precio unitario del kWh en el conjunto de edificios de UZ de la ciudad de Zaragoza (Figura 4.3). Según la memoria de consumo energético del año 2023 proporcionada por la oficina verde, el precio de la electricidad en el mercado se ha situado alrededor de los 100 euros el megavatio hora (MWh), lo que se traduce en 0,1 euros el kWh. La Figura 4.3 da unos valores más elevados que los proporcionados por la Oficina Verde, ya que el precio unitario que se muestra en este TFG, además de recoger el precio ligado a lo que se consume (parte variable de la factura de la electricidad), tiene en cuenta la potencia (parte fija de la factura de la electricidad). Obsérvese que su evolución sigue una forma de U invertida, similar a la evolución del gasto total en términos reales, con un máximo en diciembre del año 2021. Sin embargo, el tramo final de esta U invertida es mucho menos marcado en la evolución del precio unitario. En otras palabras, mientras la factura total real en electricidad disminuye en el último tramo del periodo considerado, el precio unitario del kWh, medido también en términos reales, baja, pero de una forma más pausada.

Figura 4.1. Evolución del consumo mensual en electricidad (kWh). Edificios sitos en Zaragoza ciudad.



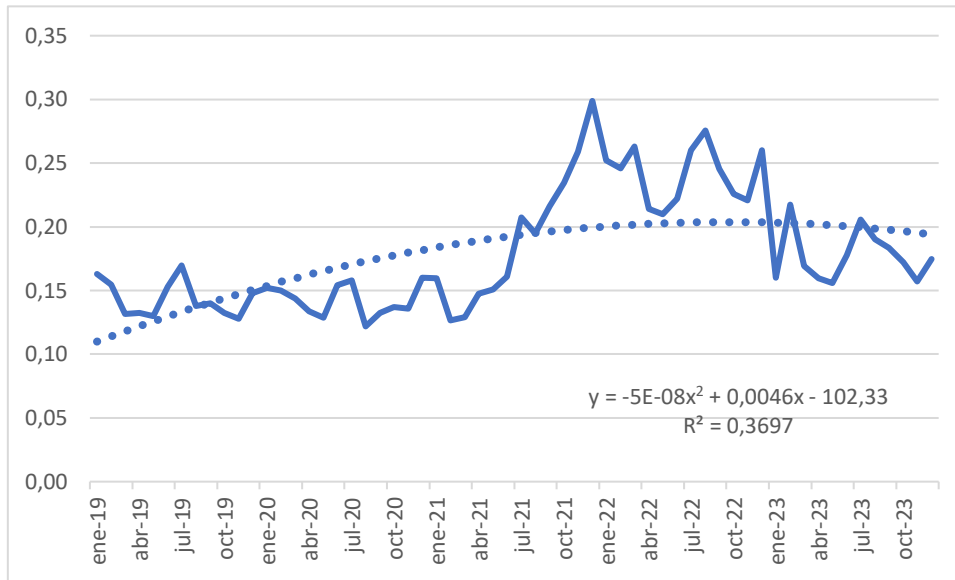
Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Figura 4.2. Evolución del gasto real mensual en electricidad (euros). Edificios sitos en Zaragoza ciudad. Base: diciembre de 2023.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

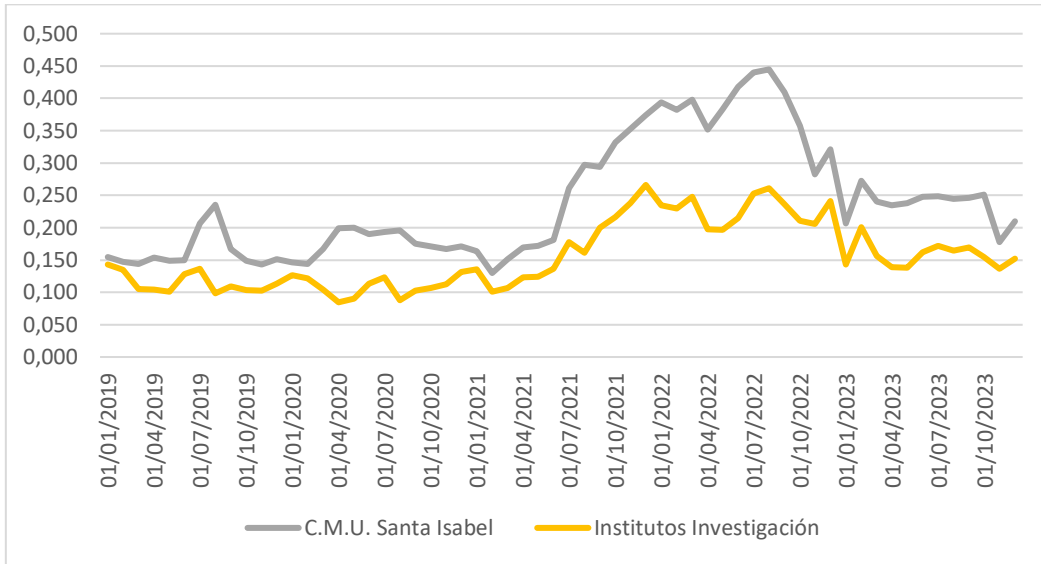
Figura 4.3. Evolución mensual del precio unitario del kWh en términos reales. Edificios sitos en Zaragoza ciudad. Base: diciembre de 2023.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

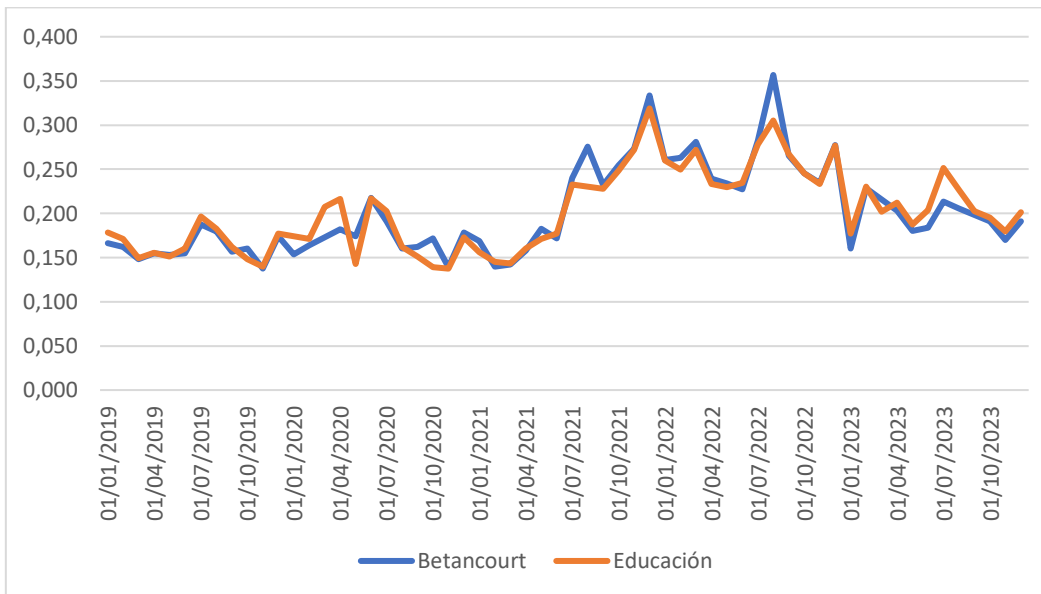
Puesto que el apartado anterior se advirtió una gran heterogeneidad en el consumo en electricidad, sobre todo explicada por la tipología de uso que cada edificio tiene, la figura 4.4 compara la evolución del precio unitario del kWh mes a mes en el edificio con mayor ratio de consumo-superficie (Institutos de Investigación) y menor ratio (C.M.U. Santa Isabel). El precio unitario del kWh es mayor en C.M.U. Santa Isabel con un ratio consumo-superficie mucho menor como consecuencia del mayor peso que la parte fija respecto a la parte variable tiene en la factura de los edificios con menor consumo variable. Al llevarse a cabo la misma comparativa entre edificios que cuentan con placas fotovoltaicas, resulta muy interesante observar que el precio unitario del kWh, incluyendo parte fija y variable de la factura, es muy similar en ambos edificios (figura 4.5). Y aún más sugestiva es la figura 4.6 que muestra que mientras el precio relativo de la electricidad de los edificios Institutos de Investigación versus C.M.U Santa Isabel ha aumentado en el periodo 2019-2023, este precio relativo comparando los edificios Facultad de Educación y Betancourt ha disminuido, convergiendo a la unidad.

Figura 4.4. Evolución mensual del precio unitario real del kWh en términos reales. Edificios Institutos de Investigación y C.M.U Santa Isabel. Base: diciembre de 2023.



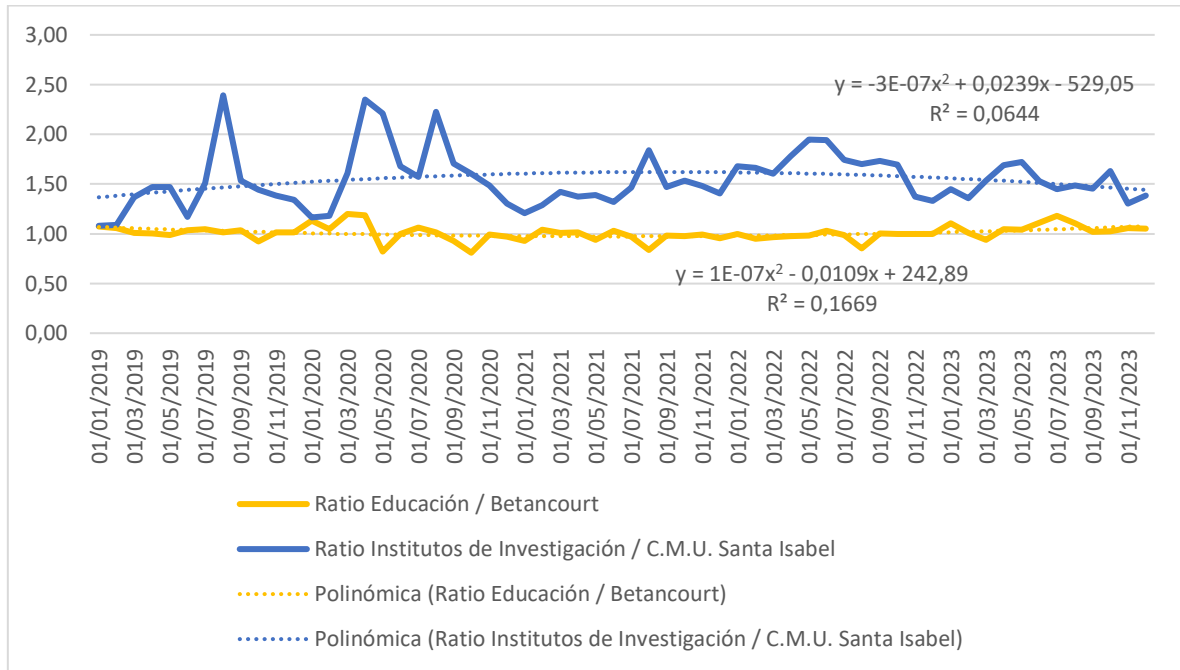
Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Figura 4.5. Evolución mensual del precio unitario real del kWh en términos reales. Edificios Betancourt y Facultad de Educación. Base: diciembre de 2023.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

Figura 4.6. Evolución mensual del precio relativo del kWh. Edificios Institutos de Investigación versus C.M.U Santa Isabel y Facultad de Educación versus Betancourt. Base: diciembre de 2023.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de la Oficina Verde (UZ)

5. Conclusiones

En este trabajo se presenta un estudio de la evolución del consumo en electricidad de los edificios de la UZ ubicados en Zaragoza Ciudad en el periodo 2019-2023, y como todo, hay elementos positivos y negativos. El elemento positivo es que los datos muestran una clara tendencia hacia la reducción del consumo energético y, por tanto, UZ se encamina hacia la sostenibilidad, uno de los valores principales de la Institución. La progresiva instalación de placas fotovoltaicas, los sistemas de compra de energía eléctrica conjunta con otras Universidades, la campaña *Apagado de luces*, el ajuste de horarios de apertura y cierre de los centros, encendido y apagado automático de los sistemas de aire acondicionado y otras medidas puntuales, por ejemplo, la sustitución de ventanas en la Facultad de Economía campus Paraíso, todas estas acciones están teniendo sus frutos.

Entre los elementos negativos, se advierte que la reducción de consumo no es uniforme en todos los edificios y centros. Se constata una gran heterogeneidad en función de la tipología del uso que se da a los edificios, de su superficie y de los usuarios del centro. El uso investigador y el uso docente ligado a las ramas de conocimiento Ciencias e Ingeniería y Arquitectura están asociados a un mayor consumo. Además, cuanto mayor es la superficie del edificio o el número de usuarios del centro, mayor es el consumo. Estos resultados son previsibles. Lo que resulta más interesante es que la ratio consumo-superficie (kWh/m²) no depende de la superficie del edificio, pero sí se observa que la ratio consumo-usuario (kWh/personas) disminuye a medida que aumenta el número de usuarios del centro. Cualquier redistribución de ubicación que Rectorado se plantee de quienes integran la comunidad universitaria debería tener en cuenta esta evidencia, si se quiere conseguir no sólo eficiencia energética (mínimo consumo), sino también eficiencia económica (mínimo coste de ese mínimo consumo).

Al hilo de la diferencia entre mínimo consumo y mínimo coste, el actual modelo de informe anual divulgado por la Oficina Verde se centra en el consumo. Un menor consumo implica un menor coste, pero no significa que ese coste sea el mínimo posible (eficiencia económica). Este trabajo calcula el precio unitario mensual de cada edificio, cálculo que tiene en cuenta no sólo la parte variable de la factura de la electricidad, sino también la parte fija. Estudiantes y personal de UZ deberíamos saber lo que se gasta en nuestro centro/edificio mes a mes para tomar una mayor conciencia de nuestro consumo energético. UZ arrastra un desierto presupuestario que se agrava con la inflación energética de estos últimos años.

UZ va por el buen camino de reducción del consumo energético. Sin embargo, para conseguir la excelencia, es necesario implementar varias medidas que se señalan a continuación por orden de prioridad:

- Cada edificio debería tener un CUPS individual a fin de poder hacer un seguimiento correcto de su consumo. Por ejemplo, durante el periodo analizado la Facultad de Derecho, CIFICE, la residencia de profesores y la antigua Facultad de Filosofía han compartido el mismo CUP, siendo edificios con necesidades energéticas muy diferentes. Si se quiere mejorar la gestión, cada edificio debe disponer de un dispositivo individual que permita seguir la evolución del consumo.
- La Oficina Verde ha proporcionado datos sobre consumo y superficie de los edificios. El Servicio de Gestión de Datos de UZ (SeGeDa) posibilita conocer el número de estudiantes por centro y una aproximación al personal docente, investigador y administrativo asociado a los mismos. Sería deseable que UZ dispusiera y diera acceso a una base de datos unificada. Si se quiere mejorar la gestión, los analistas deben de disponer de “buenos datos”.
- Alguno de los datos aportados debería ser incorporado en alguno de los soportes que la Oficina Verde utiliza para comunicar información, de forma atrayente con el fin de sensibilizar a la comunidad universitaria.

Aunque este TFG contribuye a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) 4 (Calidad de la educación), 7 (Eficiencia energética), 8 (Mejora de la producción y consumo eficiente de recursos) y 12 (Consumo responsable), presenta limitaciones. La más importante es que el enfoque no es multidisciplinar. En concreto, la conjunción de los campos académicos de la ingeniería y la economía lograría afinar las acciones encaminadas a conseguir la eficiencia técnica y económica en este caso en consumo eléctrico.

Referencias:

Anwar N, Hasnaa N, Mahmood N, Yusliza MY, Ramayah T, Faezah JN, Khalid W (2020). Green Human Resource Management for organisational citizenship behaviour towards the environment and environmental performance on a university campus, Journal of Cleaner Production, Volume 256.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120401>.

Crue-Sostenibilidad (2021). Diagnóstico de la sostenibilidad ambiental en las universidades españolas. https://www.crue.org/wp-content/uploads/2023/06/20230612-InformeSostenibilidadUni2022_vf.pdf Acceso mayo 2024.

Kemp-Hesterman A, Glick S, Cross J. (2014). Reducing electrical energy consumption through behaviour changes. Journal of Facilities Management. 12. <https://doi.org/10.1108/JFM-02-2013-0006>.

UI GreenMetric World University Rankings (2023). Spanish Guideline. <https://greenmetric.ui.ac.id/> Acceso mayo 2024.

Anexo 1: Listado de Edificios

- C.M.U. Santa Isabel
- Residencia de Profesores
- Filosofía y Letras Central (Antiguo Magisterio)
- Edificio Cervantes
- Facultad de Educación
- Interfacultades II
- Facultad de Derecho
- C.M.U. Pedro Cerbuna
- Biblioteca CAI
- Facultad de Ciencias Sociales
- Edificio Paraninfo
- Facultad de Veterinaria
- Facultad de Medicina
- Facultad de Economía y Empresa
- Edificio Torres Quevedo (EINA)
- Interfacultades - Rectorado
- Facultad de Ciencias de la Salud
- Servicio de Actividades Deportivas
- Edificio de Geológicas (F. de Ciencias)
- UNIVERSA
- Unidad Técnica de Construcciones
- Edificio de Químicas (F. de Ciencias)
- Edificio Ada Byron (EINA)
- Edificio Betancourt (EINA)
- Lorenzo Normante (F. de Economía y Empresa)
- Edificio de Información
- Edificio CIRCE
- Edificio de Físicas (F. de Ciencias)
- Edificio de Matemáticas (F. de Ciencias)
- Hospital de Veterinaria
- Institutos de Investigación, I+D Naves 1 a 4
- ICE (CIFICE)

Anexo 2: Listado de Centros

- 100 - Facultad de Ciencias
- 102 - Facultad de Derecho
- 103 - Facultad de Filosofía y Letras
- 104 - Facultad de Medicina
- 105 - Facultad de Veterinaria
- 107 - Facultad de Educación
- 108 - Facultad de Ciencias Sociales y del Trabajo
- 109 - Facultad de Economía y Empresa
- 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura
- 127 - Facultad de Ciencias de la Salud
- CERBUNA
- CIFICE
- CIRCE
- Institutos
- Interfacultades I y II
- Paraninfo
- Residencia de profesores
- SAD
- UNIVERSA
- UTC