

**AUDITORIA ENERGÉTICA DEL BLOQUE 15 DE LA INSTITUCIÓN
UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.**

**DAVINSON CIRO ARANGO
VLADIMIR RIVERA PEREZ
JHONATAN TORRES JIMENEZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELÉCTRICA
MEDELLÍN**

2024

**AUDITORIA ENERGÉTICA DEL BLOQUE 15 DE LA INSTITUCIÓN
UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.**

**DAVINSON CIRO ARANGO
VLADIMIR RIVERA PEREZ
JHONATAN TORRES JIMENEZ**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

**Asesor técnico:
Carlos Mario Moreno Paniagua
Ingeniero eléctrico**

**Asesor metodológico:
José Ricardo Velasco
PhD en educación**

**INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELÉCTRICA
MEDELLÍN**

2024

Contenido

1	Planteamiento del problema.....	11
1.1	Descripción.....	11
1.2	Formulación.....	13
2	Justificación	14
3	Objetivos	16
3.1	Objetivo general	16
3.2	Objetivos específicos.....	16
4	Referentes teóricos.....	17
4.1	Introducción al marco teórico.....	17
4.2	Conceptos fundamentales de eficiencia energética	17
4.3	Auditorías energéticas	18
4.4	Tipos de auditorías energéticas según su profundidad.	19
4.5	Herramientas y técnicas de medición	19
4.6	Análisis de datos y evaluación de la eficiencia energética.....	22
4.7	Identificación de áreas de mejora y propuestas de eficiencia energética	23
4.8	Evaluación económica y ambiental de las propuestas.....	24
4.9	Legislación y normativa relevante.....	25
4.10	Estado del arte y trabajos relacionados.....	27
5	Metodología.....	29

5.1	Tipo de proyecto.....	29
5.2	Método.....	29
5.3	Instrumentos de recolección de información.....	31
5.3.1	Fuentes primarias.....	31
5.3.2	Fuentes secundarias.....	32
6	Resultados.....	33
6.1	Últimas tendencias en instalaciones eléctricas para CNC.....	35
6.2	Desarrollo sostenible y estándares de gestión energética.....	37
6.3	Aforo de cargas de la instalación y su análisis.....	39
6.4	Comparación con estándares y mejores prácticas.....	41
6.5	Estrategia de optimización energética.....	43
6.6	Identificación de puntos de consumo elevado y cargas críticas.....	55
6.7	Recomendaciones para el uso racional de la energía eléctrica.....	57
6.8	Recomendaciones para la protección de activos.....	58
7	Conclusiones.....	60
8	Recomendaciones.....	61
9	Referencias bibliográficas.....	62

Resumen

AUDITORIA ENERGÉTICA DEL BLOQUE 15 DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

**DAVINSON CIRO ARANGO
VLADIMIR RIVERA PEREZ
JHONATAN TORRES JIMENEZ**

Se realiza una auditoría energética al bloque 15 de la institución universitaria Pascual Bravo, el cual alberga una serie de laboratorios y talleres equipados con maquinaria de control numérico computarizado con una demanda energética significativa que hace necesario garantizar una calidad de energía óptima. El trabajo se hace mediante el uso de un analizador de redes remoto conformado por un medidor multifuncional y una pasarela que utiliza wifi para enviar datos a hojas electrónicas de Google mediante un bróker que convierte protocolo Modbus TCP en “API RESTful”. Aprovechando dicho recurso, se recopilan datos precisos sobre el comportamiento energético de las cargas eléctricas, lo que les permite realizar un análisis exhaustivo y comparar la eficiencia energética con instalaciones similares. El seguimiento remoto y en tiempo real las variables eléctricas facilitan la planificación de mantenimientos preventivos y la implementación de soluciones específicas como la compensación reactiva y el filtrado de armónicos. Además, se realiza un análisis avanzado utilizando recursos de inteligencia artificial, programados en lenguaje Python en la plataforma libre “Google-Colab”. Como resultado del análisis se determina la necesidad de mejorar el nivel de protección de las máquinas de Control numérico contra sobre tensiones, la redistribución de cargas de iluminación, pequeñas máquinas monofásicas y equipos de cómputo.

Palabras claves: auditoría energética, uso racional de la energía, medidor de energía.

Abstract

An energy audit is carried out on block 15 of the Pascual Bravo university institution, which houses a series of laboratories and workshops equipped with computerized numerical control machinery with a significant energy demand that makes it necessary to guarantee optimal energy quality. The work is done using a remote network analyzer made up of a multifunctional meter and a gateway that uses Wi-Fi to send data to Google spreadsheets through a broker that converts the Modbus TCP protocol into a “RESTful API.” Taking advantage of this resource, precise data is collected on the energy behavior of electrical loads, which allows them to carry out a comprehensive analysis and compare energy efficiency with similar installations. Remote and real-time monitoring of electrical variables facilitates the planning of preventive maintenance and the implementation of specific solutions such as reactive compensation and harmonic filtering. In addition, an advanced analysis is carried out using artificial intelligence resources, programmed in Python language on the free “Google-Colab” platform. As a result of the analysis, the need to improve the level of protection of Numerical Control machines against overvoltages, the redistribution of lighting loads, small single-phase machines and computing equipment is determined.

Keywords: energy audit, rational use of energy, energy meter.

Glosario

Analizador de redes: es un instrumento que mide la potencia activa, la aparente, el factor de potencia, el consumo energético, la corriente, la tensión alterna, la frecuencia y otras variables, para presentar indicadores del funcionamiento de un circuito.

Auditoría energética: inspección y análisis de los flujos de energía ya sea residencial, industrial, comercial, con el objetivo de analizar y entender la eficiencia energética.

Eficiencia energética: consiste en utilizar equipos o instalaciones que consuman menos energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma función.

Gateway: es un dispositivo que interconecta dos redes diferentes, traduciendo protocolos y/o formatos de datos para asegurar la interoperabilidad en los sistemas de comunicaciones.

Inteligencia artificial: es la capacidad que tienen los dispositivos artificiales a la hora de realizar tareas que normalmente requieren de la inteligencia de los seres humanos.

IoT (Internet of Things): internet de las cosas, hace referencia a la interconexión de objetos ciberfísicos a través de las redes de Internet con la finalidad de intercambiar datos y órdenes de ejecución de comandos.

JavaScript: es un conjunto de instrucciones del lenguaje Java utilizadas para programar aplicaciones web.

Máquina de control numérico: es la máquina-herramienta que permite el proceso de fabricación para producir piezas precisas y complejas de manera automatizada.

Modbus: es un protocolo de comunicaciones industriales de carácter abierto que opera en modo maestro – esclavo y permite la interconexión de diferentes tipos de controladores.

Potencia aparente: la suma vectorial de la potencia activa y reactiva en la corriente alterna.

Potencia activa: aquella potencia que es aprovechada por los circuitos para realizar un trabajo, cuando se habla de demanda eléctrica.

Potencia reactiva: una potencia que no produce trabajo útil y que se origina en circuitos con bobinas o capacitores.

Transformador de corriente: (TC) son utilizados para aumentar o disminuir una corriente alterna (AC), produciendo una corriente en el secundario proporcional a la del primario.

Uso racional de la energía: es un lineamiento de política pública para promover el mejor uso de los recursos energéticos, desde su producción hasta su consumo.

Introducción

En la actualidad hay necesidad de adoptar prácticas sostenibles, la eficiencia energética ha cobrado una importancia crucial. Las instituciones educativas, como centros de formación y difusión del conocimiento, tienen la responsabilidad de liderar el camino hacia un futuro más ecológico y responsable con los recursos naturales.

El Bloque 15 alberga una serie de laboratorios y talleres equipados con maquinaria de control numérico computarizado (CNC), lo que implica una demanda energética significativa y la necesidad de garantizar una calidad de energía óptima. Este proyecto estudiantil surge como una iniciativa proactiva para evaluar el consumo de energía eléctrica en estas instalaciones e identificar oportunidades de mejora.

Mediante el uso de un analizador de redes remoto, los estudiantes recopilarán datos precisos sobre el comportamiento energético de las cargas eléctricas, lo que les permitirá realizar un análisis exhaustivo y comparar la eficiencia energética con instalaciones similares. Esta experiencia práctica les brindará una valiosa oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos en sus estudios y desarrollar habilidades en el campo de la auditoría energética.

La importancia de este proyecto radica en su potencial para generar un impacto positivo en múltiples ámbitos. En primer lugar, contribuirá a la reducción del consumo energético y, por consiguiente, a la disminución de la huella de carbono de la institución. Además, los hallazgos y las recomendaciones derivadas de esta auditoría energética podrían traducirse en ahorros económicos significativos, optimizando los recursos financieros de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Pero el alcance de este proyecto va más allá de los beneficios tangibles. Al promover prácticas energéticas eficientes, los estudiantes estarán fomentando una cultura de conciencia ambiental entre la comunidad académica y proyectando una imagen de responsabilidad social corporativa hacia la sociedad en general.

En resumen, esta auditoría energética del Bloque 15 representa una oportunidad invaluable para el grupo de estudiantes de la Institución Universitaria Pascual Bravo de poner en práctica sus conocimientos, alinearse con los principios de desarrollo sostenible, y asumir un rol activo en la transición hacia un futuro más verde y responsable con el planeta

1 Planteamiento del problema

1.1 Descripción

El bloque 15 de la institución universitaria Pascual Bravo, conocido como laboratorio de desarrollo e investigación en procesos de manufactura avanzada, esta edificación alberga una serie de laboratorios y talleres de vanguardia, equipados con maquinaria de control numérico computarizado (CNC) de última generación.

Estas instalaciones, diseñadas para brindar una formación práctica de excelencia, se han convertido en un verdadero epicentro de innovación y aprendizaje. Desde el diseño asistido por computadora hasta la fabricación de piezas de alta precisión, estos espacios ofrecen a los estudiantes la oportunidad de sumergirse en el fascinante mundo de la manufactura avanzada, preparándolos para los desafíos de un mercado laboral cada vez más competitivo y tecnológicamente avanzado.

Estos laboratorios y talleres no solo cuentan con equipos de vanguardia, sino también con instalaciones diseñadas meticulosamente para maximizar la eficiencia y la seguridad. Cada espacio está cuidadosamente organizado y equipado con sistemas de extracción de polvo y dispositivos de protección personal, asegurando un ambiente de trabajo óptimo para los estudiantes.

Además, el personal docente altamente capacitado brinda una guía experta, compartiendo su conocimiento y experiencia práctica, lo que garantiza un aprendizaje integral y una preparación sólida para el mundo laboral. La combinación de tecnología de vanguardia, instalaciones de calidad y una instrucción excepcional convierte al Bloque 15 en recurso fundamental para la institución.

El bloque 15 de la institución universitaria Pascual Bravo, se caracteriza por tener una cantidad significativa de máquinas herramientas con tornos y fresadoras, además de un centro de mecanizado de cinco ejes marca Hass, el cual requiere de un suministro de

energía eléctrica de 220 VAC trifásica con desviaciones menores al 5%, por ello es necesario un monitoreo permanente de la calidad de la energía eléctrica suministrada al bloque, su análisis y la generación de alarmas en caso de desviación de las variables, con respecto a los parámetros normales del suministro eléctrico, en casos de fallas eléctricas los repuestos para las maquinas cuestan significativas sumas de dinero, en efecto, se necesita además de la auditoria, un monitoreo permanente.

En un intento por mitigar los problemas de calidad de energía en el Bloque 15, se han implementado algunas medidas iniciales. Sin embargo, estas soluciones presentan limitaciones significativas que podrían comprometer la integridad de los equipos y sistemas a largo plazo. Por ejemplo, se han instalado módulos cortapicos en algunas de las máquinas más críticas, como las de control numérico computarizado (CNC). No obstante, esta protección podría resultar insuficiente ante fluctuaciones prolongadas de voltaje, ya que un cambio sostenido en los niveles de tensión podría terminar dañando los mismos sistemas de protección, dejando vulnerables a las máquinas.

Otra acción realizada fue la sustitución del sistema de iluminación por lámparas LED, las cuales ofrecen una mayor eficiencia energética en comparación con las luces anteriores. Sin embargo, estas lámparas LED son más susceptibles a fallas cuando se presentan subidas de voltaje superiores al 20% del rango nominal, situación que ha ocurrido en el pasado debido a conexiones incorrectas en los taps de los transformadores de suministro.

Además, se han instalado reguladores de voltaje en algunas áreas del bloque. No obstante, estos dispositivos carecen de un sistema de control integrado, limitándose únicamente a reducir el voltaje a niveles seguros para la operación de los equipos. Esta solución no aborda de manera integral las variaciones y fluctuaciones de tensión que podrían afectar el rendimiento y la vida útil de los sistemas eléctricos y electrónicos.

Estas medidas parciales, si bien representan un esfuerzo por mejorar la calidad de la energía, no ofrecen una solución completa y sostenible a los desafíos energéticos que enfrenta el Bloque

Se requiere una evaluación exhaustiva y la implementación de estrategias integrales para garantizar un suministro de energía confiable, estable y eficiente en todo el bloque.

1.2 Formulación

¿Cómo se realiza una auditoria energética y se dispone de información en tiempo real sobre el estado de la instalación eléctrica del Bloque 15 de la Institución Universitario Pascual Bravo para el mejoramiento en el uso racional de la energía eléctrica y la protección efectiva de los activos sofisticados que allí se encuentran?

2 Justificación

En la actualidad, el reto de lograr un desarrollo sostenible y mitigar el impacto ambiental se ha convertido en una prioridad global. Las instituciones educativas, como formadoras de las futuras generaciones, tienen la responsabilidad ineludible de liderar esta transición hacia prácticas más respetuosas con el medio ambiente. Es en este escenario donde surge la propuesta de realizar una auditoría energética en el Bloque 15 de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Este edificio, que contiene numerosos laboratorios y talleres equipados con maquinaria de control numérico computarizado (CNC), representa un caso de estudio idóneo para evaluar la eficiencia energética. Dada la naturaleza de estas instalaciones, con cargas eléctricas de alta exigencia en cuanto a calidad de energía, es imperativo optimizar su consumo energético no solo por razones económicas, sino también por su impacto ambiental.

La iniciativa propuesta por un grupo de estudiantes comprometidos con la sostenibilidad demuestra una conciencia ejemplar y un profundo compromiso con los valores institucionales. Al tomar la batuta en este proyecto, estos jóvenes están dando un paso al frente para contribuir de manera tangible a la reducción de la huella de carbono de la universidad y, por extensión, a la mitigación del cambio climático.

Más allá de los beneficios ambientales, la auditoría energética del Bloque 15 representa una oportunidad invaluable para el enriquecimiento académico y profesional de los estudiantes involucrados. Al enfrentarse a un desafío real, tendrán la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en el aula, desarrollar habilidades prácticas en el campo de la auditoría energética y adquirir una valiosa experiencia que les permitirá destacar en el mercado laboral.

Además, los resultados de esta iniciativa podrían tener un impacto significativo en la optimización de los recursos financieros de la institución. Al identificar áreas de mejora y

proponer soluciones concretas para reducir el consumo energético, se abrirá la puerta a potenciales ahorros económicos que podrían ser reinvertidos en el fortalecimiento de la calidad educativa y la investigación

En resumen, la auditoría energética del Bloque 15 de la Institución Universitaria Pascual Bravo no solo representa un compromiso con la sostenibilidad ambiental, sino también una oportunidad para el crecimiento académico y profesional de los estudiantes involucrados, así como un potencial ahorro económico para la institución. Esta iniciativa encarna los valores de liderazgo, responsabilidad social y excelencia que caracterizan a esta prestigiosa universidad.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar el consumo de energía eléctrica en las instalaciones del bloque 15 de la institución Universitaria Pascual Bravo, caracterizado por cargas eléctricas con una alta exigencia con respecto a la calidad de energía, mediante datos tomados por un analizador de redes remoto.

3.2 Objetivos específicos

Comparar la eficiencia energética en el Bloque 15 con respecto a históricos de instalaciones con máquinas de CNC, obtenidos de artículos de divulgación, incluyendo información sobre el consumo de energía actual, los patrones de uso y los puntos de ineficiencia identificados.

Obtener datos y mediciones recopilados a través de los analizadores mediante *IoT*, de manera clara organizándolos en tablas para la generación de graficas que permitan su análisis.

Identificar las áreas de mejora enumerando y describiendo las áreas específicas dentro del Bloque 15 donde se ha identificado un consumo ineficiente de energía, así mismo proponiendo que sistemas pudieran optimizarse y estrategias de protección de los activos.

4 Referentes teóricos

4.1 Introducción al marco teórico

El propósito de los referentes teóricos en este proyecto de auditoría energética es sentar las bases conceptuales sólidas que respalden la investigación propuesta. A través de la exploración de principios, metodologías y técnicas relevantes en el campo de la eficiencia energética, se busca dotar al estudio de un fundamento científico robusto. El marco teórico del proyecto de auditoría energética del Bloque 15 reúne los conceptos necesarios para emprender el desarrollo de los objetivos.

En definición, estos referentes teóricos servirán como una guía para el proyecto que se va a realizar, aportando una perspectiva teórica sólida desde ella se podrán abordar los hallazgos de manera coherente y fundamentada. En dado caso es necesario empezar por los conceptos fundamentales de la eficiencia energética y el uso racional de la energía eléctrica.

4.2 Conceptos fundamentales de eficiencia energética

En un mundo cada vez más consciente de la necesidad de preservar los recursos naturales, la eficiencia energética ha emergido como un concepto clave. Se trata del uso óptimo de la energía, minimizando el desperdicio y maximizando los beneficios obtenidos por cada unidad de energía consumida.

Esta noción ha cobrado una relevancia significativa debido a su impacto positivo en la sostenibilidad ambiental y la reducción de costos operativos.

Dentro del ámbito de las instituciones educativas, la eficiencia energética desempeña un papel trascendental, contribuyendo a la disminución de la huella de carbono y al fomento de prácticas responsables con el medio ambiente, en la siguiente figura se puede ver la importancia de la eficiencia energética. (Rey Martínez & Gómez, 2006)

4.3 Auditorías energéticas

Las auditorías energéticas desempeñan un papel fundamental en la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia energética en instalaciones industriales y comerciales. Según la norma UNE 216501, una auditoría energética se define como un proceso sistemático, independiente y documentado que busca obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva con el fin de adquirir un conocimiento fiable del consumo energético y su costo asociado.

Más allá de los datos cuantitativos, una auditoría energética es un análisis exhaustivo que refleja cómo y dónde se utiliza la energía en una instalación específica. Su objetivo principal es promover el uso racional y eficiente de los recursos energéticos, ayudando a comprender mejor los patrones de consumo y a controlar los costos asociados.

A través de esta evaluación técnica y económica, se identifican las áreas donde pueden existir ineficiencias y se determinan las posibilidades de reducir los costos de energía de manera rentable, sin afectar la cantidad y calidad de los productos o servicios ofrecidos.



Figura 1. Indicadores de la medida de auditorías energéticas en grandes consumidores del sector industrial.

Fuente. Ministerio de Minas y Energía. (2022). Eficiencia Energética; Auditorías energéticas en grandes industrias Análisis de impacto normativo.

En esencia, las auditorías energéticas actúan como una guía para la acción, enfocándose en la racionalización y optimización de los usos y consumos de energía, así como en los procesos y procedimientos tecnológicos que involucran el uso de recursos energéticos.

Al proporcionar información detallada sobre los consumos específicos, los balances energéticos y los costos estimados de ahorro, inversión y tiempo de retorno, estas auditorías sientan las bases para la implementación de medidas correctivas efectivas. (Ministerio de Minas y Energía, 2022)

4.4 Tipos de auditorías energéticas según su profundidad.

Diagnóstico energético: Estudio sobre el estado actual de las instalaciones. Evaluación preliminar del consumo de energía.

Auditoría energética: Análisis del estado de las instalaciones. Propuestas para mejorar la eficiencia energética. Estudio económico de las propuestas.

Auditoría energética especial en profundidad: Contempla aspectos técnicos y económicos. Estudio del proceso productivo. Posibilidad de proponer cambios en la tecnología o los procesos.

Auditoría energética dinámica y continua: Se realiza periódicamente. Adaptada a los cambios en las operaciones. Identifica nuevas oportunidades de optimización.

Según el campo de actuación: En edificios ya construidos, En edificios en fase de construcción. (Girini, 2012)

4.5 Herramientas y técnicas de medición

Para un realizar una auditoría energética efectiva se debe contar con un conjunto de herramientas y técnicas de medición sofisticadas. Estos instrumentos especializados son

fundamentales para recopilar datos precisos y confiables sobre el consumo energético, lo que a su vez permite un análisis exhaustivo y la identificación de oportunidades de mejora (Ministerio de Minas y Energía, 2022).

Uno de los equipos más utilizados en este ámbito son los analizadores de redes, dispositivos capaces de monitorear en tiempo real una amplia gama de parámetros eléctricos, como voltaje, corriente, factor de potencia y armónicos. Estos analizadores brindan una visión detallada del comportamiento energético de las cargas, permitiendo identificar patrones de consumo y áreas de ineficiencia.

Los analizadores de red son herramientas cruciales para la gestión y optimización del consumo eléctrico. Estos dispositivos avanzados, diseñados para recopilar y analizar datos detallados sobre el comportamiento de la red eléctrica, ofrecen una perspectiva sin precedentes sobre los patrones de consumo, la calidad de la energía y las áreas de mejora potencial.

Los analizadores de red modernos cuentan con capacidades que van más allá de la simple medición de parámetros eléctricos. Gracias a sofisticados algoritmos y tecnologías de comunicación, estos dispositivos pueden realizar análisis exhaustivos en tiempo real, identificando problemas como armónicos, desequilibrios y fluctuaciones de voltaje (Fort, 2019).

Esta capacidad de diagnóstico avanzado contribuye a garantizar una distribución de energía confiable y estable, minimizando el riesgo de interrupciones y fallas en el sistema de suministro de energía eléctrica.

Pero los beneficios de los analizadores de red no se limitan a la detección de anomalías. Estos dispositivos también desempeñan un papel fundamental en la optimización del consumo energético. Al recopilar datos precisos sobre el uso de electricidad, patrones de uso y tendencias, los analizadores de red facilitan la identificación de áreas de mejora en la eficiencia energética (Trujillo, 2019).

Esta información es invaluable para los usuarios y proveedores de servicios, ya que les permite implementar medidas de ahorro y optimización, lo que se traduce en una reducción de costos y un menor impacto ambiental.

Además, los analizadores de red modernos están diseñados para fomentar la integración de fuentes de energía renovable y la gestión de la generación distribuida. Gracias a su capacidad de monitoreo en tiempo real, estos dispositivos permiten una incorporación más efectiva de tecnologías como la solar o la eólica, facilitando la transición hacia una matriz energética más sostenible (Fort, 2019).

En un mundo en constante evolución tecnológica, los analizadores de red han dado un paso más allá al incorporar capacidades de Internet de las Cosas (IoT). Estos analizadores de red IoT ofrecen una conectividad sin precedentes, permitiendo la transmisión remota de datos y el control en tiempo real. Esta funcionalidad revoluciona la forma en que se gestiona la energía eléctrica, brindando a los usuarios y proveedores de servicios un acceso sin precedentes a información detallada y la capacidad de tomar decisiones informadas.

En resumen, los analizadores de red se han convertido en herramientas indispensables para la gestión eficiente de la energía eléctrica. Desde la detección de anomalías hasta la optimización del consumo y la integración de energías renovables, estos dispositivos desempeñan un papel crucial en la transición hacia un futuro más sostenible y eficiente energéticamente. Además de los analizadores de redes, existen otras herramientas valiosas, como los medidores de consumo y los equipos de termografía infrarroja. Estos últimos son especialmente útiles para detectar fugas de energía térmica y áreas de sobrecalentamiento en sistemas e instalaciones.

La selección y el uso adecuado de estas técnicas de medición son fundamentales para garantizar la calidad y la precisión de los datos recopilados. Esto, a su vez, permite un análisis más profundo y la identificación de áreas de mejora potencial, lo que conduce a la implementación de medidas efectivas para optimizar el consumo energético (Energypedia, 2019).

En resumen, las herramientas y técnicas de medición son piezas clave en el rompecabezas de una auditoría energética exitosa. Al proporcionar datos precisos y confiables, estas herramientas sientan las bases para un análisis riguroso y la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia energética de manera efectiva y sustentada.

4.6 Análisis de datos y evaluación de la eficiencia energética

Para abordar la evaluación de la eficiencia energética en un contexto de auditoría, se requiere emplear métodos y técnicas especializadas para analizar los datos recopilados de manera efectiva. Uno de los enfoques comunes es el análisis estadístico de los datos, que puede proporcionar información valiosa sobre patrones de consumo energético, tendencias y posibles áreas de mejora. Además, el uso de herramientas de visualización de datos, como gráficos y tablas dinámicas, facilita la interpretación de los resultados de manera clara y concisa (Salcedo, Araujo, & Mejia, 2023).

En cuanto a los indicadores y métricas utilizados para evaluar la eficiencia energética, se consideran variables clave como el consumo específico de energía, la intensidad energética, la huella de carbono, entre otros. Estos indicadores permiten cuantificar el rendimiento energético de una instalación y compararlo con estándares internos o externos para identificar posibles áreas de ineficiencia.

El benchmarking, es decir, la comparación de los datos energéticos obtenidos con los de instalaciones similares, desempeña un papel fundamental en el proceso de evaluación de la eficiencia energética. Esta comparación proporciona una referencia útil para identificar oportunidades de mejora y establecer metas realistas de eficiencia energética a corto y largo plazo (Shukri, Junaidah, & Hauashdh, 2022).

En resumen, el análisis de datos y la evaluación de la eficiencia energética son componentes críticos en una auditoría energética, y requieren el uso de métodos, técnicas, indicadores y comparativas adecuadas para lograr resultados significativos y decisiones informadas.

4.7 Identificación de áreas de mejora y propuestas de eficiencia energética

Una de las funciones clave de las auditorías energéticas es identificar áreas donde existen oportunidades de mejora en la eficiencia del consumo de energía. Este proceso implica un análisis detallado de los datos recopilados durante la auditoría, así como una evaluación exhaustiva de los sistemas, equipos y procesos involucrados en el uso de energía.

En primer lugar, es esencial establecer criterios claros y objetivos para determinar qué áreas se consideran ineficientes o tienen un potencial significativo para optimizar el consumo de energía. Estos criterios pueden incluir indicadores de rendimiento energético, “benchmarks” de la industria, o incluso comparaciones con instalaciones similares que hayan implementado medidas de eficiencia exitosas.

Una vez identificadas las áreas problemáticas, el siguiente paso es realizar un análisis en profundidad para comprender las causas subyacentes de la ineficiencia. Esto puede implicar la revisión de los procesos operativos, la evaluación de la antigüedad y el estado de los equipos, o la identificación de factores externos que influyen en el consumo de energía.

Con esta información, los auditores energéticos pueden comenzar a formular propuestas concretas para mejorar la eficiencia energética. Estas propuestas pueden abarcar una amplia gama de medidas, desde la optimización de sistemas y procesos existentes hasta la sustitución de equipos obsoletos por tecnologías más eficientes. Además, se pueden considerar cambios en las prácticas operativas, como la implementación de sistemas de gestión de la energía o la capacitación del personal en técnicas de ahorro energético.

Es importante que cada propuesta de mejora se evalúe cuidadosamente en términos de su viabilidad técnica, impacto potencial en la eficiencia energética, costos asociados y período de recuperación de la inversión. Esta evaluación detallada permitirá a los tomadores de decisiones priorizar y seleccionar las medidas más efectivas y rentables para implementar.

Finalmente, es crucial que las propuestas de mejora se presenten de manera clara y convincente, respaldadas por datos sólidos y cálculos detallados. Esto facilitará la comprensión y aceptación de las recomendaciones por parte de los responsables de tomar decisiones, aumentando las probabilidades de que se implementen medidas efectivas para optimizar el consumo de energía y lograr una mayor eficiencia en las operaciones. (Salcedo, Araujo, & Mejia, 2023)

4.8 Evaluación económica y ambiental de las propuestas

Disminuir gastos es uno de los principales atractivos de una auditoría energética. Al detectar fugas e ineficiencias, se pueden recortar considerablemente los costos asociados al consumo de energía, lo que sin duda repercute positivamente en las finanzas de cualquier organización.

Estas evaluaciones son clave para optimizar el uso de la energía. Permiten identificar áreas problemáticas y brindan recomendaciones puntuales para mejorar el rendimiento energético. Como resultado, se reduce el derroche y se fomenta un consumo más racional.

En muchas regiones existen normativas vigentes sobre eficiencia y calidad energética. Realizar una auditoría garantiza que la empresa cumpla a cabalidad con estas regulaciones, evitando así sanciones o multas. Reducir el consumo energético y adoptar prácticas más amigables con el ambiente contribuye a disminuir la huella de carbono. Esto no solo beneficia al planeta, sino que mejora la reputación e imagen pública de la empresa.

Otro aspecto positivo es la optimización de recursos. Estas evaluaciones sugieren formas de extender la vida útil de equipos y sistemas, minimizando costos de mantenimiento y reemplazo.

La calidad de la energía también se ve favorecida. Al implementar las recomendaciones, se incrementa la confiabilidad de los sistemas eléctricos y se reducen fallas o interrupciones.

Los hallazgos brindan una perspectiva integral del manejo energético en la organización. Esto facilita la planificación estratégica a largo plazo en este ámbito

Con datos detallados en la mano, los tomadores de decisiones pueden implementar cambios fundamentados para mejorar la eficiencia y ahorrar recursos.

Adoptar buenas prácticas energéticas aumenta la competitividad empresarial. Al reducir gastos operativos y mostrarse más eco-amigable, la compañía gana ventajas frente a sus rivales.

Identificar y mitigar riesgos vinculados a la calidad energética fortalece la resiliencia ante cortes o fluctuaciones imprevistas en el suministro.

En últimas, una auditoría energética sienta las bases para transitar hacia un modelo de negocio más sostenible y socialmente responsable (Muñoz Saona & Vergara Reyes, 2011).

4.9 Legislación y normativa relevante

La creciente relevancia de implementar estrategias integrales para el uso racional y eficiente de la energía en la industria. En este contexto, las auditorías energéticas y la adopción de sistemas de gestión energética normalizados bajo ISO 50001 se han convertido en herramientas indispensables.

Las auditorías nos permiten radiografiar con precisión el desempeño energético de una planta o instalación. Mediante un riguroso análisis técnico de los procesos, equipos y sistemas consumidores, logramos identificar con certeza las áreas críticas de derroche, fugas, sobredimensionamientos y cualquier oportunidad de mejora.

Esta evaluación exhaustiva no solo cuantifica los potenciales ahorros económicos, sino que también visibiliza los impactos ambientales asociados a la ineficiencia energética.

Con un diagnóstico energético detallado en la mano, procedemos a formular un plan de acción enfocado en maximizar el rendimiento. Esto puede implicar desde simples ajustes operacionales, hasta rediseños de ingeniería y renovación tecnológica según la envergadura de los hallazgos.

Clave en esta fase es establecer metas e indicadores de desempeño energético mensurables, que permitan hacer seguimiento objetivo a los avances.

Es aquí donde entra en juego la norma ISO 50001 sobre sistemas de gestión de la energía. Esta provee un marco estructurado, basado en el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar, para implementar las mejoras de manera sistemática y sostenible en el tiempo. Implica, entre otros aspectos, definir una política energética alineada con los objetivos estratégicos, asignar roles y responsabilidades, desarrollar programas de capacitación y sensibilización, monitorear continuamente el consumo, y revisar periódicamente la efectividad de las medidas adoptadas.

Desde una perspectiva práctica de ingeniería, lo que más se valora del enfoque ISO 50001 es su visión holística e integradora. No se limita a actuaciones puntuales, sino que concibe la gestión energética como un proceso transversal que permea todas las operaciones de la organización.

Asimismo, su énfasis en el liderazgo de la alta dirección y la participación de todos los niveles contribuye a consolidar una sólida cultura de eficiencia energética.

Se ha podido comprobar los beneficios tangibles que se logran al abrazar este conjunto de buenas prácticas. Reducción de costos operativos, optimización de activos, disminución de la huella de carbono, cumplimiento de regulaciones ambientales y posicionamiento como empresa sostenible son solo algunas de las ventajas competitivas alcanzables. En un entorno cada vez más consciente de la necesidad de descarbonizar la economía, apostar por la eficiencia energética deja de ser una opción para convertirse en un imperativo estratégico (Ministerio de Minas y Energía, 2022).



Figura 2. Esquema seguido por la ISO 50001.

Fuente. Ministerio de Minas y Energía. (2022). Eficiencia Energética; Auditorías energéticas en grandes industrias Análisis de impacto normativo

4.10 Estado del arte y trabajos relacionados

La eficiencia energética representa uno de los grandes retos de nuestra era. En un mundo cada vez más demandante de recursos y consciente de la amenaza del cambio climático, optimizar el uso de la energía se ha vuelto un imperativo ineludible, tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

Es en este contexto que las auditorías energéticas cobran una relevancia trascendental. No se trata simplemente de una evaluación técnica más, sino de una herramienta estratégica que puede marcar la diferencia entre el éxito o el fracaso de una organización a largo plazo. Mediante un enfoque metódico y el empleo de las técnicas de medición más avanzadas, estas auditorías permiten radiografiar con precisión quirúrgica los patrones de consumo energético en una instalación.

Más allá de los números fríos, lo verdaderamente valioso es la capacidad de estas evaluaciones para identificar oportunidades de mejora concretas y cuantificar sus impactos. Al final del día, lo que se busca es traducir esos hallazgos en propuestas técnica y económicamente viables que maximicen la eficiencia, reduzcan el derroche y contribuyan a hacer de las operaciones un modelo de sostenibilidad.

Pero una auditoría energética exitosa no se limita a los aspectos puramente técnicos. Requiere una visión holística que integre factores ambientales, regulatorios, estratégicos y hasta de imagen corporativa. En un mercado cada vez más consciente, apostar por la eficiencia energética deja de ser una opción para convertirse en un imperativo de competitividad y resiliencia a futuro.

Es en este punto donde la norma ISO 50001 sobre sistemas de gestión de la energía entra en juego. Esta norma internacional provee un marco robusto y estructurado para implementar las mejoras identificadas de manera sistemática y sostenible. Su enfoque cíclico de mejora continua asegura un monitoreo constante y la identificación recurrente de nuevas oportunidades de optimización, involucrando activamente a todos los niveles y áreas de la organización.

La experiencia demuestra los beneficios tangibles que se logran al abrazar este conjunto de buenas prácticas. Reducciones significativas en costos operativos, optimización de activos, disminución de la huella de carbono y cumplimiento de regulaciones ambientales son solo algunas de las ventajas alcanzables. Pero quizás lo más gratificante es contribuir a consolidar una verdadera cultura de eficiencia energética, donde la sostenibilidad deja de ser un eslogan para convertirse en un principio rector que guía cada decisión y acción.

En un mundo en constante cambio y con recursos finitos, la eficiencia energética no es una moda pasajera, sino un camino ineludible hacia un futuro más próspero y responsable.

Aprovechar al máximo las herramientas conceptuales y metodológicas disponibles será clave en esta travesía hacia un mañana más sostenible. Las auditorías energéticas, respaldadas por un sólido fundamento teórico y un enfoque visionario, serán piezas fundamentales en este recorrido.

5 Metodología

5.1 Tipo de proyecto

La estrategia metodológica seleccionada para llevar a cabo este trabajo de grado será la investigación experimental. Esta metodología implica la introducción de cambios controlados en las instalaciones del Bloque 15 y la posterior evaluación cuantitativa de su impacto en la eficiencia energética. Para implementar este enfoque, se realizarán pruebas y mediciones específicas en el entorno real del Bloque 15 de la Institución Universitaria Pascual Bravo. El objetivo principal es determinar de qué manera la implementación de ajustes, tecnologías o soluciones específicas puede influir positivamente en el consumo de energía de este espacio.

5.2 Método

Se explorarán las áreas de mejora potencial, como la implementación de sistemas de gestión y control de energía mediante el uso de analizadores de redes con tecnología IoT y un Gateway para la captura de datos en tiempo real. La metodología de investigación experimental permitirá una evaluación precisa y cuantitativa de cómo estas modificaciones afectan la eficiencia energética del Bloque 15. Esto brindará información concreta y medible sobre la efectividad de las soluciones propuestas. Los resultados obtenidos a través de esta investigación experimental jugarán un papel fundamental en la toma de decisiones relacionadas con la implementación de medidas de eficiencia energética en el Bloque 15. Asimismo, proporcionarán evidencia tangible de los beneficios que pueden derivarse de estas acciones, tales como la reducción del consumo de energía, la mejora de la calidad de la energía suministrada y la disminución de los costos operativos asociados.

Esta metodología experimental respaldará sólidamente las recomendaciones y estrategias propuestas en el informe final de auditoría energética, al brindar datos cuantitativos y comprobables sobre el impacto real de las soluciones implementadas. De

esta manera, se respalda la importancia y efectividad de las medidas sugeridas para optimizar la eficiencia energética en el Bloque 15. Para esto se llevarán a cabo las siguientes actividades:

En primer lugar, se llevará a cabo una exhaustiva revisión de la literatura existente, centrándose en artículos de divulgación que aborden instalaciones similares con máquinas de control numérico computarizado (CNC).

Esta etapa permitirá establecer un marco de referencia sólido, recopilando información histórica sobre el consumo de energía, los patrones de uso y los puntos críticos de ineficiencia identificados en entornos comparables.

Mediante un análisis detallado de estos datos, se podrá contrastar la situación actual del Bloque 15 con los estándares y mejores prácticas reportadas.

Se identificarán las áreas de oportunidad y estableciendo metas de eficiencia energética alcanzables.

En paralelo, se llevará a cabo la implementación de analizadores de redes con tecnología IoT y un Gateway para la captura de datos en tiempo real.

Esta infraestructura de medición avanzada permitirá obtener información precisa y detallada sobre el consumo energético, los patrones de uso y la calidad de la energía suministrada en el Bloque 15.

Los datos recopilados serán organizados de manera clara y concisa en tablas y gráficos, facilitando su análisis e interpretación.

Esta etapa será fundamental para comprender a fondo la dinámica energética del bloque e identificar áreas específicas que requieran atención y mejoras.

Utilizando la información recopilada de las etapas anteriores, se procederá a identificar y enumerar las áreas de mejora dentro del Bloque 15.

Este proceso implicará un análisis exhaustivo de los datos obtenidos, identificando aquellas áreas o sistemas donde se ha detectado un consumo ineficiente de energía o donde exista potencial para optimizar el rendimiento energético.

Cada área identificada será descrita detalladamente, proporcionando información clara sobre los desafíos específicos y las oportunidades de mejora asociadas.

Esta etapa sentará las bases para la posterior formulación de estrategias y soluciones adaptadas a las necesidades únicas del Bloque 15.

Finalmente, se presentará un informe de auditoría con las recomendaciones para el uso racional de la energía eléctrica en el bloque 15 y otras recomendaciones sobre la forma más adecuada de proteger los activos, que allí se encuentran.

5.3 Instrumentos de recolección de información.

5.3.1 Fuentes primarias.

En el desarrollo de este proyecto de grado, se dará prioridad a la recolección de información proveniente de fuentes primarias, las cuales contienen datos e investigaciones originales. Para tal fin, se consultarán diversas fuentes bibliográficas, incluyendo libros especializados, artículos de revistas científicas de alto impacto, documentos oficiales emitidos por organismos gubernamentales o instituciones de referencia, así como informes técnicos y estudios de investigación realizados por organizaciones tanto públicas como privadas. Además, se analizarán patentes y normas técnicas vigentes, las cuales brindarán una perspectiva integral sobre los estándares y desarrollos más recientes en el área de interés.

5.3.2 Fuentes secundarias.

Se recurrirá a diversas fuentes secundarias que desempeñarán un papel complementario, pero igualmente valioso. Estas fuentes, si bien no contienen datos o investigaciones originales, ofrecen una perspectiva consolidada y analítica de la información primaria, brindando un marco contextual enriquecedor.

Entre los recursos secundarios a consultar, se encuentran enciclopedias especializadas y diccionarios técnicos, los cuales proporcionarán definiciones precisas y una comprensión profunda de los conceptos clave relacionados con el tema de estudio. Además, se examinarán antologías y síntesis elaboradas por expertos en el campo, las cuales recopilan y analizan de manera crítica los hallazgos y teorías más relevantes.

Revistas de resúmenes y periódicos especializados también formarán parte de las fuentes secundarias a considerar, ya que ofrecen una visión actualizada y resumida de los avances y tendencias en el área de interés. Directorios y compendios de investigaciones previas serán igualmente consultados, pues brindan un panorama general de los estudios realizados y los enfoques metodológicos empleados.

6 Resultados

El Bloque 15 de la Institución Universitaria Pascual Bravo alberga cargas eléctricas con altos requerimientos de calidad de energía, como máquinas de control numérico computarizado (CNC). Sin embargo, la infraestructura eléctrica actual no ha sido ajustada para satisfacer adecuadamente las demandas energéticas de estas cargas, lo que genera ineficiencias y riesgos para la seguridad del sistema. La acometida eléctrica que alimenta el bloque presenta una longitud excesiva, provocando pérdidas de energía y costos innecesarios. Además, el sistema de protecciones existente no está diseñado para las características de las cargas actuales, representando un riesgo para la integridad de las instalaciones y la seguridad de los ocupantes.

Ante esta situación, se llevará a cabo una auditoría energética en el Bloque 15 con el objetivo principal de mejorar la eficiencia energética y promover el uso racional y efectivo de la energía eléctrica. Esta evaluación implicará un levantamiento exhaustivo de datos generales, incluyendo información detallada sobre las cargas eléctricas, patrones de consumo y características de la infraestructura eléctrica actual.

Para garantizar la precisión y confiabilidad de los datos recopilados, se utilizarán analizadores de redes con tecnología de Internet de las Cosas (IoT) respaldados por un Gateway para la captura de datos en tiempo real. Esta metodología avanzada permitirá obtener mediciones detalladas y confiables del consumo energético y la calidad de la energía eléctrica suministrada, lo cual es fundamental para formular estrategias de mejora adaptadas a las necesidades específicas del Bloque 15.

Es importante resaltar que esta iniciativa no solo busca optimizar el consumo energético, sino también reducir el impacto ambiental asociado al uso de recursos energéticos. Se espera que los resultados derivados de esta auditoría proporcionen recomendaciones específicas y acciones concretas para la optimización del sistema energético en el Bloque 15, incluyendo la modernización de la infraestructura eléctrica y la implementación de medidas de eficiencia energética.

De esta manera, se fomentará un entorno más sostenible y eficiente en la institución, contribuyendo al compromiso de la comunidad universitaria con la preservación del medio ambiente y el uso responsable de la energía. Además, se prevé que las mejoras implementadas tendrán un impacto positivo en la reducción de costos operativos y en la calidad de la energía suministrada a las cargas críticas del Bloque 15.

La realización de una auditoría energética exhaustiva, respaldada por un análisis minucioso de datos recopilados a través de analizadores de redes con tecnología IoT, se presenta como una iniciativa esencial para impulsar la eficiencia energética y promover un uso racional y efectivo de la energía en el Bloque 15 de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Este bloque, que alberga cargas eléctricas críticas como máquinas de control numérico computarizado (CNC), enfrenta desafíos energéticos que demandan una evaluación precisa y adaptada a sus requerimientos específicos.

La implementación de analizadores IoT permitirá una recolección de datos en tiempo real, ofreciendo una visión integral de las variables eléctricas relevantes, como el consumo de energía, la calidad de la energía suministrada y los patrones de uso. Este enfoque no solo facilitará la identificación de posibles ineficiencias o áreas de mejora, sino que también proporcionará una base sólida para la formulación de estrategias específicas de optimización energética. Con esta iniciativa, se aspira a mejorar el rendimiento y la eficiencia energética del Bloque 15, asegurando así una gestión más sostenible y efectiva de los recursos, y contribuyendo al compromiso general de la institución con la eficiencia y la responsabilidad ambiental.

Las etapas clave de esta auditoría energética inician con la caracterización del sistema eléctrico del Bloque 15 mediante un levantamiento exhaustivo de datos, con el objetivo de determinar la línea base de consumo energético y establecer un punto de referencia para la auditoría, la instalación de los dispositivos de medición IoT, utilizando analizadores de redes y un Gateway para la captura y transmisión de los datos en tiempo real y finalmente la recopilación y análisis detallado de los datos obtenidos durante un período específico, para identificar patrones de consumo, áreas de ineficiencia y oportunidades de mejora.

Posteriormente se procederá con la elaboración del informe final de auditoría energética del Bloque 15, incluyendo hallazgos, recomendaciones y estrategias concretas para optimizar el consumo de energía, mejorar la calidad de la energía suministrada y promover la eficiencia energética en las instalaciones.

6.1 Últimas tendencias en instalaciones eléctricas para CNC

Automatización y Eficiencia Energética: Las instalaciones eléctricas para máquinas CNC han evolucionado significativamente, con un enfoque en la integración de sistemas de automatización y el uso de componentes inteligentes para optimizar el consumo energético. Hoy en día, la automatización permite que las máquinas CNC operen con mayor precisión, reduciendo la pérdida de energía en cada operación. Además, el uso de fuentes de energía renovable y sistemas de almacenamiento de energía, como baterías de respaldo y paneles solares, está ganando popularidad en este tipo de instalaciones (Ortega Hidalgo, F. J. 2022).

Entre las tendencias actuales, más relevantes, se encuentran:

Los sistemas de control inteligente: La incorporación de sensores y actuadores inteligentes permite que las máquinas CNC se adapten automáticamente a las condiciones de trabajo, optimizando el uso de la energía.

La monitorización en tiempo real: El análisis de datos en tiempo real permite detectar picos de consumo energético y ajustar el funcionamiento de las máquinas para evitar sobrecargas.

La integración de Redes y Conectividad IoT: La integración de redes avanzadas, como el Internet de las Cosas (IoT), ha permitido que las instalaciones eléctricas en ambientes CNC sean más interconectadas y gestionadas de manera remota. Esta conectividad facilita la detección temprana de fallos eléctricos y el mantenimiento predictivo, reduciendo el tiempo de inactividad de las máquinas y mejorando la seguridad.

Las plataformas IoT para monitorización remota: Estas plataformas permiten controlar las máquinas desde ubicaciones remotas, recibir alertas en tiempo real, y acceder a históricos de consumo eléctrico.

La compatibilidad con tecnología 5G: La conectividad 5G permite una transmisión de datos más rápida y confiable, facilitando la sincronización y coordinación de múltiples máquinas CNC en una planta de producción.

La seguridad y normativa de instalaciones: A medida que las instalaciones CNC se vuelven más complejas, la normativa de seguridad en instalaciones eléctricas ha evolucionado para minimizar riesgos. Se están implementando normativas más estrictas y avanzadas para reducir riesgos de cortocircuitos, incendios, y otros accidentes asociados al uso de maquinaria pesada y alta carga eléctrica de tipo convencional y también con especificaciones especiales.

Los sistemas de apagado de emergencia: La implementación de sistemas de emergencia automáticos y dispositivos de seguridad con estándares ISO se ha vuelto una práctica estándar.

La protección contra sobretensiones: Se emplean dispositivos de protección avanzados para asegurar la estabilidad de las instalaciones y proteger los componentes eléctricos de las máquinas CNC.

La sostenibilidad en las Instalaciones: La sostenibilidad se ha vuelto un objetivo clave en las instalaciones eléctricas para máquinas CNC. La adopción de materiales y prácticas sostenibles, como el uso de cables y aislantes ecológicos, así como de componentes reciclables, es cada vez más común (Lieberman, D. G. 2013).

La reducción de la huella de carbono: Las instalaciones eléctricas optimizadas en consumo energético contribuyen a la disminución de la huella de carbono, un factor relevante en la industria manufacturera moderna.

6.2 Desarrollo sostenible y estándares de gestión energética.

El concepto de desarrollo sostenible comenzó a consolidarse en la década de 1970, en respuesta a la creciente preocupación por el impacto ambiental, el aumento de la contaminación, y el uso intensivo de materias primas y energía. Fue un punto de partida para desarrollar políticas y estrategias globales que abordaran estos desafíos. En 1983, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, también conocida como la Comisión Brundtland, impulsó el movimiento mediante reuniones internacionales. Fruto de este esfuerzo, se publicó en 1987 el informe *Nuestro Futuro Común*, que definió el desarrollo sostenible como “el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer las suyas”.

Desde entonces, han surgido diversos estándares y regulaciones que buscan fortalecer y mejorar este enfoque. En 2015, la cumbre de las Naciones Unidas con 193 jefes de Estado estableció los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el período 2015-2030, abarcando dimensiones clave: económica, social y ambiental, con el fin de asegurar los recursos para el futuro.

El ciclo de vida del producto y la evaluación de sostenibilidad. desde la perspectiva del Ciclo de Vida del Producto (PLC), los procesos industriales pueden evaluarse y medirse a través de etapas de extracción de materiales, procesamiento, manufactura, suministro, uso, logística inversa y fin de vida. Para esto, se consideran diferentes niveles de análisis:

Nivel Macro: Evaluación de la cadena de suministro.

Nivel Meso: Análisis de la organización o empresa.

Nivel Micro: Programación, planificación y procesos de manufactura; en este caso, el enfoque es el proceso de mecanizado de remoción de material o arranque de viruta.

Entre los métodos empíricos empleados en estos análisis se incluyen la revisión documental de temas relacionados y la observación participante, que permite a los investigadores incorporar aspectos clave de la investigación y evaluar su relevancia.

Norma ISO 50001: Gestión de la Energía. La norma ISO 50001, publicada en junio de 2011, establece un marco de gestión energética para plantas, instalaciones y organizaciones industriales. Fue desarrollada por el Comité de Proyecto ISO 242, con la colaboración de 42 países liderados por Estados Unidos, Brasil, Reino Unido y China. El propósito de esta norma es proporcionar a las organizaciones herramientas para mejorar su desempeño energético mediante sistemas y procesos específicos que aumenten la eficiencia en el uso y consumo de la energía.

ISO 50001 se basa en el ciclo de mejora continua “Planificar – Hacer – Verificar – Actuar” (PHVA) e integra la gestión energética en las prácticas operativas de las organizaciones. Con el uso de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE), se promueve el ahorro y la eficiencia energética, asegurando un consumo estable y controlado a largo plazo.

Contribuciones de la Gestión Energética en la Industria Minera. La implementación de un SGE en sectores industriales, como la minería, también contribuye a los compromisos ambientales del país, como el Protocolo de Kioto, acordado en 2012 en Qatar. Este protocolo se centra en controlar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que inciden en el cambio climático y el calentamiento global. Dentro de los gases de efecto invernadero, se distinguen:

Emisiones directas: Generadas por el uso de combustibles fósiles (petróleo, nafta, gas natural, carbón) en la minería y en el transporte utilizado dentro de la misma.

Emisiones indirectas: Proviene de la energía eléctrica utilizada en los procesos mineros y de la producción de combustibles utilizados en las faenas.

La implementación de sistemas de gestión energética y el cumplimiento de estándares como ISO 50001 son pasos clave hacia la sostenibilidad, ayudando a reducir el impacto ambiental y a asegurar un uso eficiente de los recursos energéticos en la industria (De Laire, M. 2013).

6.3 Aforo de cargas de la instalación y su análisis.

Tabla 1.

Aforo de cargas para medición de potencia

Ítem	Carga	Cantidad.	Potencia	Total
1	Aires acondicionados	1	4.5	4.5
2	Computadores	10	0.2	2.0
3	Tornos	6	3.5	21.0
4	Fresadoras	2	5.5	11.0
5	Taladros y sierras	4	1.2	4.8
6	Centros de mecanizado	1	7.2	7.2
7	Luminarias de 3 x 32 w	48	0.15	7.2
8	Pequeñas máquinas	11	0.1	1.1

Fuente: Elaboración propia

La tabla presentada detalla el aforo de cargas para medición de potencia en el bloque 15. A continuación, te proporciono un análisis de cada carga y la comparación con estándares y mejores prácticas en términos de eficiencia energética y optimización de consumo: En dado caso se tiene el siguiente análisis de Cargas y Consumo.

Aires acondicionados (1 unidad - 4.5 kW): El aire acondicionado tiene un consumo significativo en relación con su número, lo cual es común en instalaciones industriales y comerciales. Para optimizar el uso de estos equipos y reducir el consumo energético, se recomienda la implementación de sistemas de control inteligente, así como la realización de un mantenimiento regular. Esto permite que el equipo funcione de manera eficiente y prolonga su vida útil.

Computadores (10 unidades - 2.0 kW en total): El consumo de los computadores es moderado (0.2 kW por unidad). Sin embargo, podrían aplicarse prácticas de eficiencia energética, como el uso de modos de ahorro de energía en períodos de inactividad y la preferencia por equipos con certificaciones de eficiencia. Además, la implementación de políticas para apagar equipos fuera del horario de trabajo contribuye al ahorro energético.

Tornos (6 unidades - 21.0 kW en total): Los tornos representan una carga significativa (3.5 kW por unidad), debido a la naturaleza de estos equipos en procesos de mecanizado. Aquí es fundamental asegurar un mantenimiento adecuado para evitar pérdidas de eficiencia y optimizar los procesos mediante la programación de trabajos en horarios de menor demanda energética, cuando lo permitan las programaciones académicas, o implementando sistema de gestión energética.

Fresadoras (2 unidades - 11.0 kW en total): Cada fresadora consume 5.5 kW, lo que representa una carga alta. Para reducir su consumo, se pueden implementar sistemas de monitoreo y control en tiempo real, lo que ayuda a detectar periodos en que no se esté utilizando eficientemente la energía. Además, es útil analizar la programación de estas máquinas herramientas, en cuanto a sus ciclos de operación, para alinearla con el consumo energético en otros sectores.

Taladros y sierras (4 unidades - 4.8 kW en total): Este equipo tiene un consumo moderado (1.2 kW por unidad), aunque podría optimizarse su uso mediante técnicas de gestión de demanda para reducir picos de consumo o reemplazando paulatinamente los activos por unos más moderno y de mayor eficiencia energética.

Centros de mecanizado (1 unidad - 7.2 kW): Esta es una máquina con alto consumo energético, se recomienda un sistema de monitoreo constante para garantizar su funcionamiento óptimo.

Luminarias (48 unidades de 3 x 32 W cada una - 7.2 kW en total): La iluminación representa un consumo significativo (0.15 kW por luminaria). Una práctica recomendada sería la transición a tecnología LED, que puede reducir el consumo en un 50% o más en comparación con luminarias fluorescentes.

Pequeñas máquinas (11 unidades - 1.1 kW en total): Estas máquinas tienen un consumo bajo (0.1 kW por unidad), pero el uso de un sistema de gestión energética puede ayudar a optimizar su operación y detectar oportunidades para reducir el consumo acumulado.

6.4 Comparación con estándares y mejores prácticas

Al revisar la tabla de aforo de cargas y verificar diferentes prácticas de uso eficiente de la energía, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

Gestión de la Energía (ISO 50001): El bloque 15 podría beneficiarse de la implementación de un Sistema de Gestión de Energía (SGE) según la norma ISO 50001. Esto permitiría una gestión sistemática del consumo energético, identificando áreas de mejora, optimizando el uso de los equipos de mayor consumo y estableciendo prácticas de ahorro energético.

Automatización y Monitoreo: En las mejores prácticas de eficiencia energética, se recomienda el uso de sistemas de monitoreo en tiempo real y de control automatizado. Esto ayuda a gestionar el uso de equipos de alta demanda como tornos, fresadoras y centros de mecanizado, alineando su funcionamiento con periodos de menor carga eléctrica en otras partes de la instalación.

En resumen, el análisis de la tabla muestra oportunidades claras para mejorar la eficiencia energética en el bloque 15. La adopción de un SGE, junto con la automatización, el monitoreo, y el uso de equipos energéticamente eficientes, puede contribuir de manera significativa a optimizar el consumo energético y reducir costos operativos a largo plazo.

A partir del análisis del aforo de cargas en el bloque 15, se identifican varias áreas de oportunidad para mejorar la eficiencia energética. A continuación, se presentan algunas recomendaciones preliminares que podrían guiar la optimización de consumo:

Optimización del Sistema de Aire Acondicionado. Dado que el aire acondicionado representa un consumo considerable, sería conveniente explorar el uso de controles inteligentes, como termostatos programables y sensores de ocupación. Además, un programa de mantenimiento regular ayudaría a mantener la eficiencia operativa y a reducir el consumo energético sin sacrificar el confort.

Eficiencia en el Uso de Computadores. Los computadores consumen energía incluso en periodos de inactividad. Se recomienda implementar modos de ahorro energético y establecer políticas para apagar los equipos al finalizar la jornada. Estas prácticas, además de reducir el consumo, contribuirían a alargar la vida útil de los equipos.

Gestión de Carga en Tornos y Fresadoras. Los tornos y fresadoras representan una carga significativa. Optimizar la programación de su uso y evitar concentrar su funcionamiento en horarios de alta demanda podría ayudar a reducir el consumo. También es importante considerar un mantenimiento adecuado para mantener el rendimiento energético de estos.

Actualización de Luminarias a Tecnología LED. La iluminación del bloque 15 podría beneficiarse considerablemente de una transición a tecnología LED, que consume menos energía y ofrece una mayor durabilidad. Asimismo, sería conveniente instalar sensores de movimiento en áreas de menor uso para reducir el tiempo de iluminación en espacios no ocupados.

Implementación de un Sistema de Gestión de Energía (SGE). Un Sistema de Gestión de Energía, siguiendo lineamientos de normas como la ISO 50001, podría ser una herramienta clave para supervisar el consumo y optimizar su distribución. Esto ayudaría a identificar las áreas de mayor consumo y a establecer acciones correctivas de manera estructurada y continua.

Capacitación del Personal para el Uso Eficiente de la Energía. Generar conciencia entre el personal sobre el uso eficiente de la energía puede resultar en reducciones adicionales de consumo. Se sugiere realizar capacitaciones periódicas para fomentar prácticas sostenibles en el manejo de los equipos.

Mantenimiento Preventivo en Máquinas y Equipo. Establecer un programa de mantenimiento preventivo en los equipos de mecanizado y herramientas menores ayudaría a mantener su eficiencia y evitaría incrementos innecesarios en el consumo energético. Esta medida también reduce el riesgo de averías y prolonga la vida útil de los equipos.

Estas recomendaciones ofrecen un punto de partida para mejorar la eficiencia energética en el bloque 15 y podrían complementarse con un análisis más detallado. La implementación de estas prácticas contribuiría a reducir el consumo total, optimizar el rendimiento de los equipos y avanzar hacia una gestión energética más sostenible.

6.5 Estrategia de optimización energética

Como parte de la estrategia de optimización energética en el bloque 15, se plantea implementar analizadores de redes con tecnología IoT, junto con un Gateway para capturar datos en tiempo real. Esta medida busca proporcionar una visión detallada y continua del consumo de energía en las diferentes áreas, permitiendo identificar patrones de uso y detectar de inmediato cualquier desviación o consumo ineficiente.

La tecnología IoT en los analizadores de redes facilita la recolección de información precisa sobre el comportamiento de la carga, registrando datos clave como voltaje, corriente, potencia activa y reactiva, y frecuencia. Este monitoreo detallado ayudará a entender cómo y cuándo se utiliza la energía en cada equipo, desde los sistemas de aire acondicionado hasta los centros de mecanizado y luminarias, proporcionando una base sólida para tomar decisiones informadas y específicas.

El Gateway, por su parte, funciona como el centro de conexión de todos estos dispositivos IoT, consolidando los datos en tiempo real y enviándolos a una plataforma centralizada. Esto permitirá no solo supervisar el consumo en el momento, sino también analizar tendencias a lo largo del tiempo. Mediante esta infraestructura, se podrían establecer alarmas automáticas para detectar condiciones anormales, como picos de consumo inesperados o comportamientos fuera de lo común, lo que posibilitaría una respuesta rápida y eficaz.

Además, este sistema de análisis y captura de datos ofrece una ventaja significativa al integrar la información con sistemas de gestión energética basados en normas como la ISO

50001. Al contar con datos precisos y continuos, el equipo de gestión podrá establecer metas de reducción de consumo y verificar el impacto real de las medidas implementadas. La implementación de analizadores de redes con tecnología IoT y un Gateway representa, así, una inversión en eficiencia que facilita el control energético y la sostenibilidad en el bloque 15, alineando la operación diaria con los objetivos de ahorro energético y mejora continua.

La implementación de esta infraestructura de medición avanzada en el Bloque 15 permitirá contar con una base de datos detallada y en tiempo real sobre el comportamiento energético de cada área y equipo. A través de los analizadores de redes, se obtendrán lecturas precisas sobre el consumo energético de cada máquina, los patrones de uso de los equipos y la calidad de la energía suministrada. Esto incluye datos como fluctuaciones en el voltaje, armónicos, factor de potencia y otros parámetros críticos que afectan la eficiencia y la vida útil de los equipos.

Tener acceso a esta información en tiempo real abre la puerta a una gestión energética mucho más proactiva y fundamentada. Los patrones de uso de energía podrán ser analizados para identificar horas pico de consumo, posibles sobrecargas, y tendencias de desperdicio, permitiendo implementar medidas correctivas antes de que estos problemas generen costos adicionales o afecten el rendimiento de las operaciones.

Esta visibilidad sobre el consumo y la calidad de energía también resulta útil para planificar y ajustar los horarios de uso de ciertos equipos, optimizando así la carga energética según las necesidades específicas de cada momento del día, teniendo en cuenta la programación académica.

La precisión de estos datos también aporta a la detección de problemas en la calidad de la energía, tales como armónicos o picos de tensión, que pueden dañar los equipos a largo plazo o reducir su rendimiento. Con la medición avanzada, se podrá intervenir rápidamente para corregir o mitigar estos problemas, mejorando la estabilidad operativa y la durabilidad de los equipos.

Además, al contar con un historial de datos detallado, el Bloque 15 podrá evaluar de manera efectiva el impacto de cualquier iniciativa de ahorro energético que se implemente, ajustando y afinando las estrategias en función de resultados concretos, obtenidos del análisis de los datos medidos.

Esto permitirá no solo reducir los costos, sino también minimizar el impacto ambiental de la operación y alinearse con las mejores prácticas de sostenibilidad y eficiencia energética. En conjunto, esta infraestructura de medición avanzada no solo mejora la eficiencia operativa del Bloque 15, sino que fortalece su capacidad de adaptarse a los retos futuros en el ámbito energético.

Tabla 2.
Voltajes del laboratorio

Timestamp	Voltaje A	Voltaje B	Voltaje C
30/08/2024 6:49:08	127.5	126.22	126.96
30/08/2024 6:59:07	127.5	126.04	127.03
30/08/2024 7:09:10	127.07	125.72	126.96
30/08/2024 7:19:08	126.36	125.43	125.53
30/08/2024 7:29:07	126.36	125.15	126.46
30/08/2024 7:39:08	126.38	125.19	126.39
30/08/2024 7:49:07	126.13	124.9	125.97
30/08/2024 7:59:08	126.49	125.06	125.86
30/08/2024 8:09:07	126.25	124.6	125.04
30/08/2024 8:19:07	125.96	124.14	125.21
30/08/2024 8:29:07	125.73	123.96	125.09
30/08/2024 8:39:07	125.48	123.66	124.45
30/08/2024 8:49:07	125.36	123.68	124.28
30/08/2024 8:59:11	125.44	123.63	123.86
30/08/2024 9:09:09	124.89	123.05	124.13
30/08/2024 9:19:07	125.14	123.09	123.8
30/08/2024 9:29:07	124.72	122.56	123.69
30/08/2024 9:39:08	124.79	122.6	123.35

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2 muestra los valores de voltaje en las tres fases (A, B y C) a lo largo del día 30 de agosto de 2024. Se observa una tendencia gradual a la disminución del voltaje en cada una de las fases durante el período registrado. Estas variaciones pueden indicar cambios en la demanda de carga o fluctuaciones en la calidad del suministro eléctrico. No obstante, la consistencia en el comportamiento de las tres fases sugiere que el sistema se mantiene relativamente balanceado, a pesar de pequeñas diferencias en los valores que podrían analizarse con mayor detalle

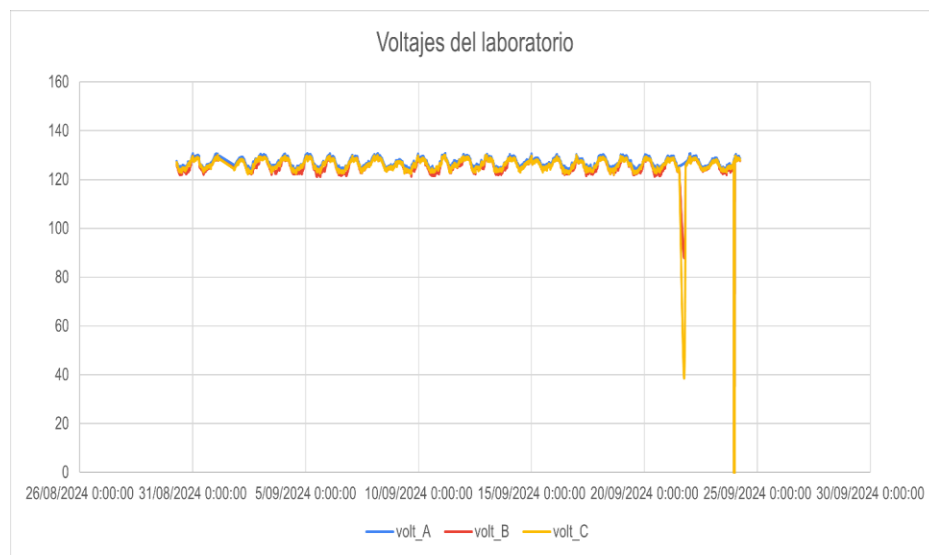


Figura 3. Voltajes del laboratorio.

Fuente. Elaboración propia.

En el gráfico de la figura 2, se ven tres líneas que muestran las tendencias de voltaje en cada una de las fases A, B y C a lo largo del día. Todas ellas presentan una disminución gradual, aunque con pequeñas diferencias entre sí en cada punto del tiempo marcado en el eje horizontal.

Esto permite identificar no solo la tendencia general a la baja, sino también detectar cualquier pico o caída pronunciada que pudiera indicar inestabilidad en el sistema. Este análisis gráfico es muy útil para entender el comportamiento del sistema trifásico, detectar posibles desequilibrios entre fases, y tomar decisiones para mejorar la calidad del suministro eléctrico.

Tabla 3.

Corrientes en líneas.

Timestamp	I_A	I_B	I_C
30/08/2024 6:49:08	0.337	0.306	0.261
30/08/2024 6:59:07	0.34	0.412	0.257
30/08/2024 7:09:10	0.09	0.404	0.252
30/08/2024 7:19:08	0.697	0.406	0.25
30/08/2024 7:29:07	0.089	0.395	0.25
30/08/2024 7:39:08	0.089	0.394	0.249
30/08/2024 7:49:07	0.144	0.394	0.249
30/08/2024 7:59:08	0.327	0.392	0.248
30/08/2024 8:09:07	0.617	0.393	0.248
30/08/2024 8:19:07	0.352	0.538	0.248
30/08/2024 8:29:07	0.345	0.532	0.26
30/08/2024 8:39:07	0.615	0.53	0.257
30/08/2024 8:49:07	0.613	0.53	0.255
30/08/2024 8:59:11	0.725	0.53	0.25

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estas variaciones en los niveles de corriente a lo largo del día permite identificar posibles problemas en la distribución de carga o en la calidad del suministro eléctrico. Realizar un seguimiento constante de estos datos puede ayudar a los técnicos a tomar medidas preventivas y mantener un sistema eléctrico más equilibrado y eficiente.

En resumen, este gráfico proporciona una valiosa información, a partir de los datos, sobre el comportamiento del sistema trifásico que puede ser muy útil para la gestión y el mantenimiento de las instalaciones eléctricas en el bloque 15 de la institución universitaria.

El gráfico de la figura 3, muestra la evolución de las corrientes en las tres fases A, B y C a lo largo del tiempo. Se observa un patrón con altibajos que se repiten, lo que indica cambios cíclicos en la demanda. Aunque las tendencias son similares, hay momentos donde las diferencias entre fases son más pronunciadas, sugiriendo posibles desequilibrios en el consumo en dichas líneas.

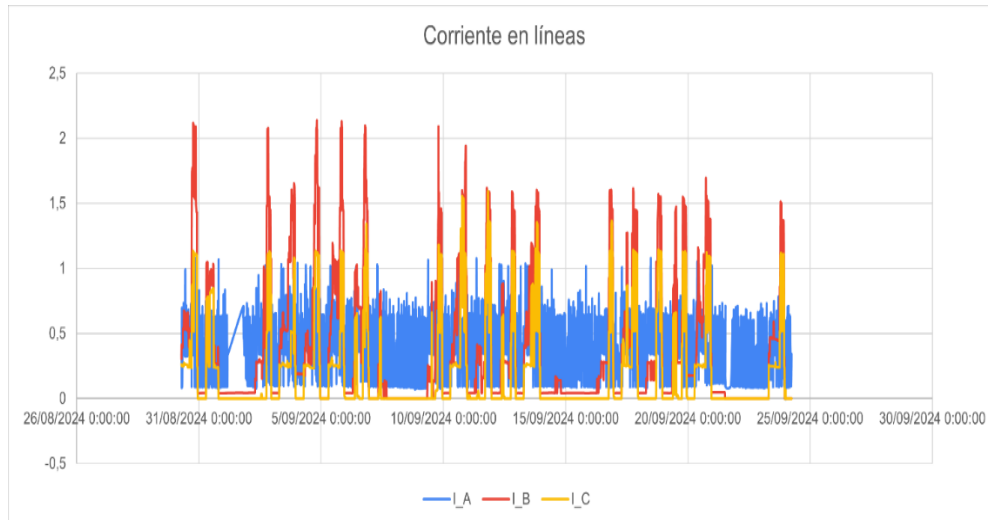


Figura 4. Corrientes de línea.

Fuente. Elaboración propia.

Los picos de corriente, especialmente en B y C, podrían deberse a aumentos puntuales de carga o problemas transitorios. Este seguimiento permite identificar inestabilidades y tomar medidas para mejorar la calidad y eficiencia del suministro eléctrico.

Tabla 4.

Potencia activa del laboratorio.

Timestamp	P_A	P_B	P_C
30/08/2024 6:49:08	0.04	0.038	0.017
30/08/2024 6:59:07	0.04	0.051	0.016
30/08/2024 7:09:10	0.006	0.05	0.015
30/08/2024 7:19:08	0.042	0.05	0.015
30/08/2024 7:29:07	0.006	0.049	0.015
30/08/2024 7:39:08	0.006	0.048	0.015
30/08/2024 7:49:07	0.015	0.048	0.015
30/08/2024 7:59:08	0.038	0.048	0.015
30/08/2024 8:09:07	0.072	0.048	0.015
30/08/2024 8:19:07	0.039	0.066	0.015
30/08/2024 8:29:07	0.039	0.065	0.016
30/08/2024 8:39:07	0.071	0.065	0.016
30/08/2024 8:49:07	0.071	0.064	0.016

Fuente: Elaboración propia

Los valores de potencia activa registrados para las tres fases (A, B y C) muestran variaciones a lo largo del día 30 de agosto de 2024. Se observa que la fase B mantiene generalmente valores más altos, mientras que la fase A muestra más fluctuaciones y la fase C se mantiene más estable, pero con valores más bajos, lo que podría indicar desequilibrio en la distribución de cargas. Este comportamiento sugiere la necesidad de revisar la distribución de cargas entre fases para optimizar el rendimiento del sistema eléctrico del bloque 15 de la institución.

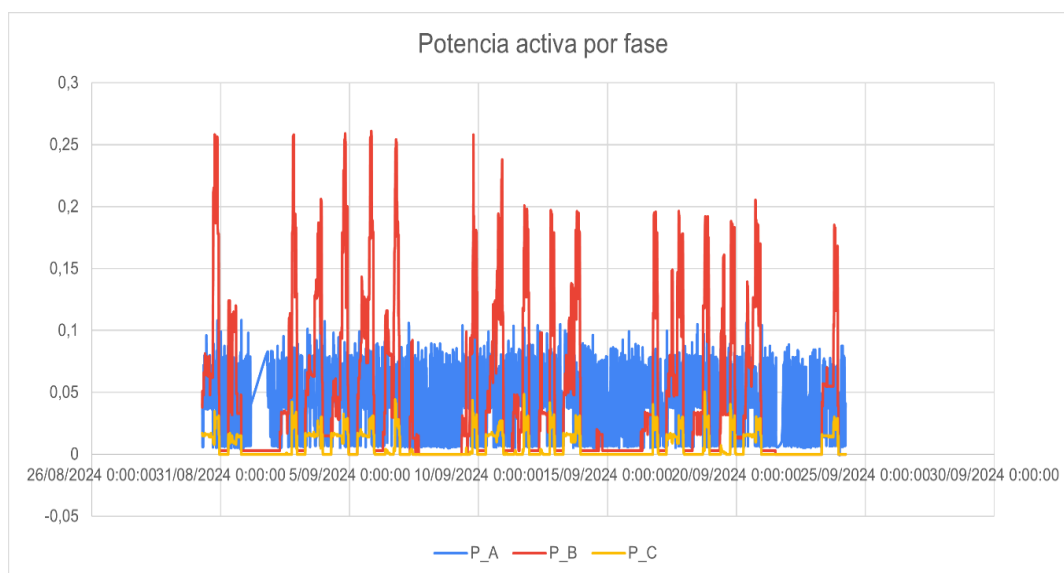


Figura 5. Potencia activa por fase.

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico de potencia activa muestra el comportamiento de las tres fases durante un mes, donde se aprecia que la fase B (roja) presenta picos pronunciados que alcanzan hasta 0.25, mientras la fase A (azul) mantiene una tendencia más constante alrededor de 0.1. La fase C (amarilla) se mantiene notablemente más baja y estable que las otras dos, con valores cercanos a 0.02.

Los picos repetitivos, especialmente en la fase B, sugieren ciclos de demanda que podrían corresponder a la operación de equipos específicos. Este patrón indica un desequilibrio significativo entre fases que debería ser evaluado para mejorar la distribución de cargas.

Tabla 5.

Potencia reactiva por fase.

Timestamp	Q_A	Q_B	Q_C
30/08/2024 6:49:08	0.012	0.002	0.026
30/08/2024 6:59:07	0.013	0.003	0.026
30/08/2024 7:09:10	0.005	0.003	0.026
30/08/2024 7:19:08	0.076	0.003	0.025
30/08/2024 7:29:07	0.005	0.002	0.025
30/08/2024 7:39:08	0.005	0.002	0.025
30/08/2024 7:49:07	0.007	0.002	0.025
30/08/2024 7:59:08	0.012	0.002	0.025
30/08/2024 8:09:07	0.026	0.002	0.025
30/08/2024 8:19:07	0.018	0.004	0.024
30/08/2024 8:29:07	0.017	0.004	0.026
30/08/2024 8:39:07	0.026	0.004	0.025

Fuente: Elaboración propia

Los datos de potencia reactiva por fase muestran que la fase C mantiene valores estables alrededor de 0.025-0.026, mientras que la fase A presenta más variaciones, con valores entre 0.005 y 0.076. La fase B muestra los valores más bajos y constantes, entre 0.002 y 0.007, sugiriendo una distribución desigual de cargas inductivas o capacitivas.

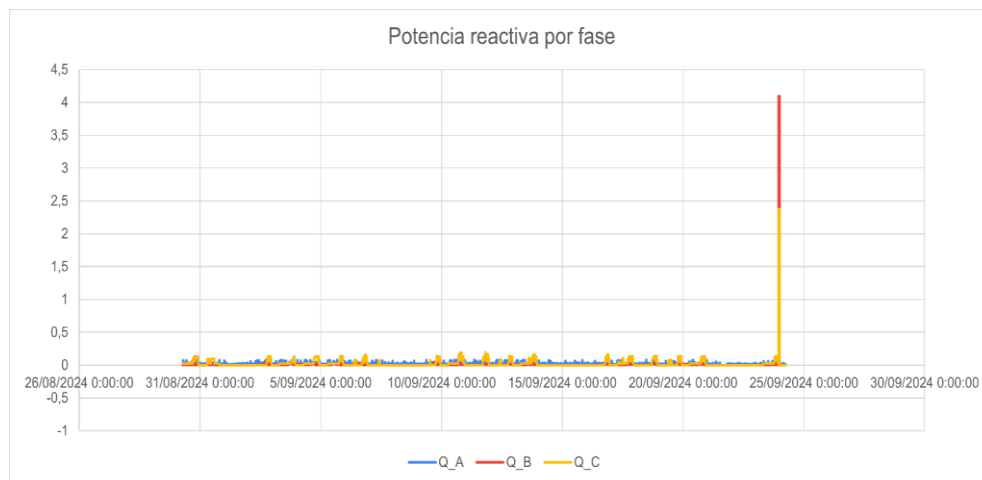


Figura 6. Potencia reactiva por fase.

Fuente. Elaboración propia.

Este comportamiento indica la necesidad de revisar la compensación de factor de potencia en cada fase. Estos patrones podrían afectar la eficiencia del sistema eléctrico.

El gráfico de la figura 2 de potencia reactiva muestra un comportamiento bastante estable en las tres fases durante casi todo el período, con valores que oscilan cerca de 0.2, excepto por un pico inusual y significativo el 25 de septiembre.

Este pico abrupto, que alcanza valores cercanos a 4.2 en las fases B y C, sugiere un evento anormal que requiere investigación. Las tres fases mantienen un comportamiento similar y equilibrado durante el resto del período monitoreado, lo que indica una operación normal del sistema. Este tipo de eventos súbitos podrían indicar problemas temporales en equipos o cambios bruscos en la carga inductiva/capacitiva del sistema.

Tabla 6.

Factor de potencia por fase.

Timestamp	FP_A	FP_B	FP_C
30/08/2024 6:49:08	0.954	1	0.544
30/08/2024 6:59:07	0.948	0.999	0.528
30/08/2024 7:09:10	0.792	0.999	0.524
30/08/2024 7:19:08	0.488	0.999	0.529
30/08/2024 7:29:07	0.789	0.999	0.522
30/08/2024 7:39:08	0.795	0.999	0.521
30/08/2024 7:49:07	0.906	1	0.524
30/08/2024 7:59:08	0.953	0.999	0.523
30/08/2024 8:09:07	0.942	1	0.526
30/08/2024 8:19:07	0.909	0.998	0.53
30/08/2024 8:29:07	0.919	0.998	0.545
30/08/2024 8:39:07	0.94	0.998	0.542
30/08/2024 8:49:07	0.938	0.999	0.541
30/08/2024 8:59:11	0.882	0.998	0.538
30/08/2024 9:09:09	0.929	0.998	0.534
30/08/2024 9:19:07	0.934	0.996	0.541

Fuente: Elaboración propia

Los datos muestran que la fase B mantiene un factor de potencia casi ideal, con valores muy cercanos a 1 (entre 0.996 y 1) durante todo el período. La fase A presenta valores buenos, pero más variables, oscilando entre 0.488 y 0.954. La fase C muestra el comportamiento más preocupante con valores bajos y constantes alrededor de 0.53, lo que indica una significativa presencia de potencia reactiva.

Este desequilibrio entre fases, especialmente el bajo factor de potencia en la fase C, sugiere la necesidad de implementar medidas correctivas como la compensación reactiva.

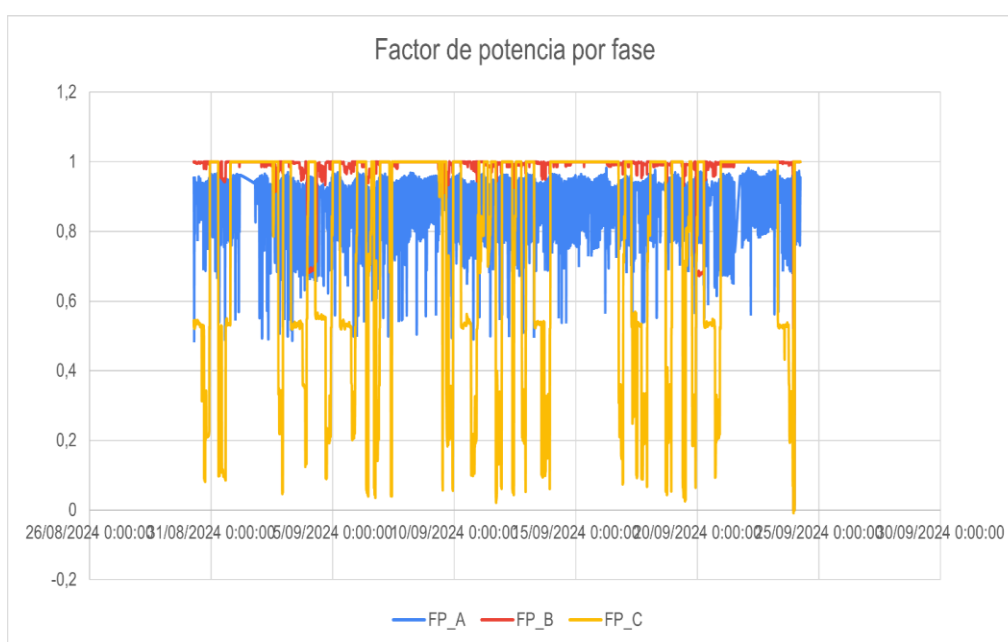


Figura 7. Factor de potencia por fase.

Fuente. Elaboración propia.

El gráfico del factor de potencia muestra que la fase B (roja) mantiene valores óptimos cercanos a 1 durante todo el período, indicando un excelente comportamiento. La fase A (azul) fluctúa principalmente entre 0.6 y 0.95, mostrando un desempeño aceptable pero mejorable. La fase C (amarilla) presenta caídas frecuentes y pronunciadas, llegando incluso a valores cercanos a 0, lo que señala problemas serios que requieren atención inmediata.

Estas diferencias significativas entre fases sugieren la necesidad urgente de implementar medidas de corrección del factor de potencia, especialmente en la fase C.

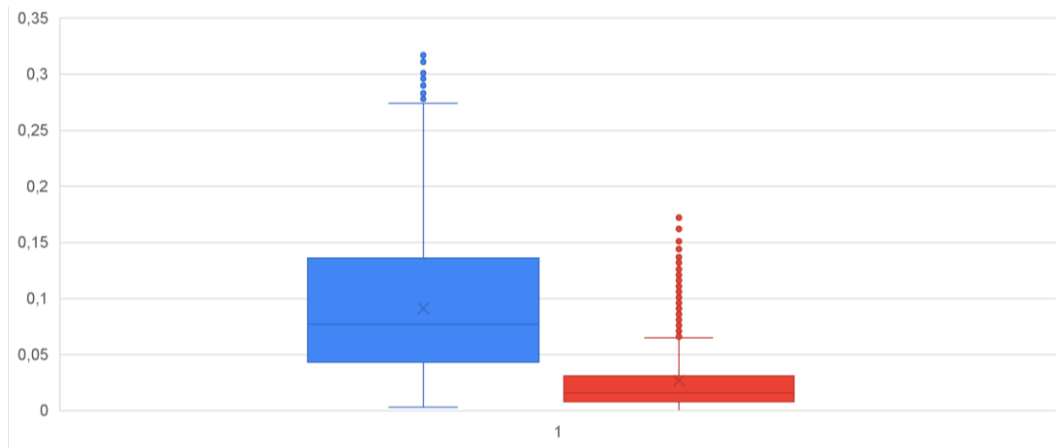


Figura 8. Diagrama bigotes de potencia activa y reactiva.

Fuente. Elaboración propia.

El diagrama de bigotes muestra una comparación entre la potencia activa (azul) y reactiva (roja), donde la potencia activa presenta una mediana cercana a 0.08 y una mayor dispersión de datos, con valores atípicos que alcanzan 0.3. La potencia reactiva muestra valores generalmente más bajos, con una mediana cercana a 0.02 y menor dispersión, aunque también presenta algunos valores atípicos cercanos a 0.15.

Esta distribución sugiere que el sistema opera principalmente con cargas resistivas, mientras que la componente reactiva se mantiene en niveles más bajos y controlados.

Esta etapa será fundamental para comprender a fondo la dinámica energética del bloque 15 e identificar áreas específicas que requieran atención y mejoras. Los datos recopilados muestran patrones claros de consumo y eficiencia en cada fase, permitiendo detectar desequilibrios significativos, especialmente en el factor de potencia de la fase C. El seguimiento continuo de estas variables eléctricas facilita la planificación de mantenimientos preventivos y la implementación de soluciones específicas como la compensación reactiva.

Además, este análisis detallado permitirá optimizar la distribución de cargas entre fases, mejorando así la eficiencia general del sistema y reduciendo costos operativos. Esta información será clave para tomar decisiones informadas sobre futuras mejoras en la infraestructura eléctrica del edificio.

Con la información detallada recopilada en las etapas anteriores, se pasará a un análisis exhaustivo para identificar y enumerar las áreas de mejora dentro del Bloque 15. Este proceso permitirá obtener una comprensión clara de cómo se está utilizando la energía en cada equipo y área, así como de posibles ineficiencias o puntos críticos a ser optimizados.

Al observar los datos de consumo de energía, corrientes y voltajes en cada fase y línea, será posible detectar patrones de uso y momentos de mayor demanda que podrían estar causando sobrecargas o pérdidas energéticas.

Además, este análisis permitirá verificar el balance de carga entre las fases y líneas, ya que cualquier desbalance puede llevar a un uso ineficiente de los recursos eléctricos y, en algunos casos, afectar la estabilidad y durabilidad de los equipos.

Una parte fundamental de esta etapa será identificar las oportunidades específicas en cada uno de los equipos y sistemas principales del Bloque 15. Esto incluye revisar equipos como tornos, fresadoras, taladros, centros de mecanizado y sistemas de iluminación, buscando aquellos que tengan consumos elevados o variaciones importantes en su demanda energética.

También se tomará en cuenta la información de los sistemas de climatización, computadores y otras máquinas pequeñas, ya que, aunque su consumo individual sea bajo, en conjunto podrían representar una carga significativa.

A partir de esta identificación de áreas de mejora, se podrán clasificar las recomendaciones en función de su impacto y factibilidad, priorizando aquellas que puedan generar una reducción inmediata o significativa en el consumo energético.

Esto puede incluir ajustes en los horarios de operación, balanceo de cargas, o incluso la implementación de sistemas de monitoreo más detallado para ciertas áreas o equipos. Con estas mejoras, el Bloque 15 podrá optimizar el uso de la energía, reduciendo costos y contribuyendo a la sostenibilidad de las operaciones.

Este proceso implicará un análisis exhaustivo de los datos obtenidos, identificando aquellas áreas o sistemas donde se ha detectado un consumo ineficiente de energía o donde exista potencial para optimizar el rendimiento energético.

Cada área identificada será descrita detalladamente, proporcionando información clara sobre los desafíos específicos y las oportunidades de mejora asociadas.

A partir de la información detallada obtenida en las fases previas, se establecen las bases para formular estrategias y soluciones energéticas adaptadas específicamente a las condiciones y requerimientos del Bloque 15. Este análisis preliminar, que ha incluido el monitoreo y evaluación de voltajes, corrientes y potencias en cada equipo y línea, permite una comprensión profunda del perfil de consumo energético del bloque y resalta áreas críticas de oportunidad.

6.6 Identificación de puntos de consumo elevado y cargas críticas

La evaluación detallada ha revelado equipos y sistemas con demandas energéticas elevadas o fluctuaciones significativas, como los tornos, fresadoras, taladros, y sistemas de iluminación. Estos datos sirven como punto de partida para desarrollar soluciones específicas, tales como realizar el balanceo de carga en estos equipos para mejorar la eficiencia y evitar picos de consumo. Para tal fin se procede a seguir las siguientes recomendaciones:

Análisis del Balance de Carga: Los datos muestran variaciones en las corrientes entre fases y líneas, indicando que el sistema podría beneficiarse de un análisis más profundo de balanceo de cargas.

Estrategias de redistribución de carga no solo evitarán sobrecargas en determinadas líneas, sino que también permitirán una operación más estable y eficiente de los equipos, reduciendo el riesgo de desgaste prematuro y mejorando la calidad del suministro eléctrico.

Optimización en el Uso de Energía para Equipos Secundarios: Aunque equipos secundarios como sistemas de climatización, computadores y pequeñas máquinas individuales representan consumos bajos en comparación con el equipo pesado, su uso acumulativo genera una demanda importante. A partir de estos datos, se pueden plantear estrategias de optimización, como establecer políticas de uso eficiente o incluso modernizar ciertos equipos para reducir su consumo.

Implementación de Monitoreo en Tiempo Real: Con la instalación de analizadores de redes y tecnología IoT, el Bloque 15 podrá continuar recolectando datos en tiempo real, lo cual es fundamental para una gestión energética eficaz. Esta infraestructura permitirá una supervisión continua, alertando sobre variaciones o anomalías y facilitando la toma de decisiones informadas en tiempo real. La información recolectada de esta manera también es clave para medir el impacto de estrategias implementadas y realizar ajustes continuos.

Establecimiento de Indicadores de Desempeño Energético: A partir del análisis de los patrones de consumo, se pueden definir indicadores de desempeño energético específicos para el Bloque 15, como la relación entre consumo y producción o la eficiencia por tipo de equipo. Estos indicadores permitirán monitorear el avance de las estrategias, ayudando a identificar rápidamente los efectos de cada cambio con un enfoque en la mejora continua.

Capacitación y Sensibilización del Personal: Parte importante del éxito en la implementación de soluciones energéticas radica en el compromiso y conocimiento del personal. Una vez establecidas las áreas de oportunidad, se pueden desarrollar programas de capacitación para que los operadores y técnicos conozcan las mejores prácticas en el uso de equipos y comprendan el impacto de un uso eficiente de los recursos.

Con estas bases, el Bloque 15 estará preparado para implementar una serie de estrategias energéticas diseñadas para reducir el consumo, equilibrar las cargas y mejorar la estabilidad y eficiencia del sistema. Este enfoque no solo se adapta a las necesidades particulares del bloque, sino que también promueve un entorno más sostenible y alineado con las mejores prácticas energéticas.

6.7 Recomendaciones para el uso racional de la energía eléctrica

Las recomendaciones que parecen obvias se derivan del análisis de los datos obtenidos de la medición de las variables eléctricas, con ayuda del medidor multifuncional y los recursos IoT de hardware y software. Estos se describen a continuación:

Balanceo de Cargas y Redistribución de Consumo: Redistribuir las cargas entre las fases para minimizar los desbalances y evitar sobrecargas en líneas específicas. Esto no solo mejorará la eficiencia energética, sino que reducirá el desgaste en los componentes eléctricos. Programar los horarios de operación de los equipos de alto consumo (tornos, fresadoras y centros de mecanizado) para evitar picos simultáneos de demanda.

Mejoras en Iluminación: Reemplazar las luminarias actuales de 3 x 32W con tecnología LED, lo que reduciría el consumo a menos de la mitad sin sacrificar la calidad de iluminación. Instalar sensores de movimiento y temporizadores en áreas de bajo tránsito para asegurar que las luces se apaguen automáticamente cuando no haya personal.

Optimización en el Uso de Equipos Secundarios: Implementar políticas de uso eficiente para los sistemas de climatización y equipos de oficina. Programar apagados automáticos en los equipos de cómputo y en las máquinas que no requieran operar de forma continua. Realizar una revisión de las máquinas pequeñas para determinar si se pueden reemplazar por versiones más eficientes o, en su defecto, agrupar tareas en horarios específicos.

Monitoreo Continuo y Control en Tiempo Real: Instalar analizadores de redes con tecnología IoT para el monitoreo continuo de las principales cargas del bloque. Esto permitirá detectar de inmediato cualquier cambio inusual en el consumo energético y ajustar las operaciones en tiempo real. Implementar un Gateway para centralizar los datos de los analizadores de redes, facilitando el control y seguimiento de los consumos, y generando reportes periódicos que permitan evaluar la efectividad de las medidas implementadas.

Mantenimiento Preventivo y Correctivo: Establecer un plan de mantenimiento preventivo para revisar regularmente los equipos de alta demanda, asegurando que estén funcionando en condiciones óptimas y evitando fallos inesperados que puedan incrementar el consumo. Realizar ajustes y limpiezas periódicas en los sistemas eléctricos y mecánicos para evitar pérdidas de eficiencia debido al desgaste y la suciedad acumulada.

6.8 Recomendaciones para la protección de activos

Como punto final se proponen las siguientes recomendaciones para la protección de los activos del bloque 15 de la institución universitaria Pascual Bravo:

Protección Contra Sobrecargas y Fluctuaciones: Instalar dispositivos de protección como fusibles, interruptores automáticos y protectores de sobretensión para cada una de las líneas. Estos dispositivos protegerán los equipos de sobrecargas y fluctuaciones de voltaje que puedan dañar los activos a largo plazo. Considerar el uso de sistemas de respaldo de energía o UPS en equipos críticos para garantizar su protección en caso de cortes de energía.

Control de Condiciones Ambientales: Asegurar una ventilación adecuada en las áreas donde se encuentran los equipos de alto consumo, especialmente aquellos que generan calor, como tornos y fresadoras. Esto no solo prolonga la vida útil de los activos, sino que también mejora su eficiencia operativa. Instalar detectores de temperatura y humedad para monitorear las condiciones ambientales y evitar situaciones que puedan dañar los activos, como la condensación de humedad o el sobrecalentamiento.

Capacitación del Personal: Brindar capacitación al personal sobre el manejo y cuidado de los equipos para asegurar que operen de acuerdo con las mejores prácticas de eficiencia y seguridad. Desarrollar un protocolo de manejo de incidentes para que el personal sepa cómo responder en caso de fallos o picos de consumo, minimizando el riesgo de daños en los activos.

Sistemas de Seguridad Física: Implementar cerraduras y sistemas de seguridad en las áreas de equipos críticos para evitar accesos no autorizados que puedan afectar la integridad de los activos. Realizar inspecciones periódicas para detectar cualquier irregularidad o daño en la infraestructura física del bloque.

7 Conclusiones

No existe una desviación importante entre el uso de la energía eléctrica en el bloque 15 de la institución universitaria con respecto a las instalaciones con máquinas de CNC, consultadas en artículos de divulgación.

La información revisada muestra un patrón de consumo repetitivo de semana a semana durante el tiempo de duración del semestre estudiantil, que son cuatro meses. Esto permitió hacer el análisis solamente revisando una semana de consumo. El resto del tiempo el consumo de energía en el bloque 15, es muy bajo.

Las recomendaciones de mejora se concentran en el balanceo de cargas y redistribución de consumo, las mejoras en iluminación reemplazando las luminarias actuales, la optimización en el uso de equipos secundarios, el monitoreo continuo y control en tiempo real, instalando analizadores de redes con tecnología IoT y el mantenimiento preventivo y correctivo de los activos eléctricos.

Las recomendaciones para la protección de los activos se concentran en soluciones contra sobrecargas y fluctuaciones, el control de condiciones ambientales, la capacitación del personal sobre el manejo y cuidado de los equipos, los sistemas de seguridad, las inspecciones periódicas para detectar irregularidades que pongan en riesgo a las personas y los equipos.

8 Recomendaciones

Instalar analizadores de redes con tecnología IoT para el monitoreo continuo de las principales cargas del bloque. Esto permitirá detectar de inmediato cualquier cambio inusual en el consumo energético y ajustar las operaciones en tiempo real.

Establecer campañas informativas y eventos de divulgación para promover el uso racional de la energía eléctrica en los laboratorios de la institución universitaria Pascual Bravo.

Revisar que los dispositivos y máquinas del bloque 15 estén equipados con protectores contra sobretensiones durante tiempos prolongados, puesto que el dispositivo detectado responde principalmente a picos de tensión.

9 Referencias bibliográficas

Balcells, J. A. (2010). Eficiencia en el uso de la energía eléctrica. Catalunya: Marcombo.

Energypedia. (2019). Guía para realizar una auditoría energética: Gestión 2019.

Fitzgerald, A. K. (2003). Electric Machinery. Mc.Graw Hill, International.

Fort, E. H. (2019). Internet of Things en Sistemas de Monitorización Inteligente con Aplicación en Transporte e Infraestructuras. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.

García-Peñalvo, F. J. (2019). Inteligencia Artificial. Una perspectiva desde la ficción a la realidad.

<https://bit.ly/2Q0jap0>. doi: 10.5281/zenodo.2818903.

Girini, R. G. (2012). Metodologías para auditorías energéticas en edificios. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina., 17.

Marco, E. G. (2019). Analizador inteligente de consumo energético. Catalunya: Universidad Oberta de Catalunya.

Ministerio de Minas y Energía. (2022). Eficiencia Energética; Auditorías energéticas en grandes industrias Análisis de impacto normativo. Bogotá D.C. Colombia: MINENERGIA.

Muñoz Saona, E. P., & Vergara Reyes, A. E. (2011). Desarrollo y aplicación de una guía para realizar auditorías energéticas en el sector industrial. Escuela politécnica nacional, 23-24.

Rey Martínez, F. J., & Gómez, E. V. (2006). Eficiencia energética en edificios.

Certificación y auditorías energéticas: certificación y auditorías energéticas. Madrid, España: Ediciones Paraninfo, SA.

Salcedo, L. G., Araujo, A., & Mejia, D. F. (2023). Metodologías para la evaluación de la eficiencia energética en edificaciones universitarias: Revisión literaria. *Ingeniería y Competitividad*, 25.

Shukri, M., Junaidah, J., & Hauashdh, A. (2022). Benchmarking the Energy Efficiency of Higher Educational Buildings: A Case Study Approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 491-496.

Trujillo, L. C. (2019). Sistema de gestión de red para internet de las cosas. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

De Laire, M. (2013). Guía de Implementación de Sistemas de gestión de la Energía Basada en ISO 50001 (3ra. ed.) Chile.

Ortega Hidalgo, F. J. (2022). Automatización de un edificio de Oficinas. <http://hdl.handle.net/10609/137806>

Lieberman, D. G. (2013). Análisis en maquinaria CNC ante variaciones de bajo voltaje y sus efectos en la calidad de la energía.