DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO

ENERGY DIAGNOSIS OF THE FACULTY OF FORESTRY SCIENCES, NATIONAL UNIVERSITY OF SANTIAGO DEL ESTERO

Luana Prados [1]; Gabriela Giuliano [2]; Beatriz Garzón [3]

[1]Lic. en ecología y conservación del ambiente | luana1prados@gmail.com | ITA-FCEyT-UNSE, CONICET | Santiago del Estero, Argentina; [2]Doctora en ciencias en el área de energías renovables | gm.giuliano@gmail.com | ITA-FCEyT-UNSE, CONICET | Santiago del Estero, Argentina; [3]Doctora en ciencias en el área de energías renovables | bgarzon2022@gmail.com | FAU-UNT, CONICET | Tucumán, Argentina.

Resumen:
Se realizó un diagnóstico energético de las instalaciones pertenecientes a la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) en la sede central de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Argentina, con el objetivo de evaluar el desempeño energético y proponer medidas de mejora. La metodología empleada constó de tres etapas: relevamiento de datos, contabilidad energética, e identificación de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE). El consumo eléctrico estimado fue de 643,2 kWh por día, equivalente a 97.733,8 kWh al año. La distribución por usos de la energía eléctrica reveló que el 56% del consumo corresponde a la climatización (principalmente refrigeración), el 38% al uso de artefactos y equipos eléctricos, y solo el 6% a la iluminación. Este análisis permitió caracterizar el perfil de consumo eléctrico de la unidad académica y detectar oportunidades de mejora, a partir de las cuales se formularon MMEE clasificadas según el grado de inversión requerido: medidas de adopción de hábitos de uso responsable, medidas de gestión y medidas de recambio tecnológico. El presente trabajo constituye una herramienta valiosa para la toma de decisiones institucionales, orientadas a una gestión energética más eficiente y sostenible en el ámbito universitario.

Palabras clave:
Auditoría energética; Eficiencia energética; Universidad; Edificio educativo.

Abstract:
An energy audit was conducted at the facilities of the Faculty of Forestry Sciences, located on the main campus of National University of Santiago del Estero (Argentina), with the objective of evaluating energy performance and proposing improvement measures. The methodology was structured in three stages: data collection, energy accounting, and identification of Energy Efficiency Improvement Measures (EEIM). The estimated electricity consumption was 643.2 kWh/day, equivalent to 97,733.8 kWh/year. The distribution of electricity use revealed that 56% of the total consumption was associated with thermal conditioning (mainly cooling), 38% with the use of electrical devices and equipment, and only 6% with lighting. This analysis enabled the characterization of the energy consumption profile of the academic unit and the identification of key areas for improvement. Based on these findings, EEIMs were developed and categorized into three levels according to the required investment: measures to promote behavioral changes for responsible energy use, energy management measures, and technological upgrades. This study provides a valuable tool to support institutional decision-making and contribute to the transition toward more efficient and sustainable energy management within the university context.

Keywords:
Energy audit; Energy efficiency; University; Educational building.

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción se considera una de las industrias de mayor coste ambiental a nivel global. Los edificios ocasionan impactos negativos durante todo su ciclo de vida, especialmente durante la etapa de uso (García Ochoa et al., 2020). En 2021, las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de las operaciones de edificios alcanzaron un máximo histórico de 10 $GtCO_2$. Es decir, los edificios representaron el 37% de las emisiones globales en 2021, si se incluyen también las asociadas a la fabricación de materiales de construcción (PNUD, 2022). En este marco, durante la COP28 del 2023, alrededor de 200 países se comprometieron a trabajar de manera conjunta para duplicar colectivamente la tasa promedio anual de las mejoras en eficiencia energética para el año 2030 (Naciones Unidas, 2023). Frente a este escenario crítico mundial, resulta imprescindible el compromiso de universidades en el desarrollo de líneas de investigación y acciones centradas en optimizar el desempeño energético de sus propios edificios, buscando reducir la demanda de energía con campañas de uso racional de la energía y concientización a toda la comunidad en general, y en particular, a la educativa.

En este sentido, en Argentina el Estado nacional ha impulsado, desde 2007 hasta la actualidad, diversas políticas públicas orientadas a fomentar la eficiencia energética. Entre ellas se destaca el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE), establecido mediante el Decreto N.º 140/2007, que instruyó la implementación del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía en Edificios Públicos (PROUREE). Este programa establece que todos los organismos de la administración pública nacional deben colaborar activamente en la gestión racional y eficiente de los recursos energéticos, con el objetivo de reducir la demanda de energía e identificar medidas de mejora (Gobierno Nacional, 2007; Ministerio de Economía, 2019). En 2017, se creó el Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina, financiado por la Unión Europea, que llevó adelante auditorías energéticas y estudios de factibilidad para la implementación de inversiones en eficiencia energética en nueve edificios de la administración pública nacional, entre ellos, la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires (UBA) (Gobierno Nacional, 2018).

Recientemente, a principio del año 2023, el Decreto 31/2023 declaró como prioritaria la política pública nacional correspondiente al manejo y gestión sostenible de los recursos utilizados por los organismos del Sector Público Nacional (SPN) a través de las prácticas de consumo y de habitabilidad que se deberán implementar en la gestión eficiente de: a) la energía eléctrica; b) el agua; c) el gas natural d) los residuos; d) las compras públicas; e) la accesibilidad; f) la movilidad sostenible; y g) las superficies y espacios verdes. Esto derivó en la creación del Programa de Edificios Públicos Sostenibles para los organismos del Sector Público Nacional y en la publicación de dos Guías de implementación de Edificios Públicos Sostenibles (MAyDS, 2023). En paralelo, diversas universidades del país trabajan la temática, en el marco de redes nacionales y regionales como la Red Proyecto Federal por la Eficiencia Energética Universitaria (Red ProFEE Universitaria), la Red de Universidades Argentinas para la Gestión Ambiental y la Inclusión Social (Red UAGAIS), y la Red Argentina de Universidades por la Sustentabilidad y el Ambiente (RAUSA). Estas dos últimas se integran a su vez en la Alianza de Redes Iberoamericanas de Universidades por la Sustentabilidad y el Ambiente (ARIUSA).

Desde esta perspectiva, a provincia de Santiago del Estero, ubicada en el Norte Argentino, presenta particularidades que refuerzan la necesidad de políticas activas en esta materia. Por un lado, una proporción significativa de su población trabaja en edificios de la administración pública provincial y nacional. Por otro lado, su ciudad Capital se encuentra en una región caracterizada por un clima estival severo, donde las altas temperaturas se extienden durante casi todo el año académico, por lo que para mantener niveles de confort adecuado se requiere un alto consumo de energía activa termo-mecánica para climatización de los espacios. Es por ello que el uso racional de la energía y la eficiencia energética son líneas de trabajo estratégicas en una provincia que debe importar energía.

La Universidad Nacional de Santiago del Estero, que ha asumido un rol activo en este desafío, está conformada por cinco unidades académicas, entre las cuales se encuentra la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) en la que se enmarca este trabajo. El equipo de investigación, a través de sus

líneas de investigación, busca alternativas de soluciones superadoras a la problemática local, y en articulación con el programa UNSE VERDE, de gestión ambiental, se desarrollan iniciativas que contribuyan a frenar el cambio climático y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El objetivo del presente trabajo es realizar un diagnóstico energético en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Forestales en la sede central de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, con el fin de identificar y proponer medidas de mejora de eficiencia energética (MMEE) que contribuyan a una gestión energética más sostenible en el ámbito universitario.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CONCEPTOS CLAVE PARA EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

En esta sección, se presentan algunos conceptos fundamentales vinculados al diagnóstico energético, con el fin de aportar un marco teórico para orientar la revisión de antecedentes y la metodología adoptada en este trabajo.

El relevamiento energético constituye una herramienta fundamental para la evaluación sistemática del uso de la energía en un edificio. Consiste en una inspección técnica del edificio y sus equipos, que puede abarcar desde una simple recorrida visual hasta estudios complejos que incluyen mediciones más específicas. Su objetivo es identificar los principales usos de la energía y las oportunidades de mejora del desempeño energético (PTB-Mercosur, 2023).

Según este organismo, se reconocen tres tipos de auditorías energéticas en función de su complejidad técnica:

a) Nivel 1 o Inspección visual: se basa en observaciones generales sin mediciones instrumentales;
b) Nivel 2 o Relevamiento detallado: implica mediciones específicas y requiere apoyo profesional;
c) Nivel 3 o Relevamiento destinado a inversión: incluye una evaluación técnica y económica detallada de posibles mejoras en eficiencia energética (PTB-Mercosur, 2023).

De forma complementaria, el concepto de eficiencia energética se refiere a lograr un menor consumo de energía para una misma prestación. Cuanta mayor es la eficiencia energética, mayor será el ahorro en el consumo de energía para el usuario (Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires, 2023). Por su parte, el uso responsable de la energía es el conjunto de actividades dirigidas a reducir el consumo a través de un uso más eficaz o inteligente (Secretaría de Energía de la Nación, 2016).

2.2. EXPERIENCIAS DE AUDITORÍA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS UNIVERSITARIOS

Diversas instituciones de educación superior en América Latina han llevado a cabo diagnósticos energéticos en sus edificios con el objetivo de mejorar su eficiencia operativa. A continuación, se mencionan algunas de estas experiencias:

a) En la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), Gollini-Mihalopoulos, Berbey-Álvarez y Henríquez (2023) realizaron un análisis energético del edificio N.º 1 mediante software especializado. Se estimó un consumo eléctrico teórico anual de 2.404.170,72 kWh, de los cuales el 72,9% correspondía al sistema de climatización, el 18,15% a iluminación, y el resto a equipos generales. Por otro lado, la simulación con Green Building Studio (GBS) arrojó un consumo de 2.497.912 kWh/año, con una intensidad de uso de la energía (EUI) de 705 MJ/m^2/año. Por último, recomendaron diversas estrategias como la incorporación de lámparas LED, sistemas fotovoltaicos, mejoras en aire acondicionado, ventanas eficientes, ventilación del ático y barreras radiantes. Estas medidas permitieron proyectar una reducción del 38,81% del consumo energético, equivalente a un ahorro económico anual de 218.426,14 balboas y una disminución del 57,27% en emisiones de CO_2.

b) En la Universidad de El Salvador (UES), se desarrolló un análisis energético del edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. En 2015 se identificaron como principales fuentes de consumo eléctrico los equipos de aire acondicionado, las luminarias, computadoras y otros equipos de oficina como impresoras y fotocopiadoras. El uso intensivo de aire acondicionado se señaló como el principal responsable del elevado consumo energético, junto con el uso ineficiente de la iluminación durante todo el día. La intensidad de uso de la energía (IUEE) fue de 54,52 kWh/m^2. Posteriormente, realizaron un modelaje en SketchUp y simulación en OpenStudio y EnergyPlus, validadas con mediciones reales. Las medidas incluyeron: el reemplazo de aires acondicionados por equipos con tecnología inverter, instalación de cortasoles, recambio de luminarias por LED, vegetación y programas de concientización para el personal. Se estimó un ahorro potencial de 7.586 kWh/año, equivalente a aproximadamente USD $1.140 (Pocasangre et al, 2022).

c) En el Instituto de Energías Renovables (IER) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Morales et al. (2016) llevaron a cabo una auditoría energética en 36 edificaciones de diversos usos (oficinas, aulas, restaurante, laboratorios, entre otros), con una superficie construida total de 14.700 m^2. El análisis reveló que los principales consumos provienen de los equipos de aire acondicionado (dadas las condiciones de un clima cálido semihúmedo) y de la iluminación. El Índice de Consumo de Energía Eléctrica (ICEE) arrojó un valor promedio anual de 150,51 kWh/m^2 construido. Por otra parte, se comparó los resultados por tipos o categorías de edificaciones (oficinas, escuelas, talleres de servicio, restaurantes, laboratorios) con los promedios nacionales, observando valores inferiores a los de referencia. Este análisis integral permitió identificar oportunidades para la mejora en eficiencia y ahorro energético.

d) En Argentina, Yakimchuk et al. (2018) llevaron a cabo auditorías energéticas en las Facultades del Campus Resistencia de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) en el marco de su Plan de Uso Responsable de la Energía (PURE). Se encontró que el 55% del consumo de energía anual se destinaba a climatización, y que las aulas representaban el 43% del consumo total por tipo de recinto. Se observaron picos de consumo diario de potencia activa de hasta 80 kW, e incluso en días de inactividad, un gasto base de 10 kW, asociado al uso continuo de ciertos equipos. También, se identificaron deficiencias térmicas en la envolvente edilicia. En la última etapa, propusieron medidas técnicas, procedimentales y normativas para mejorar la eficiencia energética, y se estimó que, con solo cinco medidas puntuales se podría generar un ahorro energético global del 32%.

e) Por último, en la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), que es objeto de este estudio, en el año 2021, se llevó a cabo un diagnóstico energético en la sede ubicada en el Parque Industrial “La Isla”, Departamento Banda, en el que se contemplaron cuatro edificios o bloques correspondientes a la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas (FCEyT). El consumo eléctrico total se distribuía en un 64% para el refrescamiento de ambientes, un 22% para iluminación y un 14% para otros equipos. Además, se evidenció la necesidad de una rehabilitación energética de las instalaciones edilicias debido a un déficit térmico-energético. Además, se destacó la relevancia del Programa UNSE Verde en el marco del Plan Estratégico de la Universidad y la necesidad de la implementación de un Plan de Gestión para la Eficiencia y el Ahorro Energético de la UNSE, para mejorar la eficiencia energética y avanzar en la transición hacia la sustentabilidad de la Universidad (Giuliano, Ortega y Garzón, 2022).

En términos generales, los antecedentes revisados muestran que la mayoría de las auditorías energéticas realizadas en el ámbito universitario coinciden en señalar la climatización y la iluminación como los principales focos de consumo, y proponen medidas de mejora centradas en la eficiencia tecnológica y en la gestión operativa, con el potencial de generar ahorros económicos y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, muchos de estos estudios se enfocan en edificios específicos, implantados en contextos climáticos, institucionales y normativos diferentes al caso abordado en este trabajo. En este sentido, el presente trabajo se justifica como un aporte concreto al conocimiento sobre el desempeño energético de instalaciones universitarias

de la FCF, en el contexto climático de la ciudad de Santiago del Estero, Argentina, con el objetivo de avanzar en la planificación de acciones sostenibles y adaptadas a las características de la infraestructura existente.

3. MÉTODOS

El área de estudio abarcó las dependencias de la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) en la sede central (Figura 1) de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE). La misma se encuentra ubicada en Avenida Belgrano Sud 1912, de la ciudad Capital de Santiago del Estero, Argentina. Esta es compartida por el rectorado y las diferentes unidades académicas de la UNSE. Allí, se localizan oficinas, aulas, laboratorios, dependencias administrativas y sectores generales como la Biblioteca Central, Paraninfo, Emisora de radio de FM, y Canal de Televisión de la UNSE. En este trabajo, se incluyeron únicamente las instalaciones pertenecientes a la FCF. En particular, las áreas consideradas fueron: el decanato de la FCF, su pabellón de aulas, laboratorios, fotocopiadora, centro de estudiantes, dependencias administrativas, oficinas y el edificio del Instituto de Protección Vegetal (INPROVE).

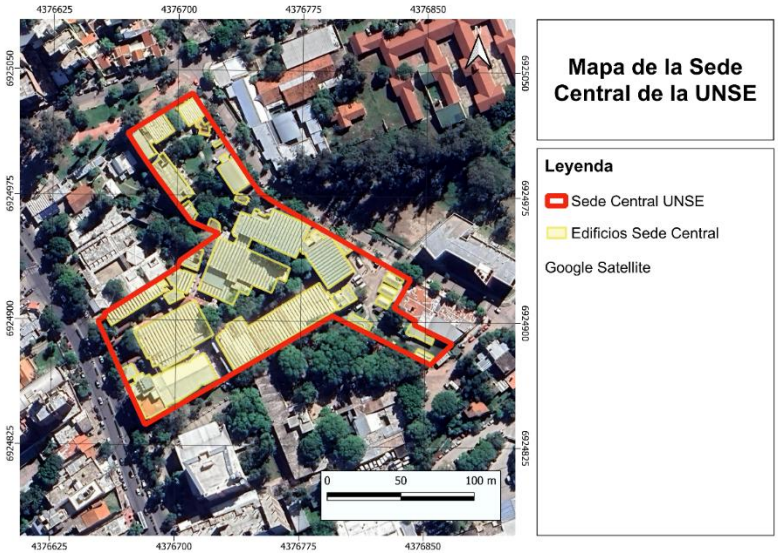

Figura 1: Mapa de la sede Central de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
Fuente: los autores (2024).

El diagnóstico energético se basó en las metodologías descriptas por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética AChEE (2014); Yakimchuk, et al. (2018); Giuliano, Ortega y Garzón (2022); PTB Mercosur (2023). La metodología constó de tres fases principales: el relevamiento de datos, la contabilidad energética, y la identificación y propuesta de Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE).

En primera instancia, la Secretaría de Planeamiento Físico Universitario de la UNSE facilitó los planos en formato DWG correspondientes a los establecimientos de la FCF en la sede central. A partir de ellos, se extrajeron las vistas de las plantas utilizadas como guía para el relevamiento energético y se calculó la superficie cubierta en m^2 utilizando el programa AUTOCAD.

Durante el año 2023, se llevó a cabo un relevamiento energético de Nivel 1, también conocido como Inspección Visual o Walkthrough Audit (PTB-Mercosur, 2023). Este consistió en un recorrido por las instalaciones de la FCF, guiado por los responsables de cada área. Se realizó un inventario por local de los distintos equipos e instalaciones, llevando a cabo un registro fotográfico y consignando la información en planillas diseñadas a tal fin.

En las planillas se registraron datos sobre: iluminación artificial (cantidad y tipo de luminarias, potencia, horas anuales de uso estimadas), climatización (cantidad y tipo de aire acondicionado, marca y nivel de eficiencia, potencia en frigorías y eléctrica, horas estimadas de uso por año) y

equipos consumidores (cantidad, marcas, tipo de equipos y potencia, horas estimadas de uso por año).

La potencia de los equipos fue determinada a partir de sus placas o etiquetas informativas. En los casos donde no se disponía esta información, se consultaron estos datos según el modelo y marca en distintas fuentes bibliográficas, o se les asignó un valor de potencia promedio en función del tipo de artefacto eléctrico (Ente Nacional Regulador de la Electricidad [ENRE], 2018).

A continuación, se calculó el consumo eléctrico diario y anual, medido en kWh, como el producto de la potencia (kW) por el tiempo de uso (horas). Se consideraron cinco días hábiles por semana, asumiendo un total de 155 días de cursada anuales y 200 días laborales para el personal docente y no docente. También, se incluyó el análisis de la distribución del consumo según los distintos tipos de uso de la energía (iluminación, climatización y equipos), y la identificación de los artefactos y equipos con mayor incidencia porcentual.

Finalmente, se identificaron Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE) a partir de los resultados del diagnóstico y las buenas prácticas reconocidas en la bibliografía consultada. Las propuestas fueron definidas considerando el potencial de reducción del consumo energético y la viabilidad técnica y económica de su implementación. Se organizaron en tres niveles según el grado de inversión, lo que permite priorizar las acciones más accesibles para su aplicación inmediata, sin descuidar aquellas de mayor impacto en el mediano y largo plazo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DEL RELEVAMIENTO ENERGÉTICO

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos a partir del diagnóstico energético. Las dependencias de la FCF ubicadas en la sede central de la UNSE cuentan con una superficie construida de aproximadamente 993 m^2. Mientas que, la superficie construida de toda la sede central es de 17.641 m^2.

Tal como se detalla en la Tabla 1, el consumo eléctrico estimado para las instalaciones de la FCF alcanza los 643,2 kWh/día, lo que equivale a un consumo anual de 97.733,8 kWh/año. Con relación a la superficie construida, representa un valor de 98,4 kWh/m^2 año. El mismo se encuentra dentro del rango de los otros edificios educativos revisados en la Sección 2. Es decir, resulta inferior al reportado por Gollini-Mihalopoulos, Berbey-Álvarez y Henríquez (2023) para el edificio de la UTP, de 705 MJ/m^2 año, es decir, 195,8 kWh/m^2 año, y al promedio calculado por Morales et al. (2016) para el IER de la UNAM, de 150,5 kWh/m^2 año. Mientras que, supera el registrado por Pocasangre et al. (2022) en el edificio de la UES de 54,5 kWh/m^2 año. Estas diferencias pueden explicarse por diferencias en las condiciones climáticas locales, el equipamiento, y la eficiencia térmica de las envolventes edilicias.

En cuanto a la distribución de los usos de la energía eléctrica, se observó que un 56% corresponde a la climatización (refrigeración y calefacción), un 38% al funcionamiento de artefactos y equipos que consumen energía eléctrica, y un 6% a la iluminación.

USOS	Energía diaria (kWh)	Energía anual (kWh)	Incidencia porcentual según total (%)
Iluminación	32,0	5892,9	6%
Climatización	421,0	54731,7	56%
Equipos	190,1	37109,2	38%
TOTALES	**643,2**	**97733,8**	**100%**

Tabla 1: Consumo de energía eléctrica en las instalaciones de la FCF de la sede Central de la UNSE según usos. Fuente: los autores (2024).

La baja incidencia en el total del consumo asociado a la iluminación puede explicarse debido a que las luminarias tradicionales ya han sido reemplazadas por tecnología LED, caracterizada por su mayor eficiencia energética. En contraste, el elevado consumo asociado a la climatización condice con las condiciones climáticas de la región, ya que el campus universitario se encuentra en una zona bioambiental clasificada como Ia-Muy Cálido según la Norma IRAM 11.603:2012 (Giuliano, Ortega y Garzón, 2022). Esto implica que, debido a las altas temperaturas durante una gran parte del año, se genera una alta demanda de refrigeración. No obstante, a pesar de que el período invernal es poco significativo, también se registran consumos para la calefacción de los ambientes.

Este patrón de distribución del consumo energético es coherente con lo reportado en otros estudios universitarios de contextos similares en los que la climatización representa el principal uso energético (Yakimchuk et al., 2018; Morales et al., 2016; Gollini-Mihalopoulos, Berbey-Álvarez y Henríquez, 2023; Giuliano, Ortega y Garzón, 2023).

Según se observa en la Figura 2, los equipos de aire acondicionado tipo Split representan la mayor incidencia en el consumo energético, con un 43,8% del consumo total. Le siguen los equipos de computación con un 21,6% y los equipos de refrigeración como heladeras y freezers, con un 12,6%. En cuarto lugar, se ubican los equipos de aire acondicionado tipo ventana, con un 7,3%, que, si bien su cantidad es menor respecto a los de tipo Split, se recomienda su reemplazo por equipos más eficientes. En quinto lugar, la iluminación LED representa un 6% del consumo, lo cual refleja un avance en materia de eficiencia energética. El resto del consumo corresponde a equipos de ventilación, calefacción, microondas, estufas y otros equipos varios, cuya incidencia conjunta no supera el 10% del total.

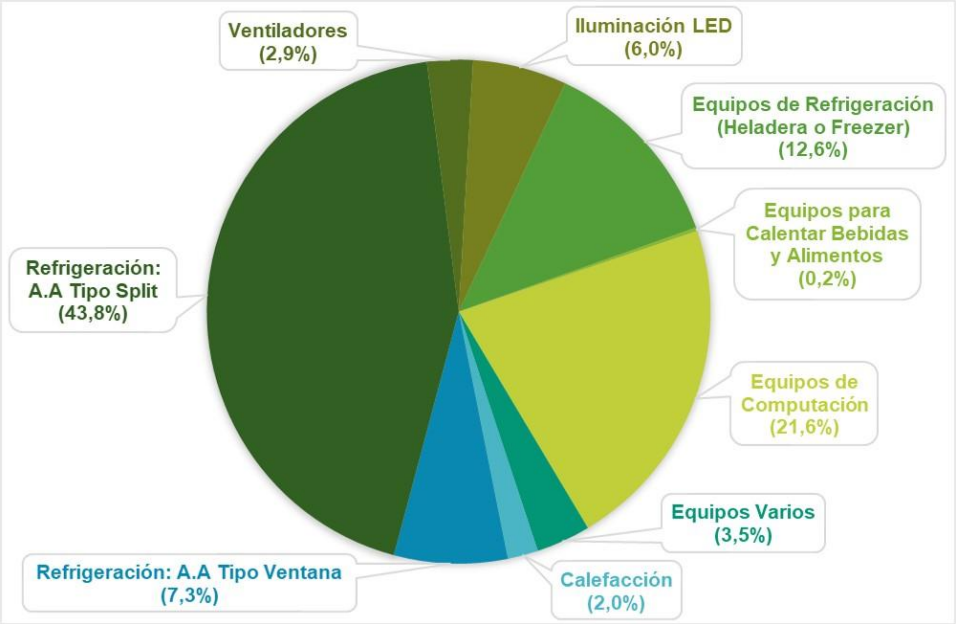

Figura 2: Incidencia porcentual (%) de artefactos y equipos de la FCF en la sede Central.
Fuente: los autores (2025).

Esta información no solo permite identificar los sectores con mayor demanda energética, sino también establecer prioridades para la aplicación de medidas correctivas. El uso intensivo de aires acondicionados en oficinas y aulas evidencia la ausencia de estrategias pasivas de acondicionamiento térmico, tales como el aislamiento en techos y muros, protecciones solares exteriores o ventilación cruzada. Asimismo, la alta incidencia de los equipos informáticos muestra la necesidad de aplicar medidas de gestión, como configuraciones en modo ahorro, apagado automático, o el recambio por tecnologías más eficientes.

En términos generales, este análisis permitió caracterizar el desempeño energético de la unidad académica, identificando un perfil de consumo dominado por la climatización, con un uso intensivo de sistemas de refrigeración y escasa eficiencia térmica en la infraestructura edilicia. Esta situación

plantea oportunidades relevantes de mejora tanto en los hábitos de uso, como en la gestión y actualización tecnológica de los sistemas existentes.

4.2. IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (MMEE)

Con base en los resultados obtenidos, se formularon las siguientes Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE), organizadas en tres niveles según el grado de inversión y el esfuerzo requerido para su implementación, siguiendo recomendaciones y lineamientos establecidos por organismos especializados como la Secretaría de Energía de la Nación (2019), la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires (2023) y el Ente Nacional Regulador de la Electricidad – ENRE (2022).

a) Medidas de adopción de hábitos de uso responsable ($):

Tienen el objetivo de concientizar a la comunidad universitaria sobre el uso responsable de la energía, a través de campañas de difusión, la realización de talleres y jornadas, cartelerías informativas sobre buenas prácticas de consumo en lugares estratégicos, y capacitaciones técnicas para el personal de mantenimiento. Además, se incluyen acciones como: aprovechar la luz natural cuando sea posible, regular la temperatura del aire acondicionado en 24°C, mantener puertas y ventanas cerradas, mantenimiento y limpieza regular de filtros de aire acondicionado, heladeras, luminarias y ventanas, configurar equipos en modo de ahorro de energía, entre otras. Algunas de estas acciones ya se vienen llevando a cabo desde la implementación del Programa UNSE Verde en el año 2019.

b) Medidas de gestión ($$):

Estas medidas requieren organización y planificación, aunque no implican grandes inversiones económicas. Se propone implementar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo con el fin de extender la vida útil de los equipos, incluyendo el registro sistemático de los artefactos y reparaciones realizadas. Asimismo, se sugiere ajustar los niveles de iluminación de acuerdo con el uso y necesidad específica de cada espacio, e incorporar sistemas automáticos de control como temporizadores, sensores de movimiento en baños y pasillos, y fotocélulas para la iluminación exterior. También se plantea la instalación de dispositivos que interrumpan automáticamente el suministro eléctrico a equipos de alto consumo durante los fines de semana o fuera del horario de uso, como en el caso de los dispensadores de agua. Adicionalmente, la colocación de burletes en puertas y ventanas representa una acción sencilla y de bajo costo para minimizar pérdidas de climatización.

c) Medidas de recambio tecnológico ($$$):

Estas acciones implican una inversión más significativa, pero generan una reducción sustancial del consumo energético a mediano y largo plazo. Se propone realizar un recambio gradual de equipos que queden obsoletos por otros de alta eficiencia energética, priorizando aquellos con etiquetado A+, A++ o A+++, y tecnología inverter. En cuanto a la envolvente edilicia, se recomienda mejorar el aislamiento térmico mediante una rehabilitación energética que contemple la incorporación de aislaciones en muros y techos, protecciones solares en los distintos frentes edilicios, el uso de colores claros en interiores para optimizar la iluminación natural, y la posibilidad de incorporar ventanas con doble vidriado hermético (DVH), previa evaluación de su factibilidad técnica y económica. En nuevas construcciones, se sugiere aplicar criterios de diseño bioclimático y eficiencia pasiva. Finalmente, se promueve la incorporación progresiva de energías renovables, como la instalación de paneles solares, para avanzar hacia una matriz energética más sostenible.

5. CONCLUSIONES

El diagnóstico energético realizado permitió caracterizar el desempeño energético de las instalaciones de la FCF en la sede central de la UNSE, identificando los principales usos de la energía eléctrica y cuantificando su incidencia en el consumo total. Se determinó que la

climatización representa el mayor porcentaje de demanda (56%), seguida por los equipos y artefactos eléctricos (38%), mientras que la iluminación representa solo un 6%. La alta dependencia a los sistemas de climatización, especialmente equipos de aire acondicionado tipo Split, refleja la severidad del clima local y la ausencia de estrategias pasivas en el diseño edilicio.

A partir de este análisis, se propusieron Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE), organizadas en tres niveles: adopción de hábitos de uso responsable, gestión operativa y recambio tecnológico. Estas propuestas ofrecen una hoja de ruta para reducir progresivamente el consumo energético, priorizando acciones de bajo costo para su implementación inmediata, y contemplando las que requieren mayor inversión pero que apuntan a una mejora estructural a largo plazo.

Además, se recomienda avanzar en futuras etapas con auditorías energéticas de mayor nivel de detalle, que contemplen todas las instalaciones de la sede central de la UNSE, y también las de las demás sedes faltantes. Así también, realizar un monitoreo del consumo real mediante mediciones directas, y desarrollar estudios de la factibilidad técnico-económica que permitan priorizar y planificar la implementación de las MMEE propuestas.

Como conclusión final, este trabajo constituye una herramienta valiosa para la toma de decisiones institucionales, promoviendo una gestión energética más eficiente, sostenible y alineada con los compromisos ambientales asumidos por la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Chilena de Eficiencia Energética. **Guía de Apoyo al Desarrollo de Diagnósticos Energéticos para Instituciones de Educación Superior (EIS)**. 2014. Disponible en: https://sustentabilidad.utem.cl/wp-content/uploads/2017/05/9.-GU%C3%8DA-DIAGN%C3%93STICOS-ENERG%C3%89TICOS.pdf

Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires. **Buenas prácticas para el uso racional de la energía en la administración pública.** 2023.

Argentina. Gobierno Nacional. **Decreto Nº 140/2007:** Creación del Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE) y del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía en Edificios Públicos (PROUREE).

Argentina. Gobierno Nacional. **Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina (2018-2021)**, financiado por la Unión Europea (UE). Disponible en: https://eficienciaenergetica.net.ar/

Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE). **Consumo básico de electrodomésticos**. Argentina.gob.ar. Portal oficial del Estado argentino. 2018. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/enre/uso-eficiente-y-seguro/consumo-basico-electrodomesticos

Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE). **Guía para el ahorro de electricidad**. 2022. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guiaahorroelectricidad_sept2022.pdf

García Ochoa, J., Quito Rodríguez, J. y Perdomo Moreno, J. **Análisis de la huella de carbono en la construcción y su impacto sobre el ambiente.** Trabajo de grado-pregrado (Ingeniería civil). Universidad Cooperativa de Colombia. Villavicencio, 2020. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12494/16031

Giuliano, G., Ortega, M., y Garzon, B. Diagnóstico energético en la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. **Anales de Investigación en Arquitectura,** v. 12, n. 2, 2022. https://doi.org/10.18861/ania.2022.12.2.3253

Gollini-Mihalopoulos, C., Berbey-Alvarez, A., Henríquez, F. Análisis energético del edificio N°1 de la Universidad Tecnológica de Panamá: simulación y optimización del consumo de energía eléctrica a través de soluciones de eficiencia energética. **Tecnología en Marcha,** v. 36, n. 1, p. 140-151, 2023. https://doi.org/10.18845/tm.v36i1.5874

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (MAyDS). **Guía de Implementación n°1: Programa Edificios Públicos Sostenibles para los organismos del Sector Público Nacional**. 2023. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_de_edificios_publicos_sostenibles.pdf

Ministerio de Economía. **Eficiencia Energética en edificios públicos**. Argentina.gob.ar. Portal oficial del Estado argentino. 2019. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/eficiencia-energetica/eficiencia-energetica-en-sector-publico/prouree-en-edificios-publicos

Morales, M., González, Ó., Sefoó, C. y Morillón, D. Auditoría energética a edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de energías renovables. **Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 38, p. 33-39, 2016. Disponible en: https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/erma/article/view/1362/1313

Naciones Unidas**. Declaración de Conferencia de Clausura en la COP28. 28ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.** Dubai (Emiratos Árabes Unidos), 2023. Disponible en: https://www.un.org/sg/en/content/sg/statement/2023-12-13/secretary-generals-statement-the-closing-of-the-un-climate-change-conference-cop28

Pocasangre, C., Ramos, J., Cáceres, C., Cartagena, J. y Araujo, J. Gestión energética y sustentabilidad bioclimática del edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador. **Revista Minerva**, v. 5, n. 2, p. 69-90, 2022. https://doi.org/10.5377/revminerva.v5i2.15803

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUD). **Informe sobre la situación mundial de los edificios y la construcción en 2022: Hacia un sector de los edificios y la construcción con cero emisiones, eficiente y resistente.** Nairobi, 2022. Disponible en: https://globalabc.org/sites/default/files/2022-11/SPANISH_Executive%20Summary_Buildings-GSR_0.pdf

PTB–MERCOSUR. **Manual para la elaboración de Planes de Eficiencia Energética en Edificios Públicos**. 2023 Disponible en: https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_q/q.3_internationale_zusammenarbeit/docs/Manual_para_Planes_de_EE_en_Edificios_Pu__blicos_del_Mercosur_-_FINAL.pdf

Secretaría de Energía de la Nación. **Eficiencia Energética.** Argentina.gob.ar. Portal oficial del Estado argentino. 2016. Disponible en: https://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=4036

Secretaría de Energía de la Nación. **Guía de buenas prácticas para un uso responsable de la energía.** 2019. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_ure_marzo_2019.pdf

Yakimchuk, T., Zurlo, H. Arsuaga, S. y Lima, A. Plan de uso responsable de la energía en la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Argentina: auditorías energéticas en el campus resistencia. **X Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura (CRETA).** Facultad de Arquitectura y Urbanismo, La Plata, 2018. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71122

AGRADECIMENTOS

A las autoridades y personal de la Facultad de Ciencias Forestales y de la Universidad Nacional de Santiago del Estero que brindaron información y permitieron el levantamiento de datos, haciendo posible la realización de este trabajo.