

**IMPLEMENTACION DE AUDITORIA ENERGETICA EN SISTEMA ELECTRICO  
DEL BLOQUE 23 (AUDITORIO LA CONVENCION) DE LA  
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
CON ENFOQUE A LA NORMA ISO 50001.**

**EDIER A. ARICAPA BUENO  
JULIAN DAVID HERRERA ISAZA  
JUAN PABLO ORTIZ RUEDA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERIA ELECTRICA  
MEDELLÍN  
2022**

**IMPLEMENTACION DE AUDITORIA ENERGETICA EN SISTEMA ELECTRICO  
DEL BLOQUE 23 (AUDITORIO LA CONVENCION) DE LA  
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
CON ENFOQUE A LA NORMA ISO 50001.**

**EDIER A. ARICAPA BUENO  
JULIAN DAVID HERRERA ISAZA  
JUAN PABLO ORTIZ RUEDA**

**PROYECTO DE GRADO, EXIGIDO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRICISTA**

**ASESOR TÉCNICO  
BAYRON ÁLVAREZ ARBOLEDA  
DOCTORADO ESTUDIOS ORGANIZACIONALES  
ASESOR METODOLÓGICO  
GUSTAVO ADOLFO TOBÓN PEREIRA  
ESPECIALIZACION EN DOCENCIA UNIVERSITARIA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERIA ELECTRICA  
MEDELLÍN**

**2022**

## **Dedicatoria**

Primeramente doy gracias a Dios por demostrarme ser capaz de lograr este título y creer que los sueños si se cumplen y en estos momentos este es un sueño y un logro muy grande cumplido en mi vida.

También doy gracias a Dios y a mi familia por el apoyo durante todo el proceso, a mi madre por siempre confiar en mí y darme fuerzas en los momentos difíciles que pase en mi carrera, a mi esposa por ser ese pilar que me daba ánimos para sacar el tiempo y ser dedicado cada semestre para lograr cumplir siempre con los mejores resultados.

A mi hija porque llego en un momento inesperado a mi vida y ahora se ha convertido en mi todo, un amor incondicional por el que siempre quiero superarme y ser cada día mejor para brindarle un mejor estilo de vida.

A la Institución Universitaria Pascual Bravo por brindarme las ayudas, asesorías y el acompañamiento necesario para superar las dificultades académicas que se presentan en la carrera, por ser una Universidad con alto nivel académico.

**Julian David Herrera Isaza**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre por sus bendiciones y de mostrarme siempre su amor y apoyo.

A mi padre porque siempre siento que está a mi lado dándome su compañía y comprensión.

**Edier A. Aricapa Bueno**

## **Dedicatoria**

Ningún camino es fácil en busca del éxito y en logro de nuestras metas, hoy quiero agradecer a la familia por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles cuando pensé que iba a desfallecer.

Agradezco también al Pascual Bravo por ayudarme a encontrar y guardar este camino.

**Juan Pablo Ortiz Rueda**

## Tabla de Contenidos

1.	Introducción .....	14
2.	Planteamiento del problema.....	15
2.1	Descripción .....	15
2.2	Formulación.....	15
3.	Justificación .....	16
4.	Objetivos.....	17
4.1	Objetivo general.....	17
4.2	Objetivos específicos.....	17
5.	Marco teórico.....	18
5.1	Auditoria energética.....	18
5.2	ISO 50001: gestión energética.....	18
5.3	Objetivo de una auditoria.....	20
5.4	Tipos de auditoria.....	20
5.5	Costo y tiempo de una auditoria energética.....	21
5.6	Equipos para realizar una auditoria energética.....	21
5.7	Ventajas de las auditorías energéticas.....	25
5.8	Desventajas de las auditorías energéticas.....	26
5.9	Mediciones eléctricas.....	27
6.	Metodología.....	28
6.1	Tipo de proyecto.....	28
6.2	Método.....	28
7.	Resultados del proyecto.....	30
7.1	Mediciones a equipos de aire acondicionado.....	31
7.2	Mediciones a tablero TGA (Tablero General de Acometidas).....	48
7.3	Recorrido en bloque 23 Auditorio la Convención.....	56
8.	Conclusiones.....	61
9.	Recomendaciones .....	62
10.	Referencias bibliografía.....	63
11.	Anexos .....	65

## Lista de tablas

Tabla 1. <i>Mediciones eléctricas ML A.A.</i> .....	33
Tabla 2. <i>Mediciones eléctricas caja breaker desde ML A.A.</i> .....	34
Tabla 3. <i>Mediciones equipos de A.A.</i> .....	41
Tabla 4. <i>Equipo de A.A biblioteca.</i> .....	43
Tabla 5. <i>Corriente tablero TGA Auditorio la Convención.</i> .....	49
Tabla 6. <i>Corrientes tablero cabina de sonido.</i> .....	51
Tabla 7. <i>Corrientes tablero regulado hall.</i> .....	52
Tabla 8. <i>Corrientes tablero normal hall.</i> .....	54
Tabla 9. <i>Corrientes tablero alumbrado escenario.</i> .....	55

## Lista de figuras

Figura 1. Sistema de gestión energética.....	19
Figura 2. Procedimiento de aplicación de la norma.....	19
Figura 3. Analizador de redes eléctricas y armónicos .....	22
Figura 4. Luxómetro o medidor de luz .....	23
Figura 5. Multímetro termográfico FLUKE 279 .....	24
Figura 6. Pinza amperimetrica .....	25
Figura 7. Tablero ML A.A Auditorio .....	31
Figura 8. Mediciones eléctricas ML A.A .....	32
Figura 9. Caja de breaker desde ML A.A.....	33
Figura 10. Mediciones caja breaker desde ML A.A .....	34
Figura 11. IP del tablero ML de A.A.....	35
Figura 12. Falta protección eléctrica en tablero ML A.A.....	36
Figura 13. Falta marcación protecciones de ML A.A.....	37
Figura 14. Caja de breaker desde ML A.A. con novedades .....	38
Figura 15. Tubería incorrecta y falta de marcación en caja de breaker A.A .....	39
Figura 16. Tablero ML A.A tubería sin marcar .....	40
Figura 17. Placa de características equipos de A.A.....	41
Figura 18. Equipos de A.A tipo paquete sencilla .....	42
Figura 19. Placa de características A.A biblioteca .....	43
Figura 20. Equipo de A.A de la biblioteca .....	44
Figura 21. Cajas de paso en alimentación de A.A .....	45
Figura 22. Tubería suelta y en mal estado de las canalizaciones.....	46
Figura 23. Placa de características A.A deteriorada .....	47
Figura 24. Unidad número 2 de A.A corriente alta .....	48
Figura 25. Tablero TGA Auditorio la Convención.....	49
Figura 26. Tablero cabina de sonido.....	50
Figura 27. Tablero Regulado Hall .....	51
Figura 28. Corriente de tablero alumbrado auditorio .....	53
Figura 29. Tablero Normal Hall .....	54

Figura 30. Corrientes tablero escenario auditorio.....	56
Figura 31. Tomacorrientes Auditorio .....	57
Figura 32. Tomacorrientes sueltos o averiados .....	58
Figura 33. Circuito energía regulada sin identificar .....	58
Figura 34. Iluminación de emergencia .....	59
Figura 35. Falta de mantenimiento correctivo de iluminación .....	60
Figura 36. Auditorio bien iluminado .....	60

## Lista de anexos

Anexo A. Material para malla de la subestación .....	65
Anexo B. Características del sistema eléctrico de 13,3 kV bloque 23. ....	66
Anexo C. Diseño de la malla de puesta a tierra de la subestación.....	67
Anexo D. Selección del conductor de la malla a tierra.....	68
Anexo E. Resistencia de puesta a tierra.....	69
Anexo F. Evaluación de tensión de toque de la malla a tierra.....	70
Anexo G. Evaluación tensiones de paso en la malla a tierra.....	71
Anexo H. Planta arquitectónica del auditorio.....	72
Anexo I. Características Aire Acondicionado Auditorio.....	73
Anexo J. Datos dimensionales del Aire Acondicionado.....	74
Anexo K. Conexiones eléctricas Aire Acondicionado.....	75
Anexo L. Modo errores del Aire Acondicionado.....	76
Anexo M. Mantenimiento para A.A según fabricante.....	77

## **Resumen**

Esta investigación abordo el tema de auditoria energética basada en la norma ISO 50001 en la Institución Universitaria Pascual Bravo bloque 23 auditorio la convención detectando fallas, anomalías y perturbaciones del sistema eléctrico instalado, debido a que este bloque ya cuenta con algunos años de construido considerando así la respectiva auditoria energética realizada.

*Palabras claves:* auditoria energética, norma ISO 50001, sistema eléctrico, bloque 23.

## **Abstract**

This investigation aborted the issue of energy audit based on the ISO 50001 standard at the Pascual Bravo University Institution, block 23 auditorium the convention, detecting failures, anomalies, and disturbances of the installed electrical system, because this block already has some years of construction, considering that the respective energy audit carried out.

*Keywords:* energy audit, ISO 50001 standard, electrical system, block 23.

## Glosario

**Auditoria energética:** inspección y análisis de los flujos de energía en una residencia, industria, comercio, con el objetivo de entender la eficiencia energética.

**Eficiencia energética:** tiene como propósito la reducción de consumo de energía, lo cual se logra a partir de la optimización de procesos productivos.

**Norma ISO 50001:** establece un marco internacional para el suministro, uso y consumo de energía en organizaciones industriales, comerciales e institucionales.

## **1. Introducción**

Una auditoría de índole energético permite determinar cómo es utilizada la energía eléctrica y donde, enfocando el estudio en la norma ISO 50001.

Se reconocen los puntos en el diagrama de procesos donde hay un mayor uso de energía en el bloque 23 de la Institución Universitaria Pascual Bravo, resaltando los puntos en los cuales no hay un uso racional de la energía y donde el ahorro energético sería posible. Además de anexar una evaluación técnica para reducir el consumo de energía eléctrica de manera que no se vea afectada ninguna de las actividades que se realizan en el bloque 23.

Este procedimiento de estudio de calidad de energía nos permite demostrar las características de las señales de tensión, corriente y frecuencia para un tiempo determinado, identificando las desviaciones según las normas que aplican para este análisis, evaluar el estado general del sistema eléctrico y equipos, determinar posibles puntos de falla analizando todas las variables eléctricas que influyen en él, inspeccionar calibre de conductores y protecciones para comparar con datos de carga del sistema y verificar que los parámetros medidos se encuentren bajo los requerimientos normativos.

## **2. Planteamiento del problema**

### **2.1 Descripción**

En los últimos años, el bloque 23 (auditorio la convención) de la Institución Universitaria Pascual Bravo ha llamado la atención debido al aumento energético que se ha venido presentando mensualmente, es decir, la falta de mantenimiento y análisis de la red eléctrica y falta de conciencia sobre el uso racional de energía en las personas ha sido una de las principales causas del problema que ha generado un aumento inesperado del consumo de energía en este espacio de la universidad, según las estadísticas al realizar un estudio de calidad de energía de una red específica durante un periodo de tiempo nos permite mitigar esas posibles fallas que nos generan un incremento de consumo eléctrico que con el tiempo se nos puede salir de control. Con esta auditoría energética se identificó los factores más significativos por los cuales nos presentan problemas en la calidad de energía en el bloque 23 (auditorio la convención) y permitirá identificar las soluciones a realizar para mejorar e incrementar la eficiencia energética de la red y volver a tener un consumo de energía adecuado.

### **2.2 Formulación.**

¿Cómo aplicar la norma ISO 50001 en la implementación de la auditoría energética en el sector eléctrico del bloque 23 (auditorio la convención) de la Institución Universitaria Pascual Bravo?

### 3. Justificación

Para hacer un estudio donde se pueda analizar las oportunidades de ahorro en el consumo de energía eléctrica para el bloque 23 (auditorio la convención) de la Institución Universitaria Pascual Bravo es conveniente analizar la secuencia que sigue la energía eléctrica desde su generación hasta su uso final.

Se verificarán en sitio las mediciones de campo, tales como: tensión, corriente, consumo diario de potencia, mediciones del factor de potencia actual para confirmar los datos facilitados por la empresa prestadora del servicio (operador de red).

Las ventajas y conveniencias de realizar esta auditoria energética es dar garantía que se van a lograr resultados positivos tales como: ahorro de dinero, mejora en la productividad, detectar problemas de forma temprana e identificar anomalías, mejorar la confiabilidad y eficiencia de la infraestructura del bloque 23, reducir riesgos eléctricos en los equipos y evitar daños.

Los conocimientos adquiridos en el proceso de formación del estudiante representan una experiencia importante para su formación profesional, la cual es necesaria para el desempeño laboral; en la práctica esto refleja las bases teóricas que se recibieron durante la formación académica; finalmente todo egresado es la extensión de la institución en la cual se formó.

No obstante, cabe destacar que esta experiencia impactara de manera positiva tanto a los estudiantes como a los docentes que deseen conocer cómo se realiza el estudio de una auditoría energética.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general.**

Implementar una auditoría energética en el sector eléctrico del bloque 23 (auditorio la convención) con enfoque en la norma ISO 50001.

### **4.2 Objetivos específicos.**

Análisis de las inconsistencias entre la carga y el sistema.

Predicción del futuro funcionamiento de las cargas de los equipos o del deterioro de estos últimos.

Mejorar la eficiencia del sistema.

Eliminar armónicos, sobretensiones y transitorios de la red eléctrica.

Evitar fluctuaciones en el voltaje.

Extender el ciclo de vida de la red eléctrica y sus componentes.

Evitar sobrecalentamiento en los transformadores.

## **5. Marco teorico**

### **5.1 Auditoria energética.**

La auditoría energética es el estudio completo de una instalación que aporta información sobre la energía que consume y sobre los aspectos que influyen en el consumo energético de las instalaciones y los equipos consumidores de energía. Este estudio se realiza para comprender la gestión de dicho consumo y proponer mejoras para reducir el consumo y aumentar la eficiencia energética, lo que implicará un ahorro económico en la instalación auditada. (KANSAS CITY , s.f.)

La auditoría energética se puede considerar como una de las etapas dentro de un programa de uso eficiente de la energía, en la cual se obtienen los conocimientos necesarios sobre una planta, instalación o proceso que permite expresar en forma cuantitativa sus características de operación, con el objetivo de formular acciones que resulten en la reducción de costos, mediante el uso de forma óptima de los recursos energéticos.

En la intención de implementar una auditoria energética dentro de un programa de conservación y ahorro de energía es aconsejable resaltar la importancia de que exista un equipo de trabajo dentro de la organización que tenga bajo su responsabilidad el tema de la energía.

### **5.2 ISO 50001: gestión energética.**

Esta norma Internacional tiene como objeto apoyar a las organizaciones con el fin de lograr una mejora continua en el rendimiento energético, y de esta manera promover el uso racional y eficiente de la energía para reducir los costes asociados, así como las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales relacionados.

La norma ISO 50001 se basa en la metodología del Ciclo de Deming para la mejora continua, también llamado “PHVA” por las siglas Planificar–Hacer-Verificar-Actuar, y sigue el diseño y

estructura de otras normas ISO como las ISO 9001 e ISO 14001 entre otras, haciéndola de esta manera compatible con otros sistemas de gestión. (Nueva ISO, 2020)



Figura 1. Sistema de gestión energética

Fuente: ISOTools.

Uno de los puntos fundamentales en este estándar consiste en establecer una política energética, sobre la cual se implantan indicadores energéticos que deben ser definidos en la etapa de planificación y monitoreados en la etapa de verificación, que permitan establecer acciones para mejorar el desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta norma.



Figura 2. Procedimiento de aplicación de la norma

Fuente: extraído de <https://www.normas-iso.com/iso-50001/>

### 5.3 Objetivo de una auditoria.

Se enfoca en la entrega de un informe técnico en el cual se detallan los procesos adecuados para realizar una gestión y uso racional de la energía. Siendo más eficaces en el consumo de energía y a su vez poder optimizar los procedimientos de alguna determinada actividad que conlleva al consumo y uso de la energía con información en:

- Analizar y estudiar las tarifas que ofrecen las compañías energéticas y poner recomendaciones
- Realizar propuestas y recomendaciones para mejorar la eficiencia energética del bloque 23
- Proponer medidas para una gestión adecuada en el uso de energía, con el estudio de identificar áreas con mayor consumo y conseguir mayores ahorros energéticos

### 5.4 Tipos de auditoria.

Existen varios tipos de auditorías energéticas. Estas se diferencian en el alcance de las mismas en función de factores a resolver como el número de áreas analizadas, tipo de servicio energético, así como de los procesos analizados. Estas se agrupan en 3 niveles:

- **Auditoría Preliminar:** corresponde al tipo simple o básico, se realiza un diagnóstico visual del bloque 23, se recopilan datos básicos y una se realiza una entrevista mínima, no es un estudio muy detallado sobre la facturación en el servicio de energía eléctrica, así como la obtención de otros datos sobre su mantenimiento. El diagnóstico obtenido no es muy confiable en las oportunidades de ahorro y mejorar de la energía, haciendo así que su costo sea bajo al momento se solicitarlo.
- **Auditoría Detallada:** se realiza un análisis más detallado, comenzando de una mayor cantidad de información previa al sistema constructivo de la instalación como lo son memorias de proyecto, planos, presupuestos. La realización de pruebas, implementación de equipos técnicos para la medición, dará una información más real sobre el estado actual del edificio, por ello abarca los recursos energéticos o un único servicio en una empresa de tal forma que su coste puede ser mayor en función de cuales sean los parámetros a realizar.

- **Auditoría Especial:** esta será una auditoria de nivel 2, la cual se realiza a mayor detalle. Los equipos para su realización son de costo más elevados y complejos, ya que los datos son tomados con equipos de medida que detallan el registro del consumo y al mismo tiempo amplían las mediciones a otros parámetros.

### **5.5 Costo y tiempo de una auditoria energética.**

Las auditorías energéticas son realizadas por personal certificado y competente, para su cumplimiento en las grandes empresas, las cuales están obligadas a realizar en un periodo de 4 años. Los precios varían según lo deseado por el cliente y el tamaño de la empresa a realizar la auditoria, con un proceso que demora 1 mes en concluir.

### **5.6 Equipos para realizar una auditoria energética.**

Es necesario tener el equipo adecuado al momento de realizar una auditoria energética con objetivo de validar la información recopilada y las mediciones.

Los equipos más utilizados en la medición y precisión de toma de datos en una auditoria energética son:

- **Analizador de redes eléctricas:** sirve para medir directamente o bien para calcular, diferentes parámetros eléctricos de una red eléctrica: tensión, intensidad, potencia, factor de potencia.

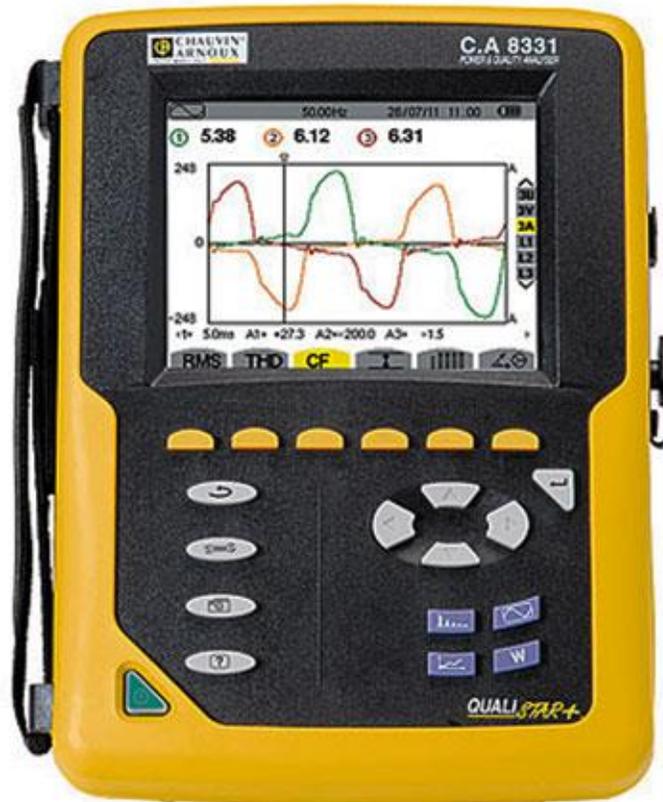


Figura 3. Analizador de redes eléctricas y armónicos

Fuente: electrónica embajadores

- **Luxómetro:** sirve para medir las condiciones de iluminación de una determinada superficie. Además, tienen captadores de luz muy sensibles tanto a la intensidad de la luz, así como al ángulo de incidencia. De esta forma podemos conocer la forma en la que las estancias están iluminadas.



Figura 4. Luxómetro o medidor de luz  
Fuente: GreenForest

- **Cámara termográfica:** la termografía es un procedimiento de imágenes que hace visible la radiación de calor (luz infrarroja) de un objeto o un cuerpo que es invisible al ojo humano. Con la ayuda de la termografía se pueden registrar y esquematizar mediciones de temperatura sobre áreas. Gracias a la termografía se puede hacer una idea exacta sobre posibles pérdidas térmicas o determinar fuentes de calor.



Figura 5. Multímetro termográfico FLUKE 279

Fuente: extraído de <https://www.intronica.com/producto/fluke-279-fc/52>

En una auditoría energética, la termografía tiene diversas aplicaciones:

- Verificación adecuada del aislamiento del edificio.
- Detección de deficiencias de aislamiento. Fugas de calor e infiltraciones de aire.
- Desequilibrios y problemas de aislamiento en instalaciones eléctricas.
- Falta de aislamiento en tuberías.
- **Pinzas Amperimétricas:** permite cuantificar la intensidad de corriente que circula a través de conductores activos sin la necesidad de interrumpir el normal funcionamiento del circuito. Mediante la utilización de pinzas amperimétricas se consigue medir de manera sencilla y rápida la intensidad de corriente circulante (A), ya sea esta corriente continua o alterna. Aunque fundamentalmente se diseñan y utilizan para este propósito, es posible encontrar pinzas que incorporan también la posibilidad de medir otra serie de parámetros como la tensión (V), la capacidad o la resistencia.



Figura 6. Pinza amperimetrica  
Fuente: mercadolibre

### 5.7 Ventajas de las auditorías energéticas.

Las auditorías energéticas proporcionan información importante para las empresas que implementan este proceso, haciendo que sean más los clientes, inversores y organismos reguladores de la misma.

Generan un aumento de la competitividad y cultura de empresa.

Dan cumplimiento de las normativas y oportunidades de licitaciones públicas, mejor dirección y una inversión más atractiva.

La ventaja de emplear una auditoria es la creación de un sistema cronológico del manejo y uso adecuado de la energía haciendo un ahorro tecno - económico y una productividad más eficiente, ayudando así a la disminución del CO2.

Otra de las ventajas de la auditoria energética es el personal capacitado para realizar este proceso: El auditor es un técnico formado y con experiencia en situaciones similares.

Se encuentra constantemente actualizado en los últimos avances específicos del área de trabajo.

Propone diversas soluciones alternativas.

Presenta y desarrolla soluciones eficaces con rapidez.

### **5.8 Desventajas de las auditorías energéticas.**

La principal desventaja de este tipo de auditorías es el poco conocimiento que se tiene de ella, dificultando la implantación parte de los directivos.

También se tiene el tiempo para la recolección de la información, ya que, debido a no tomar medidas desde el comienzo por parte de las organizaciones para el ahorro energético, causa unos periodos de análisis, recolección y ejecución de la mejorar significativa para la organización.

Rechazo al cambio de tareas por parte de los trabajadores.

No conocer exactamente las expectativas de los clientes de la organización.

### **5.9 Mediciones eléctricas.**

- **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.
- **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 auditoria eléctrica, debe ser medido para asegurarse que su valor sea constante y adecuado para los equipos.
- **Medición de potencia y energía:** Para determinar directamente la potencia consumida por uno o varios equipos se utiliza el Vatímetro. El registrador de corriente o el amperímetro de gancho pueden también ser usado para determinar indirectamente la potencia consumida. El Vatímetro es un medidor de potencia eléctrica y necesita para realizar la medición señales de voltaje y corriente. Existen vatímetros que muestran la medida en forma de gráficos.

## 6. Metodología

Es aconsejable que el profesional que maneje estos equipos tenga la capacitación adecuada y el conocimiento del procedimiento de seguridad a aplicar en instalaciones eléctricas.

Los pasos a seguir en el manejo de un analizador de redes eléctricas son:

- Verificar los sistemas de seguridad.
- Preparar el equipo de medida.
- Configurar el equipo (topología de la red, fecha y frecuencia de media).
- Establecer la conexión del equipo empezando por este orden: puesta a tierra, pinzas de tensión y sondas amperimétricas.
- Encendido del analizador y comprobación de la señal.
- Iniciar el registro de las medidas (diarias, semanales, mensuales).
- Desconexión del equipo y descarga de datos.

La gran mayoría de fabricantes de estos equipos ponen a disposición de los usuarios el software para la descarga y con capacidades para el procesamiento de los datos obtenidos y la presentación de informes.

### 6.1 Tipo de proyecto.

El proyecto está basado en el método de investigación aplicada, donde se describe cada parte de lo que se hace, donde cada integrante da su propio punto de vista, permitiendo tomar una opción definitiva.

### 6.2 Método.

Se requiere asegurar que el proyecto empiece uniformemente y se proceda de manera eficiente, considerando estos pasos:

- Revisión de las prioridades para evaluación de la planta.

- Preparación de un itinerario detallado del proyecto basado en esas prioridades.
- Preparación de unas listas de revisión, cuestionarios y otras herramientas para recolección y proceso de los datos.

El alcance del trabajo a realizar será:

- Toma de datos inicial.
- Auditoría energética a cada una de las instalaciones eléctricas que componen el bloque 23 (auditorio la convención) de la Institución Universitaria Pascual Bravo.
- Auditoría energética a cada uno de los aparatos consumidores de energía (iluminación, aire acondicionado, motores etc.) que se encuentren en el bloque 23 (auditorio la convención) de la Institución Universitaria Pascual Bravo.
- Análisis de resultados.
- Elaboración de las propuestas de acción.

## 7. Resultados del proyecto.

La realización de este proyecto tiene como objetivo analizar la red eléctrica para sugerir una serie de recomendaciones que ayuden a mejorar el uso de energía eléctrica, así como el aprovechar al máximo su eficiencia eléctrica; durante su realización se aplicarán los conocimientos adquiridos en Ingeniería eléctrica y serán evaluados basándose en la ISO 50001.

Con la realización de esta auditoria podríamos decir que gracias a ella llegaremos a un análisis del sistema eléctrico de la biblioteca mediante unas visitas para tomas de datos como punto de partida de la auditoria describen los resultados esperados del desarrollo del proyecto; a una adquisición de datos del sistema eléctrico utilizando analizadores de red, para identificar el funcionamiento del sistema eléctrico contra normas y reglamentos vigentes y generaríamos un informe de recomendaciones de acuerdo a los datos adquiridos del sistema para el uso racional de la energía eléctrica y ahorro energético acorde con la norma ISO 50001.

Al considerar los equipos a utilizar en la auditoria y los métodos de medición, es recomendable que las mediciones se realicen en forma directa y cuando no sea posible o por conveniencia realizar en forma indirecta. Diferentes métodos de medición pueden ser usados dependiendo de las características y propiedades del proceso que existan para ser medidas, y del tiempo disponible para ejecutar las mediciones.

Los métodos de medición pueden clasificarse en:

- Método estacionario: Cuando existen instrumentos de medición permanentes o fijos.
- Método Manual: Cuando se utilizan instrumentos de medición manuales portátiles.
-

### 7.1 Mediciones a equipos de aire acondicionado.

En la cubierta del auditorio se encuentra todo lo relacionado con los equipos de aire acondicionado: unidades condensadoras, acometidas eléctricas, canalizaciones, tableros de distribución tipo ML, en las cuales se hicieron las siguientes pruebas y estudios técnicos teniendo en cuenta lo aprendido en la ingeniería eléctrica.

- **Tablero de distribución tipo ML de aire acondicionado:** este tablero se encuentra ubicado en la cubierta del auditorio fijado con anclaje a muro, su acometida viene desde el tablero TGA del auditorio y es encargado de alimentar con energía eléctrica todos los equipos de aire acondicionado del auditorio de la universidad ubicado en el bloque 23.



Figura 7. Tablero ML A.A Auditorio

Fuente: propia

El tablero cuenta con un totalizador principal MERLIN GERIN NB250N de 250A y una corriente de cortocircuito Icu de 30 kA a 220/240 VAC que es la encargada de vigilar el comportamiento de todas las cargas que van a depender de este tablero de distribución,

en sus cargas nos encontramos con dos protecciones termomagnéticas MELTA MEC ABS 203b de 150A Icu 50 kA a 220/240 VAC cada una.

Para realizar el estudio de las mediciones eléctricas se pone en servicio todas las cargas que contiene el tablero de distribución para garantizar unas mediciones reales de trabajo al 100%. Las mediciones fueron las siguientes:



Figura 8. Mediciones eléctricas ML A.A  
Fuente: propia

Tabla 1.  
*Mediciones eléctricas ML A.A.*

TABLERO DE DISTRIBUCION ML A.A				
PROTECCION	CORRIENTE (A)			TENSION F-F (V)
	R	S	T	
MERLIN GERIN 250A PRINCIPAL	141,3A	141,7A	153,7A	206V
MELTA MEC 150A #1	43,2A	45,4A	45,5A	202V
MELTA MEC 150A #2	81,4A	86,9A	84A	203V

Fuente: propia

Adicional a estas cargas, del barraje secundario del ML donde se pegan las cargas se deriva una acometida la cual no cuenta con protección para alimentar una caja de breaker la cual cuenta con tres protección termomagneticas de 40A y una protección termomagnetica de 63A activa.

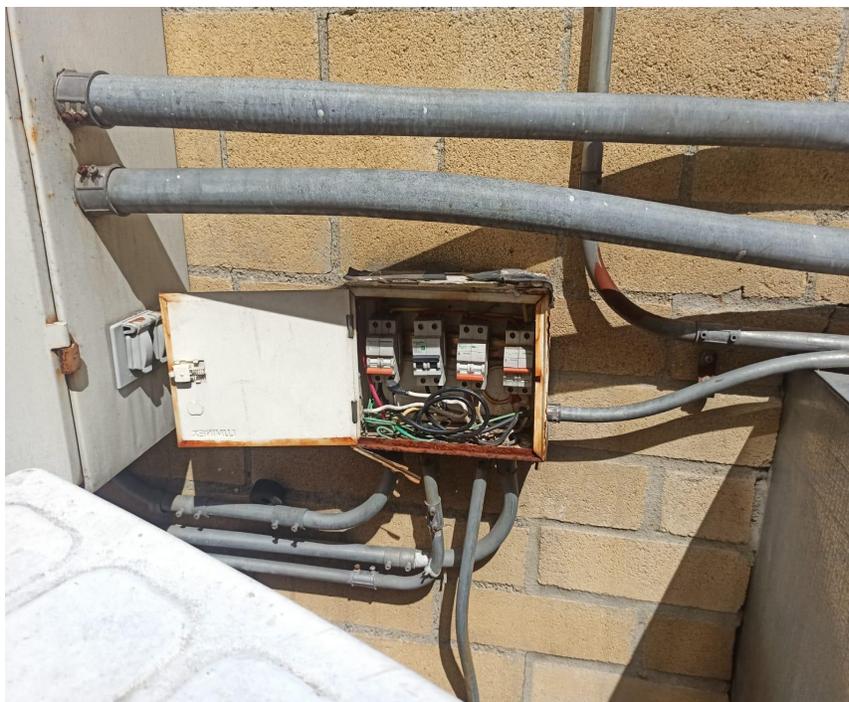


Figura 9. Caja de breaker desde ML A.A  
 Fuente: propia

Para realizar el estudio de las mediciones eléctricas de esta caja de breaker se pone en servicio todas las cargas que contiene el tablero de distribución para garantizar unas mediciones reales de trabajo al 100%. Las mediciones fueron las siguientes:

Tabla 2.

*Mediciones eléctricas caja breaker desde ML A.A.*

CAJA BREAKER DESDE ML A.A				
PROTECCION	CORRIENTE (A)			TENSION F-F (V)
	R	S	T	
C63A	19,3A	19,2A	19,3A	204V
C40A	0A	0A	0A	204V
C40A	0A	0A	0A	204V
C40A	0A	0A	0A	204V

Fuente: propia



Figura 10. Mediciones caja breaker desde ML A.A

Fuente: propia

**Observaciones:** el tablero de distribución tipo ML de los equipos de aire acondicionado cuenta con varias observaciones las cuales no cumplen con la norma RETIE (reglamento técnico de instalaciones eléctricas), ni con la norma ISO 50001 que establece los requisitos que debe tener un Sistema de Gestión Energética con el fin de realizar mejoras continuas y sistemas del rendimiento energético de las organizaciones.

- El tablero en estos momentos cuenta con una IP56 según su placa de características, pero está cubierta está expuesta a una alta probabilidad de polvo o material particulado y al agua, por lo cual se recomienda tener un tablero con una IP66.



Figura 11. IP del tablero ML de A.A  
Fuente: propia

La derivación que sale desde el barraje del tablero de distribución tipo ML del A.A para alimentar con energía eléctrica la caja de breaker no tiene totalizador de protección, por lo cual se debe colocar su respectiva protección eléctrica de acuerdo a la corriente total de las cargas que maneja para que cumpla con la norma y garantizar la seguridad de las personas y de la instalación eléctrica como tal.

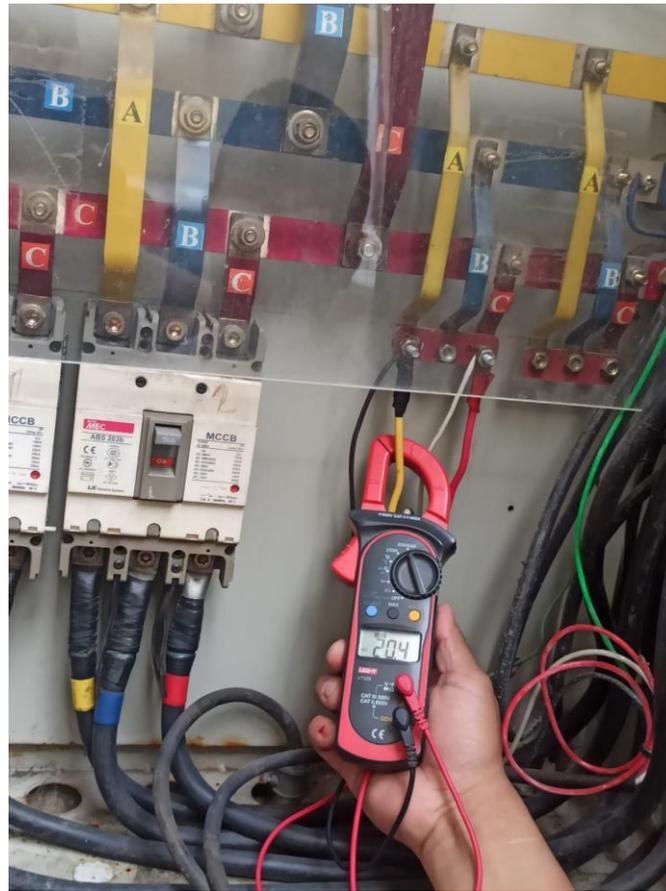


Figura 12. Falta protección eléctrica en tablero ML A.A

Fuente: propia

- Falta etiquetado o marcación en las protecciones de las cargas de los equipos de aire acondicionado en el tablero ML, en el momento está marcado con 1 y 2 con lapicero pero esto no cumpliría con la norma RETIQ (etiquetado energético). Se pueden tener varias opciones como marcación con cinta Panduit.



Figura 13. Falta marcación protecciones de ML A.A

Fuente: propia

- La caja de breaker que viene alimentada desde el tablero ML del A.A no cumple con la IP requerida para este tipo de ambiente al que está expuesta, lo recomendable sería mínimo una IP65, también se encuentra sin tapa por lo cual en el momento está expuesta a polvo y agua en su interior, se observan empalmes con cinta sin estañar los cables en las líneas de neutro y tierra por lo cual se recomienda que la caja tenga sus barras de neutro y tierra para evitar dichos empalmes, los cables destinados para fase no se encuentran marcados con el color correspondiente según el diagrama trifásico R, S, T (amarillo, azul, rojo) y según el código de colores correspondiente a la tensión trifásica 220V.

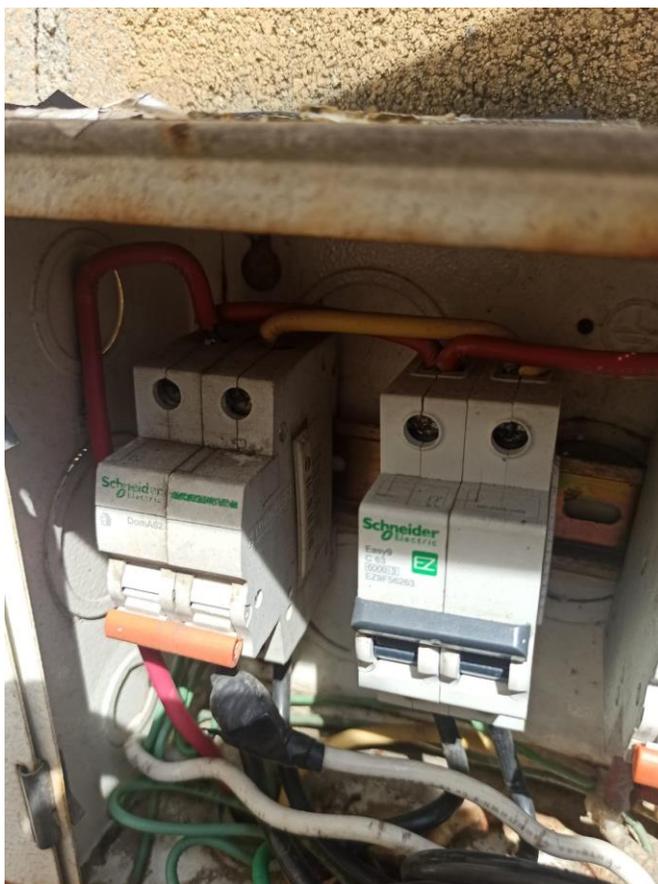


Figura 14. Caja de breaker desde ML A.A. con novedades  
Fuente: propia

- La tubería eléctrica que entra y sale a la caja de breaker que está alimentada desde el tablero ML A.A se encuentra en tipo EMT, este tipo de tubería no está autorizada según la norma RETIE para ambientes exteriores donde puedan sufrir de salpicaduras o chorros de agua, para este tipo de ambientes la norma exige instalación de tubería pesada IMC, adicional tampoco está marcada la tubería con la franja naranja de 10cm que exige la norma para identificar que esta tubería pertenece a una instalación eléctrica.

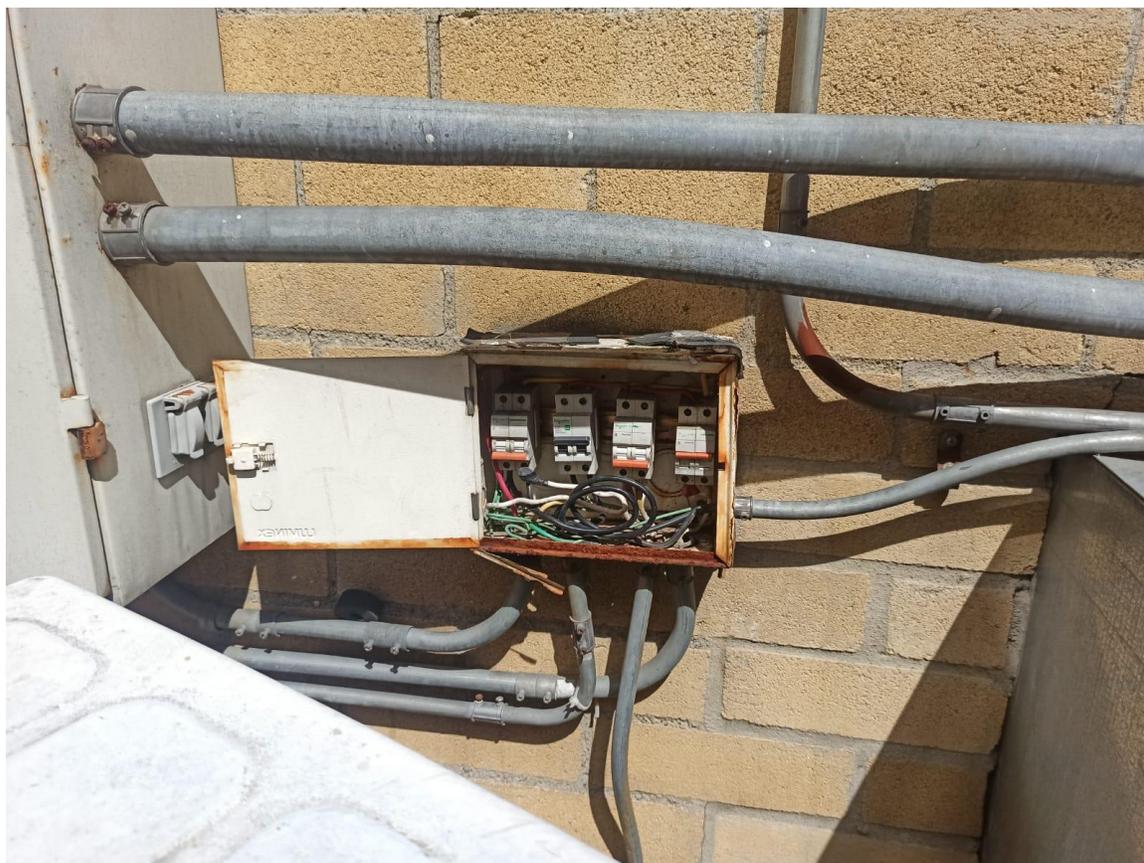


Figura 15. Tubería incorrecta y falta de marcación en caja de breaker A.A

Fuente: propia

- La tubería principal que entra al tablero de distribución tipo ML de los equipos del aire acondicionado del auditorio se encuentra sin marcar con la franja naranja de 10cm que indica que es una tubería eléctrica, adicional esta tubería entra por la parte superior del tablero perforando el techo que de fábrica trae el tablero y que sirve para garantizar su IP, al perforar el techo de este tablero se pierde la IP porque puede quedar con filtraciones de agua y polvo, estos tableros se recomienda ingresar siempre con la tubería por la parte inferior del tablero o en su defecto por los laterales pero sellando por la parte exterior de la tubería con silicona.



Figura 16. Tablero ML A.A tubería sin marcar  
Fuente: propia

- **Equipos de aire acondicionado:** el auditorio de la universidad ubicado en el bloque 23 cuenta con dos equipos de aire acondicionado de tipo paquete sencilla con las siguientes características cada una:
  - Modelo: LKC300BC00
  - Capacidad de enfriamiento: 277.000 Btu/h
  - Clasificación eléctrica: 220 V3 AC 60Hz
  - Consumo: 29,7 kW
  - Voltaje MIN/MAX: 220 más o menos 10% VAC
  - Amperaje MIN de circuito: 130,6A
  - Refrigerante: R22 6,1 kg/CIRCUIT



Figura 17. Placa de características equipos de A.A

Fuente: propia

Para realizar las mediciones eléctricas se colocan a trabajar ambas unidades durante un tiempo de 10 minutos para iniciar con los equipos de medición las pruebas reales y se obtienen los siguientes datos:

Tabla 3.

*Mediciones equipos de A.A.*

EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO				
PROTECCION	CORRIENTE (A)			TENSION F-F (V)
	R	S	T	
UNIDAD #1	43,2A	45,4A	45,5A	202V
UNIDAD #2	81,4A	86,9A	84A	203V

Fuente: propia



Figura 18. Equipos de A.A tipo paquete sencilla

Fuente: propia

También se encuentra un equipo de aire acondicionado de la biblioteca la cual se encuentra alimentada desde el tablero ML de A.A del auditorio marca LENNOX con las siguientes características:

Modelo: 13ACX-060-230-17

Voltaje MIN/MAX: 197/253 VAC

Amperaje mínimo: 34,7A

Para realizar las mediciones eléctricas se coloca a trabajar la unidad durante un tiempo de 10 minutos para iniciar con los equipos de medición las pruebas reales y se obtienen los siguientes datos:

Tabla 4.

*Equipo de A.A biblioteca.*

EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO BIBLIOTECA				
PROTECCION	CORRIENTE (A)			TENSION F-F (V)
	R	S	T	
UNIDAD BIBLIOTECA	19,3	20,4		202V

Fuente: propia



Figura 19. Placa de características A.A biblioteca

Fuente: propia

Se aclara que este equipo como tal no corresponde al bloque 23 auditorio la convención de la Institución Universitaria Pascual Bravo pero se tiene que tener en cuenta debido a que su carga y consume está dependiendo de la instalación eléctrica del bloque 23.



Figura 20. Equipo de A.A de la biblioteca  
Fuente: propia

**Observaciones:** después de realizada la inspección a estos equipos de aire acondicionado en la cubierta del auditorio de la universidad se determinaron unas anotaciones de mejora y corrección:

- Se encuentran cajas de paso en la canalización para la alimentación de estos equipos de aire acondicionado desde el tablero ML las cuales no cumplen con la IP requerida para este ambiente exterior ni con el tamaño adecuado para el calibre y la cantidad de conductores que pasan por dicha caja, también el cableado se encuentra sin marcar esto implica un riesgo en la instalación a la hora de un mantenimiento eléctrico. Se necesitan cajas de mayor tamaño y con una IP65 como mínimo, y se requiere identificar el cableado en las cajas de paso con el circuito desenergizado.



Figura 21. Cajas de paso en alimentación de A.A

Fuente: propia

- Las canalizaciones para la alimentación de las unidades de aire acondicionado se encuentra en tubería EMT la cual no se permite según la norma RETIE para este tipo de ambientes expuestos al polvo y al agua, la tubería tiene que ser pesada tipo IMC, también se encuentra que la tubería no está fijada correctamente al muro por lo que se puede ocasionar un accidente de caída o de electrocución porque la misma tubería suelta en sus uniones y acoples se encargan de dañar el cableado aterrizando dicha corriente a la tubería, tampoco se encuentra marcada la tubería con la franja naranja de 10cm que indica que es una tubería eléctrica, se encuentran tramos en tubería flexible (también llamada coraza) en mal estado, cristalizada, sueltas de sus conectores con los

cables expuestos a la vista, se recomienda cambio y garantizar que la unión y los acoples queden bien instalados.

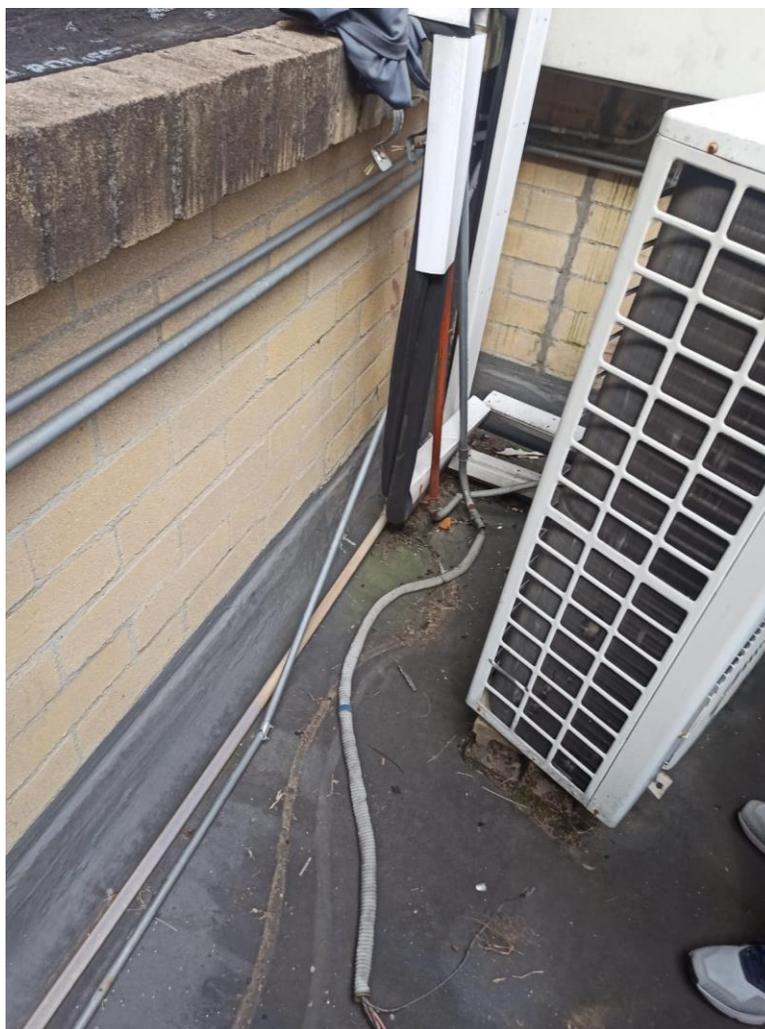


Figura 22. Tubería suelta y en mal estado de las canalizaciones

Fuente: propia

- Las placas de características de los equipos del aire acondicionado se encuentran deterioradas, esto causando pérdida en la información del equipo como tal para temas de mantenimiento, estudios de carga y trabajos que se requieran a futuro, se debe garantizar una protección adecuada o tener al menos una copia de esta placa de características para garantizar siempre tener la información del equipo cuando se requiera.

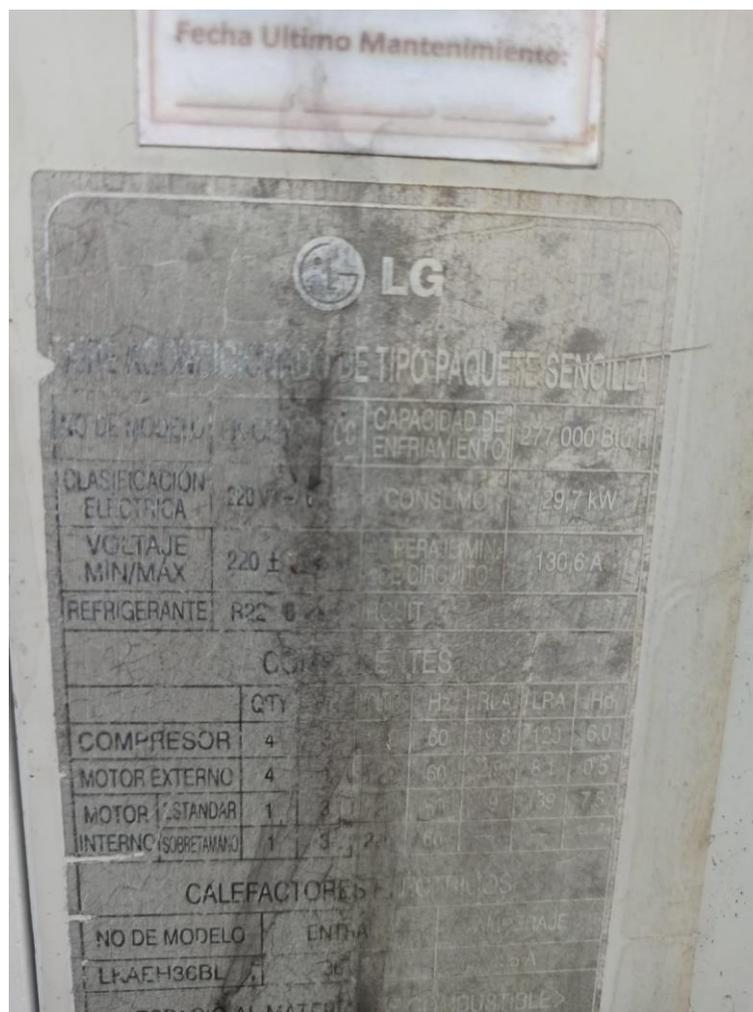


Figura 23. Placa de características A.A deteriorada

Fuente: propia

- La unidad de paquete sencilla número 2 de aire acondicionado presenta problemas con el consumo de corriente, el equipo trabajando presenta una corriente muy elevada con respecto a la unidad número 1 de A.A se requiere de un mantenimiento correctivo a la unidad de A.A donde verifiquen el perfecto funcionamiento de los componentes internos de la unidad.



Figura 24. Unidad número 2 de A.A corriente alta  
Fuente: propia

### 7.2 Mediciones a tablero TGA (Tablero General de Acometidas).

El tablero TGA (Tablero General de Acometidas), se encuentra ubicado en el cuarto de energía del auditorio la convención del bloque 23 de la Institución Universitaria Pascual Bravo y es el encargado de manejar todas las acometidas eléctricas para las cargas del auditorio tales como: alumbrado, sonido, fuerza, regulada, etc.

- **Tablero TGA auditorio la convención:** El tablero TGA es el tablero principal de las acometidas para las cargas del auditorio la convención del bloque 23 en la Institución Universitaria Pascual Bravo, es un tablero trifásico de 8 circuitos con espacio para totalizador cuenta con un totalizador principal Merlin Gerin NB400N de 300A Icu 30kA encargada de monitorear tensiones y corrientes de las cargas aguas abajo, en el momento cuenta con 5 cargas equipadas y 3 reservas no equipadas, en las cargas se encuentran un totalizador Merlin Gerin EZC100B de 60A para tablero de cabina de sonido, un totalizador Merlin Gerin EZC100B de 60A para tablero regulado hall, un totalizador Merlin Gerin EZC100B de 60A para tablero alumbrado auditorio, un totalizador Merlin Gerin EZC100B de 60A para tablero normal hall, un totalizador Merlin Gerin EZC100N de 100A para tablero alumbrado escenario auditorio.



Figura 25. Tablero TGA Auditorio la Convención  
Fuente: propia

Tabla 5.

*Corriente tablero TGA Auditorio la Convención.*

TABLERO TGA AUDITORIO LA CONVENCION				
PROTECCION	CORRIENTE (A)			TENSION F-F (V)
	R	S	T	
Merlin Gerin NB400N de 300A	72,4	36,6	97	204V

Fuente: propia

**Observaciones:** Se recomienda hacer un mantenimiento general al tablero ya que se encuentra con mucho polvo y material particulado y esto puede ocasionar fallas de aislamiento, daños en los equipos, pérdidas en la vida útil de los materiales, en los

espacios para las reserva no equipadas se recomienda tapar con tapones o tapas metálicas que se unan al frente muerto del tablero para seguridad de las personas.

El tablero se encuentra muy desbalanceado en cuanto a sus cargas y el consumo de corriente por fase al momento de la toma de las medidas, por lo cual se recomienda realizar un seguimiento más profundo y un mantenimiento general.

- **Tablero cabina de sonido:** viene alimentado del tablero TGA por medio del totalizador Merlin Gerin EZC100B de 60A el cual se encarga de alimentar todos los equipos de sonido para el auditorio la convención, el consumo de corriente esta adecuado para su alimentación principal y aun cuenta con capacidad para futuras ampliaciones o mejoras de sonido que se piensen realizar en el auditorio.



Figura 26. Tablero cabina de sonido  
Fuente: propia

Tabla 6.  
Corrientes tablero cabina de sonido.

TABLERO CABINA DE SONIDO				
PROTECCION	CORRIENTE (A)			TENSION F-F (V)
	R	S	T	
Merlin Gerin EZC100B de 60A	12,3	13	12,8	203V

Fuente: propia

- **Tablero Regulado Hall:** alimentado del tablero TGA por medio del totalizador Merlin Gerin EZC100B de 60A el cual se encarga de respaldar las cargas de equipos electrónicos como computadores, pantallas, etc. El consumo de corriente se encuentra dentro los estándares del totalizador principal.



Figura 27. Tablero Regulado Hall  
Fuente: propia

Tabla 7.  
Corrientes tablero regulado hall.

TABLERO REGULADO HALL				
PROTECCION	CORRIENTE (A)			TENSION F-F (V)
	R	S	T	
Merlin Gerin EZC100B de 60A	1,265	1,4	1,112	203V

Fuente: propia

**Observaciones:** se debe organizar la marcación según la norma de etiquetado RETIQ, ya que se encuentra con una marcación en cinta de enmascarar la cual no cumple con la norma.

- **Tablero Alumbrado Auditorio:** alimentado del tablero TGA por medio del totalizador Merlin Gerin EZC100B de 60A se encarga de manejar todo el sistema de iluminación del bloque 23 Auditorio la Convención excepto el alumbrado del escenario, la mayoría de la carga de iluminación es tipo LED por lo cual el consumo de corriente no es alto.



Figura 28. Corriente de tablero alumbrado auditorio  
Fuente: propia

- **Tablero Normal Hall:** alimentado del tablero TGA por medio del totalizador Merlin Gerin EZC100B de 60A y se encarga de manejar todo el sistema de fuerza del bloque 23 por medio de un tablero eléctrico trifásico de 18 circuitos sin espacio para totalizador de los cuales cuenta con 12 circuitos equipados y 6 circuitos no equipados para reserva. Se encuentra balanceado según las medidas de corriente tomadas por el equipo de medición.

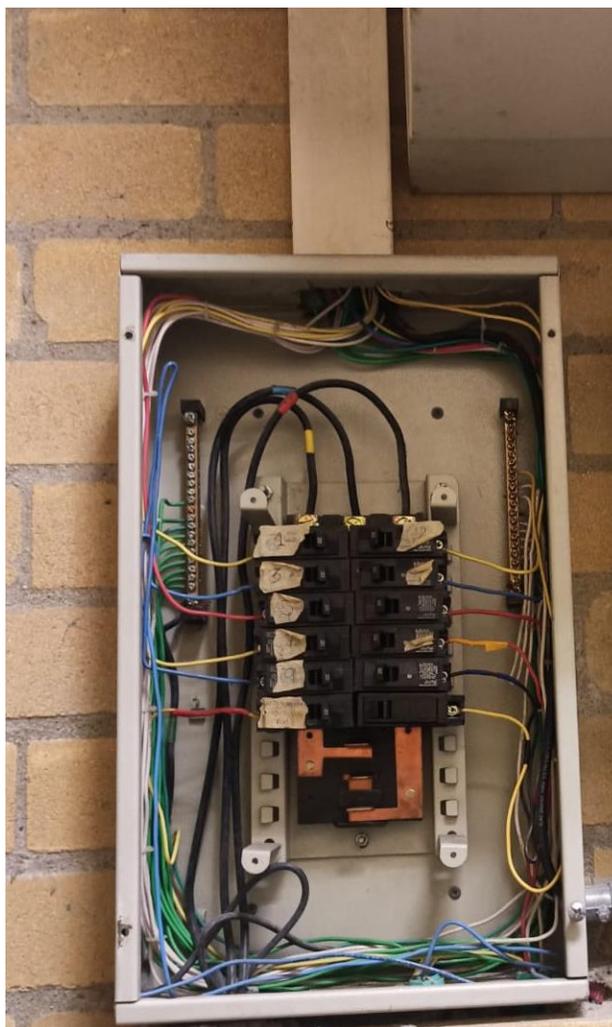


Figura 29. Tablero Normal Hall

Fuente: propia

Tabla 8.

*Corrientes tablero normal hall.*

TABLERO NORMAL HALL				
PROTECCION	CORRIENTE (A)			TENSION F-F (V)
	R	S	T	
Merlin Gerin EZC100B de 60A	1,73	1,232	1,449	204V

Fuente: propia

**Observaciones:** el tablero no tiene los circuitos debidamente identificados y marcados, por lo cual se tiene que identificar los circuitos uno por uno y hacer una

marcación correcta según la norma RETIQ, también se encuentra un circuito con el código de colores incorrecto por lo cual se le debe identificar con la cinta de color correspondiente a esa posición, le hace falta la marcación de franja naranja de 10cm a la canaleta que trae la acometida de dicho tablero para identificar que es una canalización eléctrica y por último se le debe hacer un mantenimiento preventivo general al tablero para eliminar el material particulado y ajustar conexiones eléctricas de los componentes del tablero.

- **Tablero Alumbrado Escenario Auditorio:** se encuentra alimentado por un totalizador Merlin Gerin EZC100N de 100 A, este tablero se encarga de manejar todo el sistema de alumbrado que se tiene en el escenario del auditorio como luces directas, indirectas, juegos de luces, control de luces, etc. Es totalmente independiente al resto del alumbrado ya que los componentes tienen otro tipo de características y funciones que son aptas para la instalación en un escenario de eventos.

Tabla 9.

*Corrientes tablero alumbrado escenario.*

<b>TABLERO ALUMBRADO ESCENARIO AUDITORIO</b>				
<b>PROTECCION</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>			<b>TENSION F-F (V)</b>
	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>	
Merlin Gerin EZC100B de 100A	62,1	61,4	62,2	201V

Fuente: propia



Figura 30. Corrientes tablero escenario auditorio

Fuente: propia

### **7.3 Recorrido en bloque 23 Auditorio la Convención.**

Durante las visitas programadas con los asesores asignados y el personal de mantenimiento de la universidad al auditorio la convención de la Institución Universitaria Pascual Bravo se hicieron pruebas y se intervinieron componentes de manera aleatoria y se encontraron las siguientes novedades:

- En algunas cajas de tomacorrientes se encuentran instaladas cajas PVC 2x4 con derivaciones esto implica que haya una mayor cantidad de cableado eléctrico pasando por la caja lo que ocupa la mayor parte de su espacio para luego hacer la instalación del aparato eléctrico. Se puede mirar la opción de realizar algún cambio a una caja PVC 4x4 para mejorar el tema del espacio de ocupación y el aparato no quede haciendo presión hacia afuera de la caja.



Figura 31. Tomacorrientes Auditorio

Fuente: propia

- Se encuentran algunos tomacorrientes y suiches de iluminación sueltos de las cajas eléctricas, ya sea porque se revientan los soportes de las cajas o porque con el tiempo y falta de mantenimiento se sueltan de la base.
- Falta por identificar algunos circuitos de energía regulada en el auditorio, se encuentran algunos tomacorrientes naranjas que pertenecen a la energía regulada sin etiquetar, esto dificulta un poco los trabajos a la hora de hacer un mantenimiento, modificación o reparación en el circuito.



Figura 32. Tomacorrientes sueltos o averiados  
Fuente: propia



Figura 33. Circuito energía regulada sin identificar  
Fuente: propia

- La iluminación de emergencia se encuentra en buen estado y bien ubicadas direccionando hacia la ruta de evacuación más cercana, con letreros de salida y luminarias tipo Mickey Mouse LED.



Figura 34. Iluminación de emergencia

Fuente: propia

- Se detecta falta de mantenimiento correctivo de la iluminación en el bloque 23 Auditorio la Convención, en algunos puntos se detectaron luminarias malas.
- El auditorio como tal cuenta con muy buena iluminación en cuanto al número de luminarias instaladas, su ubicación, potencia y tipo de luminaria garantizando la correcta distribución de iluminación que se requiere según el tipo de luz ambiente.



Figura 35. Falta de mantenimiento correctivo de iluminación  
Fuente: propia



Figura 36. Auditorio bien iluminado  
Fuente: propia

## **8. Conclusiones**

Podemos decir que después de realizado el estudio con la interpretación de planos y tomas de medidas eléctricas y puestas a prueba, el bloque 23 auditorio la convención de la Institución Universitaria Pascual Bravo son pocas las observaciones de mejoras y falencias que presenta, se espera que con esta auditoria energética se realicen los correctivos sugeridos y las mejoras propuestas para cumplir con las normas eléctricas vigentes y actualizadas para convertirse en un bloque modelo para la Universidad.

## **9. Recomendaciones**

Se debe corregir las instalaciones eléctricas donde se encontraron fallencias y se hicieron observaciones para cumplir con las normas eléctricas vigentes en Colombia.

Se debe realizar un mantenimiento programado a los aires acondicionados para solucionar el alto consumo de corriente eléctrica y tener un ahorro energético con su puesta a punto.

Se recomienda una actualización a los planos eléctricos que se tienen del Bloque 23 porque se han realizado modificaciones e instalaciones nuevas que en planos no aparecen.

Marcar los tableros eléctricos y colocar el diagrama unifilar y cuadro de cargas como lo recomienda el RETIE.

## 10. Referencias bibliografía

- Cardenas, S. C., & Pelaez, G. A. (julio-septiembre de 1987). Recuperado el 01 de 11 de 2021, de <http://repositorio.minciencias.gov.co/bitstream/handle/11146/1609/1987-V5-N3-Articulos->
- Carlos, U. R. (s.f.). *Universidad Rey Juan Carlos*. Recuperado el 01 de 11 de 2021, de <https://urjconline.atavist.com/spoc-cei-ii-m2-auditorias-energeticas>
- El Estudiante*. (s.f.). Recuperado el 01 de 11 de 2021, de <https://www.elestudiante.com.co/formato-normas-apa-word/>
- EPSON. (21 de 02 de 2017). *EPSON*. Recuperado el 01 de 11 de 2021, de <https://www.epson.es/insights/article/ventajas-de-una-auditoria-energetica-para-tu-empresa>
- Green, S. (27 de abril de 2016). *SensoryEnergy Green*. Recuperado el 01 de 11 de 2021, de <https://www.youtube.com/watch?v=mKVyBjY58kg>
- Junta de Castilla y Leon*. (s.f.). Recuperado el 01 de 11 de 2021, de [https://www.academia.edu/15454160/AUDITORIA\\_ENERG%C3%89TICA](https://www.academia.edu/15454160/AUDITORIA_ENERG%C3%89TICA)
- KANSAS CITY*. (s.f.). Obtenido de BPU : <https://bpu.com/espanol/Recursos/IniciativasVerdes/Qu%C3%A9esunaAuditor%C3%ADaEnerg%C3%A9tica.aspx>
- MaesWell*. (10 de 06 de 2017). Recuperado el 01 de 11 de 2021, de <https://app.maeswell.com/2017/06/analizador-de-redes-electricas/>
- Mercado Libre*. (s.f.). Recuperado el 01 de 11 de 2021, de [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-593534617-camara-termografica-perfectprime-ir0002-ir-infrarroja-y-luz-\\_JM#position=32&type=item&tracking\\_id=b156c1da-1984-45c5-b0f5-%20c9b2d8386b69](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-593534617-camara-termografica-perfectprime-ir0002-ir-infrarroja-y-luz-_JM#position=32&type=item&tracking_id=b156c1da-1984-45c5-b0f5-%20c9b2d8386b69)
- Normas APA*. (s.f.). Recuperado el 01 de 11 de 2021, de <https://www.normasapa.club/titulos-y-subtitulos-normas-apa/>
- Nueva ISO*. (14 de Septiembre de 2020). Obtenido de <https://www.nueva-iso-14001.com/2020/09/iso-50001-la-eficiencia-energetica/>

- PCE*. (s.f.). Recuperado el 01 de 11 de 2021, de [https://www.pce-instruments.com/colombia/instrumento-medida/medidor/analizador-de-redes-el\\_ctricas-kat\\_162757.htm](https://www.pce-instruments.com/colombia/instrumento-medida/medidor/analizador-de-redes-el_ctricas-kat_162757.htm)
- Salmeron, J. L. (Febrero de 2016). *OVACEN*. Recuperado el 01 de 11 de 2021, de <https://ovacen.com/auditorias-energeticas-definicion-ambito-actuacion-normativa/>
- Steren*. (s.f.). Recuperado el 01 de 11 de 2021, de <https://www.steren.com.co/medidor-digital-de-luminosidad-luxometro.html>
- TECPA. (03 de octubre de 2019). *TECPA*. Recuperado el 01 de 11 de 2021, de - <https://www.tecpa.es/ventajas-e-inconvenientes-de-una-auditoria-energetica-externa/>
- TransEquipos*. (s.f.). Obtenido de <https://transequipos.com/estudio-de-calidad-de-energia-y-potencia/>

## 11. Anexos

### Anexo A. Material para malla de la subestación

**Tabla 1. Carga fundente para uniones con soldadura exotérmica**

Elementos a unir	Tipo de unión	Carga fundente [g]
Cable No. 1/0 AWG – Cable No. 1/0 AWG	Paralelo horizontal	90
Cable No. 1/0 AWG – Cable No. 1/0 AWG	"T" horizontal	90
Cable No. 1/0 AWG – Varilla de 5/8"	Cable pasante a varilla 5/8"	90

g) En la Tabla 2 se relacionan las cantidades de materiales aproximadas, requeridas para el montaje de la malla en la subestación.

Archivo: IEB-611-08-020

**Tabla 2. Cantidades de materiales para la malla de la subestación**

Item	Descripción	Cantidad	Unidad
1.	Cable de cobre No. 1/0 AWG (*)	50	m
2.	Soldadura exotérmica de 90 g	18	Un
3.	Borna terminal de compresión de cobre estañado para cable No. 1/0 AWG	8	Un
4.	Varilla copperweld de 2,4 m x 5/8" o similar	4	Un
5.	Caja de inspección de 0,3 m x 0,3 m con tapa	1	Un
6.	Medición del sistema de puesta a tierra una vez instalado	1	Global

(\*) Esta cantidad no considera el cable necesario para unir la malla de puesta a tierra de la subestación eléctrica con el sistema de puesta a tierra del apantallamiento.

## 6. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La red primaria que alimenta la subestación de las instalaciones del proyecto, proviene de la subestación Horizonte perteneciente a Empresas Publicas de Medellín. De acuerdo con la información suministrada por el Operador de Red, se tiene la siguiente información técnica en el punto de conexión de la subestación.

**Tabla 3. Datos del circuito de alimentación a 13,2 kV**

Número del circuito	R31-06
Corriente de falla trifásica simétrica [kA]	4,10
Corriente de falla monofásica simétrica [kA]	2,90
Corriente de falla trifásica asimétrica [kA]	6,72
Corriente de falla monofásica asimétrica [kA]	4,78
Cable 350 kcm, XLPE, 15 kV, 133 % aislamiento [m]	1.090
Cable 266,8 kcm, ACSR [m]	949
Cable 4/0 AWG, ACSR [m]	834
Cable 1/0 AWG, ACSR [m]	126
Cable N° 4 [m]	143

En la Tabla 4 se presenta la información técnica del transformador que será instalado en la subestación.

Archivo: IEB-611-08-010

**Tabla 4. Características nominales del transformador**

Potencia [kVA]	Tensión primaria [V]	Tensión secundaria [V]
300	13.200	220 - 127

## Anexo C. Diseño de la malla de puesta a tierra de la subestación.

### 7. DISEÑO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

El diseño de la malla de puesta a tierra contempla la verificación de la distribución de corrientes a tierra, la selección del conductor, el cálculo de la resistencia de puesta a tierra y el análisis de las tensiones de contacto y de paso, producidas durante fallas a tierra.

#### 7.1 DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTES

En la Figura 4 se muestra el sistema modelado mediante el programa ATP, con el cual se obtiene la corriente que circularía por la malla de tierra en caso de una falla monofásica a tierra en el lado a 13,2 kV del transformador cuyo valor es cercano a 222,64 A, en consecuencia se obtiene un G.P.R. de 1.384,2 V. Para efectos del diseño de la malla, se considera un G.P.R. de 1.400 V.

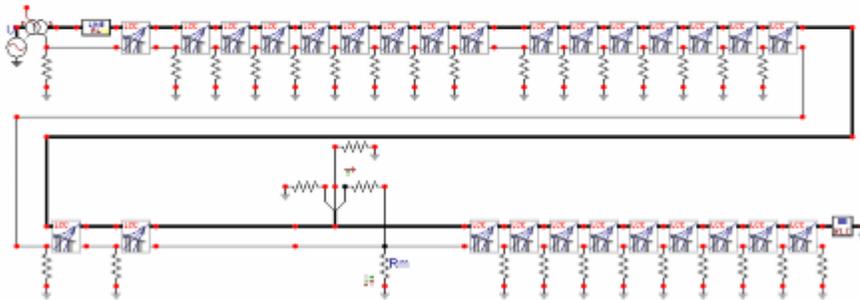


Figura 4. Sistema modelado para hallar la corriente por la malla

## Anexo D. Selección del conductor de la malla a tierra.

### **7.2 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA MALLA**

La máxima corriente que puede circular por la malla de puesta a tierra de la subestación se presenta ante una falla monofásica a tierra en el lado de baja tensión del transformador de 300 kVA. Para este evento, el valor de corriente de falla es cercano a 17,93 kA, considerando un valor de impedancia de cortocircuito de 4,0 % y considerando el equivalente de cortocircuito del sistema.

Teniendo en cuenta que las protecciones actúen en un tiempo inferior a 200 ms, tal como lo estima la norma ANSI/IEEE Std. 242 "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems" y dado que la distribución de la corriente por la malla se efectúa por las retículas, se seleccionó cable No. 1/0 AWG (sección mínima).

Para la conexión a tierra de los equipos, gabinetes y estructuras, es necesario emplear colas en cable de cobre No. 1/0 AWG.

En Tabla 5 se indica la máxima corriente de cortocircuito que pueden soportar los cables, las soldaduras y los conectores para las conexiones, para un tiempo de despeje de la falla de 200 ms.

**Tabla 5. Capacidad de corriente ante cortocircuitos para cable y conexiones**

Elemento	Temperatura máxima [°C]	Icc máxima [kA]
Cable de cobre No. 1/0 AWG	1.083	34,5
Soldadura exotérmica (No. 1/0 AWG)	400	25,7
Conectores (No. 1/0 AWG)	250	21,6

## Anexo E. Resistencia de puesta a tierra.

### 7.3 RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

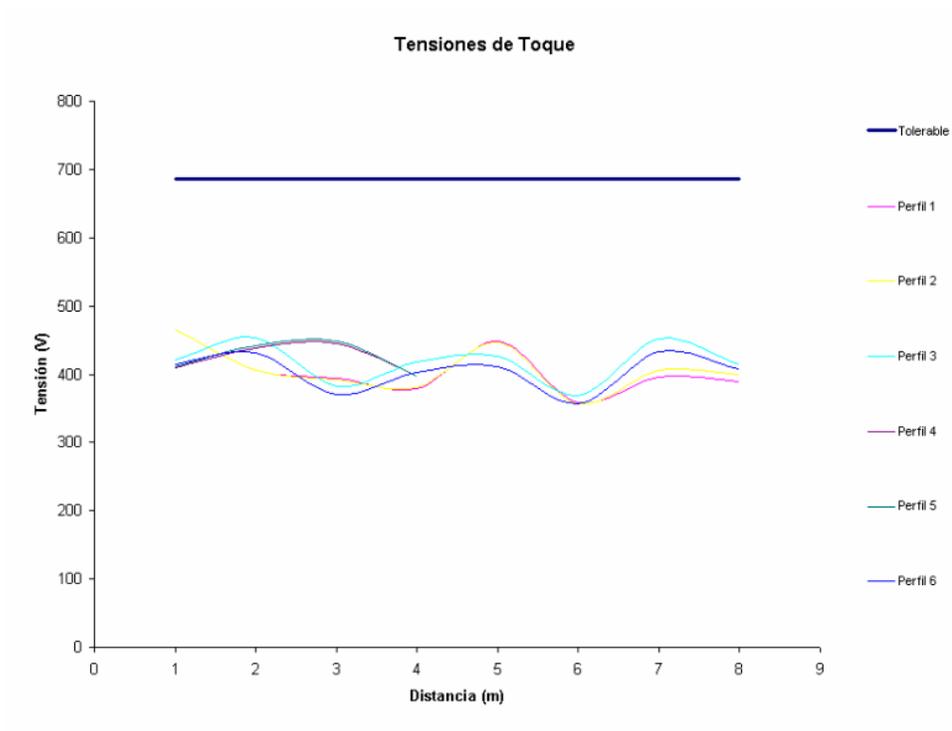
Para determinar la resistencia de puesta a tierra de la malla, se utilizó el programa "IEB-MALLAS", el cual hace uso del método de la matriz combinada de resistencia, el método integral para la evaluación de tensiones a lo largo de los segmentos de un conductor y el método de las imágenes para el modelamiento de las dos capas. En la Tabla 6 se muestran los datos de entrada al programa.

**Tabla 6. Datos de entrada del programa "IEB-MALLAS"**

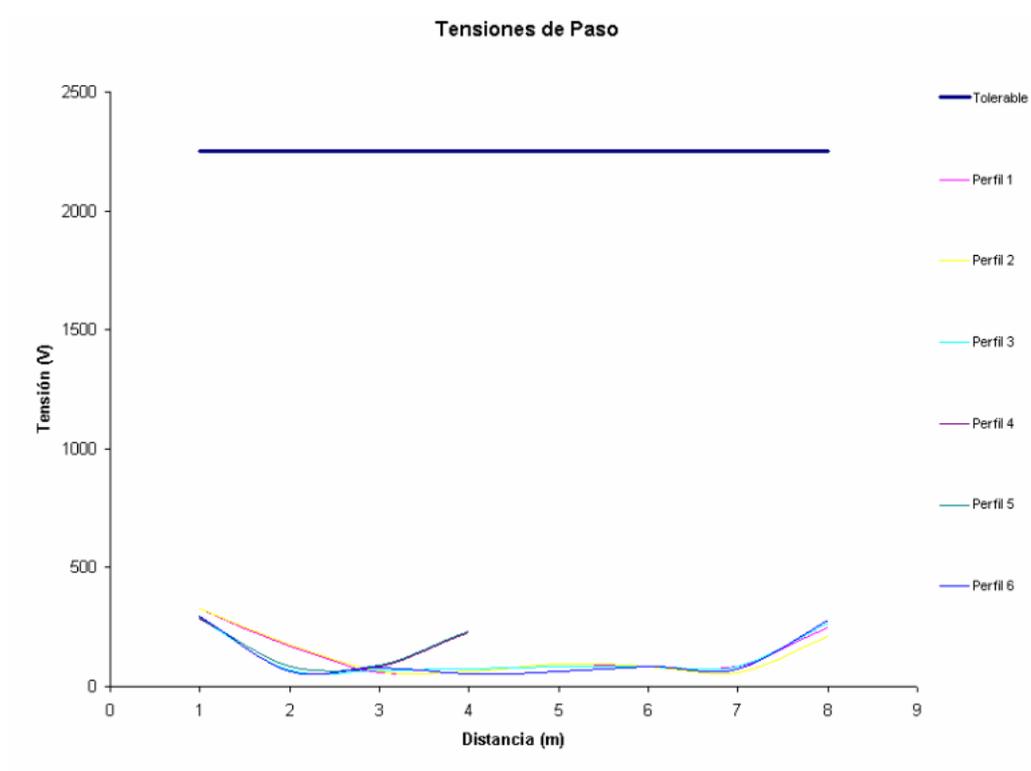
Magnitud	Valor
Resistividad capa superior del suelo [ $\Omega \cdot m$ ]	160,00
Resistividad capa inferior del suelo [ $\Omega \cdot m$ ]	44,71
Profundidad de la primera capa [m]	2,3
Resistividad de la capa de cascajo o concreto [ $\Omega \cdot m$ ]	3.000
Espesor de la capa de cascajo o concreto [m]	0,1
Profundidad de enterramiento de la malla [m]	0,5
GPR [V]	1.400
Tiempo de aclaración de la falla [s]	0,5
Radio del conductor [m]	0,00413
Número de varillas [Un]	4
Radio de la varilla [m]	0,008
Longitud de la varilla [m]	2,4

La resistencia del sistema de puesta a tierra determinada con el programa, es de 6,22  $\Omega$ , cuyo valor se considera adecuado y cumple con las recomendaciones del RETIE.

## Anexo F. Evaluación de tensión de toque de la malla a tierra.



## Anexo G. Evaluación tensiones de paso en la malla a tierra.

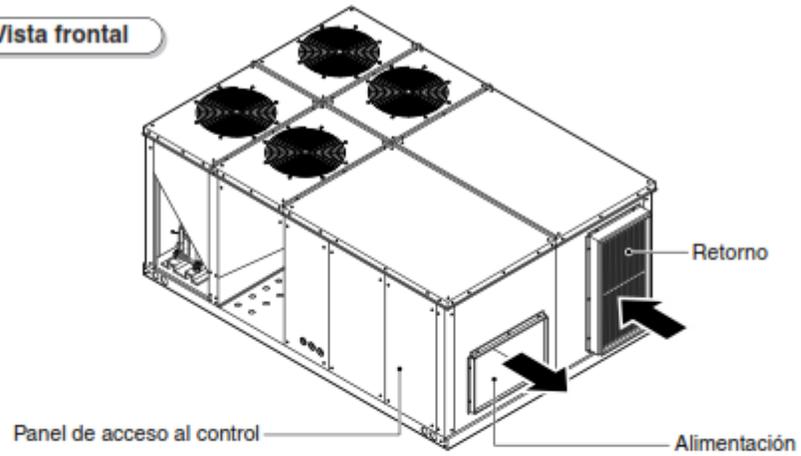




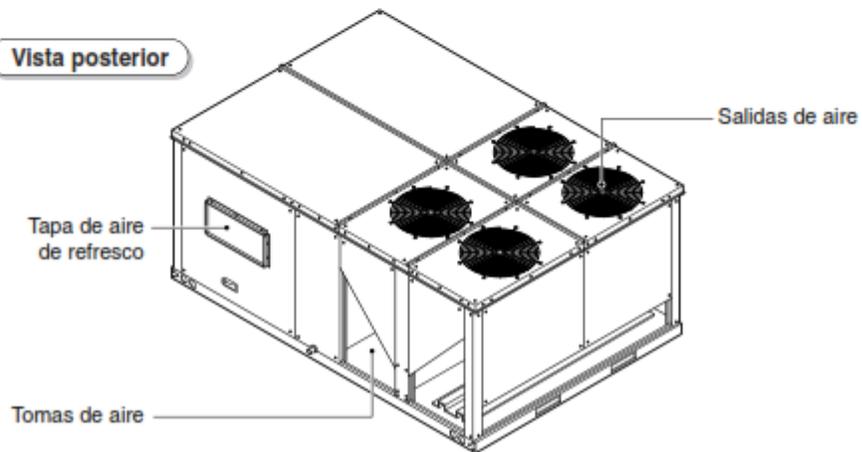
## Anexo I. Características Aire Acondicionado Auditorio.

### Características

Vista frontal



Vista posterior



Anexo J. Datos dimensionales del Aire Acondicionado.

## Datos dimensionales

Las unidades de refrigeración compactas están diseñadas para su montaje en el exterior con descarga de condensador vertical. Se pueden colocar a nivel del suelo o en el tejado. Cada unidad contiene una carga operativa de refrigerante 22 en el momento de su entrega.

### Dimensiones de la UNIDAD (Figura 1A)

Unidad: pulgadas(mm)

UNITS	6.25RT/7.5RT
A	42 <sup>13</sup> / <sub>32</sub> (1082)
B	43 <sup>11</sup> / <sub>16</sub> (1109)
C	64 <sup>9</sup> / <sub>16</sub> (1630)
D	42 <sup>17</sup> / <sub>32</sub> (1080)
E	7 <sup>5</sup> / <sub>16</sub> (185)
F	2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> (60)
G	2 <sup>15</sup> / <sub>16</sub> (70)

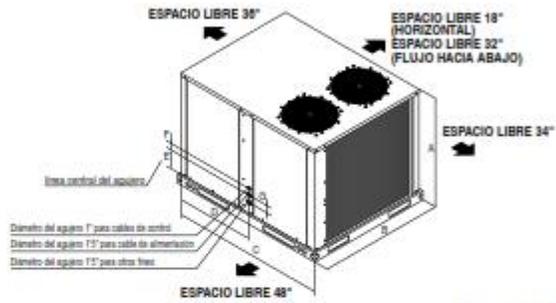


Figura 1A

### Unidad de aplicación horizontal (Figura 1B)

Unidad: pulgadas(mm)

UNITS	6.25RT/7.5RT
A	14 <sup>13</sup> / <sub>16</sub> (377)
B	9 <sup>4</sup> / <sub>16</sub> (235)
C	10 <sup>15</sup> / <sub>16</sub> (278)
D	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub> (62)
E	9 <sup>9</sup> / <sub>16</sub> (136)
F	22 <sup>9</sup> / <sub>16</sub> (700)
G	18 <sup>5</sup> / <sub>16</sub> (465)
H	4 <sup>11</sup> / <sub>32</sub> (110)

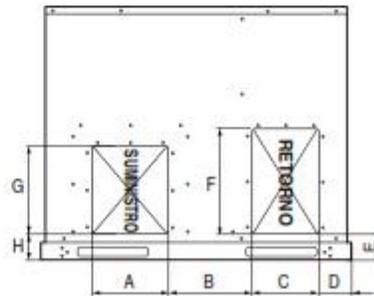


Figura 1B

## Anexo K. Conexiones eléctricas Aire Acondicionado.

---

### **Conexiones eléctricas**

Compruebe en la placa de características del aparato la tensión necesaria.  
Consulte las especificaciones de la aplicación.

Las conexiones eléctricas y la puesta a tierra se realizarán en cumplimiento con la normativa local y la última revisión de la Normativa Nacional de Electricidad Nacional.

#### **Energía Eléctrica**

Es importante que se disponga de la tensión eléctrica adecuada. La variación de tensión deberá encontrarse dentro de los límites especificados en la placa de características.

#### **Interruptor de Desconexión**

Disponga un desconectador homologado resistente al agua en el lateral de la unidad o en las proximidades.

#### **Protección contra Sobrecorriente**

El circuito derivado que alimenta la unidad se debe proteger tal y como se muestra en la placa de datos de la unidad.

#### **Cableado de Alimentación**

Las líneas de alimentación de electricidad transcurrirán por canales de cables homologados hasta la desconexión y en la parte inferior de la caja de control de la unidad. Incluya protección contra tirones con los conectores adecuados. Coloque soportes de canales flexibles si son necesarios siempre que la transmisión de vibraciones pueda ocasionar problemas de ruidos dentro de la estructura del edificio.

#### **Guía de Entrada de Alimentación**

**AVISO** : Se incluyen agujeros para conexiones de alta y baja tensión. No es necesario realizar nuevos agujeros en los paneles interiores o exteriores de la unidad. Si se realizan nuevos agujeros, el rendimiento se verá seriamente afectado, a menos que se vuelvan a sellar para que sean herméticos.

## Anexo L. Modo errores del Aire Acondicionado.

### Modo de error

- Cuando la unidad experimente un error, la LCD del mando a distancia mostrará el Modo de error, que indicará la causa de dicho error.
- Para devolver la unidad a su estado original, apague y encienda el interruptor de la unidad.

<b>Error Mode</b>	<b>Cause of Error</b>
CAN 01	Sensor de temperatura ambiente ABIERTO/CORTOCIRCUITADO
CAN 02	Sensor de temperatura del conducto interior ABIERTO/CORTOCIRCUITADO
CAN 03	Error de comunicación
CAN 04	Sensor del conducto exterior ABIERTO/CORTOCIRCUITADO
CAN 05	Sensor del cuarto exterior ABIERTO/CORTOCIRCUITADO
CAN 16	Un interruptor de Ciclo A de _ baja presión está abierto
CAN 17	Un interruptor del Ciclo B de _ baja presión está abierto
CAN 18	Un interruptor de Ciclo A de _ alta presión está abierto
CAN 19	Un interruptor del Ciclo B de _ alta presión está abierto
CAN 21	Error en la inversión de fase
CAN 22	Pérdida de fase

## Anexo M. Mantenimiento para A.A según fabricante.

### Mantenimiento realizado por el técnico - Sesión de enfriamiento

Para mantener su unidad funcionando con seguridad y de modo eficaz, el fabricante recomienda que un técnico cualificado compruebe todo el sistema al menos una vez al año, o con más frecuencia si las condiciones lo requieren. Su técnico puede examinar estas zonas del equipo:

1. Filtros	→ para limpieza
2. Motores y componentes del sistema de impulsión	
3. Bobinas del condensador	→ para limpieza
4. Controles de seguridad	→ para limpieza mecánica
5. Componentes eléctricos y cableado	→ para posible sustitución o tensión de conexión.
6. Drenaje de condensación	
7. Inspeccione las conexiones de los conductos de la unidad para asegurarse que están físicamente seguros y sellados a la caja de la unidad.	
8. Inspeccione el apoyo de montaje para ver si está seguro.	
9. Inspeccione la unidad para asegurarse de que no hay un deterioro obvio.	

### Mantenimiento realizado por el técnico - Sesión de calentamiento

Complete las inspecciones de la unidad y las rutinas de manejo descritas abajo al comienzo de cada sesión de calentamiento.



**ADVERTENCIA:** Para impedir lesiones graves o fatales debidas a descargas eléctricas por contacto con piezas móviles, cierre el interruptor de desconexión de la unidad en posición abierta antes de manejar la unidad.

Para impedir una explosión y posibles lesiones, muerte o daños en el equipo, no almacene materiales combustibles, gasolina u otros vapores o líquidos inflamables cerca de la unidad.

Inspeccione el cableado del panel de control para verificar que todas las conexiones eléctricas son correctas y el aislamiento de los hilos se halla intacto.