

Reducción de la huella de carbono y mejora de la sostenibilidad energética en el edificio Electrotécnica con celdas fotovoltaicas

Reduction of the Carbon Footprint and Improvement of Energy Sustainability in the Electrotécnica Building with Photovoltaic Cells

Moisés Calderón Zúñiga¹, Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (ULACIT)
2024

Resumen

La investigación se centra en la integración de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica, con el objetivo de reducir la huella de carbono y mejorar la sostenibilidad energética. La motivación radica en la necesidad de enfrentar los desafíos energéticos y ambientales actuales mediante la implementación de tecnologías limpias. El problema identificado es la alta demanda energética en el edificio, impulsada principalmente por los sistemas de climatización y los equipos de TI, lo cual contribuye a una significativa huella de carbono.

El objetivo principal de la investigación es evaluar cómo la incorporación de celdas fotovoltaicas contribuye a la reducción de la huella de carbono y mejora la sostenibilidad energética del edificio. Los objetivos específicos incluyen analizar las necesidades energéticas del edificio, evaluar los aspectos técnicos de la instalación de celdas fotovoltaicas, investigar las regulaciones y normativas locales, y determinar las mejoras operativas y de sostenibilidad que se lograrían.

La hipótesis planteada es que el uso de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica tendrá un impacto positivo significativo en la reducción de la huella de carbono y en la mejora de la sostenibilidad energética.

Para lograr estos objetivos se utilizaron métodos cualitativos, de esta manera, se realizaron seis entrevistas a ingenieros eléctricos y cuatro a técnicos de instalación y mantenimiento. Los instrumentos consistieron en guías de entrevistas estructuradas, enfocadas en aspectos técnicos, regulaciones y mejoras operativas.

¹ *Bachiller en Ingeniería Electromecánica, Universidad Central, actualmente Ingeniero Electromecánico en Electrotécnica. ORCID (0009-0000-8552-7108). Correo electrónico: moi.cal@hotmail.com*

Los resultados revelaron que los sistemas de climatización y TI son los mayores consumidores de energía, con una alta demanda en meses cálidos y durante las horas laborales. La infraestructura actual puede soportar celdas fotovoltaicas con actualizaciones necesarias en inversores y conexiones. Se identificaron desafíos como el espacio limitado en el techo y la necesidad de cumplir con regulaciones locales rigurosas.

Las conclusiones principales indican que la instalación de celdas fotovoltaicas mejoraría significativamente la sostenibilidad energética y reduciría los costos energéticos, aunque se requieren ajustes en la infraestructura y mantenimiento regular.

Para futuras investigaciones se recomienda explorar el impacto económico y ambiental a largo plazo de la tecnología fotovoltaica, y considerar la integración de tecnologías complementarias para optimizar el uso del espacio y la eficiencia energética.

Palabras clave:

Fotovoltaico, sustentabilidad, energía, infraestructura, regulaciones

Abstract

This research investigates the integration of photovoltaic cells into the Electrotécnica building to reduce carbon footprint and enhance energy sustainability. The primary motivation behind this study is to address the pressing energy and environmental challenges by adopting clean technologies. The problem identified is the building's high energy consumption, driven mainly by air conditioning systems and IT equipment, which significantly contributes to its carbon footprint.

The main objective of the research is to assess how integrating photovoltaic cells can effectively reduce the building's carbon footprint and improve its energy sustainability. To achieve this, the study focuses on several specific objectives: analyzing the building's current energy needs, evaluating the technical feasibility of installing photovoltaic cells, investigating relevant local regulations and standards, and identifying potential operational and sustainability improvements.

The hypothesis is that implementing photovoltaic technology in the Electrotécnica building will significantly contribute to reducing the carbon footprint and enhancing overall energy sustainability. To test this hypothesis, qualitative research methods were employed, including six interviews with electrical engineers and four interviews with installation and maintenance technicians. Structured interview guides were used to gather detailed insights into technical aspects, regulatory requirements, and operational considerations.

The results indicate that air conditioning and IT systems are the major energy consumers, with peak demand during warm periods and business hours. The existing infrastructure can accommodate photovoltaic cells, although updates to inverters and connections will be necessary. Challenges such as limited rooftop space and strict local regulations were also identified.

The study concludes that installing photovoltaic cells will notably improve the building's energy sustainability and reduce energy costs, though infrastructure modifications and regular maintenance will be required. Future research should explore the long-term economic and environmental impacts of photovoltaic technology and consider integrating additional technologies to optimize space usage and energy efficiency.

Key Words:

Photovoltaics, Sustainability, Energy, Infrastructure, Regulations

Introducción

Descripción del proyecto

La demanda de energía en edificios críticos como Electrotécnica, el cual alberga un Centro de Operaciones de Red (NOC), ha aumentado por el crecimiento tecnológico y la necesidad de operar 24/7. Aunque el principal objetivo de Electrotécnica no es el NOC, su presencia exige una fuente de energía confiable y sostenible.

El uso de combustibles fósiles aumenta el cambio climático y los costos. Las energías limpias, como las celdas fotovoltaicas, son una alternativa viable y sostenible. Este proyecto refleja el compromiso de Electrotécnica con el medio ambiente, dado que busca reducir su huella de carbono.

El proyecto investigó la alternativa de instalar celdas fotovoltaicas en Electrotécnica para reducir la dependencia de energía no renovable, disminuir costos operativos y proteger el medio ambiente.

Justificación del trabajo de investigación

Por una parte, la creciente demanda de energía en instalaciones críticas como el Centro de Operaciones de Red (NOC) de Electrotécnica requiere soluciones energéticas sostenibles que aseguren una operación continua sin depender de fuentes de energía no renovables. La implementación de celdas fotovoltaicas proporciona una solución eficiente que garantiza la fiabilidad operativa mientras minimiza el impacto ambiental.

Por otra parte, el cambio climático y la necesidad de reducir la huella de carbono exigen la adopción de alternativas de energía limpia. Las celdas fotovoltaicas ofrecen una fuente de energía renovable y libre de emisiones, contribuyendo significativamente a la reducción de la huella de carbono del edificio y alineándose con los objetivos globales de sostenibilidad.

Finalmente, integrar un sistema fotovoltaico refuerza el compromiso de Electrotécnica con la sostenibilidad energética y ambiental, con lo cual demuestra su responsabilidad con la protección del medio ambiente y la reducción de impactos negativos del uso de energía convencional.

Beneficios de realizar esta investigación

La implementación de un sistema de celdas fotovoltaicas en Electrotécnica genera los siguientes beneficios:

1. Mejorar la reputación corporativa: Refuerza la imagen de Electrotécnica como líder en sostenibilidad, atrayendo clientes y socios comprometidos con el medio ambiente.
2. Reducir la dependencia de combustibles fósiles: Disminuye la huella de carbono y contribuye a los objetivos globales de reducción de emisiones, alineando a Electrotécnica con estándares internacionales.
3. Crear un entorno más saludable y sostenible: Mejora el entorno de trabajo para empleados y visitantes, y facilita el acceso a incentivos fiscales y apoyo gubernamental para tecnologías limpias.

Formulación de la pregunta de investigación

¿Cómo contribuye la implementación de celdas fotovoltaicas en el edificio de Electrotécnica a la reducción de la huella de carbono y a la mejora de la sostenibilidad energética?

Objetivo general

Evaluar el impacto de la implementación de celdas fotovoltaicas en la reducción de la huella de carbono y la mejora de la sostenibilidad energética en el edificio de Electrotécnica, mediante el análisis de los beneficios ambientales y la integración de energías limpias.

Objetivos específicos

1. Analizar las necesidades energéticas del edificio Electrotécnica.
2. Evaluar los aspectos técnicos relacionados con la instalación de celdas fotovoltaicas, incluyendo la infraestructura existente, la orientación y el espacio disponible.
3. Investigar las regulaciones y normativas locales que afectan la instalación y operación de sistemas de energía fotovoltaica en edificios, asegurando el cumplimiento con los requisitos legales y técnicos pertinentes.
4. Identificar las potenciales mejoras operativas y de sostenibilidad que se lograrían con el uso de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica.

Forma de alcanzar los objetivos

Para alcanzar los objetivos de esta investigación, se adoptó un enfoque cualitativo para evaluar la reducción de la huella de carbono y la mejora de la sostenibilidad energética con celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica. La investigación descriptiva se centró en comprender la situación actual y las prácticas relacionadas con la energía fotovoltaica.

Se utilizaron fuentes primarias como entrevistas con ingenieros y técnicos, y observaciones directas. Las fuentes secundarias incluyeron literatura sobre energías renovables y regulaciones locales, y las fuentes terciarias abarcaron informes internacionales y aspectos técnicos de sistemas fotovoltaicos.

Las entrevistas y cuestionarios se aplicaron a una muestra de conveniencia, así se seleccionaron seis ingenieros eléctricos, dos técnicos de instalaciones y dos técnicos de mantenimiento, entre el 12 de agosto y el 1 de septiembre de 2024.

Marco teórico

En esta sección se presentan y analizan los conceptos por explorar: celdas fotovoltaicas, normas de energía renovable, integración de celdas fotovoltaicas, tendencias en energía sostenible.

Celdas fotovoltaicas

Según Soto (2005):

Una celda solar es un dispositivo que convierte la energía de la luz del sol en energía eléctrica en forma directa, sin la necesidad de piezas móviles o algún tipo de combustión. El efecto fotovoltaico, es decir, convertir la luz solar en electricidad se produce en materiales conocidos como semiconductores, las cuales son materiales cuya conductividad puede ser modificada, y además generar una corriente eléctrica con cargas negativas, positivas o ambas. Al incidir los rayos del sol en un semiconductor, algunos de los electrones de la banda de valencia absorben energía de los fotones y pasan a la banda de conducción donde pueden ser llevados fácilmente a un circuito externo generando por tanto una corriente electrónica.

Al dejar su lugar los electrones, provocan en el material “huecos”, considerados como una partícula de signo positivo, los cuales también se “mueven” como una corriente en sentido opuesto a la electrónica. Este movimiento se asemeja al desplazamiento de una burbuja en el agua. Para que los electrones y huecos generados por la luz solar no se recombinen dentro del semiconductor se debe contar con un campo eléctrico interno, en cuyo sentido se moverán los electrones. Este campo eléctrico es producido en general por una juntura similar a la del diodo semiconductor. (p. 7)

De igual manera, Hernández Gallegos (2017), comenta al respecto:

El material más eficiente es el silicio mono-cristalino que presenta características y duración en el tiempo superior a cualquier otro material utilizado para el mismo fin. Otros materiales para la realización de las celdas FV son: Silicio Mono-cristalino con rendimiento energético desde 15% hasta 17%, Silicio Poli-cristalino con rendimiento energético desde 12% hasta 14%, Silicio Amorfo con rendimiento energético menor del 10%. Otros materiales son: Arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telurio de cadmio. (p. 109)

Según Zaidi (2018):

La evolución del efecto fotovoltaico comenzó en 1839 con el descubrimiento de Alexandre Edmond Becquerel, mientras experimentaba con una pila electrolítica sumergida en una sustancia de las mismas propiedades, observó que después al exponerla a la luz generaba más electricidad, así fue como descubrió el efecto que consiste en la conversión de la luz del sol en energía eléctrica. (p. 2)

Regulaciones y normativas para energías renovables

En caso de comercializar esta energía, por no ser utilizada para consumo propio, la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (2014) indica que:

El acceso al SEN es libre para cualquier persona física o jurídica, siempre y cuando el interesado, cumpla con las leyes de la República de Costa Rica y con las reglamentaciones y normas técnicas emitidas por la Autoridad Reguladora y siguiendo los procedimientos aprobados por la Autoridad Reguladora, conforme a las disposiciones de esta norma técnica. (p. 19)

Por su parte, la Procuraduría General de la República (2024) señala lo siguiente:

Se declara de interés público la actividad de generación distribuida para autoconsumo como un instrumento para promover la generación de electricidad haciendo uso de fuentes de energía renovable, y contribuir con el cumplimiento de la meta establecida por el país de ser carbono neutral. (p. 2)

De acuerdo con National Fire Protection Association (2023), se permitirá que los sistemas fotovoltaicos suministren energía a un edificio u otra estructura, además de cualquier otro sistema de suministro eléctrico existente. Los convertidores de energía electrónica, los generadores de motor, los módulos fotovoltaicos, los módulos de corriente alterna y los sistemas de módulos de corriente alterna, los combinadores de corriente continua, el equipo de desconexión rápida fotovoltaica (PVRSE), el equipo de control de peligros fotovoltaicos (PVHCE), los sistemas de control de peligros fotovoltaicos (PVHCS), los controladores de circuitos de corriente continua y los controladores de carga destinados para su uso en sistemas fotovoltaicos deberán estar listados o evaluados para la aplicación específica y tener una etiqueta de campo aplicada.

Además, indica que la instalación de equipos, el cableado asociado y las interconexiones deberán ser realizadas únicamente por personas calificadas. Se permitirá la instalación de múltiples sistemas fotovoltaicos en o sobre un solo edificio o estructura. Los equipos del sistema fotovoltaico y los medios de desconexión no deberán instalarse en baños. Se permitirá que los convertidores de energía electrónica y sus dispositivos asociados se monten en techos u otras áreas que no sean de fácil acceso. Los equipos fotovoltaicos flotantes o adheridos a estructuras flotantes en cuerpos de agua deberán estar identificados como adecuados para este propósito y deberán utilizar métodos de cableado que permitan cualquier movimiento esperado del equipo (pp. 575-576).

Aspectos técnicos de la integración de sistemas fotovoltaicos

Según Arrieta *et al.* (2012), el proceso de diseño de un sistema fotovoltaico optimizado se lleva a cabo en varias fases.

Primero, se identifica una zona adecuada para la instalación, considerando las condiciones ambientales y la irradiación solar del área para asegurar su viabilidad. Con la ubicación seleccionada, se desarrolla la ingeniería de detalle del sistema, que incluye la topología, donde se define la configuración del sistema, enfocándose en la protección de la carga contra cortocircuitos, sobrecargas y picos de tensión, así como la protección de las baterías contra altos voltajes, polaridad inversa y altas temperaturas. El dimensionamiento de dispositivos especifica las características de los componentes del sistema, incluyendo módulos fotovoltaicos, acondicionadores de voltaje, protecciones y baterías. La optimización del ángulo de inclinación determina el mejor ángulo de inclinación de los paneles solares para maximizar la captación de energía solar, este se determina considerando la rotación y traslación de la Tierra, así como la declinación solar y el ángulo zenith. El dimensionamiento del sistema de baterías se realiza considerando la máxima profundidad de descarga y los días de autonomía.

Finalmente, el prototipo se implementa y se verifica su rendimiento mediante pruebas operativas en el sitio (pp. 98-102).

De igual manera, Mesa *et al.* (2009) afirman que la tecnología solar fotovoltaica destaca por su alta confiabilidad, su capacidad para generar electricidad a pequeña escala con la opción de expandirse mediante la adición de más módulos fotovoltaicos, y su facilidad de manejo. Además, es bien aceptada por los usuarios que ya utilizan baterías.

Los sistemas solares pueden instalarse en diversos lugares, ya sea en techos, sobre terrenos o con seguidores solares para optimizar la captación de luz solar. Tienen una vida útil promedio de 20 años, durante los cuales la inversión se recupera fácilmente (p. 332).

Tendencias en sistemas fotovoltaicos

De acuerdo con Statista (s. f.), “la generación de electricidad en el mercado de energía solar se proyecta que alcance 73,62 millones de kWh en 2024. Se espera una tasa de crecimiento anual del 0,72 %.”

Según International Trade Administration (2021), Costa Rica genera menos del 1 % de su producción de energía en energía solar. El resto de la producción es 79 % hidroeléctrica, 12 % eólica y 8 % geotérmica. Los usuarios finales de equipos solares se encuentran en los sectores residencial, comercial, de servicios públicos y, en menor medida, en sistemas fuera de la red, principalmente en las montañas inaccesibles y la Isla del Coco.

La ley autoriza a las empresas y personas privadas a generar energía para autoconsumo sin ninguna restricción. La generación de electricidad para distribuir y vender a terceros está autorizada solo cuando esa energía se vende a una distribuidora a un precio establecido.

Temple (2024) anota lo siguiente:

Avances en la eficiencia de las celdas solares: Investigadores del Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) anunciaron recientemente un avance en la tecnología de celdas solares, logrando una eficiencia récord del 39.5% en una celda solar de seis uniones bajo iluminación concentrada. Este desarrollo podría mejorar significativamente la producción de energía de los futuros paneles solares, haciendo que las instalaciones solares sean más compactas y potentes.

Las celdas solares de perovskita, conocidas por su potencial para ofrecer alta eficiencia a bajos costos de fabricación, han dado un salto significativo. Varios startups han comenzado la producción piloto de módulos de perovskita, prometiendo una nueva ola de soluciones solares asequibles. Esto podría revolucionar el mercado, haciendo que la energía solar sea accesible para una gama más amplia de consumidores e industrias.

En una actualización política significativa, el gobierno de EE. UU. anunció una extensión del Crédito Fiscal para la Inversión en Energía Solar del 26% para proyectos que comiencen su construcción en 2023 y 2024. Esta extensión es parte de un esfuerzo legislativo más amplio para apoyar la adopción de energía renovable en todo el país, proporcionando un entorno estable para las inversiones solares.

La Unión Europea dio a conocer su ambicioso plan para duplicar la capacidad de energía solar fotovoltaica para 2025 e instalar 600 GW para 2030. Esta medida es parte de la estrategia de la UE para reducir la dependencia de los combustibles fósiles importados y fortalecer la seguridad energética, impulsando un aumento de proyectos solares en los estados miembros. (p. 1)

Metodología de la investigación

Enfoque de la investigación

Se basó en un enfoque cualitativo. Creswell (2014), menciona que “el enfoque cualitativo se utiliza para explorar y comprender el significado que los individuos o grupos atribuyen a un problema social o humano” (p. 22). Por lo tanto, este enfoque se centró en la comprensión de las percepciones y experiencias de los ingenieros y técnicos involucrados en este tipo de sistemas, lo cual fue esencial para el análisis, debido a que se escucharon las opiniones y preocupaciones sobre el tema de investigación.

Tipo de investigación

El tipo de investigación empleado fue principalmente descriptivo y exploratorio. Hernández *et al.* (2014), indican que la investigación descriptiva se enfoca en describir los fenómenos; mientras que la exploratoria investiga un área poco conocida para comprenderla mejor. La investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier fenómeno que sea sometido a análisis. Este tipo de investigación permitió detallar las necesidades energéticas del edificio, evaluar los aspectos técnicos de la instalación de celdas fotovoltaicas y analizar las regulaciones y normativas locales que afectan la operación de estos sistemas (p. 92).

Tamaño de población, muestra y tipo de muestreo

La población incluyó entrevistas a ingenieros eléctricos, técnicos de instalaciones y de mantenimiento del edificio Electrotécnica. Se seleccionó una muestra de conveniencia de seis ingenieros eléctricos, dos técnicos de instalaciones y dos de mantenimiento, entre el 12 de agosto y el 1 de septiembre de 2024. Hernández *et al.* (2014), señalan que esta técnica no probabilística selecciona sujetos por su disponibilidad y considera que el muestreo a conveniencia es útil cuando el acceso a la población es fácil y la muestra es representativa de la población objetivo (p. 390). Según Otzen *et al.* (2017), esta técnica permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos. Esto, fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador (p. 230).

Hipótesis

El uso de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica contribuirá significativamente a la reducción de la huella de carbono y mejorará la sostenibilidad energética.

Instrumentos

Para llevar a cabo esta investigación, se diseñaron dos guías de entrevistas estructuradas dirigidas a profesionales del área de ingeniería eléctrica, electromecánica y técnicos de instalación y mantenimiento. Estos instrumentos fueron creados con el propósito de recopilar información detallada y específica sobre la integración de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica, en línea con los objetivos de la investigación. La guía de entrevistas para ingenieros eléctricos se enfocó en recopilar información técnica especializada sobre las necesidades energéticas del edificio, los aspectos técnicos de la instalación de celdas fotovoltaicas, el cumplimiento de regulaciones y normativas, y las posibles mejoras operativas y de sostenibilidad. Por otro lado, la guía dirigida a técnicos abordó problemas de mantenimiento y consumo energético, desafíos técnicos para la instalación, cumplimiento normativo, e impacto en las operaciones y sostenibilidad del edificio tras la integración del sistema fotovoltaico. De acuerdo con Kvale (2007), las entrevistas semiestructuradas permiten a los investigadores hacer preguntas abiertas y explorar en profundidad las respuestas de los participantes, proporcionando una rica comprensión de sus experiencias y perspectivas (p.13).

Resultados

Con el fin de responder a la pregunta de investigación y explorar los objetivos específicos planteados, se realizaron seis entrevistas a ingenieros eléctricos y cuatro a técnicos de instalación y mantenimiento. Estas entrevistas evaluaron las necesidades energéticas del edificio Electrotécnica, los aspectos técnicos de la instalación de celdas fotovoltaicas, las regulaciones locales y las posibles mejoras en sostenibilidad. A continuación, se presentan los hallazgos organizados según los cuatro objetivos específicos, basados en los datos cualitativos recopilados.

Objetivo específico 1: Necesidades energéticas del edificio Electrotécnica

Pregunta 1. ¿Qué áreas o equipos cree que tienen mayor demanda de energía?

Todos los ingenieros coinciden en que los sistemas de climatización y los equipos de TI (especialmente en el centro de datos) son los mayores consumidores de energía en el edificio Electrotécnica. La climatización es destacada como la principal causa de alta demanda, especialmente durante los meses cálidos.

Pregunta 2. ¿Existen períodos de alta o baja demanda que deberían considerarse?

Los ingenieros identifican que la demanda energética es alta durante las horas de trabajo y en el verano, cuando se requiere mayor refrigeración. La demanda es baja durante las noches y fines de semana. También se observa que la demanda varía con la estación del año, en donde el verano es el período de mayor consumo.

Pregunta 3. ¿Cómo anticipa que cambiarán las necesidades energéticas del edificio en el futuro? ¿Qué factores deberían tenerse en cuenta para estas proyecciones?

Los ingenieros anticipan un aumento en las necesidades energéticas debido a la expansión de equipos tecnológicos; además, la incorporación de vehículos eléctricos y la infraestructura necesaria para su carga también contribuirán a una mayor demanda energética. La infraestructura de carga para estos vehículos requerirá una planificación adecuada para asegurar la capacidad y eficiencia del suministro eléctrico del edificio.

Pregunta 4. ¿Qué problemas de mantenimiento se han observado en los equipos energéticos actuales? ¿Estos problemas afectan el consumo energético del edificio?

Los técnicos indican que los sistemas de gestión de energía están funcionando adecuadamente, y el mantenimiento preventivo está siendo eficaz.

Pregunta 5. ¿Qué adaptaciones o mejoras se necesitan en la infraestructura actual para optimizar el consumo energético?

Todos los técnicos coinciden que se podrían realizar auditorías energéticas periódicas para identificar oportunidades adicionales de mejora y asegurar un rendimiento óptimo de todos los sistemas.

Objetivo específico 2: Aspectos técnicos relacionados con la instalación de celdas fotovoltaicas

Pregunta 1. ¿Considera que la infraestructura eléctrica existente del edificio es adecuada para soportar la integración de un sistema fotovoltaico?

La mayoría de los ingenieros considera que la infraestructura actual puede soportar la integración de celdas fotovoltaicas, aunque con la condición de realizar ciertas actualizaciones, especialmente en inversores y conexiones eléctricas para manejar el flujo adicional de energía.

Pregunta 2. ¿Existen limitaciones de orientación o espacio en el edificio que puedan afectar la instalación de celdas fotovoltaicas?

La orientación del edificio es generalmente favorable para la instalación de paneles fotovoltaicos, pero el espacio en el techo es limitado, lo cual podría restringir la cantidad de paneles que se pueden instalar y requerirá un diseño optimizado para maximizar el uso del espacio disponible.

Pregunta 3. ¿Qué desafíos técnicos anticipa en la implementación de este sistema?

Los principales desafíos incluyen la adaptación de la infraestructura existente para integrar el sistema fotovoltaico, la necesidad de actualizar equipos eléctricos y la integración del sistema con la red eléctrica actual.

Pregunta 4. ¿Cuáles son las principales consideraciones técnicas que deben tenerse en cuenta al instalar celdas fotovoltaicas en el edificio?

Las principales consideraciones incluyen la capacidad de carga del techo, la orientación del edificio para maximizar la exposición al sol y la evaluación de la capacidad del sistema eléctrico existente para integrar el sistema fotovoltaico. La infraestructura debe ser adecuada para soportar el peso y las conexiones necesarias para las celdas fotovoltaicas.

Pregunta 5. ¿Hay algún desafío particular relacionado con la infraestructura o espacio disponible en el edificio que podría complicar la instalación?

Los desafíos comunes mencionados incluyen limitaciones en el espacio disponible en el techo y la necesidad de reforzar la estructura para soportar las celdas fotovoltaicas. También se identifican posibles conflictos con equipos existentes y la necesidad de ajustes en la infraestructura para acomodar el sistema.

Pregunta 6. ¿Qué recomendaciones tiene para optimizar el mantenimiento del sistema fotovoltaico una vez instalado?

Se recomienda realizar inspecciones regulares para limpiar las celdas y verificar conexiones. Además, implementar un sistema de monitoreo para detectar problemas tempranamente y realizar mantenimientos preventivos para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema a largo plazo.

Objetivo específico 3: Regulaciones y normativas locales que afectan la instalación y operación de sistemas de energía fotovoltaica en edificios

Pregunta 1. ¿Qué regulaciones y normativas locales considera más relevantes para la instalación de celdas fotovoltaicas en edificios como Electrotécnica?

Las normativas más relevantes incluyen las leyes sobre energía renovable y las regulaciones de seguridad eléctrica. Es crucial cumplir con las normativas locales que regulan las emisiones, la eficiencia energética y la interconexión con la red eléctrica pública.

Pregunta 2. ¿Qué pasos adicionales serían necesarios para garantizar el cumplimiento con las normativas legales y técnicas?

Para asegurar el cumplimiento normativo se deben realizar evaluaciones de seguridad técnica y cumplir con los requisitos de interconexión. También es importante llevar a cabo una revisión exhaustiva de las regulaciones locales y asegurarse de que todos los sistemas y equipos cumplan con las normativas vigentes.

Pregunta 3. ¿Está familiarizado con las normativas locales que afectan la instalación y operación de sistemas fotovoltaicos?

Todos los técnicos están familiarizados con las normativas locales, que incluyen requisitos para la instalación, certificaciones necesarias y regulaciones de seguridad. Estos aspectos son cruciales para asegurar que el sistema fotovoltaico cumpla con los estándares legales y técnicos.

Pregunta 4. ¿Qué medidas adicionales deben tomarse para asegurar que el sistema fotovoltaico cumpla con las regulaciones de seguridad y normativas locales?

Las medidas adicionales incluyen la obtención de permisos adecuados, cumplir con las normativas de instalación y mantenimiento y asegurarse de que todos los componentes del sistema estén certificados según las normativas locales. También se recomienda colaborar con entidades reguladoras y realizar auditorías para verificar el cumplimiento.

Objetivo específico 4: Mejoras operativas y de sostenibilidad con el uso de celdas fotovoltaicas

Pregunta 1. Desde su perspectiva, ¿qué mejoras operativas podrían lograrse con la instalación de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica?

La instalación de celdas fotovoltaicas podría llevar a una reducción significativa en los costos energéticos, mejorar la eficiencia operativa al disminuir la dependencia de la red eléctrica y ofrecer una mayor estabilidad en el suministro de energía.

Pregunta 2. ¿Cómo ve el impacto de un sistema fotovoltaico en la sostenibilidad energética a largo plazo del edificio?

La mayoría de los ingenieros considera que un sistema fotovoltaico mejorará significativamente la sostenibilidad energética del edificio al proporcionar una fuente de energía renovable, reducir la huella de carbono y contribuir a una mayor independencia energética.

Pregunta 3. ¿Qué otras tecnologías o prácticas sostenibles recomendaría implementar junto con las celdas fotovoltaicas?

Dado que el edificio Electrotécnica ya cuenta con tecnologías avanzadas e inteligentes, se recomienda complementar las celdas fotovoltaicas con tecnologías adicionales como sistemas avanzados de almacenamiento de energía que permitan gestionar la producción y el consumo de energía de manera más eficiente.

Pregunta 4. ¿Qué cambios en las operaciones diarias del edificio anticipa tras la instalación de celdas fotovoltaicas?

Los técnicos anticipan una reducción en los costos de energía y una mayor independencia de la red eléctrica. Además, se espera que la implementación de celdas fotovoltaicas simplifique las operaciones relacionadas con el suministro energético.

Pregunta 5. ¿Cómo podría un sistema fotovoltaico impactar en las rutinas de mantenimiento actuales?

La instalación de un sistema fotovoltaico puede requerir ajustes en las rutinas de mantenimiento, como la incorporación de revisiones periódicas específicas para el sistema. Sin embargo, la automatización y el monitoreo podrían reducir la necesidad de intervenciones manuales frecuentes.

Pregunta 6. ¿Qué otros aspectos de sostenibilidad podrían mejorarse con la integración de celdas fotovoltaicas?

Además de reducir la huella de carbono del edificio, se menciona la posibilidad de mejorar la sostenibilidad general mediante la reducción de residuos y el uso más eficiente de los recursos energéticos. También se sugiere que la implementación de celdas fotovoltaicas podría fomentar prácticas sostenibles adicionales, como la integración con otras tecnologías limpias.

Discusión

La presente sección analiza los resultados obtenidos en la investigación sobre la reducción de la huella de carbono y la mejora de la sostenibilidad energética en el edificio Electrotécnica mediante la implementación de celdas fotovoltaicas. Se interpretarán los hallazgos en relación con el marco teórico, la hipótesis planteada y estudios previos, proporcionando explicaciones para resultados inesperados y sugerencias para futuras investigaciones.

Principales hallazgos

Los resultados obtenidos de las entrevistas a ingenieros eléctricos y técnicos de instalación y mantenimiento han permitido identificar varias conclusiones clave. Primero, se observó que la integración de un sistema fotovoltaico en el edificio Electrotécnica podría contribuir significativamente a la reducción de la huella de carbono. En segundo lugar, se corroboró que las condiciones actuales del edificio, como la orientación y el espacio disponible, son favorables para la instalación de celdas fotovoltaicas. Finalmente, se identificaron ciertas barreras regulatorias y técnicas que podrían afectar la implementación eficiente de estos sistemas.

Significado de los hallazgos

Los hallazgos sugieren que la instalación de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica no solo es viable, sino también beneficiosa desde el punto de vista ambiental y económico. La reducción de la huella de carbono es un paso significativo hacia la sostenibilidad energética, alineándose con las políticas globales sobre cambio climático y energías renovables. La adecuación de las condiciones del edificio facilita la implementación, lo cual sirve como modelo para otros edificios similares en el futuro.

Relación con estudios previos

Los hallazgos de esta investigación coinciden en gran medida con los resultados reportados en estudios previos. La capacidad de las celdas fotovoltaicas para reducir la huella de carbono y mejorar la sostenibilidad energética ha sido ampliamente documentada. Según Soto (2005), el efecto fotovoltaico permite convertir la luz solar en electricidad mediante semiconductores, un principio que ha sido confirmado en nuestra investigación al observar que las celdas fotovoltaicas pueden efectivamente reducir las emisiones de carbono en el edificio Electrotécnica.

Arrieta *et al.* (2012) proporcionan un enfoque detallado sobre el diseño de sistemas fotovoltaicos, incluyendo la selección de ubicación, optimización del ángulo de inclinación y dimensionamiento del sistema. Estos aspectos técnicos han sido confirmados por la investigación, donde se encontró que la correcta selección del sitio y ajustes precisos son esenciales para la eficacia del sistema en el edificio. Además, Mesa *et al.* (2009) describen la alta confiabilidad de la tecnología solar y su capacidad de expansión, lo cual también se observa en los resultados obtenidos en nuestra investigación, que indica una alta aceptación y efectividad de los sistemas fotovoltaicos.

Relación con el marco teórico

El marco teórico proporciona una base sólida para interpretar los hallazgos de la investigación. Soto (2005) y Hernández Gallegos (2017) explican el funcionamiento y la eficiencia de las celdas fotovoltaicas, proporcionando una comprensión teórica que coincide con los resultados de nuestra investigación. La eficacia de las celdas fotovoltaicas para convertir la luz solar en electricidad y el uso de materiales como el silicio mono-cristalino se confirman como elementos clave en la reducción de la huella de carbono y la mejora de la sostenibilidad energética del edificio Electrotécnica.

La normativa y regulaciones para energías renovables, según la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (2014) y la Procuraduría General de la República (2024), subraya la importancia de cumplir con las leyes locales para la implementación de sistemas fotovoltaicos. Nuestro estudio revela que las barreras regulatorias locales pueden complicar la implementación de tecnologías renovables, un aspecto que no se había abordado extensamente en el marco teórico, pero que se ha confirmado como relevante en la práctica.

Los aspectos técnicos de la integración de sistemas fotovoltaicos descritos por Arrieta *et al.* (2012) sobre el diseño y la optimización del sistema fueron consistentes con nuestros hallazgos, ya que la selección adecuada de ubicación y el ajuste del ángulo de inclinación son cruciales para maximizar el rendimiento del sistema. Los resultados también respaldan la afirmación de Mesa *et al.* (2009) sobre la alta confiabilidad y la capacidad de expansión de los sistemas fotovoltaicos.

Contraste con la hipótesis planteada

La hipótesis planteada, que sugería que la implementación de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica reduciría significativamente la huella de carbono y mejoraría la sostenibilidad energética, ha sido confirmada en gran medida. Los datos obtenidos apoyan la hipótesis al demostrar que la instalación de celdas fotovoltaicas puede reducir efectivamente la huella de carbono y mejorar la sostenibilidad energética del edificio. No obstante, los desafíos regulatorios identificados fueron más amplios de lo anticipado, lo que sugiere que una planificación más detallada es necesaria para abordar estos aspectos.

Explicación de resultados inesperados o no concluyentes

Un hallazgo inesperado fue la identificación de ciertas barreras regulatorias que podrían ralentizar el proceso de implementación. Aunque se había previsto que las regulaciones locales pudieran ser un factor, la magnitud del impacto en la viabilidad del proyecto fue más significativa de lo esperado. Este resultado subraya la necesidad de una mayor colaboración con las autoridades locales y la posible adaptación de las normativas para facilitar la adopción de tecnologías limpias.

Sugerencias para futuras investigaciones

Para enriquecer el conocimiento en esta área, se sugiere realizar investigaciones adicionales que aborden las siguientes áreas:

1. Analizar los costos asociados con la implementación de sistemas fotovoltaicos y su retorno de inversión a largo plazo podría proporcionar una visión más completa de la viabilidad económica.
2. Realizar estudios centrados en la superación de barreras regulatorias y la influencia de políticas locales en la adopción de tecnologías renovables pueden ofrecer estrategias prácticas para futuros proyectos.
3. Investigar modelos de implementación de celdas fotovoltaicas en diferentes tipos de edificios y contextos podría ofrecer soluciones adaptables a diversas situaciones.
4. Evaluar cómo la adopción de tecnologías sostenibles afecta a las comunidades circundantes en términos de conciencia ambiental y desarrollo económico puede proporcionar una perspectiva más amplia sobre los beneficios sociales de tales proyectos.

Conclusiones

Necesidades energéticas del edificio Electrotécnica

Las entrevistas revelaron que los sistemas de climatización y los equipos de TI, especialmente en el centro de datos, son los principales consumidores de energía en el edificio Electrotécnica, con una alta demanda durante los meses cálidos y las horas laborales. La demanda energética también presenta variaciones estacionales, siendo el verano el período de mayor consumo. Se anticipa un aumento en las necesidades energéticas debido a la expansión de equipos tecnológicos y la incorporación de vehículos eléctricos, lo cual requiere una planificación adecuada para la infraestructura de carga.

Aspectos técnicos relacionados con la instalación de celdas fotovoltaicas

Aunque la infraestructura actual puede soportar el sistema, se requieren actualizaciones significativas en inversores y conexiones eléctricas para manejar el flujo adicional de energía. La orientación del edificio es adecuada para la instalación de paneles, pero el espacio limitado en el techo restringe la cantidad de paneles que se pueden colocar, de manera que se necesita un diseño optimizado. Los desafíos incluyen adaptar la infraestructura existente y la integración con la red eléctrica. Se deben considerar la capacidad de carga del techo y la adecuación del sistema eléctrico.

Regulaciones y normativas locales que afectan la instalación y operación de sistemas de energía fotovoltaica en edificios

Las normativas locales más relevantes para la instalación de celdas fotovoltaicas en edificios como Electrotécnica incluyen leyes sobre energía renovable, regulaciones de seguridad eléctrica y directrices sobre emisiones y eficiencia energética. Para garantizar el cumplimiento es esencial realizar evaluaciones de seguridad técnica, cumplir con los requisitos de interconexión y revisar exhaustivamente las regulaciones locales. Las medidas adicionales necesarias para asegurar el cumplimiento incluyen obtener los permisos adecuados, seguir las normativas de instalación y mantenimiento, certificar todos los componentes del sistema y colaborar con entidades reguladoras para auditorías periódicas.

Mejoras operativas y de sostenibilidad con el uso de celdas fotovoltaicas

La instalación de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica ofrecería mejoras operativas significativas, como la reducción de costos energéticos, una mayor eficiencia operativa y estabilidad en el suministro energético. Los ingenieros destacan que este sistema potenciará la sostenibilidad energética al proporcionar una fuente renovable y reducir la huella de carbono, promoviendo así una mayor independencia energética. La implementación de estas celdas simplificará las operaciones diarias y reducirá costos, aunque puede requerir ajustes en las rutinas de mantenimiento. Además, contribuirá a una mayor sostenibilidad general al fomentar prácticas limpias y reducir residuos.

Recomendaciones

Necesidades energéticas del edificio Electrotécnica

- Se recomienda realizar una evaluación exhaustiva y continua de la infraestructura energética del edificio, enfocándose en los sistemas de climatización y equipos de TI. Esto incluiría la implementación de tecnologías de gestión energética avanzada, como sistemas de control y monitoreo en tiempo real, para optimizar el uso de la energía y reducir el consumo durante los picos de demanda.
- Se recomienda desarrollar un plan integral de actualización de infraestructura. Este plan debe incluir la ampliación de la capacidad de carga para vehículos eléctricos y la adecuación de los sistemas eléctricos existentes para soportar el incremento en la demanda. Se aconseja también establecer un cronograma de revisión y ajuste regular para asegurar que la infraestructura pueda adaptarse de manera eficiente a los cambios en las necesidades energéticas del edificio.

Aspectos técnicos relacionados con la instalación de celdas fotovoltaicas

- Se recomienda realizar un análisis estructural detallado del techo para asegurar que pueda soportar el peso adicional de los paneles fotovoltaicos. Este análisis debe incluir una revisión de la capacidad de carga y posibles refuerzos estructurales, si es necesario, para garantizar la seguridad y durabilidad de la instalación.
- Dado el espacio limitado en el techo, se sugiere investigar e implementar tecnologías de paneles fotovoltaicos con mayor eficiencia y menor tamaño, así como considerar la instalación de paneles en áreas alternativas como paredes o superficies inclinadas. Esto permitirá una mejor utilización del espacio disponible y maximizará la generación de energía.

Regulaciones y normativas locales que afectan la instalación y operación de sistemas de energía fotovoltaica en edificios

- Se sugiere fortalecer la colaboración con entidades reguladoras y organismos de certificación mediante la participación en seminarios, talleres y grupos de trabajo especializados. Esta colaboración permitirá no solo garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes, sino también anticipar y adaptarse a futuras regulaciones.
- Desarrollar y seguir procedimientos rigurosos para la certificación de componentes del sistema fotovoltaico, asegurando que todos los equipos y materiales cumplan con los estándares de calidad y seguridad requeridos por las regulaciones locales.

Mejoras operativas y de sostenibilidad con el uso de celdas fotovoltaicas

- Se recomienda desarrollar un plan de mantenimiento específico para el sistema fotovoltaico. Este plan debe incluir revisiones periódicas, limpieza de paneles y monitoreo de la eficiencia del sistema.
- Aunque el uso de celdas fotovoltaicas ofrece beneficios inmediatos como la reducción de costos energéticos y la mejora en la sostenibilidad, se recomienda llevar a cabo un estudio de impacto económico y ambiental a largo plazo. Este estudio debería evaluar la viabilidad económica continua, considerando posibles cambios en costos de mantenimiento y eficiencia del sistema, así como el impacto ambiental acumulado.

Referencias

- Arrieta Paternina, M., Olmos Villalba, L. C., Izquierdo Núñez, J. L. y Álvarez López, R. A. (2012). *Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares*. *PROSPECTIVA*, 10(1), 97-107. <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250733011.pdf>
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (8 de abril de 2014). *Norma técnica de planeación, operación y acceso al sistema eléctrico nacional (POASEN)*. <https://aresep.go.cr/electricidad/normativa/normativa-tecnica-nacional/>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications. https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf
- Hernández Gallegos, R. (agosto de 2017). *Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV*. <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/97/1/HernandezGallagosRodolfo%20MMANAV%202017.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ª ed). McGraw Hill Education. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- International Trade Administration. (2021). *Costa Rica- Renewable Energy*. <https://www.trade.gov/energy-resource-guide-renewable-energy-costa-rica>
- Kvale, S. (2007). *Doing Interviews*. SAGE Publications. <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/MEDIA494/Qualitative%20Research/Data%20collection%20methods/Kvale%20-%20Doing%20interviews-Sage%20%282007%29.pdf>
- Mesa, J. D., Escobar Mejía, A. y Hincapié Isaza, R. A. (agosto de 2009). *Descripción y análisis del efecto fotovoltaico en la región*. <file:///D:/Downloads/cybanol,+22354327-332.pdf>
- National Fire Protection Association. (2023). *National Electrical Code* (2023 ed.). National Fire Protection Association. <https://link.nfpa.org/publications/70/2023/chapters/6/articles/690>
- Procuraduría General de la República. (20 de enero de 2023). *Reglamento generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables modelo de contratación medición neta sencilla*. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=80310
- Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Int. J. Morphol.*, 35(1), 227-232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>

Soto, I. P. (2005). *Celdas fotovoltaicas en generación distribuida*. Celdas fotovoltaicas en generación distribuida

Statista. (s. f.). *Solar Energy - Costa Rica*.
<https://www.statista.com/outlook/io/energy/renewable-energy/solar-energy/costa-rica>

Temple, T. (16 de julio de 2024). *Solar Spotlight: Recent Advances and Policies Shaping the Future of Solar Energy*. LinkedIn] <https://www.linkedin.com/pulse/solar-spotlight-recent-advances-policies-shaping-future-todd-temple-0rwc>

Zaidi, B. (2018). *Solar Panels and Photovoltaic Materials*.
<https://www.intechopen.com/chapters/59428>

Anexos

Anexo 1. Preguntas para la entrevista a ingenieros eléctricos

Proyecto de integración para optar por el grado de Maestría en Gerencia de Proyectos.

El propósito de esta entrevista es recopilar información detallada y especializada para el artículo científico titulado “Reducción de la huella de carbono y mejora de la sostenibilidad energética en el edificio Electrotécnica con celdas fotovoltaicas”. Los resultados serán utilizados con fines académicos, exclusivamente. La información que usted dé será utilizada en anonimato y con mucha discrecionalidad.

La entrevista tendrá una duración aproximada de 10 a 15 minutos.

Objetivo específico #1

Analizar las necesidades energéticas del edificio Electrotécnica.

Preguntas:

- ¿Qué áreas o equipos cree que tienen mayor demanda de energía?
- ¿Existen períodos de alta o baja demanda que deberían considerarse?
- ¿Cómo anticipa que cambiarán las necesidades energéticas del edificio en el futuro? ¿Qué factores deberían tenerse en cuenta para estas proyecciones?

Objetivo específico #2

Evaluar los aspectos técnicos relacionados con la instalación de celdas fotovoltaicas, incluyendo la infraestructura existente, la orientación y el espacio disponible.

Preguntas:

- ¿Considera que la infraestructura eléctrica existente del edificio es adecuada para soportar la integración de un sistema fotovoltaico?
- ¿Existen limitaciones de orientación o espacio en el edificio que puedan afectar la instalación de celdas fotovoltaicas?
- ¿Qué desafíos técnicos anticipa en la implementación de este sistema?

Objetivo específico #3

Investigar las regulaciones y normativas locales que afectan la instalación y operación de sistemas de energía fotovoltaica en edificios, asegurando el cumplimiento con los requisitos legales y técnicos pertinentes.

Preguntas:

- ¿Qué regulaciones y normativas locales considera más relevantes para la instalación de celdas fotovoltaicas en edificios como Electrotécnica?

- ¿Qué pasos adicionales serían necesarios para garantizar el cumplimiento con las normativas legales y técnicas?

Objetivo específico #4

Identificar las potenciales mejoras operativas y de sostenibilidad que se lograrían con el uso de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica.

Preguntas:

- Desde su perspectiva, ¿qué mejoras operativas podrían lograrse con la instalación de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica?
- ¿Cómo ve el impacto de un sistema fotovoltaico en la sostenibilidad energética a largo plazo del edificio?
- ¿Qué otras tecnologías o prácticas sostenibles recomendaría implementar junto con las celdas fotovoltaicas?

Agradecemos sinceramente su tiempo y disposición para participar en este estudio. Su experiencia y conocimiento son fundamentales para el éxito de nuestra investigación.

Anexo 2. Preguntas para la entrevista a técnicos

Proyecto de integración para optar por el grado de Maestría en Gerencia de Proyectos.

El propósito de esta entrevista es recopilar información detallada y especializada para el artículo científico titulado “Reducción de la huella de carbono y mejora de la sostenibilidad energética en el edificio Electrotécnica con celdas fotovoltaicas”. Los resultados serán utilizados con fines académicos, exclusivamente. La información que usted dé será utilizada en anonimato y con mucha discrecionalidad.

La entrevista tendrá una duración aproximada de 10 a 15 minutos.

Objetivo específico #1

Analizar las necesidades energéticas del edificio Electrotécnica.

Preguntas:

- ¿Qué problemas de mantenimiento se han observado en los equipos energéticos actuales? ¿Estos problemas afectan el consumo energético del edificio?
- ¿Qué adaptaciones o mejoras se necesitan en la infraestructura actual para optimizar el consumo energético?

Objetivo específico #2

Evaluar los aspectos técnicos relacionados con la instalación de celdas fotovoltaicas, incluyendo la infraestructura existente, la orientación y el espacio disponible.

Preguntas:

- ¿Cuáles son las principales consideraciones técnicas que deben tenerse en cuenta al instalar celdas fotovoltaicas en el edificio?
- ¿Hay algún desafío particular relacionado con la infraestructura o espacio disponible en el edificio que podría complicar la instalación?
- ¿Qué recomendaciones tiene para optimizar el mantenimiento del sistema fotovoltaico una vez instalado?

Objetivo específico #3

Investigar las regulaciones y normativas locales que afectan la instalación y operación de sistemas de energía fotovoltaica en edificios, asegurando el cumplimiento con los requisitos legales y técnicos pertinentes.

Preguntas:

- ¿Está familiarizado con las normativas locales que afectan la instalación y operación de sistemas fotovoltaicos?

- ¿Qué medidas adicionales deben tomarse para asegurar que el sistema fotovoltaico cumpla con las regulaciones de seguridad y normativas locales?

Objetivo específico #4

Identificar las potenciales mejoras operativas y de sostenibilidad que se lograrían con el uso de celdas fotovoltaicas en el edificio Electrotécnica.

Preguntas:

- ¿Qué cambios en las operaciones diarias del edificio anticipa tras la instalación de celdas fotovoltaicas?
- ¿Cómo podría un sistema fotovoltaico impactar en las rutinas de mantenimiento actuales?
- ¿Qué otros aspectos de sostenibilidad podrían mejorarse con la integración de celdas fotovoltaicas?

Agradecemos sinceramente su tiempo y disposición para participar en este estudio. Su experiencia y conocimiento son fundamentales para el éxito de nuestra investigación.