

*Paper*

## **Eficiencia energética en edificios con datacenters. Lineamientos para Argentina**

**Passarello, Julieta Cecilia**

[julietapassarello@gmail.com](mailto:julietapassarello@gmail.com)

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Maestría Sustentabilidad en Arquitectura y Urbanismo. Capital Federal, Argentina.

### **Palabras clave**

Gestión de energía, Transición energética, Eficiencia, Energética, Innovación tecnológica, Edificación sustentable.

### **Resumen**

La presente investigación se centra en la eficiencia energética en edificaciones, poniendo especial énfasis en cómo las prácticas innovadoras de diseño y gestión pueden contribuir a la sustentabilidad en arquitectura y urbanismo. El objetivo principal es explorar estrategias para optimizar el consumo de energía en edificios que albergan datacenters, buscando reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir los costos operativos, mejorando así el confort y la calidad ambiental para los ocupantes.

La investigación aborda la identificación de los desafíos actuales en la gestión energética de las edificaciones en Argentina, analizando las prácticas existentes y destacando áreas susceptibles de mejora. Este enfoque aspira a promover edificaciones más eficientes y sustentables.

La investigación también considera las normativas locales específicas y las certificaciones internacionales, evaluando cómo estas influyen en

la implementación de prácticas de eficiencia energética y en la mejora de la gestión energética integral en edificios con datacenters. Este enfoque permite una comprensión profunda de las regulaciones vigentes y su alineación con estándares internacionales, lo cual es crucial para proponer estrategias efectivas dentro del marco legal existente

Se destaca la importancia de integrar tecnologías avanzadas y metodologías innovadoras en la remodelación y optimización de edificios existentes, adaptando su diseño para mejorar la eficiencia energética. Este enfoque no solo facilita la actualización de infraestructuras preexistentes, sino que también contribuye a la sustentabilidad ambiental y la reducción del consumo energético.

Finalmente, se propone desarrollar un marco de referencia para guiar la ejecución de proyectos que prioricen la eficiencia energética. Este marco tiene como objetivo ser una herramienta estratégica para influir positivamente en el entorno construido, promoviendo un uso más eficiente y consciente de los recursos energéticos.

## Introducción

La eficiencia energética en edificios, particularmente en aquellos que albergan datacenters, se ha convertido en una prioridad debido a la alta demanda de energía y sus impactos ambientales. En Argentina, esta necesidad es aún más crítica dada la creciente preocupación por los costos energéticos y las emisiones de gases de efecto invernadero. La gestión energética en estos espacios no depende únicamente de soluciones tecnológicas, sino también de la interacción de los usuarios con los sistemas de climatización y monitoreo energético.

Los datacenters representan entre el 2 % y el 3 % del consumo energético global, según Naciones Unidas (2015), y su crecimiento exponencial plantea desafíos urgentes en términos de sustentabilidad. Casos internacionales han demostrado que la implementación de tecnologías avanzadas puede transformar la eficiencia energética de estos espacios. El edificio Media-TIC en España redujo su consumo energético en un 40% mediante la integración de sistemas de gestión térmica inteligente y soluciones de iluminación eficientes (Media-TIC, 2022). De manera similar, los datacenters de Facebook en Suecia han demostrado el impacto positivo de la refrigeración mediante aire frío natural, logrando una reducción en el uso de sistemas HVAC convencionales (Facebook, 2023).

En el contexto argentino, un informe de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA, 2016) señala que la modernización de sistemas de climatización y la adopción de fuentes de energía renovable podrían disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 35 %, además de generar ahorros operativos importantes. La falta de normativas específicas y la fragmentación en la gestión energética de los datacenters dificultan la implementación de estas soluciones. El papel de los operadores y técnicos de estos edificios desempeñan un rol clave, ya que sus decisiones sobre el control de temperatura, la ventilación y el uso de energía afectan directamente la eficiencia de los sistemas.

En ese marco, esta investigación se propone abordar estos desafíos, explorando cómo las prácticas innovadoras de diseño y gestión pueden transformar la eficiencia energética en datacenters existentes. Dado que los usuarios tienen un rol activo en la gestión de los espacios construidos, este estudio también analizará cómo su participación influye en el consumo energético y en la implementación de estrategias eficientes. El estudio se centra en identificar áreas de mejora y evaluar el impacto de normativas locales, como la Ley 27.270, así como estándares internacionales como ISO 50001 e ISO 14001, en la implementación de soluciones eficientes. Se busca desarrollar un marco de referencia práctico para guiar futuros proyectos, promoviendo un uso más eficiente y sustentable de los recursos energéticos.

Se plantea la hipótesis según la cual la implementación de tecnologías avanzadas y estrategias de gestión energética en datacenters existentes en Argentina permitirá reducir el consumo de energía en al menos un 30 % y mejorar la sustentabilidad del sector. Se considera que la capacitación de los usuarios y la incorporación de interfaces intuitivas para la gestión energética pueden contribuir a la optimización del rendimiento de los sistemas.

Para alcanzar estos objetivos, la metodología se basa en el análisis de casos de estudio, la revisión de normativas y la evaluación de tecnologías emergentes. Se analizará el grado de control que tienen los usuarios sobre los sistemas de climatización y consumo energético, identificando oportunidades para mejorar la eficiencia mediante su intervención.

## **Metodología**

El enfoque metodológico de esta investigación se estructura en varias etapas, diseñadas para abordar distintos aspectos de eficiencia energética en edificios que albergan datacenters en Argentina:

### **1 - Revisión de literatura y análisis del estado del arte**

**Objetivo:** Identificar las mejores prácticas, innovaciones tecnológicas y deficiencias en la gestión energética de datacenters en Argentina.

**Actividades:** Análisis de estudios académicos, informes técnicos, normativas locales e internacionales y casos de estudio.

### **2 - Evaluación de las prácticas actuales de gestión energética**

Objetivo: Comprender el estado actual del consumo energético en datacenters en Argentina.

Actividades: Visitas a sitios, recopilación de datos sobre consumo energético, sistemas de refrigeración, fuentes de energía utilizadas y mantenimiento de equipos. Se analizará el grado de control que tienen los operadores y técnicos sobre la climatización y el consumo energético.

### 3 - Análisis normativo y regulaciones aplicables

Objetivo: Identificar las exigencias legales y su impacto en la implementación de prácticas eficientes de gestión energética.

Actividades: Revisión de normativas locales e internacionales (LEED, ISO 50001, ASHRAE), análisis de leyes, reglamentos y certificaciones relevantes.

### 4 - Identificación de áreas clave de mejora

Objetivo: Determinar oportunidades para optimizar el desempeño energético de los datacenters.

Actividades: Análisis crítico y revisión normativa enfocada en la optimización de sistemas de refrigeración, uso de fuentes renovables, tecnologías de monitoreo en tiempo real y mejora de infraestructura. Se evaluará cómo la interacción del usuario con estos sistemas influye en su rendimiento.

### 5 - Evaluación de tecnologías emergentes

Objetivo: Analizar la viabilidad de soluciones innovadoras en eficiencia energética.

Actividades: Estudio de tecnologías de enfriamiento por aire y líquido, sistemas de energía solar fotovoltaica, baterías de almacenamiento y software de gestión energética.

### 6 - Desarrollo de estrategias específicas de optimización

Objetivo: Diseñar soluciones prácticas y aplicables para reducir el consumo energético en datacenters.

Actividades: Formulación de estrategias basadas en los hallazgos previos, considerando aspectos técnicos, económicos y regulatorios del país.

### 7 - Elaboración de un marco de referencia para la implementación

Objetivo: Proporcionar directrices claras y aplicables para futuros proyectos de eficiencia energética en datacenters.

Actividades: Creación de lineamientos detallados sobre la implementación de estrategias de optimización energética, asegurando coherencia y efectividad.

Dado que la investigación se encuentra en su etapa de análisis preliminar, las simulaciones aún no han sido realizadas. En fases posteriores, se contempla el uso de herramientas como EnergyPlus y Rhino para evaluar el desempeño energético de los edificios seleccionados.

## Resultados

El análisis realizado ha revelado varios hallazgos sobre la eficiencia energética en edificios que albergan datacenters en Argentina. A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos a partir de la revisión de literatura y normativas:

- Influencia del diseño arquitectónico en la eficiencia energética

La orientación del edificio juega un papel fundamental en la eficiencia energética, permitiendo aprovechar al máximo la luz natural y minimizar la ganancia térmica. Según estudios previos sobre edificación sustentable, se estima que la aplicación de estrategias de diseño pasivo y prácticas sustentables puede maximizar la eficiencia energética. Esta estrategia contribuye a la reducción del consumo de energía y a la mejora del confort térmico de los usuarios, quienes desempeñan un papel clave en la gestión de los sistemas de control térmico y ventilación.

- Uso de materiales avanzados para el aislamiento térmico

El uso de materiales avanzados para aislar térmicamente los edificios disminuye la carga térmica interna y la necesidad de climatización artificial. Materiales como el aislamiento de celulosa y los paneles de alto rendimiento han demostrado ser efectivos en la reducción del consumo energético, proporcionando una barrera eficiente contra las pérdidas de calor. Su desempeño puede verse afectado por la forma en que los usuarios gestionan la ventilación natural y los sistemas de climatización.

- Aplicación de Tecnologías de Eficiencia Energética y Energías Renovables

- La implementación de sistemas HVAC de alta eficiencia y la utilización de iluminación LED optimizada con controles automáticos permiten reducir considerablemente el consumo eléctrico. La efectividad de estos sistemas depende de la capacidad del usuario para ajustar los parámetros de operación de manera eficiente.
- La integración de paneles solares contribuye a alinear las operaciones del datacenter con las capacidades de regeneración natural, destacando la importancia de adaptar tecnologías limpias en la infraestructura de TI. Estas tecnologías avanzadas, como los sistemas de enfriamiento por aire y líquido, la energía solar fotovoltaica y software de gestión energética, tienen un efecto considerable en la reducción del consumo energético de los datacenters, pero su eficiencia también está influenciada por las prácticas de uso y mantenimiento adoptadas por los operadores del edificio.

- Sistemas de Gestión de Energía (EMS) y su impacto en la eficiencia operativa

Los Sistemas de Gestión de Energía (EMS) permiten un monitoreo en tiempo real y una gestión proactiva del consumo energético, facilitando la optimización continua de las operaciones y la reducción del impacto ambiental. La gestión proactiva de la energía y el uso de análisis predictivo son esenciales para anticipar demandas energéticas y optimizar el uso de recursos, permitiendo una planificación más precisa y una operación más eficiente, reduciendo los picos de demanda y evitando el sobredimensionamiento de los sistemas.

- Importancia de las certificaciones y normativas en eficiencia energética

Aspirar a certificaciones como LEED, EDGE o BREEAM no solo valida las prácticas de construcción sustentable, sino que también fortalece la responsabilidad corporativa hacia la sustentabilidad ambiental. La reducción de las emisiones de carbono y el uso responsable de los recursos naturales resultan así esenciales para alinear las prácticas empresariales con los objetivos globales de desarrollo sustentable. Las normativas locales e internacionales juegan un papel fundamental en la adopción de prácticas eficientes de gestión energética.

- Propuesta de un marco de referencia para proyectos de eficiencia energética

La propuesta de un marco de referencia para la ejecución de futuros proyectos de eficiencia energética ofrece directrices claras y prácticas para la planificación, implementación y evaluación de estrategias de eficiencia energética. Este marco incluye recomendaciones detalladas sobre cómo implementar las estrategias de optimización propuestas, asegurando que sean coherentes y efectivas. Plantea estrategias para aumentar la participación de los usuarios en la gestión energética, incorporando sistemas de monitoreo accesibles y metodologías de capacitación para mejorar la toma de decisiones en el consumo de energía.

- Impacto esperado de la implementación de estrategias de eficiencia energética

La implementación de estas estrategias y tecnologías no solo mejorará la eficiencia energética, sino que también favorece a la sustentabilidad ambiental y a la reducción de costos operativos. Las prácticas sustentables y las tecnologías avanzadas permiten a las empresas reducir su huella de carbono y operar de manera más rentable. Fomentar una cultura de innovación y mejora continua en el sector de datacenters es esencial para avanzar en la eficiencia energética y la sustentabilidad.

Los resultados aquí expuestos corresponden a una fase exploratoria de la investigación en desarrollo, basada en la revisión de literatura y estudios

previos. Se espera que futuras etapas del proyecto incluyan mediciones en campo y simulaciones para validar estos hallazgos.

## Discusión

Los hallazgos expuestos en la sección de resultados indican que existen diversas estrategias para mejorar la eficiencia energética en datacenters. En términos generales, los avances en climatización y el uso de energías renovables han demostrado ser eficaces en otros países, como en el caso del edificio Media-TIC en España, que logró una reducción del 40 % en su consumo energético mediante la implementación de sistemas de gestión térmica inteligente (Media-TIC, 2022).

En comparación con estudios internacionales, la literatura sugiere que el impacto de la refrigeración líquida en datacenters es significativo. Facebook (2023) reportó que sus datacenters en Suecia han logrado minimizar el uso de sistemas HVAC convencionales mediante el aprovechamiento del aire frío exterior, lo que representa una oportunidad viable para regiones con climas similares.

Desde el punto de vista normativo, en Argentina se identificó una fragmentación en la gestión de la eficiencia energética en datacenters. Mientras que estándares como ISO 50001 y ASHRAE establecen criterios técnicos precisos, las regulaciones locales aún no están alineadas completamente con estos estándares internacionales. Esto sugiere la necesidad de adaptar las normativas nacionales para promover la adopción de tecnologías más eficientes.

Uno de los desafíos más relevantes identificados corresponde a la viabilidad económica de estas estrategias en el contexto argentino. Aunque los beneficios energéticos de la implementación de paneles solares y sistemas EMS están ampliamente documentados, el alto costo inicial puede representar una barrera. Estudios previos han demostrado que, si bien la inversión en eficiencia energética se amortiza en el mediano plazo, el acceso a financiamiento y a incentivos fiscales constituye un factor clave para su implementación en Argentina. Por lo tanto, si bien los resultados preliminares respaldan la necesidad de incorporar prácticas innovadoras en la gestión energética de datacenters, resulta esencial complementar estos hallazgos con mediciones en campo y simulaciones que permitan validar empíricamente las mejoras en el consumo energético.

Para ello, se considera necesario evaluar el impacto del comportamiento del usuario en la eficiencia energética, identificando estrategias relevantes que promuevan su participación en la reducción del consumo. La implementación de sistemas accesibles de monitoreo y programas de formación pueden contribuir a optimizar la gestión energética y maximizar los beneficios de las soluciones tecnológicas.

## Conclusiones

La investigación sobre la eficiencia energética en edificios que albergan datacenters en Argentina ha revelado varios hallazgos y propuestas para optimizar el consumo de energía, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir los costos operativos. A continuación, se presentan las conclusiones específicas de este estudio:

- La integración de tecnologías avanzadas, como los sistemas de enfriamiento por aire y líquido, la energía solar fotovoltaica y el software de gestión energética, resulta esencial para optimizar el consumo de energía en datacenters. Estas tecnologías no solo mejoran la eficiencia energética, sino que también facilitan un control más preciso y eficiente del clima interno, disminuyendo la dependencia de métodos convencionales de refrigeración.
- Las normativas locales e internacionales requieren ser revisadas y adaptadas para reflejar los avances tecnológicos y las mejores prácticas globales. El cumplimiento de normas como LEED, ISO 50001 y ASHRAE no solo asegura una base mínima de eficiencia, sino que también incentiva la mejora continua y la adopción de tecnologías emergentes. Resulta fundamental que las políticas regulatorias evolucionen en paralelo con los desarrollos tecnológicos para maximizar los beneficios de la eficiencia energética.
- La propuesta de un marco de referencia para la ejecución de futuros proyectos de eficiencia energética ofrece directrices claras y prácticas para la planificación, implementación y evaluación de estrategias de eficiencia energética. Este marco incluye recomendaciones detalladas sobre cómo implementar las estrategias de optimización propuestas, asegurando que sean coherentes y efectivas.
- La adopción de estrategias de eficiencia energética no solo mejora la eficiencia operativa de los datacenters, sino que también contribuye a la sustentabilidad ambiental y a la reducción de costos operativos en beneficio del usuario. Las prácticas sustentables y las tecnologías avanzadas permiten a las empresas reducir su huella de carbono y operar de manera más rentable. Esto incluye la optimización de sistemas de refrigeración, la utilización de fuentes de energía renovable y la implementación de tecnologías de monitoreo y control en tiempo real con la participación consciente del usuario.
- Fomentar una cultura de innovación y mejora continua en el sector de datacenters se considera esencial para avanzar en la eficiencia energética y la sustentabilidad. La gestión proactiva de la energía resulta así relevante para anticipar demandas energéticas y optimizar el uso de recursos. Esta cultura de innovación ha de promoverse a través de programas de capacitación, la difusión de buenas prácticas y la implementación de

políticas corporativas que prioricen la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental y bienestar de los usuarios.

- La implementación de las estrategias y tecnologías mencionadas no solo mejora la eficiencia energética, sino que también contribuye a la sustentabilidad ambiental y a la reducción de costos operativos. La reducción de las emisiones de carbono y el uso responsable de los recursos naturales valorizan las prácticas empresariales en el marco de los objetivos globales de desarrollo sustentable. La adopción de certificaciones como LEED o BREEAM fortalece la responsabilidad corporativa hacia la sustentabilidad ambiental del hábitat edificado.

Las conclusiones presentadas en este informe corresponden a una fase preliminar de la investigación, basada en el análisis bibliográfico y normativo.

## Bibliografía

### Artículos científicos en revistas

- Brown, R. E., Koomey, J. G., & Linton, L. S. (2007). Data center energy efficiency and productivity. *The ASHRAE Journal*, 49(11), 24-30. <https://www.ashrae.org/>.
- Evans, J. M. (2011). El aporte del diseño en edificios energéticamente eficientes en el marco del desarrollo sustentable. *Actas del Congreso Internacional EkoTectura 2011*, Bogotá.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394-398.

### Libros y Normas

- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2015). Norma ISO 14001: Sistema de gestión ambiental. IRAM.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (2018). Norma ISO 50001: Sistemas de gestión de la energía. IRAM.
- Olgyay, V. (2008). *Arquitectura y clima*. Gustavo Gili.

### Documento legal (Ley, Decreto, Norma Oficial)

- Gobierno de Argentina. (2021). Ley Nacional de Eficiencia Energética N.º 27.699. *Boletín Oficial de la República Argentina*.

### Documentos de organismos internacionales

- Naciones Unidas. (2015). *Transformando nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>

### Sitios web y publicaciones en línea

- Facebook. (2023). Data center energy efficiency: Lessons from Sweden. Facebook Sustainability Initiatives. <https://sustainability.fb.com>
- Verne Global. (s.f.). Sustainable data centers in Iceland. Verne Global. <https://www.verneglobal.com/about-us>