

**AUDITORÍA ENERGÉTICA BLOQUE 17**  
**(CIDES) – INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**KELLY FERNANDA OROZCO TAMAYO**  
**ANDRES FELIPE LOPEZ GOMEZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA**  
**MEDELLÍN**  
**2024**

**AUDITORÍA ENERGÉTICA BLOQUE 17**  
**(CIDES) – INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**KELLY FERNANDA OROZCO TAMAYO**

**ANDRES FELIPE LOPEZ GOMEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista**

**Asesor técnico**

**Jauder Alexander Ocampo Toro**

**Magíster en Gestión energética industrial**

**Asesor metodológico**

**José Ricardo Velasco Méndez**

**Doctor en Educación.**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**MEDELLÍN**

**2024**

## Contenido

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| 1. Planteamiento del problema   | 3           |
| 1.1 Descripción   | 3           |
| 1.2 Formulación   | 4           |
| 2. Justificación  | 5           |
| 3. Objetivos  | 6           |
| 3.1 Objetivo general  | 6           |
| 3.2 Objetivos específicos   | 6           |
| 4. Referentes teóricos  | 7           |
| 4.1 Eficiencia energética   | 7           |
| 4.2 Auditoría energética  | 7           |
| 4.3 Uso eficiente de la energía   | 8           |
| 4.4 Norma ISO 50002 del 2024 de auditoría energética                            | 9           |
| 5. Metodología  | 29          |
| 5.1 Tipo de proyecto  | 29          |
| 5.2 Método  | 29          |
| 5.3 Instrumentos de recolección de información.                                 | 32          |
| 6. Resultados   | 33          |
| 6.1 Presentación de proyecto  | 33          |
| 6.2 Descripción del proyecto  | 35          |
| 6.3 Descripción del sistema eléctrico actual                                    | 38          |
| 6.3.1 Diseño eléctrico y arquitectónico   | 38          |
| 6.3.2 Transformador 75 kVA  | 38          |
| 6.3.3 Tablero ML 440V   | 39          |
| 6.3.4 Tablero ML 220V   | 39          |
| 6.3.5 Tablero de circuitos  | 40          |
| 6.3.6 Compresor de Tornillo   | 42          |
| 6.4 Datos históricos del consumo energético                                     | 43          |
| 6.5 Inventario  | 45          |
| 6.6 Consumo energético general de la I.U Pascual Bravo                          | 46          |
| 6.7 Carga instalada   | 48          |
| 6.8 Registro histórico de operación del laboratorio CIDES                       | 49          |
| 6.9 Herramienta de medición   | 50          |
| 6.10 Calidad del consumo energético   | 53          |
| 6.10.1 Comportamiento de las tensiones en las líneas del sistema eléctrico      | 53          |
| 6.10.2 Comportamiento de las corrientes en las líneas del sistema eléctrico     | 54          |
| 6.10.3 Comportamiento de la potencia activa en las líneas del sistema eléctrico | 56          |

|   |    |
|---|----|
| 6.10.4 Comportamiento de la potencia reactiva en las líneas del sistema eléctrico                                 | 57 |
| 6.10.5 Comparación entre la potencia activa y reactiva total en las líneas del sistema eléctrico                  | 59 |
| 6.10.5 Comparación entre el factor de potencia entre cada línea VS factor de potencia total del sistema eléctrico | 60 |
| 6.11 Calidad del sistema de iluminación   | 61 |
| 6.12 Variables relevantes   | 65 |
| 7. Conclusiones   | 67 |
| 8. Recomendaciones  | 68 |
| 9. Referencias bibliográficas   | 72 |
| 10. Anexos  | 76 |

## Lista de figuras

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Figura 1. Diagrama de flujo para procesos de auditoría energética .....                               | 16          |
| Figura 2. Medidor Multifuncional.....   | 22          |
| Figura 3. Gateway de comunicación. ....   | 24          |
| Figura 4. Diagrama de interconexión del gateway.....  | 24          |
| Figura 5. Transformador de corriente de núcleo dividido.....  | 26          |
| Figura 6. Ubicación geográfica de la Institucion Universitaria Pascual Bravo.....                     | 35          |
| Figura 7. Ubicación del bloque dentro del campus universitario.....                                   | 35          |
| Figura 8. Planimetría del primer piso del bloque 17 .....   | 36          |
| Figura 9. Planimetría del segundo piso (aula de clase 201) del bloque 17 .....                        | 37          |
| Figura 10. Transformador 3Φ seco abierto de 75 kVA.....   | 39          |
| Figura 11. M.L T.S Taller de soldadura - 440V, 3Φ, 200 Amp.....                                       | 39          |
| Figura 12. M.L T.S Taller de soldadura - 220V, 3Φ, 200 Amp.....                                       | 39          |
| Figura 13. T.E.N.T.S Tablero de circuitos (taller de soldadura) - 220V, 3Φ, 100 Amp.....              | 40          |
| Figura 14. Ubicación del compresor de tornillo KAESER .....   | 42          |
| Figura 15. Encuesta de régimen de funcionamiento previo a la toma de datos .....                      | 44          |
| Figura 16. Registro histórico de facturación primer semestre del año 2024 .....                       | 47          |
| Figura 17. Importación y exportación del año 2024-1 .....   | 47          |
| Figura 18. Cuadro de cargas del bloque 17 - CIDES .....   | 49          |
| Figura 19. Registro de operación del bloque 17 en el mes de agosto del 2024 .....                     | 49          |
| Figura 20. Diagrama de conexión para el equipo de medida (medidor multifuncional).....                | 51          |
| Figura 21. REsultado final del prototipo del medidor multifuncional .....                             | 52          |
| Figura 22. Tensiones en las líneas del sistema eléctrico .....  | 53          |
| Figura 23. Corriente en las líneas del sistema eléctrico .....  | 55          |
| Figura 24. Potencia activa en las líneas del sistema eléctrico .....                                  | 57          |
| Figura 25. Potencia reactiva en las líneas del sistema eléctrico .....                                | 58          |
| Figura 26. Potencia activa total VS Potencia reactiva total en las líneas del sistema eléctrico ..... | 59          |
| Figura 27. Factor de potencia de cada línea VS factor de potencia general.....                        | 60          |
| Figura 28. Datos totales, maximos y minimos de las lecturas .....                                     | 61          |
| Figura 29. Diagrama causa-efecto de las variables relevantes .....                                    | 66          |

## Lista de tablas

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Tabla 1. Niveles de auditoría.....   | 14          |
| Tabla 2. Datos de placa del transformador.....   | 38          |
| Tabla 3. Distribución de cargas por circuitos.....                                       | 41          |
| Tabla 4. Datos de placa del compresor de tornillo.....                                   | 43          |
| Tabla 5. Inventario de máquinas y artefactos electrónicos existentes.....                | 45          |
| Tabla 6. Niveles de iluminación normativos.....  | 62          |
| Tabla 7. Alturas de la luminarias en los módulos y aulas desde el nivel del suelo.....   | 62          |
| Tabla 8. Alturas de la luminarias en los módulos y aulas desde el puesto de trabajo..... | 63          |
| Tabla 9. Registro de volúmenes medidos en el bloque 17.....                              | 643         |
| Tabla 10. Datos mínimos y máximos del sistema de iluminación en general.....             | 65          |

## Lista de anexos

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Anexo A. Encuesta de régimen de funcionamiento .....                                  | 77          |
| Anexo B. Historial de facturación.....  | 78          |
| Anexo C. Planimetría del bloque 17 - Distribución de módulos y aulas .....            | 79          |
| Anexo D. Planimetría del bloque 17 - Distribución de lámparas en módulos y aulas..... | 80          |
| Anexo E. Datos técnicos del sistema de iluminación.....                               | 81          |
| Anexo F. Datos de iluminación medidos en los puntos determinados de trabajo.....      | 82          |
| Anexo G. Reporte de datos entregados por el medidor multifuncional .....              | 83          |

## **Resumen**

### **AUDITORÍA ENERGÉTICA**

#### **BLOQUE 17 (CIDES) – INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**KELLY FERNANDA OROZCO TAMAYO**

**ANDRES FELIPE LOPEZ**

El presente estudio está enfocado en una auditoría energética detallada del bloque 17 de la I.U Pascual Bravo, utilizando una metodología de análisis de eficiencia energética aplicada a instalaciones industriales. El objetivo principal es evaluar el consumo energético de los equipos de soldadura y de la infraestructura eléctrica asociada para proponer mejoras en eficiencia, alineadas con los estándares internacionales de gestión de energía (ISO 50001 e ISO 50002).

Para el análisis, se realizaron mediciones directas de voltaje, corriente, potencia activa y reactiva en la acometida principal del bloque, mediante un medidor multifuncional y un gateway de comunicación compatible con Modbus RTU. Además, se inspeccionaron las variables de calidad de la energía, como el factor de potencia.

El análisis de cargas mostró que los equipos de soldadura, junto con los extractores de humo y el compresor de tornillos, representan la mayor proporción del consumo energético. Los resultados indican que el bloque 17 podría lograr una reducción significativa en los costos operativos y mejorar su sostenibilidad mediante la implementación de correcciones de factor de potencia, optimización en los ciclos de uso de los equipos y la incorporación de tecnologías de ahorro energético.

*Palabras clave:* Auditoría energética, eficiencia energética, ahorro energético, eficiencia energética.

## **Abstract**

### **ENERGY AUDIT IN BLOCK 17 (CIDES) INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**KELLY FERNANDA OROZCO TAMAYO**

**ANDRES FELIPE LOPEZ**

The present study is focused on a detailed energy audit of Block 17 of the I.U. Pascual Bravo, using an energy efficiency analysis methodology applied to industrial facilities. The main objective is to evaluate the energy consumption of the welding equipment and the associated electrical infrastructure in order to propose efficiency improvements, aligned with international energy management standards (ISO 50001 and ISO 50002).

For the analysis, direct measurements of voltage, current, active and reactive power were made on the main supply of the block, using a multifunctional meter and a Modbus RTU-compatible communication gateway. In addition, power quality variables, such as power factor, were inspected.

The load analysis showed that the welding equipment, together with the fume extractors and the screw compressor, account for the largest proportion of energy consumption. The results indicate that Block 17 could achieve a significant reduction in operating costs and improve its sustainability by implementing power factor corrections, optimizing equipment use cycles, and incorporating energy saving technologies.

*Keywords:* Energy audit, energy efficiency, energy savings, energy efficiency.

## Glosario

**Auditoría energética:** Es el “análisis sistemático del uso y consumo de la energía, con el fin de identificar, cuantificar e informar sobre las oportunidades para mejorar el desempeño energético” ISO 500002 (2014)

**Desempeño energético:** “Resultados medibles relacionados con eficiencia energética, uso y consumo de energía” ISO 500002 (2014).

**Balance energético:** “ Cuantificación de entradas y/o generación del suministro de energía frente a las salida de energía por el uso de la energía” ISO 500002 (2014).

**Eficiencia energética:** “Optimización del consumo energético para alcanzar nuevos niveles determinados de confort y de servicio” BBVA (2021.)

**Estructura tarifaria:** Es la identificación del costo por el tipo de servicio que se le cobra a los distintos usuarios finales, es decir es el resultado final de la tarifa por cada una de las etapas (producción, transmisión, distribución, comercialización y administración) que se factura al usuario mes a mes.

**Factor de potencia:** Es la eficiencia que tiene un sistema eléctrico en el momento en que la energía es transportada desde una fuente de alimentación hasta una carga determinada.

**Flujo de energía:** Descripción o mapeo de procesos para la transferencia o conservación de energía, dentro de un alcance de auditoría energética definido.

**Flujo luminoso (lm):** “Generación de radiación visible de una fuente luminosa por unidad de tiempo” RETILAP (2024)

**Iluminancia (lux):** “Densidad del área del flujo luminoso incidente en el punto de una superficie” RETILAP (2024)

**Índice de deslumbramiento unificado (UGR):** Indica el límite de hasta qué punto una luminaria provoca deslumbramiento y contaminación lumínica, a mayor valor es mayor la contaminación lumínica.

**Intensidad luminosa (cd):** “Flujo luminoso por unidad de ángulo sólido en la dirección en cuestión. Por lo tanto, es el flujo luminoso sobre una pequeña superficie centrada y normal a esa dirección, dividido por el ángulo sólido (en estereorradianes) el cual es subtendido por la superficie en la fuente” RETILAP (2024)

**Luminaria:** “Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz transmitida desde al menos una fuente de radiación óptica y que incluye, excepto las propias fuentes, todas las partes necesarias para la fijación y protección de las fuentes y, cuando es necesario, los circuitos auxiliares junto con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación” RETILAP (2024)

**Luminancia (cd/cm<sup>2</sup>):** Está considerado como “ la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada” RETILAP (2024).

**Deslumbramiento:** “Sensación producida por luminancias dentro del campo visual que son suficientemente mayores que la luminancia a la que los ojos están adaptados para causar molestia, incomodidad o pérdida de rendimiento visual o de visibilidad. Existen dos tipos de deslumbramiento, molesto o discapacitante” RETILAP (2024)

**Operador de red:** Es la entidad encargada de planificar, supervisar y gestionar los sistemas de redes eléctricas en el territorio, garantizando la expansión, inversiones, operación y mantenimiento del sistema eléctrico hasta el usuario final. Es la encargada de ofrecer los puntos de conexión de suministro eléctrico a los usuarios finales.

**Uso de energía:** Forma o tipo de aplicación de energía. Ejemplo: ventilación, iluminación, climatización, etc.

**Potencia activa (W):** Es la potencia útil encargada de accionar un motor, dispositivo eléctrico y/o genera luz.

**Potencia aparente (VA):** Es la potencia que se compone de la potencia activa y reactiva, es la potencia total existente en una red, independientemente si es utilizada o no.

**Potencia instalada:** Es la sumatoria de las cargas conectadas tanto continuas como no continuas, en una instalación eléctrica de uso final, es decir, es la potencia nominal ya sea de una central de generación, subestación, línea de transmisión y/o circuito de la red de distribución.

**Potencia máxima:** Es la potencia límite para la cual fue diseñada una máquina, lo que hace referencia a que su funcionamiento sea correcto siempre y cuando esté bajo las condiciones específicas.

**Potencia reactiva (VAr):** Es la potencia que circula de un lado a otro en la red pero que no realiza ningún trabajo mecánico, y es generada por cargas inductivas y capacitivas.

**Rendimiento luminoso (lm/W):** También es conocido como eficiencia luminosa, y es la relación entre el flujo luminoso y la potencia de la luminaria, y está determinada por la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{lm}{W} \quad (1)$$

**Uniformidad:** Se encarga de medir la calidad en la distribución de la iluminación en un área determinada, su fórmula es:

$$Uniformidad = \frac{Iluminancia\ mínima}{Iluminancia\ media} \quad (2) \quad (RETILAP, 2014)$$

**Variable relevante:** Es el parámetro que impacta el consumo de energía. Por ejemplo: Producción, temperatura ambiental, horario de funcionamiento, etc.

## **Introducción**

El presente trabajo de grado realizado por estudiantes de ingeniería eléctrica se encuentra basado técnicamente en la implementación de un estudio de eficiencia energética, más conocido como auditoría energética, que será llevada a cabo en el bloque 17 (CIDES) de la Institución Universitaria Pascual Bravo de la ciudad de Medellín (Colombia), debido a que es el proceso de calidad de gran importancia que debe ser implementado dentro de los distintos espacios; pues este tema ha cobrado sentido en los últimos años, como parte fundamental de la conservación del medio ambiente, calidad y desempeño de la red eléctrica.

La realización de esta auditoría energética busca evaluar y mejorar la eficiencia energética de la instalación eléctrica donde están ubicados los equipos de soldadura. Con el propósito de identificar oportunidades de ahorro y optimización, se plantea la implementación de un análisis exhaustivo mediante un analizador de redes e historial de datos; adicional con este análisis no solo busca determinar la calidad de la energía, sino también proporcionar analizar cuál es el uso operativo que se le está dando a las máquinas mediante una base de datos de cada uno de los equipos siguiendo unos parámetros principales a evaluar tales como: Distorsión armónica total (THD), factor de potencia, niveles de tensión, transitorios y sobretensiones, flicker (Parpadeo), eventos de interrupción, análisis de cargas, etc.

Por lo anterior los estudiantes realizan este estudio dado que se crea una necesidad de realizar un estudio de los parámetros eléctricos en cada una de las máquinas, protecciones y acometida que hacen parte del bloque, puesto que allí se tienen máquinas de soldadura las cuales técnicamente tiene un alto consumo de energía y a su vez también generan pérdidas de la misma, que afectan la calidad y desempeño de las máquinas y también eleva el costo de la misma, y así poder verificar la eficiencia total en el consumo.

Inicialmente este documento contiene el planteamiento del problema con su respectiva formulación, se determinan las limitaciones espaciales y temporales para el mismo de

acuerdo con el alcance que se desea alcanzar con la implementación de esta auditoría, luego de analizar el problema de la investigación se plasma el marco teórico donde se mencionan los procesos requeridos para llevar a cabo una auditoría energética.

## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1 Descripción**

El estudio eficiente de consumo energético dentro de una instalación permite identificar los componentes que podrían afectar la calidad operacional de la misma hasta el punto de afectar también el desempeño técnico, ambiental y económico, por lo tanto, la auditoría es la actividad que se enfoca en evaluar de manera detallada y exhaustiva las características de todos los elementos que componen el sistema eléctrico de una zona determinada.

Por lo anterior en el bloque 17 de la Institución Universitarias Pascual Bravo, correspondiente al Centro de Investigación y Desarrollo en Soldadura – CIDES, que está situado en la zona nororiente de la Institución Universitaria Pascual Bravo existen diferentes equipos de soldadura, que operan desde hace ya muchos años, estos equipos operan con electricidad, sin embargo a estos diferentes equipos se les va a realizar una auditoría energética para identificar cuál de ellos se encuentra en estado óptimo de funcionamiento y cuáles deben ser reemplazados o intervenidos para reducir el costo de la energía, estimular la calidad impecable de los procesos y reducir la contaminación al medio ambiente.

Teniendo en cuenta dicho problema se entiende que el lugar requiere de dicha inspección la realización de la auditoría energética, dado que, resulta ser de mucha utilidad para poder identificar las falencias desde el aspecto técnico y normativo, procesos que desencadenan en propuestas para la normalización de la instalación con el fin de que esta no impacte de manera negativa dentro de demás redes que hacen parte de la universidad en su totalidad, se disminuya el consumo de energía y se promuevan planes de ahorro.

## **1.2 Formulación**

¿Cómo optimizar la eficiencia energética en el bloque 17 del Centro de Investigación y Desarrollo en Soldadura (CIDES), mediante la ejecución de una auditoría energética considerando tanto el rendimiento de las máquinas como los sistemas de iluminación y ventilación, para la reducción en el consumo de energía y los costos operativos?

## 2. Justificación

El desarrollo de una auditoría en el bloque CIDES, es justificado por diversas razones: En primer lugar, debido a que es un bloque que posee máquinas de soldaduras lo que conlleva a un proceso que requiere un consumo significativo de energía, tanto eléctrica como térmica, lo cual puede representar una parte considerable de los costos operativos del bloque. Mediante la auditoría, era posible identificar puntos de ineficiencia y oportunidades de mejora para reducir este consumo y, por ende, los costos asociados.

Además, la eficiencia energética no solo se traduce en ahorro económico, sino también en beneficios ambientales, pues al reducir el consumo de energía, se disminuye la huella de carbono del bloque y se contribuye a la sostenibilidad ambiental, algo cada vez más valorado por la población estudiantil en general.

Otro aspecto relevante es la optimización del rendimiento de las máquinas de soldadura, dado que con esta auditoría se puede identificar posibles problemas de funcionamiento, ajustes necesarios o incluso la necesidad de actualizar equipos obsoletos por versiones más eficientes y modernas, lo que no solo mejora la eficiencia energética, sino también la calidad y seguridad de los procesos de soldadura que son llevados a cabo por estudiantes y docentes.

En resumen, este estudio es esencial para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos, minimizar el impacto ambiental y garantizar la calidad y seguridad de procesos, lo que contribuye al éxito a largo plazo del bloque en un espacio de aprendizaje más competitivo y consciente con el medio ambiente.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Efectuar una auditoría energética que determine oportunidades de eficiencia y ahorro mediante un medidor de energía el cual recolecta datos y se compartirá datos a través de un Gateway, que permitirá monitorear constantemente el bloque 17 (CIDES) de la I.U Pascual Bravo.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Realizar visita al bloque 17 inspeccionando las placas de los equipos instalados para el levantamiento del aforo de cargas.

Establecer un montaje de analizador de red con conexión a la red Wi-Fi mediante el uso de medidor multifuncional para la toma de evidencias del comportamiento de los equipos de manera periódica.

Registrar la entrega del informe de auditoría de manera digital y apoyada en bases de datos para la adquisición de los resultados en tiempo real.

## 4. Referentes teóricos

Este marco está compuesto por el conjunto de enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes que se consideran válidos para el enmarque correcto de la investigación o estudio que se pretende efectuar.

### 4.1 Eficiencia energética

Según el Ministerio de Minas y Energías de Colombia (2016), la eficiencia energética es “ La relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, que busca ser maximizada a través de buenas prácticas de reconversión tecnológica o sustitución de combustibles”. Por lo anterior se dice que la eficiencia energética busca maximizar el aprovechamiento de la energía, ya sea, a partir de una fuente de energía primaria o de durante cualquier proceso de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de diversas formas de energía. Esto se realiza dentro de un marco de desarrollo sostenible y cumpliendo con las normas ambientales y recursos naturales renovables vigentes como lo es la ley 1715 de 2014.

### ○ 4.2 Auditoría energética

Una auditoría energética, de acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Minas y Energía de Colombia y normativas como la CREG (Comisión de regulación de energía y gas...) y RETIQ (Reglamento técnico de Etiquetado), “Es un procedimiento técnico y sistemático que permite evaluar el uso de la energía en una instalación para identificar ineficiencias y proponer acciones de mejora. Este proceso incluye el análisis de datos de consumo energético, verificación de rendimiento de equipos y sistemas, y la implementación de medidas de ahorro y eficiencia energética, alineadas con la norma vigente y orientadas a reducir el impacto ambiental y los costos de operación” MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (2016).

### 4.3 Uso eficiente de la energía

El uso eficiente de la energía se refiere a la optimización en el consumo energético para obtener los mismos resultados en términos de producción y confort, pero utilizando una menor cantidad de recursos energéticos. Este concepto es fundamental en la búsqueda de un desarrollo sostenible, ya que contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a la disminución de los costos energéticos y al aprovechamiento responsable de los recursos naturales.

La eficiencia energética abarca diferentes actividades y sectores, tales como la producción, el transporte, la distribución y el consumo de energía en sectores como la industria, el comercio, el transporte y el residencial. Según la Ley 1715 de 2014, la eficiencia energética tiene como objetivo “obtener el mayor provecho de la energía, tanto en su forma primaria como en cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo” (Ley 1715 de 2014).

La importancia del uso eficiente de la energía ha llevado a la implementación de programas y normativas. En Colombia, el Ministerio de Minas y Energía, a través de la CREG y RETIQ, ha impulsado la adopción de prácticas eficientes y sostenibles en el consumo de energía mediante medidas regulatorias y de incentivo, como el Programa de Etiquetado de Eficiencia Energética. Este programa permite a los consumidores identificar equipos que cumplen con criterios de eficiencia energética, promoviendo decisiones de compra informadas (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2016).

A nivel global, la Agencia Internacional de Energía (IEA) también ha reconocido el papel de la eficiencia energética en la mitigación del cambio climático, destacando que el ahorro de energía a través de prácticas eficientes es una de las estrategias más efectivas y económicas para reducir las emisiones de carbono. La IEA subraya la importancia de combinar políticas públicas con tecnología y cambio de comportamiento para maximizar el impacto positivo de la eficiencia energética en los sectores industrial y residencial (International Energy Agency, 2020).

#### 4.4 Norma ISO 50002 del 2024 de auditoría energética

La norma ISO 50002:2024 es una actualización de la norma ISO 50002, que proporciona lineamientos específicos para la realización de auditorías energéticas. Estas auditorías son un elemento clave en la gestión eficiente de la energía dentro de una organización, ya que permiten identificar oportunidades de mejora, reducir costos y minimizar el impacto ambiental de las operaciones. La ISO 50002:2024 está alineada con la familia de normas ISO 50000 sobre gestión de la energía y constituye una herramienta esencial para cualquier organización que aspire a optimizar su consumo energético de forma estructurada y eficaz.

ISO 50002:2024 establece los principios, los requisitos y el proceso para realizar auditorías energéticas, detallando cómo recolectar, analizar y documentar los datos sobre consumo y uso de energía de manera precisa y confiable. Según la norma, una auditoría energética eficaz debe ser **metodológica, cuantitativa y reproducible** y debe proporcionar una base sólida para la toma de decisiones (ISO, 2024). La norma enfatiza la importancia de contar con personal competente y calificado para realizar auditorías que cumplan con los estándares internacionales y logren identificar las áreas de mayor potencial de ahorro energético dentro de la organización.

La aplicación de ISO 50002:2024 permite a las organizaciones identificar tanto los usos significativos de la energía como las ineficiencias en sus sistemas, procesos y equipos, permitiendo establecer un plan de acción para mejorar el desempeño energético. A través de esta norma, las auditorías energéticas se convierten en un proceso fundamental dentro de la gestión de la energía, al ofrecer recomendaciones basadas en evidencia y diseñadas para optimizar el consumo energético en el corto y largo plazo (ISO, 2024).

La norma también destaca la relación entre las auditorías energéticas y los sistemas de gestión de la energía, específicamente con ISO 50001, en el sentido de que una auditoría bien ejecutada contribuye al éxito de un sistema de gestión de energía, facilitando el monitoreo y la mejora continua del desempeño energético. De esta manera, ISO

50002:2024 respalda a las organizaciones no solo en la reducción de costos energéticos, sino también en el cumplimiento de regulaciones y en el logro de sus metas ambientales (ISO, 2024).

#### **4.5 Conservación energética**

La conservación de la energía es un principio fundamental en la gestión de recursos naturales y la sostenibilidad ambiental. Se refiere a la práctica de reducir el consumo energético mediante la adopción de tecnologías eficientes, el mejoramiento de procesos y el cambio de comportamiento de los usuarios. Este concepto se centra en minimizar el uso innecesario de energía, preservando los recursos y reduciendo el impacto ambiental, lo que a su vez contribuye a mitigar el cambio climático y a reducir los costos operativos de las organizaciones (International Energy Agency, 2020).

La conservación de la energía implica no sólo la reducción del consumo, sino también el aprovechamiento de las fuentes energéticas de forma óptima y sostenible. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), la eficiencia y la conservación energética son herramientas clave para alcanzar los objetivos globales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La IEA subraya que el ahorro energético puede lograrse tanto mediante la mejora de la eficiencia de equipos y sistemas como a través de la modificación de prácticas de consumo, lo cual reduce el uso de energía sin afectar la productividad ni la calidad de vida (International Energy Agency, 2020).

La legislación también juega un papel importante en la conservación de la energía. En países como Colombia, la Ley 1715 de 2014 promueve la eficiencia y la sostenibilidad energética a través de incentivos y regulaciones que fomentan la adopción de tecnologías más eficientes en distintos sectores económicos, así como en la sociedad en general. Estos marcos normativos contribuyen a una mayor conciencia en torno a la importancia de la conservación de la energía y a la adopción de prácticas sostenibles (Ley 1715 de 2014).

Desde una perspectiva teórica, la conservación de la energía se basa en el enfoque de la sostenibilidad, que busca satisfacer las necesidades presentes sin comprometer los

recursos para generaciones futuras. El modelo de conservación energética propone el uso de tecnologías de bajo consumo, la aplicación de auditorías energéticas y el análisis de los patrones de consumo como estrategias para identificar áreas de mejora y reducir el uso de recursos energéticos en industrias, edificios y hogares (ISO, 2019). A nivel organizacional, la implementación de sistemas de gestión de la energía, como los que se establecen en la norma ISO 50001, permite una mejora continua en el uso eficiente de la energía, promoviendo la conservación como un elemento central en el desempeño ambiental (ISO, 2019).

#### **4.6 Ahorro energético**

El ahorro energético se refiere a la reducción del consumo de energía a través de la utilización eficiente de los recursos y la implementación de tecnologías más sostenibles. Este concepto es crucial en la actualidad, dado el aumento de la demanda energética y las preocupaciones ambientales asociadas con el uso excesivo de combustibles fósiles. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2020), el ahorro energético no solo contribuye a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también promueve la sostenibilidad económica y social al reducir los costos energéticos.

El ahorro energético puede lograrse mediante diversas estrategias, que incluyen la mejora de la eficiencia energética en edificaciones, la promoción de tecnologías limpias, y la educación y concienciación de los usuarios sobre prácticas de consumo responsable (International Energy Agency [IEA], 2021). La implementación de políticas públicas que incentiven la inversión en infraestructura sostenible y en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías también es fundamental para fomentar el ahorro energético en diferentes sectores (World Resources Institute [WRI], 2019).

#### **4.7 Desarrollo sustentable**

El desarrollo sustentable en Colombia se encuentra íntimamente ligado a la calidad y eficiencia energética, elementos esenciales para enfrentar los desafíos ambientales y sociales del país. La eficiencia energética implica el uso óptimo de la energía para lograr el mismo nivel de confort y producción, lo que no solo reduce el consumo energético, sino que también disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2019). Dada la creciente demanda de energía en el país, mejorar la eficiencia en su uso se presenta como una estrategia clave para lograr un desarrollo sostenible.

Colombia ha avanzado en la implementación de políticas y normativas que promueven la eficiencia energética. La Ley 1715 de 2014 establece un marco regulatorio para la integración de energías renovables en la matriz energética nacional y fomenta el uso eficiente de la energía (Congreso de la República de Colombia, 2014). Esta ley busca incentivar la inversión en tecnologías que mejoren la eficiencia y la calidad energética, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y económica.

Además, el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 establece objetivos claros para mejorar la calidad de la energía y fomentar prácticas sostenibles en el sector energético, alineándose con los compromisos internacionales de Colombia respecto al cambio climático y el desarrollo sostenible (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2019). La promoción de programas de educación y concienciación sobre el uso eficiente de la energía es fundamental para asegurar la participación activa de la ciudadanía en la transición hacia un modelo energético más sustentable.

#### **4.8 Auditor energético**

Un auditor energético es un profesional especializado en evaluar el uso de la energía en organizaciones, con el propósito de identificar oportunidades para mejorar la eficiencia energética y reducir costos. Este rol es esencial en un contexto donde la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono son prioritarias para empresas e instituciones. Los auditores energéticos aplican su conocimiento técnico y analítico para llevar a cabo un diagnóstico detallado del consumo de energía y proponer medidas de optimización (U.S. Department of Energy, 2020).

El proceso de auditoría energética implica una serie de pasos que incluyen la recopilación de datos sobre el consumo energético, la revisión de los sistemas y procesos existentes, y la identificación de ineficiencias. Los auditores deben estar familiarizados con normativas y estándares relevantes, como la ISO 50001, que establece un marco para la gestión de la energía en organizaciones (International Organization for Standardization [ISO], 2018). Este conocimiento les permite ofrecer recomendaciones prácticas y efectivas que no solo buscan la reducción del consumo energético, sino que también contribuyen a la sostenibilidad ambiental.

Además, los auditores energéticos deben poseer habilidades de comunicación y gestión de proyectos, ya que a menudo trabajan en equipos multidisciplinarios y deben presentar sus hallazgos y recomendaciones a diferentes partes interesadas. La capacidad de convencer y educar sobre la importancia de la eficiencia energética es crucial para implementar cambios significativos en la organización (World Resources Institute [WRI], 2019).

#### 4.9 Niveles de auditoría

Dependiendo del tipo de necesidad que posea el cliente, se puede seleccionar entre uno o más niveles de evolución como una base para la determinación del alcance y el nivel de detalle de la auditoría, pues estos niveles son requisitos absolutos.

La norma ISO 50002 establece una guía para la realización de auditorías energéticas, definiendo distintos niveles de auditoría que permiten a las organizaciones identificar oportunidades de mejora en la eficiencia energética de manera progresiva y adaptada a sus necesidades específicas. Estos niveles, conocidos como *niveles de detalle de auditoría*, están diseñados para proporcionar un análisis desde una revisión básica hasta una evaluación exhaustiva de los sistemas energéticos de la organización (International Organization for Standardization [ISO], 2014). La tabla 1 describe los criterios importantes de cada nivel de auditoría tomado de la norma ISO 50002 del 2014.

La aplicación de estos niveles permite a las empresas implementar mejoras de manera gradual, gestionando sus recursos de forma más efectiva y cumpliendo con objetivos de sostenibilidad y eficiencia. De esta forma, la norma ISO 50002 se convierte en una herramienta fundamental para la gestión energética sistemática y la mejora continua en las organizaciones.

Tabla 1  
Niveles de auditoría

| NIVEL | DESCRIPCIÓN   |
|-------|---|
| 1     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Dirigido a organizaciones pequeñas y medianas</li> <li>● Requiere visita al sitio para realizar inspección visual</li> <li>● Incluye evaluación de los datos energéticos generales para el análisis del uso y los patrones de energía.</li> <li>● Identifica oportunidades sin costo y de bajo costo para mejoras del rendimiento energético.</li> </ul>   |
| 2     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Auditoría detallada</li> <li>● Cuantifica el consumo de energía a través de una revisión y análisis más detallado de los equipos sistemas y características operativas.</li> <li>● Mediciones y pruebas en el sitio.</li> </ul>  |
| 3     | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Auditoría integral para cuantificar los gastos de capital que se realiza después de una auditoría de nivel 1 o nivel 2.</li> <li>● Auditoría detallada para cuantificar el consumo a través de una revisión y análisis más exhaustivo de los equipos, sistemas, características operativas.</li> <li>● Mediciones en el sitio.</li> <li>● Monitoreo del sitio durante un determinado periodo extenso para la toma de diversas condiciones de operación.</li> </ul> |

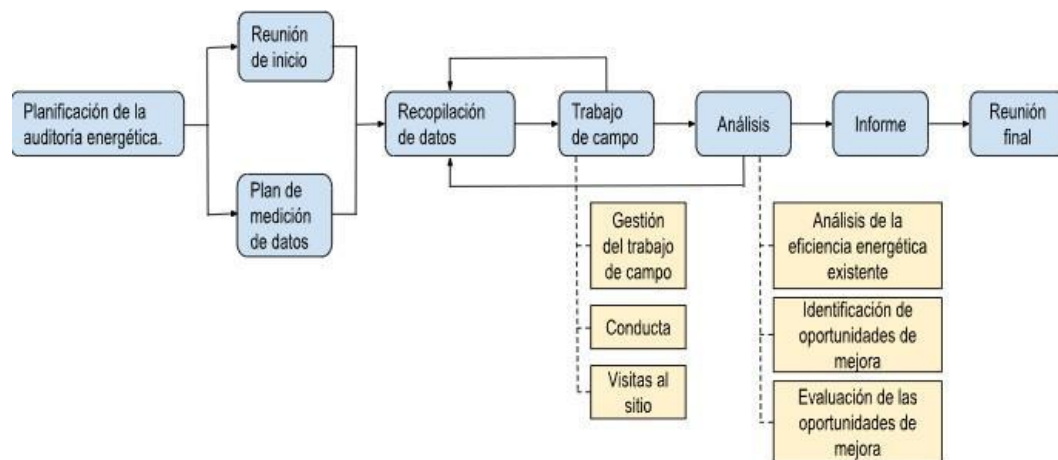
Fuente: (ISO 50002:2014 - Auditorías Energéticas)

#### 4.10 Etapas del proceso de una auditoría energética

Durante el inicio de la auditoría, es necesario tener en cuenta la definición del alcance, los límites (hasta donde y que se va a cubrir con la auditoría), y los objetivos (a dónde quiere llegar el propietario con el desarrollo de la auditoría), el nivel de detalle (que nivel va a tener la auditoría), procedimiento para la consideración del alcance de la auditoría,

solicitar el inicio de los mecanismos de comunicación interna de la organización para informar a la parte implicada sobre el desarrollo de la inspección técnica para la recopilación de los datos y la definición de la documentación disponible (diagrama unifilar, listado de máquinas, censo de carga, data histórica de los principales servicios y variables relevantes en el tiempo de evaluación, etc.).

Por lo anterior, la norma ISO 50002 describe un proceso estructurado para realizar auditorías energéticas, con el objetivo de evaluar el uso de la energía en una organización y descubrir oportunidades de mejora en la eficiencia energética. Este proceso se divide en varias etapas fundamentales que aseguran un análisis completo y efectivo (International Organization for Standardization [ISO], 2014).



*Figura 1.* Diagrama de flujo para procesos de auditoría energética

Fuente. ISO 50002:2014 Energy audits — Requirements with guidance for use. For International Organization for Standardization (ISO), 2018. Derechos de autor 2014.

A continuación, se detalla cada una de las fases del desarrollo de la auditoría energética:

#### 4.10.1 Planificación:

En esta etapa se deben conocer los aspectos tales como:

- Recursos necesarios de los cuales se deben disponer para llevar a cabo la auditoría.

- Identificar el área en el cual se va a implementar el área y analizar sus variables técnicas.
- Identificar el recurso humano que se va a emplear.
- Analizar los tiempos de operación del personal a cargo del laboratorio.
- Identificar el tipo de información previa que debe brindar el cliente.
- Identificar el tiempo para llevar a cabo la auditoría.

#### **4.10.2 Medición o toma de datos:**

En esta etapa se debe realizar el estudio de todos los datos brindados por el personal encargado del laboratorio (cliente), realiza un estudio previo de ellos teniendo en cuenta:

- Identificar el punto de suministro eléctrico
- Diagrama de flujo
- Procesos críticos
- Costo de energía por parte del operador de red
- Registro de consumos
- Estado de los equipos

#### **4.10.3 Reunión de Inicio:**

El objetivo de realizar una reunión de inicio es dar a conocer a las partes interesadas de los objetivos, el alcance, los límites y el grado de detalle de la auditoría, para si poder acordar aspectos tales como:

- Designación de persona responsable que esté a cargo y que obtenga el conocimiento de las instalaciones.
- Acordar aspectos como: accesibilidad a las instalaciones del bloque y los equipos, normas de seguridad y prevención, creación del programa de visitas de acuerdo con las necesidades, requisitos para las mediciones especiales, procedimiento a seguir para la instalación del equipo de medida (analizador de red), etc.
- Solicitud de información tal como: inventario de los equipos, con su respectiva ficha técnica, y facturas energéticas.

#### **4.10.4 Recopilación de datos:**

En esta fase los auditores (autores del presente informe) recopilan toda la información que esté al alcance del bloque 17 para así detectar las mejoras y se llevarán a cabo en una macro de Excel la cual obtendrá los siguientes datos:

- Historial de consumo energético.
- Inventario de los equipos con sus respectivas características técnicas.
- Horas de funcionamiento de los equipos.
- Historial de mantenimiento, incluyendo el historial de operaciones y eventos pasados que pueden afectar al consumo en el periodo dado.
- El estado del Sistema de Gestión de Energía (SGen) existente en la Institución Universidad Pascual Bravo.
- Todo tipo de dato que se recopile basado en el consumo energético, así como las horas de funcionamiento de los equipos son de suma importancia ya que, ayudan a definir el comportamiento del bloque y así poder analizar las posibles mejoras.

#### **4.10.5 Trabajo de campo:**

Una vez recopilado los datos y tener un claro conocimiento de ello, los auditores deberán realizar la visita al laboratorio donde realizarán las actividades siguientes:

- Identificación e inspección de las máquinas, para así evaluar su uso energético y de acuerdo con el objetivo, alcance y grado de detalle acordado.
- Comprender las rutinas de funcionamiento, comportamiento de los usuarios y su impacto en el consumo de energía y eficiencia energética.
- Identificar las medidas de mejora preliminares.
- Detectar puntos que requieren monitoreo necesario para el análisis posterior y que ayudarán a cuantificar las inversiones y los ahorros producidos.
- Garantizar que las mediciones y observaciones se realizan de forma confiable y en situaciones representativas del funcionamiento normal, esto se realizará en ocasiones tomando medidas fuera del horario normal de operación.

En esta etapa de la auditoría es de gran importancia que los auditores dispongan de una lista de verificación en la visita al sitio, esto con el fin de garantizar que se revisaron cada una de las características del bloque, así como una serie de equipos específicos para la realización de la toma y registro de datos.

#### **4.10.6 Análisis:**

En esta etapa los auditores deben establecer los puntos claves que conllevan al cumplimiento del objetivo de la auditoría, que son el establecimiento de la situación de rendimiento energético, y posteriormente identificar racionalmente cuáles son las oportunidades de mejora en base a la situación de rendimiento.

El rendimiento energético hace referencia a los resultados obtenidos de la medición de mejoras, incluyendo:

- Desglose de consumo por uso y fuente.
- Los flujos de energía y balance de energía.
- Patrón de demanda de energía a lo largo del tiempo.
- Indicadores de rendimiento energético.

Después de tener claro el rendimiento energético se debe identificar las oportunidades de mejora, donde se debe tener en cuenta el impacto con base a las siguientes cuestiones:

- Ahorro económico generado por las medidas
- Inversión necesaria
- Retorno de la inversión
- Mantenimiento de las instalaciones y equipos.

Todas las acciones que generen ahorro económico deben ser ordenadas con base a los criterios acordados y en general se pueden aplicar múltiples medidas de eficiencia energéticas que afecten tanto a la reducción de la demanda o una mayor eficiencia en el suministro.

Para poder alcanzar todo lo señalado anteriormente en esta etapa, es responsabilidad del auditor:

- Evaluar la fiabilidad de los datos proporcionados y poner de manifiesto los posibles fallos o anomalías.
- Utilizar métodos de cálculos transparentes y técnicamente apropiados.
- Documentar los métodos utilizados y cualquier suposición que se realice.
- Tener en cuenta todo tipo de regulación u otras limitaciones aplicables a las oportunidades potenciales de mejora.

#### **4.10.7 Informe:**

Es el resultado final que se entrega al cliente donde se plasman todos los datos obtenidos de principio a fin, los cuales contiene:

- Clasificación ordenada de las oportunidades de mejora.
- Programa de implementación propuesto.

Como antecedentes:

Información general acerca de la organización auditada.

Contexto y metodología de la auditoría.

- Descripción del objeto y objetos auditados.
- Normas y reglamentos relevantes

Auditoría energética:

- Descripción
- Alcance
- Objetivo
- Grado de detalle
- Plazo y límites
- Información de recopilación de datos: Instalación de contadores, indicadores acerca de los datos utilizados, copia de datos clave utilizados y certificados de calibración, etc.
- Análisis del consumo energético.

- Criterios según los cuales se ha establecido la clasificación ordenada de las medidas de mejora de la eficiencia energética.

Oportunidades de mejora de la eficiencia energética:

- Acciones propuestas, recomendaciones, plan y programa de implementación.
- Suposiciones utilizadas para el cálculo del ahorro y la consiguiente precisión de las recomendaciones.
- Análisis económico adecuado.
- Posibles interacciones con otras recomendaciones propuestas.
- Métodos de medición y verificación que se utilizan para evaluar las oportunidades recomendadas tras su aplicación.

Conclusiones de la auditoría:

- Explicación de las conclusiones a las que llega la auditoría
- Detalle de las conclusiones tanto económicas como técnicas.

Para poder dar cumplimiento a esta fase y realizar correctamente el informe de resultados el auditor debe cumplir con lo siguiente:

- Garantizar el cumplimiento de los requisitos acordados.
- Resumir las mediciones relevantes comentado la coherencia y calidad de los datos, el motivo de las mediciones, así como las dificultades halladas durante la recopilación de los datos.
- Indicar si los resultados de análisis se basan en cálculos, simulaciones o estimaciones.
- Indicar los límites de precisión de las estimaciones de ahorro y coste.
- Indicar las oportunidades de mejora de la eficiencia energética por orden.

#### **4.10.9 Reunión final:**

En esta reunión el auditor tiene como función realizar la entrega del informe relativo a la auditoría donde se presentan los resultados de tal modo que facilite la toma de decisiones por parte del cliente, y explicar los resultados finales y como se obtuvieron para así debatir

la necesidad de un posible seguimiento en caso de que se requiera, y finalmente llegar a una conclusión consensuada.

#### **4.11 Materiales (equipos) para una auditoría energética**

Dentro del alcance técnico para ejecutar una auditoría energética puede variar de manera significativa según las necesidades, por lo tanto, también es necesario contar con equipos a disposición, eso ayudará a elevar los niveles exigidos dentro de la auditoría energética, a continuación, se describen ciertos equipos eficientes para el desarrollo de esta:

##### **4.11.1 Medidor de energía:**

“El medidor multifuncional trifásico con entrada Modbus RS485 es un dispositivo diseñado para medir y supervisar el consumo de energía en sistemas eléctricos trifásicos. Este equipo es frecuentemente utilizado en entornos industriales, comerciales y residenciales donde es importante un monitoreo preciso y una gestión eficiente del consumo eléctrico”.

A continuación, se resaltan algunas de sus principales características:

- **Medición trifásica:** Mide y controla el consumo de energía en consumos trifásicos, lo cual permite el análisis completo del uso energético en instalaciones eléctricas de tres fases.
- **Funcionalidad Multifuncional:** Permite el registro de parámetros esenciales, como corriente, voltaje, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, y factor de potencia, entre otros.
- **Comunicación Modbus RS485:** La interfaz de comunicación Modbus RS485 permite la conexión del medidor con sistemas de control, dispositivos de supervisión y otros equipos compatibles, facilitando su integración en sistemas de gestión energética más amplios.
- **Protocolo estándar:** El uso del protocolo Modbus RS485, ampliamente empleado en aplicaciones industriales, asegura la compatibilidad y la interoperabilidad del medidor con una variedad de sistemas y dispositivos.
- **Pantalla y/o Visualización Remota:** Posee una pantalla para visualizar los datos localmente, mientras que la comunicación Modbus RS485 permite el acceso a los datos de forma remota en sistemas de supervisión.

Para implementar las mediciones en este proyecto, se utilizó un medidor de energía digital multifuncional de la marca ZIZM. Este equipo proporciona los datos necesarios para el análisis, los cuales serán presentados de manera clara y organizada para facilitar la identificación de la información relevante. En la Figura 2 se muestra el medidor multifuncional utilizado y el cual desempeñará la función de registrar datos tales como: voltaje, corriente, factor de potencia, potencias (activa, reactiva y aparente).(VELEZ OSORIO. A, 2023)



*Figura 2.* Medidor Multifuncional.  
Fuente:.. AliExpress

#### **4.11.2 Gateway de comunicación:**

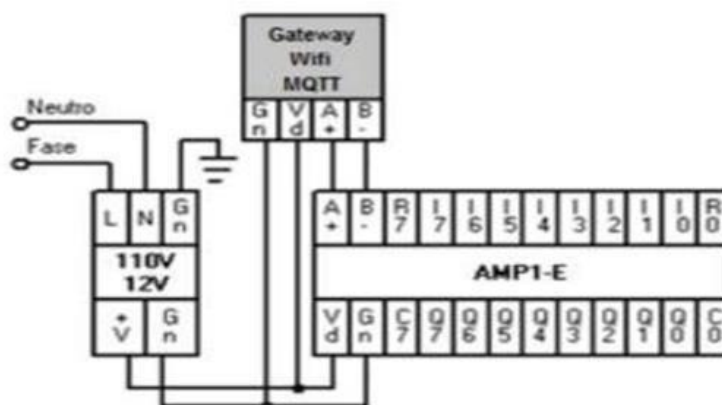
Gateway es de enlace Wifi Modbus Mqtt, es un dispositivo electrónico que permite realizar enlaces entre autómatas programables, medidores de energía y equipamiento de campo, con servidores tipo bróker MQTT, mediante los protocolos de comunicaciones Modbus RTU y MQTT.



*Figura 3.* Gateway de comunicación.

Fuente. : <https://www.tecvolucion.net/wp/amp1-e-8u8q>

En la Figura 4 se muestra la conexión de un autómata programable al Gateway VMQ, el cual tiene las siguientes conexiones: 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.



*Figura 4.* Diagrama de interconexión del gateway.

Fuente. : <https://www.tecvolucion.net/wp/amp1-e-8u8q>

La inclusión de WiFi en un gateway permite la conectividad inalámbrica, facilitando el acceso remoto y la integración en redes locales sin necesidad de conexiones físicas adicionales. Con un gateway que soporta Modbus y MQTT, es posible capturar datos desde sensores y equipos industriales que operan en Modbus RTU, transformarlos y enviarlos mediante MQTT a una plataforma de nube o sistema de supervisión. Esto permite la

visualización, análisis y almacenamiento en tiempo real de los datos en sistemas de gestión o aplicaciones de monitoreo remoto (Advantech, 2020).

En resumen, un gateway con enlace WiFi, Modbus, MQTT y RTU ofrece una solución versátil para la interoperabilidad de dispositivos y el manejo eficiente de datos en entornos industriales, proporcionando una comunicación robusta y simplificada entre equipos de campo y plataformas de IoT en la nube.

#### **4.11.3 Transformador de corriente de núcleo dividido (TC)**

También conocidos como sensores de corriente de efecto Hall, son dispositivos electrónicos que permiten medir la intensidad de corriente de forma precisa mediante el principio del efecto Hall. Este fenómeno ocurre cuando una corriente eléctrica pasa a través de un material conductor o semiconductor en presencia de un campo magnético perpendicular, generando una diferencia de voltaje que es directamente proporcional a la intensidad del campo magnético y, por ende, a la corriente que lo produce (Allegro Microsystems, 2021).

Estos sensores se utilizan ampliamente en aplicaciones de control y monitoreo de corriente en entornos industriales, automotrices y de electrónica de consumo, ya que permiten medir tanto corriente continua (DC) como corriente alterna (AC) sin necesidad de un contacto directo con el conductor. Esto no solo los hace seguros y precisos, sino también ideales para aplicaciones de alta potencia y para el aislamiento galvánico (Texas Instruments, 2022).



*Figura 5.* Transformador de corriente de núcleo dividido  
Fuente. AliExpress

Algunas ventajas de los sensores de efecto Hall incluyen su alta precisión, bajo consumo de energía y la capacidad de ofrecer un tiempo de respuesta rápido. Además, su integración en sistemas electrónicos facilita el monitoreo en tiempo real de la corriente, permitiendo la implementación de sistemas de protección y control que ayudan a mejorar la eficiencia energética y la seguridad en diversas aplicaciones.

El sensor que se utilizó en este proyecto es de la marca Cnyanna y tiene una relación de corrientes de 200-5 A.

#### **4.12 La soldadura y sus procesos**

Los procesos de soldadura son diversos ya que estos están basados en términos de armonizar diferentes métodos y materiales. Para seleccionar correctamente un proceso de soldadura, garantiza el ahorro en horas de producción, reparaciones, pulido y rectificado, ya que si no garantiza esto la soldadura puede llegar a ser rechazada. La calidad dentro de los procesos de soldadura llevados a cabo en operaciones manufactureras, se encuentra anclada al éxito cuando se crea una soldadura que penetre lo suficiente, sin causar poros o espacios. (MODER MACHINE SHOP MEXICO, 2023).

#### **4.12.1 Soldadura de arco metálico con gas (MIG)**

Es uno de los procesos más comunes de soldadura y que es efectuado mediante un electrodo combustible y un gas protector que ayuda a unir los materiales. Al poner el electrodo en contacto con el material, se crea un arco, por tal motivo se dice que es una soldadura de arco metálico. Este método es muy particular debido a la versatilidad y facilidad de uso. El gas protector, puede ser se argón, dióxido de carbono o una mezcla de ambos, este se encarga a su vez de proteger el arco de soldadura y el metal fundido de la contaminación que se encuentre en el ambiente. La soldadura tipo MIG es usada con más frecuencia en la industria automotriz, fabricación de estructuras metálicas y la reparación de máquinas, ya que permite realizar soldaduras más limpias y de alta calidad en una variedad de materiales, incluyendo el acero, el aluminio y también el acero inoxidable. (MODER MACHINE SHOP MEXICO, 2023).

#### **4.8.13 Soldadura de gas y tungsteno (TIG)**

Este tipo de soldadura también se realiza al igual que la soldadura tipo MIG mediante un electrodo, lo que la hace diferente es que la soldadura de gas tiene un electrodo particular conocido como electrodo de tungsteno no consumible, adicionalmente como su nombre lo indica, este tipo de soldadura emplea un gas protector, generalmente argón, para así poder crear una soldadura de alta calidad. Este proceso de soldadura es conocido por su presión y control, lo que lo hace especial para trabajos que requieren soldaduras limpias y que sean estéticamente agradables. No obstante, la soldadura TIG es útil para unir metales delgados y materiales sensibles al calor tales como: aluminio y acero inoxidable. Además, permite al operador tener un control preciso sobre el calor y la velocidad de la soldadura, lo que da como resultado un acabado superior y con menos deformaciones en las estructuras soldadas. (MODER MACHINE SHOP MEXICO, 2023).

#### 4.8.14 Consumo energético generado por las máquinas de soldadura

El consumo energético que se genera dentro de los procesos de soldadura en una planta varía de acuerdo al tipo de máquina y su uso respectivo. Es por ello que en la gran mayoría de las máquinas de soldar se tiene un manual escrito del consumo energético para que el operador interesado en saber este dato lo pueda identificar fácilmente.

Sin embargo, el consumo energético de las máquinas de soldar se puede obtener de las siguientes fórmulas:

$$\%potencia = \frac{Tiempo\ de\ trabajo\ continuo}{(Tiempo\ de\ pausa + tiempo\ de\ trabajo\ continuo)} * 100 \quad (3)$$

$$P_{nominal} = \frac{I_{salida} * V_{salida}}{eficiencia} \quad (4)$$

$$consumo = P_{nominal} * tiempo \quad (5)$$

Para lo anterior, se debe tener en cuenta que la soldadura generalmente no ocurre continuamente durante muchas horas o días, ya que requiere de pausas para realizar el cambio del electrodo o en su defecto preparar las piezas para su procesamiento posterior, es por ello que es de vital importancia tener en cuenta el tiempo de pausa para el cálculo del consumo de las máquinas de soldar. (League of tools, 2024)

## 5. Metodología

Para realizar el proceso de auditoría dentro del laboratorio ubicado en el bloque 17 de la Institución Universitaria Pascual Bravo se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- 

### 5.1 Tipo de proyecto

El proyecto será de tipo investigativo en el cual se describe al detalle todo el conjunto de procedimientos que serán empleados dentro de la auditoría, y donde los autores principales aportan en la toma de decisiones de manera coherente y en pro de una calidad asertiva.

El análisis se realizará aplicando estadística descriptiva para calcular promedios, desviación estándar, variabilidad, análisis de frecuencias, correlaciones. Los resultados se presentarán a través de tablas, gráficos y parámetros estadísticos, contrastando los valores medidos con estándares y benchmarks como base para las recomendaciones. De esta manera, el uso de un enfoque cuantitativo soportado en mediciones eléctricas y análisis estadístico riguroso permitirá minimizar la incertidumbre y sustentar técnicamente las propuestas de optimización energética para el Bloque 17 constituyendo un proyecto de investigación aplicada.

### 5.2 Método

- **Recolección de datos iniciales:** Identificar y recopilar la información sobre el consumo energético actual del laboratorio de soldadura, incluyendo iluminaciones, computadores y cualquier otra fuente de consumo de energía utilizado; obtener datos sobre el equipamiento de soldadura en uso, sus especificaciones técnicas y patrones de uso, inventarios de las máquinas, régimen de funcionamiento, modo de operación del laboratorio, etc.
- **Análisis de consumo energético:** Analizar los registros de consumo energético para identificar patrones de uso y áreas de alto consumo. Evaluar la eficiencia de las

máquinas que hacen parte del laboratorio y su impacto en el consumo energético global dentro del mismo.

- Inspección de equipamiento: Realizar inspecciones detalladas de cada máquina para identificar posibles fugas de energía, mal funcionamiento o falta de mantenimiento: registrar cualquier hallazgo relevante y evaluar su impacto en el consumo energético.
- Evaluación de infraestructura: Revisar el estado de la infraestructura del laboratorio, incluyendo aislamiento térmico, iluminación, y sistemas de ventilación e identificar oportunidades de mejora en la infraestructura que puedan aumentar la eficiencia energética.
- Entrevistas y encuestas: Realizar entrevistas con el personal encargado de la operación del laboratorio (monitores) para comprender sus prácticas de trabajo y percepciones sobre el uso de energía.
- Propuesta de mejoras: Se basará en los hallazgos de la auditoría donde se proponen las medidas específicas para mejorar la eficiencia energética del laboratorio de soldadura y que contenga la priorización según su impacto potencial y viabilidad de implementación.
- Desarrollo de plan de acción: Elaboración de un plan detallado que incluye las acciones a tomar, los responsables de llevarlas a cabo, los plazos de implementación y el presupuesto necesario, esto estableciendo medidas de seguimiento para evaluar el éxito de las medidas implementadas.
- Informe final: Preparación del informe completo que resume los hallazgos de la auditoría, las propuestas de mejora y el plan de acción recomendado, este documento se presentará a la dirección del laboratorio ofreciendo las recomendaciones para la optimización en el uso de la energía y reducir los costos operativos.

Este método proporciona un marco estructurado para llevar a cabo la auditoría energética exhaustiva dentro del laboratorio de soldadura, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora y promover la eficiencia energética; adicionalmente cabe destacar

que para cumplir con esta metodología los auditores de este proyecto cuentan con los conocimientos previos y la capacidad adecuada para la toma de los datos que se requieren.

En primera instancia, se recopila y analiza toda la documentación técnica disponible sobre las instalaciones eléctricas del Bloque 17, incluyendo planos eléctricos, diagramas unifilares, especificaciones de equipos, formatos de mantenimiento preventivo y correctivo. Esto permitirá tener un conocimiento detallado sobre las características y configuración real del sistema eléctrico.

Asimismo, se solicitarán los registros históricos de consumo eléctrico mensual del Bloque 17 para los últimos 2-3 años. Con estos datos se construirán gráficas de la evolución del consumo, se calcularán indicadores como consumo por metro cuadrado y se identificarán meses críticos de alta demanda.

También se analizarán los reportes de mantenimiento preventivo y correctivo de los últimos años para detectar equipos o áreas problemáticas.

De estar disponible, se recolecta información de caracterizaciones de carga eléctrica previas que contengan mediciones de las demandas máximas, curvas de carga diarias, análisis de calidad de potencia, entre otros estudios técnicos realizados. Esta información secundaria permitirá tener un primer acercamiento a los patrones de consumo eléctrico y posibles deficiencias del sistema. Posteriormente, se realizaron visitas detalladas a las instalaciones eléctricas y equipos del Bloque 17 de la institución universitaria Pascual Bravo.

Mediante inspección visual se identificarán problemas evidentes como cables en mal estado, conexiones inadecuadas, circuitos sobrecargados, luxómetros quemados, motores con vibraciones excesivas. Se prestará especial atención a transformadores, tableros de distribución, cuartos de motores y el alumbrado interior y exterior.

Las visitas serán guiadas por personal de mantenimiento eléctrico de la Institución que

podrá aportar información relevante de primera mano. Se les aplicarán entrevistas semi-estructuradas para conocer su percepción sobre los problemas existentes y las posibles causas.

### **5.3 Instrumentos de recolección de información.**

#### **5.3.1. Fuentes primarias.**

- Norma ISO 50001 y 50002
- Reglamento Técnico de Instalaciones y Alumbrado Público - RETILAP
- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE
- Reglamento Técnico de Etiquetado - RETIQ
- Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG
- Norma MINMINAS

#### **5.3.2. Fuentes secundarias.**

- Especificaciones técnicas de los equipos incluyendo rendimiento y mantenimiento
- Mediciones directas para el registro del consumo energético
- Consultas directas con el personal encargado del manejo del laboratorio.
- Asesorías técnicas con docentes del departamento de eléctrica.
- Utilización de equipos de medición eléctrica (pinza amperimétrica, multímetro, medidor multifuncional, dialux, excel, etc.)

## 6. Resultados

### 6.1 Presentación de proyecto

#### **Institución Universitaria Pascual Bravo**

Robledo – Medellín

**Asunto:** Consultoría para monitoreo y evaluación de avance del Centro de Investigación y Desarrollo en Soldadura (CIDES) en cumplimiento de eficiencia energética de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

El centro de Investigación y Desarrollo en Soldadura ubicado en el bloque 17 de la Institución Universitaria Pascual Bravo, es un espacio dedicado a los estudiantes de los diferentes programas académicos para la adquisición de técnicas, y métodos en los diferentes tipos de soldadura, además de la inspección de la calidad de soldadura mediante ensayos destructivos y no destructivos, adicionalmente este bloque también apoya la fabricación de piezas y montajes para el desarrollo de los proyectos tanto de investigación como académico por parte de los estudiantes y docentes.

Por medio del presente documento los responsables en llevar a cabo dicha auditoría en calidad de estudiantes de Ingeniería Eléctrica tienen como propósito presentar los resultados y el cumplimiento de los objetivos planteados dentro del desarrollo de dicha inspección de calidad energética.

La ejecución de esta auditoría se llevó a cabo entre el 05 de agosto del año 2024 hasta el 20 de noviembre del 2024 según el cronograma presentado desde el inicio de este proyecto y aprobado por la dirección encargada.

Se realizó una descripción del sistema eléctrico realizando un historial del consumo energético mensual en kWh/mes comprendido entre los meses de enero-2023 hasta junio-2024, y en donde se especifican las cargas conectadas a cada aula que conforma el bloque CIDES.

Se realiza la implementación del analizador de calidad creado por el equipo del

presente trabajo el cual fue la herramienta fundamental dentro del cumplimiento de dicha auditoría ya que facilitó la obtención de los datos para el análisis del comportamiento energético que se está teniendo actualmente en el bloque 17 , de estos datos entregados por el medidor se tomó como muestra el periodo comprendido entre los días 7 de noviembre del 2023 hasta el día 15 de noviembre del 2025, con el fin de validar y analizar los datos obtenidos en la documentación entregada por parte del personal encargado del manejo y operación del bloque, y a su vez la calidad energética que se encuentra allí

Se realiza la toma de datos característicos de las cargas que hacen parte del bloque, mediante mediciones para validar los datos característicos de los mismos, y posteriormente se lleva a cabo el estudio para identificar posibles fallas que afectan la correcta operación de los equipos, y que puede llevar a un alto consumo de energía.

Se realizó un estudio analítico de iluminación para las diferentes aulas del bloque mediante el uso de un luxómetro para verificar el cumplimiento de los niveles mínimos requeridos de luminosidad del área de acuerdo con la norma RETILAP.

Por último, se realiza el análisis de la cantidad de cargas conectadas en total dentro del bloque 17 de la Institución Universitaria Pascual Bravo y se entregan las especificaciones del no cumplimiento con las normatividades RETIE, RETILAP, RETIQ y NTC 2050 en el cual se propone un cambio para un balance energético eficiente.

## 6.2 Descripción del proyecto

La Institución Universitaria se encuentra ubicada en el barrio Robledo de la ciudad de Medellín con dirección en la calle 73 # 73a-226.



*Figura 6.* Ubicación geográfica de la Institución Universitaria Pascual Bravo  
Fuente. Google Maps



*Figura 7.* Ubicación del bloque dentro del campus universitario  
Fuente. Página web de la institución universitaria

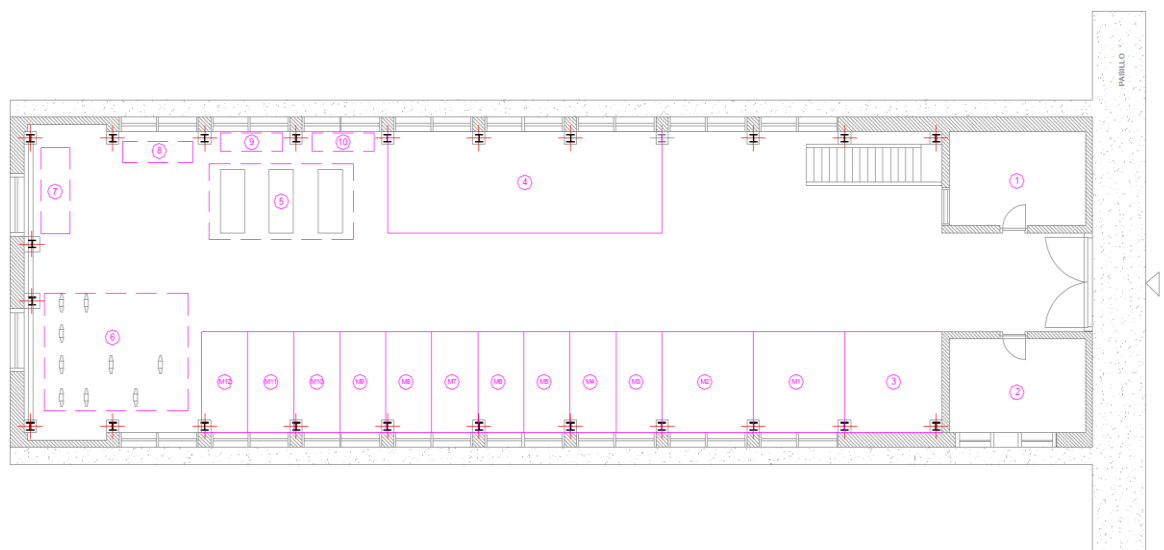
El Centro de investigación y desarrollo en Soldadura (CIDES) cuenta con un área de trabajo de 370 m<sup>2</sup>, distribuida de la siguiente manera:

- Zona de soldadura que está compuesta por doce cabinas, cada una dispone de los equipos de soldadura TIG, MIG y SMAW, mesa de trabajo y extractor de humos de soldadura.
- Zona de preparación de las piezas a soldar que cuenta con un compresor de

aire, esmeril, pulidora y yunques.

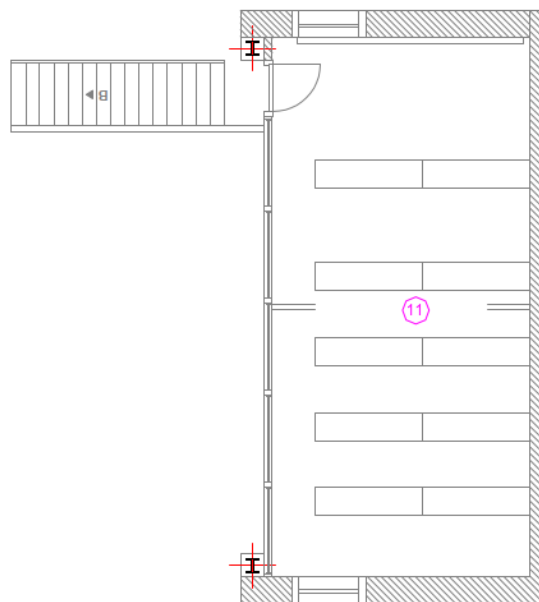
- Zona de prácticas de simulación que tiene la máquina de simulación de soldadura interactiva de realidad aumentada, donde se simulan las condiciones de un proceso de soldadura.
- Zona de metalistería que se utiliza para el conformado de piezas, y cuenta con una mesa de trabajo, unas cortadoras de láminas, taladros y prensas.

El laboratorio dispone del área para la realización de ensayos destructivos y no destructivos y cuenta con dos máquinas universales para realizar pruebas de tensión, compresión, carga, entre otras.



*Figura 8.* Planimetría del primer piso del bloque 17

Fuente. Departamento de mantenimiento IUPB y anotaciones propias



*Figura 9.* Planimetría del segundo piso (aula de clase 201) del bloque 17  
Fuente. Departamento de mantenimiento IUPB y anotaciones propias

Dentro de las zonas indicadas en las Figura 8 y 9 fue donde se llevó a cabo el análisis exhaustivo del consumo de energía en kWh; donde se incluyó el estudio de las luminarias utilizadas en el bloque teniendo en cuenta la tecnología utilizada como lo fue el luxómetro, el estudio de máquinas y módulos utilizados, y también el estudio del consumo energético de las oficinas que allí se encuentran.

NOTA: El operador de red que alimenta a la institución es la empresa EPM.

## 6.3 Descripción del sistema eléctrico actual

### 6.3.1 Diseño eléctrico y arquitectónico

En el anexo C se representa una vista en planta del bloque 17 en general, en el cual se recopila información donde se identifican los tableros eléctricos principales, así como las diversas áreas de trabajo que se tienen dentro del mismo.

La alimentación de energía eléctrica de la Institución Universitaria proviene del operador de red EPM (Empresas Públicas de Medellín), de ella se derivan todas las instalaciones que tiene la misma.

### 6.3.2 Transformador 75 kVA

Tabla 2

*Datos de placa del transformador*

| DESCRIPCIÓN           | VALOR  |
|-----------------------|--------|
| Marca                 | SUNTEC |
| Año fabricación       | 2017   |
| Potencia (kVA)        | 75     |
| Voltaje nominal (V)   | 220    |
| Corriente nominal (A) | 196.82 |
| Frecuencia (Hz)       | 60     |
| Conexión              | YNd7   |
| Peso (kg)             | 351    |
| Factor de servicio    | 1.0    |

Nota: La Tabla 1 muestra resumidamente los datos técnicos del transformador, los cuales fueron tomados de la placa de características del mismo



*Figura 10.* Transformador 3 $\Phi$  seco abierto de 75 kVA  
Fuente. Fotografía propia

### 6.3.3 Tablero ML 440V



*Figura 11.* M.L T.S Taller de soldadura - 440V, 3 $\Phi$ , 200 A  
Fuente. Fotografía propia

### 6.3.4 Tablero ML 220V



*Figura 12.* M.L T.S Taller de soldadura - 220V, 3 $\Phi$ , 200 A  
Fuente. Fotografía propia

### 6.3.5 Tablero de circuitos

El laboratorio a su vez también cuenta con un tablero 3 $\Phi$  de breakers donde están conectadas las cargas tanto de iluminación como tomas normales del taller y el aire acondicionado distribuidos en los diferentes circuitos.



*Figura 13.* T.E.N.T.S Tablero de circuitos (taller de soldadura) - 220V, 3 $\Phi$ , 100 A  
Fuente. Fotografía propia

En este tablero se observa que los breakers no tiene etiqueta de identificación correspondiente a lo indicado en la tapa de este, adicional la identificación de las derivaciones de los circuitos no fue posible realizarla ya que esta maniobra la debe realizar el personal de mantenimiento adscrito a la Institución Universitaria, por lo tanto, nos guiamos de la información que contiene la tapa de este.

Tabla 3  
*Distribución de cargas por circuitos*

| <b>N° Cxto</b> | <b>Derivación</b>                        | <b>N° Cxto</b> | <b>Derivación</b>                  |
|----------------|--|----------------|------------------------------------|
| <b>1</b>       | Tomas cajas 4 y 5 a 440V                 | 2              | Tomas cajas 2 y 3 a 440 V          |
| <b>3</b>       | Iluminación oficinas entrada             | 4              | Iluminación centro                 |
| <b>5</b>       | Tomas de pared y caja 1                  | 6              | Tomas aula de clase<br>(mezzanine) |
| <b>7</b>       | Iluminación aula de clase<br>(mezzanine) | 8              | Iluminación del fondo              |
| <b>9</b>       | Tomas cajas 2 y 3 a 220                  | 10             | Toma oficina 1er piso              |
| <b>11</b>      | Iluminación entrada                      | 12             |                                    |
| <b>13</b>      | Tomas cajas 4 y 5 a 220V                 | 14             |                                    |
| <b>15</b>      | Aire acondicionado                       | 16             |                                    |
| <b>17</b>      |  | 18             |                                    |

Nota: La Tabla 2 muestra cómo están distribuidos los circuitos dentro del laboratorio y que tipo de carga y/o salida corresponde al mismo, tomado del documento de circuitos que posee el mismo tablero.

### 6.3.6 Compresor de Tornillo



*Figura 14.* Ubicación del compresor de tornillo KAESER

Fuente. Fotografía propia y manual del fabricante

El bloque cuenta con un compresor de tornillo (Marca Kaeser) el cual se encuentra ubicado en el costado externo del mismo y que tiene como finalidad “producir aire comprimido confiable” (KAESER, 2024).

Este equipo permanece en funcionamiento constante, es decir, opera las 24 horas del día, siendo así el único equipo que queda en funcionamiento después de las 10 de la noche que es cuando se termina la jornada académica en la universidad.

Por lo anterior, es de suma importancia tomar los datos durante las 24 horas.

Tabla 4  
*Datos de placa del compresor de tornillo*

| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>VALOR</b> |
|---------------------|--------------|
| Marca               | KAESER       |
| Año fabricación     | 2017         |
| Potencia (HP)       | 15           |
| Voltaje nominal (V) | 208/120      |
| Frecuencia (Hz)     | 60           |
| Conexión            | Y            |

Nota: La Tabla 3 muestra resumidamente los datos técnicos del compresor de tornillos, los cuales fueron tomados de la placa de características del mismo

#### **6.4 Datos históricos del consumo energético**

La recopilación de datos base sobre la operación del laboratorio son de suma importancia ya que con este tipo de información se logra tener un amplio panorama para el análisis dentro de las mediciones y observar posibles causas y consecuencias que se puedan presentar.

Por lo anterior, se realizó una encuesta de régimen de funcionamiento del bloque 17 de la Institución Universitaria Pascual Bravo, con el objetivo de conocer información clave para la mejora y optimización de las operaciones para la toma de decisiones fundamentales a futuro por parte de los directivos.

A continuación, se muestra en la Figura 15, los resultados de la encuesta la cual fue realizada por la laboratorista encargada de la operación del bloque.

| INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO   |  | REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO<br>CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SOLDADURA - CIDES (BLOQUE 17)<br>INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PARCUAL BRAVO |     |                                     |
|---|--|---|-----|-------------------------------------|
| FECHA   |  | CAPACIDAD MAXIMA DEL LABORATORIO EN PERSONAS  | 100 |                                     |
| OPERACION TECNICA   | DESCRIPCION DE LA OPERACION TECNICA  |   |     |                                     |
| Realización de planos de taller para fabricación de piezas.   | Se realizan los planos definiendo dimensiones, geometría y material.   |   |     |                                     |
| Diseño de proceso de soldadura.   | Se realiza el diseño del proceso de soldadura, es necesario determinar el tipo de soldadura, los valores de las variables de corriente, identificación de electrodos, gases y material base; dependiendo del diseño de la pieza final y los materiales escogidos.  |   |     |                                     |
| Fabricación de piezas metálicas para proyectos académicos.  | La preparación de las piezas consiste en los siguientes pasos: determinar la posición de soldar dependiendo de la forma de la pieza final, sujetar las piezas a soldar, realizar la limpieza de las piezas y en caso de ser necesario realizar el biselado.<br>Una vez se realiza la preparación y sujeción de las piezas se procede a realizar el proceso de soldadura utilizando la máquina necesaria dependiendo del método de soldadura escogida. Siempre utilizando los elementos de seguridad necesarios |   |     |                                     |
| Verificación e inspección de soldadura.   | Se realiza la inspección visual de la pieza final, donde se identifican las lesiones y defectos.<br>Se realiza la corrección de los errores encontrados.   |   |     |                                     |
| Pruebas de calidad, verificación y resistencia de soldadura.  | Se realizan los ensayos destructivos y no destructivos para comprobar la calidad de la soldadura   |   |     |                                     |
| Realización de ensayos destructivos.  | Se aplican los ensayos destructivos como pruebas de dureza, de tracción, flexión, de compresión entre otros.   |   |     |                                     |
| Realización de ensayos no destructivos.   | Se aplican las diferentes técnicas de ensayo no destructivo sobre soldadura, como son rayos x, ultrasonido, líquidos penetrantes.  |   |     |                                     |
| Asesoría.   | Se presta asesoría a estudiantes para sus proyectos académicos en cuanto a los procesos y procedimientos de soldadura.   |   |     |                                     |
| Capacitación de estudiantes y personal para aprendizaje del proceso de soldadura.   | Se realiza la capacitación para el aprendizaje de las técnicas de soldadura, selección del método, selección de corriente, selección de electrodos y materiales y ejecución de la soldadura según las normas de seguridad.   |   |     |                                     |
| ENCUESTA  |  | RESPUESTA   |     | OBSERVACION                         |
|   |  | Si  | No  |                                     |
| 1. Se ha presentado disminución de iluminación cuando el laboratorio esta presentando una alta ocupacion.   |  |   | X   |                                     |
| 2. Esta planificada la revision periodica para estudio de consumo energetico. ¿Con que frecuencia?  |  |   | X   |                                     |
| 3. Se realiza la medición del consumo de energia de cada equipo. ¿Con que frecuencia?   |  |   | X   |                                     |
| 4. El laboratorio cuenta con políticas de eficiencia energetica documentada.  |  | X   |     |                                     |
| 5. Se efectuan lecturas mensuales del contador electrico (Si el laboratorio no cuenta con medidor indicarlo en la observación).                     |  |   | X   |                                     |
| 6. Los equipos permanecen encendidos durante todo el dia.   |  | X   |     |                                     |
| 7. Esta planificada la calibración de mas maquinas y/o equipos.   |  | X   |     | do h x semana                       |
| 8. ¿Cual o cuales son las carga de trabajo típicas durante las horas pico?  |  |   |     | todos los soldadores                |
| 9. Existen meses en los que el laboratorio se encuentra en una periodo de baja operación durante 15 o mas dias. ¿cuales?                            |  | X   |     |                                     |
| 10. Existen practicas de ahorro energetico durante los periodos de baja operatividad del laboratorio.   |  |   | X   |                                     |
| 11. Existen sistemas que estan en funcionamiento durante el tiempo no operativo. ¿cual?   |  | X   |     | Compresor                           |
| 12. Existe un sistema de aprovechamiento de luz natural. ¿cual?   |  |   | X   |                                     |
| 12.3. Se conoce el consumo de energia que se realiza en horas de la noche y durante los fines de semana.  |  |   | X   |                                     |
| 14. Esta planificada la revision periodica para la implementación del mantenimiento preventivo.   |  |   | X   |                                     |
| 15. Se ha presentado frecuentemente la interrupción de energia sin existencia de corto circuitos.   |  | X   |     |                                     |
| 16. Se aprecian parpadeos o efectos estroboscopicos.  |  | X   |     | Circuito de trabajo<br>1 por semana |
| 17. Esta planificada la limpieza (mantenimiento preventivo) al sistema de iluminación. ¿Con que frecuencia?   |  |   | X   |                                     |
| 18. Existe iluminación de tecnología led.   |  |   | X   |                                     |
| 19. El laboratorio cuenta con iluminación de emergencia   |  |   | X   |                                     |
| 20. Los miembros de la institución (docentes, alumnos, directivos) apagan la luz cuando salen de los espacios                                       |  | X   |     | laboratorista                       |
| 21. El encendido y apagado se realiza manualmente desde el tablero electrico ¿Lugar de encendido?   |  | X   |     | Cada semana                         |
| 22. Cada zona del bloque posee al menos un sistema de encendido y apagado manual (interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia). |  | X   |     |                                     |
| 23. Existen circuitos que disponen de temporizadores  |  | X   |     | habida                              |

Nombre: Diego Huan Williams  
Cargo: laboratorista

Figura 15. Encuesta de régimen de funcionamiento previo a la toma de datos  
Fuente. Diseño propio

## 6.5 Inventario

El personal encargado de la correcta operación del laboratorio otorgó ciertos datos sobre los equipos existentes dentro del bloque, sin embargo, no poseen hojas de vida de los mismos, y en su defecto los pocos equipos que poseen su respectiva hoja de vida se encuentran desactualizados, por lo tanto, dentro del proceso de auditoría fue necesario realizar una comparación de los equipos con la información entregada para poder tener una visión más amplia de los equipos que se encuentran allí.

Tabla 5  
*Inventario de máquinas y artefactos electrónicos existentes*

| <b>CANTIDAD</b> | <b>EQUIPO</b>                                      | <b>CANTIDAD</b> | <b>EQUIPO</b>       |
|-----------------|--|-----------------|---------------------|
| 6               | Computador   | 1               | Tronzadora          |
| 1               | Televisor  | 2               | Pulidora Dewalt     |
| 2               | Máquinas de ensayo<br>descriptivo y no destructivo | 1               | Taladro manual      |
| 1               | Simulador de soldadura                             | 1               | Taladro de banco    |
| 12              | Extractor de humo                                  | 1               | Esmeril             |
| 1               | Roladora   | 8               | Soldador master TIG |
| 1               | Dobladora  | 4               | Soldador master MIG |
| 2               | Soldador Lincol                                    |                 |                     |

Nota: La Tabla 3 contiene la cantidad de equipos que se encuentran en funcionamiento dentro del laboratorio, esta información fue tomada en la visita realizada por los autores y verificada con la monitora encargada de la operación del bloque.

Dentro del estudio de identificación de equipos existentes se observó que varios de ellos no poseían su perspectiva placa de características, algunos de ellos son equipos que fueron realizados como trabajos de grados de estudiantes del departamento de mecánica.

### 6.6 Consumo energético general de la I.U Pascual Bravo

El Bloque 17 de la Institución Universitaria Pascual Bravo alberga el laboratorio y taller donde se encuentran equipos de soldadura que generan alto consumo energético. En los últimos meses se han evidenciado altos consumos de energía e irregularidades en el sistema eléctrico de este bloque que se manifiestan en la Figura 16.

Con base a la información otorgada por la Institución universitaria, la cual fueron las facturas de consumo de energía eléctrica que data entre los meses de enero del año 2024 hasta junio del año 2024, se pudo realizar la siguiente recopilación de datos que se observa en la figura 16.

Sin embargo, del reporte descrito a continuación se deduce inicialmente que habitualmente la universidad aumenta su consumo energético durante los periodos comprendidos entre los meses de febrero-junio y agosto-noviembre ya que son meses en los que los estudiantes universitarios tienen su periodo académico.

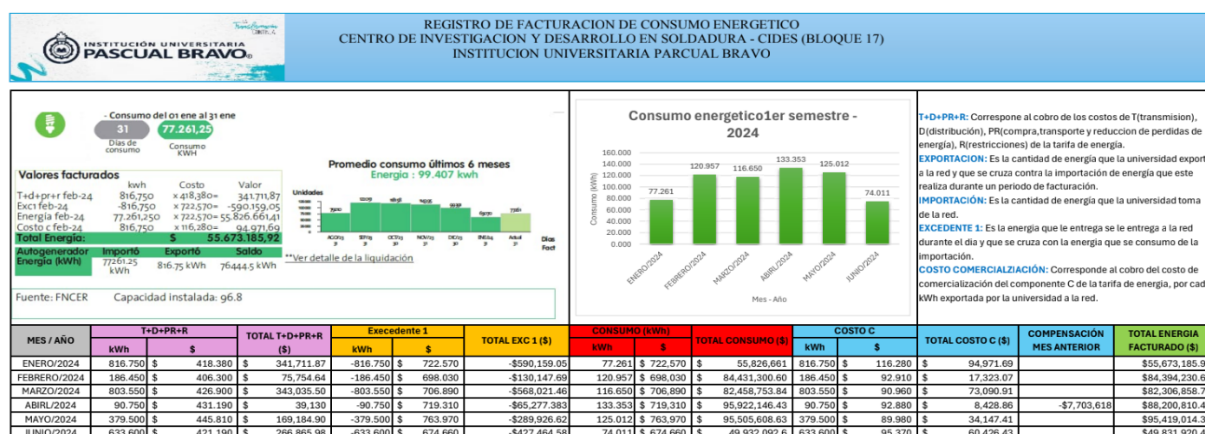


Figura 16. Registro histórico de facturación primer semestre del año 2024

Fuente. Departamento de gestión ambiental de la universidad y acotaciones propias

La capacidad instalada de la Institución Universitaria Pascual Bravo es de 96.8 MVA, no obstante, también es considerada como una entidad autogeneradora gracias a los proyectos en los que la universidad ha creado participación en patentes de energías

renovables, siendo así que obtiene beneficios en los reportes facturados ya que estos disminuyen.

A continuación, en la Figura 17 se presenta un resumen de importación que la universidad obtuvo, es decir, la cantidad de energía que se tomó de la red, y a su vez la cantidad de energía que obtuvo en excedente y la cual fue exportada (vendida a la red), durante el primer semestre del año 2024.

| <b>IMPORTACION Y EXPORTACIÓN COMO AUTOGENERADOR</b> |                      |                      |                    |
|---|----------------------|----------------------|--------------------|
| <b>MES / AÑO</b>                                    | <b>IMPORTÓ (kWh)</b> | <b>EXPORTÓ (kWh)</b> | <b>SALDO (kWh)</b> |
| ENERO/2024  | 77261.25             | 816.75               | 76444.5            |
| FEBRERO/2024  | 120956.55            | 186.45               | 120770.1           |
| MARZO/2024  | 116650.05            | 803.55               | 115846.5           |
| ABRIL/2024  | 133353               | 90.75                | 133262.25          |
| MAYO/2024   | 125012.25            | 379.5                | 124632.75          |
| JUNIO/2024  | 74010.75             | 633.6                | 73377.15           |

*Figura 17.* Importación y exportación del año 2024-1

Fuente. Departamento de gestión ambiental de la universidad y diseño propio

Para la obtención de un registro histórico sobre el consumo energético, se tiene en cuenta que al ser una institución de educación el cobro que genera el operador de red es general, por lo cual fue necesario realizar el cálculo del consumo energético de la carga que se encuentran dentro del bloque 17, para así sacar un promedio aproximado al consumo general de la universidad.

El promedio de consumo se realiza teniendo en cuenta, el consumo energético general de la universidad, el consumo energético del laboratorio basado en el cuadro de cargas y el consumo energético basado en la operatividad del laboratorio durante un periodo determinado.

De las Figuras 16 y 17 se concluye lo siguiente:

- Consumo de energía: En el primer semestre de 2024, se registraron consumos mensuales en kWh, con un total de 77,261.25 kWh en el mes de junio. Las gráficas allí muestran un promedio de consumo de 99,407 kWh en los últimos 6 meses.

- Costos asociados: Incluye desglose de tarifas como costos de transmisión, distribución, pérdidas y comercialización. Se detallan también los conceptos de compensación y total de energía facturada, mostrando un costo acumulado con las compensaciones previas.
- Importación y exportación: se listan los valores de importación (kWh adquiridos de la red) y exportación (kWh enviados a la red) como autogenerador. El saldo neto refleja la cantidad total de energía adquirida frente a la exportada.

No obstante, la Institución Universitaria Pascual Bravo tiene un consumo considerable, con costos altos asociados. Así pues, la universidad actúa como autogenerador, exportando y compensando la energía autogenerada.

## 6.7 Carga instalada

Se hace relación de todos los aparatos eléctricos que se encuentran en el bloque 17 con todas sus características eléctricas como voltaje potencia y consumos los cuales se relacionan en la Figura 18.

| EQUIPO                           | UBICACION  | CANTIDAD                        | POTENCIA (W)                  | POTENCIA TOTAL (kW) | HORA USO DIA      | HORA USO SEMANA | HORAS USO MES | ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/mes) |
|----------------------------------|--|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------------------|
| <b>ARTEFACTOS ELECTRONICOS</b>   |  |                                 |                               |                     |                   |                 |               |                             |
| Lampara fluorecente              | Taller/general                                     | 28                              | 72                            | 0,072               | 16                | 96              | 384           | 27,648                      |
| Computador                       | Almacen  | 1                               | 180                           | 0,18                | 16                | 80              | 320           | 57,6                        |
| Lampara fluorecente              |  | 2                               | 72                            | 0,072               | 16                | 96              | 384           | 27,648                      |
| Computador                       | Oficina de Investigación y Desarrollo              | 2                               | 180                           | 0,18                | 4                 | 12              | 48            | 8,64                        |
| Computador                       | Laboratorio de ensayo destructivo y no destructivo | 2                               | 180                           | 0,18                | 8                 | 36              | 144           | 25,92                       |
| Lampara fluorecente              |  | 2                               | 72                            | 0,072               | 8                 | 96              | 384           | 27,648                      |
| Computador                       | Aula de clase                                      | 1                               | 180                           | 0,18                | 8                 | 96              | 384           | 69,12                       |
| TV                               |  | 1                               | 150                           | 0,15                | 8                 | 36              | 144           | 21,6                        |
| Lampara fluorecente              |  | 6                               | 72                            | 0,072               | 8                 | 36              | 144           | 10,368                      |
| <b>MAQUINAS Y HERRAMIENTAS</b>   |  |                                 |                               |                     |                   |                 |               |                             |
| Extractor de humo                | Taller   | 12                              | 1440                          | 17,28               | 8                 | 48              | 248           | 4285,44                     |
| Pulidora Dewalt                  | Taller   | 2                               | 1000                          | 2                   | 8                 | 48              | 8             | 16                          |
| Taladro Manual Super Elite       | Taller   | 1                               | 800                           | 0,8                 | 2                 | 12              | 62            | 49,6                        |
| Taladro Rexion                   | Taller   | 1                               | 750                           | 0,75                | 4                 | 24              | 124           | 93                          |
| Roladora                         | Taller   | 1                               | 370                           | 0,37                | 2                 | 12              | 62            | 22,94                       |
| Dobladora                        | Taller   | 1                               | 1492                          | 1,492               | 2                 | 12              | 62            | 92,504                      |
| Esmeril                          | Taller   | 1                               | 2500                          | 2,5                 | 4                 | 24              | 124           | 310                         |
| Tronzadora                       | Laboratorio de ensayo destructivo y no destructivo | 1                               | 2500                          | 2,5                 | 4                 | 24              | 124           | 310                         |
| Maquinas de ensayo AGS-300KNX    |  | 1                               | 7500                          | 7,5                 | 4                 | 24              | 124           | 930                         |
| Maquina de ensayo AG-IC 20KN/50K |  | 1                               | 2000                          | 2                   | 4                 | 24              | 124           | 248                         |
| Simulador de Soldadura           |  | 1                               | 600                           | 0,6                 | 1                 | 6               | 31            | 18,6                        |
| <b>MAQUINAS ESPECIALES</b>       |  |                                 |                               |                     |                   |                 |               |                             |
| EQUIPO                           | CANTIDAD   | CORRIENTE NOMINAL DE SALIDA (A) | TENSION NOMINAL DE SALIDA (V) | FACTORE SERVICIO %  | TIEMPO UTIL (min) | HORAS USO DIA   | HORAS USO MES | ENERGÍA CONSUMIDA (kWh/mes) |
| Soldador Master Tig              | 3  | 24                              | 220                           | 60                  | 6                 | 1,3             | 40,3          | 5,94                        |
| Soldador Fast Mig                | 6  | 440                             | 29                            | 60                  | 6                 | 1,3             | 40,3          | 14,35                       |
| Soldador Lincol                  | 1  | 230                             | 50                            | 60                  | 6                 | 1,3             | 40,3          | 12,93                       |
| Soldador Thermal                 | 1  | 30                              | 440                           | 60                  | 6                 | 1,3             | 40,3          | 14,84                       |

*Figura 18.* Cuadro de cargas del bloque 17 - CIDES

Fuente. Construcción propia

Para el estudio del consumo generado por las máquinas de soldar dentro del cuadro de cargas fue necesario tener en cuenta lo descrito anteriormente en el marco teórico para así poder calcular un aproximado de la potencia consumida por los mismos, adicionalmente para la máquina tal como el esmeril de banco qué es un equipo que no posee una placa de características clara se utilizó datos estandarizados del mercado para el tipo de máquina.

## 6.8 Registro histórico de operación del laboratorio CIDES

La Figura 19 hace referencia a la cantidad de horas que operó el laboratorio CIDES en el mes de Agosto del año 2024, cuya información fue entregada por el área de gestión de laboratorios de la institución Universitaria Pascual Bravo.

|                                    | A                      | B    | C   | D   | E          | F   | G   | H       | I   | J   | K         | L   | M   | N       | O   | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | AA | AB |
|------------------------------------|------------------------|------|-----|-----|------------|-----|-----|---------|-----|-----|-----------|-----|-----|---------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| <b>Año:</b>                        | 2024                   |      |     |     |            |     |     |         |     |     |           |     |     |         |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>Ubicación:</b>                  | BLOQUE 17- SOLDADURA   |      |     |     |            |     |     |         |     |     |           |     |     |         |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
|                                    | SEMESTRE II            |      |     |     |            |     |     |         |     |     |           |     |     |         |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>LABORATORIO</b>                 | 103                    | 104  | 105 | 201 | 103        | 104 | 105 | 103     | 104 | 105 | 103       | 104 | 105 | TOTALES |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>MES</b>                         | AGOSTO                 |      |     |     | SEPTIEMBRE |     |     | OCTUBRE |     |     | NOVIEMBRE |     |     |         |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>HORAS DISPONIBLES</b>           | 396                    | 396  | 396 | 396 | 372        | 372 | 372 | 400     | 400 | 400 | 380       | 380 | 380 | 5040    |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>N° ESTUDIANTES DOCENCIA</b>     |                        |      |     | 504 |            |     |     |         |     |     |           |     |     | 504     |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>N° ASISTENTES TRAB. IND.</b>    | 21                     | 2    | 16  |     |            |     |     |         |     |     |           |     |     | 39      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>N° ASISTENTES I.TI. PB</b>      |                        | 1470 |     |     |            |     |     |         |     |     |           |     |     | 1470    |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>N° ASISTENTES INVESTIGACIÓN</b> |                        |      |     |     |            |     |     |         |     |     |           |     |     | 0       |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>HORAS DOCENCIA</b>              | 10                     |      |     | 72  |            |     |     |         |     |     |           |     |     | 82      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>HORAS REALES TRAB. IND.</b>     | 41                     | 5    | 35  |     |            |     |     |         |     |     |           |     |     | 81      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>HORAS I.TI. PB</b>              | 40                     | 274  |     |     |            |     |     |         |     |     |           |     |     | 314     |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <b>HORAS INVESTIGACIÓN</b>         |                        |      |     |     |            |     |     |         |     |     |           |     |     | 0       |     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
|                                    | TOTAL HORAS UTILIZADAS |      |     |     |            |     |     |         |     |     |           |     |     |         | 477 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |

*Figura 19.* Registro de operación del bloque 17 en el mes de agosto del 2024

Fuente. Oficina de gestión de laboratorios de la Institución Universitaria Pascual Bravo

En la información anterior están definidas las áreas principales del laboratorio de la siguiente manera:

103: Laboratorio de soldadura (general)

104: Cuarto de herramientas

105: Aula de pruebas de ensayo destructivo y no destructivo

201: Aula de clase (Ubicada en el segundo piso del laboratorio)

Por lo anterior se deduce que el laboratorio tuvo una operación aproximada de 480 horas dentro del mes de agosto, y teniendo en cuenta que durante este mes tanto los estudiantes de secundaria como estudiantes de la universidad hicieron uso de este espacio.

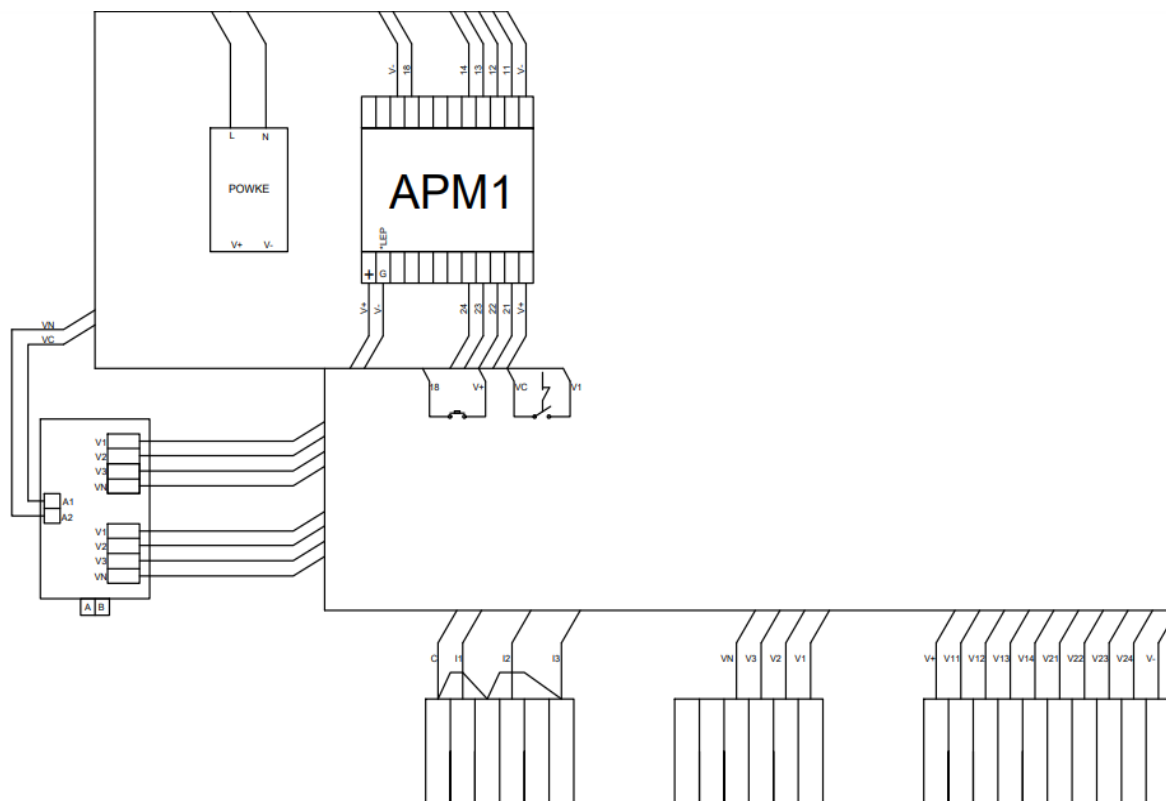
Sin embargo, a partir de los datos de operación de los diferentes procesos que se llevan a cabo dentro del laboratorio, se observó que su operación está ligada en gran porcentaje a los procesos de soldadura y pruebas de ensayo destructivo y no destructivo con un total de horas al mes de 41 y 35 horas respectivamente.

Por lo anterior se deduce que el mayor consumo de energía lo está realizando las máquinas de ensayo, los soldadores de multiprocesos (MIG y TIG), y en su defecto los aspiradores de humo.

## **6.9 Herramienta de medición**

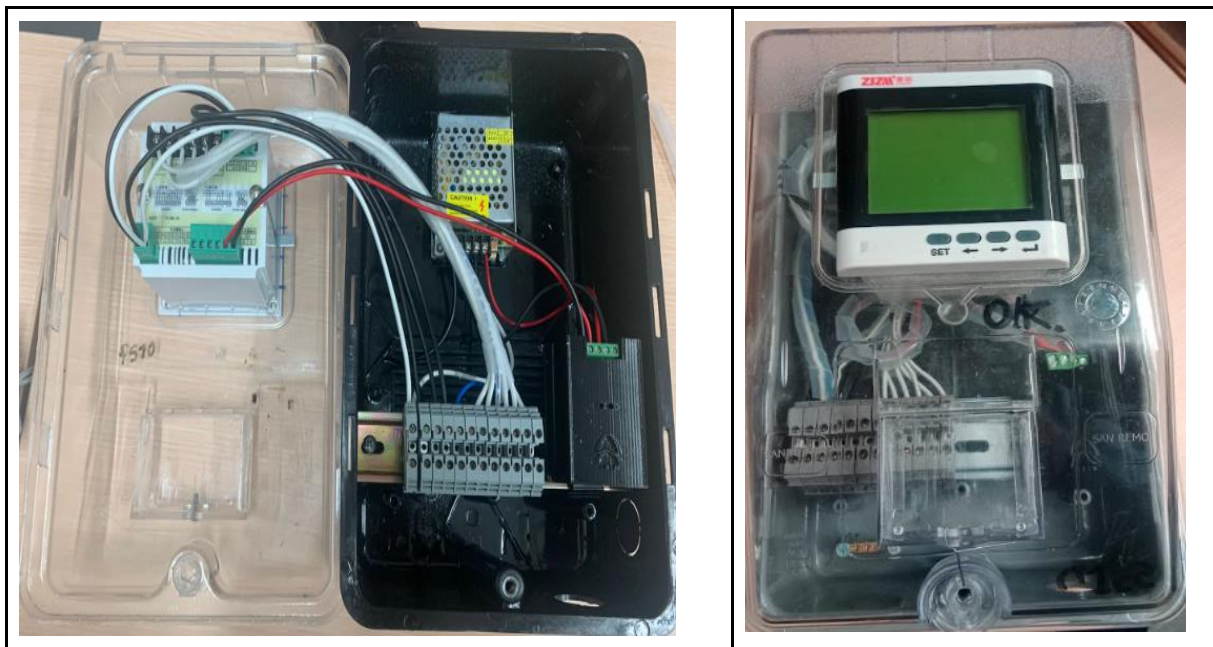
Para el cumplimiento de los objetivos de esta auditoría, los integrantes del mismo realizaron el montaje del equipo de medida el cual se encargó de tomar el registro de los datos de consumo y el reporte era generado mediante la señal digital que se genera con el gateway y tecnología IoT, recopilando los datos en una base de excel.

Los componentes que posee la herramienta de medición se describen técnicamente dentro del marco teórico del presente informe, así pues en la Figura 20 se muestra el diagrama de conexión que se utilizó para su respectivo montaje.



*Figura 20.* Diagrama de conexión para el equipo de medida (medidor multifuncional)  
Fuente. Semillero de investigación de valoración del desempeño energético en la I.U Pascual Bravo

Con base al diagrama de montaje demostrado anteriormente se obtuvo el siguiente resultado de montaje físico el cual fue instalado en acometida de entrada al bloque 17 de la Institución Universitaria Pascual Bravo.



*Figura 21.* Resultado final del prototipo del medidor multifuncional

Fuente. Semillero de investigación de valoración del desempeño energético en la I.U Pascual Bravo y fotografía propia

El objetivo principal de este equipo está en el registro automático de los datos por cada fase que posee el sistema eléctrico del bloque, tales como: tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, factor de potencia y frecuencia.

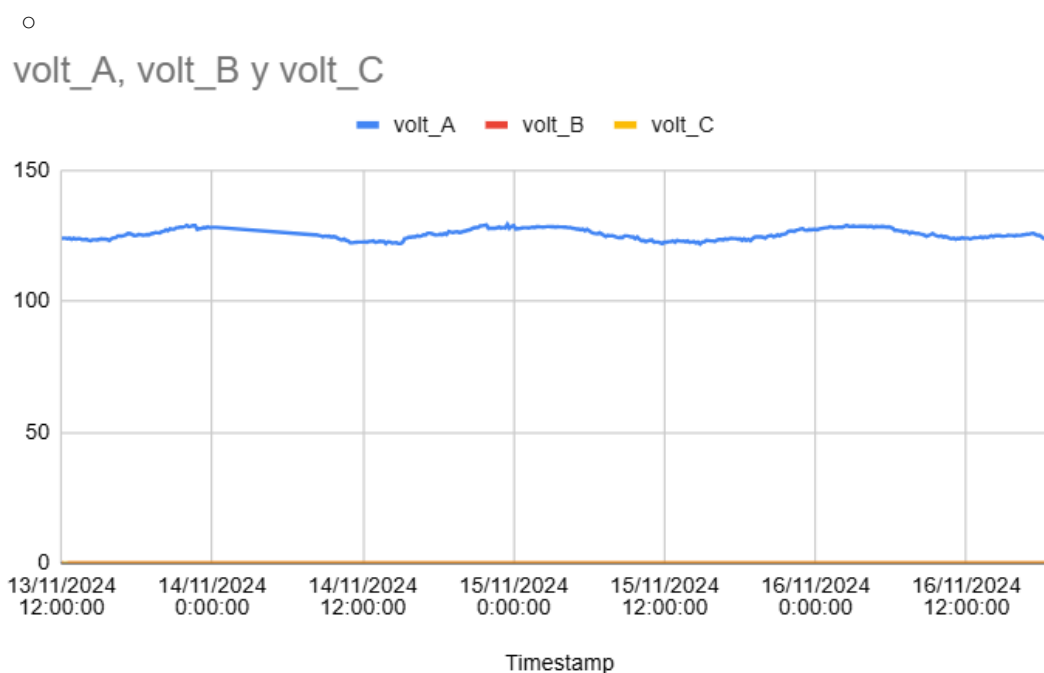
### **6.10 Calidad del consumo energético**

Mediante la instalación del medidor multifuncional en el bloque 17 el registro respectivo del consumo energético, se tomaron los datos de una semana continua donde se configuró el mismo para que registrara los datos cada 10 minutos del cual se obtuvieron 8.618 datos en total.

A continuación se realiza la descripción del consumo energético mediante los diversos parámetros medidos apoyados con gráficas para la visualización ampliada del sistema, las cuales sustentan los datos reportados en el anexo G y correspondientes al reporte del consumo energético.

### 6.10.1 Comportamiento de las tensiones en las líneas del sistema eléctrico

La Figura 21 muestra el gráfico de voltajes en las líneas A, B y C a lo largo del tiempo, lo cual es crucial para evaluar el consumo energético y la estabilidad del sistema eléctrico en el bloque. Este análisis proporciona una base para identificar patrones de consumo y posibles mejoras en la eficiencia energética.



*Figura 22.* Tensiones en las líneas del sistema eléctrico

Fuente. Construcción propia

La Figura 22 muestra que el rango de voltaje en las líneas está entre 121 V y 129 V aproximadamente y que las tres líneas tienen un ciclo similar.

Sin embargo en la línea A se presentan mayores amplitudes con picos máximos que oscilan entre los 130.5V y picos mínimos que oscilan entre los 124 V, además muestra una mayor estabilidad en las crestas.

En la línea B se observan fluctuaciones más pronunciadas alcanzando picos más bajos que oscilan entre 122 V, generalmente se mantiene por debajo de las otras líneas con una mayor variabilidad en periodos cortos.

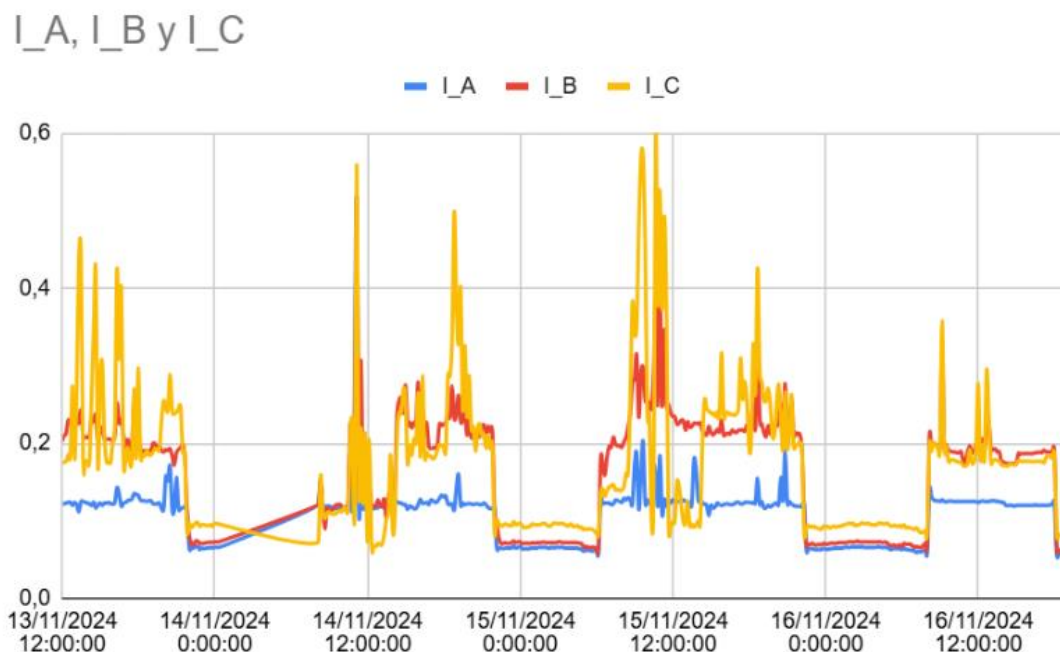
La línea C presenta un valor intermedio entre las líneas A y B con fluctuaciones más leves, posee rangos típicos de voltaje que están entre 124 V y 130 V, lo que indica que tiene mejor estabilidad en las crestas.

Hay dos picos principales en el gráfico, que ocurren entre el día 13 de octubre del 2024 y cerca del 14 de octubre del 2014, donde los valles más bajos ocurren justo antes, indicando posibles momentos de menor demanda o carga.

En conclusión la gráfica demuestra que existe un desbalance constante entre las líneas lo que podría indicar una distribución desequilibrada de cargas, los ciclos diarios sugieren patrones de consumo relacionados con las actividades que son más demandadas dentro del bloque, las variaciones bruscas podrían indicar la conexión y desconexión de cargas importantes, puesto que las variaciones significativas en el voltaje pueden afectar la estabilidad de los equipos de soldadura, lo que podría requerir la implementación de reguladores de voltaje o sistemas de protección.

### **6.10.2 Comportamiento de las corrientes en las líneas del sistema eléctrico**

La importancia del monitoreo de las corrientes en un sistema eléctrico se sustenta en el fácil acceso para la identificación de los patrones del uso de la energía y facilitando la detección de consumos anormales y así poder establecer líneas bases de consumo y mejorar el ahorro y prevenir la sobrecarga en los conductores, es por ello que a continuación se presenta el comportamiento que tienen las corrientes en cada línea del sistema eléctrico del bloque 17.



*Figura 23.* Corriente en las líneas del sistema eléctrico

Fuente. Construcción propia

De la Figura 23 se puede deducir lo siguiente:

La línea A representada en azul, muestra un comportamiento relativamente estable con ligeras fluctuaciones entre 0.15A a 0.2A.

No presenta picos significativos, lo que sugiere que las cargas conectadas a esta fase son constantes y no causan grandes perturbaciones (posiblemente iluminación o equipos auxiliares).

La línea B representada en rojo, tiene un comportamiento similar al de la fase A, pero con más variabilidad que va de 0.05A y 0.38A.

Las corrientes muestran pequeñas variaciones y algunos picos moderados que indican una carga menos estable que la fase A.

La línea C presenta el consumo más bajo de las líneas con valores promedios entre 0.2 y 0.4 A, que podrían hacer referencia a los periodos de inactividad.

La línea C representada en amarillo, presenta el comportamiento más inestable, con picos pronunciados que superan los 0.5 A y llegando a un máximo de 0.6A.

Estos picos abruptos sugieren la presencia de cargas transitorias, arranques de equipos de alta potencia, o eventos de sobrecarga intermitentes.

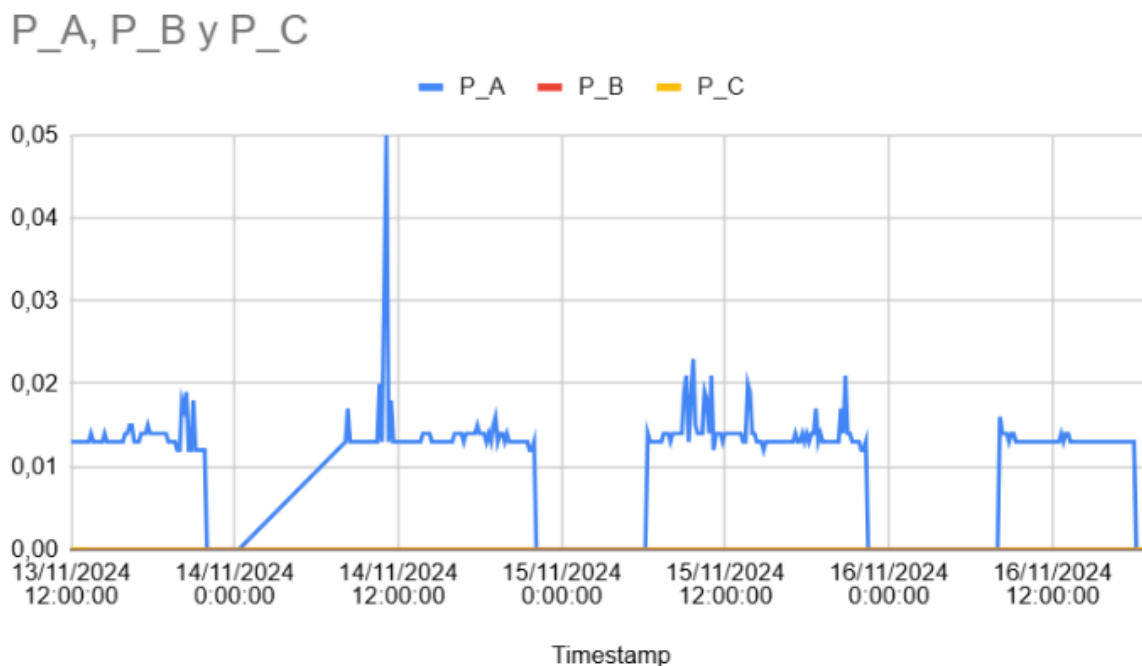
La línea C también muestra caídas rápidas después de los picos, lo que podría ser indicativo de un ciclo de uso intermitente de los equipos.

Generalmente se observan ciclos de trabajo claramente definidos donde el periodo de baja actividad está dado en los horarios nocturnos que es donde la universidad ha terminado su jornada.

En conclusión, el desbalance entre las fases es evidente, donde la línea C soporta mayor carga, lo que requiere la necesidad de una redistribución de cargas.

### **6.10.3 Comportamiento de la potencia activa en las líneas del sistema eléctrico**

La importancia de analizar la potencia activa dentro de esta auditoría radica en entender el consumo de energía que realiza el bloque para realizar el trabajo útil, permitiendo identificar ineficiencia, optimizar el uso de la energía y reducir costos operativos al ajustar el consumo a las necesidades reales de los procesos que se llevan a cabo dentro del laboratorio.



*Figura 24.* Potencia activa en las líneas del sistema eléctrico  
Fuente. Construcción propia

De la Figura 24 se observa un aumento notable de potencia el 14 de noviembre alrededor de las 12:00 PM, seguido de períodos de actividad con caídas abruptas.

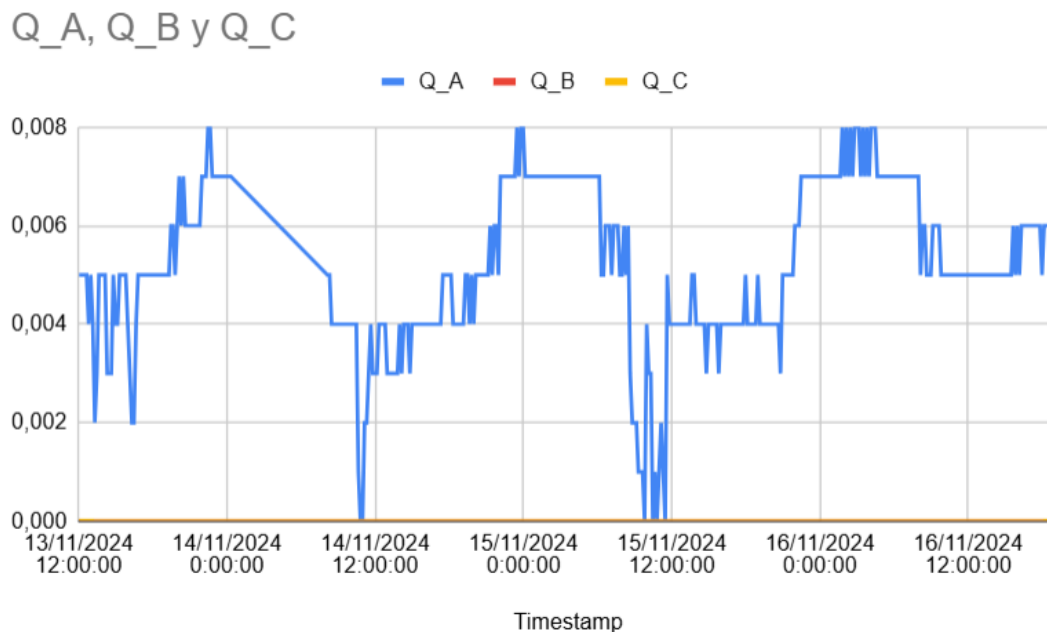
El comportamiento de la fase A es intermitente, con períodos de potencia nula que sugieren cargas cíclicas o equipos que operan en intervalos. (máquinas de soldar). También en los momentos nocturnos donde la universidad ya no tiene ningún tipo de actividad en donde no se registra consumo de energía.

La línea B y C no muestran consumo.

#### **6.10.4 Comportamiento de la potencia reactiva en las líneas del sistema eléctrico**

El estudio y análisis de la energía reactiva es crucial también en esta auditoría, especialmente debido al espacio que se está auditando, donde el uso de las máquinas de soldar puede generar variaciones significativas en la demanda de energía reactiva. La

gestión adecuada de esta energía puede mejorar la eficiencia y reducir costos asociados con la penalización por factor de potencia.



*Figura 25.* Potencia reactiva en las líneas del sistema eléctrico  
Fuente. Construcción propia

La Figura 25 muestra que la línea A tiene fluctuaciones, lo que podría indicar variaciones en la carga o en el uso de equipos que se encuentran conectados a esta línea siendo así un comportamiento típico de cargas inductivas variables como lo son los equipos de soldadura. También se perciben caídas de consumo en horas de la noche, esto se debe a que la universidad tiene ausencia de estudiantes.

Las líneas B y C no muestran consumo.

En conclusión, hay una necesidad evidente de compensar la energía reactiva en la línea A.

### 6.10.5 Comparación entre la potencia activa y reactiva total en las líneas del sistema eléctrico

A continuación, en la Figura 26 se muestra el comportamiento del sistema eléctrico, mostrando cómo varía la potencia activa y reactiva a lo largo del tiempo determinado, donde la relación potencia activa/potencia reactiva indican un sistema con carga moderadamente inductiva.

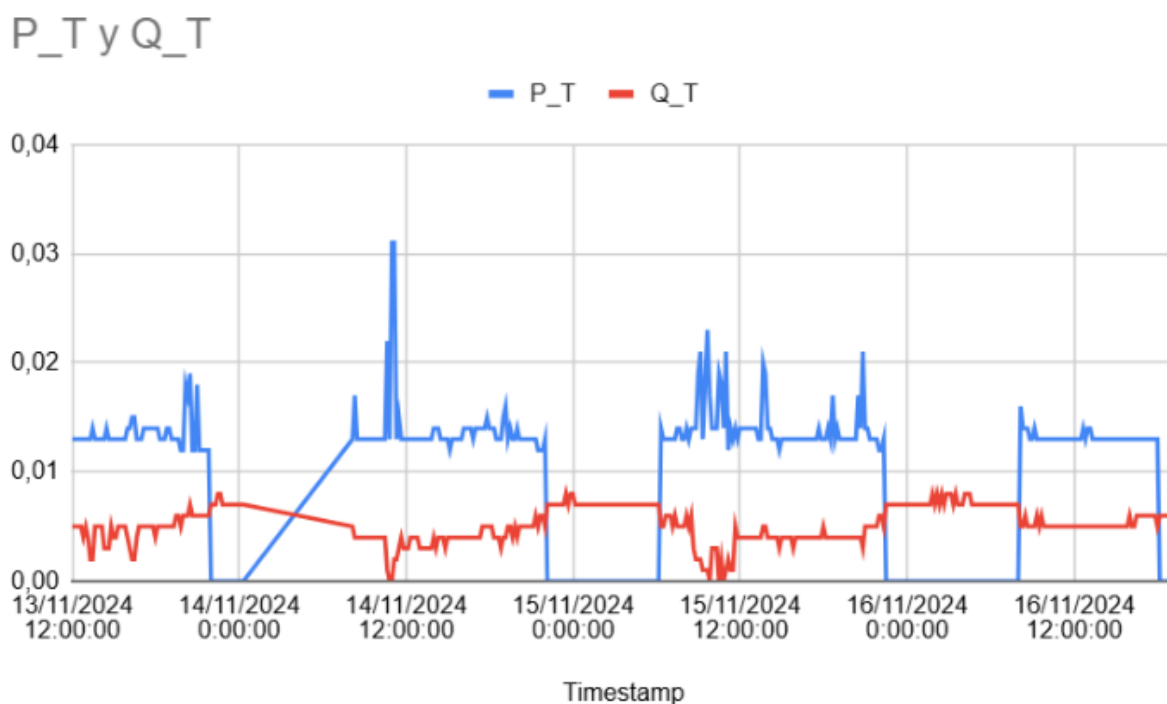


Figura 26. Potencia activa total VS Potencia reactiva total en las líneas del sistema eléctrico

Fuente. Construcción propia

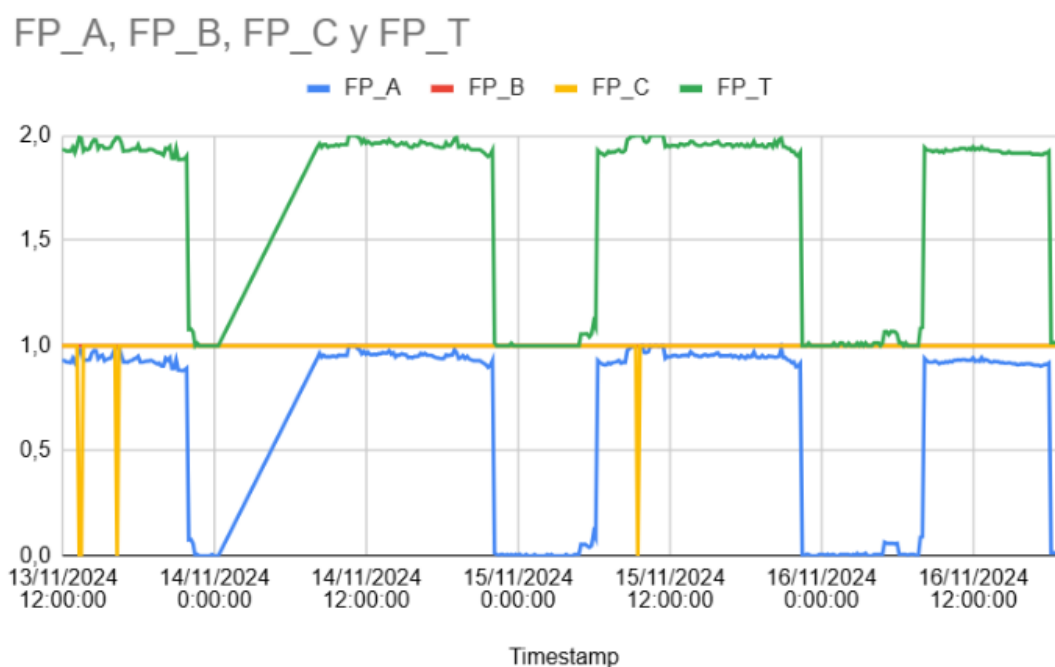
En la Figura 26 se observa que la potencia activa inicialmente muestra un pico elevado y con el paso del tiempo se estabiliza en un rango más bajo, a diferencia de la potencia reactiva que es más estable y sigue un patrón similar al de la activa, pero con menos variaciones.

El valor máximo de la potencia activa es aproximadamente 0.35 kW y el valor máximo de la potencia reactiva es menor a 0.01 kW.

Las variaciones repentinas indican posibles conexiones y desconexiones de equipos.

El análisis de la figura anterior proporciona una visión técnica del comportamiento del sistema eléctrico, identificando las áreas de mejora y recomendaciones específicas para optimizar su operación, y que son resaltados en el apartado de recomendaciones del presente documento.

### 6.10.5 Comparación entre el factor de potencia entre cada línea VS factor de potencia total del sistema eléctrico



*Figura 27.* Factor de potencia de cada línea VS factor de potencia general  
Fuente. Construcción propia

Se toman los voltajes por fase y se hacen los respectivos análisis de datos y sus gráficas. Tales variables son denominadas de la siguiente manera: Voltaje A, Voltaje B, Voltaje C (Para el caso de las tensiones por fase), Corriente A, Corriente B, Corriente C (Para el caso de las corriente en cada fase), Consumo A, Consumo B,

Consumo C, Potencia Total, Consumo Total. Como muestra la Figura 28.

| VOLTAJE A |             |
|-----------|-------------|
| Datos     | 432         |
| Maximo    | 129,295     |
| Minimo    | 121,798     |
| Rango     | 7,497       |
| Intervalo | 0,017354167 |
| Amplitud  | 0,09099889  |
| Media     | 125,502     |
| Varianza  | 4,0459      |
| Moda      | 124,17      |

*Figura 28.* Datos totales, maximos y mínimos de las lecturas  
Fuente. Construcción propia

### 6.11 Calidad del sistema de iluminación

Dentro de este informe se tiene en cuenta los parámetros reglamentarios para los diferentes tipos de sistemas eléctricos, es por ello que para el sistema de alumbrado que posee el bloque 17 (CIDES) se inició el estudio de iluminación basados en el nivel de iluminación que indica la norma RETILAP para establecimientos de soldadura y áreas de donde se manipulan diversos materiales metálicos, esto para toda el área del taller.

Paralelamente, también se tiene en cuenta los niveles de iluminación reglamentarios para el aula de clase ubicada en el segundo piso del bloque, la oficina de herramientas, la oficina de investigación y desarrollo y el aula de prueba de ensayo destructivo y no destructivo.

A continuación en la Tabla 6 se mencionan los niveles indicados por el RETILAP para los diferentes espacios señalados previamente.

Tabla 6  
Niveles de iluminación normativos

| ITEM | ZONA  | NÍVEL EM (Lx) |
|------|---|---------------|
| 1    | Corredores y zonas de circulación                       | 100           |
| 2    | Escaleras   | 100           |
| 3    | Soldadura   | 300           |
| 4    | Área de copiado (Oficina de investigación y desarrollo) | 300           |
| 5    | Ensayo, medición e inspección                           | 500           |
| 6    | Aula o salón de clase                                   | 500           |
| 7    | Almacenamiento abierto (oficina de herramientas)        | 200           |

Ahora bien, una vez conocidos los niveles de mínimos de iluminación tomados de la norma se procede a realizar el análisis de la calidad del sistema de iluminación de la cual inicialmente se debe considerar las alturas de las luminarias desde el nivel del piso y la distancia entre ellas.

Tabla 7  
Alturas de la luminarias en los módulos y aulas desde el nivel del suelo

| Tipo luminaria | Marca Tubo Luminaria | Altura en taller (m) | Altura en aula de clase (m) | Altura en laboratorio de ensayo (m) | Altura en oficina de herramienta (m) |
|----------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Fluorescente   | Philips              | 5                    | 2.5                         | 2.46                                | 3.2                                  |

Tabla 8  
*Alturas de las luminarias en los módulos y aulas desde el puesto de trabajo*

| <i>Área o zona</i>  | <i>Distancia</i>  |
|---|-------------------|
| <i>Taller de soldadura (módulos 3-12)</i>                 | <i>3.8 metros</i> |
| <i>Taller de soldadura (módulos 1)</i>                    | <i>4.2 metros</i> |
| <i>Taller de soldadura (módulos 2)</i>                    | <i>4.1 metros</i> |
| <i>Aula de clase</i>                                      | <i>1.8 metros</i> |
| <i>Laboratorio de ensayo destructivo y no destructivo</i> | <i>1.8 metros</i> |
| <i>Oficina de herramientas</i>                            | <i>2.5 metros</i> |

Luego de obtener estos datos se procedió a tomar medición del nivel de iluminación existente en cada área del laboratorio con ayuda del luxómetro, del cual se obtuvieron los siguientes datos (ver Tabla 9).

Cabe destacar que los datos representados en la Tabla 9 fueron tomados el día 18 de octubre del año 2024, a las 06:00 pm con el propósito de comprobar si los niveles de iluminación cumple con los estándares requeridos para cada tipo de espacio que posee el laboratorio, también se realizó en este horario para identificar la existencia de zonas con exceso o déficit de luz y adicional para analizar qué factores en la iluminación como deslumbramientos, sombras incómodas o fatigas visuales; pero lo más importante de esta toma es que se permitió analizar el comportamiento del sistema de iluminación en las condiciones reales de uso, algo que no puede replicarse completamente durante el día.

Tabla 9  
registro de volúmenes medidos en el bloque 17

| Lugar  | Punto de medición | Lectura | Cumplimiento |
|--|-------------------|---------|--------------|
| Módulo 1 - Zona de corte                         | 1                 | 47,50   | No           |
| Módulo 2 - Zona de soldadura                     | 2                 | 33,40   | No           |
| Módulo 3 - Zona de soldadura                     | 3                 | 26,90   | No           |
| Módulo 4 - Zona de soldadura                     | 4                 | 32,20   | No           |
| Módulo 5 - Zona de soldadura                     | 5                 | 38,70   | No           |
| Módulo 6 - Zona de soldadura                     | 6                 | 43,40   | No           |
| Módulo 7 - Zona de soldadura                     | 7                 | 34,50   | No           |
| Módulo 8 - Zona de soldadura                     | 8                 | -       | No           |
| Módulo 9 - Zona de soldadura                     | 9                 | 40,80   | No           |
| Módulo 10 - Zona de soldadura                    | 10                | 35,20   | No           |
| Módulo 11 - Zona de soldadura                    | 11                | 41,40   | No           |
| Módulo 12 - Zona de soldadura                    | 12                | 39,40   | No           |
| Taller - Zona de yunque                          | T1                | 44,40   | No           |
| Taller - Zona de yunque                          | T2                | 42,00   | No           |
| Taller - Zona de yunque                          | T3                | 64,80   | No           |
| Taller - Roladora                                | T4                | 55,60   | No           |
| Taller - Cortadora                               | T5                | 68,10   | No           |
| Taller - Zona de prensas                         | T6                | 71,40   | No           |
| Taller - Zona de prensas                         | T7                | 70,90   | No           |
| Taller - Zona de prensas                         | T8                | 72,20   | No           |
| 101 - Almacén                                    | N/A               | -       | -            |
| 102 - Oficina Ins. & Desarrollo                  | T9                | 39,50   | No           |
| 102 - Oficina Ins. & Desarrollo                  | T10               | 25,90   | No           |
| 102 - Oficina Ins. & Desarrollo                  | T11               | 27,20   | No           |
| 103 - Oficina de herramientas                    | T12               | 103,70  | No           |
| 105 - Lab de ensayo destructivo y No destructivo | L1                | 116,80  | No           |
| 105 - Lab de ensayo destructivo y No destructivo | L2                | 128,00  | No           |

|   |           |              |           |
|---|-----------|--------------|-----------|
| <i>105 - Lab de ensayo destructivo y No destructivo</i> | <i>L3</i> | <i>67,70</i> | <i>No</i> |
| <i>105 - Lab de ensayo destructivo y No destructivo</i> | <i>L4</i> | <i>67,70</i> | <i>No</i> |
| <i>201 - Aula de clases</i>                             | <i>A1</i> | <i>27,20</i> | <i>No</i> |

Una vez resaltado la información anterior se objetivo un valor total de los lúmenes que posee el laboratorio en general, destacando sus valores mínimos y máximos que se presentan en el bloque, esos datos son los siguientes (ver Tabla 10).

Tabla 10  
*Datos mínimos y máximos del sistema de iluminación en general*

|   |         |
|---|---------|
| <b>TOTAL PROMEDIO ILUMINACIÓN DEL BLOQUE 17 - CIDES</b> | 1506,50 |
| Lectura mínima  | 25,90   |
| Lectura máxima  | 128     |

Con esta lectura se pretende generar un estudio exhaustivo a futuro del sistema de iluminación donde se presentan estos registros tomados mediante un luxómetro.

Como resultado a la calidad del sistema de iluminación que hay dentro del bloque 17 se puede entender que no se están cumpliendo con los niveles reglamentados en el RETILAP para el tipo de actividades que allí se efectúan, y adicionalmente la distribución y ubicación de las lámparas crean sombras profundas en los módulos de soldadura que dificultan la visibilidad de las áreas de trabajo, y puede ser el factor principal en el aumento de riesgos de errores o accidentes.

En cuanto a los procesos de soldadura se puede decir que, aumenta los errores en la calidad de la soldadura debido a la mala visibilidad ya que no favorece la inspección adecuada de las piezas.

## 6.12 Variables relevantes

En conjunto con el laboratorio y la información anteriormente recolectada mediante los estudios realizados en este informe se identifican 6 variables relevantes que puede estar generando mayor impacto en el desempeño energético y se presentan a continuación dentro de un diagrama de causa y efecto, los cuales son:

- Control y Supervisión deficiente
- Falta de tecnología eficiente
- Falta de conocimiento operativo
- Mala gestión de inventarios
- Mantenimiento NO organizado
- Iluminación deficiente



*Figura 29.* Diagrama causa-efecto de las variables relevantes  
Fuente. Construcción propia

### **6.13. Recomendaciones finales de la auditoría energética del bloque 17 CIDES**

En esta sección, se presentan una serie de recomendaciones basadas en los hallazgos y conclusiones obtenidos a lo largo de la implementación de la auditoría energética como método investigativo dentro del bloque 17 (Centro de Investigación y Desarrollo en Soldadura) de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Estas sugerencias están orientadas a mejorar futuros estudios en el área, así como a optimizar la aplicación práctica de los resultados obtenidos. Se espera que estas recomendaciones sirvan como guía para investigadores, profesionales y cualquier interesado en profundizar en el tema, promoviendo así el avance continuo y la innovación en este campo de estudio.

Dado que el consumo de energía en el bloque 17 en especial los equipos de soldadura dependen del número de estudiantes, el tipo de prácticas, los materiales, y los equipos que se encienden y apagan varias veces, se sugiere realizar el estudio permanente. Esto con el fin de ayudar a capturar los momentos y la variables apropiados según el día y la hora, incluir los momentos pico donde se refleje el consumo, los armónicos y el factor de potencia.

En primer lugar dentro de esta auditoría no fue posible tener una claridad en la obtención de los datos ya que el personal encargado de la instalación del medidor dentro del mismo (contratistas de la institución) no realizó la correcta instalación del equipo, creando así la posibilidad de obtener los datos de las tensiones, potencia activa y reactiva de las líneas B y C de la acometida, esté falencia se evidencia en las gráficas y en el reporte del medidor indicado en el anexo G, donde los valores de estas líneas son nulos, es por ello que se recomienda hacer un reajuste de suma importancia en el montaje del equipo.

En segunda instancia, para garantizar el éxito en la comunicación para futuros estudios relacionados con el laboratorio en especial, es crucial contar con una documentación técnica detallada de los equipos y bases de datos actualizadas. Se recomienda mantener registros precisos del rendimiento y consumo energético de cada equipo, ya que esta información es esencial para identificar oportunidades de mejora y optimización. Además,

una documentación exhaustiva facilita la trazabilidad y el análisis histórico de los datos, permitiendo evaluar la eficiencia energética y proponer medidas correctivas efectivas. Sin una documentación adecuada, la precisión de los resultados de la auditoría podría verse comprometida, dificultando la implementación de estrategias sostenibles y eficientes. Por lo tanto, se sugiere establecer un sistema riguroso de documentación técnica (fichas técnicas de los equipos, hojas de vida de los equipos, plan de mantenimiento de los equipos, etc) como parte integral del proceso de auditoría energética.

En tercer lugar, para asegurar el desarrollo y cumplimiento efectivo de calidad energética y normativas dentro del laboratorio de soldadura, es fundamental que las placas de características de los equipos se mantengan en un estado adecuado y legible, ya que en las visitas que se realizaron se evidenció que hay equipos que tienen su placa de características en mal estado. Se recomienda verificar regularmente el estado de estas placas. Esta información es de suma importancia para todo el personal que allí opere con el fin de que puedan hacer uso correcto de los equipos, a su vez esto también permite identificar áreas de mejora y optimización energética. Además, las placas de características facilitan la trazabilidad y el mantenimiento de los equipos, contribuyendo a la implementación de estrategias de eficiencia energética. Por lo tanto, se sugiere establecer un protocolo de revisión y mantenimiento de las placas de características como parte integral del proceso de auditoría energética.

En cuarto lugar, para optimizar la gestión y el mantenimiento de los equipos en el bloque 17, se recomienda llevar un registro detallado del tiempo de operación de cada máquina en una base de datos interna. Este registro permitirá monitorear el uso y el rendimiento de los equipos, facilitando la identificación de patrones de desgaste y la planificación de mantenimientos preventivos. Además, contar con datos precisos sobre el tiempo de operación ayuda a evaluar la eficiencia energética de cada máquina y a tomar decisiones informadas sobre posibles actualizaciones o reemplazos.

También se recomienda hacer una inspección exhaustiva del dimensionamiento de los equipos y el balance de cargas en las fases, para así poder validar que los equipos estén

correctamente dimensionados y evitar sobrecargas o subutilización, lo cual puede afectar negativamente la eficiencia energética. Además, es esencial asegurar un balance adecuado de las cargas en las diferentes fases del sistema eléctrico, ya que un desequilibrio puede provocar pérdidas de energía y reducir la vida útil de las máquinas. Implementar estas prácticas no solo optimiza el consumo energético, sino que también contribuye a la seguridad y fiabilidad del laboratorio. Por lo tanto, se sugiere incluir una revisión periódica del dimensionamiento y balance de cargas como parte integral de la operación del laboratorio.

Adicionalmente, se recomienda contemplar la posibilidad de instalar medidores multifuncionales de manera individual en cada módulo donde se encuentran las máquinas de soldadura, con el propósito de permitir un monitoreo preciso del consumo energético, facilitando la identificación de los mismos con alto consumo y posibles ineficiencias. Además, al contar con datos detallados, se podrán implementar estrategias específicas de ahorro energético, optimizando el uso de recursos y reduciendo costos operativos. La instalación de estos medidores no solo contribuirá a una gestión más sostenible del laboratorio, sino que también proporcionará información valiosa para futuras auditorías y mejoras continuas en la eficiencia energética.

También para poder garantizar la seguridad y eficiencia energética dentro del bloque 17, se recomienda realizar verificaciones periódicas de las conexiones y el estado de los conductores de la acometida eléctrica. Esta práctica es crucial para identificar y corregir posibles fallos o deterioros que puedan causar pérdidas de energía, sobrecalentamientos o incluso riesgos de incendio. Además, mantener en óptimas condiciones las conexiones y conductores asegura un suministro eléctrico estable y confiable y reduce los costos por reparaciones inesperadas. Sin embargo, es fundamental todo esto dentro de un programa estructurado de planificación de mantenimiento tanto para las máquinas como para los tableros de distribución principal de la acometida eléctrica, y así facilitar inspecciones y mantenimientos preventivos de manera regular, lo que ayudará a identificar y solucionar problemas antes de que se conviertan en fallos mayores. Además, un mantenimiento

adecuado prolonga la vida útil de los equipos y mejora la eficiencia energética al garantizar que todos los componentes eléctricos funcionen de manera óptima.

Por otro lado, también se recomienda realizar un estudio térmico en puntos críticos del laboratorio, especialmente en los tablero eléctricos, ya que durante el desarrollo de esta auditoria energética no fue posible la obtención del instrumento tecnológico adecuado para tal actividad como lo es una cámara termográfica, esto con el objetivo de poder detectar puntos calientes y anomalías no visibles a simple vista, así pues, se recomienda implementar este procedimiento dentro de la planificación de mantenimiento.

Por último, para poder cumplir con los estándares de iluminación establecidos por la norma RETILAP y mejorar las condiciones de trabajo en el laboratorio de soldadura, se recomienda rediseñar el sistema de alumbrado. Es crucial instalar luminarias LED de alta eficiencia, que proporcionan una iluminación adecuada y uniforme en todas las áreas de trabajo. Se sugiere colocar las lámparas a una altura que maximice la distribución de la luz, evitando sombras y deslumbramientos. Además, es beneficioso individualizar los módulos de soldadura con sistemas de iluminación específicos para cada estación de trabajo, lo que permitirá un control más preciso y adaptado a las necesidades de cada tarea. Dado que el laboratorio no cuenta con un sistema de iluminación de emergencia, es fundamental incluirlo en el rediseño para garantizar la seguridad en caso de fallos eléctricos. En resumen, un sistema de alumbrado bien diseñado no solo mejora la visibilidad y la seguridad, sino que también contribuye a la eficiencia energética y al cumplimiento normativo.

## 7. Conclusiones

La auditoría energética realizada en el bloque 17 (Centro de Investigación y Desarrollo en soldadura) de la Institución Universitaria Pascual Bravo ha permitido identificar áreas críticas de consumo energético y oportunidades de mejora. Los equipos de soldadura, junto con el sistema de iluminación y ventilación, representan los componentes de mayor demanda energética en el bloque. Todo ello fue posible gracias al uso del medidor multifuncional instalado ya que se evidenció que la infraestructura actual presenta áreas con pérdidas significativas de eficiencia.

Los resultados indican que la implementación de medidas de corrección de factor de potencia, balanceo de cargas en las líneas, y el uso de dispositivos de control y monitoreo continuos, y la sustitución de ciertos equipos por alternativas más eficientes pueden generar una reducción sustancial en los costos energéticos y mejorar la calidad del suministro eléctrico. Además, el cumplimiento con normativas como RETIE, RETILAP e ISO 50002 es fundamental para mantener la seguridad y sostenibilidad energética en el laboratorio.

En conclusión, la auditoría energética ha demostrado la viabilidad de implementar mejoras que optimicen el consumo energético, reduzcan el impacto ambiental y promuevan un modelo de gestión energética alineado con los estándares de eficiencia y sostenibilidad de la universidad. Estas acciones no solo contribuirán a reducir costos operativos, sino que también reforzarán el compromiso institucional con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

## **8. Recomendaciones**

Es indispensable que se realice un estudio de iluminación y diseño para que cumpla con los niveles de iluminación que exige el Retilap.

Realizar una inspección visual con cámara termográfica para detectar puntos críticos por falsos contactos para asegurar la durabilidad de los equipos y evitar daños en el futuro.

Se recomienda realizar un estudio de calidad más exhaustivo por cada equipo, instalando un analizador de redes por maquina mínimo por 8 días.

## 9. Referencias bibliográficas

- Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público - RETILAP. (s/f). Gov.Co. Recuperado el 29 de octubre de 2024, de <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-iluminaci%C3%B3n-y-alumbrado-p%C3%BAblico-retilap/>
- Communications. (2021, febrero 10). ¿Qué es la eficiencia energética y cómo se calcula? BBVA. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-eficiencia-energetica-y-como-se-calcula/>
- México, M. M. S. (2023, 25 abril). Procesos de soldadura: conózcalos y elija el mejor para su taller. Gardner Business Media, Inc. <https://www.mms-mexico.com/articulos/seleccione-el-soldador-correcto>.
- League of Tools. (2024.). *Calcular el consumo de energía del inversor de soldadura*. <https://es.leagueoftools.com/soldadura/calcular-el-consumo-de-energia-del-inversor-de-soldadura.html>
- ¿Cuáles son los principales tipos de sensores de corriente? (s/f). Soluciones de Adquisición de Datos (DAQ). Recuperado el 18 de octubre de 2024, de <https://dewesoft.com/es/blog/cuales-son-los-principales-tipos-de-sensores-de-corriente>
- Vélez Osorio, A. (2023). Auditoría energética según la norma ISO 50002 al sistema de aire acondicionado de la oficina financiera del bloque 25. Institución Universitaria Pascual Bravo. [https://abcd.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/2392/1/Rep\\_IUPB\\_Tec\\_Elec\\_Auditoria\\_Energ%C3%A9tica.pdf](https://abcd.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/2392/1/Rep_IUPB_Tec_Elec_Auditoria_Energ%C3%A9tica.pdf)
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2016). Cartilla de etiquetado energético. <https://www.minenergia.gov.co/documents/3878/CartillaEtiquetadoEnergetico02-08-2016.pdf>
- International Energy Agency. (2020). *Energy efficiency 2020*. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020>

- Ley 1715 de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Diario Oficial No. 49.130.*
- ISO. (2024). ISO 50002:2024 Energy audits – Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization.*
- ISO. (2019). ISO 50001:2018 Energy management systems – Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization.  
<https://www.iso.org/standard/69426.html>*
- International Energy Agency (IEA). (2021). Energy Efficiency 2021.  
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2021>*
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020). El futuro del ahorro energético: Una guía para los países en desarrollo.  
<https://www.undp.org/publications/future-energy-saving-guide-developing-countries>*
- World Resources Institute (WRI). (2019). Building a sustainable energy future: Policy solutions for energy efficiency. <https://www.wri.org/publications/sustainable-energy-future>*
- congreso de la República de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=71307>*
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad.  
<https://www.dnp.gov.co/Paginas/Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>*
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2019). Estrategia Nacional de Eficiencia Energética 2019-2022. <https://www.minminas.gov.co/atencion-al-ciudadano/temas-de-interes/eficiencia-energetica/Paginas/default.aspx>*
- Advantech. (2020). Industrial IoT Gateways: Bridging Field and Cloud.  
<https://www.advantech.com/products/gateway>*
- Allegro Microsystems. (2021). Introduction to Hall-Effect Current Sensors.  
<https://www.allegromicro.com/en/insights-and-innovations/hall-effect-sensing>*
- Texas Instruments. (2022). Hall Effect Sensors for Current Measurement Applications.  
<https://www.ti.com>*

<https://www.la-pantalla.com.ar/tipo-de-iluminacion-en-un-laboratorio/>

<https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/6-serie-ntp-numeros-191-a-225-ano-1989/ntp-211-iluminacion-de-los-centros-de-trabajo>

<https://www.unir.net/revista/ingenieria/iluminacion-en-el-trabajo/>

<https://citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2016/09/Melchora-Poma-M..pdf>

cesar vallejo, u. (2013). *Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de soldadura del taller metalmecánica en la empresa Picofam SAC., Lima 2023*. universidad cesar vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/124001>

<https://www.solyman.com/como-realizar-el-mantenimiento-de-una-maquina-de-soldar/#:~:text=El%20mantenimiento%20de%20una%20m%C3%A1quina%20de%20soldar%20incluye%20revisiones%20peri%C3%B3dicas,anomal%C3%ADas%20antes%20del%20siguiente%20uso.>

[https://www.ugc.edu.co/pages/juridica/documentos/institucionales/Norma\\_%20NTC\\_2050\\_98\\_codigo\\_electrico\\_col.pdf](https://www.ugc.edu.co/pages/juridica/documentos/institucionales/Norma_%20NTC_2050_98_codigo_electrico_col.pdf)

<https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>

## 10. Anexos

## Anexo A. Encuesta de régimen de funcionamiento

| INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO   |  | REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO<br>CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN SOLDADURA - CIDES (BLOQUE 17)<br>INSTITUCION UNIVERSITARIA PARCUAL BRAVO |     |
|---|--|---|-----|
| FECHA   |  | CAPACIDAD MAXIMA DEL LABORATORIO EN PERSONAS  | 100 |
| OPERACION TECNICA   | DESCRIPCION DE LA OPERACION TECNICA  |   |     |
| Realización de planos de taller para fabricación de piezas.                       | Se realizan los planos definiendo dimensiones, geometría y material.   |   |     |
| Diseño de proceso de soldadura.   | Se realiza el diseño del proceso de soldadura, es necesario determinar el tipo de soldadura, los valores de las variables de corriente, identificación de electrodos, gases y material base; dependiente del diseño de la pieza final y los materiales escogidos.  |   |     |
| Fabricación de piezas metálicas para proyectos académicos.                        | La preparación de las piezas consiste en los siguientes pasos: determinar la posición de soldar dependiendo de la forma de la pieza final, sujetar las piezas a soldar, realizar la limpieza de las piezas y en caso de ser necesario realizar el biselado.<br>Una vez se realiza la preparación y sujeción de las piezas se procede a realizar el proceso de soldadura utilizando la máquina necesaria dependiendo del método de soldadura escogida. Siempre utilizando los elementos de seguridad necesarios |   |     |
| Verificación e inspección de soldadura.   | Se realiza la inspección visual de la pieza final, donde se identifican las lesiones y defectos.<br>Se realiza la corrección de los errores encontrados.   |   |     |
| Pruebas de calidad, verificación y resistencia de soldadura.                      | Se realizan los ensayos destructivos y no destructivos para comprobar la calidad de la soldadura   |   |     |
| Realización de ensayos destructivos.  | Se aplican los ensayos destructivos como pruebas de dureza, de tracción, flexión, de comprensión entre otros.  |   |     |
| Realización de ensayos no destructivos.   | Se aplican las diferentes técnicas de ensayo no destructivo sobre soldadura, como son rayos x, ultrasonido, líquidos penetrantes.  |   |     |
| Asesoría.   | Se presta asesoría a estudiantes para sus proyectos académicos en cuanto a los procesos y procedimientos de soldadura.   |   |     |
| Capacitación de estudiantes y personal para aprendizaje del proceso de soldadura. | Se realiza la capacitación para el aprendizaje de las técnicas de soldadura, selección del método, selección de corriente, selección de electrodos y materiales y ejecución de la soldadura según las normas de seguridad.   |   |     |


  

| ENCUESTA   | RESPUESTA |    | OBSERVACION                         |
|--|-----------|----|-------------------------------------|
|  | SI        | No |                                     |
| 1. Se ha presentado disminución de iluminación cuando el laboratorio esta presentando una alta ocupacion.  |           | X  |                                     |
| 2. Esta planificada la revision periodica para estudio de consumo energetico. ¿Con que frecuencia?   |           | X  |                                     |
| 3. Se realiza la medición del consumo de energia de cada equipo. ¿Con que frecuencia?  |           | X  |                                     |
| 4. El laboratorio cuenta con ppolíticas de eficiencia enegetica documentada.   | X         |    |                                     |
| 5. Se efectuan lecturas mensuales del contador electrico (Si el laboratorio no cuenta con medidor indicarlo en la observacion).                    |           | X  |                                     |
| 6. Los equipos permanecen encendidos durante todo el dia.  | X         |    | 40 h x semana                       |
| 7. Esta planificada la calibración de mas maquinas y/o equipos.  | X         |    |                                     |
| 8. ¿Cual o cuales son las carga de trabajo típicas durante las horas pico?   |           |    | todos los soldadores                |
| 9. Existen meses en los que el laboratorio se encuentra en una periodo de baja operación durante 15 o mas dias. ¿cuales?                           | X         |    |                                     |
| 10. Existen practicas de ahorro energetico durante los periodos de baja operatividad del laboratorio.  | X         | X  |                                     |
| 11. Existen sistemas que estan en funcionamiento durante el tiempo no operativo. ¿cual?  | X         |    | COMPRESOR.                          |
| 12. Existe un sistema de aprovechamiento de luz natural. ¿cual?  |           | X  |                                     |
| 123. Se conoce el consumo de energia que se realiza en horas de la noche y durante los fines de semana.  |           | X  |                                     |
| 14. Esta planificada la revision periodica para la imprementación del mantenimiento preventivo.  |           | X  |                                     |
| 15. Se ha presentado frecuentemente la interrupción de energia sin existencia de corto circuitos.  | X         |    | Circuito de trabajo<br>1 por semana |
| 16. Se aprecian parpadeos o efectos estroboscopicos.   | X         |    |                                     |
| 17. Esta planificada la limpieza (mantenimeinto preventivo) al sistema de iluminaci3n. ¿Con que frecuencia?  |           | X  |                                     |
| 18. Existe iluminaci3n de tecnologia led.  |           | X  |                                     |
| 19. El laboratorio cuenta con iluminaci3n de emergencia  |           | X  |                                     |
| 20. Los miembros de la instituci3n (doccentes, alumnos, directivos) apagan la luz cuando salen de los espacios                                     | X         |    | laboratorista                       |
| 21. El encendido y apagado se realiza manualmente desde el tablero electrico ¿Lugar de encendido?  | X         |    | Cada zona                           |
| 22. Cada zona del bloque posee almenos un sistema de encendido y apagado manual (Interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia). | X         |    |                                     |
| 23. Existen circuitos que disponen de temporizadores   | X         |    | entada                              |

Nombre: Dolci Huen Villanueva  
Cargo: laboratorista

Anexo B. Historial de facturación



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**REGISTRO DE FACTURACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SOLDADURA - CIDES (BLOQUE 17)**  
**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**Consumo de energía en el 31 de enero**  
 Día de consumo: 31 | Consumo kWh: 77.261,25


**Valores facturados**

| Descripción           | kWh        | Costo      | Valor                   |
|-----------------------|------------|------------|-------------------------|
| T+d+pr+r feb-24       | 816.750    | x 418,380= | 341.711,87              |
| Exc1 feb-24           | -816.750   | x 722,570= | -590.159,05             |
| Energía feb-24        | 77.261,250 | x 722,570= | \$5.826.661,41          |
| Costo c feb-24        | 816.750    | x 116,650= | 94.971,60               |
| <b>Total Energía:</b> |            |            | <b>\$ 55.673.185,92</b> |


Autogenerador Energía (kWh): 77.261,25 kWh | Exportó: 816,75 kWh | Saldo: 76.444,5 kWh

Fuente: FNCER Capacidad instalada: 96,8

**Promedio consumo últimos 6 meses**  
 Energía: 99.407 kWh



**Consumo energético 1er semestre - 2024**



**T-D+PR-R:** Corresponde al cobro de los costos de T(transmisión), D(distribución), PR(compra, transporte y reducción de pérdidas de energía), R(restricciones) de la tarifa de energía.  
**EXPORTACIÓN:** Es la cantidad de energía que la universidad exporta a la red y que se cruza contra la importación de energía que este realiza durante un periodo de facturación.  
**IMPORTACIÓN:** Es la cantidad de energía que la universidad toma de la red.  
**EXCEDENTE 1:** Es la energía que le entrega a la red durante el día y que se cruza con la energía que se consume de la importación.  
**COSTO COMERCIALIZACIÓN:** Corresponde al cobro del costo de comercialización del componente C de la tarifa de energía, por cada kWh exportada por la universidad a la red.

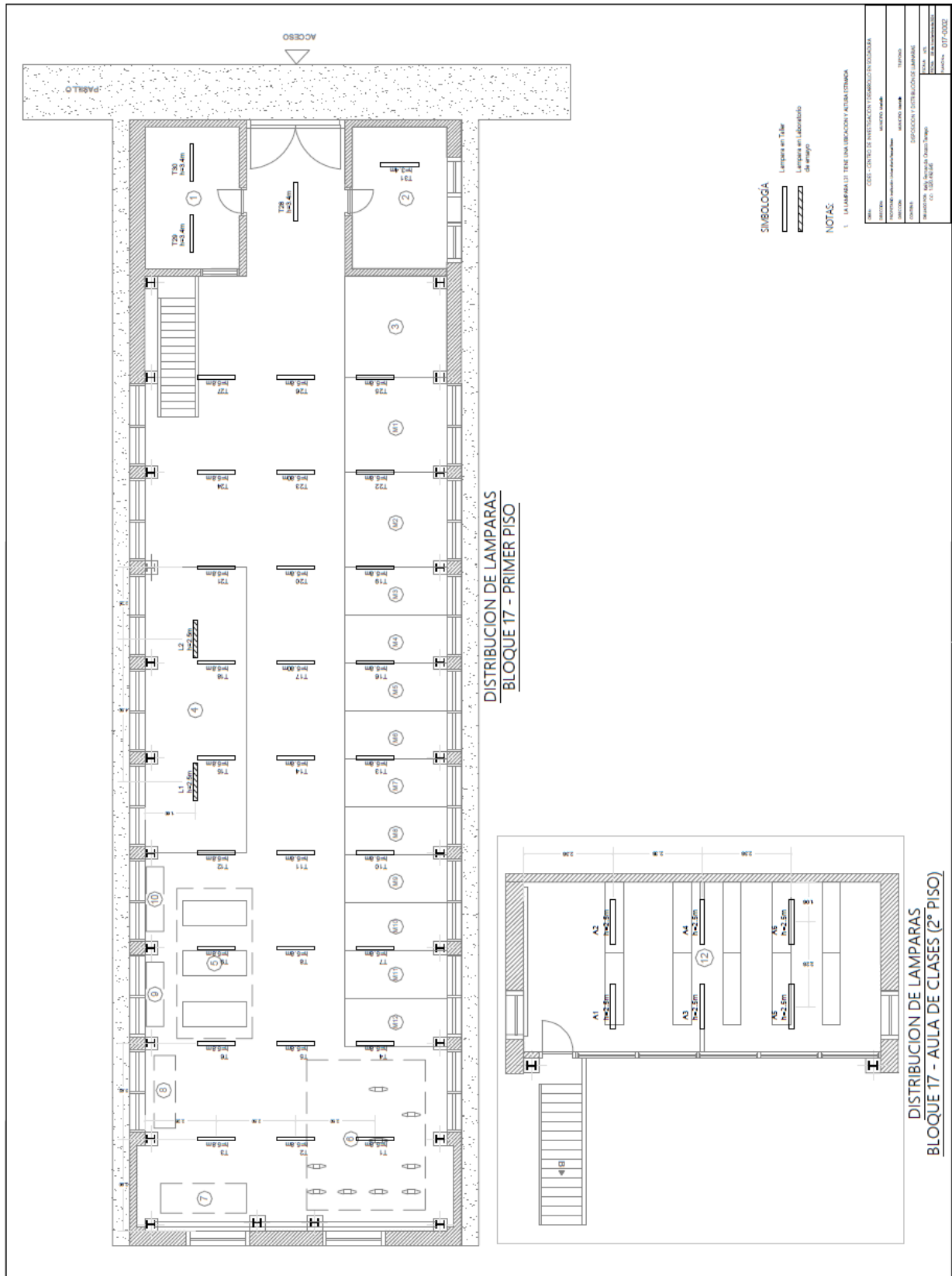
| MES / AÑO    | T-D+PR-R |            | TOTAL T-D+PR-R (\$) | Excedente 1 |            | TOTAL EXC 1 (\$) | CONSUMO (kWh) |            | TOTAL CONSUMO (\$) | COSTO C |            | TOTAL COSTO C (\$) | COMPENSACIÓN MES ANTERIOR | TOTAL ENERGÍA FACTURADO (\$) |
|--------------|----------|------------|---------------------|-------------|------------|------------------|---------------|------------|--------------------|---------|------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|
|              | kWh      | \$         |                     | kWh         | \$         |                  | kWh           | \$         |                    | kWh     | \$         |                    |                           |                              |
| ENERO/2024   | 816.750  | \$ 418.380 | \$ 341.711,87       | -816.750    | \$ 722.570 | -\$590.159,05    | 77.261        | \$ 722.570 | \$ 55.826.661      | 816.750 | \$ 116.280 | \$ 94.971,60       |                           | \$55.673.185,92              |
| FEBRERO/2024 | 186.450  | \$ 406.300 | \$ 75.754,64        | -186.450    | \$ 696.030 | -\$130.147,69    | 120.357       | \$ 696.030 | \$ 84.431.300,60   | 186.450 | \$ 92.910  | \$ 17.323,07       |                           | \$84.394.230,61              |
| MARZO/2024   | 803.550  | \$ 426.900 | \$ 343.035,50       | -803.550    | \$ 706.890 | -\$568.071,46    | 116.650       | \$ 706.890 | \$ 82.458.753,84   | 803.550 | \$ 90.960  | \$ 73.090,91       |                           | \$82.306.658,79              |
| ABRIL/2024   | 90.750   | \$ 431.190 | \$ 39.130           | -90.750     | \$ 719.310 | -\$65.277,383    | 133.353       | \$ 719.310 | \$ 95.922.146,43   | 90.750  | \$ 92.880  | \$ 8.428,86        | -\$7.703,618              | \$86.200.810,40              |
| MAYO/2024    | 379.500  | \$ 445.810 | \$ 169.184,90       | -379.500    | \$ 763.970 | -\$289.926,62    | 125.012       | \$ 763.970 | \$ 95.505.608,63   | 379.500 | \$ 89.980  | \$ 34.147,41       |                           | \$95.419.014,32              |
| JUNIO/2024   | 633.600  | \$ 421.190 | \$ 266.865,98       | -633.600    | \$ 674.660 | -\$427.464,58    | 74.011        | \$ 674.660 | \$ 49.932.092,6    | 633.600 | \$ 95.370  | \$ 60.426,43       |                           | \$49.831.920,44              |

**IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN COMO AUTOGENERADOR**




| MES / AÑO    | IMPORTÓ (kWh) | EXPORTÓ (kWh) | SALDO (kWh) |
|--------------|---------------|---------------|-------------|
| ENERO/2024   | 77.261,25     | 816,75        | 76.444,5    |
| FEBRERO/2024 | 120.956,55    | 186,45        | 120.770,1   |
| MARZO/2024   | 116.650,05    | 803,55        | 115.846,5   |
| ABRIL/2024   | 133.353       | 90,75         | 132.262,25  |
| MAYO/2024    | 125.012,25    | 379,5         | 124.632,75  |
| JUNIO/2024   | 74.010,75     | 633,6         | 73.377,15   |





Anexo D. Planimetría del bloque 17 - Distribución de lámparas en módulos y aulas



## Anexo E. Datos técnicos del sistema de iluminación

|                                 |  | NIVELES DE ILUMINACIÓN<br>CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SOLDADURA - CIDES<br>INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA<br>PASCUAL BRAVO |                     |
|--|--|---|---------------------|
| Fecha  | 18-octubre-2024                                | Hora  | 06:00 pm            |
| Área:  | Taller   | Modulo/aula   | 201 - Aula de clase |
| DISTRIBUCION LUMINARIAS PISO 1   |  | DISTRIBUCION LUMINARIAS AULA DE CLASE   |                     |
|                                |  |    |                     |
| Nivel Norma RETILAP  | 300 lux  |   |                     |
| Altura luminarias taller (m)   | 5,00   |   |                     |
| Distancia entre luminarias taller (m)  | 2,5 * 3  |   |                     |
| Altura luminarias aula de clase  | 2,6  |   |                     |
| Distancia entre luminarias aula de clase (m)   | 2,28 * 2,38                                    |   |                     |
| Riesgo   | Fatiga ocular, cefalgia                        |   |                     |
| Tipo de iluminación  | Fluorecente                                    |   |                     |
| Potencia tubo lampara (36Watts *2)   | 72   |   |                     |
| Estado fisico de la luminaria  | Todas las luminarias estan en operacion normal |   |                     |
| Mantenimiento  | No se evidencia                                |   |                     |
| <b>CONDICIONES INSEGURAS</b>   |  |   |                     |
| * No se evidencia un mantenimiento en las lamparas<br>* La lectura muestra el que no se cumple con la norma<br>* |  |   |                     |

## Anexo F. Datos de iluminación medidos en los puntos determinados de trabajo

|   |                   | NIVELES DE ILUMINACIÓN<br>CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SOLDADURA - CIDES<br>INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA<br>PASCUAL BRAVO |                          |
|--|-------------------|---|--------------------------|
| Fecha  | 18-octubre-2024   | Hora  | 06:00 pm                 |
| Area:  | Taller            | Modulo/aula   | Modulo 1 - Zona de corte |
| TALLER DE MEDICION   |                   |   |                          |
|  |                   |   |                          |
| Lugar  | Punto de medicion | Lectura   | Cumplimiento             |
| Modulo 1 - Zona de corte   | 1                 | 47,50   | No                       |
| Modulo 2 - Zona de soldadura   | 2                 | 33,40   | No                       |
| Modulo 3 - Zona de soldadura   | 3                 | 26,90   | No                       |
| Modulo 4 - Zona de soldadura   | 4                 | 32,20   | No                       |
| Modulo 5 - Zona de soldadura   | 5                 | 38,70   | No                       |
| Modulo 6 - Zona de soldadura   | 6                 | 43,40   | No                       |
| Modulo 7 - Zona de soldadura   | 7                 | 34,50   | No                       |
| Modulo 8 - Zona de soldadura   | 8                 | -   | No                       |
| Modulo 9 - Zona de soldadura   | 9                 | 40,80   | No                       |
| Modulo 10 - Zona de soldadura  | 10                | 35,20   | No                       |
| Modulo 11 - Zona de soldadura  | 11                | 41,40   | No                       |
| Modulo 12 - Zona de soldadura  | 12                | 39,40   | No                       |
| Taller - Zona de yunque  | T1                | 44,40   | No                       |
| Taller - Zona de yunque  | T2                | 42,00   | No                       |
| Taller - Zona de yunque  | T3                | 64,80   | No                       |
| Taller - Roladora  | T4                | 53,60   | No                       |
| Taller - Cortadora   | T5                | 68,10   | No                       |
| Taller - Zona de prensas   | T6                | 71,40   | No                       |
| Taller - Zona de prensas   | T7                | 70,90   | No                       |
| Taller - Zona de prensas   | T8                | 72,20   | No                       |
| 101 - Almacen  | N/A               | -   | -                        |
| 102 - Oficina Ins. & Desarrollo  | T9                | 39,50   | No                       |
| 102 - Oficina Ins. & Desarrollo  | T10               | 25,90   | No                       |
| 102 - Oficina Ins. & Desarrollo  | T11               | 27,20   | No                       |
| 103 - Oficina de herramientas  | T12               | 103,70  | No                       |
| 105 - Lab de ensayo destructivo y No destructivo                                   | L1                | 116,80  | No                       |
| 105 - Lab de ensayo destructivo y No destructivo                                   | L2                | 128,00  | No                       |
| 105 - Lab de ensayo destructivo y No destructivo                                   | L3                | 67,70   | No                       |
| 105 - Lab de ensayo destructivo y No destructivo                                   | L4                | 67,70   | No                       |
| 201 - Aula de clases   | A1                | 27,20   | No                       |
| <b>TOTAL PROMEDIO ILUMINACION DEL BLOQUE 17 - CIDES</b>                            |                   |   | <b>1506,50</b>           |
| Lectura minima   |                   |   | 25,90                    |
| Lectura maxima   |                   |   | 128                      |

Anexo G. Reporte de datos entregados por el medidor multifuncional

|                    | A                   | B       | C      | D      | E     | F     | G     | H   | I   | J     | K     | L     | M   | N     | O     | P     | Q    | R     | S      | T      |
|--------------------|---------------------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|------|-------|--------|--------|
| 1                  | Timestamp           | volt_A  | volt_B | volt_C | I_A   | I_B   | I_C   | P_A | P_B | P_C   | P_T   | Q_A   | Q_B | Q_C   | Q_T   | FP_A  | FP_B | FP_C  | FP_T   | Frec   |
| 2                  | 19/11/2024 23:38:36 | 128,235 | 0      | 0      | 0,066 | 0,071 | 0,095 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,006 | 1    | 1     | 1      | 60,029 |
| 3                  | 19/11/2024 23:48:38 | 127,958 | 0      | 0      | 0,066 | 0,071 | 0,094 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,994 |
| 4                  | 19/11/2024 23:58:36 | 127,919 | 0      | 0      | 0,065 | 0,071 | 0,095 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,967 |
| 5                  | 20/11/2024 0:08:33  | 127,483 | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,092 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 59,984 |
| 6                  | 20/11/2024 0:18:34  | 127,684 | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,093 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 60,025 |
| 7                  | 20/11/2024 0:28:35  | 127,079 | 0      | 0      | 0,064 | 0,069 | 0,092 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 60,01  |
| 8                  | 20/11/2024 0:38:35  | 126,847 | 0      | 0      | 0,063 | 0,069 | 0,091 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 60,014 |
| 9                  | 20/11/2024 0:48:33  | 127,057 | 0      | 0      | 0,064 | 0,069 | 0,092 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 59,992 |
| 10                 | 20/11/2024 0:58:35  | 127,051 | 0      | 0      | 0,063 | 0,069 | 0,092 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 59,988 |
| 11                 | 20/11/2024 1:08:33  | 126,993 | 0      | 0      | 0,063 | 0,069 | 0,092 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,973 |
| 12                 | 20/11/2024 1:18:33  | 127,176 | 0      | 0      | 0,064 | 0,069 | 0,093 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 59,971 |
| 13                 | 20/11/2024 1:28:35  | 127,072 | 0      | 0      | 0,063 | 0,069 | 0,089 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,98  |
| 14                 | 20/11/2024 1:38:34  | 127,358 | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,093 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 59,98  |
| 15                 | 20/11/2024 1:48:33  | 127,07  | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,093 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,959 |
| 16                 | 20/11/2024 1:58:34  | 127,227 | 0      | 0      | 0,063 | 0,07  | 0,092 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 60,004 |
| 17                 | 20/11/2024 2:08:33  | 127,331 | 0      | 0      | 0,064 | 0,069 | 0,092 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 60,021 |
| 18                 | 20/11/2024 2:18:34  | 127,389 | 0      | 0      | 0,064 | 0,069 | 0,093 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 60,029 |
| 19                 | 20/11/2024 2:28:37  | 127,076 | 0      | 0      | 0,064 | 0,069 | 0,093 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 60,01  |
| 20                 | 20/11/2024 2:38:36  | 127,568 | 0      | 0      | 0,063 | 0,069 | 0,09  | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 60,037 |
| 21                 | 20/11/2024 2:48:34  | 127,234 | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,091 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 60,012 |
| 22                 | 20/11/2024 2:58:34  | 127,272 | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,093 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 59,994 |
| 23                 | 20/11/2024 3:08:34  | 127,329 | 0      | 0      | 0,063 | 0,07  | 0,092 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 60,006 |
| 24                 | 20/11/2024 3:18:34  | 127,408 | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,094 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 59,943 |
| 25                 | 20/11/2024 3:28:34  | 127,301 | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,094 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,967 |
| 26                 | 20/11/2024 3:38:33  | 127,493 | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,093 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,986 |
| 27                 | 20/11/2024 3:48:33  | 127,152 | 0      | 0      | 0,063 | 0,07  | 0,089 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,969 |
| 28                 | 20/11/2024 3:58:37  | 127,422 | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,094 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 60,012 |
| 29                 | 20/11/2024 4:08:33  | 127,432 | 0      | 0      | 0,065 | 0,07  | 0,094 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,969 |
| 30                 | 20/11/2024 4:18:35  | 127,201 | 0      | 0      | 0,064 | 0,07  | 0,092 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,992 |
| 31                 | 20/11/2024 4:28:37  | 127,245 | 0      | 0      | 0,064 | 0,069 | 0,092 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 60,005 |
| 22/11/2024 2:48:35 | 127,436             | 0       | 0      | 0,065  | 0,07  | 0,093 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,957 |
| 22/11/2024 2:58:34 | 127,396             | 0       | 0      | 0,064  | 0,07  | 0,092 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 59,975 |
| 22/11/2024 3:08:33 | 127,653             | 0       | 0      | 0,065  | 0,071 | 0,093 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,006 | 1    | 1     | 1      | 59,961 |
| 22/11/2024 3:18:34 | 127,486             | 0       | 0      | 0,065  | 0,071 | 0,093 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,975 |
| 22/11/2024 3:28:34 | 127,731             | 0       | 0      | 0,066  | 0,071 | 0,093 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,975 |
| 22/11/2024 3:38:33 | 127,88              | 0       | 0      | 0,066  | 0,071 | 0,094 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,006 | 1    | 1     | 1      | 60     |
| 22/11/2024 3:48:33 | 127,848             | 0       | 0      | 0,066  | 0,071 | 0,094 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 60,008 |
| 22/11/2024 3:58:33 | 127,512             | 0       | 0      | 0,065  | 0,071 | 0,093 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0     | 1    | 1     | 1      | 59,963 |
| 22/11/2024 4:08:34 | 127,494             | 0       | 0      | 0,065  | 0,07  | 0,091 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,006 | 1    | 1     | 1      | 60,006 |
| 22/11/2024 4:18:33 | 127,497             | 0       | 0      | 0,065  | 0,07  | 0,093 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,006 | 1    | 1     | 1,013  | 60,033 |
| 22/11/2024 4:28:37 | 127,483             | 0       | 0      | 0,065  | 0,071 | 0,093 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,013 | 1    | 1     | 1,013  | 59,99  |
| 22/11/2024 4:38:33 | 127,195             | 0       | 0      | 0,064  | 0,07  | 0,091 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 60,023 |
| 22/11/2024 4:48:35 | 127,224             | 0       | 0      | 0,064  | 0,07  | 0,09  | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,007 | 1    | 1     | 1      | 59,977 |
| 22/11/2024 4:58:34 | 127,318             | 0       | 0      | 0,064  | 0,07  | 0,09  | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,013 | 1    | 1     | 1,013  | 59,977 |
| 22/11/2024 5:08:34 | 127,493             | 0       | 0      | 0,062  | 0,065 | 0,086 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,055 | 1    | 1     | 1,056  | 60,061 |
| 22/11/2024 5:18:34 | 126,741             | 0       | 0      | 0,062  | 0,065 | 0,088 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,055 | 1    | 1     | 1,056  | 59,945 |
| 22/11/2024 5:28:34 | 126,723             | 0       | 0      | 0,061  | 0,065 | 0,088 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,049 | 1    | 1     | 1,056  | 59,98  |
| 22/11/2024 5:38:33 | 126,897             | 0       | 0      | 0,062  | 0,065 | 0,088 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,048 | 1    | 1     | 1,042  | 60,002 |
| 22/11/2024 5:48:34 | 126,651             | 0       | 0      | 0,061  | 0,063 | 0,086 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,069 | 1    | 1     | 1,069  | 59,951 |
| 22/11/2024 5:58:34 | 126,885             | 0       | 0      | 0,063  | 0,065 | 0,087 | 0     | 0   | 0   | 0     | 0     | 0,007 | 0   | 0     | 0,007 | 0,04  | 1    | 1     | 1,041  | 60,004 |
| 22/11/2024 6:08:34 | 126,046             | 0       | 0      | 0,136  | 0,189 | 0,105 | 0,015 | 0   | 0   | 0,015 | 0,006 | 0     | 0   | 0,006 | 0,934 | 1     | 1    | 1,934 | 59,957 |        |
| 22/11/2024 6:18:33 | 125,715             | 0       | 0      | 0,126  | 0,179 | 0,095 | 0,014 | 0   | 0   | 0,014 | 0,006 | 0     | 0   | 0,006 | 0,921 | 1     | 1    | 1,921 | 60,025 |        |
| 22/11/2024 6:28:34 | 124,745             | 0       | 0      | 0,126  | 0,201 | 0,1   | 0,013 | 0   | 0   | 0,013 | 0,006 | 0     | 0   | 0,006 | 0,914 | 1     | 1    | 1,914 | 59,938 |        |
| 22/11/2024 6:38:34 | 125,487             | 0       | 0      | 0,121  | 0,189 | 0,191 | 0,013 | 0   | 0   | 0,013 | 0,006 | 0     | 0   | 0,006 | 0,904 | 1     | 1    | 1,91  | 60,006 |        |
| 22/11/2024 6:48:33 | 125,601             | 0       | 0      | 0,12   | 0,19  | 0,181 | 0,013 | 0   | 0   | 0,013 | 0,006 | 0     | 0   | 0,006 | 0,91  | 1     | 1    | 1,91  | 59,963 |        |
| 22/11/2024 6:58:33 | 125,314             | 0       | 0      | 0,121  | 0,19  | 0,174 | 0,013 | 0   | 0   | 0,013 | 0,006 | 0     | 0   | 0,006 | 0,911 | 1     | 1    | 1,917 | 59,996 |        |
| 22/11/2024 7:08:34 | 125,358             | 0       | 0      | 0,12   | 0,19  | 0,177 | 0,013 | 0   | 0   | 0,013 | 0,005 | 0     | 0   | 0,005 | 0,913 | 1     | 1    | 1,916 | 60,006 |        |
| 22/11/2024 7:28:36 | 125,149             | 0       | 0      | 0,124  | 0,192 | 0,177 | 0,013 | 0   | 0   | 0,013 | 0,005 | 0     | 0   | 0,005 | 0,919 | 1     | 1    | 1,926 | 59,986 |        |
| 22/11/2024 7:38:34 | 124,164             | 0       | 0      | 0,126  | 0,196 | 0,175 | 0,013 | 0   | 0   | 0,013 | 0,005 | 0     | 0   | 0,005 | 0,921 | 1     | 1    | 1,927 | 59,971 |        |
| 22/11/2024 7:48:33 | 123,768             | 0       | 0      | 0,124  | 0,196 | 0,177 | 0,013 | 0   | 0   | 0,013 | 0,005 | 0     | 0   | 0,005 | 0,926 | 1     | 1    | 1,932 | 60,037 |        |