

AUDITORIA ENERGETICA EN LA SUBESTACIÓN ELECTRICA BLOQUE 6 DE LA
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO BAJO LA NORMA ISO 50001

LEONARD A. VARGAS PUERTA

JORGE A. PINTO CIFUENTE

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y

TECNOLOGÍA

MEDELLÍN

2021.

AUDITORIA ENERGETICA EN LA SUBESTACIÓN ELECTRICA EN LA
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO BAJO LA NORMA ISO 50001

LEONARD A. VARGAS PUERTA

JORGE A. PINTO CIFUENTE

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Eléctrico

Asesor Técnico.

Bayrón Álvarez Arboleda

PhD en estudios organizacionales

Asesor Metodológico

Carlos Moreno Paniagua

Ing. Eléctrico

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
TECNOLOGÍA
MEDELLÍN
2021.

Dedicatoria

En primer lugar, agradezco infinitamente a Dios por darme la fuerza y el valor para superar esta etapa de mi vida. También agradezco la confianza y el apoyo que me brindó mi madre Alba Nury Puerta que sin duda ella me ha demostrado su amor a lo largo de mi vida, corrigiendo mis errores y celebrando mis victorias.

A mis hermanos, cuyos consejos me han ayudado a sobrellevar los desafíos que se han presentado en mi vida. Gracias a mis compañeros de pregrado por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre puedo contar con ellos. Gracias a los profesores Bayron Álvarez Arboleda y Carlos Mario Moreno por toda su colaboración durante el desarrollo del proyecto y formar mi vida profesional.

Leonard Alexis Vargas Puerta.

Dedicatoria

Este logro en mi vida está dedicado a las personas que más significan para mí y que han dedicado una parte de su vida a apoyarme e inspirarme para lograr mis sueños: Mi madre Ruby Cifuentes, que me guio a ser mejor persona cada día, este logro es en honor a tu memoria, y a mis hermanas por el apoyo que me ha brindado durante este tiempo, y en mi corazón Cultivar las Ganas de mejorar y en realizar mi sueño.

Ansioso por poner mi energía en este trabajo de investigación con sabiduría, paciencia y amor. Gracias a mi compañero de pregrados y toda mi carrera por darme la motivación para ser una buena persona educación y un buen apoyo para seguir en la vida.

Jorge Ángel Pinto Cifuentes.

Agradecimientos

Después de esperar mucho tiempo para ver este sueño hecho realidad, ahora se ha hecho realidad y se ha logrado este gran objetivo en nuestro proyecto de vida. Debemos agradecer: En primer lugar, a Dios por ser nuestro guía y protector para lograr este objetivo.

Gracias a la Institución Universitaria Pascual Bravo (IUPB) por abrirnos las puertas y contribuir a nuestra formación, dándonos la oportunidad de crecer. A nuestro mentor, el ingeniero Bayron Álvarez Arboleda Gracias al Prof. Carlos Mario Moreno por todo su apoyo y colaboración en este trabajo.

Gracias a los profesores del Departamento de Ingeniería Eléctrica por su gran colaboración en la realización de este esfuerzo de investigación, y por su receptividad, buen ánimo y participación activa en el desarrollo de este trabajo y nuestros compañeros laboratoristas que siempre han cooperado y apoyado de alguna manera con nuestros proyectos de formación, haciéndonos las personas que somos hoy.

Leonard Alexis Vargas Puerta, Jorge Ángel Pinto Cifuentes.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 13 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN..... | 13 |
| 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 14 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 15 |
| 3. OBJETIVOS | 16 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL | 16 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 16 |
| 4. MARCO TEÓRICO..... | 17 |
| 4.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS | 17 |
| 4.2 AUDITORIA..... | 18 |
| 4.1.1 <i>Tipos de Auditorias</i> | 18 |
| 4.3 TIPOS DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS | 19 |
| 4.3.1 <i>Auditoria Energética Preliminar</i> | 19 |
| 4.3.2 <i>Auditoria Energética Detallada</i> | 19 |
| 4.3.3 <i>Parámetros de una Auditoria Energética</i> | 20 |
| 4.3.4 <i>Mediciones Energéticas</i> | 21 |
| 4.4 MARCO GEOGRÁFICO | 22 |
| 5. DISEÑO METODOLOGICO..... | 23 |
| 5.1 TIPO DE PROYECTO | 23 |
| 5.2 MÉTODO..... | 23 |
| 5.3 INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | 24 |
| 5.3.1 <i>Fuentes Primarias</i> | 24 |
| 6. RESULTADOS DEL PROYECTO Y DISEÑO TÉCNICO | 25 |
| 6.1 EQUIPOS DE MEDICIÓN | 25 |

| | |
|--|----|
| 6.1.1 Módulo Intelligent Electric Meter..... | 25 |
| 6.1.2 Transformador de Corriente..... | 25 |
| 6.1.3 Dispositivo de enlace wifi – Modbus GATEWAY DE ENLACE..... | 26 |
| 6.3.2 Pinza amperimétrica..... | 28 |
| 6.2 DATOS RECOLECTADOS..... | 28 |
| 6.3 NORMATIVA Y POLÍTICAS DE LA AUDITORIA NTC ISO 50001..... | 34 |
| 6.3.1 Introducción..... | 35 |
| 6.3.2 Descripción de la organización..... | 35 |
| 6.3.3 Objetivo – Alcance..... | 35 |
| 6.3.4 Alta dirección..... | 36 |
| 6.3.5 Política energética..... | 36 |
| 6.3.6 Responsabilidades..... | 36 |
| 6.3.7 Planificación energética..... | 36 |
| 6.3.8 Auditoria Energética..... | 36 |
| 6.3.9 Plan de acción..... | 36 |
| 6.3.10 Implementación..... | 37 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 38 |
| 8. RECOMENDACIONES..... | 39 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA..... | 40 |
| ANEXOS..... | 42 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Ilustración 1 Modelo de gestión integral de la energía..... | 19 |
| Ilustración 2 Ubicación Universidad Pascual Bravo..... | 22 |
| Ilustración 3 Medidor de voltaje eléctrico | 25 |
| Ilustración 4 Transformador eléctrico..... | 26 |
| Ilustración 5 Modelo Gateway WM1..... | 27 |
| Ilustración 6 Conexión modelo gateway WM1 | 27 |
| Ilustración 7 Voltímetro | 28 |
| Ilustración 8 Medición de la subestación | 29 |
| Ilustración 9 Datos del modulo | 29 |
| Ilustración 14 Datos históricos del consumo de energía..... | 30 |
| Ilustración 10 Planos del bloque | 31 |
| Ilustración 11 Tablero de oficinas..... | 32 |
| Ilustración 12 Modulo de medición | 33 |
| Ilustración 13 Ciclo (PHVA) Planificar – Hacer – Verificar – Actuar | 35 |

Lista de Tablas

| | |
|--------------------------------|----|
| Tabla 1 Tipos de Medidas | 21 |
|--------------------------------|----|

Glosario

Industria: Actividad económica fundamental de sector secundario, que se encarga de transformar los productos naturales (materias primas) en otros productos elaborados y semielaborados.

Devanado: Es un hilo de cobre enrollado a través del núcleo en uno de ambos extremos del transformador eléctrico y recubierto por una capa aislante, que suele ser barniz.

Ciclo PHVA: Es una metodología, cuyas principales herramientas de mejoramiento continuo en las organizaciones son mejor conocida por sus siglas como PHVA Planear – Hacer – Verificar – Actuar, hace parte del sistema de gestión de la calidad.

Calidad de la potencia: Conjunto de características de las ondas de voltaje y de corriente para la entrega de potencia a la demanda, entre las cuales se consideran: frecuencia, magnitud, forma, simetría y factor de potencia.

Centro de transformación: Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.

Conexión de puesta a tierra: Instalación de seguridad eléctrica en la que un conductor eléctrico desnudo simple o armado es enterrado en el suelo con la finalidad de dispersar corrientes eléctricas.

Contador de energía (Medidor): es un aparato o instrumento de medida que tiene como finalidad determinar con exactitud el consumo de energía registrado por el abonado en un tiempo determinado.

Demanda: Es la potencia consumida por la planta en un periodo de tiempo el cual varía de acuerdo a las características específicas de la planta.

Factor de potencia (fp): Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

Fluctuaciones o variaciones de Voltaje: Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

Introducción

El control energético es fundamental en toda organización dado que de este depende el funcionamiento de las industrias, donde cada día cada organización está en búsqueda de como generarlas de manera limpia, algunas apostando a la investigación, como en otras en la implementación de nuevos métodos de adquisición; pero para el cumplir el objetivo de tener un abastecimiento exitoso y sin contratiempos toda organización debe tener un mínimo control de su abastecimiento y con esto llegan las auditorias.

La auditoría energética permite determinar dónde y cómo se utiliza la energía con un estudio enfocado en la norma ISO 50001 por medio de una guía que permite identificar daños potenciales que requieran de un mantenimiento preventivo, y donde en algunos casos el correctivo para garantizar un optimó rendimiento y control en los consumos generados, y este es de suma importancia con esta de por medio una subestación energética que conlleva una mayor complejidad de uso y control, donde de estas de penden una debida alimentación de toda la organización, no solo operativa, sino las áreas inherentes u externas.

Mediante la identificación de los puntos del diagrama de proceso de mayor uso de energía en la Institución Universitaria Pascual Bravo, donde el consumo es elevado haciendo resaltar aquellos lugares donde esta se desperdicia y en donde es posible generar algún ahorro. Además de incorporar una evaluación técnica y económica de las posibilidades fuentes de reducción de los costos energéticos de manera rentable sin afectar la cantidad y calidad del abastecimiento.

Asimismo, de brindar información necesaria para la toma de decisiones al momento de realizar intervenciones donde se hallan altas demandas de consumo, y otros factores como:

Identificar las fuentes de energía que utiliza la empresa o institución.

Monitorear y registrar los consumos de los recursos energéticos.

Organizar y sistematizar la información.

Identificar y poner en marcha proyectos para el uso eficiente de la energía en la empresa o institución.

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción

Actualmente la Institución Universitaria Pascual Bravo ubicada en la ciudad de Medellín, Antioquia, se identifica un aspecto que pretende disminuir el consumo eléctrico que actualmente poseen, la institución cuenta con una subestación energética donde los datos que se extraen de la factura se puede determinar algún un ahorro en los consumos.

Está información y mediante una auditoría energética considera puntos clave sobre los que se basara la mejora y mediante normas técnicas que brindan apoyo guiado para abordar el estudio permitirán una clara intervención para la toma de decisiones, buscando una mayor eficiencia energética y un ahorro de la misma basándonos en la norma NTC ISO 50001:

Información de históricos.

Análisis de los datos.

Propuestas de mejoras y fijación de objetivos energéticos.

Plan de mantenimiento e intervención.

Sistemas de Gestión.

La ejecución de esta auditoria energética en la Institución Universitaria Pascual Bravo, se puede obtener información valiosa para el administrador de la institución, que le permitirá tomar las mejores decisiones buscando incrementar la eficiencia energética de los procesos, debido a que ésta evalúa el desempeño de los equipos y sistemas consumidores de energía, mediante el análisis de sus parámetros de operación, con esta información se podrán identificar los puntos de mayor consumo y determinar si es de uso responsable; como también evidenciar donde su uso no es necesario y así garantizar un mayor ahorro.

1.2 Formulación del problema

¿Es posible garantizar un ahorro económico mediante la implementación de una auditoría bajo la NTC ISO 50001 en la Institución Universitaria Pascual Bravo?

2. Justificación

La implementación de una auditoría energética en la Institución Universitaria Pascual Bravo permite analizar la secuencia que sigue la energía eléctrica desde que se genera hasta que se consume identificando puntos clave para garantizar un mejor consumo lo que se traduce a un ahorro económico para la institución, además de sentar un precedente en cuanto a la investigación asertiva y la implementación de mejoras propuestas por los estudiantes.

En la actualidad la institución promueve el uso eficiente de los recursos, siendo una de los pioneros en la implementación de energías sostenibles en la ciudad, y de esta iniciativa se propone contribuir al uso adecuado de los recursos, pero vistos desde un aspecto diferente que genere un impacto positivo y promueva a la comunidad académica la importancia del control y evaluación de las instalaciones y sus recursos.

La metodología que se utilizará genera resultados significados para la institución donde se proponen recomendaciones pertinentes para garantizar la continuidad que trae como fin el presente trabajo de grado; una continua evaluación y control de los equipos, identificando aspectos a mejorar en el futuro, además de tener un mayor control de sistema eléctrico lo que se traduce a la intervención al momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento, cuando sea requerido.

Otro aspecto importante de la Auditoría Energética está enfocado por los resultados y el impacto medio ambiental, aun cuando una parte de las auditorías pueden llevar a obtener beneficios tributarios y económicos, la reducción de costos es la principal preocupación ya que favorecería a la institución como empresa; brindando un panorama en el uso adecuado de los recursos energéticos y la toma de decisiones en cuanto a mantenimiento se trate.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo de auditoria mediante la NTC ISO 50001 en la subestación del bloque 6 de la Institución Universitaria Pascual Bravo, buscando mejorar el óptimo consumo de energía, beneficiando así la institución en el ahorro de los costos de consumo y mantenimiento de los equipos y la infraestructura general bajo el Módulo Intelligent Electric Meter.

3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado y los históricos de consumo de la subestación del bloque a intervenir.
- Instalar el módulo intelligent electric permitirá recopilar los datos del consumo energético en su mayor y menor demanda de acuerdo a las líneas de alimentación energética de la subestación.
- Analizar los datos recopilados mediante el módulo y donde se proponen métodos de ahorro focalizados lo que permitirá a la institución realizar intervenciones en la infraestructura a nivel general.

4. Marco Teórico

4.1 Antecedentes investigativos

El apoyo literario para este proyecto permitió conocer, otros enfoques de un auditoria energética realizada desde otros ámbitos en la industria, con estos aportes se exponen casos de cómo se abordan y cuál es su impacto en las organizaciones.

En la Unidad Educativa Comunitaria Intercultural Bilingüe Saminay de Quito Ecuador propone la auditoría eléctrica haciendo uso de la Norma Internacional ISO 50001, donde presentaron problemas técnicos relacionados con caídas de voltaje, deficiencias en el sistema de iluminación y daños en los equipos (León Tayo, 2022)

Realizaron estudios y levantamiento esquemático para determinar el estado actual de los circuitos, su funcionamiento y las respectivas correcciones en los sistemas de iluminación y fuerza; y la debida distribución energética de los tableros. (León Tayo, 2022) El proceso que se realizará estará sujeto a la gestión de eficiencia energética establecida en la Norma Internacional ISO 50001 para garantizar que el trabajo realizado cumpla con criterios de mejoras eléctricas. Como resultado de este trabajo se sugerirá soluciones que ayuden a garantizar un mejor desempeño eléctrico

De acuerdo con los datos arrojados, se implementó un diseño eléctrico en el centro educativo donde tendrá acceso a mejores condiciones energéticas, permitiendo la ejecución de futuros proyectos que propongan el incremento de nuevas tecnologías de generación eléctrica, que abastezcan parte de la demanda del diseño eléctrico y disminuyendo los costos de consumo.

Otro caso que aborda la auditoria energética es el de la fábrica de cartones Grupo YARON, ubicada en Quito Ecuador, encargada de la fabricación de papel Kraft de 1800 mm de ancho con un diámetro de 1200 mm, además de pegamento químico seco.

Presentan diversas problemáticas donde no sé a definido, establecido, implementado y mantenido una política energética, alta dirección no está informada del desempeño energético y no existe ningún equipo de trabajo, personal no tiene conocimiento y no son conscientes en el uso significativo de energía, al no existir un SGE implementada no se cumple una revisión periódica.

Se determina mediante los resultados el desarrollo de un manual de sistema de gestión que satisface los objetivos del proyecto, el fundamento radica en que la fábrica no cuenta con registros ni procedimientos para el consumo óptimo de la energía, luego de la finalización del estudio la organización cuenta con el manual, procedimientos y formatos del SGE. (Ronquillo Moreta, 2022)

4.2 Auditoria

Las auditorias son aquellas supervisiones realizadas a un determinado proyecto, proceso u organización, que tienen como fin evidenciar que aquellas labores o trabajos están funcionando de manera correcta y cumplen con un mínimo de criterios que él auditor tiene estipulados. En la obra de (Martínez & Gomez, 2006) las auditorías energéticas se llevan a cabo, por técnicos estos deben informar sobre la aplicación e interpretación de las leyes y mecanismos que rigen en la demanda, adquisición, transformación y uso de la energía.

4.1.1 Tipos de Auditorias

Se tienen varios tipos de auditorías de acuerdo al área de intervención, basados en los objetivos de primera instancia y los resultados que se quieren obtener, en el artículo, (Carlos Arturo Flórez Piedrahita, 2007) se encuentra que los tipos de auditoria energética se pueden definir por factores como las áreas analizadas, el uso de los diferentes energéticos y/o los procesos estudiados.

- **Áreas Funcionales:** Operativas, administrativas, o subáreas de éstas (talleres, oficinas, cocinas, calderas).
- **Usos:** Iluminación, climatización, refrigeración, calefacción, actividades de oficina, producción de vapor.
- **Procesos:** Empaque, secado, trillado, despulpado, entre otros.

Existe otra clasificación de tipos de Auditorías.

- **Auditorías eléctricas:** Se realizan sobre equipos o sistemas que producen, convierten, transfieren distribuyen o consumen energía eléctrica.
- **Auditorías térmicas:** Se realizan sobre equipos o sistemas que producen, convierten, transportan o distribuyen fluidos líquidos o gaseosos.

Ilustración 1 Modelo de gestión integral de la energía.

| Etapa 1. Decisión estratégica | Etapa 2. Instalación del SGIE | Etapa 3. Operación del SGIE |
|---|---|---|
| Caracterización de la empresa | Establecimiento de los indicadores del sistema de gestión Identificación de las variables de control por centros de costo y áreas de gestión organizacional | Seguimiento y divulgación de indicadores Seguimiento y evaluación de buenas prácticas de operación, mantenimiento, producción y coordinación |
| Compromiso de la alta dirección | Identificación de acciones correctivas, de control de eventos, procedimientos operacionales y de gestión y proyectos potenciales de uso racional de la energía (URE) en procesos Definición de los sistemas de monitoreo Diagnostico energético | Implementación de programas y proyectos de mejora Chequeos de gerencia |
| Alineación de la estructura de la empresa hacia el uso racional de la energía | Identificación de oportunidades, soluciones y medidas de uso eficiente de la energía Actualización y validación de la gestión organizacional del SGIE Preparación del personal | Implementación del plan de entrenamiento y evaluación del personal |
| Validación y actualización de la estructura organizativa actual de los procesos | Auditoría interna al SGIE Implementación y seguimiento del SGIE Documentación del SGIE | Ajustes del sistema de gestión Evaluación de resultados |

Fuente: (Ladeuth, López, & Socarrás, 2020)

4.3 Tipos de Auditorías Energéticas

4.3.1 Auditoria Energética Preliminar

Es la recolección general de toda la infraestructura de intervención, donde se evidencian hallazgos significativos de posibles causas por mejorar, en el interior de este análisis se realizan diversos tipos de tomas de registros y datos, que aportaran para la propuesta y el diseño de intervención.

Durante un tiempo corto el auditor identifica y recolecta dicha información, presentando un informe en el cual expone los diversos puntos de mejora, entregando registros fotográficos, mediciones de consumo, demanda de energía, potencia y posibles cambios de equipos dañados, que puedan afectar en el consumo adecuado de energía.

4.3.2 Auditoria Energética Detallada

Se presenta como un documento donde indica las áreas y define los puntos de intervención, cuales las fallas encontradas y como afecta en el consumo óptimo de energía. Este tipo de

informes arrojan datos más detallados, consumo de los equipos, afectación en las redes, distribución de las líneas y cumplimiento de las normas.

4.3.3 Parámetros de una Auditoria Energética

Se tiene diversos tipos de medición lo que permite conocer mediante equipos cual es uso y consumo de la energía, para la auditoria es importante conocer mediante los manuales de uso y la toma de la muestra si los equipos de consumo, tiene el debido consumo energético o si ya requieren de cambio y/o mantenimiento dado que la finalidad principal de las auditorias es reducir los costos de consumo y el uso adecuado de la energía.

Es importante conocer estos datos y dar a explicarlos a los colaboradores, permitiendo conocer el sistema eléctrico controlando la calidad de suministro, cuantificando el consumo y controlando los picos de uso. Con el apoyo de equipos que puedan tomar dichas medidas se podrá conocer el estado de actual y el momento de intervención.

Tabla 1 Tipos de Medidas

| PARÁMETROS | UNIDADES | EQUIPOS |
|--------------------|-----------------------|----------------------------|
| Tensión | V. kv | Voltímetro |
| Intensidad | A. ka | Amperímetro |
| Resistencia | Ohmio | Óhmetro, Megher |
| Factor de Potencia | p.u. | Cosfímetro |
| Potencia Activa | W, kW, MW | Vatímetro |
| Potencia Reactiva | VAR, kVAR, MVAR | Varímetro |
| Energía Activa | WH, kWh, MWH | Contador de energía activa |
| Frecuencia | Hz | Frecuencímetro |
| Iluminación | LUX | Luxómetro |
| Flikler | % | Flickermetro |
| Armónicos | % de onda fundamental | Analizador de armónicos |

Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Mediciones Energéticas

4.3.4.1 Medición de voltaje Es el valor de voltaje que registra un equipo de medición analógico o digital y que corresponde a la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de los valores instantáneos. El voltaje es de gran importancia en el desarrollo de la auditoría eléctrica, debe ser medido para asegurarse que su valor sea constante y adecuado para los equipos.

4.3.4.2 Medición de corriente eléctrica La corriente eléctrica es la medida del flujo de electrones por un conductor, se mide utilizando un Amperímetro. Hay varios tipos de amperímetros disponibles. Los más comunes son el amperímetro de gancho y el registrador de corriente.

4.3.4.3 Medición de resistencia Para medir resistencia eléctrica se utiliza el óhmetro que permite realizar mediciones de baja resistencia, permite medir la corriente que circula a través de una resistencia.

4.3.4.4 Medición del factor de potencia La medición del factor de potencia se realiza mediante el cosfímetro. Físicamente este medidor es similar al vatímetro. El medidor de factor de potencia tiene parte del mecanismo del vatímetro; en el caso de medición trifásica se compone de

un transductor de corriente y tres terminales de tipo pinza, además tiene un panel para lectura directa.

4.3.4.5 Medición de potencia y energía Para determinar directamente la potencia consumida por uno o varios equipos se utiliza el Vatímetro.

4.4 Marco Geográfico

Tenemos en cuenta que la Institución Universitaria Pascual Bravo se encuentra en la dirección Cl. 73 # 73a-226, Medellín, Antioquia coordenadas geográficas (6.273381424962958, -75.58616112362552), la aplicación de este proyecto se realizara en el bloque 6.

Ilustración 2 Ubicación Universidad Pascual Bravo



Fuente: Google maps

(<https://www.google.com/maps/place/Medell%C3%ADn,+Antioquia/@6.2549492,-75.6145173,12z/data=!4m5!3m4!1s0x8e4428dfb80fad05:0x42137cfc7b53b56!8m2!3d6.2470462!4d-75.5667114?hl=es>)

5. Diseño Metodológico

5.1 Tipo de proyecto

El proyecto es técnico y experimental; con base en normas internacionales como guía, la auditoría NTC ISO 50001 permite el uso de fuentes teórico-prácticas en el campo de ejecución de la normativa nacional e internacional, además de consolidar las bases académicas que permitirán la intervención directa a las actuales y futuras propuestas de mejoras para la institución, brindando un panorama claro en la toma de decisión.

5.2 Método

La implementación de una auditoría, bajo un módulo analítico de redes, permite dar solución a diversas problemáticas en la industria, este proyecto es posible con el apoyo de la Instituto Universitario Pascual Bravo, quienes contribuyen con la autorización de una intervención de una de sus subestaciones.

Durante el desarrollo del trabajo cada integrante del grupo se le asignan unas tareas, de acuerdo a las condiciones actuales, se realiza una investigación completa con todo el material suministrado por la Institución y todo lo relacionado con la subestación de unos de sus bloques académicos.

Para el diseño e implementación de esta auditoría encontramos en anteriores proyectos hechos en la institución las bases para el desarrollo y análisis de los datos, también se estudiaron todas las posibles fallas que se puedan presentar durante el montaje del módulo y demás equipos que se requieren para una obtención de datos más precisos.

Se calcularon múltiples variables que inciden en el proyecto como lo son el análisis de los datos recopilados, los históricos suministrados por la Institución, pruebas de los equipos instalados, posibles fuentes de intervención garantizando un impacto económico y positivo,

buscando velar por un eficaz mantenimiento, bien sea, preventivo o correctivo, dependiente de la necesidad.

5.3 Instrumentos para recolección de información

5.3.1 Fuentes Primarias.

Surge de la necesidad de optimizar uno de los recursos más importantes para el desarrollo global, y por ende el organizacional buscando el uso responsable de los recursos y como se administran, también fue fundamental la información suministrada por la Institución en cuanto a los consumos energéticos que sirvieron como bases teoría para abordar y analizar durante la investigación. Algunas de las fuentes de consulta fueron suministradas por:

- Artículo Web material electrónico.
- Artículo Revista.
- Manuales.
- Investigaciones Universitarias.
- Repositorio.

6. Resultados del proyecto y diseño técnico

6.1 Equipos de medición

6.1.1 Módulo Intelligent Electric Meter

El medidor de potencia multifunción es un facilitador, pantalla, comunicación digital y salida de pulso eléctrico. Logra la medición de potencia, visualizar datos, recolección y transmisión, medición de energía y puede ser utilizado para la subestación del transformador. Puede medir corriente, voltaje, potencia activa, potencia aparente, energía capacitiva inductiva, factor de potencia, frecuencia, energía activa, energía reactiva, potencia reactiva positiva y negativa.

Ilustración 3 Medidor de voltaje eléctrico



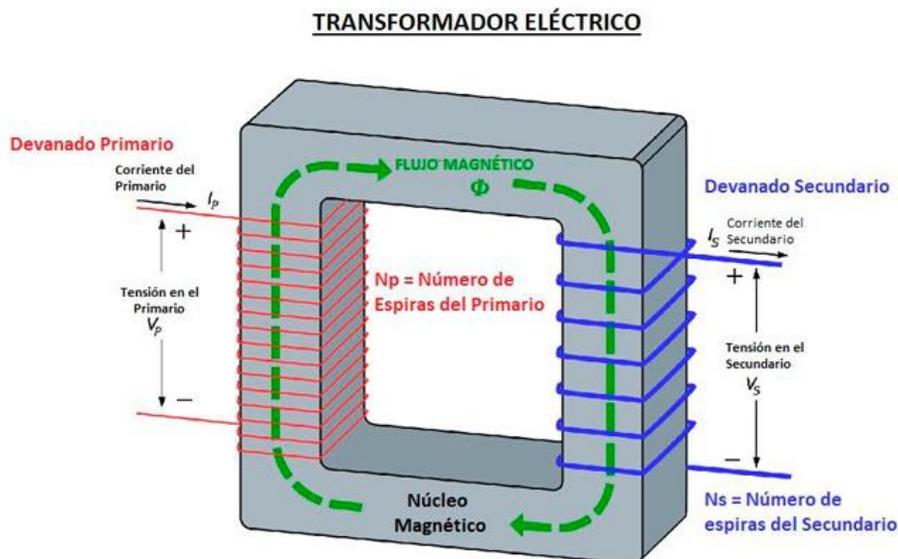
Fuente: (https://es.made-in-china.com/co_cetelectric/product_PMC-53M-A-DIN96-Low-Cost-Three-Phase-Multifunction-Energy-Meter-for-Voltage-Kilowatt-Hour-Measurement-with-LCD-Optional-I-O_uosyghuiiu.html)

6.1.2 Transformador de Corriente

Los transformadores de corriente eléctrica son claves para el desarrollo de la industria utilizados para aumentar o disminuir una corriente alterna (AC) produciendo una corriente en el devanado secundario proporcional a la corriente del primario. Un transformador de corriente es

una máquina estática de corriente alterna que permite variar alguna función de la corriente como el voltaje o la intensidad, manteniendo la frecuencia y la potencia, en el caso de un transformador ideal. (Fundación Endesa, 2021)

Ilustración 4 Transformador eléctrico



Fuente: (<https://www.tecsagro.com.mx/blog/que-es-un-transformador-electrico/>)

Los transformadores se basan en la inducción electromagnética. Al aplicar una fuerza electromotriz en el devanado primario, es decir una tensión, se origina un flujo magnético en el núcleo de hierro. Este flujo viajará desde el devanado primario hasta el secundario. (Fundación Endesa, 2021)

6.1.3 Dispositivo de enlace wifi – Modbus GATEWAY DE ENLACE

El gateway de enlace wifi Modbus, es un dispositivo micro electrónico capaz de múltiples aplicaciones de comunicaciones para dispositivos de medición y control. En el manual de usuario describen sus diversas conexiones.

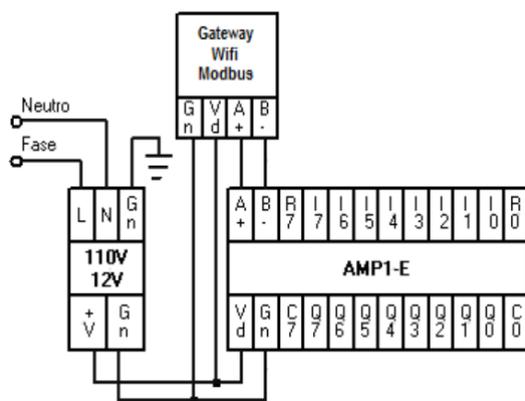
Ilustración 5 Modelo Gateway WMI



Fuente: Elaboración propia

Lo que le permiten que tener un funcionamiento permanente luego de que el dispositivo se conecta a una red de área local para luego de ser configurado leerá periódicamente las variables de los dispositivos de campo, mediante Modbus RTU y enviará los datos recolectados hacia el servidor remoto, utilizando el protocolo Modbus TCP. (TECVOLUCION S.A.S., 2021)

Ilustración 6 Conexión modelo gateway WMI



Fuente: Manual de usuario

Power Gnd = Conexión al negativo de la fuente de alimentación externa, la cual puede ser la misma que alimenta al autómata programable.

Power +Vd = Conexión al terminal positivo de la fuente de alimentación. El voltaje de la fuente debe estar en el rango entre 10 y 30 VDC.

RTX +, A* = Terminal positivo del bus de comunicación tipo Modbus RTU.

RTX-, B- = Terminal negativo del bus de comunicación tipo Modbus RTU. Este bus de comunicaciones permite la conexión de hasta 10 dispositivos de campo en el mismo bus para el enlace con servidores remotos y aplicaciones SCADA.

6.3.2 Pinza amperimétrica

La pinza amperimétrica es una herramienta fundamental del mantenimiento eléctrico. Es un comprobador eléctrico que combina un medidor de corriente tipo pinza con otras funciones como voltímetro, óhmetro, capacitímetro.

Ilustración 7 Voltímetro

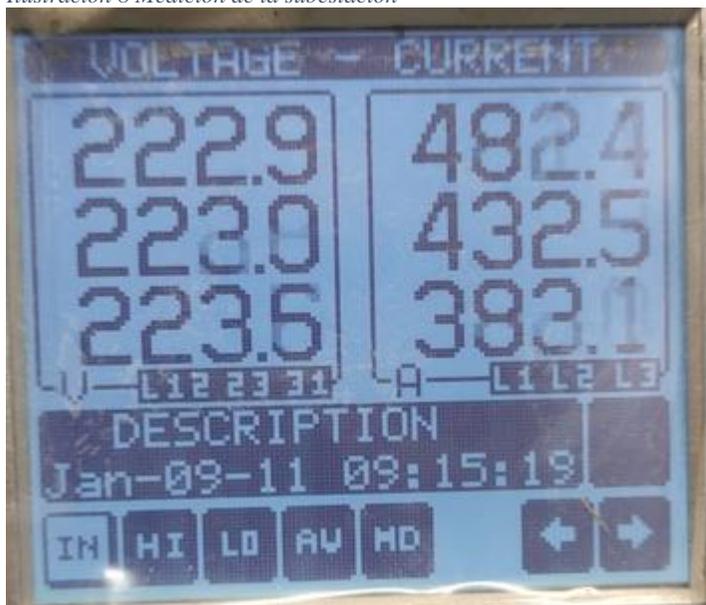


Fuente: (<http://www.dagatron.es/blog/una-pinza-amperimetrica/>)

6.2 Datos recolectados

Durante la toma de los datos del módulo, estos arrojan una serie de mediciones que permitieron conocer la calidad de la energía, que entrega el proveedor y su correspondiente distribución en la subestación.

Ilustración 8 Medición de la subestación



Fuente: Elaboración propia

La energía que este brinda es buena y presta un buen servicio energético, analizando todos los comportamientos de las variables según su seguimiento, tuvieron un comportamiento adecuado y permite identificar puntos claves de alto consumo y de acuerdo al lugar permite determinar si, es el adecuado. Realizando análisis de las áreas comunes, aulas y oficinas.

Se determina la posibilidad de realizar recomendaciones que permitan mejorar el consumo de energía con el fin de disminuir los costos y el uso razonable, pero también, permite proponer puntos claves de mantenimiento preventivo por uso excesivo o posibles cambios y/o reparaciones.

Ilustración 9 Datos del modulo

| RESULTADOS GENERALES DEL SUMINISTRO ELECTRICOS | | |
|---|--------------|-----------------|
| PARÁMETROS | VALOR | UNIDADES |
| Voltaje | 217.87 | V |

| | | |
|--|------------|-----------|
| Potencia Activa | 664.53 | kw |
| Potencia Reactiva | 380.50 | kVAR |
| Potencia Aparente | 868.25 | kVA |
| Frecuencia | 60 | Hz |
| Factor de Potencia | 0.81 | Inductivo |
| Energía Activa | 339,875.32 | kW-h |
| Energía Reactiva | 198,709.58 | kVAR-h |
| Energía Aparente. | 427,671.72 | kVA-h |
| Flícker | 0.44 | Pst |
| Armónicos de Tensión | 2. 51% | THDv |
| Armónicos de Corriente. 3ra, 5ta y 7ma | | |
| Distorsión Total de la Demanda. | 5.32 % | TDD |

Fuente: Elaboración propia

La anterior tabla es el resultado de las mediciones realizadas y la calidad de la energía, estos datos brindan un panorama general de la subestación y la energía que distribuye en el bloque en general; lo que permite analizar en el futuro realizar tomas de decisiones relacionados con las intervenciones que se pretendan realizar o posibles adaptaciones, es decir, incrementar las conexiones de nuevos equipos, redes o instalaciones, que impliquen incrementar la demanda del consumo con relación a lo que el proveedor dispone a esa fuente de línea.

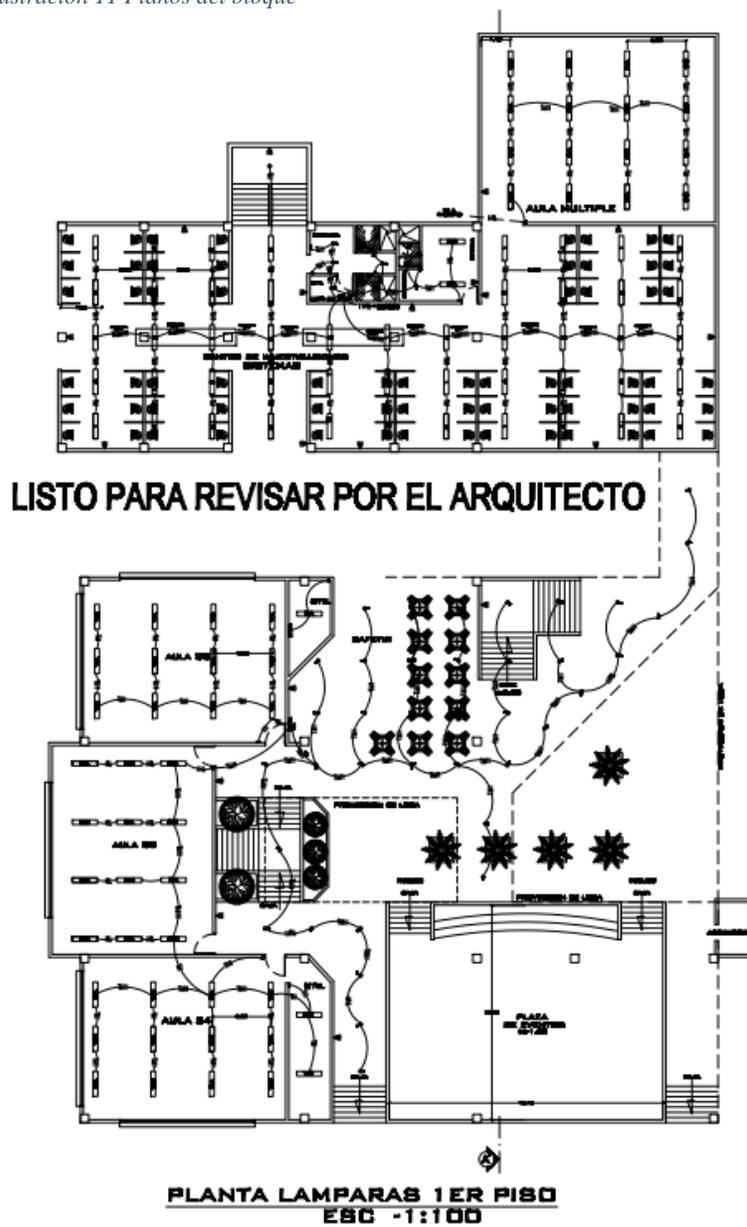
Ilustración 10 Datos históricos del consumo de energía

| Periodo | Mes | Consumo Dias | Consumo Fuera de Punta KWH | Consumo Punta KWH | Consumo Total KWH | Costo |
|---------|------------|--------------|----------------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| 1 | Febrero | 29 | 40.920 | 14.520 | 55.440 | \$ 25.968.149 |
| 2 | Marzo | 30 | 54.120 | 19.800 | 73.920 | \$ 34.832.160 |
| 3 | Abril | 32 | 46.200 | 18.480 | 64.480 | \$ 30.662.755 |
| 4 | Mayo | 29 | 35.640 | 11.880 | 47.520 | \$ 22.660.506 |
| 5 | Junio | 29 | 35.640 | 13.200 | 48.840 | \$ 23.431.135 |
| 6 | Julio | 30 | 43.560 | 15.840 | 59.400 | \$ 27.878.205 |
| 7 | Agosto | 32 | 58.080 | 22.440 | 80.520 | \$ 39.095.694 |
| 8 | Septiembre | 30 | 73.920 | 18.700 | 90.860 | \$ 44.369.017 |

Fuente: Elaboración propia

También se realizaron diversas inspecciones a el sistema de iluminación en todo el bloque, permitiendo conocer si la distribución realizada esta bajo los parámetros entregados en el plano final.

Ilustración 11 Planos del bloque



Fuente: Archivo Institución Universitaria Pascual Bravo

De esta forma se corrobora, que la auditoria se realiza de manera general cumpliendo con todos los lineamientos de la norma NTS ISO, garantizando la adecuada distribución de las líneas iluminarias en el bloque en general.

Durante la AE se inspecciona el tablero de circuitos, el cual no tiene la correspondiente demarcación de circuitos y además sin diagrama unifilar, incumpliendo el reglamento de la norma RETIE, el símbolo de riesgo eléctrico y no incluye un breaker principal para cerrar o abrir el circuito.

Ilustración 12 Tablero de oficinas



Fuente: Elaboración propia

Como entrega final, se diseña un módulo interactivo para la comunidad académica que permita conocer la funcionalidad de los analizadores digitales, y su practica en el campo real. Este producto ayudara a los estudiantes de futuros semestres en cuanto al análisis de datos y su

interpretación mejorando sus habilidades profesionales y conocimiento de primera mano, las diversas herramientas tecnológicas con las que pueden contar.

Ilustración 13 Modulo de medición



Fuente: Elaboración propia

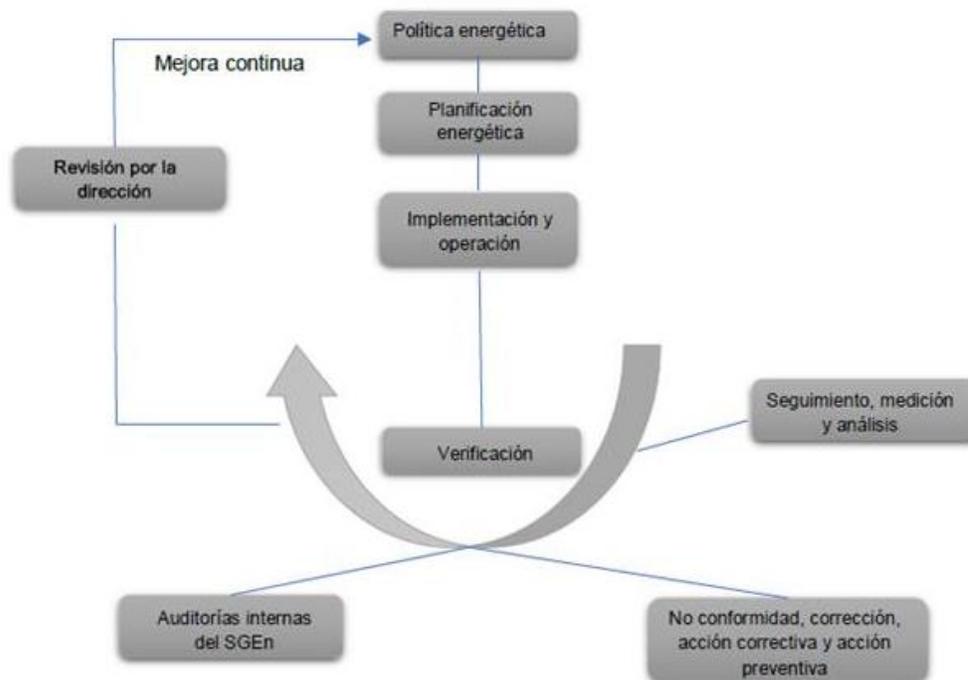
6.3 Normativa y políticas de la auditoría NTC ISO 50001

Es una federación mundial de organismos nacionales de normalización, encargados de la elaboración de las Normas Internacionales donde se lleva a cabo, la construcción de diversos reglamentos a través de los comités técnicos de la ISO, con el fin de estandarizar parámetros generales y/o detallados de normativa a nivel global.

Esta norma internacional se base en una metodología de mejora continua, lo que se conoce como ciclo (PHVA) Planificar – Hacer – Verificar – Actuar, en un contexto energético puede resumirse:

- **PLANIFICAR:** Llevar a cabo un diagnóstico energético para establecer posibles puntos críticos de las líneas, revisión del consumo o datos históricos de la demanda, definir los objetivos y las metas para posibles toma de decisiones, estableciendo planes de mejora que tengan como finalidad garantizar el buen desempeño energético en cuanto a las políticas de la organización y/o gubernamentales.
- **HACER:** Ejecutar planes de acción garantizando los objetivos establecidos.
- **VERIFICAR:** El seguimiento a los planes ejecutados, garantiza el buen desempeño de las intervenciones realizadas, el control de las operaciones, consumos, infraestructura, permitiendo cumplir con las políticas establecidas e informando sobre los resultados.
- **ACTUAR:** La toma decisiones en pro de la mejora continua, esta última fase permite dar cumplimiento al ciclo e identificar futuras intervenciones en el sistema de gestión SG.

Ilustración 14 Ciclo (PHVA) Planificar – Hacer – Verificar – Actuar



Fuente: NTC-ISO 50001 versión digital

6.3.1 Introducción

Esta da conocer el contexto general de la empresa y cuales es su función en términos generales, también detalla generalidades del proceso intervenido lo que da una mayor claridad de cuáles son las posibles mejoras y/o auditorías realizadas bajo el sistema de gestión energética. (SGE).

6.3.2 Descripción de la organización

Induce a la actividad económica y todos sus procesos para las cuales se diseñaron planes de intervención, permitiendo conocer de manera más detallada cada una de las áreas y como se compone.

6.3.3 Objetivo – Alcance

Cada SGE debe tener unos objetivos u alcances que permitan a la organización estar en mejora continua.

6.3.4 Alta dirección

La participación de todos los actores de la organización es fundamental, debido que permite conocer de manera más amplia, las áreas intervenidas, los colaboradores y el impacto que genera en las empresas, de ahí parte la participación de la alta dirección para una adecuada toma de decisión.

6.3.5 Política energética

Fundamental en el SGE, debido que permite el cumplimiento de los procedimientos consignados bajo la NTC-50001, brindando apoyo o guía al momento de realizar una auditoría energética AE.

6.3.6 Responsabilidades

Toda organización tiene como deber continuar el modelo de la norma, y su continuidad para garantizar la efectiva operación del proceso intervenido, y por ende debe asignar responsabilidades para garantizar la trazabilidad de cada intervención.

6.3.7 Planificación energética

Este punto permite en tiempos estipulados, se realicen diversas actividades o intervenciones, este tipo de programación brinda mayor claridad y alcance a los objetivos, de acuerdo a las actividades que se realicen, ejemplo: planes de mantenimiento, mejoras en los equipos, cambios físicos o estructurales.

6.3.8 Auditoría Energética

En esta etapa, debe establecer criterios de análisis y evaluación de cada proceso intervenido, lo que permite procesar indicadores de desempeño energético, condiciones físicas de los equipos, planes de mantenimiento ejecutados, documentación de SGE y no conformidades resultas.

6.3.9 Plan de acción

Este cronograma determina el tiempo estimado de cada actividad ejecutada y su resultado como tal, lo que aporta al SGE un mayor control de periodos estipulados para cada intervención y cuál será su frecuencia.

6.3.10 Implementación

La ejecución de cada uno de los procedimientos es fundamental para una auditoría energética integral, que permite un adecuado SGE y el cumplimiento de normativas internas y externas, además de exponer un panorama de costos en los cuales puede incurrir la organización en caso de tener fallas significativas en los equipos o la optimización del consumo energético.

7. Conclusiones

La auditoria permitió conocer el estado general de la distribución energética del bloque 6 y todas condiciones en las que se encuentra la subestación eléctrica, además se demostró que la auditoria energética, no solo requiere de equipos nuevos de alta tecnología, lo cual no representa una alta inversión, pero previo a la implantación del proceso lo más importante es el cambio en la forma de pensar de la organización respecto al uso adecuado de la energía.

El aporte a la comunidad académica con relación al producto final, es importante para los estudiantes que les permite consolidar los conocimientos adquiridos durante la carrera y realizar de manera practica el análisis de los datos y mediciones.

8. Recomendaciones

Inducción previa para la utilización del módulo, es fundamental pedir al tutor o laboratorista el acompañamiento permanente durante la utilización.

El contacto directo con agua o líquido, debe ser evitado dado que la funcionalidad del módulo es eléctrica, pueden causar daños severos.

Las auditorías deben ser continuas garantizando el ciclo PHVA para el sistema de gestión y la mejora continua de las áreas de intervención.

Se debe evitar los golpes o lugares de emisión de vibraciones que puedan traer consecuencias futuras al módulo.

9. Bibliografía

- Adajusa. (02 de 05 de 2018). *Material eléctrico - mecánico neumático - maquinaria*. Obtenido de Material eléctrico - mecánico neumático - maquinaria: <https://adajusa.es/pilotos/>
- Carlos Arturo Flórez Piedrahita, T. H. (2007). Guía didáctica para el desarrollo de auditorías energéticas. *Unidad de Planeación Minero Energética - UPME*, 21, 22.
- Fundación Endesa. (2021). El transformador eléctrico. *Endesa*, 1.
- Ladeuth, Y. M., López, D. D., & Socarrás, C. A. (2020). Diagnóstico del consumo de energía eléctrica en la planificación de un sistema de gestión y norma técnica de calidad ISO 50001:2011. *Scielo*, 1.
- León Tayo, S. M. (1 de Febrero de 2022). *Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19798/1/UPS%20-%20TTS247.pdf>
- Martínez, F. J., & Gomez, E. V. (2006). *Eficiencia Energética En Edificios*. España: Paraninfo.
- Rojas, E. A. (29 de 04 de 2018). *Repositorio institucional UPB*. Obtenido de Universidad Pontificia Bolivariana: <http://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/353>
- Ronquillo Moreta, A. F. (18 de 1 de 2022). *Universidad Técnica de Cotopaxi* . Obtenido de Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi : <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6820/1/T-001520.pdf>
- TECVOLUCION S.A.S. (2021). *Dispositivo de enlace wifi - Modbus*. Bogota: TECVOLUCION.

Anexos

| CRONOGRAMA DE VISITAS AL BLOQUE 6 | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|-------------|--|--|
| ESTUDIANTES DEL DECIMO SEMESTRE REALIZANDO SU TRABAJO DE GRADO | | | | | |
| FECHA | HORA | DIA | LUGAR | ESTUDIANTES | ACTIVIDAD |
| 27/02/2021 AL 01/10/2021 | Desde 10:00 a. m. hasta 04:00 pm | LUNES, MARTES, MIENCOLES, JUEVES, VIERNES | BLOQUE 6 | LEONARD A. VARGAS PUERTA JORGE A. PINTO CIFUENTE | DIAGNOSTICO Y VISITA TECNICA |
| 04/10/2021 AL 08/10/2021 | Desde 10:00 a. m. hasta 04:00 pm | LUNES, MARTES, MIENCOLES, JUEVES, VIERNES | BLOQUE 6 | LEONARD A. VARGAS PUERTA JORGE A. PINTO CIFUENTE | REVISIÓN DE PLANOS |
| 11/10/2021 AL 15/10/2021 | Desde 10:00 a. m. hasta 04:00 pm | LUNES, MARTES, MIENCOLES, JUEVES, VIERNES | BLOQUE 6 | LEONARD A. VARGAS PUERTA JORGE A. PINTO CIFUENTE | RECOLECCIÓN DE DOCUMENTOS HISTORICOS, CONSUMOS MENSUALES |
| 11/10/2021 AL 15/10/2021 | Desde 10:00 a. m. hasta 04:00 pm | LUNES, MARTES, MIENCOLES, JUEVES, VIERNES | BLOQUE 6 | LEONARD A. VARGAS PUERTA JORGE A. PINTO CIFUENTE | REGISTROS Y MEDICIONES ELECTRICAS |
| 25/10/2021 AL 29/10/2021 | Desde 10:00 a. m. hasta 04:00 pm | LUNES, MARTES, MIENCOLES, JUEVES, VIERNES | BLOQUE 6 | LEONARD A. VARGAS PUERTA JORGE A. PINTO CIFUENTE | LEVANTAMIENTO DE CAMPO, REVISION DE INSTALACIONES Y REVISION DE EQUIPOS |