

Diagnóstico energético en la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina

Energy diagnosis at the National University of Santiago del Estero, Argentina

Diagnóstico energético na Universidade Nacional de Santiago del Estero, Argentina

DOI: <https://doi.org/10.18861/ania.2022.12.2.3253>

Dra. Arq. Gabriela Giuliano

Universidad Nacional de Santiago del Estero (FCEyT-UNSE), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Argentina

gm.giuliano@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7226-8925>

Arq. Matías Ortega

Universidad Nacional de Tucumán (FAU-UNT), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Argentina

mateduortega@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6188-4052>

Dra. Arq. Beatriz Garzón

Universidad Nacional de Tucumán (FAU-UNT), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Argentina

bgarzon06@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3130-8895>

Recibido: 11/03/2022

Aceptado: 12/07/2022

Cómo citar:

Se exponen los resultados de un diagnóstico energético, realizado en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. El objetivo es analizar los desempeños energéticos y realizar propuestas para una mayor eficiencia energética edilicia. La metodología consta de tres fases: 1) Relevamiento de datos, 2) Evaluación térmico-energética y 3) Identificación y cálculo de medidas de mejoras de eficiencia energética de los edificios. El análisis evidencia un consumo eléctrico elevado, donde un 64% corresponde a refrescamiento de ambientes, el 22% a iluminación y 14% equipos varios. Posteriormente, se observa la disminución con la aplicación de un programa de sustentabilidad edilicia universitaria. A raíz de las mejoras propuestas, se concluye que el índice de eficiencia energética disminuye en un 17% en una primera etapa y se plantea que es posible llegar hasta un 38%, continuando con la implementación de mejoras mediante un plan de gestión integral para el ahorro y la eficiencia energética, con el fin de disminuir el impacto ambiental universitario.

Palabras clave: energía de uso operativa, auditoría energética, índice de desempeño energético, gestión eficiente de la energía, medidas de eficiencia energética, universidad sustentable.

The results of an energy diagnosis are presented, carried out at the Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. The objective is to analyze energy performance and make proposals for greater building energy efficiency. The methodology consists of three phases: 1) Data collection, 2) Thermal-energy evaluation and 3) Identification and calculation of energy efficiency improvement measures for buildings. The analysis shows a high electrical consumption, where 64% corresponds to ambient cooling, 22% to lighting and 14% to various equipment. Subsequently, the decrease is observed with the application of a university building sustainability program. As a result of the proposed improvements, it is concluded that the energy efficiency index decreases by 17% in a first stage and it is proposed that it is possible to reach up to 38%, continuing with the implementation of improvements through a comprehensive management plan for the saving and energy efficiency, in order to reduce the environmental impact of the university.

Keywords: operational use energy, energy audit, energy performance index, efficient energy management, energy efficiency measures, sustainable university.

São expostos os resultados de um diagnóstico energético, realizado na Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias da Universidade Nacional de Santiago del Estero, Argentina. O objetivo é analisar o desempenho energético e apresentar propostas para uma maior eficiência energética dos edifícios. A metodologia consiste em três fases: 1) Coleta de dados, 2) Avaliação termoenergética e 3) Identificação e cálculo de medidas de melhoria da eficiência energética dos edifícios. A análise mostra um consumo elétrico elevado, onde 64% corresponde a refrigeração ambiente, 22% a iluminação e 14% a equipamentos diversos. Posteriormente, observa-se a diminuição com a aplicação de um programa de sustentabilidade de edifícios universitários. Como resultado das melhorias propostas, conclui-se que o índice de eficiência energética diminui 17% numa primeira fase e propõe-se que seja possível chegar até aos 38%, continuando com a implementação de melhorias através de um plano de gestão abrangente para a economia e eficiência energética, a fim de reduzir o impacto ambiental da universidade.

Palavras-chave: energia de uso operacional, auditoria energética, índice de desempenho energético, gestão eficiente de energia, medidas de eficiência energética, universidade sustentável.

Introducción

En agosto del año 2021, la comunidad internacional conoció un nuevo reporte del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, en el que se evidencia la influencia inequívoca de la acción humana en el fenómeno (IPCC, 2021), que encendió nuevamente las alarmas. En Argentina, si bien gran parte de su territorio es una de las regiones continentales del mundo en las que se proyecta un menor calentamiento relativo, se aprecia que la excepción es el norte del país y, principalmente, el noroeste. Barros y Camilloni (2016), sostienen que “en esta región se insinúa una lengua de mayor calentamiento en el futuro cercano”, lo que interpela a los hacedores del hábitat construido, ya que en la actualidad la industria de la construcción y el uso de los edificios supone grandes niveles de emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) y otros Gases de Efecto Invernadero (GEIs), siendo así de los sectores de mayor impacto ambiental.

Ante el crítico escenario de las últimas décadas, se vienen implementando políticas para la mitigación del impacto humano en los ecosistemas. A nivel nacional, el Estado argentino ha decretado en 2007 la creación del Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE), en el que se instruye, a su vez, la implementación del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía en Edificios Públicos (PROUREE), planteando a todos los organismos del Poder Ejecutivo Nacional la disposición de acciones que tengan el fin de colaborar, mediante la gestión de los recursos energéticos en sus edificios, en la reducción del consumo de energía y en la identificación de medidas de eficiencia energética. Durante el año 2017, a partir de la donación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), que dio lugar a la creación del Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina, financiado por la Unión Europea, se llevó a cabo el desarrollo de diagnósticos energéticos y ejecución de estudios de factibilidad para inversiones de eficiencia energética en edificios de la administración pública nacional. Los diagnósticos se realizaron en nueve de

ellos, entre los que se encuentra la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires (UBA), que sentó, así, un precedente respecto a políticas de sustentabilidad y ambiente en el ámbito universitario.

Ahora bien, para abordar la sustentabilidad edilicia se han desarrollado distintos indicadores y metodologías para poder cuantificar las acciones tendientes a minimizar las contribuciones al cambio climático (CC), siendo la Huella de Carbono (HC), el indicador más específico para la categoría ambiental del cambio climático; así, la HC “cuantifica la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a un producto a lo largo de su ciclo de vida” (Gobierno Nacional, 2018). A su vez, la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), permite considerar todos los consumos y emisiones que ocurren en los distintos momentos de la vida útil de los edificios, siendo estos momentos o etapas los de la fabricación, los de la utilización y el mantenimiento de éstos, y los de su desmantelamiento y tratamiento de los residuos al final de su vida útil. De esta manera se pueden reconocer la energía (o carbono) embebida en cada una de ellas, de

manera que permita, a su vez, diseñar las estrategias para pensar nuevos edificios o aplicar medidas de mejora de eficiencia energética en los edificios existentes, logrando cada vez menores impactos.

El rol de las universidades, en este contexto, resulta clave para la transición hacia sociedades de menor impacto, “por lo que transitar hacia el paradigma de la sustentabilidad exige una educación ambiental que pueda reflejarse tanto en la currícula como en la conformación de las prácticas cotidianas y en los edificios” en los que se desempeñan (Giuliano et al., 2020a). En este mismo texto, se sintetiza la sucesión de declaraciones e informes internacionales respecto a la necesidad de que todo el sistema educativo, y la educación superior en particular, suscriban a esta corriente. Es así que la Agencia Chilena de Eficiencia Energética constituye un referente en la elaboración de programas de eficiencia energética de edificios públicos y ha elaborado una “Guía de apoyo al desarrollo de diagnósticos energéticos para instituciones de educación superior”, que permite impulsar la disminución del consumo energético. En la misma se menciona a las

Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MMEE), y se las define como un conjunto de acciones que permiten tanto disminuir el consumo de energía reduciendo su uso innecesario como optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios realmente obtenidos; es decir, que la energía se utilice de la mejor manera posible: utilizar poco para generar mucho. Las medidas se pueden clasificar en tres principales, desde un mayor a un menor costo en su implementación: 1) Recambio tecnológico, que implica la mayor inversión en capital, 2) Medidas de gestión, que supone una inversión económica media, y 3) Adopción de hábitos de uso responsable, donde se insume menor cantidad de recursos (AChEE, 2014).

En Argentina, en 2021 se inauguró el nuevo edificio de la Facultad de Exactas de la UBA, en la Ciudad Universitaria de Buenos Aires, llamado “Cero más Infinito”, con techo verde y estrategias pasivas para la eficiencia energética edilicia. En 2017, la Universidad de Villa María presenta un Plan Estratégico Sustentable para su campus, entre cuyas líneas de acción se encuentra la eficiencia energética

de sus edificios, y a su vez, en el año 2018, estableció un modelo de evaluación de criterios de sostenibilidad en procesos de compra pública (Cavagliato et al., 2018; Yáñez, 2018). En la Universidad Nacional del Nordeste, se han realizado simulaciones y monitoreos de aulas, se completó la auditoría energética con análisis de consumos y el uso de imágenes termográficas para diagnosticar deficiencias en las envolventes de las Facultades, como la de Arquitectura y Urbanismo (Alías et al., 2013). Se propuso también un Plan de Uso Responsable de la Energía (COAA, 2018). Hacia el sur, en La Pampa, fue proyectada y ejecutada una Residencia Universitaria Bioclimática en la ciudad de Santa Rosa para la Universidad Nacional de La Pampa, donde se realizó el control del comportamiento térmico y del ahorro energético, por monitoreos en distintas estaciones del año (Filippín et al., 2001).

Diversos grupos de investigación de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), trabajan por la sustentabilidad de su casa de altos estudios. En el año 2019 se da por efectivo el “Programa UNSE Verde”, en el marco del Plan Estratégico Institucional 2019-2029 (UNSE, 2019a), en el que se establece como un eje prioritario un “modelo académico, de investigación y extensión que adhiera al desarrollo sostenible” (UNSE, 2019b), y entre cuyas líneas de trabajo están la reducción y separación de residuos, el uso racional y eficiente de la energía, y acciones como la sustitución progresiva de lámparas de bajo consumo por luminaria LED, la promoción de nuevas construcciones y adaptaciones ecoeficientes y bioclimáticas, etc.

En el mismo año, se comienza a investigar en los temas de Eficiencia Energética Edilicia y Gestión Eficiente de la Energía. Se realizaron Informes Técnicos para los diferentes edificios universitarios. El primer trabajo fue la “Evaluación de la Eficiencia Térmico-Energética del Proyecto de Ampliación del instituto de Estudios Ambientales y Desarrollo Rural de La Llanura Chaqueña -IEADeR- (Giuliano et al., 2019). Luego se llevó a cabo un estudio dedicado a la “Evaluación de la Eficiencia Térmico-Energética del

Proyecto de Terminación y de Ampliación de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías” (FCEyT) (Giuliano et al., 2020). El tercero, a su vez, fue un trabajo de propuesta de incorporación de dos tipos de tecnologías sustentables en la sede central de la UNSE mediante integración arquitectónica: un sistema de paneles fotovoltaicos para la generación eléctrica y otro de captación de agua de lluvia (Giuliano et al., 2020). Así mismo a fines del año 2021, el Consejo Superior aprobó la adhesión de UNSE al *Race to Zero for Universities and Colleges* Esta es una campaña mundial respaldada por la ONU para que universidades e institutos de educación superior se comprometan a cumplir el objetivo de reducir a la mitad sus emisiones de carbono para 2030 y lograr cero emisiones netas para el año 2050.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar los resultados de una auditoría térmico-energética del conjunto de edificios de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT), implantados en la Sede del Parque Industrial de la UNSE de la ciudad de La Banda, provincia de Santiago del Estero; permitirá identificar oportunidades

para incorporar MME en la envolvente edilicia y en sus instalaciones, para obtener niveles óptimos de consumos energéticos en un corto a mediano plazo. Estas propuestas se plantean a modo de directrices para nuevas resoluciones universitarias, en todo lo involucrado al mantenimiento de la vida útil de los edificios y a mejorar la calidad de los proyectos de obras nuevas en la UNSE e incluso proponer líneas de acción que permitan diagramar un *Plan de Gestión para la Eficiencia y el Ahorro Energético en la UNSE*, contribuyendo con aportes concretos a cumplir los lineamientos del Plan Estratégico UNSE 2019-2029.

Metodología

La metodología utilizada para este trabajo se basa en lo establecido por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética para edificios públicos, y especialmente para aquellos de educación superior (AChEE, 2014). Esta metodología posee tres etapas que componen el diagnóstico energético para la FCEyT-UNSE:

I. Relevamiento de datos: se confeccionaron planimetrías de los edificios relevados y planillas de sus instalaciones y artefactos. Al mismo tiempo, se tomaron los datos de las facturas de los consumos de electricidad durante cinco años previos al inicio de la pandemia de COVID-19, es decir, del período comprendido entre 2015 y 2019, por ser representativos del período de uso operacional de la energía.

II. Evaluación térmico-energética: se realizó la contabilidad energética mediante el estudio de los consumos de electricidad y de la influencia de los niveles de transmitancias térmicas de las envolventes. Se incorporó al estudio el Índice de Eficiencia Energética (IEE). Se incluyó también el análisis de la potencia eléctrica diaria consumida por los artefactos y equipos utilizados, clasificándose la demanda según los rubros involucrados: iluminación, climatización del aire y otros equipos, y definiendo así el Desempeño Energético Global (EPgl).

III. Identificación y cálculo de Medidas de Mejoras de Eficiencia Energética (MME): consiste en identificar

las principales medidas para la mejora de la envolvente edilicia y de los equipos involucrados en los sistemas de iluminación, climatización y otros. En esta etapa se calculó el porcentual de mejora del desempeño energético derivado de la implementación de dichas mejoras.

Resultados

La Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), consta de cinco unidades académicas distribuidas en cinco sedes: la sede central, en donde se ubican las dependencias de todas las facultades y secretarías de gestión institucional; frente a ella, el complejo de Ciencias Médicas (FCM); la sede de la Facultad de Humanidades, Ciencias Sociales y de la Salud (FHCSyS), todas estas en el departamento capital, la ciudad de Santiago del Estero; mientras que las otras dos sedes se encuentran en la localidad de El Zanjón y en la ciudad de La Banda (conglomerados de la capital), donde se distribuyen por un lado las facultades de Agronomía y Agroindustrias (FAyA), y de Ciencias Forestales (FCF), y por otro la facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT). Tanto en la sede central como en la de El Zanjón se encuentran dos escuelas de pregrado, albergando una población total de alrededor de 16.000 estudiantes.

En el presente trabajo, se analizará particularmente los resultados del diagnóstico energético de los edificios de la FCEyT, debido a que cuenta con cuatro edificios y un único medidor, con lo cual fue posible discriminar el destino y porcentaje del consumo eléctrico de cada uno de los artefactos y maquinarias involucrados.

La auditoría energética fue realizada en el año 2021 en la FCEyT para determinar dónde y cómo se pueden lograr ahorros en el uso de electricidad. Se analizaron los rendimientos de iluminación, el uso de energía del equipamiento, el comportamiento térmico de la envolvente. También se inició un proceso de monitoreo térmico, para

evaluar el nivel de confort de aulas, laboratorios y oficinas. Uno de los objetivos de la campaña fue también fomentar la participación de toda la comunidad de la facultad para comprender el patrón de consumo de energía y, por lo tanto, maximizar la eficiencia. Los resultados de este diagnóstico se utilizan para desarrollar un plan de rehabilitación energética y aumentar la EE. Es aquí donde el Índice de Eficiencia Energética (IEE), resulta de mucho valor.

Etapa 1: fase de levantamiento de datos

1.1. Ubicación de la Sede Parque Industrial-UNSE

La sede de la Universidad Nacional de Santiago del Estero ubicada en el Parque Industrial "La Isla" en el Departamento Banda, es un predio en el que se asientan diversas edificaciones exentas pertenecientes a dos Facultades: la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas (FCEyT), y la Facultad de Agronomía y Agroindustrias (FAyA). En este trabajo se presentan los resultados de la Auditoría Energética realizada en el conjunto de cuatro edificios o bloques de la FCEyT: 1) Ing. Civil- Vial- Hidráulica, 2) Ing. Electromecánica, 3) Ing. Mecánica, 4) Ing. Electrónica (Figura 1).

1.2. Caracterización arquitectónica y constructiva de los edificios de la FCEyT

La disposición arquitectónica en general del conjunto de edificios y de cada volumen en particular es adecuada, ya que en la mayoría de los bloques el eje mayor del volumen es Este-Oeste, por lo tanto, cuenta con mayor superficie de paramentos expuestos al Norte y Sur. La excepción es el volumen del bloque 3, el de Ing. Mecánica, ya que es el único que recibe la mayor exposición hacia el Este y el Oeste.



Figura 1: Ubicación de la Sede Parque Industrial en la ciudad de La Banda, Provincia de Santiago del Estero, Argentina. Fuente: Google Earth y elaboración propia.

El bloque 1 (B1), correspondiente a Ing. Civil- Vial- Hidráulica cuenta con dos plantas. La planta baja posee un sector en doble altura de 1600 m² y un sector de 768 m² destinado a aulas, laboratorios y administración. En el primer piso, de 874 m² se distribuyen cuatro aulas, laboratorios y boxes para docentes. La superficie cubierta total es de 2516 m².

El cerramiento vertical se define por tabiques de hormigón pre moldeado, denominado en adelante Muro 1 (M1), y el techo es del mismo material, con placas pretensadas del tipo “ypsilon”, y con un sobretecho incorporado en los últimos años, resuelto por una estructura y cubierta metálica, designada Techo 1 (T1).

El edificio de Ing. Electromecánica (B2), con 1822 m², y el de Ing. Mecánica (B3), con 636 m² cubiertos, tienen la misma tecnología constructiva en sus muros, resueltos en mampostería de ladrillo cerámico de 0,30 m de espesor a la vista (M2), mientras que difieren en la resolución de los techos, donde el bloque 2 es del tipo másico y tiene las placas pretensadas “ypsilon” (T2), y el bloque 3 es liviano, con estructura y cubierta metálica (T3).

Por último, el bloque 4 (B4), de Ing. Electrónica, cuya superficie cubierta es de 161 m², cuenta solo con planta baja, que se divide en cuatro sectores destinados a las siguientes actividades: laboratorio, aula, tres boxes docentes y sala de reunión. La envolvente se ejecutó con método constructivo tradicional de mampostería de ladrillo cerámico macizo de 0,30 m de espesor y con terminación a la vista (M2), mientras que el techo es de losa de H²A^o (T4). Las ventanas son de perfilería metálica y vidrio común y las puertas de madera (Figura 2).

1.3. Relevamiento tecnológico de las instalaciones

Para facilitar la tarea de relevamiento, se tomaron fotografías para registrar y acompañar la documentación

de un inventario general de las instalaciones de los diferentes edificios del campus de la FCEyT-UNSE. Se elaboraron y utilizaron entonces, planillas específicamente diseñadas a tal fin, para el reconocimiento e identificación de los artefactos y equipos de los diferentes sistemas consumidores de energía:

1. Luminarias: de dos tipos, tubo fluorescente en interiores y halógena (HQI), en exterior.

2. Equipos de climatización exclusivos de refrigeración: tipos ventana y split, ambos con Nivel C de eficiencia. Se desestiman los de calefacción como estufas, debido a que no se utilizan prácticamente ya que el período de intenso frío, por tratarse del clima Bsh (semiárido estepario, según clasificación mundial de (Köppen, 1936), es de un mes, y coincide con el receso de clases invernal.

3. Artefactos eléctricos instalados en las distintas áreas, como ser:

3.1. Equipos de refrigeración y/o calentamiento de agua, como dispenser o pavas eléctricas en espacios de estudio de los alumnos y en boxes de trabajo de docentes; heladeras o freezer para conservar bebidas y alimentos, junto a un horno eléctrico en el bar del campus.

3.2 Equipos de computación: CPU y monitores de escritorio en Laboratorios de Informática y Biblioteca o bien portátiles con proyectores, impresoras, ventilación mecánica para cada aula y demás ambientes.

A continuación, se presentan las tablas a modo de resumen del relevamiento realizado en las instalaciones para el diagnóstico energético (Figuras 3, 4 y 5):

Figura 4: Estimación de Consumos de Energía Eléctrica en Refrigeración y su Incidencia Porcentual FCEyT Sede Parque Industrial -UNSE. Fuente: Elaboración Propia

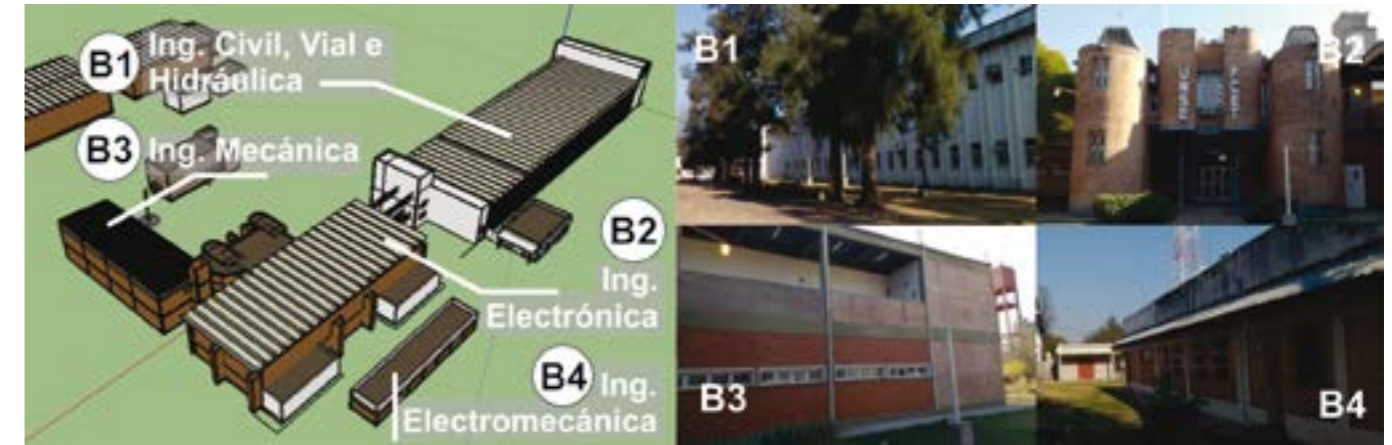


Figura 2: Relevamiento fotográfico de los bloques analizados. Fuente: Elaboración propia

Iluminación Artificial	Bloques	Cantidad por bloque	Potencia Total de Consumo (W)	Horas al día	Días al año	Energía Consumo diario (kWh/día)	Energía consumo anual (kWh/año)	Incidencia Porcentual (%)
Tubos Fluorescentes (Interior: Aulas, boxes Docentes, Sanitarias, etc.)	B1	743	36	14	210	374,47	5617,80	30,26
	B2	1246	36	14	210	627,98	9419,76	50,74
	B3	154	36	14	210	77,61	1164,24	6,27
	B4	52	36	14	210	26,20	393,12	2,12
SUBTOTAL 1		2.195				1.106,28	16.594,20	89,38
Halógena HQI (Exterior: Fachadas)	B1	12	150	10	365	18	657,00	3,54
	B2	10	150	10	365	15	547,50	2,95
	B3	8	150	10	365	12	438,00	2,36
	B4	6	150	10	365	9	328,50	1,77
SUBTOTAL 2		36				54	1.971,00	10,62
TOTAL		2.231				1.160,28	18.565,20	100

Figura 3: Estimación de Consumos de Energía Eléctrica en Iluminación y su Incidencia Porcentual FCEyT Sede Parque Industrial -UNSE. Fuente: Elaboración Propia

En las siguientes gráficas se sintetiza el nivel de energía de consumo anual (kwh/año) y su incidencia porcentual (%) en los sistemas de iluminación, refrigeración, y en equipos varios, donde artefactos y equipos se han identificado y agrupado para facilitar su análisis en categorías según los diferentes usos y consumos de la energía. Así en la Figura 6, es posible observar por su distribución, cuales son los patrones de usos significativos de la energía (USE), es decir el uso de la energía que ocasiona un consumo sustancial (ISO 50.001, 2011) (ISO 50.001:2018). Por lo tanto, se deduce del mismo, que para la FCEyT-UNSE sede Parque Industrial, el principal USE es el sistema de Iluminación artificial con un porcentaje total de 41%, distribuidos en 37% para la iluminación interior y 4% para la exterior, en segundo lugar, se encuentra con un total de 17% el USE de sistema de refrigeración, donde el 12% corresponde a los consumos eléctricos de Aires Acondicionados (AA), del tipo Split y el 5% al de AA del tipo ventana, por último, el USE del sistema de equipos varios con el 18% de incidencia, de los cuales un 14% corresponden únicamente a ventilación mecánica, para el refrescamiento de los ambientes.

A su vez, el Diagrama de Pareto es otra forma gráfica de representar la distribución del consumo energético, que organiza los datos en forma decreciente, indicando el porcentaje acumulado (de izquierda a derecha), de los mayores sistemas consumidores de la edificación. Este análisis es útil para conocer los sistemas que representan aproximadamente el 80% del consumo total por las operaciones principales, y poder identificar entonces donde poner en práctica las Medidas de Mejora de Eficiencia Energética (MME), que en este caso serían medidas de recambio tecnológicos en los sistemas de iluminación y refrescamiento para los ambientes, en complemento con ajustes de medidas de gestión y de adopción de hábitos de uso responsable, donde se generarán los potenciales mayores ahorros energéticos.

Climatización Refrigeración	Bloques (B)	Cantidad por bloque	Potencia Total de Consumo (W)	Horas al día	Días al año	Energía Consumo diario (kWh/día)	Energía consumo anual (kWh/año)	Incidencia Porcentual (%)
Aire Acond. (Tipo: Split Frigorías: 5.500 Marca: Noblix, Eficiencia: NiveC	B1	16	6500	6	150	624,00	15600,00	31,95
	B2	14	6500	6	150	546,00	13650,00	27,96
	B3	7	6500	6	150	273,00	6825,00	13,98
	B4	5	6500	6	150	195,00	4875,00	9,98
SUBTOTAL 1		32				1638,00	40950,00	83,87
Aire Acondicionado (Tipo: Ventana Frigorías: 3000 Marca: Fedders Eficiencia: NiveC	B1	10	3500	6	150	210,00	5250,00	10,75
	B2	5	3500	6	150	105,00	2625,00	5,38
	B3	0	3500	6	150	00,00	00,00	0,00
	B4	0	3500	6	150	00,00	00,00	0,00
SUBTOTAL 2		15				315,00	7875,00	16,13
TOTAL		47				1.953,00	48828,00	100

Figura 4: Estimación de Consumos de Energía Eléctrica en Refrigeración y su Incidencia Porcentual FCEyT Sede Parque Industrial -UNSE. Fuente: Elaboración Propia

Categoría de Equipos	Tipos de Equipos Resumen Bloques B1,2,3 y 4	Cantidad Total bloques	Potencia Total de Consumo (W)	Horas al día	Días al año	Energía Consumo diario (kWh/día)	Energía consumo anual (kWh/año)	Incidencia Porcentual (%)
Refrigeración de Alimentos	Heladera	2	400	24	320	19,20	256,00	1,37
	Freezer	1	500	24	320	12,00	160,00	0,85
	Heladera exhibidora	2	1020	24	320	78,96	652,80	3,49
SUBTOTAL 1		5	1.920			80,16	1068,80	5,71
Calentamiento de Bebidas y Alimentos	Horno	1	750	6	320	4,50	240,00	1,28
	Pava	8	2000	4	320	64,00	5120,00	27,34
	Cafetera	1	1450	6	320	8,70	464,00	2,48
	Disp. AF/AC	6	570	24	320	82,08	1094,40	5,84
SUBTOTAL 2		16	4.770			159,28	6.918,40	36,94
Equipos de Computación	Notebook	34	30	6	320	6,12	326,70	1,74
	CPU	24	200	6	320	28,80	1536,00	8,20
	Monitor LCD	10	65	6	320	3,90	208,00	1,11
	Monitor LED	12	100	6	320	7,20	384,00	2,05
	Impresora	8	150	2	320	2,40	384,00	2,05
SUBTOTAL 3		88	545			48,42	2.838,40	15,16
Otros Equipos	Proyector	16	262	6	320	25,15	1343,44	7,16
	Ventilador	97	270	8	240	209,52	6285,60	33,56
	Parlantes	8	6	5	100	0,24	4,80	0,03
	Fotocopiadora	3	900	4	100	10,80	270,00	1,44
SUBTOTAL 4		124	1.438			245,71	7.901,84	42,19
TOTAL		233	8.673			533,57	18.727,44	100,00

Figura 5: Estimación de Consumos de Energía Eléctrica en Equipos y su Incidencia Porcentual FCEyT Sede Parque Industrial -UNSE. Fuente: Elaboración Propia

2.1. Contabilidad energética

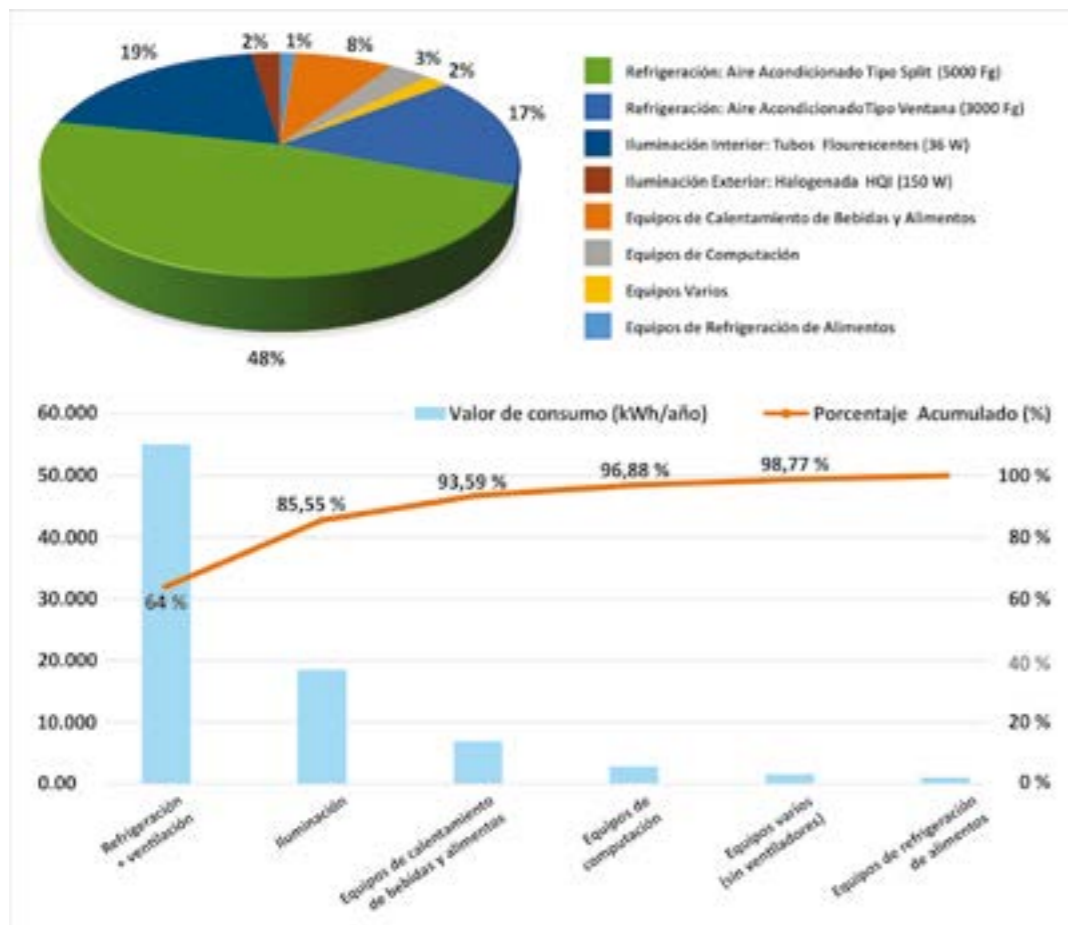


Figura 6. Incidencia porcentual de artefactos y equipos eléctricos en bloques FCET-UNSE



Figura 7: Evolución de los consumos de energía eléctrica en kWh y de los costos relativos en \$ de la FCEyT durante el periodo 2015-2019. Fuente: EDESE S.A. y Elaboración Propia

Se contabilizaron las facturaciones de los cinco años anteriores al inicio de la pandemia de coronavirus COVID-19, de 2015 a 2019 incluso, emitidas por la Empresa Distribuidora de Energía Eléctrica de Santiago del Estero (EDESE S.A.). Se observaron los consumos de energía eléctrica de la FCEyT, a la vez que la evolución de sus costos. En la figura 7 se aprecia que los consumos se mantuvieron estables durante los tres primeros años, para decrecer apenas en 2018 y de manera más significativa en 2019. A su vez, el incremento abrupto de los costos a partir de 2016 da cuenta de las políticas nacionales de quita de subsidios a los consumos (Secretaría de Energía, 2019), llegando a 2020 con una diferencia del orden del 1100 % respecto a 2015. Es así que se estimularon las inversiones en energías renovables y políticas de ahorro y eficiencia energética en distintas escalas. La UNSE también dio cuenta de esto en su Programa UNSE Verde

En la imagen superior es posible apreciar cómo en el primer bimestre de cada año, comprendiendo los meses de Enero y Febrero (época del receso académico de verano), se registraron los picos mínimos de consumo, aunque también se aprecia la caída en la demanda eléctrica durante los recesos de invierno; en cambio, los mayores consumos fueron durante los meses de Noviembre y Diciembre, en los que se registraron valores que superaron los 12.000 kWh, siendo una temporada de exámenes finales y finalización de clases. Es así que fácilmente se reconocen los cinco años considerados. Durante los tres primeros, desde 2015 hasta 2018, hay un consumo medio de 10.300 kWh; en 2018 hubo una pequeña reducción de la demanda, de unos 9700 kWh. Finalmente, en 2019 hubo una caída más clara del consumo medio, siendo de 8453 kWh. Esto se atribuye a cambios en el uso de los edificios y equipos a raíz de la implementación del plan UNSE Verde, razón por la cual se introdujeron controles respecto a iluminación sólo en momentos de uso, cartelería para

propiciar el uso responsable de la energía, reemplazo de algunas luminarias, etc., motivando un uso más racional de la energía.

2.2. Índice de Eficiencia Energética (IEE)

El Índice de Eficiencia Energética (IEE), fue la herramienta utilizada para determinar la eficiencia de la FCEyT en base a la progresiva reducción de los consumos de energía. La determinación del IEE depende del uso de energía en una aplicación particular. Generalmente, el IEE se puede definir en términos de un componente energético y un factor relacionado con el componente de uso de la energía como se indica en (1). En términos edilicios, la definición del IEE está ligada al tamaño del edificio y generalmente se considera como energía utilizada por unidad de área de piso de los locales de uso (Abu Bakar et al., 2015; Ahmad et al., 2012). La superficie edilicia se constituye en parámetro estático, ya que modificaciones de superficies pueden suceder cada varios años. A menor IEE mayor será el ahorro energético. El consumo anual medio por metro cuadrado de superficie cubierta (kWh/m².año), será aquí el indicador a partir del cual medir toda mejora o propuesta para optimizar la eficiencia en el consumo energético de la facultad auditada.

$$EEI = \frac{\text{entrada de energía}}{\text{factor vinculado al uso de energía}} = \frac{\text{total de energía usada (kWh/año)}}{\text{superficie edilicia (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

En cuanto al consumo anual medio (kWh/año), se distinguió entre el período anterior a la implementación del programa UNSE Verde (2015 a 2018), y el año 2019, en que entró en vigencia dicho programa. En el primer caso, se obtuvo un IEE medio de 1,97 kWh/m².año, mientras que en 2019 el índice se redujo a 1,64 kWh/m².año.

2.3. Desempeño Energético Global (EPgl)

Ahora bien, interesa conocer cuál es la proporción o incidencia de cada uno de los rubros en el consumo total de energía eléctrica. El consumo de energía de un edificio implica la energía necesaria para satisfacer la demanda energética de calefacción, refrigeración, producción de agua caliente sanitaria (ACS), e iluminación, teniendo en cuenta la eficiencia de las instalaciones empleadas; es decir, que depende de la demanda energética y de la eficiencia de las instalaciones. A su vez, la demanda de energía de un edificio es la energía útil necesaria que tendrían que proporcionar las instalaciones del mismo para mantener su interior en condiciones confortables. Tanto consumo como demanda se suelen expresar en kWh/m².

Es así que el desempeño energético global de un edificio se determina a partir de la sumatoria de cada uno de los índices de desempeño energético individuales de cada una de las instalaciones. En el presente caso de estudio, se desestimaron los consumos de ACS y de calefacción, por su baja incidencia en la demanda energética global. Con lo cual, la fórmula queda simplificada a los siguientes términos (2):

$$EP_{gl} = EP_{il} + EP_{cv} + EP_{eq} \quad (2)$$

Donde

EP_{gl} = desempeño energético global

EP_{il} = indicador de desempeño energético para la iluminación artificial

EP_{cv} = indicador de desempeño energético para la climatización verano (refrigeración)

EP_{eq} = indicador de desempeño energético para los equipos eléctricos

EP_{eq} = indicador de desempeño energético para los equipos eléctricos

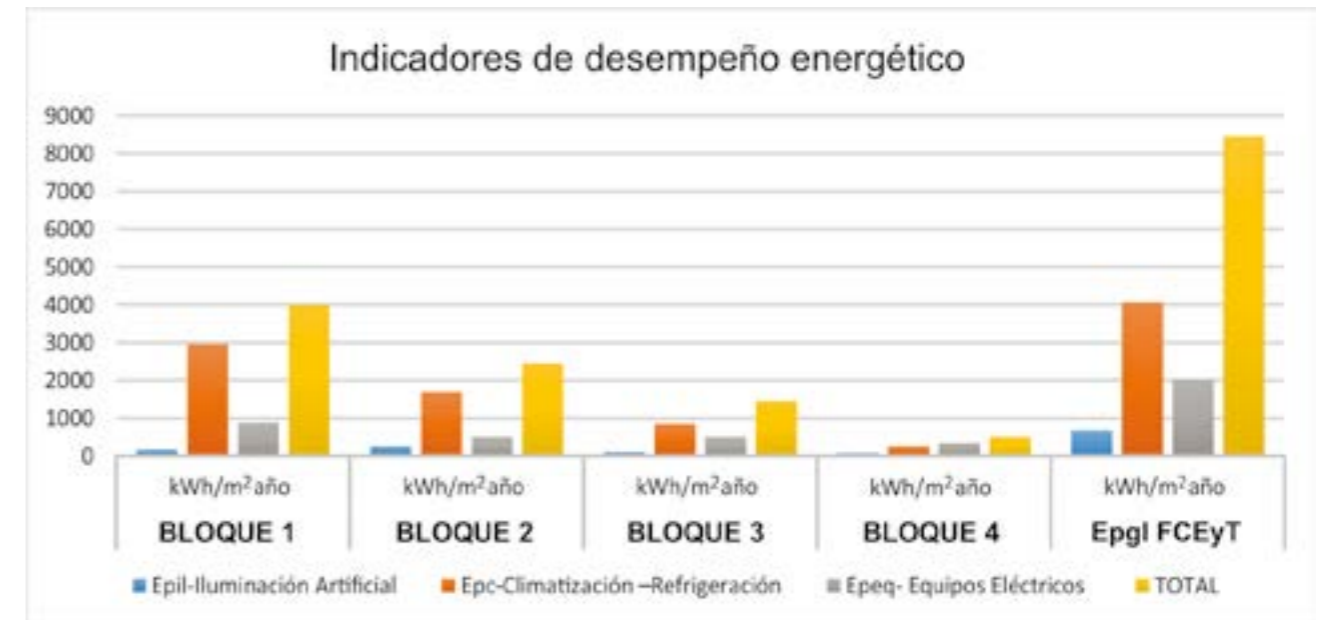


Figura 8: Incidencia porcentual rubros considerados. Desempeño Energético Global porcentual diario y anual de las instalaciones. Fuente: Elaboración propia.

La figura 8 sintetiza la información recabada de los cuatro bloques de las diferentes carreras de Ingeniería, con respecto a los indicadores de desempeño energético, que permiten comprender cómo se utiliza la energía y cuáles son los principales factores que influyen en las tendencias del uso de la misma y evaluar el papel de la eficiencia energética, como así también el impacto de las decisiones a tomar.

Seguidamente, se estimó el Desempeño Energético Global (EPgl), de la FCEyT, determinando el valor kWh/m².año y la incidencia porcentual de cada uno de los rubros considerados, donde resultó que el mayor indicador de desempeño energético de climatización para verano (EPcv), fue de un 68%, seguido de un 24% para el desempeño energético del equipamiento (EPeq). Por último, con la menor incidencia porcentual, de un 8%, se encuentra el EPil, correspondiente a la iluminación artificial. Esto da cuenta de lo riguroso de las condiciones climáticas del sector donde se implanta el campus universitario, formando parte de la zona bioambiental la-Muy Cálida según la normativa (IRAM 11.603, 2011).

2.4. Comportamiento térmico de la envolvente

En la determinación de las propiedades térmicas de los componentes constructivos, se tomó la situación verano por considerarse la más desfavorable para la localidad de análisis, se utilizó el programa calculador TRANS-Q-E (Garzón & Mendonca, 2013). Puede observarse que el comportamiento térmico de los componentes constructivos es el siguiente: el Muro 1 correspondiente al Bloque 1, no verifica nivel C- mínimo, mientras que el resto de los cerramientos verticales del tipo M2, de Bloques 2, 3 y 4, solo verifica en el primer escalafón de confort higrotérmico. En el caso de las diferentes tipologías de cerramientos horizontales superiores T1, T2, T3 y T4,

ninguno verifica el nivel mínimo (figura 9), según lo que establece la Norma IRAM 11.900 (2019).

A continuación, se calcularon las pérdidas térmicas para la situación de invierno. Se obtuvo el indicador de pérdida de calor G, a través de la envolvente del edificio por unidad de volumen y por unidad de diferencia de temperatura en régimen estacionario (W/m³ K), y de la energía necesaria para llegar a una temperatura de confort en el invierno Q_c (W). Seguidamente, se calcula las ganancias térmicas para la situación verano Q_r (W). Los resultados se muestran en la figura 10.

EDIFICIOS FCEyT- UNSE CAMPUS PARQUE INDUSTRIAL	CERRAMIENTOS K _{CAL} VERANO (W/m ² K)	K _{MAX ADM} VERANO VERIFICACIÓN NORMA IRAM 11.601-11.900 (2013, 2019)
BLOQUE 1 Ing. Civil- Vial-Hidráulica	M1: 2,39 T1: 2,10	NO Verifica Nivel C (1,80) NO Verifica Nivel C (0,72)
BLOQUE 2 Ing. Electromecánica	M2: 1,78 T2: 2,58	SI Verifica Nivel C (1,80) NO Verifica Nivel C (0,72)
BLOQUE 3 Ing. Mecánica	M2: 1,78 T3: 3,76	SI Verifica Nivel C (1,80) NO Verifica Nivel C (0,72)
BLOQUE 4 Ing. Electrónica	M2: 1,78 T4: 2,24	SI Verifica Nivel C (1,80) NO Verifica Nivel C (0,72)

Figura 9: Verificación de condiciones de confort higrotérmico (IRAM 11900: 2017-12, 2019). Fuente: elaboración propia



Figura 10: Pérdidas y ganancias térmico-energéticas a través de la envolvente. Fuente: elaboración propia.

Etapa 3: identificación y cálculo de medidas de mejora de eficiencia energética (mmee)

En esta etapa se procedió a evaluar el IEE tras la implementación del Programa UNSE Verde, y prefigurar la disminución de este indicador con otras MMEE, necesarias también de incorporar en un mediano plazo. Se observa en la figura 11 cómo el IEE mejora en 2019 respecto al período 2015-2018. Como el índice medio en este período fue de 1,97 kWh/m².año, la disminución es del orden del 16,76% luego de transcurrido un año de haberse implementado el programa referido. Se presume también, la potencial disminución de consumo en energía eléctrica implementando las MMEE, suponiendo una reducción del IEE de un 20,81% respecto al escenario de 2019, y de un 37,57% respecto al período 2015-2018, antes de la incorporación de las primeras medidas en materia energética.

Conforme a las políticas de sustentabilidad incorporadas a los lineamientos programáticos del Plan Estratégico UNSE 2019-2029, es que se diagramó el Programa UNSE Verde, pensado para incorporar justamente, medidas de gestión orientadas a lograr un ambiente universitario sustentable.

Se proponen entonces diversas MMEE, para lograr los objetivos de reducir los consumos energéticos hacia 2030. Se comienza por las de menor inversión y esfuerzo, buscando instalar la problemática y la sensibilización por ella, para luego transitar hacia las medidas de mayor impacto y ahorro energético, que suponen también mayores niveles de inversión. Estas MMEE se clasifican en tres grupos:

1) Adopción de hábitos de uso responsable (\$):

Se busca aquí la concienciación de la población universitaria sobre el uso responsable de la energía, apelando a campañas gráficas, radiales, audiovisuales difundidas por redes sociales, junto a talleres o jornadas de capacitación para auxiliares y administrador energético.

Esto es lo que se a cabo durante el año 2019 cuando empezó la implementación del Programa UNSE Verde, y en los cuales se hizo hincapié en mantener la iluminación artificial apagada cuando se prescindía de su uso, regular los equipos de aire en 24° C, y mantener puertas y ventanas correctamente cerradas.

2) Medidas de Gestión (\$\$):

2.1. instalación de sensores de presencia para regular la iluminación en núcleos sanitarios cuando fuera necesario, interruptores horarios digitales en circulaciones, restringir el uso de iluminación artificial a horarios donde disminuye la iluminación natural e interruptores crepusculares para la iluminación exterior.

2.2. reducción de pérdidas y ganancias térmicas en la envolvente edilicia mediante la incorporación de aislaciones térmicas en muros y techos, la instalación

de burletes en puertas y ventanas, y la incorporación de protecciones solares a los distintos frentes edilicios. Para la envolvente se propone una rehabilitación energética con la incorporación de AISLA-SUSTEX (Saez et al., 2021). El mismo es un aislamiento térmico de residuo textil, que se plantea hacia el interior de los ambientes, para no intervenir sobre las fachadas. Este aislante se plantea para los cerramientos verticales existentes, es decir sobre M1 y M2, colocando allí las perfilerías metálicas, entre ellas la aislación, y placas de yeso cartón tipo durlock como terminación final. Los muros M1 y M2 actualmente no alcanzan a verificar el Nivel C mínimo para lograr el confort higrotérmico, teniendo valores de transmitancia térmica de cálculo en el orden del 2,39 W/m².K y el 1,78 W/m².K. En cambio, en la alternativa planteada se mejora el valor de K del M1 a 0,76 W/m².K y del M2 a 0,44 W/m².K, mejorando respectivamente al nivel de confort higrotérmico A/B. De igual modo, en los casos de los techos T1, T2, T3 y T4, que actualmente no poseen aislación térmica de ningún tipo,

se plantea incorporar por etapas AISLA-SUSTEX en los diferentes techos de cada bloque, de manera de disminuir los valores de transmitancia térmica que no verifican en el Nivel C mínimo de confort higrotérmico, alcanzando el Nivel B.

3) Medidas de recambio tecnológico (\$\$\$):

3.1. sustitución de los dos tipos de lámparas existentes, de tubos fluorescentes y las halógenas, por lámparas de tipo LED:

3.2. reemplazo de equipos de acondicionamiento de aire existentes de Nivel C de EE por otros más eficientes, del tipo inverter de Nivel A de EE.



Figura 11: Disminución del IEE por la optimización del consumo energético. Fuente: elaboración propia.

Discusión

La presente investigación llevó a cabo un análisis del comportamiento energético de los edificios que conforman la FCEyT de la UNSE. Se observaron grandes pérdidas a través de los elementos constitutivos de las envolventes, lo que demanda grandes cantidades de energía para la climatización mecánica del aire, particularmente en verano, estación más crítica en esta provincia del norte argentino. Sin embargo, utilizando el IEE como indicador para evaluar el inicio del Programa UNSE Verde, que comenzó a implementarse en el año 2019, se evidenció una reducción en los niveles de consumo en kWh/m².año. Principalmente esto se debe al comienzo de un uso racional de la energía (URE), motivado por un mayor control del comportamiento de la población que utiliza las instalaciones, a la vez que éste también mejoró tras distintas capacitaciones a los usuarios para la concienciación en el tema. Posteriormente, al haber identificado que los usos de energía significativos se concentraban en un 68% en refrigeración y ventilación, más un 22% en iluminación, cumpliéndose de esta manera con la Ley de Pareto, se incorporaron alternativas de MMEE específicas para atender esta problemática.

Se propusieron medidas de gestión para controlar de manera automática los ajustes en el sistema de iluminación artificial en combinación con medidas de recambio tecnológico de las luminarias.

Para lograr proyectar la disminución del mayor consumo eléctrico demandado para el acondicionamiento higrotérmico de los ambientes, se plantea a mediano plazo intervenir en las envolventes edilicias, ya que es el principal factor involucrado en la reducción de las transmitancias térmicas, con la incorporación de aislación sustentable en muros y techos, de baja huella de carbono en su producción. Como consecuencia de esto, los niveles de cargas térmicas se verán reducidos, suponiendo un uso menos intensivo de equipos de refrescamiento termo-mecánicos.

Los resultados son muy alentadores, si se toma en consideración que el período en análisis es la etapa de uso de energía operativa, siendo esta, la fase más larga del ciclo de vida de las construcciones y, por lo tanto, incide de forma determinante en el impacto ambiental asociado al edificio. Finalmente, como estrategia complementaria, se propone el recambio tecnológico de los equipos de refrigeración involucrados por otros más eficientes.

Conclusión

La década que transitamos es decisiva para llevar al plano de la acción las propuestas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y alcanzar las metas previstas en la Agenda 2030. En este sentido, las universidades se ven interpeladas en la búsqueda de medidas de mejora para el uso racional y eficiente de la energía, y con ello contribuir a escenarios de reducción de CO₂ y otros GEIs, junto con

el aprovechamiento de fuentes de energía renovables en post de la transición energética.

En este trabajo de investigación se evidenció un déficit térmico- energético edilicias de la FCEyT de la UNSE, los cuales deben rehabilitarse con el fin de alcanzar el compromiso asumido del *Rate to Zero* for Universities and Colleges, hacia los años 2030 y 2050. Es así que el Programa UNSE Verde es prioritario en el marco del Plan Estratégico de la Universidad camino al fin de este decenio, ya que permite avanzar en materia de eficiencia energética y en la incorporación de energías renovables.

Por esto, se concluye que resulta necesario plantear diversas estrategias para la reducción del consumo de la energía como ser la adopción de hábitos de uso responsable, y realizar intervenciones de mejoras tecnológicas de la envolvente y de las instalaciones. Sin embargo, se evidencia que también es necesario la implementación de instrumentos técnicos, procedimentales y normativos

diagramados en forma integral, dentro de la concreción de un *Plan de Gestión para la Eficiencia y el Ahorro Energético de la UNSE*, que sienta las bases y directrices para cumplir con la meta de disminuir el impacto ambiental y lograr la sustentabilidad de la Universidad.

Referencias

Abu Bakar, N. N., Hassan, M. Y., Abdullah, H., Rahman, H. A., Abdullah, M. P., Hussin, F., & Bandi, M. (2015). Energy efficiency index as an indicator for measuring building energy performance: A review. *2015*, *44*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.018>

AChEE. (2014). *Guía de apoyo al desarrollo de diagnósticos energéticos para instituciones de educación superior*.

Ahmad, S. A., Hassan, M. Y., Abdullah, H., Rahman, H. A., Majid, M. S., & Bandi, M. (2012). Energy efficiency measurements in a Malaysian public university. *PECon 2012 - 2012 IEEE International Conference on Power and Energy, October 2016*, 582–587. <https://doi.org/10.1109/PECon.2012.6450281>

Alías, H. M., Jacobo, G. J., Martina, Pa. E., & Corace, J. J. (2013). Auditorías higrotérmicas de edificios según su diseño tecnológico-constructivo: el caso de la Facultad de Arquitectura de la UNNE. *ADNea Revista de Arquitectura y Urbanismo Del Nordeste Argentino*, *1*(Diciembre), 63–76.

Barros, V., & Camilloni, I. (2016). *La Argentina y el cambio climático. De la física a la política* (EUDEBA ed.)

Cavagliato, L., Castro, M. L., & Yáñez, J. I. (2018). Evaluación de criterios de sostenibilidad en procesos de compra pública: sostenibilidad en procesos de compra pública en la Universidad Nacional de Villa María. *7mo Congreso de Administración Del Centro de La República. 4to Encuentro Internacional de Administración Del Centro de La República. 3er Congreso de Ciencias Económicas Del Centro de La República*.

COAA. (2018). *Plan de Uso Responsable de la Energía en la Universidad*.

Filippín, C., Beascochea, A., & Gorozurreta, J. (2001). Residencias universitarias bioclimáticas en La Pampa. Resultados de su comportamiento térmico y energético. *AVERMA*, *5*.

Garzón, B., & Mendonca, C. (2013). *TRANS-Q-E: Programa calculador de transmitancia, cargas térmicas de calefacción y refrigeración y consumos energéticos, según Normas IRAM 11601(2004), 11603 (2012), 11604 (2004), 11605 (2002), 11659-1 (2007), 11659-2 (2007)*.

Giuliano, G., Castro, I., & Garzón, B. (2019). *Evaluación de la Eficiencia Térmico-Energética del Proyecto de Ampliación del instituto de Estudios Ambientales y Desarrollo Rural de La Llanura Chaqueña -IEADeR-*.

Giuliano, G., Fernández, F., Prieto Villarroya, J., Garzón, B., & Ortega, M. (2020). Sistemafotovoltaico y captación de agua de lluvia integrados en galerías de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. *CONGRACHA*, *19*.

Giuliano, G., & Garzón, B. (2020). *Evaluación de la Eficiencia Térmico-Energética del Proyecto de Terminación y de Ampliación de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías*.

Gobierno Nacional. (2018). *Manual de implementación de Análisis de Ciclo de Vida en la construcción*. https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/manual_implementacion_metodologia_acv.pdf

IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, . https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf*

IRAM. (2002). 11601: Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, Argentina.

IRAM 11603. (2011). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina* (p. 43). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.

IRAM. (2002). 11605: Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, Argentina.

IRAM.(2004).11604:Aislamiento térmico de edificios.Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, Argentina.

IRAM. (2007). 11659-1: Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, Argentina.

IRAM. (2007). 11659-2: Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificios para viviendas. . Buenos Aires, Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

IRAM 11.900:2017-12. (2019). *Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo* (pp. 1–22). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.

ISO 50.001. (2011). *Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su Uso* (p. 28). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>

Köppen (1936) Das geographische system der klimate. Berlin Verlang von Grâvuder Borntraeger, seite C13.

Saez, V. C., Giuliano, G., & Garzón, B. (2021). Tecnología sostenible. Mejoramiento de la vivienda social con AISLA-SUSTEX. *Andina*, 11(10).

UNSE. (2019a). *Plan estratégico de la Universidad Nacional de Santiago del Estero* (pp. 1–78). <https://www.unse.edu.ar/index.php/plan>

UNSE. (2019b). *Res. HCS 204/2019* (p. 6). <https://www.unse.edu.ar/unseverde/>

Yáñez, J. I. (2018). Campus Sostenible 2018. Autoevaluación de la Sostenibilidad del Campus de la UNVM. *I Congreso Iberoamericano de Educación Para La Sustentabilidad Universitaria*.

* **Contribución:** el trabajo fue íntegramente realizado por los autores.

* El Editor en Jefe de la revista Arq. Carla Nóbile aprobó la publicación final del artículo.