

Dirección de Área de Conocimiento Industria y Producción

Análisis de la Calidad de la Energía Eléctrica en Instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero
Eléctrico.

Elaborado por:

Br. Axel Antonio
Cubillo Martínez.
Carnet: 2020-0139U

Tutor:

Dr. Napoleón Vicente
Blanco Orozco.

13 de mayo del 2025
Managua, Nicaragua

Dedicatoria

A mi mamá Ismari del Carmen Martínez Nicoya, cuyo amor incondicional y sacrificio ha sido la fuerza que me ha impulsado a alcanzar mis sueños, gracias por su apoyo constante, por ser mi guía y mi mayor motivación, sin usted, este logro no hubiera sido posible.

A todas las personas que con su paciencia y sabiduría me han impulsado a seguir adelante, incluso cuando las dificultades parecían insuperables, este logro es el resultado de los lazos que hemos creado juntos. Gracias de corazón, porque sin ustedes, este sueño no hubiera sido posible.

De igual manera, le agradezco muy profundamente a mi tutor, el Dr. Napoleón Vicente Blanco Orozco, por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas, no habiésemos podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada, gracias por su guía y todos sus consejos, los cual tendré siempre presente en mi memoria y vida profesional.

Agradezco también a los técnicos del laboratorio de Máquinas Eléctricas, por su apoyo incondicional y por compartir su conocimiento y tiempo para hacer que este trabajo fuera posible, a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica con su apoyo en todo momento.

Finalmente, agradezco al presidente de la carrera de Ingeniería Eléctrica Nimer Paz Briceño por su apoyo y gestión, a la Universidad Nacional de Ingeniería, quien me abrió la puerta para emprender en mis estudios y a los docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica, que me compartieron sus conocimientos.

Resumen del tema

El presente estudio aborda la calidad de la energía eléctrica en diversas instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), se examinaron las condiciones del sistema eléctrico mediante un conjunto de mediciones, inspecciones visuales y análisis termográficos para identificar posibles deficiencias, entre los aspectos evaluados, se incluyen la presencia de cargas no lineales, la distribución del consumo eléctrico y el estado de los equipos eléctricos.

Los resultados obtenidos permitieron generar un diagnóstico que servirá como base para la toma de decisiones en la mejora de la infraestructura eléctrica de la institución, se identificaron áreas donde es posible optimizar la eficiencia energética y prevenir fallas en los equipos, asimismo, se analizaron medidas correctivas alineadas con normativas internacionales, asegurando que las instalaciones cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento.

El estudio también enfatiza la importancia del mantenimiento periódico y el monitoreo continuo de la calidad de la energía para evitar problemas a largo plazo, en base en estos hallazgos, se presentan recomendaciones específicas que permitirán mejorar la gestión del consumo eléctrico en la UNI, garantizando un suministro confiable y eficiente.

Índice

I.	Introducción	1
II.	Antecedentes.....	2
2.1.	Antecedentes A Nivel Latino Americano	2
2.2.	Antecedentes a nivel Centro americano.....	2
2.3.	Antecedentes Nacionales.....	3
III.	Objetivos.....	4
3.1.	General	4
3.2.	Específico	4
IV.	Justificación	5
V.	Marco Teórico.....	6
5.1.	Conceptos De Fenómenos Transitorios	10
5.1.1	Transitorios Impulsivos.....	10
5.1.2.	Transitorios Oscilatorios	11
5.2.	Armónicos.....	11
5.2.1.	Distorsión Armónica Total (THD).....	11
5.3.	Potencia.....	12
5.3.1.	Potencia Activa (P):.....	12
5.3.2.	Potencia Aparente (S):	12
5.3.3.	Potencia Reactiva (Q):	12
5.3.4.	Factor De Potencia.....	12
5.4.	Cámara termográfica	12
5.5.	Telurómetro.....	13
5.6.	Analizador de la Calidad de la Energía	13
5.8.	Factor de Simultaneidad	14
5.9.	Consumo Energético.....	14
5.10.	Filtros de Armónicos	14
5.10.1.	Filtros Activos.....	14
5.10.2.	Filtro Pasivo	15
VI.	Análisis y Presentación de Resultados	16
6.1.	Elaboración del Censo de Carga.....	16
6.2.	Inspección Visual de la Instalación Eléctrica en Conformidad con el Código Eléctrico Nacional (NEC) y el Código de Instalaciones Eléctricas Nacional (CIEN)....	22

6.2.1.	DIIN.....	22
6.2.2.	PIENSA.....	23
6.2.3.	Administración (ADMÓN)	32
6.2.4.	DAE.....	32
6.3.	Análisis Termográfico de Paneles y Subpaneles Eléctricos	33
6.4.	Análisis de Mediciones.....	40
6.4.1.	PIENSA	41
6.4.2.	DIIN.....	65
6.4.3.	ADMÓN.....	66
6.4.4.	DAE.....	67
6.5.	Evaluación del Sistema de Puesto a Tierra.....	68
6.6.	Propuesta para Corregir las Causas de los Problemas Identificados	68
6.6.1.	Corrección de Problemas en los Paneles Eléctricos.....	68
6.6.2.	Mitigación de Problemas de Temperatura	69
6.6.3.	Control de Desbalance de Cargas.....	69
6.6.4.	Mitigación de Armónicos y Corrección del factor de Potencia.....	69
6.6.5.	Supresor de Picos Transitorios.....	71
VII.	Conclusiones	74
VIII.	Recomendaciones	75
IX.	Bibliografía.....	76
X.	Anexos	i
	Sección A	i
	Sección B	xvii
	Sección C	xxv
	Sección D	xlvi

I. Introducción

La calidad de la energía eléctrica es un factor determinante en la eficiencia y seguridad de las instalaciones eléctricas, en este estudio, se analiza la calidad de la energía en diferentes instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB), la evaluación se centra en las áreas de Dirección de Asuntos Estudiantiles (DAE), Dirección de Investigación e Innovación (DIIN), Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicio del Ambiente (PIENSA) y Servicios Administrativos (ADMÓN).

El estudio busca identificar problemas de calidad de energía mediante el censo de cargas, inspecciones visuales, análisis termográfico y mediciones eléctricas, además, se examina el cumplimiento de las instalaciones con normativas como el Código Eléctrico Nacional (NEC) y el Código de Instalaciones Eléctricas Nacional (CIEN), garantizando que las instalaciones cumplan con los requisitos de seguridad y eficiencia.

A partir de los resultados obtenidos, se proponen soluciones para mejorar la calidad del suministro eléctrico y prevenir fallas en los equipos, este estudio representa un aporte significativo en la optimización del sistema eléctrico de la UNI y sienta las bases para futuras mejoras en la gestión de la energía.

Asimismo, se espera que los hallazgos permitan una mejor planificación del consumo energético y la implementación de estrategias para minimizar los efectos negativos de las perturbaciones eléctricas en los equipos y sistemas críticos.

II. Antecedentes

Originalmente, los estudios sobre calidad de energía se centraban en asegurar que el suministro eléctrico cumpliera con los requisitos básicos de funcionamiento de los equipos, sin embargo, con el tiempo, la definición de calidad de energía se ha ampliado y sofisticado.

Hoy en día, se refiere al área de la ingeniería eléctrica que se enfoca en las condiciones necesarias para lograr un suministro de energía eléctrica que no solo sea continuo y fiable, sino también eficiente y seguro, reflejando los avances tecnológicos y las crecientes demandas de los sistemas eléctricos.

2.1. Antecedentes A Nivel Latino Americano

La investigación de “evaluación de los criterios de calidad de energía eléctrica en la empresa induce del ecuador” por Alexander & Raúl, (2023). Menciona que el consumo de la energía eléctrica se ha ido incrementando en la actualidad, por el desarrollo de nuevas tecnologías, debido a estas tecnologías y la implementación la utilización de equipos de alta eficiencia como los motores eléctricos y automatización con dispositivos electrónicos, los cuales generan perturbaciones que son factores inevitables, ya que provoca la mala operación de los equipos eléctricos y deterioro paulatinamente de la economía o el bienestar de los usuarios.

De acuerdo con Rodríguez & Mercado (2021). “Soluciones para la mejora de la calidad del servicio de energía eléctrica en Barranquilla”. Donde se llevó a cabo la revisión literaria que permitió conocer las diferentes soluciones para mejorar la calidad del servicio de energía eléctrica por medio del cual se concluye que es importante la implementación de nuevas tecnologías en los sistemas eléctricos para el mejoramiento de la calidad del servicio.

2.2. Antecedentes a nivel Centro americano

Según los “estudios y simulación de transitorios anormales en sistemas de potencia” por Camargo (2020). Presenta un análisis de los fenómenos eléctricos transitorios que pueden afectar la calidad de la energía, donde da a conocer que un defecto en la calidad de la energía es una perturbación que causa un cambio significativo en el voltaje (magnitud, frecuencia o forma de onda) durante un

período de tiempo que puede causar daños temporales o permanentes o daños a los equipos electrónicos.

Los autores Quinteros & Carrión (2021). En su estudio “Revisión para la restauración optima de la operación del sistema eléctrico basado en criterios de calidad de energía y estabilidad” expresan que las fallas que ocurren en el sistema de energía eléctrica tienen un gran impacto en la sociedad generando grandes pérdidas económicas y perdidas de energía eléctrica; por esta razón, es necesario tener un plan que permita restaurar el sistema eléctrico de una manera óptima y en el menor tiempo posible.

2.3. Antecedentes Nacionales

Los estudios de “Propuesta de Metodología Para el Análisis y Estudio de la Calidad de la Energía Eléctrica” por Joaquín & Ariel, (2017). Menciona que Se puede definir como mantener los parámetros de generación, transmisión y distribución en condiciones óptimas de operación esto es sin interrupciones en el suministro eléctrico, variaciones de tensión (RMS), sobretensiones. De la misma forma la calidad engloba el mantener en intervalos de operación las distorsiones en la forma de onda y armónicas; con lo cual se puede mantener a la energía eléctrica en parámetros de calidad.

Teniendo en cuenta a Gómez. et al., (2022). En la “Propuesta de actualización del sistema eléctrico de las facultades de Electrotecnia y Computación (FEC), Arquitectura (FARQ), Química (FIQ), y pabellones 5. 10 y 11, Caja Central y Registro Central en el Recinto Simón Bolívar de la Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua” explica la importancia de realizar un diagnóstico del sistema eléctrico en las áreas clave de la universidad, ya que este estudio permitirá identificar fallas, optimizar el uso de la energía, reducir costos de facturación y mantenimiento, y cumplir con las normativas vigentes.

III. Objetivos

3.1. General

- Evaluar la calidad de la energía eléctrica en las áreas de Dirección de Asuntos Estudiantiles (DAE), Dirección de Investigación e Innovación (DIIN), Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicio del Ambiente (PIENSA), Servicios Administrativos RUSB (ADMON), a través del análisis de las demandas de cargas y estudio de los fenómenos eléctricos transitorios.

3.2. Específico

- Realizar un censo de las cargas eléctricas y análisis de las demandas de cargas de las áreas (DAE, DIIN, PIENSA y ADMON).
- Identificar las causas de las afectaciones en la calidad de la energía eléctrica en las áreas estudiadas.
- Analizar el impacto de las afectaciones de calidad de energía eléctrica en las instalaciones eléctrica bajo estudio.
- Desarrollar una propuesta para corregir las causas de los problemas identificados.

IV. Justificación

El trabajo tiene como objetivo evaluar la calidad de la energía eléctrica en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), en el Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB), en las áreas (DAE, DIIN, PIENSA y ADMON), esto permitirá garantizar la seguridad, eficiencia y confiabilidad de las instalaciones eléctricas.

Este estudio beneficiará directamente a la UNI, ya que le permitirá optimizar el sistema eléctrico del recinto, implementando medidas de actualización y ahorro que contribuyan a sistemas más limpios, eficientes, confiables y económicos.

Las metas principales son identificar las causas de la mala calidad de la energía eléctrica, analizar su impacto y desarrollar una propuesta para mejorar la calidad de la energía, para ello, se realizará un censo y análisis de las demandas de carga, así como un estudio de los fenómenos eléctricos transitorios.

Al mejorar la calidad de la energía eléctrica, la UNI obtendrá varios beneficios:

- Reducción de costos operativos al evitar el uso excesivo de sistemas de respaldo como generadores de emergencia.
- Optimización de la infraestructura eléctrica, logrando una vida útil más larga de los equipos.
- Prevención de problemas técnicos como sobrecalentamiento, mal funcionamiento y envejecimiento prematuro de dispositivos.
- Aumento de la eficiencia energética, por tiempo de inactividad de equipos y consumo eléctrico.

V. Marco Teórico

La energía se ha convertido en uno de los factores productivos de mayor importancia, la eficiencia energética es un tema de gran influencia en el análisis de demanda de carga, ya que es un proceso utilizado para predecir y comprender la cantidad de carga o trabajo que se espera en un sistema eléctrico en particular durante un período de tiempo determinado y así poder diagnosticar de cuánto será la demanda energética, pero a la hora de consumo energético, no solo la demanda de carga está relacionado, también se relacionan los fenómenos eléctricos transitorios, dado que pueden causar fluctuaciones en la red eléctrica, lo que puede provocar interrupciones en el suministro de energía.

En caso de un corte de energía, se pueden activar sistemas de respaldo, como generadores de emergencia, para mantener la energía, estos sistemas adicionales dependen de combustibles fósiles, lo que no sólo aumenta los costos operativos, sino que también contribuye a la contaminación ambiental, asimismo, la implementación y mantenimiento de estos sistemas requieren importantes inversiones para las empresas y organizaciones, afectando los presupuestos y recursos disponibles para otras áreas importantes.

En la investigación realizada por Andrés (2020) “Que es calidad de la energía, origen problemas, estándares y big data”, el autor explica sobre los eventos sutiles de la mala calidad de energía, que a menudo pasan por redes de protección tradicionales sin ser detectados y contribuyen a la degradación del equipo con el tiempo, además, la fuente de muchas perturbaciones de la calidad de la energía son las cargas conectadas a la misma red, lo que provoca que las perturbaciones se propaguen a través de instalaciones y edificios adyacentes.

Cuando la tensión de alimentación está distorsionada, las corrientes no sinusoidales pueden causar muchos problemas técnicos, como sobrecalentamiento, mal funcionamiento y envejecimiento prematuro, la corriente no senoidal también causa estrés térmico y de aislamiento en los dispositivos de red, como los transformadores y los cables de alimentación.

La mala calidad de la energía finalmente resulta en pérdidas financieras causadas por el tiempo de inactividad del equipo, mayores actividades de mantenimiento y tiempos

de vida más cortos, para hacer frente y gestionar la calidad de la energía uno debe encontrar un método confiable de monitoreo e informes.

Algunos de los estándares clave creados por la industria son:

La norma IEEE 519, establece los límites de contenidos armónicos para el punto de conexión común, la norma IEEE 1159, práctica Recomendada para el Monitoreo de la Calidad de la Energía Eléctrica, se centra en el monitoreo de las características eléctricas de los sistemas de potencia de CA monofásicos y trifásico.

En las redes eléctricas, las perturbaciones debido a caídas de tensión, sobretensiones, interferencias, variaciones nominales y ruido son el corazón del sistema eléctrico, cada una de estas funciones contiene información importante sobre el estado y el rendimiento de la red, una caída de voltaje puede indicar problemas estructurales o demanda excesiva de energía en un área, las ondas de choque, también conocidas como sobretensiones, causadas por rayos o interferencias en la red pueden dañar equipos sensibles si no se manejan adecuadamente, el parpadeo, un cambio rápido en los niveles de voltaje, perjudica la visibilidad de la iluminación y afecta el rendimiento de los equipos electrónicos sensibles.

Las herramientas de medición avanzadas como los analizadores de calidad de la energía, son instrumentos importantes para monitorear y verificar el estado de la red eléctrica, en última instancia, la precisión de las mediciones no se trata solo de resultados confiables y repetibles, sino que también contribuye a la eficiencia operativa, la seguridad del sistema y la satisfacción del cliente.

Por eso es crucial entender las normativas que gobiernan estos parámetros, ya que proporcionan un marco técnico esencial para definir, medir, evaluar y regular la calidad de la energía eléctrica, esto se vuelve fundamental para prevenir problemas y garantizar un suministro eléctrico confiable y de calidad para las industrias.

Desde el punto de vista de (Muñoz & Ramiro, 2020) “Caracterización de la calidad de la energía de un sistema eléctrico industrial con cargas eléctricas variables no lineales.” Expresa que las cargas no lineales juegan un papel muy importante en lo que es la calidad de la energía, ya que las cargas no lineales presentan desafíos significativos porque pueden aumentar las pérdidas en los sistemas eléctricos, lo que resulta en un mayor consumo de energía y costos operativos más altos, además, estas cargas no

lineales contribuyen a la presencia de armónicos que puede provocar problemas de calidad de energía, como la degradación de equipos sensibles, el sobrecalentamiento de los conductores y la interferencia en los sistemas de comunicación.

“Una carga se considera no lineal si su impedancia cambia con el voltaje aplicado. La impedancia cambiante significa que la corriente consumida por la carga no lineal no será sinusoidal incluso cuando esté conectada a un voltaje sinusoidal” (Rafael, 2020).

La caracterización de los problemas de calidad de la energía de un sistema operando bajo el régimen de cargas eléctricas variables es diferente a un sistema eléctrico que trabaja con cargas eléctricas estables, debido a que la alta variabilidad en el tiempo en los parámetros eléctricos requiere un análisis dinámico y el uso de herramientas estadísticas.

Estas cargas pueden afectar los sistemas eléctricos al generar armónicos, picos de corriente transitorios y problemas de resonancia, lo que puede reducir la calidad de la energía eléctrica suministrada y aumentar los costos de mantenimiento.

Los dispositivos electrónicos como los variadores de velocidad, hornos eléctricos, equipos de soldadura, computadores, son dispositivos electrónicos que están compuestos principalmente por semiconductores, que son elementos no lineales con unas características de operación que producen perturbaciones en la forma de onda de la tensión y corriente, a su vez, estos elementos tienen una alta sensibilidad a las perturbaciones eléctricas del sistema, y se pueden averiar con facilidad (Metrel, 2017).

La calidad de la energía es importante en el diseño y operación de los sistemas eléctricos modernos, las cargas no lineales, como las que se utilizan en los equipos eléctricos, pueden provocar desequilibrios e interrumpir la red eléctrica, provocando problemas que van desde averías en los equipos hasta cortes de energía.

De acuerdo con (Peña, 2017), en sus estudios de “Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra”. La relación entre la calidad de energía y los sistemas de puesta a tierra son cada vez de más interés en investigaciones científicas, como aporte se menciona (Malagón y col., 2013), donde se exponen una serie de buenas prácticas de ingeniería orientadas a la mitigación de las perturbaciones de tipo transitorio, creadas por el impulso electromagnético generado durante la descarga a tierra

de un rayo, estas perturbaciones se ven a menudo reflejadas como sobretensiones y sobre corrientes, las cuales inciden fuertemente sobre la operación de las instalaciones eléctricas de uso final.

El sistema de puesta a tierra debe ser capaz de soportar cortocircuitos sin degradación de sus propiedades mecánicas o eléctricas durante el tiempo que transcurre entre la aparición de la falla y la activación de los dispositivos de protección y conmutación que eliminan el error, además, deben ser capaces de drenar corrientes a tierra, provenientes de eventos transitorios, tales como, descargas atmosféricas o por actuación de los pararrayos frente a sobretensiones, sin producir diferencias de potencial significativas que puedan ocasionar el deterioro prematuro de equipos importantes.

Con base en la investigación del “Estudio y diagnóstico de la calidad de la energía de un campus universitario en la Costa” por (Silvera et al., 2018), expresa que todos los dispositivos eléctricos pueden fallar o funcionar mal cuando se exponen a uno o más problemas de calidad de la energía, el dispositivo podría ser un motor eléctrico, un transformador, un generador, una computadora, una impresora, equipo de comunicación o cualquier equipo casero, por lo anterior, es necesario abrir el concepto, obteniendo que, la calidad de la energía no es más que un conjunto de características de la electricidad en un punto dado de un sistema de potencia en un momento determinado, que permiten satisfacer las necesidades eléctricas requeridas.

Como plantea (Prieto, 2019), en los “Estudio de la calidad de la energía eléctrica en alta y media tensión”. Para entender este tipo de estudio es necesario conocer qué causas son las que ocasionan un deterioro en la calidad de la energía, una de ellas es la utilización de cargas no lineales, que en este caso son considerados los suministrados o abastecidos por la empresa, algunos de estos equipos son, sistemas de cómputo, lámparas fluorescentes, rectificadores, entre otros.

En general la calidad de la energía se define por un conjunto de características que aseguran un suministro eléctrico confiable y eficiente, para abordar eficazmente estos problemas, se deben seguir los estándares internacionales para el monitoreo y señalización de la calidad de la energía, estos estándares brindan una guía clara para medir y evaluar diversos aspectos de la calidad de la energía.

5.1. Conceptos De Fenómenos Transitorios

“La demanda eléctrica de un sistema es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar” (Alvarado, 2017).

El término transitorios ha sido usado desde hace tiempo en el análisis de variaciones en sistemas de potencia para referirse a un evento indeseable y momentáneo, por naturaleza.

Los transitorios se pueden clasificar en dos categorías: impulsivos y oscilatorios. Estos términos se refieren a la naturaleza de la forma de onda que adquiere un transitorio de corriente o voltaje dado. (Camargo Reyes, 2020)

5.1.1 Transitorios Impulsivos

Los transitorios impulsivos son eventos repentinos de cresta alta que elevan la tensión y los niveles de corriente en dirección positiva o negativa, ocurriendo de forma rápida y con una duración corta.

El transitorio impulsivo es a lo que se refiere la mayoría de la gente cuando dice que ha ocurrido una sobretensión prolongada o transitoria, se han utilizado muchos términos diferentes, como caída de tensión, imperfección técnica, sobretensión breve o prolongada, para describir transitorios impulsivos.

Las causas de estos incluyen rayos, puesta a tierra deficiente, encendido de cargas inductivas, liberación de fallas de la red eléctrica descarga electrostáticas, los resultados pueden ir desde la pérdida o daño de datos, hasta el daño físico de los equipos, de todas estas causas, el rayo es probablemente la más perjudicial.

Estos transitorios pueden resultar en la pérdida o daño de datos, así como en el daño físico de los equipos eléctricos, lo que puede llevar a costosos tiempos de inactividad y reparaciones.

El tiempo de estos pueden ser eventos muy rápidos (5 nanosegundos [ns] de tiempo de ascenso desde estado estable hasta la cresta del impulso) de una duración breve (menos de 50 ns). (Bethelca, 2017)

Nota: [1000 ns = 1 s] [1000 s = 1 ms] [1000 ms = 1 segundo]

5.1.2. Transitorios Oscilatorios

Un transitorio oscilatorio es un cambio repentino en la condición de estado estable de la tensión o la corriente de una señal, o de ambas, tanto en los límites positivo como negativo de la señal, que oscila a la frecuencia natural del sistema, en términos simples, el transitorio hace que la señal de suministro produzca un aumento de tensión y luego una bajada de tensión en forma alternada y muy rápida, los transitorios oscilatorios suelen bajar a cero dentro de un ciclo (oscilación descendente).

Los transitorios oscilatorios pueden provocar daños en el aislamiento de cables, switchgears, transformadores y motores, lo que con el tiempo puede llevar a la falla del aislamiento y a una disminución en la vida útil de los equipos eléctricos.

“Estos eventos, tanto los transitorios impulsivos como los oscilatorios, son perturbaciones eléctricas que pueden tener impactos significativos en la calidad del suministro eléctrico y en la integridad de los equipos conectados a la red eléctrica” (Bethelca, 2017).

5.2. Armónicos

“Los armónicos eléctricos son distorsiones que pueden afectar negativamente a un sistema eléctrico, desde una perspectiva técnica, se definen como las variaciones en la forma o características de una onda de voltaje o corriente en comparación con su frecuencia fundamental” (Vegas, 2022).

Los armónicos son producidos por cargas no-lineales que absorben corriente no-sinusoidal, cuando un armónico eléctrico se introduce en un sistema altera la normalidad de las ondas sinusoidales, estos armónicos son corrientes o tensiones adicionales que oscilan a múltiplos enteros de la frecuencia fundamental, generando distorsiones en la forma de onda de voltaje o corriente, esta interferencia puede desencadenar una serie de efectos perjudiciales en el sistema eléctrico.

5.2.1. Distorsión Armónica Total (THD)

“La distorsión armónica total (THD, es un parámetro que le indica cuánta distorsión en tensión o corriente es causada por armónicos en la señal” (Fornieles, 2021).

También se suele utilizar el término tasa de distorsión armónica ya que expresa la relación entre dos magnitudes, el valor eficaz de residuo armónico o componentes armónicas respecto a la componente fundamental o limpia.

5.3. Potencia

5.3.1. Potencia Activa (P):

La potencia activa se mide en vatios (W), representa la potencia eléctrica real utilizada por un dispositivo o sistema de una red eléctrica para realizar un trabajo, en otras palabras, es la potencia útil que acciona un motor, genera luz o hace funcionar los equipos eléctricos.

5.3.2. Potencia Aparente (S):

La potencia aparente se mide en voltios-amperios (VA), es la potencia eléctrica total disponible en una red eléctrica, independientemente de si se utiliza realmente para realizar tareas, la potencia aparente se compone de potencia activa y potencia reactiva.

5.3.3. Potencia Reactiva (Q):

La potencia reactiva también se mide en voltio amperio reactivo (VAR), representa la potencia eléctrica que fluye de un lado a otro entre los conductores de fase y el conductor neutro de una red trifásica, pero que no realiza ningún trabajo mecánico es generada principalmente por cargas inductivas y capacitivas y es necesaria para el funcionamiento de estas cargas, pero no contribuye a la realización de tareas.

5.3.4. Factor De Potencia

El factor de potencia es una medida de eficiencia de nuestro sistema eléctrico, es decir, es un indicador que mide el aprovechamiento de la energía, o sea, la cantidad de energía que se requiere para transformar a trabajo.

5.4. Cámara termográfica

Una cámara termográfica es un instrumento que permite registrar la temperatura sin requerir contacto directo, las cámaras termográficas pueden detectar la energía infrarroja que todos los materiales liberan, transmiten o reflejan a temperaturas que superan el cero absoluto (0° Kelvin), y transforman el factor energético en una medida de temperatura o termómetro, un termograma es la representación gráfica de la energía infrarroja del objeto que está emitiendo, transmitiendo o reflejando la energía infrarroja que muestra la cámara. (EnergyGO, 2024)

Además, facilita la identificación de puntos calientes en un panel eléctrico, lo que resulta esencial para detectar inconvenientes como conexiones insuficientes, cables saturados o componentes defectuosos.

Esto simplifica el mantenimiento predictivo, posibilitando revisiones regulares sin la necesidad de desconectar el equipo, evitando de esta manera fallos inesperados, además, favorece la eficiencia energética, dado que las temperaturas elevadas señalan pérdidas de energía, y aumenta la seguridad de los empleados al llevar a cabo las mediciones sin contacto directo.

5.5. Telurómetro

“El telurómetro es un equipo que se emplea para medir la resistencia de la puesta a tierra, con este equipo se puede calcular la resistividad de terreno en el que se está instalando para comprobar la eficacia” (Mensurex, 2019).

Este instrumento es vital ya que garantiza una correcta conexión a tierra para las instalaciones eléctricas, lo que resulta esencial para la seguridad y el rendimiento eficaz de cualquier sistema eléctrico.

Una adecuada conexión a tierra garantiza que, ante una avería o un circuito corto, la corriente se disipe de manera segura en el terreno, resguardando a las personas y a los dispositivos de eventuales descargas eléctricas y sobrecargas, además, contribuye a prevenir daños en los dispositivos delicados y minimizar el peligro de incendios eléctricos

5.6. Analizador de la Calidad de la Energía

Un analizador de calidad de energía es un instrumento que se utiliza cuando se realizan mediciones de calidad de energía, este instrumento se utiliza para medir y analizar varios aspectos de un suministro de energía eléctrica durante largos períodos de tiempo, registra datos sobre voltaje, corriente, frecuencia, armónicos, transitorios y otros parámetros para analizar la calidad de la energía, esto permite diagnosticar problemas con la calidad de la energía, garantizar el cumplimiento de los estándares y optimizar el rendimiento de los sistemas eléctricos.

5.7. Potencia Nominal

La potencia nominal es la cantidad de energía que un dispositivo eléctrico puede trabajar de forma segura y continua en condiciones normales de operación, se mide en

vativos (W), kilovatios (kW) o megavatios (MW), con esta cantidad de energía máxima de la que hablamos en la potencia nominal, el dispositivo no va a sobrecalentarse ni a sufrir fallos de ningún tipo.

5.8. Factor de Simultaneidad

El factor de simultaneidad tiene en cuenta el hecho de que no todas las cargas eléctricas de un edificio consumen su potencia máxima al mismo tiempo, por el contrario, hay momentos en que algunos aparatos están apagados o inactivos (Amperfied GmbH, 2019).

El factor de simultaneidad ayuda a diseñar los sistemas y redes de suministro de manera que cubran la demanda real sin estar sobredimensionados, suele estar entre 0,1 y 1. Un valor de 0,1 significa que un consumidor sólo está consumiendo el 10% de su demanda máxima, en cambio, un valor de 1 indica que se está utilizando toda la potencia disponible.

5.9. Consumo Energético

En las instalaciones eléctricas la carga instalada difiere del consumo eléctrico, el cual de acuerdo a Tipperary Institute (2007) los kWh de consumo se define como la cantidad de energía consumida por el equipo en un tiempo determinado y estos se relacionan como se muestra en la ecuación.

$$\text{Consumo energético (kWh)} = \text{Potencia(kW)} \times \text{Tiempo (h)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

5.10. Filtros de Armónicos

“Los filtros armónicos son dispositivos diseñados para reducir o eliminar las armónicas en un sistema eléctrico, los armónicos son corrientes o tensiones de frecuencia múltiplo de la frecuencia que distorsionan la forma de onda sinusoidal, generando ruido eléctrico y problemas de calidad de energía” (Circutor, 2022).

5.10.1. Filtros Activos

“Un filtro activo es, de hecho, un generador de corrientes armónicas que, a partir del uso de la más avanzada electrónica de potencia y los más innovadores sistemas de control, es capaz de inyectar corrientes armónicas en contrafase con las existentes en la red, consiguiendo así anularlas” (Circutor, 2022).

El filtro activo dispone de tres funcionalidades, con prioridad configurable por el usuario, a pesar de que su objetivo principal es la reducción de los armónicos de corriente, que a su vez produce una reducción de los armónicos de tensión, la serie puede programarse para la compensación de energía reactiva, tanto inductiva como capacitiva, así como equilibrar la corriente de fases, reduciendo la corriente circulante por el conductor de neutro.

5.10.2. Filtro Pasivo

“Los filtros pasivos de armónicos son dispositivos eléctricos diseñados para reducir o eliminar las distorsiones causadas por las corrientes armónicas en los sistemas de distribución de energía” (Pérez, 2012).

Dichos equipos están conformados por elementos reactivos como inductores y condensadores, estos se encuentran conectados de manera que resuenan en frecuencias específicas, lo que permite la eliminación o atenuación de los armónicos no deseados, están diseñados para que se instalen en serie o paralelo con la carga, de esta forma, actúan como un camino de baja impedancia para los armónicos, desviándolos y evitando así que se distribuyan por el resto del sistema eléctrico.

VI. Análisis y Presentación de Resultados

6.1. Elaboración del Censo de Carga

Para efectuar el levantamiento del censo de carga, se examinaron individualmente las fichas técnicas de cada equipo con el objetivo de obtener datos precisos y reales sobre el consumo eléctrico, garantizando así la veracidad de la información recopilada, esta metodología permitió facilitar un entendimiento minucioso de la distribución y uso de la energía en cada zona, asegurando una evaluación adecuada de la carga total instalada.

Considerando que la información relacionada con el censo de carga es significativa, se ha optado por incorporar las tablas completas en los anexos, para levantar el censo de cargas de las áreas de interés, se utilizó el formato de la tabla 1 en anexos.

La estimación de las horas de trabajo de cada carga se realizó considerando el tipo de instalación oficina, laboratorio, o cocina y los patrones de uso típicos documentados en instalaciones similares, para cargas como computadoras, laptops e iluminación, se utilizó un horario laboral estándar de 6 a 8 horas diarias, basándose en la jornada típica de trabajo en oficinas y laboratorios, equipos como aires acondicionados y ventiladores, que son necesarios para mantener condiciones ambientales, se estimaron con un rango de 6 a 12 horas, ajustándose a los horarios de ocupación.

Cargas de operación continua, como refrigeradoras, se consideraron en uso las 24 horas del día, ya que requieren mantener una temperatura constante, por otro lado, equipos intermitentes como microondas y cafeteras, se estimaron con un tiempo de operación reducido 0.5 a 2 horas, basado en los horarios de descanso y comidas.

Además, para calcular el consumo energético por cada área se utilizó el factor de simultaneidad, ya que, en oficinas, laboratorios y otras áreas no todas las cargas operan simultáneamente ni al 100% de su capacidad nominal, este factor permite ajustar las cargas conectadas a un valor más realista, reflejando las condiciones operativas del sistema eléctrico, por ejemplo, en una oficina típica, se estima que solo el 50-70% de las computadoras e iluminación estarán en uso simultáneamente, mientras que, en laboratorios, donde los equipos críticos suelen operar de manera continua, el factor puede acercarse al 100%.

Estas aproximaciones se fundamentaron en la observación de proyectos eléctricos similares como el de (Guimac, 2019), sobre el “mejoramiento del servicio en la institución educativa en el departamento de tumbes. También se analizaron los factores de simultaneidad para diferentes tipos de cargas eléctricas tomando como referencia el (NEC) y utilizando aproximaciones basadas en normativas complementarias y prácticas de diseño eléctrico, el NEC, en su Artículo 220, proporciona tablas y directrices específicas para calcular la demanda máxima de ciertos tipos de cargas, como iluminación Tabla 220.42 y equipos de cocina Tabla 220.55, sin embargo, para algunas cargas específicas como computadoras, laptops, impresoras o equipos especializados en laboratorios, el NEC no detalla factores de simultaneidad explícitos, en estos casos, se utilizaron aproximaciones fundamentadas en estándares internacionales como el IEEE Std 141 y el IEC 60364, además de guías prácticas y patrones típicos de uso.

El análisis se realizó en tres etapas, diseñadas para comprender el comportamiento del sistema eléctrico, en la primera etapa, se calculó la potencia total instalada en kilovatios (KW) para cada área, sumando las potencias nominales de todos los equipos conectados, considerando que todos los equipos del mismo tipo se encuentran conectados, es decir, con un factor de simultaneidad igual a 1, por lo que el resultado indicado es el máximo consumo que se puede tener en cada área, este cálculo inicial sirve como una referencia de la capacidad instalada en cada zona.

En la segunda etapa, se analizó la demanda de potencia real, ajustando los valores calculados previamente con un factor de simultaneidad que refleja una aproximación del uso habitual de los equipos, esto nos ayuda a obtener una estimación más cercana a las condiciones operativas diarias.

Por último, en la tercera etapa, se estima el consumo energético en kilovatios-hora (kWh), utilizando los datos de la demanda de potencia junto con una aproximación de las horas promedio de operación de los equipos en cada área., este cálculo se realizó a nivel diario, lo que permite identificar las áreas de mayor consumo energético.

Para realizar el análisis de que cargas tienen el mayor consumo de potencia por área, se decidió agrupar los equipos, es decir, se nombró como equipos de oficina a las cargas de (computadoras, CPU, Laptops, Impresoras entre otras), climatización (aires acondicionados y compresores), cocina y electrodomésticos (cafeteras, microondas, parlantes, televisores, refrigeradoras, entre otras), laboratorio (agitador, microscopio,

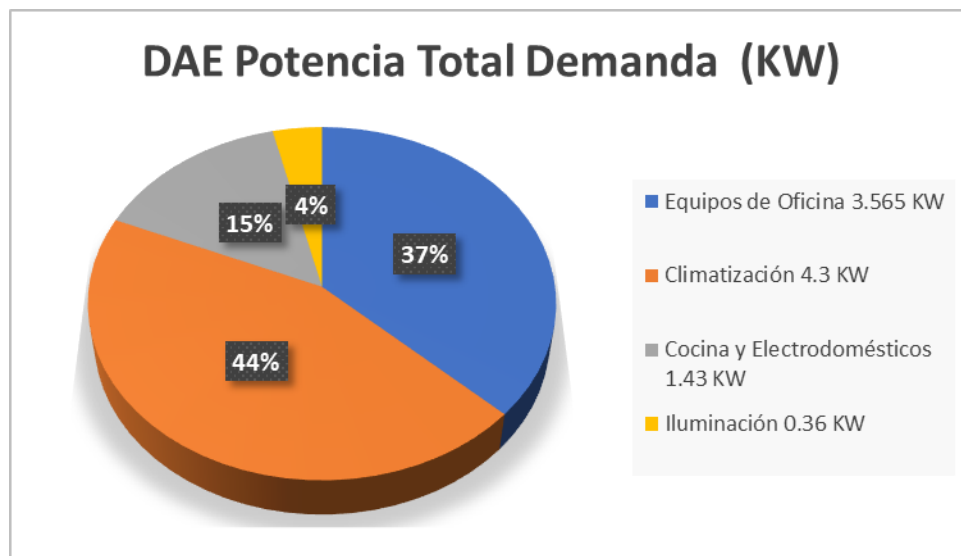
incubadora, floculador, entre otros equipos de laboratorios) y por ultimo iluminación que solo va iluminación.

Dirección de Asuntos Estudiantiles (DAE)

A través de los datos obtenidos en esta área se pudo determinar que la potencia nominal total instalada es de 12.862 (KW), aplicando un factor de simultaneidad a las diferentes cargas de este ambiente la potencia total de demanda es de 9.655 (KW), por lo que, el consumo promedio de energía eléctrica al día se estima que es 68.88 (KWh/día). Ver en anexos sección A.

Figura 1

Gráfico de Potencia Total de Demanda por Área de Uso.



En el Gráfico 1, se presenta la distribución de la demanda de potencia total en kilovatios (kW) ya con el factor de simultaneidad aplicado, se observa que la climatización es el área con la mayor demanda, representando aproximadamente el 44% de la potencia total requerida, esto se debe a que los sistemas de aire acondicionado, en funcionamiento durante gran parte del día, requieren una cantidad significativa de energía para mantener una temperatura confortable en las instalaciones.

Por otro lado, el segundo sector con mayor demanda son los quipos de oficinas representando el 37% debido al uso constante de computadoras, impresoras entre otras, lo que genera un consumo considerable de energía.

Las áreas de cocina y electrodomésticos con el 15% e iluminación con el 4%, en comparación, presentan una demanda de potencia significativamente menor, lo que refleja que son las cargas de menor consumo en esta zona.

Debido a que las áreas evaluadas son amplias y cuentan con múltiples variables asociadas, se decidió presentar la información en tres tablas de resúmenes que permiten una visualización clara y estructurada de los datos más relevantes, estas tablas han sido diseñadas con el propósito de facilitar la interpretación de los resultados, destacando los aspectos clave de las potencias, demandas y consumos energéticos de las áreas analizadas. Para poder observar detenidamente los cálculos y censos, ver anexos sección A.

Tabla 2

Resumen de Potencias y Consumo Energético por Área.

Áreas	Potencia Total Nominal (KW)	Potencia Total Demanda (KW)	Energía Total (KWh/día)
DAE	12.862	9.655	68.888
DIIN	18.396	15.530	107.145
ADMON	25.716	22.662	154.419
PIENSA-Oficina Principal	22.736	20.339	138.565
PIENSA-Admón.	8.352	7.130	48.093
PIENSA-Laboratorio de aguas residuales	15.712	17.589	111.357
PIENSA-Laboratorio de Microbiología del Agua	21.390	16.532	98.824
PIENSA-Aulas	16.202	15.552	108.013
PIENSA-Laboratorio Físico Químico de agua natural	36.980	29.164	170.385
PIENSA-Laboratorio Biotecnología	10.244	9.092	74.8464
PIENSA - Laboratorio Micropilotes	10.992	8.570	47.954

En la tabla 2, se ofrece un resumen de las potencias de cada área, incluyendo la potencia total nominal, la potencia total de demanda ajustada mediante el factor de simultaneidad, y el consumo energético asociado. Esto permite observar las demandas de cada área.

Tabla 3

Distribución del Porcentaje de Potencia Total de Demanda por Categoría de Carga y Área.

Potencia Total Demanda (KW)					
Áreas	Equipos de Oficina (%)	Climatización (%)	Cocina y electrodomésticos (%)	Iluminación (%)	Laboratorio (%)
DAE	37	44	15	4	-
DIIN	24	63	10	3	-
ADMON	16	62	18	4	-
PIENSA-Oficina Principal	15	78	4	3	-
PIENSA-Admón.	28	70	-	2	-
PIENSA-Laboratorio de aguas residuales	9	58	-	2	31
PIENSA-Laboratorio de Microbiología del Agua	6	28	-	5	61
PIENSA-Aulas	5	90	-	5	-
PIENSA-Laboratorio Físico Químico de agua natural	5	36	-	2	57
PIENSA-Laboratorio Biotecnología	10	62	-	2	26

La tabla 3 presenta la distribución porcentual de la potencia de demanda por categoría de carga dentro de cada área, esta tabla muestra qué proporción de la potencia de demanda corresponde a áreas como administración, climatización, cocina y electrodomésticos, iluminación y laboratorio, proporcionando una visión clara de la contribución de cada categoría.

Representando aproximadamente un promedio del 59.1% de la potencia de demanda total requerida en la parte de climatización, 15.5% en la parte administrativa, 11.75% en la parte de cocina y electrodomésticos, 3.2% en la parte de iluminación y 43.75% en la parte de laboratorios.

Tabla 4

Distribución del Porcentaje de Consumo Energético Diario por Categoría de Carga y Área.

Energía Total (KWh/día)					
Áreas	Equipos de Oficina (%)	Climatización (%)	Cocina y electrodomésticos (%)	Iluminación (%)	Laboratorio (%)
DAE	22	51	22	5	-
DIIN	25	63	8	4	-
ADMON	15	64	17	4	-
PIENSA-Oficina Principal	16	81	2	1	-
PIENSA-Admón.	24	73	-	3	-
PIENSA-Laboratorio de aguas residuales	9	64	-	3	24
PIENSA-Laboratorio de Microbiología del Agua	6	33	-	6	55
PIENSA-Aulas	3	91	-	6	-
PIENSA-Laboratorio Físico Químico de agua natural	5	43	-	3	49
PIENSA-Laboratorio Biotecnología	8	51	-	2	39

Por último, la tabla 4 muestra el porcentaje de consumo energético diario por categoría de carga en cada área, expresado en kilovatios-hora por día (kWh/día). Este resumen destaca qué categorías de carga representan un mayor consumo energético.

Representando aproximadamente un promedio del 59.1% del consumo energético requerida en la parte de climatización, 13.3% en los equipos de oficina, 12.25% en la parte de cocina y electrodomésticos, 3.7% en la parte de iluminación y 41.75% en la parte de laboratorios.

6.2. Inspección Visual de la Instalación Eléctrica en Conformidad con el Código Eléctrico Nacional (NEC) y el Código de Instalaciones Eléctricas Nacional (CIEN).

La inspección visual de la instalación eléctrica es un método preliminar que implica la revisión del estado general de todos los componentes eléctricos, sin el uso de herramientas o equipos de medición, se asegura de que los conductores, conexiones, dispositivos de protección y demás elementos estén correctamente instalados y en buen estado, este tipo de inspección se lleva a cabo de acuerdo con las normativas eléctricas NEC y el CIEN los cuales definen los estándares de seguridad para asegurar que las instalaciones cumplan con los requisitos mínimos de protección contra riesgos eléctricos.

La inspección es crucial por su habilidad para identificar fallas evidentes y posibles riesgos, tales como cables dañados, conexiones sueltas o protecciones defectuosas, estos problemas podrían resultar en cortocircuitos, incendios o descargas eléctricas, asimismo, resulta una medida preventiva crucial para garantizar el cumplimiento de las normativas eléctricas, ya que esto es fundamental para la seguridad de los usuarios y el correcto desempeño del sistema eléctrico.

Durante la inspección realizada a los paneles eléctricos se observaron varios aspectos que no cumplen con los requisitos del NEC y el CIEN, estos incumplimientos pueden comprometer la eficiencia y seguridad del sistema eléctrico, influenciando tanto su funcionamiento como la protección de las que a continuación, se describen los artículos específicos del NEC y CIEN que no se cumplen, acompañados de una explicación de cada observación.

6.2.1. DIIN

En la Dirección de investigación e innovación hay un panel trifásico 4 hilos, 120/208, 225 A con una protección principal de 175 A, el panel tiene una capacidad para 42 circuitos, del cual se está haciendo uso del 64%, es decir de los 42 espacios 27 están actualmente en uso y 15 están disponibles

El panel eléctrico no cuenta con un correcto etiquetado, lo que incumple la sección 408.4 (A) del NEC y la sección 120-18 del CIEN, que indica que todos los circuitos y modificaciones de circuitos se deben identificar de forma legible con su propósito o uso específico, evidente y claro, la identificación debe incluir detalles suficientes que permitan que cada circuito se diferencie de los otros.

El tablero eléctrico no cuenta con un correcto código de colores lo que incumple con la sección 215.12 del NEC y el 210-5 del CIEN, donde habla sobre la necesidad de identificar correctamente los conductores de fase o neutro, en el panel eléctrico tenemos protecciones de 2 polos con 2 líneas viva de color negro y blanco y según el código de colores americano menciona que para las líneas viva de un sistema 120/208/240 V, se usa rojo o negro y el blanco se usa únicamente para neutro.

El panel eléctrico tiene una barra a tierra y tiene el código de colores adecuado para el sistema, lo que hace parecer que todo está en orden, pero a la hora de identificar donde está ubicada la varia a tierra logre observar que al sistema de puesta a tierra le falta el electrodo de tierra, en otras palabras, el cable del sistema de puesta a tierra está en el aire, revisar anexos sección A, figura 1.

Lo que indica que incumple la sección 250.4 (A) (1) del NEC y 120-8 del CIEN, donde describe que los sistemas eléctricos puestos a tierra se deben conectar a tierra de manera que limiten la tensión impuesta por descargas atmosféricas, sobretensiones en la línea, o contacto no intencional con líneas de tensión más alta, y que estabilicen la tensión a tierra durante la operación normal.

6.2.2. PIENSA

El PIENSA es la zona más extensa de las áreas aborda, ya que comprende las oficinas principales, así como otros ambientes y laboratorios. Dentro de esta área se encuentran instalados un total de 10 paneles eléctricos, distribuidos en 4 paneles principales y 6 subpaneles, seguidamente se procederá a detallar cada uno de estos paneles para realizar una inspección conforme a los estándares establecidos por el NEC, asegurando el cumplimiento de las normativas de seguridad y eficiencia en el sistema eléctrico.

6.2.2.1. Oficina Principal.

En este ambiente se encuentran 2 paneles eléctricos, 1 principal y 1 sub panel, el panel principal monofásico 120/208, no dice el amperaje y tampoco cuenta con protección principal tiene una capacidad para 24 circuitos, del cual se está haciendo uso del 54%, es decir de los 24 espacios 13 están actualmente en uso y 11 están disponibles.

El tablero al no tener un marcado correcto de los valores con el cual trabaja incumple la sección 110.21 del NEC y 100-5 del CIEN, que menciona que debe haber un etiquetado que indiquen la tensión, la corriente, u otros valores nominales, tal como se

especifica en otras secciones de este código, la marca o etiqueta deben ser suficientemente durables para resistir las condiciones ambientales involucradas.

Dentro del panel eléctrico principal hay varios empalmes, el NEC hasta cierto punto lo permite siempre y cuando los envoltentes para interruptores y dispositivos de protección contra sobre corriente con empalmes, derivaciones y conductores de paso de alimentación utilicen dispositivos adecuados para realizar los empalmes, tales como conectores de tipo twist-on (wire nuts), conectores de empalme con pestañas (winged connectors), entre otros, también debe permitirse el espacio del cableado de los envoltentes donde se cumplen las siguientes condiciones:

1. El total de todos los conductores instalados en cualquier sección transversal del espacio del cableado no excede del 40% del área de la sección transversal de dicho espacio.
2. El área total de todos los conductores, empalmes y derivaciones instalados en cualquier sección transversal del espacio del cableado no excede del 75% del área de sección transversal de dicho espacio.
3. Se aplica a la envoltente una etiqueta de advertencia que cumple con lo establecido en la sección 110.21(B), que identifica el medio de desconexión más cercano para cualquier conductor de paso de alimentación.

Los empalmes dentro del panel eléctrico no tienen los dispositivos correctos para hacer dichos empalmes y tampoco tienen un etiquetado de advertencia que incumple con lo establecido en la sección 110.21(B) del NEC y 100-5 del CIEN, que identifica el medio de desconexión más cercano para cualquier conductor de paso de alimentación, lo que también incumple con la sección 312.8 (A) del NEC y 120-14 del CIEN.

Este mismo no cuenta con una protección principal las acometidas llegan directamente a la barra de distribución, al no contar con una protección principal incumple con la sección 408.36 del NEC y 120-10 del CIEN, en el que se especifica que todo tablero eléctrico tiene que tener una protección contra sobre corriente, además de los requisitos de la sección 408.30 del NEC y 120-10 del CIEN, un panel de distribución debe estar protegido por un dispositivo de protección contra sobre corriente que tenga un valor nominal no mayor que el del panel de distribución, este dispositivo de protección contra

sobre corriente debe estar ubicado dentro o en cualquier punto situado en el lado de alimentación del panel de distribución.

El tablero eléctrico no cuenta con un correcto código de colores lo que incumple la sección 215.12 del NEC y 210-5 del CIEN, donde habla sobre la necesidad de identificar correctamente los conductores de fase o neutro, en el panel eléctrico tenemos protecciones de 2 polos con 2 líneas viva de color negro y blanco, también tenemos una protección de dos polos que alimenta al sub panel y ambas fases son color verde y según el código de colores americano menciona que para las líneas viva de un sistema 120/208/240 V, se usa rojo o negro, el blanco se usa para neutro y el color verde se usa únicamente para el sistema de puesta a tierra.

El sub panel eléctrico está a la par del panel principal, no tiene un marcado que indique el voltaje y corriente, tiene una capacidad para 8 circuitos, del cual se está haciendo uso del 50%, es decir de los 8 espacios 4 están actualmente en uso y 4 están disponibles.

A pesar de que esta alimentado por dos fases solo alimenta cargas de 120 V, al no tener un marcado incumple la sección 110.21 del NEC y 100-5 del CIEN, que menciona que debe haber un etiquetado que indiquen la tensión, la corriente, u otros valores nominales, tal como se especifica en otras secciones de este Código, la marca o etiqueta deben ser suficientemente durables para resistir las condiciones ambientales involucradas.

El sub panel tiene empalmes que, si están etiquetado con la función que cumplen, pero este no tiene los dispositivos correctos para hacer dichos empalmes lo que también incumple con la sección 312.8 (A) del NEC y 120-14 del CIEN.

El mismo no cuenta con un correcto código de colores lo que incumple con la sección 215.12 del NEC y 210-5 del CIEN, donde habla sobre la necesidad de identificar correctamente los conductores de fase o neutro, en el sub panel eléctrico las líneas de alimentación de color verde, los conductores de neutro son de color rojo y negro y según el código de colores americano menciona que para las líneas viva de un sistema 120/208/240 V, se usa rojo o negro, el blanco se usa para neutro y el color verde se usa únicamente para el sistema de puesta a tierra.

El sub panel no cuenta con una barra de tierra independiente, lo que incumple con la sección 200.3 del NEC y 250-32 del CIEN, que indica que las instalaciones de los establecimientos no se deben conectar eléctricamente a la red de suministro a menos que esta última contenga, para cualquier conductor puesto a tierra de la instalación interior, el correspondiente conductor puesto a tierra.

Asimismo, se desconoce si el neutro del subpanel esta aterrizado, y si así fuera el caso incumpliría con la sección 408.41 del NEC y 250-24 del CIEN, que menciona que, en los subpaneles, el neutro debe estar separado del sistema de puesta a tierra, cada conductor neutro debe estar conectado individualmente a la barra de neutro, evitando compartir la misma barra con los conductores de tierra.

Si se conecta el neutro a la tierra en un subpanel, se crea un circuito paralelo, esto significa que parte de la corriente del neutro podría fluir a través del conductor de tierra, lo cual es peligroso porque los conductores de tierra están diseñados solo para llevar corriente en caso de falla, no durante el funcionamiento normal.

6.2.2.2. Atención al Cliente.

En este ambiente tenemos un sub panel eléctrico. 120/240 V, no tiene un marcado que indique el voltaje y corriente, tiene una capacidad para 8 circuitos, del cual se está haciendo uso del 100%, es decir de los 8 espacios 8 están actualmente en uso, al no tener un marcado incumple la sección 110.21 del NEC y 100-5 del CIEN, que menciona que debe haber un etiquetado que indiquen la tensión, la corriente, u otros valores nominales, tal como se especifica en otras secciones de este Código, la marca o etiqueta deben ser suficientemente durables para resistir las condiciones ambientales involucradas.

El sub panel eléctrico no cuenta con un correcto código de colores lo que incumple con la sección 215.12 del NEC y 210-5 del CIEN, donde habla sobre la necesidad de identificar correctamente los conductores de fase o neutro, en el sub panel eléctrico algunos conductores de neutro son de color rojo y negro y según el código de colores americano menciona que para las líneas viva de un sistema 120/208/240 V, se usa rojo o negro, el blanco se usa para neutro y el color verde se usa únicamente para el sistema de puesta a tierra.

También este tiene una mesa con estantes de archivos de frente del sub panel lo que hace un poco dificultoso su acceso, lo que incumple con la sección 110.26 del NEC

y 120-7 del CIEN, que menciona que los espacios alrededor del tablero eléctrico, se debe proporcionar y mantener espacio de acceso y de trabajo alrededor de todo el tablero eléctrico, para permitir el funcionamiento y mantenimiento fácil y seguro de dicho equipo.

El sub panel no cuenta con una barra de tierra independiente, lo que incumple con la sección 200.3 del NEC y 250-32 del CIEN, que indica que las instalaciones de los establecimientos no se deben conectar eléctricamente a la red de suministro a menos que esta última contenga, para cualquier conductor puesto a tierra de la instalación interior, el correspondiente conductor puesto a tierra.

Asimismo, se desconoce si el neutro del subpanel esta aterrizado, y si así fuera el caso incumpliría con la sección 408.41 del NEC y 250-24 del CIEN, que menciona que, en los subpaneles, el neutro debe estar separado del sistema de puesta a tierra, cada conductor neutro debe estar conectado individualmente a la barra de neutro, evitando compartir la misma barra con los conductores de tierra.

6.2.2.3. Aulas Piensa

En este lugar se encuentran 2 paneles eléctricos, 1 panel principal y 1 sub panel, el panel principal monofásico 120/240 V, no dice el voltaje, ni el amperaje y tampoco cuenta con protección principal tiene una capacidad para 30 circuitos, del cual se está haciendo uso del 60%, es decir de los 30 espacios 18 están actualmente en uso y 12 están disponibles.

Este mismo panel principal no cuenta con un etiquetado al no tener un marcado incumple la sección 110.21 del NEC y 100-5 del CIEN, que menciona que debe haber un etiquetado que indiquen la tensión, la corriente, u otros valores nominales, tal como se especifica en otras secciones de este Código, la marca o etiqueta deben ser suficientemente durables para resistir las condiciones ambientales involucradas.

El panel presenta una aglomeración de conductores, lo cual dificulta la organización y el acceso seguro a las conexiones, las tuberías de derivación están excesivamente largas y colocadas demasiado cerca de la barra de neutro, lo que impide una conexión adecuada de los conductores en El punto de neutral.

En este caso se incumple la sección 312.7 del NEC y 120-13 (a) del CIEN, que menciona que los gabinetes y las cajas de corte deben tener un espacio aprobado para acomodar todos los conductores instalados en ellos, sin que haya aglomeración.

El tablero eléctrico no cuenta con una protección principal, las acometidas llegan directamente a las barras de distribución de los circuitos, en esta situación se incumple la sección 408.30 del NEC y 120-10 del CIEN, que describe que un panel de distribución debe estar protegido por un dispositivo de protección contra sobre corriente que tenga un valor nominal no mayor que el del panel de distribución, este dispositivo de protección contra sobre corriente debe estar ubicado dentro o en cualquier punto situado en el lado de alimentación del panel de distribución.

El panel principal no cuenta con un correcto código de colores lo que incumple con la sección 215.12 del NEC y 210-5 del CIEN, donde habla sobre la necesidad de identificar correctamente los conductores de fase o neutro, en el panel eléctrico los conductores de las líneas vivas de algunas protecciones son blanco y negro y según el código de colores americano menciona que para las líneas viva de un sistema 120/208/240 V, se usa rojo o negro, el blanco se usa para neutro y el color verde se usa únicamente para el sistema de puesta a tierra.

Este mismo tiene empalmes dentro del panel, los empalmes dentro del panel eléctrico no tienen los dispositivos correctos para hacer dichos empalmes y tampoco tienen un etiquetado de advertencia que cumple con lo establecido en la sección 110.21 del NEC y 100-5 del CIEN, que identifica el medio de desconexión más cercano para cualquier conductor de paso de alimentación, lo que también incumple con la sección 312.8 (A) del NEC y 120-14 del CIEN.

El subpanel eléctrico monofásico 120/220, no dice el voltaje, ni el amperaje y tiene una capacidad para 12 circuitos, del cual se está haciendo uso del 100%, es decir de los 12 espacios 12 están actualmente en uso.

Este mismo subpanel no cuenta con un etiquetado al no tener un marcado incumple la sección 110.21(B) del NEC y 100-5 del CIEN, que menciona que debe haber un etiquetado que indiquen la tensión, la corriente, u otros valores nominales, tal como se especifica en otras secciones de este Código, la marca o etiqueta deben ser suficientemente durables para resistir las condiciones ambientales involucradas.

El subpanel tiene empalmes dentro del panel, los empalmes dentro del panel eléctrico no tienen los dispositivos correctos para hacer dichos empalmes y tampoco tienen un etiquetado de advertencia que cumple con lo establecido en la sección 110.21(B) del NEC y 100-5 del CIEN, que identifica el medio de desconexión más

cercano para cualquier conductor de paso de alimentación, lo que también incumple con la sección 312.8 (A) del NEC y 120-14 del CIEN.

No cuenta con un correcto código de colores lo que incumple sección 215.12 del NEC y 210-5 del CIEN, donde habla sobre la necesidad de identificar correctamente los conductores de fase o neutro, en el panel eléctrico los conductores de fases del subpanel son blanco y negro y según el código de colores americano menciona que para las líneas viva de un sistema 120/208/240 V, se usa rojo o negro, el blanco se usa para neutro y el color verde se usa únicamente para el sistema de puesta a tierra.

El sub panel no cuenta con una barra de tierra independiente, lo que incumple con la sección 200.3 del NEC y 250-32 del CIEN, que indica que las instalaciones de los establecimientos no se deben conectar eléctricamente a la red de suministro a menos que esta última contenga, para cualquier conductor puesto a tierra de la instalación interior, el correspondiente conductor puesto a tierra.

Asimismo, se desconoce si el neutro del subpanel esta aterrizado, y si así fuera el caso incumpliría con la sección 408.41 del NEC y 250-24 del CIEN, que menciona que, en los subpaneles, el neutro debe estar separado del sistema de puesta a tierra, cada conductor neutro debe estar conectado individualmente a la barra de neutro, evitando compartir la misma barra con los conductores de tierra.

6.2.2.4. Laboratorio Biotecnología,

En este ambiente se encuentran 1 sub panel trifásico, el sub panel, no dice el voltaje, ni el amperaje, tiene una capacidad para 18 circuitos, del cual se está haciendo uso del 100%, es decir de los 18 espacios 18 están actualmente en uso.

Al no tener un etiquetado incumple la sección 110.21 del NEC y 100-5 del CIEN, que menciona que debe haber un etiquetado que indiquen la tensión, la corriente, u otros valores nominales, tal como se especifica en otras secciones de este Código, la marca o etiqueta deben ser suficientemente durables para resistir las condiciones ambientales involucradas.

El subpanel tiene empalmes dentro del panel, los empalmes dentro del panel eléctrico no tienen los dispositivos correctos para hacer dichos empalmes y tampoco tienen un etiquetado de advertencia que cumple con lo establecido en la

sección 110.21(B), que identifica el medio de desconexión más cercano para cualquier conductor de paso de alimentación. Lo que también incumple con la sección 312.8 (A).

El panel principal no cuenta con un correcto código de colores lo que incumple con la sección 215.12 del NEC y 210-5 del CIEN donde habla sobre la necesidad de identificar correctamente los conductores de fase o neutro, en el panel eléctrico los conductores de las líneas vivas de algunas protecciones son blanco y negro y según el código de colores americano menciona que para las líneas viva de un sistema 120/208/240 V, se usa rojo o negro, el blanco se usa para neutro y el color verde se usa únicamente para el sistema de puesta a tierra.

El panel presenta una aglomeración, lo cual dificulta la organización y el acceso seguro a las conexiones, los cables están desorganizados y demasiado aglomerados.

En este caso se incumple la sección 312.7 del NEC y 120-13 (a) del CIEN, que menciona que los gabinetes y las cajas de corte deben tener un espacio aprobado para acomodar todos los conductores instalados en ellos, sin que haya aglomeración.

6.2.2.5. Laboratorio Físico-Químico de Agua Natural.

En este lugar se encuentran 2 paneles eléctricos, 1 panel principal y 1 sub panel, el panel principal trifásico 120/240 V, con protección principal de 200 A, tiene una capacidad para 42 circuitos, del cual se está haciendo uso del 100%, es decir de los 42 espacios 42 están actualmente en uso.

La protección principal de este panel eléctrico tiene el mango quebrado, y no se puede hacer una interrupción manual de este mismo, lo cual incumple con la sección 240.80 del NEC y 240.80 del CIEN, la cual menciona que los interruptores automáticos deben ser de disparo libre y se deben poder abrir o cerrar manualmente.

Así mismo este panel no cuenta con un correcto código de colores, ya que algunas protecciones incumplen con la sección 215.12 del NEC y 210-5 del CIEN, donde habla sobre la necesidad de identificar correctamente los conductores de fase o neutro, en el panel eléctrico los conductores de las líneas vivas de algunas protecciones son blanco y negro y según el código de colores americano menciona que para las líneas viva de un sistema 120/208/240 V, se usa rojo o negro, el blanco se usa para neutro y el color verde se usa únicamente para el sistema de puesta a tierra.

Los empalmes dentro del panel eléctrico no tienen los dispositivos correctos para hacer dichos empalmes y tampoco tienen un etiquetado de advertencia que cumple con lo establecido en la sección 110.21(B) del NEC y 100-5 del CIEN, que identifica el medio de desconexión más cercano para cualquier conductor de paso de alimentación, lo que también incumple con la sección 312.8 (A) del NEC y 120-14 del CIEN.

El sub panel eléctrico es trifásico 120/240 V, tiene una capacidad para 42 circuitos, del cual se está haciendo uso del 50%, es decir de los 30 espacios 15 están actualmente en uso y 15 están libre.

Los empalmes dentro del subpanel eléctrico no tienen los dispositivos correctos para hacer dichos empalmes y tampoco tienen un etiquetado de advertencia que cumple con lo establecido en la sección 110.21(B) del NEC y 100-5 del CIEN, que identifica el medio de desconexión más cercano para cualquier conductor de paso de alimentación, lo que también incumple con la sección 312.8 (A) del NEC y 120-14 del CIEN.

Asimismo, el neutro del subpanel esta aterrizado, lo que incumpliría con la sección 408.41 del NEC y 250-24 del CIEN que menciona que, en los subpaneles, el neutro debe estar separado del sistema de puesta a tierra, cada conductor neutro debe estar conectado individualmente a la barra de neutro, evitando compartir la misma barra con los conductores de tierra.

6.2.2.6. Laboratorio Calidad del Aire.

En esta área se encuentra 1 sub panel, el subpanel monofásico 120/220 V, con una protección principal de 60 A, tiene una capacidad para 20 circuitos, del cual se está haciendo uso del 95%, es decir de los 20 espacios 19 están actualmente en uso y 1 está libre.

Los empalmes dentro del subpanel eléctrico no tienen los dispositivos correctos para hacer dichos empalmes y tampoco tienen un etiquetado de advertencia que cumple con lo establecido en la sección 110.21(B) del NEC y 100-5 del CIEN, que identifica el medio de desconexión más cercano para cualquier conductor de paso de alimentación, lo que también incumple con la sección 312.8 (A) del NEC y 120-14 del CIEN.

Asimismo, el neutro del subpanel esta aterrizado, lo que incumpliría con la sección 408.41 del NEC y 250-24 del CIEN que menciona que, en los subpaneles, el neutro debe estar separado del sistema de puesta a tierra. Cada conductor neutro debe estar

conectado individualmente a la barra de neutro, evitando compartir la misma barra con los conductores de tierra.

6.2.2.7. Laboratorio de Aguas Residuales

En esta área se encuentra 1 panel principal trifásico 120/220 V, con una protección principal de 125 A, tiene una capacidad para 42 circuitos, del cual se está haciendo uso del 76%, es decir de los 42 espacios 32 están actualmente en uso y 10 están libres.

El panel está en perfectas condiciones.

6.2.3. Administración (ADMÓN)

En este ambiente se encuentra un panel trifásico 120/220 con una protección principal de 125 A, tiene una capacidad para 30 Circuitos, del cual se está haciendo uso del 60%.

Este panel no cuenta con un correcto código de colores, ya que algunas protecciones incumplen con la sección 215.12 del NEC y 210-5 del CIEN, donde habla sobre la necesidad de identificar correctamente los conductores de fase o neutro, en el panel eléctrico los conductores de las líneas vivas de algunas protecciones son blanco y negro, en la barra tanto de tierra hay cables blancos y rojos, en la barra de neutro se encuentran cables azules y verde con amarillo y según el código de colores americano menciona que para las líneas viva de un sistema 120/208/240 V, se usa rojo o negro, el blanco se usa para neutro y el color verde se usa únicamente para el sistema de puesta a tierra.

Este mismo panel principal no cuenta con un etiquetado al no tener un marcado incumple la sección 110.21 del NEC y 100-5 del CIEN, que menciona que debe haber un etiquetado que indiquen la tensión, la corriente, u otros valores nominales, tal como se especifica en otras secciones de este Código, la marca o etiqueta deben ser suficientemente durables para resistir las condiciones ambientales involucradas.

6.2.4. DAE

Este panel no cuenta con un correcto código de colores, ya que algunas protecciones incumplen con la sección 215.12 del NEC y 210-5 del CIEN,

Este mismo panel principal no cuenta con un etiquetado al no tener un marcado incumple la sección 110.21 del NEC y 100-5 del CIEN.

6.3. Análisis Termográfico de Paneles y Subpaneles Eléctricos

Las mediciones mediante la cámara termográfica fueron realizadas en la totalidad de las áreas, incluyendo tanto los paneles principales como los subpaneles eléctricos, este procedimiento se llevó a cabo con el objetivo de identificar posibles puntos críticos, como sobrecalentamientos, conexiones defectuosas o cargas desbalanceadas, que pudieran comprometer el desempeño del sistema eléctrico o representar un riesgo potencial de falla, las imágenes termográficas adquiridas proporcionaron una representación visual de las temperaturas en tiempo real, lo cual facilitó el análisis y la identificación de cualquier anomalía térmica que pudiera necesitar atención inmediata.

A continuación, se muestra una tabla elaborada por la empresa Juan Palacios S.L. basada en la tabla 100.18 de la ANSI/NETA ATS-2017 que nos proporciona rangos de temperatura para clasificar la severidad de la diferencia de temperatura de un determinado objeto.

Tabla 25

Clasificación de las fallas según las diferencias de temperaturas.

Nivel	Diferencia Temperaturas Puntos Similares $DIF_{SIM} = T_{PC} - T_{REF}$	Diferencia Temperatura Ambiente $DIF_{AMB} = T_{PC} - T_{AMB}$	Clasificación	Acción
1	$1^{\circ}\text{C} \leq DIF_{SIM} < 4^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C} \leq DIF_{AMB} < 11^{\circ}\text{C}$	Posible Deficiencia	Se requiere más información.
2	$4^{\circ}\text{C} \leq DIF_{SIM} < 15^{\circ}\text{C}$	$11^{\circ}\text{C} \leq DIF_{AMB} < 21^{\circ}\text{C}$	Probable Deficiencia	Reparar en la próxima parada disponible.
3	$15^{\circ}\text{C} \leq DIF_{SIM}$	$21^{\circ}\text{C} \leq DIF_{AMB} < 40^{\circ}\text{C}$	Deficiencia	Reparar tan pronto como sea posible.
4	$15^{\circ}\text{C} \leq DIF_{SIM}$	$40^{\circ}\text{C} \leq DIF_{AMB}$	Deficiencia Mayor	REPARAR INMEDIATAMENTE

Diferencia de Temperatura Ambiente (DIF AMB)

Ecuación 1:

$$DIF_{AMB} = T_{PC} - T_{AMB}$$

Donde:

TPC: Temperatura medida en el punto crítico (objeto o área de interés).

TAMB: Temperatura ambiente o temperatura de referencia del entorno.

Esta fórmula calcula la diferencia entre la temperatura de un punto específico y la temperatura ambiente, sirve para identificar anomalías térmicas al comparar la temperatura del objeto con la de su entorno.

Diferencia de Temperaturas en Puntos Similares (DIF SIM)

Ecuación 2:

$$\text{DIF SIM} = \text{TPC} - \text{TREF}$$

Donde:

TPC : Temperatura en un punto específico.

TREF: Temperatura de referencia de un punto similar cercano (por ejemplo, otro componente del mismo tipo o sección del sistema).

Esta fórmula compara las temperaturas entre dos puntos similares (como dos componentes idénticos o dos áreas de la misma categoría), es útil para identificar inconsistencias térmicas en sistemas homogéneos.

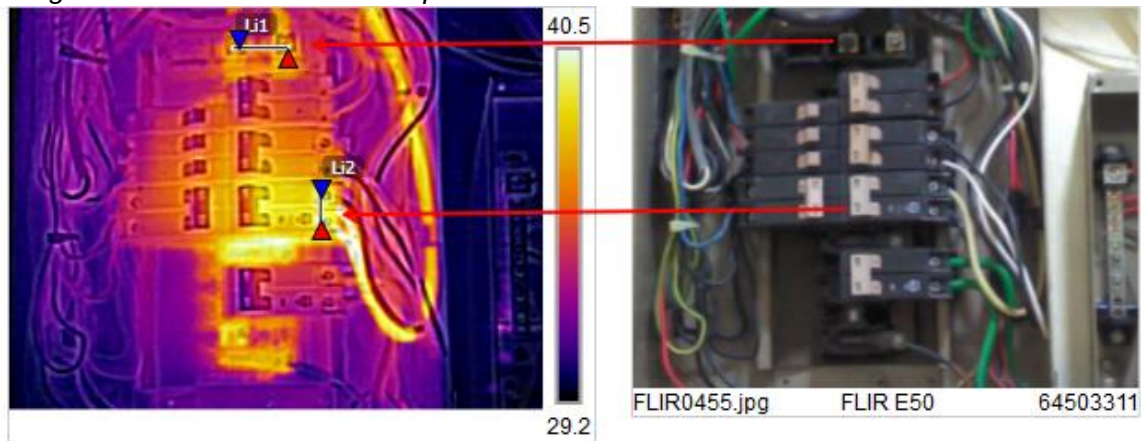
PIENSA

El PIENSA es la zona más extensa de las áreas abordar, ya que comprende las oficinas principales, así como otros ambientes y laboratorios, dentro de esta área se encuentran instalados un total de 10 paneles eléctricos, distribuidos en 4 paneles principales y 6 subpaneles, seguidamente se procederá a detallar cada uno de estos paneles para realizar una inspección conforme a los resultados obtenidos de las mediciones térmicas, la formula a usar es la fórmula 1 de diferencia de temperatura ambiente.

6.3.1.1. Piensa Oficina Principal.

Figura 3

Imagen Térmica del Panel Principal.



Medidas

Li1	Max	35.0 °C	
	Min	32.8 °C	
	Average	33.7 °C	
Li2	Max	40.5 °C	
	Min	36.0 °C	
	Average	37.9 °C	
Dt1	.i1.Max - Temp. ref.		5.9 °C
Dt2	.i1.Min - Temp. ref.		3.7 °C
Dt3	.i2.Max - Temp. ref.		11.4 °C
Dt4	.i2.Min - Temp. ref.		6.9 °C

Parámetros

Emisividad	0.95
Temp. refl.	29.1 °C

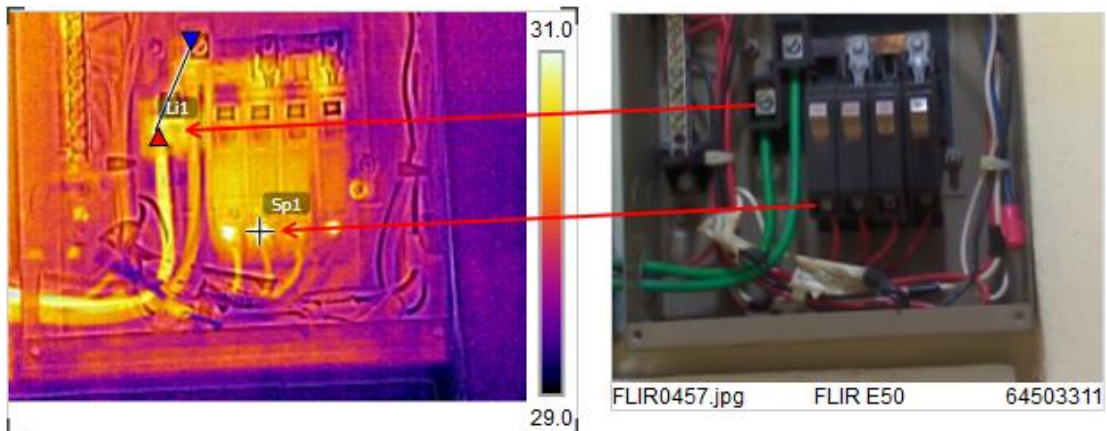
En el análisis térmico en el panel eléctrico, se identifican diferencias de temperatura que sugieren anomalías leves en el sistema eléctrico según la Tabla 25 de Clasificación de las fallas según las diferencias de temperaturas aplicando la fórmula 1.

En la parte de las barras usamos la herramienta línea, que nos muestra la temperatura máxima, media y mínima a lo largo de la línea, mostrando que su panel la barra L1 tiene una diferencia de temperatura de 3.7°C y L2 5.9°C lo que indica que hay un leve desbalance de carga, que según la tabla 25 de referencia está en el nivel 1 de una posible falla, en el Nivel 1, el sistema sigue funcionando de manera adecuada y eficiente, con una baja afectación en la calidad de la energía, sin embargo, es importante realizar monitoreo periódico para prevenir posibles degradaciones en el futuro.

En el segundo análisis del mismo panel se realizó en una protección de 2 polos, que alimentan a un sub panel que está en la misma área, usando la misma herramienta línea, se logró observar que esta protección tiene una bornera más caliente que la otra, en la primera bornera tiene una diferencia de temperatura de 11.5°C, que según la tabla 25 está en el nivel 2, esto se debe a un desbalance entre la barra L1 y L2, ya que la primera bornera del Breaket de 2x50 se encuentra más elevada que la segunda.

Figura 4

Imagen Térmica del Sub Panel Eléctrico.



Medidas

Sp1		32.4 °C
Li1	Max	30.7 °C
	Min	29.8 °C
	Average	30.2 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref.	3.3 °C
Dt2	Li1.Max - Temp. ref.	1.6 °C
Dt3	Li1.Min - Temp. ref.	0.7 °C
Dt4	Li1.Max - Li1.Min	0.9 °C

Parámetros

Emisividad	0.95
Temp. refl.	29.1 °C

En el punto 1, correspondiente a una protección de 1 polo, se registró una Dt1 de 3.3 °C, lo cual indica que está en el nivel 1 una posible deficiencia, con una baja afectación en la calidad de la energía, esto provocado a una conexión flojas en los terminales, ya que se logra visualizar que el aumento de temperatura está solo en el borne donde está el tornillo y la parte del conductor y de la protección esta normal.

En los restantes 8 paneles de las diferentes oficinas y laboratorios del PIENSA, todos están en un rango de 1°C y 11°C, lo que indica una posible deficiencia, como se logra observar en los anexos, sección B, posteriormente, se debe realizar una inspección visual para verificar el ajuste de las conexiones, identificar signos de deterioro o corrosión y asegurarse de que los conductores no estén sobrecargados, si se encuentran conexiones flojas, es importante ajustarlas.

A continuación, se mostrará la Tabla 35 con el análisis térmico de cada panel principal y sub panel.

Tabla 35

Tablas de análisis de temperatura, clasificación y causas.

Área	Componente Eléctrico	Elemento	Medidas		Temperatura Ambiente
			L1	35	
Piensa Oficina Principal	Panel Principal	Barra	L2	32.8	29.1
		Ckto 12	Max	40.5	29.1
		Ckto 14	Min	36	29.1
	Sub Panel	Barra	L1	30.7	29.1
			L2	29.8	29.1
		Ckto 2	Sp1	32.4	29.1
Aulas PIENSA	Panel Principal	Ckto 3	Sp1	32.5	29.9
PIENSA Lab. Biotecnología	Sub Panel	Ckto 12	Sp1	27.7	24.4
		Conductor	Sp2	27.7	24.4

PIENSA Lab. Físico Químico	Panel Principal	Barra	Sp1- L1	26. 2	22.7
			Sp2- L2	26. 9	22.7
			Sp3- L3	26. 8	22.7
		Ckto 18	Sp1	28. 6	22.7
PIENSA Lab. Aguas Residuales	Panel Principal	Ckto 22	<u>Sp1</u>	35. 5	26.7
		Ckto 24	Sp2	35. 3	26.7
PIENSA Atención al Cliente	Sub Panel	Barra	Sp1- L1	31	23.6
			Sp2- L2	32. 1	23.6
DIIN	Panel Principal	Barra	Sp1- L1	33. 4	26.6
			Sp2- L2	34. 3	26.6
			Sp3- L3	30. 8	26.6
		Ckto 1	Sp1	37. 3	26.6
ADMON	Panel Principal	Ckto 9	Sp1	39	27.7
		Barra	Sp1- L1	34. 5	27.7
			Sp2- L2	35. 8	27.7
			Sp3- L3	36. 7	27.7

Área	Diferencia de Temperatura	Clasificación	Causas
Piensa Oficina Principal	5.9	Posible Deficiencia	Se debe a un ligero desbalance de carga entre las barras L1 y L2.
	3.7	Posible Deficiencia	
	11.4	Probable Deficiencia	Esto se debe a un desbalance entre la barra L1 y L2, ya que la primera bornera del Breaket de 2x50 se encuentra más elevada que la segunda.
	6.9	Posible Deficiencia	
	1.6	Posible Deficiencia	Se genera por un ligero desbalance de carga entre las barras L1 y L2.
	0.7	Posible Deficiencia	
	3.3	Posible Deficiencia	Es causado por una conexión floja, ya que el calentamiento se refleja en el tornillo de la protección de 1x20
Aulas PIENSA	2.6	Posible Deficiencia	Es atribuible a una mayor corriente circulante, ya que tanto la protección como su respectivo conductor tiene la misma temperatura de calentamiento.
PIENSA Lab. Biotecnología	3.3	Posible Deficiencia	Proviene de un mayor corriente Circulante por el de aire acondicionado.
	3.3	Posible Deficiencia	
PIENSA Lab. Físico Químico	3.5	Posible Deficiencia	Debido a un desbalance de carga entre las barras.
	4.2	Posible Deficiencia	
	4.1	Posible Deficiencia	
	5.9	Posible Deficiencia	Es producto de un mal dimensionado de los conductores, ya que se encuentra una protección de 2x40 con un calibre #12, que alimenta a un Aire Acondicionado.
PIENSA Lab. Aguas Residuales	8.8	Posible Deficiencia	Proviene de un mal dimensionado de los conductores, ya que se encuentra una protección de 2x50 con un calibre #12, que alimenta a toma 220
	8.6	Posible Deficiencia	
PIENSA Atención al Cliente	7.4	Posible Deficiencia	Es resultado de un mal dimensionado de los conductores, ya

	8.5	Posible Deficiencia	que se encuentra un conductor calibre #12, como alimentación de las barras L1 y L2 del sub panel que tiene conectadas cargas 220 y una protección hasta de 40 A.
DIIN	6.8	Posible Deficiencia	Se debe a un ligero desbalance de carga entre las barras L1 y L2.
	7.7	Posible Deficiencia	
	4.2	Posible Deficiencia	
	10.7	Posible Deficiencia	Es atribuible a una mayor corriente circulante, ya que tanto la protección como su respectivo conductor tiene la misma temperatura de calentamiento.
ADMON	11.3	Probable Deficiencia	Desconocido
	6.8	Posible Deficiencia	Debido a un desbalance de carga entre las barras.
	8.1		
	9		

6.4. Análisis de Mediciones

El análisis de mediciones eléctricas es esencial para evaluar el comportamiento y desempeño de los sistemas eléctricos en diversas aplicaciones, consiste en la recopilación, interpretación y comparación de datos obtenidos mediante un analizador de redes eléctricas, con el objetivo de identificar variaciones en parámetros como potencia, factor de potencia, armónicos y transitorios, esta información es clave para diagnosticar fallas, optimizar el consumo energético y garantizar el cumplimiento de normativas eléctricas.

Para este estudio se utilizó el analizador de redes Fluke 43B, el cual se conectó exclusivamente en los paneles principales de cada área, dado que se trata de un equipo monofásico, se estableció una metodología de medición específica, en cada barra de un panel trifásico el dispositivo permaneció conectado durante una semana por barra, de lunes a viernes, lo que significa que en un panel trifásico se dejó instalado por 15 días, este enfoque permitió recopilar una mayor cantidad de datos para un análisis más preciso.

Debido a la limitación del equipo y al tiempo disponible para la medición, se decidió no conectarlo en los subpaneles eléctricos, ya que su gran cantidad habría requerido un período excesivo de medición.

6.4.1. PIENSA

Como se mencionó anteriormente, esta es una de las áreas más grandes, y cuenta con cuatro paneles principales trifásicos, se lograron realizar mediciones en tres de ellos, mientras que en el cuarto no fue posible conectar el equipo debido a que no presentaba las condiciones adecuadas para su instalación ver figura 13, la disposición de los tubos que transportaban los conductores, junto con la ubicación de los propios conductores de la acometida, impedía el acceso necesario para conectar el analizador de redes eléctricas

Figura 13

Imagen del Panel Principal Oficinas PIENSA



6.4.1.1. Laboratorio Físico Químico.

Potencia Activa

Este parámetro de medición se realizó durante dos días consecutivos, de lunes a viernes, con esta medición se logró identificar el consumo de potencia (KW) a lo largo del tiempo, lo que permitió analizar las variaciones en el consumo energético durante el período observado.

El equipo mide la potencia en distintos estados de carga, registrando valores mínimos, medios y máximos.

1. Valor Mínimo: Es el valor más bajo registrado durante el período de medición., indica el momento cuando el consumo de potencia fue más bajo, generalmente durante momentos de menor actividad.
2. Valor Medio: Representa el punto intermedio de la medición, antes de llegar al valor máximo, es un valor que indica el consumo de potencia, siendo el punto donde la demanda comienza a incrementarse, pero aún no alcanza su nivel máximo.
3. Valor Máximo: Es el valor más alto registrado durante el período de medición, refleja el momento de mayor demanda de potencia, generalmente durante picos de actividad, cuando se utilizan más dispositivos o equipos funcionan a su máxima capacidad

Barra L1

Fecha de medición: 10/12/2024

Horario: 11:21:42

Ubicación: Laboratorio de fisicoquímica, en la barra L1

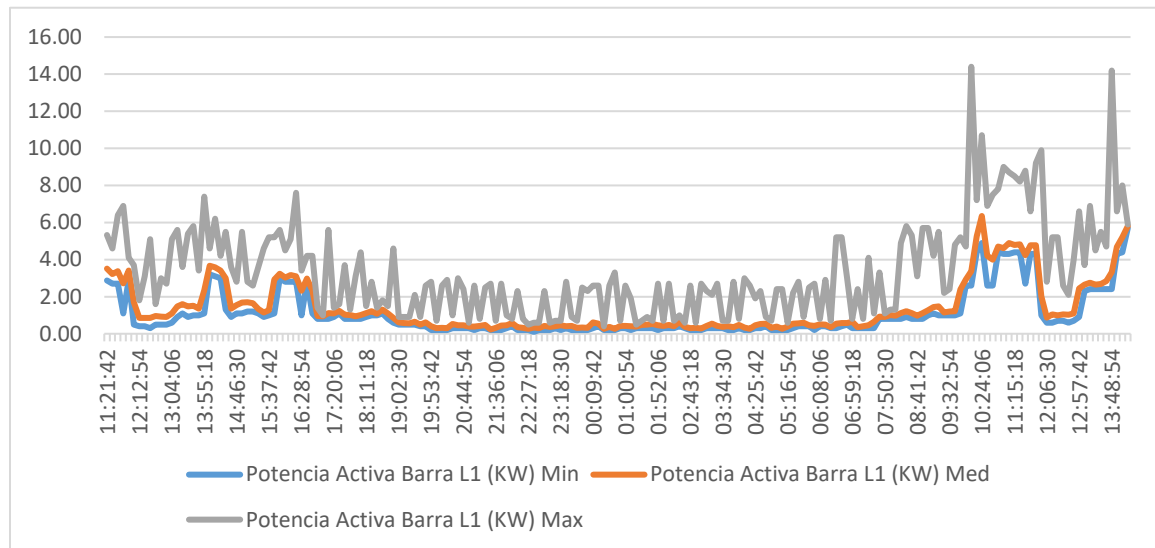
Parámetros registrados:

Potencia activa mínima: 0.10 KW

Potencia activa máxima: 14.40KW

Figura 14

Imagen del grafico de potencia activa barra L1



Durante el período nocturno del 11/12/2024, desde las 19:00 hasta las primeras horas de la mañana, la potencia activa muestra valores muy bajos y bastante estables, con picos ocasionales.

Esto debido a equipos de refrigeración que quedan conectados durante la noche para mantener las muestras químicas estables.

A partir de las 8:16:06 am del 11/12/2024, hay un incremento gradual en los valores mínimos y máximos, alcanzando niveles altos durante la mañana y primeras horas de la tarde.

Los valores muestran fluctuaciones considerables, especialmente en las horas pico durante la mañana y tarde.

Por ejemplo, entre las 10:00:00 am y 11:57:58 hay varios picos significativos, alcanzando hasta 14.4 KW en cortos periodos, estos picos suelen ocurrir en horarios de alta demanda o con equipos de gran consumo conectados.

La potencia mínima promedia que se mantiene es de 3.66kW y la máxima promedia es de 8.81 KW, ya en el transcurso del almuerzo 12:00:00 hasta las 13:00:00 se mantiene un promedio mínimo de 0.69 KW y un promedio máximo de 4.07 KW, como se logra observar la potencia promedio baja más de la mitad en el mínimo y casi la mitad en el valor máximo, luego a partir de las 13:00:00 la potencia comienza a incrementar y

exactamente a las 13:48:54 se da un pico de 14.20 KW, cabe destacar que este pico dura 8 minutos y 32 segundos.

Factor de Potencia

Fecha de medición: 10/11/2024

Horario: 11:21:42

Ubicación: Laboratorio de fisicoquímica, en la barra L1

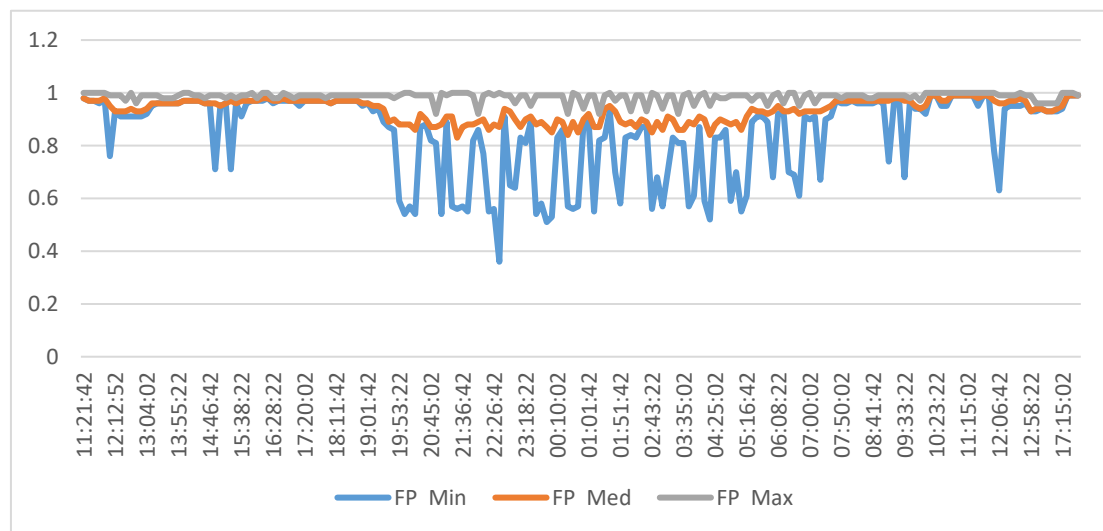
Parámetros registrados:

Factor de Potencia mínima: 0.36

Factor de Potencia Máxima: 1

Figura 15

Imagen del grafico del factor de potencia barra L1



La mayoría de los valores promedios del factor de potencia oscilan entre 0.93 y 0.99, lo que indica un buen nivel de eficiencia en general.

Hay caídas en algunos períodos, principalmente por debajo de 0.7.

Períodos notables con mínimos por debajo de 0.7, como:

12:04:22, con un mínimo de 0.76.

14:55:02, con un mínimo de 0.71.

22:35:02, con un mínimo extremo de 0.36.

03:16:42, con un mínimo de 0.52.

Estas caídas se deben a que durante el transcurso de la noche y madrugada hay menos cargas activas, mientras que la carga reactiva se mantiene, esto hace que la proporción entre la carga activa y reactiva cambie, reduciendo el factor de potencia, mayor mente las cargas que quedan conectadas durante la noche son las refrigeradoras, y en algunas ocasiones las incubadoras.

En muchos puntos del día, especialmente entre las 08:00 am y las 11:00 am, los valores promedio y máximos están consistentemente cerca de 0.97 o 0.99, lo que sugiere una operación estable y eficiente.

El comportamiento general del factor de potencia promedio en la barra L1 es de 0.93, que cumple lo establecido en el INE (Instituto Nicaragüense de Energía), Resolución 14/2000, "Normativa de Tarifas", TRF 6.1.4 y 6.1.5, 27 de junio de 2000.

Que menciona que "Las tarifas establecidas en los Pliegos Tarifarios rigen para el factor de potencia inductivo (Coseno ϕ) igual o superior a 0,85" (INE, 2000).

Barra L2

Potencia Activa

Fecha de medición: 22/11/2024

Horario: 10:21:48

Ubicación: Laboratorio de fisicoquímica, en la barra L2

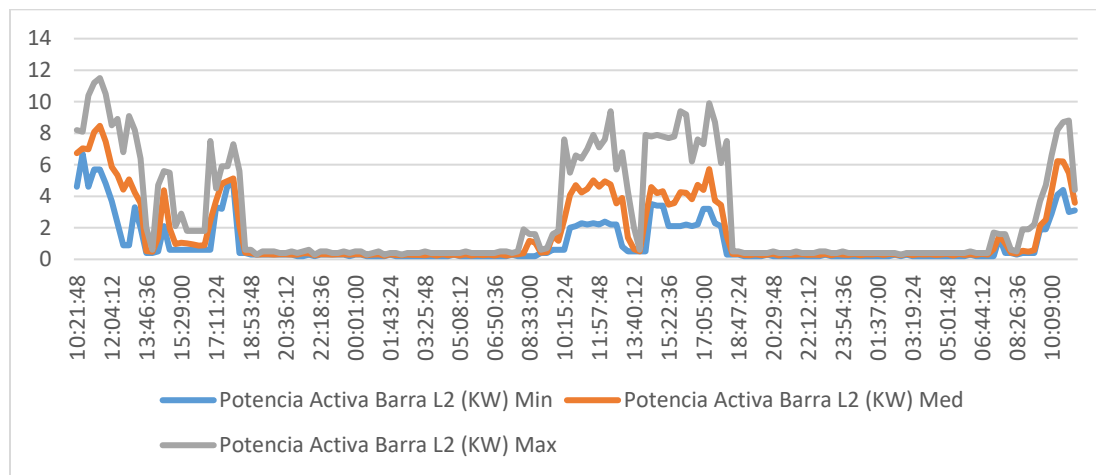
Parámetros registrados:

Potencia mínima: 0.20 KW

Potencia Máxima: 11.50 KW

Figura 16

Imagen del grafico de potencia activa barra L2



Hay períodos de picos significativos el 22/11/2024, entre las 10:21:48 y las 12:31:56, con valores máximos superiores a 10 kW.

Un segundo conjunto de picos ocurre el 23/11/2024 entre las 14:14:20 y las 17:22:04, con valores máximos entre 7.6 y 9.9 kW.

Durante la noche y madrugada (aproximadamente desde las 18:30 hasta las 08:00), la potencia es muy baja, con valores mínimos cercanos a 0.2-0.3 kW.

Horarios de mayor actividad:

Entre 10:00 y 12:00 hay un aumento significativo en los valores mínimo y máximos.

Otro aumento importante ocurre entre 14:00 y 17:30, con una tendencia a picos más moderados en comparación con la mañana.

Horarios de menor actividad:

Desde las 18:30 hasta las 08:00, los valores permanecen consistentemente bajos, indicando poca actividad o consumo de energía.

Factor de Potencia

Fecha de medición: 22/11/2024

Horario: 10:21:48

Ubicación: Laboratorio de fisicoquímica, en la barra L2

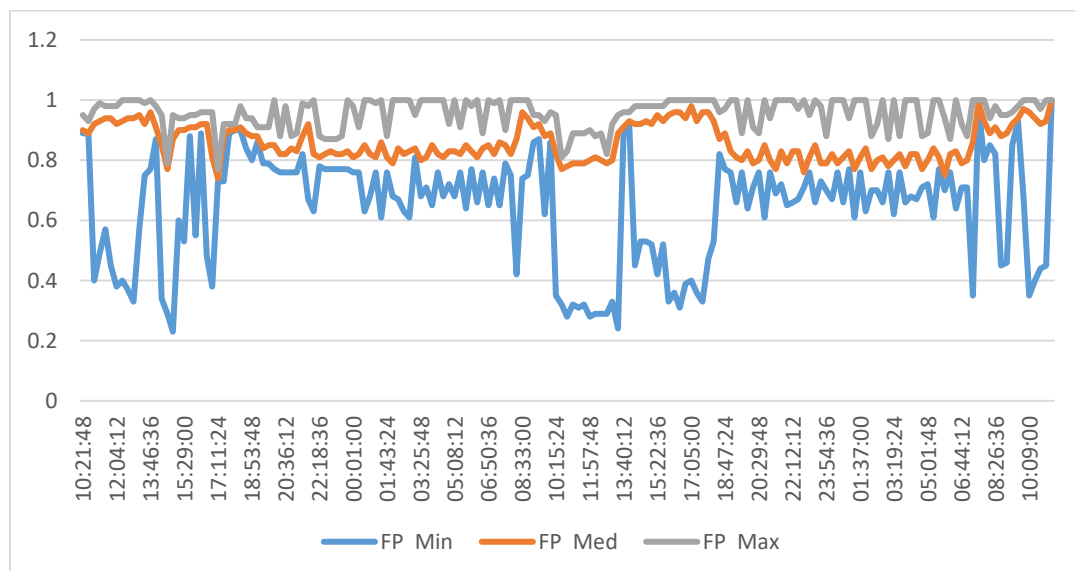
Parámetros registrados:

Factor de Potencia mínima: 0.23

Factor de Potencia Máxima:

Figura 17

Imagen del grafico de potencia activa barra L2



En varias ocasiones, el FP mínimo cae por debajo de 0.5, lo que indica posibles periodos de baja eficiencia en el sistema eléctrico.

Los valores más bajos de FP 0.23-0.4 aparecen en múltiples intervalos, la mayoría de los valores promedios se mantienen en un rango aceptable alrededor de 0.86 - 0.96, excepto algunos puntos donde disminuyen notablemente.

Por ejemplo, durante períodos entre las 14:20:44 y las 14:37:48, el promedio es mucho menor 0.77 - 0.89.

Los valores máximos generalmente alcanzan niveles de eficiencia ideales 0.95 - 1, indicando que el sistema logra operar con un FP cercano al óptimo en algunos momentos.

Un FP ideal de 1.0 ocurre a las 11:17:16, un evento poco común.

En múltiples intervalos, el FP mínimo cae por debajo de 0.5, lo que representa una operación ineficiente del sistema eléctrico.

Ejemplos claros:

10:55:56: Min = 0.4

12:04:12: Min = 0.38

14:37:48: Min = 0.29

10:49:32: Min = 0.28

Esto indica una alta demanda de potencia reactiva en relación con la potencia activa en esos momentos.

En algunos intervalos, hay una alta variabilidad entre los valores mínimos y máximos 0.29 a 1.0, lo que indica fluctuaciones severas que pueden ser causadas por cambios rápidos en las cargas conectadas.

Algunos intervalos presentan un promedio que está incluso por debajo de 0.8, como el periodo de 14:37:48, donde el promedio es solo 0.77.

El comportamiento general del factor de potencia promedio en la barra L2 es de 0.86, que cumple lo establecido en el INE, Resolución 14/2000, "Normativa de Tarifas", TRF 6.1.4 y 6.1.5, 27 de junio de 2000.

Barra L3

Potencia Activa

Fecha de medición: 15/11/2024

Horario: 15:36:30

Ubicación: Laboratorio de fisicoquímica, en la barra L3

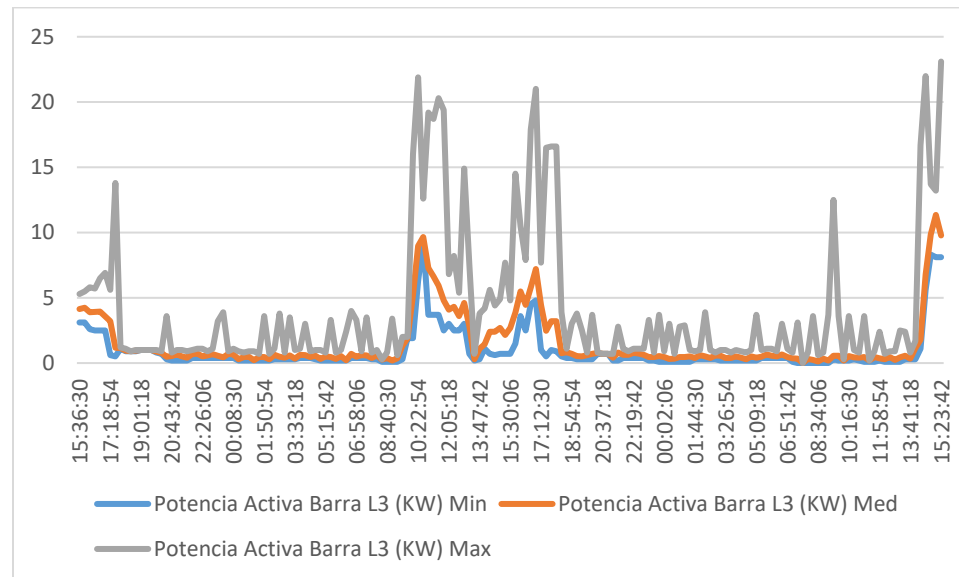
Parámetros registrados:

Potencia mínima: 0 KW

Potencia Máxima: 23.10 KW

Figura 18

Imagen del grafico de potencia activa barra L3



Periodo inicial 15:36:30 a 17:18:54

La potencia activa media oscila entre 3.2 y 4.2 kW, con valores máximos que llegan a 6.9 kW.

A partir de las 17:18:54, hay un descenso significativo en la potencia máxima de 13.8 kW a 1.2 kW en registros posteriores, esto podría indicar la desconexión de alguna carga.

Periodo nocturno 18:27:10 a 07:42:54

Predomina un consumo bajo y estable.

Potencia media menor a 1 kW en la mayoría de los registros.

Eventos puntuales donde la potencia máxima alcanza hasta 3.9 kW debido a cargas intermitentes

Periodo matutino 07:59:58 a 12:33:02

La potencia máxima comienza a incrementarse progresivamente a partir de las 09:25:18, alcanzando valores superiores a 10 kW.

A las 10:05:50 la potencia máxima de 16 kW y 10:22:54 la potencia máxima de 21.9 kW reflejan el arranque de equipos con alta demanda energética.

Periodo diurno 12:50:06 a 15:23:42

Se observan picos importantes a partir de las 14:32:30, donde la potencia máxima alcanza valores de hasta 22 kW, este patrón indica un aumento considerable de la carga activa durante la jornada laboral.

Picos elevados:

10:22:54 (21.9 kW) y 14:32:30 (22 kW): Representan periodos de alta actividad que podrían sobrecargar el sistema si no están bien gestionados.

15:23:42 (23.1 kW): Es el mayor valor de potencia activa registrado, que podría estar asociado a una sobrecarga momentánea.

Factor de Potencia

Fecha de medición: 15/11/2024

Horario: 15:36:30

Ubicación: Laboratorio de fisicoquímica, en la barra L3

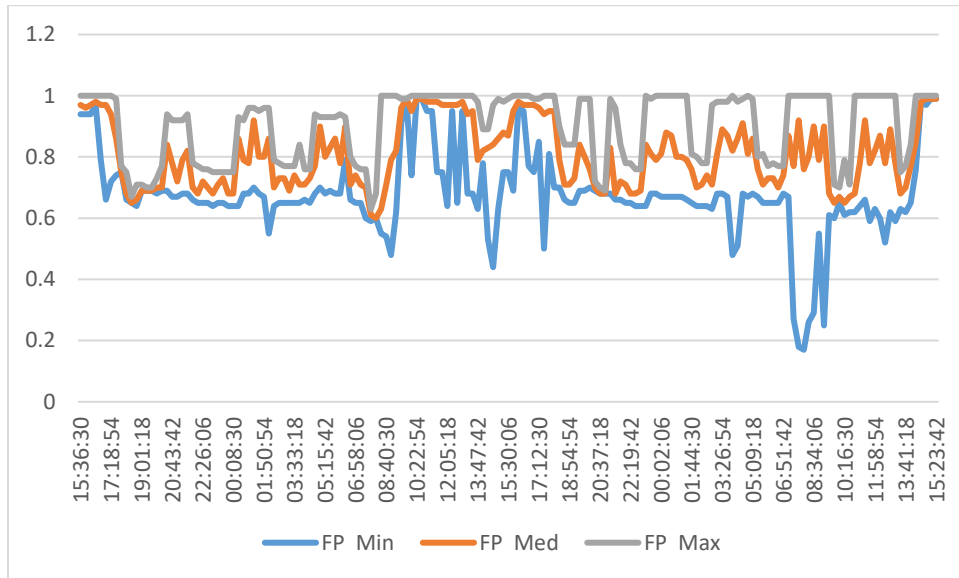
Parámetros registrados:

Factor de Potencia mínima: 0.17

Factor de Potencia Máxima: 1

Figura 19

Imagen del grafico del factor de potencia barra L3



Períodos con Factor de Potencia Alto:

Entre las 09:31:42 y las 11:31:10 del 16/11/2024, el FP se mantiene constantemente entre 0.95 y 1, este comportamiento indica una eficiencia óptima en el uso de la potencia suministrada.

Desde las 14:32:30 hasta las 15:23:42, el FP vuelve a estar cerca de 0.99, lo que refleja nuevamente condiciones ideales.

Períodos con Factor de Potencia Bajo:

Entre las 18:44:14 y las 20:09:34 del 15/11/2024, los valores promedio del FP oscilan entre 0.65 y 0.7, debido a que en estos momentos los laboratorios están deshabilitados y hay una carga reactiva más predominante.

En horas más avanzadas, especialmente alrededor de las 07:42:54 17/11/2024, hay un mínimo extremo de 0.18, lo que indica una condición de ineficiencia.

En ciertos momentos, como a las 08:57:34 del 16/11/2024 y a las 07:25:50 del 17/11/2024, se observan fluctuaciones desde valores muy bajos (0.17-0.48) hasta máximos cercanos a 1, esto puede deberse a mayor consumo de energía reactiva.

El comportamiento general del factor de potencia promedio en la barra L3 es de 0.81, que no cumple con lo establecido en el INE, Resolución 14/2000, “Normativa de Tarifas”, TRF 6.1.4 y 6.1.5, 27 de junio de 2000.

El factor de potencia promedio varia en cada barra, porque las cargas conectadas en cada fase son diferentes, es decir, si hay una distribución desigual de cargas activas y reactivas en cada fase tendrá un factor de potencia diferente, como logramos observar en el análisis del factor de potencia en cada barra.

Desequilibrio de Fase

El desbalance de carga es un fenómeno común en diversos sistemas, eléctricos, donde la distribución desigual de las cargas puede generar ineficiencias, en un sistema trifásico con corrientes desiguales entre fases puede ocasionar sobrecalentamiento, fallas prematuras en equipos y pérdidas de energía.

En esta área se realizó un cálculo de desequilibrio de carga utilizando la potencia activa como referencia, ya que es un parámetro clave para evaluar la eficiencia del sistema y el impacto en los equipos conectados, dado que los valores mínimos y máximos de potencia presentan fluctuaciones significativas debido a la naturaleza dinámica del sistema, se ha decidido emplear el valor de potencia promedio por barra como base para realizar el cálculo correspondiente, esto permite obtener un análisis más representativo y menos susceptible a variaciones instantáneas que podrían distorsionar los resultados.

La fórmula seleccionada para este propósito es la Ecuación 4, que se detalla a continuación:

Ecuación 4

$$\text{Desbalance (\%)} = \frac{P_{\text{mayor}} - P_{\text{menor}}}{P_{\text{mayor}}} * 100$$

Donde:

P mayor: Representa el mayor valor promedio de potencia activa registrado entre las barras consideradas.

P menor: Representa el menor valor promedio de potencia activa registrado entre las mismas barras.

Tablas 29

Potencia activa promedio y desbalance de carga

Potencia Promedio (KW)	
Barra L1	1.386
Barra L2	1.673
Barra L3	1.536

Desbalance Promedio (%)		
L1 y L2	L2 y L3	L1 y L3
17.155	8.189	9.766

Los valores de potencia activa promedio muestran un desbalance significativo en las fases del panel, evaluados en base a los límites establecidos por la norma IEEE 1100-1999, que recomienda un desequilibrio máximo del 5%, solo la potencia promedia.

Distorsión Armónica Total (THD) de Voltaje

Este fenómeno eléctrico se midió durante un día en la conexión barra a neutro de cada una de las barras, el analizador Fluke 43B únicamente mide la Distorsión Armónica Total (THD), por ello, se procederá a analizar el porcentaje de THD de voltaje para determinar si las áreas presentan armónicos de voltaje.

Para ello, es necesario evaluar el nivel de THD de voltaje registrado en cada uno de los paneles principales, de acuerdo con la regulación IEEE-519, el nivel de voltaje en la industria para clientes grandes corresponde al rango de $1 \text{ kV} \leq V \leq 69 \text{ kV}$, en este caso, el límite establecido para el THD de voltaje es del 5%.

Según los datos registrados por el analizador de energía, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se presentan en la figura 20.

Barra L1

Fecha de medición: 11/12/2024

Horario: 14:15:45

Ubicación: Laboratorio de fisicoquímica, en la barra L1

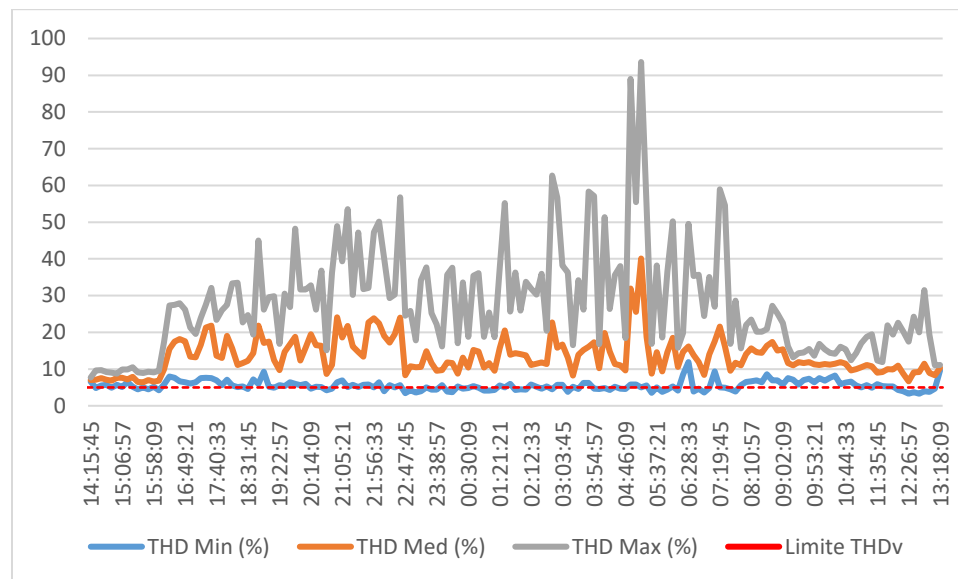
Parámetros registrados:

THD mínima: 0.23

THD Máxima: 93.60

Figura 20

Comportamiento del THD Barra L1



El equipo se conectó a las 14:15:45 del 11/12/2024, y durante el período comprendido entre las 14:15:45 y las 16:06:41 del mismo día, se mantuvo un promedio de 7.079. Sin embargo, a medida que transcurre el tiempo, el THD muestra una tendencia creciente, con fluctuaciones que evidencian la presencia de picos significativos.

Los picos más altos se registraron el 12/12/2024 a las 4:54:41, con un valor del 89 %, y a las 5:11:45, con un 93.6 %, lo que indica un aumento considerable en la distorsión armónica total durante la madrugada.

Durante la noche y la madrugada, el THD se mantiene con un promedio de 15.240, lo que representa una variabilidad más amplia en comparación con las mediciones previas, este comportamiento sugiere que, en estas horas, la red eléctrica experimenta condiciones menos estables, posiblemente debido a la reducción en la demanda general.

Posteriormente, el THD comienza a disminuir de manera progresiva, en el transcurso entre las 7:36:49 y las 13:18:09, los valores registrados reflejan una estabilización con un de 11.382, esta reducción significativa sugiere una mejor regulación en el sistema eléctrico.

A pesar de que la distorsión armónica total de voltaje disminuye, este promedio sigue estando fuera de los límites del 5% por la IEEE 519, como se muestra en la tabla 32.

Tablas 30

Promedio de Distorsión Armónica Total Barra L1

	THD de Voltaje (%)	IEEE 519
THD Promedio	13.57	No Cumple

Barra L2

Fecha de medición: 24/11/2024

Horario: 11:29:51

Ubicación: Laboratorio de fisicoquímica, en la barra L2

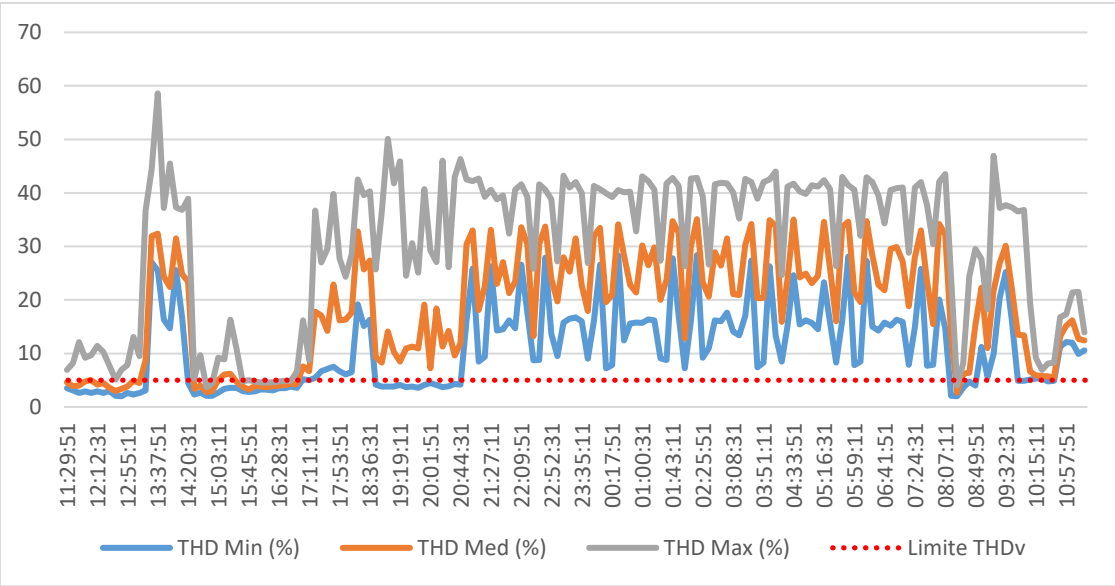
Parámetros registrados:

THD mínima: 0.2

THD Máxima: 58.6

Figura 21

Comportamiento del THD Barra L2



El analizador se conectó el 24/11/2024 a las 11:29:51, desde el momento de la conexión hasta las 13:12:15, los valores de THD se mantuvieron relativamente bajos, con un promedio de 4.17, este comportamiento sugiere que, durante este período, la carga en el sistema eléctrico era estable y la distorsión armónica no presentaba variaciones significativas, de lo establecido por la IEEE 519.

Sin embargo, a las 13:37:51, se registró un pico abrupto de 58.6, lo que representa un aumento drástico en la distorsión armónica, este incremento repentino podría estar relacionado con la conexión de equipos de alta potencia, la activación de dispositivos no lineales. Luego de este pico, el THD comenzó a disminuir gradualmente, lo que indica una posible estabilización del sistema.

A partir de las 16:54:07, se observó una nueva tendencia al alza en el THD, durante la noche y la madrugada, los valores permanecieron elevados con pocas variaciones, en este período, los registros muestran un promedio de 23.29, estas cifras evidencian un nivel de distorsión armónica considerablemente mayor en comparación con las horas diurnas.

Esta tendencia persistió hasta el 25/11/2024 a las 8:07:11, momento en el cual el THD comenzó a disminuir progresivamente, sin embargo, a las 8:41:19, se registró un nuevo aumento, alcanzando valores similares a los observados durante la noche y la madrugada, este comportamiento sugiere la existencia de ciclos repetitivos en la distorsión armónica, posiblemente vinculados a patrones de consumo específicos.

La distorsión armónica total de voltaje sigue estando fuera de los límites del 5% por la IEEE 519, como se muestra en la tabla 33.

Tablas 31

Promedio de Distorsión Armónica Total Barra L2

	THD de Voltaje (%)	IEEE 519
THD Promedio	18.60	NO Cumple

Barra L3

Fecha de medición: 17/11/2024

Horario: 15:34:19

Ubicación: Laboratorio de fisicoquímica, en la barra L3

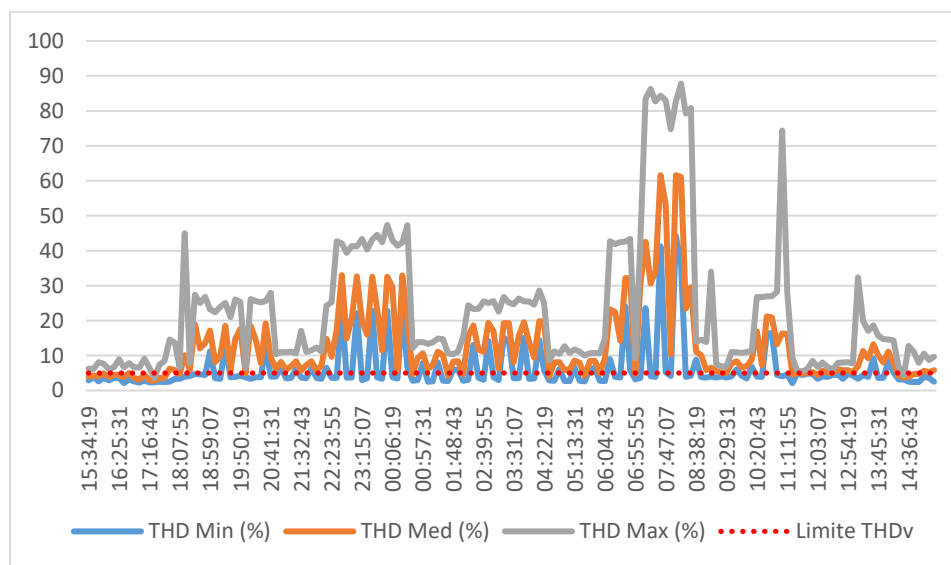
Parámetros registrados:

THD mínima: 2.1

THD Máxima: 87.8

Figura 22

Comportamiento del THD Barra L3



El equipo se conectó el 17/11/2024 a las 15:34:19. Durante las primeras horas tras la conexión, hasta las 17:25:15, el promedio de THD se mantuvo en niveles bajos, con un promedio de 4 y un máximo de 6.9, este comportamiento inicial indica que el sistema estaba funcionando con una distorsión armónica relativamente controlada.

Sin embargo, a partir de las 17:33:47, se observó un aumento gradual en los niveles de distorsión armónica, que continuó durante la noche y la madrugada, entre las

17:33:47 y las 06:55:55 del 18/11/2024, el promedio de THD fue considerablemente más alto, con un promedio de 12.964 y un máximo de 23.125.

A las 7:21:00 y las 8:12:43 de la mañana, se registraron los picos más altos de THD, alcanzando valores de 86.3 y 87.8, respectivamente, estos picos son especialmente notables, ya que representan una distorsión armónica extrema.

Tras estos picos, el THD comenzó a disminuir gradualmente, lo que indica que la carga sobre el sistema se estabilizó parcialmente, sin embargo, a las 11:03:23, se produjo otro pico de THD de 74.4, lo que sugiere que, aunque la distorsión armónica se había reducido, aún existían fluctuaciones significativas en la calidad de la energía.

El promedio de distorsión armónica total sigue estando fuera de los márgenes aceptables por la IEEE 519, como se observa en la tabla 34.

Tablas 32

Promedio de Distorsión Armónica Total Barra L3

	THD de Voltaje (%)	IEEE 519
THD Promedio	12.46	NO Cumple

La tasa de distorsión armónica total (THD) en el laboratorio físico-químico suele deberse principalmente a la presencia de cargas no lineales, en este laboratorio, las cargas no lineales constituyen alrededor del 65% de las cargas presentes, mientras que el 34% restante corresponde a cargas lineales, el panel principal de este laboratorio alimenta a otros laboratorios, como el laboratorio de Micropulente, Microbiología y Calidad del Aire, las cargas no lineales, como los equipos electrónicos, generan distorsión armónica debido a que no siguen una relación proporcional entre el voltaje y la corriente, lo que causa una distorsión de la forma de onda de la corriente.

A pesar de que los niveles de distorsión de corriente pueden ser caracterizados por la THD, este puede ser confuso puesto que la THD se mide como porcentaje de la señal fundamental, de manera que un alto nivel de distorsión puede no ser relevante cuando la magnitud del valor rms de corriente sea bajo, aunque su nivel relativo de armónicos sea muy alto (IEEE 1159 – 2019. P.29).

Como se logra observar en las figuras 20, 21 y 22 los mayores porcentajes de THD se dan en horarios no laborales, en el transcurso de la noche y la madrugada, en

periodos de baja demanda, tal como la noche y madrugada el THD es alta, pero el consumo de corriente es casi nulo, lo que reduce su impacto real, cuando la corriente rms es baja, incluso pequeñas cantidades de armónicos pueden resultar en un porcentaje de THD muy alto.

Transitorios

Este fenómeno transitorio se midió durante un día en la conexión barra a neutro de cada una de las barras, el analizador Fluke 43B permite registrar eventos transitorios de voltaje, lo que facilita la identificación de posibles perturbaciones en la red, por ello, se procederá a analizar la magnitud y duración de estos transitorios para evaluar su impacto en el sistema eléctrico.

Para ello, es necesario revisar los registros de transitorios de voltaje obtenidos en cada uno de los paneles principales, de acuerdo con la regulación IEEE-1159, los transitorios pueden clasificarse según su duración y amplitud, pudiendo generar efectos adversos en equipos sensibles.

En el panel trifásico donde se instaló el analizador no se registró ningún fenómeno transitorio durante el período de medición, los gráficos presentados a continuación muestran la ausencia de picos de voltaje que caracterizan los transitorios, lo que indica un comportamiento uniforme de la red en el intervalo analizado.

La ausencia de transitorios en las mediciones debe deberse a la presencia del supresor de picos instalado en el panel trifásico, el cual está diseñado para mitigar eventos de sobrevoltaje transitorio y proteger los equipos conectados.

Figura 23

Comportamiento transitoria barra L1.

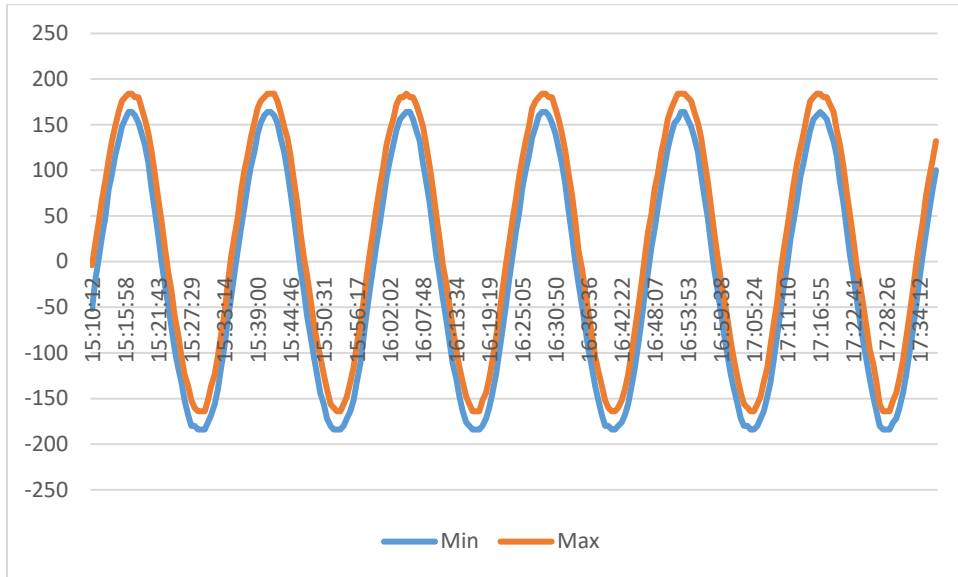


Figura 23

Comportamiento transitoria barra L2.

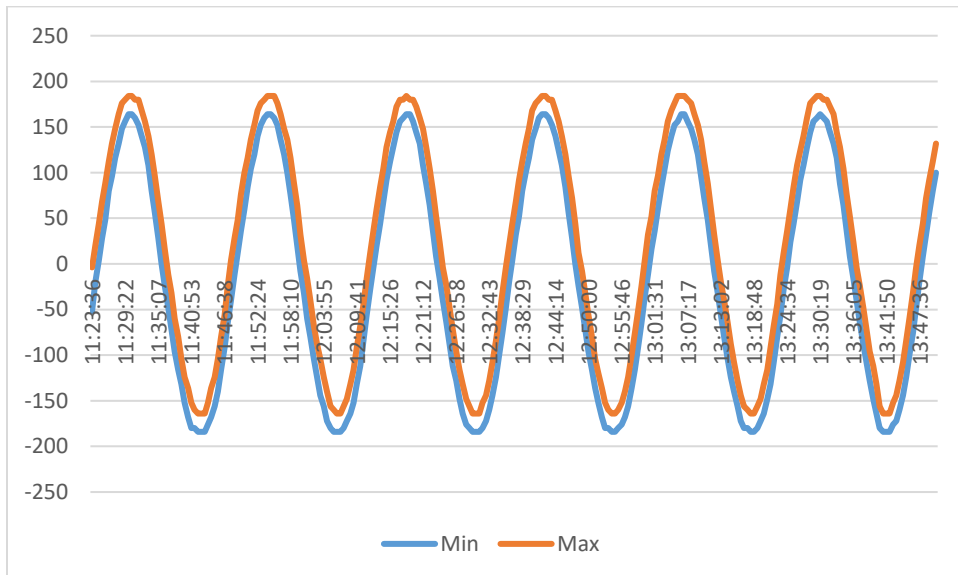
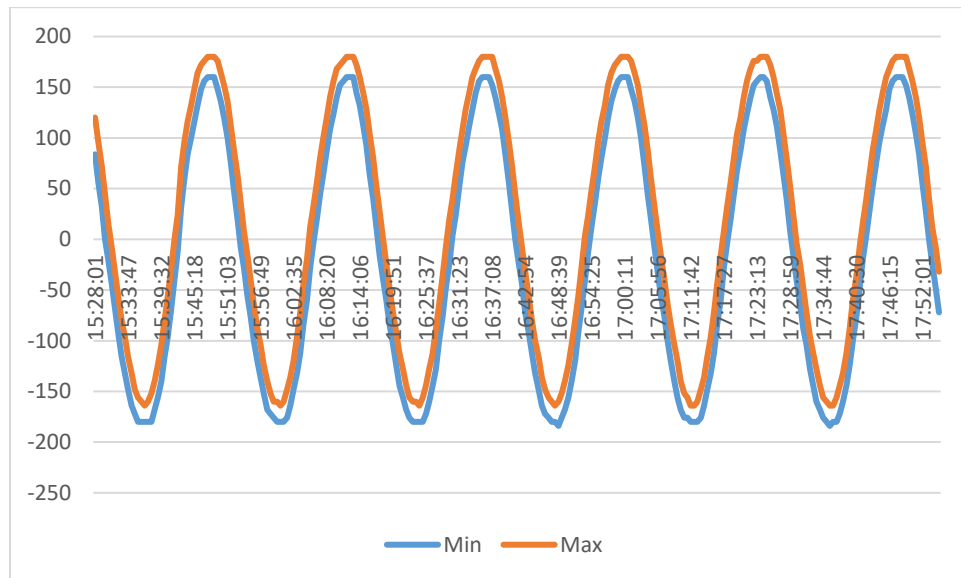


Figura 24

Comportamiento transitoria barra L3.



Debido a que las áreas faltantes son significativas y requieren el mismo tipo de análisis, se optó por elaborar una tabla individual para cada medición eléctrica obtenida en cada una de las áreas con su respectiva interpretación de cada una de ellas, esto permitiendo una mejor organización y comprensión de la información de las mediciones realizadas.

Además, para complementar el análisis, los gráficos correspondientes a cada medición se podrán visualizar en los anexos sección C proporcionando una representación visual que refuerza la comprensión de los valores obtenidos.

6.4.1.2. Laboratorio de Aguas Residuales

Tablas 32

Potencia Activa Promedio y Desbalance

Potencia Promedio (KW)		Desbalance (%)		IEEE 1100-1999
Barra L1	1.34	Barra L1 - L2	26.188	No Cumple
Barra L2	0.99	Barra L1 - L3	70.642	No Cumple
Barra L3	0.29	Barra L2 - L3	78.330	No Cumple

Como se puede observar en la tabla 32, existe un porcentaje significativo de desbalance en cada barra, debido a una distribución deficiente en el panel eléctrico, la cual incumple con la normativa IEEE 1100 – 1999, ya que este desbalance puede generar sobrecalentamiento y afectar el rendimiento de los equipos conectados.

Tablas 33

Factor de Potencia Promedio

Factor de Potencia Promedio		INE, Resolución 14/2000
Barra L1	0.87	Cumple
Barra L2	0.566	No Cumple
Barra L3	0.57	No Cumple

Según la tabla 33, al realizar un análisis monofásico se observa una notable caída en el factor de potencia promedio en las barras L2 y L3, esto indica que en estas barras existe una mayor demanda de cargas no lineales, las cuales generan un aumento en el consumo de energía reactiva, evidenciando así un uso ineficiente del recurso energético.

Tablas 34

THD de Voltaje Promedio

THD Promedio de Voltaje (%)		IEEE 519
Barra L1	3.88	Cumple
Barra L2	25.32	No cumple
Barra L3	23.77	No cumple

La tasa de distorsión armónica total (THD) en el laboratorio de aguas residuales suele deberse principalmente a la presencia de cargas no lineales, en este laboratorio, las cargas no lineales constituyen alrededor del 81.25% de las cargas presentes, mientras que el 18.75% restante corresponde a cargas lineales.

Se logra observar en la tabla 34 que solo en la barra L1 el porcentaje de THD no supera el 5% establecido por la IEEE 519, esto se debe a que en esta barra el factor de potencia promedio es alto, lo que sugiere que esta barra hay un mejor aprovechamiento de la energía, mientras que en la barra L2 y L3, el factor de potencia es muy bajo y el THD es alto, lo que podría indicar un mayor consumo de energía reactiva por parte de las cargas no lineales.

Tablas 35

Transitorios

Transitorios		Duración (ms)
Barra L1	Oscilatorio de Baja Frecuencia	21.6
Barra L2	Oscilatorio de Baja Frecuencia	33.2
Barra L3	Oscilatorio de Baja Frecuencia	22

A pesar de que en este panel se encuentra instalado un supresor de picos, se observa que ambas barras presentan transitorios oscilatorios de baja frecuencia, esto podría deberse a que el supresor de picos está en mal estado, ya que a simple vista se mira en buen funcionamiento.

6.4.1.3. Aulas PIENSA

Tablas 36

Potencia Activa Promedio y Desbalance

Potencia Promedio (KW)		Desbalance (%)		IEEE 1100-1999
Barra L1	0.42	Barra L1 - L2	24.948	No Cumple
Barra L2	0.32			

De acuerdo con la tabla 36, se observa un desbalance significativo entre las barras L1 y L2, lo que sugiere una distribución inadecuada de las cargas, esta condición puede generar sobrecargas en ciertos conductores, afectar la eficiencia del sistema eléctrico y aumentar el riesgo calentamiento y pérdidas de energía por el efecto Joule.

Tablas 38

Factor de Potencia Promedio

Factor de Potencia Promedio		INE, Resolución 14/2000
Barra L1	0.59	No Cumple
Barra L2	0.366	No Cumple

Como se observa en la tabla 38, el factor de potencia en ambas barras se encuentra por debajo de los valores normativos, es importante destacar que este panel se encuentra ubicado en las aulas del PIENSA y, además de suministrar energía a dichas aulas, también abastece el área de cafetería, los sistemas de aire acondicionado de otras oficinas y otros equipos, esto indica que la mayoría de las cargas conectadas son de naturaleza no lineal, lo que podría estar contribuyendo a la disminución del factor de potencia, y a la presencia de armónicos en el sistema eléctrico, como se logra observar en la tabla 39, ya que los promedios de THD son significativos.

Tablas 39

THD Promedio de Voltaje

THD promedio de Voltaje (%)	
Barra L1	23.40
Barra L2	34.30

En este panel eléctrico no se encontraron transitorios, como se observar en la sección C de anexos.

6.4.2. DIIN

Tablas 40

Potencia Activa Promedio y Desbalance

Potencia Promedio (KW)		Desbalance (%)		IEEE 1100-1999
Barra L1	1.17	Barra L1 - L2	17.162	No Cumple
Barra L2	1.42	Barra L1 - L3	23.138	No Cumple
Barra L3	1.09	Barra L2 - L3	7.215	No Cumple

Como indica la tabla 40, hay un desbalance significativo entre las fases lo que sugiere una distribución inadecuada de las cargas, esta condición puede generar sobrecargas en ciertos conductores, afectar la eficiencia del sistema eléctrico y aumentar el riesgo calentamiento y pérdidas de energía por el efecto Joule.

Tablas 41

Factor de Potencia Promedio

Factor de Potencia Promedio		INE, Resolución 14/2000
Barra L1	0.87	Cumple
Barra L2	0.96	Cumple
Barra L3	0.97	Cumple

Tal como se muestra en la tabla 41 el factor de potencia cumple con lo normado en el INE.

Tablas 42

THD Promedio de Voltaje

THD de Voltaje (%)		IEEE 519
Barra L1	23.03	No cumple
Barra L2	39.58	No cumple
Barra L3	18.98	No cumple

Tal como se muestra en la tabla 42, el THD está por fuera de los límites, esto debido a que en esta área el 90 % de las cargas son no lineales, ya que en su mayoría son equipos de computación, aire acondicionado y un lugar de cafetería.

Tablas 43*Transitorios*

Transitorios		Duración (ms)
Barra L1	Oscilatorio de Baja Frecuencia	23.6
Barra L2	No se encontraron transitorios	-
Barra L3	No se encontraron transitorios	-

Como se muestra en la tabla 43, se identificó un transitorio oscilatorio de baja frecuencia únicamente en la barra L1, esto debido a que en esta barra se encuentra cargas conectadas que generan perturbaciones.

6.4.3. ADMON**Tablas 44***Potencia Activa Promedio y Desbalance*

Potencia Promedio (KW)		Desbalance (%)		IEEE 1100-1999
Barra L1	1.05	Barra L1 - L2	21.786	No Cumple
Barra L2	1.34	Barra L1 - L3	5.186	Cumple
Barra L3	1.42	Barra L2 - L3	25.842	No Cumple

Como se logra observar en la tabla 44 hay un porcentaje grande de desbalance entre la L1-L2 y L1-L3, esto debido a un desequilibrio de las cargas en el sistema eléctrico.

Tablas 45*Factor de Potencia Promedio*

Factor de Potencia Promedio		INE, Resolución 14/2000
Barra L1	0.81	No Cumple
Barra L2	0.85	Cumple
Barra L3	0.86	Cumple

El factor de potencia promedio según la tabla 45 la barra L1 no cumple con la normativa, debido a una mayor demanda de cargas no lineales, las cuales generan un aumento en el consumo de energía reactiva, evidenciando así un uso ineficiente del recurso energético.

Tablas 46

THD Promedio de Voltaje

THD de Voltaje (%)		IEEE 519
Barra L1	32.84	No cumple
Barra L2	32.66	No cumple
Barra L3	27.87	No cumple

Como se logra visualizar en la tabla 46 los valores de THD incumple la norma IEEE 519, esto debido a que el 88% de las cargas son no lineales ya que estamos hablando de una oficina donde en su mayoría son equipos electrónicos incluyendo el área de cocina.

Tablas 47

Transitorios

Transitorios		Duración (ms)
Barra L1	Oscilatorio de Baja Frecuencia	35.2
	Oscilatorio de Baja Frecuencia	40.8
Barra L2	Oscilatorio de Baja Frecuencia	6.4
	Oscilatorio de Baja Frecuencia	12.8
	Oscilatorio de Baja Frecuencia	21.6
	Oscilatorio de Baja Frecuencia	30
Barra L3	Oscilatorio de Baja Frecuencia	24.4

Como se logra apreciar en la tabla 46 de transitorios en cada una de las barras se encuentran transitorios oscilatorios, con la diferencia de que cada barra tiene un numero diferente de transitorios, en la barra con un mayor número de transitorios se encuentra es la barra L1 y L2 esto producto a que haya mayores cargas conectadas a esta fase que generan más perturbaciones.

6.4.4. DAE

En esta área no se pudo conectar el equipo debido a que el panel no presentas las condiciones adecuadas para instalarlo, cabe mencionar que las oficinas del DBE se van a mover de lugar debido a una reorganización de las oficinas, así que, aunque se

hubiese podido instalar el analizador, los datos no hubiesen sido de mucho ayuda debido a la nueva organización que tendrá el área.

6.5. Evaluación del Sistema de Puesta a Tierra

Para la medición de la resistencia de puesta a tierra, se intentó emplear un método comúnmente utilizado en la industria, el método de lazo cerrado mediante pinzas amperimétricas, no obstante, la aplicación de este procedimiento presentó limitaciones significativas.

El método de lazo cerrado con pinzas amperimétricas no pudo aplicarse de manera efectiva, ya que las dimensiones del panel eléctrico no permitían que las pinzas se ajustaran adecuadamente al conductor de la barra de puesta a tierra, impidiendo la obtención de una lectura precisa.

El único punto donde se logró localizar un sistema de puesta a tierra fue en la Dirección de Investigación e Innovación (DIIN), sin embargo, al realizar la inspección correspondiente, se identificó que el sistema de puesta a tierra no se encontraba debidamente conectado, debido a la ausencia de la varilla de puesta a tierra, la cual había sido retirada, como se muestra en la Sección B figura 1.

6.6. Propuesta para Corregir las Causas de los Problemas Identificados

Para mejorar la calidad de la energía eléctrica en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), se presenta la siguiente propuesta que aborda las causas de los problemas detectados durante el análisis de los parámetros eléctricos obtenidos mediante la conexión del analizador de la calidad de la energía, inspección visual de los paneles eléctricos, medición termográfica y sistema de puesta a tierra.

6.6.1. Corrección de Problemas en los Paneles Eléctricos

Identificar y etiquetar todos los circuitos y protecciones de los paneles eléctricos, asegurando que cada circuito esté claramente identificado con su propósito.

- Cumplir con las secciones 408.4(A) del NEC y 120-18 del CIEN, proporcionando una descripción legible y duradera de las tensiones y corrientes nominales.
- Asegurar el cumplimiento de las secciones 215.12 del NEC y 210-5 del CIEN en todos los paneles y subpaneles eléctricos.

- Realizar todos los empalmes dentro de los paneles con conectores apropiados (wire nuts o conectores de pestaña).
- Etiquetar los empalmes según lo estipulado en las secciones 110.21(B) del NEC y 120-14 del CIEN.
- Reemplazar la protección principal dañada en el panel principal del laboratorio de físico químico para garantizar la seguridad.
- Ajustar las protecciones a valores acordes a la capacidad del panel, según las secciones 408.30 del NEC y 120-10 del CIEN.
- Verificar y corregir las conexiones de puesta a tierra en todos los paneles.
- Instalar las varillas de puesta a tierra faltantes y garantizar la conexión efectiva conforme a las secciones 250.4 (A) (1) del NEC y 120-8 del CIEN.
- Retirar cualquier obstrucción frente a los paneles eléctricos para cumplir con los espacios de acceso según la sección 110.26 del NEC y 120-7 del CIEN.

6.6.2. Mitigación de Problemas de Temperatura

- Corregir Conexiones Flojas.
- Reemplazo de Conductores sobredimensionados.
- Identificar y sustituir los conductores con calibres adecuados de acuerdo a la corriente de cargas conectadas.

6.6.3. Control de Desbalance de Cargas

Equilibrar la distribución de las cargas entre las fases para evitar diferencias de corriente mediante una identificación precisa de los circuitos, esto permitirá clasificar y analizar las cargas presentes en cada circuito para realizar una distribución adecuada en el panel eléctrico, mejorando así la eficiencia y reduciendo el riesgo de sobrecargas o fallos.

6.6.4. Mitigación de Armónicos y Corrección del factor de Potencia

Para la mitigación de los armónicos en un sistema eléctrico, se utilizan filtros de armónicos diseñados para reducir o eliminar las corrientes armónicas generadas por cargas no lineales, estos filtros mejoran la calidad de la energía al disminuir la distorsión armónica total (THD), lo que ayuda a prevenir sobrecalentamiento en los equipos,

pérdidas de eficiencia, mal funcionamiento de dispositivos sensibles y daños en el aislamiento de cables y transformadores.

Dado que se presenta un factor de potencia bajo, se ha decidido utilizar un filtro de potencia activa (APF), este tipo de filtro no solo se encarga de reducir las corrientes armónicas, sino que también tiene la capacidad de compensar la potencia reactiva y corregir el factor de potencia del sistema eléctrico, el filtro de armónicos activo se adapta dinámicamente a las condiciones cambiantes del sistema, proporcionando la compensación reactiva necesaria para mejorar el factor de potencia mientras elimina las armónicas, evitando así problemas de sobrecarga y mejorando la eficiencia energética del sistema.

Para seleccionar estos filtros, se seguirán las especificaciones técnicas del fabricante, las cuales proporcionarán información como el voltaje de operación, la corriente nominal, el rango de reducción de armónicos (seleccionable de manera manual o automática), que van de la mano con las especificaciones técnicas del panel eléctrico, como el voltaje nominal, la corriente nominal, el tipo de conexión (monofásica o trifásica).

Cabe destacar que este tipo de filtro se regula de forma automática ya que utilizan sensores para medir la corriente o el voltaje en tiempo real identificando el orden, magnitud y fase de los armónicos, una vez identificado el armónico, el APF genera una corriente igual y de fase opuesta al armónico detectado, esto cancela el armónico no deseado en la red, los APF funcionan de forma dinámica y en tiempo real, ajustándose automáticamente a los cambios en la carga y a las variaciones de los armónicos, lo que los hace muy efectivos en sistemas con cargas no lineales.

A continuación, se muestre una ejempló de como se hizo la selección de un filtro armónico para el área del PIENSA del Lab. De Fico Quimo, para las demás áreas ver en anexos sección D.

Panel Principal Trifásico

Voltaje: 120/240

Corriente:

Barra L1: 120 A

Barra L2: 97.78 A

Barra L3: 192.50 A

El filtro de potencia activa seleccionado es el APF 3P4W 50A - 200 A

Capacidad: 50 A – 200 A

Voltaje nominal: 220 VCA, 400 VCA, 690 VCA

Frecuencia nominal: 50 HZ/60 HZ

Método de instalación: soporte, montaje en pared y montaje en bastidor

Este Filtro cumple con los requisitos establecidos para trabajar sin problema alguno, cabe destacar que este modelo tiene un rango de eliminación armónica $2^{\circ} \sim 50^{\circ}$ orden, los armónicos impares (3° , 5° , 7° , 9°) son los más comunes en sistemas eléctricos, porque la mayoría de las cargas no lineales como UPS, computadoras generan armónicos impares.

6.6.5. Supresor de Picos Transitorios

Se decidió proponer la instalación de supresores de picos debido a la presencia de eventos transitorios detectados en algunas áreas, principalmente en el área de administración, en esta zona se registraron entre 3 y 5 transitorios en las barras L1, L2 y L3, lo que sugiere la necesidad de proteger los equipos sensibles ante posibles daños o fallos de operación, para la selección de los supresores de picos en el área en estudio, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros fundamentales:

1. Categoría del supresor de picos

La IEEE clasifica los supresores en 3 clases: A, B y C. Los de clase A son los que se instalan en el tomacorriente donde se conectan los equipos delicados, la clase B se instalan en tableros secundarios y la clase C en la acometida.

Categoría seleccionada en este estudio es la clase C, estos dispositivos protegen contra sobretensiones a nivel de alimentación principal, actuando como la primera línea de defensa contra transitorios.

2. Numero de fases

El sistema eléctrico en estudio es de paneles trifásicos, por lo que se requiere un supresor de picos trifásico para garantizar una protección adecuada en cada una de las fases.

3. Nivel de exposición en la corriente transiente Kilo Amperes KA

Indica el valor máximo de corriente transitoria que puede soportar el supresor de picos, el nivel de exposición se mide en kiloamperios (kA) y representa la capacidad del supresor para manejar picos de corriente generados por sobretensiones transitorias.

Los niveles de exposición se dividen en diferentes rangos:

Alto (300 kA): Diseñado para aplicaciones con una alta incidencia de sobretensiones, como sistemas de protección para transformadores de gran capacidad.

Medio-Alto (200 kA): Adecuado para tableros primarios en entornos con una alta densidad de equipos industriales.

Medio (120 kA): Utilizado en instalaciones comerciales y tableros secundarios con una exposición moderada a sobretensiones.

Bajo-Medio (80 kA): Aplicable a sistemas de menor demanda eléctrica con una menor incidencia de transitorios para las categorías clase A.

Muy Bajo (40 kA): Empleado en circuitos de baja potencia y equipos sensibles con una exposición limitada a sobretensiones.

Para esta aplicación, el nivel de exposición seleccionado es 200 kA, ya que el sistema eléctrico está expuesto a eventos transitorios y es el más adecuado debido a la categoría del supresor que se requiere un nivel de protección adecuado para evitar daños en los equipos conectados.

4. Selección del modelo

Finalmente, la selección del modelo del supresor de picos se realizó en base a las necesidades específicas de la instalación y el voltaje del sistema, que es un sistema trifásico de 120/240V, este voltaje determina la compatibilidad del dispositivo con la red eléctrica y garantiza su correcto funcionamiento.

Con base en estos criterios, se eligió un supresor de picos de Categoría C, trifásico, con un nivel de exposición de 200 kA, con una con una clase de voltaje A de línea a línea, adecuado para la protección del tablero primario y la seguridad del sistema eléctrico en general.

Este análisis se enfocó en las áreas donde se detectaron transitorios, específicamente en ADMON, DIIN y el laboratorio de aguas residuales, cabe destacar que en ADMON se registró la mayor cantidad de transitorios por barra, lo que indica una alta incidencia de eventos transitorios en esta zona.

En el laboratorio de aguas residuales del PIENSA, se identificaron transitorios a pesar de la presencia de un supresor de picos en estado activo, esto hace recomendable verificar su estado para determinar si aún se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento, ya que a simple visualización el supresor de picos se encuentra encendido.

VII. Conclusiones

El desarrollo de este estudio permitió abordar de manera integral las condiciones actuales del sistema eléctrico en las áreas estudiadas y sobre la calidad de la energía, a través del censo de las cargas eléctricas y el análisis de las demandas de las áreas DAE, DIIN, PIENSA y ADMON, se permitió conocer con claridad qué equipos están conectados y a partir de ello, identificar cuáles son los principales consumidores de cada área, además, se pudo clasificar las cargas en lineales y no lineales, lo que facilitó estimar la cantidad de cargas no lineales presentes y su posible contribución a la generación de armónicos en el sistema eléctrico.

Asimismo, se logró identificar de manera efectiva las causas de las afectaciones en la calidad de la energía eléctrica, el análisis de las instalaciones permitió reconocer los principales factores que afectan el desempeño del sistema eléctrico, lo cual resulta esencial para tomar decisiones y priorizar las intervenciones necesarias para mejorar la calidad de la energía.

También se analizó el impacto de las afectaciones en las instalaciones eléctricas, fue alcanzado satisfactoriamente, ya que se comprendió cómo las deficiencias detectadas pueden influir en la eficiencia de los equipos, su vida útil y la estabilidad general del sistema eléctrico, resaltando la importancia de mantener altos estándares de calidad de energía para un óptimo funcionamiento.

Finalmente, se desarrollaron propuestas de soluciones prácticas para mejorar la calidad de energía en las áreas evaluadas, las propuestas elaboradas ofrecen un conjunto de acciones que buscan mejorar la seguridad, confiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico en las áreas estudiadas, consolidando así el cumplimiento integral de todos los objetivos planteados en este trabajo.

VIII. Recomendaciones

Con base en los hallazgos del estudio, se proponen las siguientes recomendaciones con el fin de mejorar la calidad de la energía eléctrica en las instalaciones evaluadas, estas recomendaciones priorizando la seguridad, eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico, su implementación permitirá minimizar los efectos negativos de las perturbaciones eléctricas y optimizar el consumo energético en la UNI.

Resulta conveniente establecer un programa regular de mantenimiento preventivo para las instalaciones eléctricas permitirá identificar y corregir posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores, esto incluye la inspección periódica de conexiones, limpieza de paneles eléctricos y verificación del estado de los conductores, esto con el fin de mejorar la eficiencia y seguridad del sistema eléctrico.

Se sugiere llevar a cabo una investigación más exhausta sobre los armónicos, si bien el estudio se logró evidenciar la presencia de armónicos, la falta de un equipo de medición especializado impidió identificar con precisión el orden de los armónicos responsables de las afectaciones.

Se recomienda realizar una evaluación de los sistemas de puesta a tierra existentes en las áreas estudiadas, esta evaluación debe incluir la medición de la resistencia de tierra, la verificación de las conexiones y la adecuación del diseño del sistema a las necesidades de la instalación, ya que un sistema de puesta a tierra eficiente es fundamental tanto para la seguridad de las personas como para garantizar la calidad de la energía eléctrica en las instalaciones.

IX. Bibliografía

Alvarado, R. (2020). Cargas lineales y no lineales. Infogram.com. <https://infogram.com/cargas-lineales-y-no-lineales-1hdw2jpgqzr9p2l>

Amperfied GmbH. (2019). Was ist der Gleichzeitigkeitsfaktor? – Amperfied Glossar. <https://www.amperfied.de/es/was-ist-der-gleichzeitigkeitsfaktor/>

Andres. (2020, abril 26). Que es calidad de la energía, origen problemas, estándares y big data. Electricaplicada. <https://electricaplicada.com/calidad-energia-problemas-estandares/>

Bethelca. (2017, abril 19). Problema No1: Transitorios. Medium. <https://medium.com/@Bethelca1/problema-n%C2%BA1-transitorios-4a5a7cfe442d>

Bryan, F. A. V., & Gómez, A. C. F. (2021). Estudio de la calidad de energía eléctrica en la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A. ubicada en la ciudad de Latacunga en el año 2021. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Calidad de energía: definición, por qué y cómo la medimos. (s/f). Hioki.com. Recuperado el 25 de octubre de 2024, de <https://www.hioki.com/us-es/learning/electricity/power-quality.html>

Camargo Reyes, L. (2020). Estudio y simulación de transitorios anormales en sistemas de potencia. Tecnológico de Monterrey.

Cargas eléctricas de CA, cargas no lineales, armónicos y filtros. (s/f). Ytelect.com. Recuperado el 10 de febrero de 2025, de https://es.ytelect.com/blog/understanding-ac-electrical-loads-linear-vs-non-linear_b79

Coca, B. A. M., & Guamushig, G. R. T. (2023). Evaluación de los criterios de calidad de energía eléctrica en la empresa Induce del Ecuador. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Conociendo la Norma IEC 61000-4-30 Clase A. (2019, septiembre 10). Elspec. <https://www.elspec-ltd.com/conociendo-la-norma-iec-61000-4-30-clase-a/?lang=es>

Desbalances de tensión y de corriente. (2022). Dielco. <https://www.dielco.co/dielco-academy/desbalances-de-tensi%C3%B3n-y-de-corriente>

EnergyGO, B. (2021, agosto 20). Principales causas de la bajada de tensión eléctrica. Blog EnergyGO. <https://blog.energygo.es/principales-causas-bajada-tension-electrica/>

EnergyGO, B. (2024, marzo 13). Qué es un telurómetro y para qué sirve este aparato. Blog EnergyGO. <https://blog.energygo.es/que-es-un-teluometro-y-para-que-sirve-este-aparato/>

Espina, A. J. (2017, abril 30). Carga, demanda y energía eléctrica: Conceptos fundamentales para la distribución de electricidad. Sector Electricidad. <https://www.sectorelectricidad.com/17597/carga-demanda-y-energia-electrica-conceptos-fundamentales-para-la-distribucion-de-electricidad/>

Fornieles, F. (2021, abril 24). ¿Qué es el THD? Francesc Fornieles. <https://fornieles.es/perturbaciones-electricas/que-es-el-thd/>

Gómez, A. V. S., de Jesús Araica Espinoza, B., & Pineda, E. J. O. (2022). Propuesta de actualización del sistema eléctrico de las facultades de Electrotecnia y Computación (FEC), Arquitectura (FARQ), Química (FIQ), y pabellones 5, 10 y 11, Caja Central y Registro Central en el Recinto Simón Bolívar de la Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua. Universidad Nacional de Ingeniería.

Guimac, J. (2019). Memoria de cálculo de instalaciones eléctricas. Gob.pe. <https://regiontumbes.gob.pe/documentos/OBRAS-LEY%2030225/EXPEDIENTE%20%20TCO%20GUIMAC/Memoria%20de%20C%C3%A1lculo%20El%C3%A9ctricas%20GUIMAC.pdf>

IEEE 519-2022. (s/f). IEEE Standards Association. Recuperado el 5 de marzo de 2025, de <https://standards.ieee.org/ieee/519/10677/>

IEEE recommended practice for monitoring electric power quality (2019). IEEE.

Instituto Nicaraguense de Energía. (2000). Resolución No. 14-2000, Normativa de Tarifas. Ministerio de Energía y Minas. <https://www.mem.gob.ni/wp-content/uploads/2017/05/15-resolucion14-2000-normativa-de-tarifas.pdf>

keyBPS, J. A. (2018, octubre 23). ¿Qué son las sobretensiones y qué daños producen? Key Business Process Solutions. <https://www.keybps.com/que-son-las-sobretensiones-y-que-danos-producen>

Mensurex. (2019, noviembre 20). Cómo funciona una cámara termográfica. Mesurex. <https://mesurex.com/como-funciona-una-camara-termografica/>

Muñoz, J. G., & Ramiro, H. O. B. (2020). Caracterización de la calidad de la energía de un sistema eléctrico industrial con cargas eléctricas variables no lineales. Universidad de la Costa.

NFPA 70 (NEC) Desarrollo del Código. (s/f). Nfpa.org. Recuperado el 5 de marzo de 2025, de <https://www.nfpa.org/es/codes-and-standards/nfpa-70-standard-development/70>

Normativa de Servicio Eléctrico. (s/f). Gob.ni. Recuperado el 5 de marzo de 2025, de https://www.ine.gob.ni/wp-content/uploads/2022/09/Normativa_servicio_electrico.pdf

Ochoa, A. G. (2023). Investigación de causas de generación de interarmónicos para convertidores de energía AC/DC/AC. Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán.

Peña, J. B. (2017). Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra. Ciencias Ingeniería. <https://www.redalyc.org/journal/5075/507555007009/html/>

Prieto, E. A. A. (2019). Estudio de la calidad de la energía eléctrica en alta y media tensión. Tecnológico de Monterrey.

Quinteros, J., Masache, P., & Carrión, D. (2021). Revisión para la restauración óptima de la operación del sistema eléctrico basado en criterios de calidad de energía y estabilidad. Portal de Revistas Académicas UTP. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/2928>

¿Qué es la potencia nominal y cómo se calcula? (2024, septiembre 16). HogarSolar Energía. <https://hogarsolarenergia.es/potencia-nominal/>

Rodríguez-Salazar, J. E., & Caruso, N. M. (2021). Soluciones para la mejora de la calidad del servicio de energía eléctrica en Barranquilla. Boletín de Innovación Logística y Operaciones. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/3823>

X. Anexos

Sección A

Tabla 1

Formato utilizado para el levantamiento de censo de cargas.

Descripción de la Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Ubicación

Tabla 5*Detalle de Potencia Nominal DAE.*

Descripción de Carga	Potencia Nominal (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub Potencia Total Nominal (W)
Aire Acondicionado	2000	240	9.618	1	2000
Aire Acondicionado	2300	240	11.057	1	2300
Computadora (Monitor)	120	120	1	1	120
Computadora (CPU)	360	120	4	1	360
Computadora (Monitor)	144	120	1.2	1	144
Computadora (CPU)	480	120	4	1	480
Impresora	648	120	5.4	1	648
Laptop	360	120	3	2	720
Computadora (Monitor)	200	120	1.6	1	200
Microonda	1200	120	10	1	1200
Refrigeradora	450	120	1.8	1	450
Cafetera	1000	120	8.333	1	1000
Impresora	852	120	7.1	1	852
Computadora (CPU)	660	120	5.5	1	660
Impresora	648	120	5.4	1	648
Laptop	360	120	3	1	360
Comunicador Swith	360	120	3	1	360
Iluminación	20	120	0.167	18	360
Potencia Total Nominal (KW)					12.862

Tabla 6

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga DAE.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Aire Acondicionado	1	2	7	14
Aire Acondicionado	1	2.3	7	16.1
Computadora (Monitor)	0.7	0.084	8	0.672
Computadora (CPU)	0.7	0.252	8	2.016
Computadora (Monitor)	0.7	0.1008	8	0.8064
Computadora (CPU)	0.7	0.336	8	2.688
Impresora	0.5	0.324	3	0.972
Laptop	0.7	0.504	8	4.032
Computadora (Monitor)	0.7	0.14	8	1.12
Microonda	0.4	0.48	2	0.96
Refrigeradora	1	0.45	24	10.8
Cafetera	0.5	0.5	2	1
Impresora	0.5	0.426	3	1.278
Computadora (CPU)	0.7	0.462	8	3.696
Impresora	0.5	0.324	3	0.972
Laptop	0.7	0.252	8	2.016
Comunicador Swith	1	0.36	8	2.88
Iluminación	1	0.36	8	2.88
Potencia Total Demanda (KW)		9.6548	Energía Total (KWh/día)	68.8884

Tabla 7

Detalle de Potencia Nominal DIIN.

Descripción de Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub Potencia Total (W)
Refrigerador	240	120	2	1	240
Microonda	1350	120	11.25	1	1350
Cafetera	800	120	6.66	1	800
Parlante	350	120	2.9	1	350
Laptop	280	120	2.34	3	840
Laptop	420	120	3.5	1	420
Laptop	204	120	1.7	2	408
Impresora	360	120	3	1	360
Impresora	720	120	6	1	720
Computadora (CPU)	720	120	6	3	2160
Computadora (Monitor)	180	120	1.5	3	540
Compresor Confort	3927.8	240	19.1	1	3927.8
Aire Acondicionado	5800	240	27.88	1	5800
Iluminación	20	120	0.167	24	480
Potencia Total Nominal (KW)					18.3958

Tabla 8

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga DIIN.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Refrigerador	1	0.24	24	5.76
Microonda	0.7	0.945	2	1.89
Cafetera	0.5	0.4	2	0.8
Parlante	0.4	0.14	1	0.14
Laptop	0.7	0.588	8	4.704
Laptop	0.7	0.294	8	2.352
Laptop	0.7	0.2856	8	2.2848
Impresora	0.5	0.18	4	0.72
Impresora	0.5	0.36	4	1.44
Computadora (CPU)	0.7	1.512	8	12.096
Computadora (Monitor)	0.7	0.378	8	3.024
Compresor Confort	1	3.9278	7	27.4946
Aire Acondicionado	1	5.8	7	40.6

Iluminación	1	0.48	8	3.84
Potencia Total Demanda (KW)		15.5304	Energía Total (KWh/día)	107.1454

Tabla 9

Detalle de Potencia Nominal ADMON.

Descripción de Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub Potencia Total (W)
Impresora	720	120	6	1	720
Computadora (CPU)	600	120	5	1	600
Computadora (Monitor)	180	120	1.5	1	180
Condensador	1750	240	7.292	2	3500
Condensador	1700	240	7.32	2	3400
Teléfono de Planta	45	120	0.38	1	45
Mini Refrigerador	85	120	0.71	1	85
Computadora (CPU)	480	120	4	1	480
Computadora (monitor)	480	120	4	1	480
Aire Acondicionado	1150	240	5.23	2	2300
Aire Acondicionado	2450	240	11.13	2	4900
Pantalla Samsung	140	120	1.16	1	140
Impresora	480	120	4	1	480
Computadora (CPU)	480	120	4	1	480
Computadora (Monitor)	180	120	1.5	1	180
Iluminación	20	120	0.1667	40	800
refrigeradora	616	120	5.13	1	616
Microonda	1050	120	8.75	1	1050
Cafetera	1000	120	8.3	3	3000
Oasis	612	120	5.1	1	612
Teléfono Panasonic	100	110	0.91	3	300
Impresora	96	120	0.8	2	192
Computadora (CPU)	480	1	4	1	480
Computadora (monitor)	96	120	0.8	1	96
Laptop	144	120	1.2	3	432
Laptop	84	120	0.7	2	168

Potencia Total Nominal (KW)	25.716
------------------------------------	--------

Tabla 10

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga ADMON.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Impresora	0.5	0.36	4	1.44
Computadora (CPU)	0.7	0.42	7	2.94
Computadora (Monitor)	0.7	0.126	7	0.882
Condensador	1	3.5	7	24.5
Condensador	1	3.4	7	23.8
Teléfono de Planta	1	0.045	8	0.36
Mini Refrigerador	1	0.085	24	2.04
Computadora (CPU)	0.7	0.336	7	2.352
Computadora (monitor)	0.7	0.336	7	2.352
Aire Acondicionado	1	2.3	7	16.1
Aire Acondicionado	1	4.9	7	34.3
Pantalla Samsung	0.5	0.07	3	0.21
Impresora	0.5	0.24	4	0.96
Computadora (CPU)	0.7	0.336	7	2.352
Computadora (Monitor)	0.7	0.126	7	0.882
Iluminación	1	0.8	8	6.4
refrigeradora	1	0.616	24	14.784
Microonda	0.7	0.735	1	0.735
Cafetera	0.7	2.1	2	4.2
Oasis	1	0.612	7	4.284
Teléfono Panasonic	1	0.3	8	2.4
Impresora	0.5	0.096	4	0.384
Computadora (CPU)	0.7	0.336	7	2.352

Computadora (monitor)	0.7	0.0672	7	0.4704
Laptop	0.7	0.3024	7	2.1168
Laptop	0.7	0.1176	7	0.8232
Potencia Total Demanda (KW)		22.6622	Energía Total (KWh/día)	154.4194

Tabla 11

Detalle de Potencia Nominal PIENSA-Oficina Principal.

Descripción de Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub potencia Total (W)
Cafetera	1050	120	8.75	1	1050
Data Show	280	120	2.31	1	280
Impresora	720	120	6	3	2160
Aire Acondicionado	2250	240	11	1	2250
Compresor	2880	240	12	1	2880
Compresor	5512	240	26.5	1	5512
Iluminación	20	120	0.1667	28	560
Aire acondicionado	5290	208	25	1	5290
Laptop	2.31	120	2.31	2	4.62
Computadora (CPU)	277	120	2.31	7	1939
Computadora (monitor)	90	120	0.75	7	630
Impresora	60	120	0.5	3	180
Potencia Total Nominal (KW)					22.736

Tabla 12

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga PIENSA-Oficina Principal.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Cafetera	0.7	0.735	2	1.47
Data Show	0.5	0.14	4	0.56
Impresora	0.5	1.08	7	7.56
Aire Acondicionado	1	2.25	7	15.75
Compresor	1	2.88	7	20.16
Compresor	1	5.512	7	38.584
Iluminación	1	0.56	8	4.48
Aire acondicionado	1	5.29	7	37.03

Laptop	0.7	0.003234	7	0.022638
Computadora (CPU)	0.7	1.3573	7	9.5011
Computadora (monitor)	0.7	0.441	7	3.087
Impresora	0.5	0.09	4	0.36
Potencia Total Demanda (KW)		20.339	Energía Total (KWh/día)	138.565

Tabla 13

Detalle de Potencia Nominal PIENSA-Admón.

Descripción de Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub potencia Total (W)
Compresor	2500	240	12	1	2500
Iluminación	20	120	0.1667	8	160
Aire Acondicionado	2500	208	12	1	2500
Impreso HP	720	120	6	1	720
Impresora Epson	600	120	5	1	600
Computadora (monitor)	144	120	1.2	3	432
Computadora (CPU)	480	120	4	3	1440
Potencia Total Nominal (KW)					8.352

Tabla 14

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga PIENSA-Admón.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Compresor	1	2.5	7	17.5
Iluminación	1	0.16	8	1.28
Aire Acondicionado	1	2.5	7	17.5
Impreso HP	0.5	0.36	4	1.44
Impresora Epson	0.5	0.3	4	1.2
Computadora (monitor)	0.7	0.3024	7	2.1168
Computadora (CPU)	0.7	1.008	7	7.056
Potencia Total Demanda (KW)		7.1304	Energía Total (KWh/día)	48.0928

Tabla 15

Detalle de Potencia Nominal PIENSA-Laboratorio de aguas residuales.

Descripción de Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub potencia Total (W)
Calentador	1140	120	9.5	1	1140
Calentador	698	120	5.81	1	698
RD 550	550	120	4.6	1	550
Cod Reactor	288	120	2.4	1	288
Medidor de PH	330	120	2.75	1	330
Compresor	4620	220	21	1	4620
Iluminación	20	120	0.1667	20	400
Aire Acondicionado	3300	220	15	1	3300
Impresora	480	120	4	1	480
Computadora (CPU)	660	120	5.5	2	1320
Computadora (monitor)	180	120	1.5	2	360
Lampara	180	120	1.5	1	180
Thermolyne	2046	220	9.3	1	2046
Horno	1200	120	10	1	1200
Horno	870	120	7.25	1	870
Bomba de vacío	5.4	120	4.2	1	5.4
COD reactor	288	120	2.4	1	288
Aire Acondicionado	2250	220	9.78	1	2250
Impresora HP	480	120	4	1	480
pH medidor	66	120	0.55	1	66
Potencia Total Nominal (KW)					20.8714

Tabla 16

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga PIENSA-Laboratorio de aguas residuales.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Calentador	0.7	0.798	5	3.99
Calentador	0.7	0.4886	5	2.443
RD 550	0.7	0.385	5	1.925

Cod Reactor	0.7	0.2016	5	1.008
Medidor de PH	0.7	0.231	5	1.155
Compresor	1	4.62	7	32.34
Iluminación	1	0.4	8	3.2
Aire Acondicionado	1	3.3	7	23.1
Impresora	0.5	0.24	4	0.96
Computadora (CPU)	0.7	0.924	7	6.468
Computadora (monitor)	0.7	0.252	7	1.764
Lampara	0.7	0.126	5	0.63
Thermolyne	0.7	1.4322	5	7.161
Horno	0.7	0.84	5	4.2
Horno	0.7	0.609	5	3.045
Bomba de vacío	0.7	0.00378	5	0.0189
COD reactor	0.7	0.2016	5	1.008
Aire Acondicionado	1	2.25	7	15.75
Impresora HP	0.5	0.24	4	0.96
pH medidor	0.7	0.0462	5	0.231
Potencia Total Demanda (KW)		17.589	Energía Total (KWh/día)	111.357

Tabla 17

Detalle de Potencia Nominal PIENSA-Laboratorio de Microbiología del Agua.

Descripción de Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub potencia Total (W)
Espectro fotómetro	180	120	1.5	1	180
Blanda estación	1560	120	13	1	1560
Impresora	528	120	4.4	1	528
Computadora (CPU)	660	120	4.5	1	660
Computadora (monitor)	144	120	1.2	1	144
Mezcladora	242	220	1.1	2	484
Aeración	528	120	4.4	1	528
Agitador	600	120	5	1	600
Refrigeradora	180	120	1.5	1	180
Laptop	300	120	2.5	1	300
Iluminación	20	120	0.1667	36	720
Compresor	2250	240	10.817	1	2250
Aire acondicionado	2400	220	11	1	2400
Digital Vortex mixer	150	120	1.25	1	150

Microscopio	240	120	2	2	480
Horno	1100	220	5	1	1100
Memert Incubadora	1800	220	8.18	1	1800
Electric pressure steam	2000	220	9.09	1	2000
Baño maría	2000	220	9.09	1	2000
Colony couter	50	120	0.4	1	50
Balanza analítica	540	120	4.5	1	540
Fisherbrand isotemp (calentador)	1584	120	13.2	1	1584
Isotempfisher Scientific	1152	120	9.6	1	1152
Potencia Total Nominal (KW)					21.39

Tabla 18

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga PIENSA-Laboratorio de Microbiología del Agua.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Espectro fotómetro	0.7	0.126	5	0.63
Blanda estación	0.7	1.092	5	5.46
Impresora	0.5	0.264	4	1.056
Computadora (CPU)	0.7	0.462	7	3.234
Computadora (monitor)	0.7	0.1008	7	0.7056
Mezcladora	0.7	0.3388	5	1.694
Aeración	0.7	0.3696	5	1.848
Agitador	0.7	0.42	5	2.1
Refrigeradora	1	0.18	24	4.32
Laptop	0.7	0.21	7	1.47
Iluminación	1	0.72	8	5.76
Compresor	1	2.25	7	15.75
Aire acondicionado	1	2.4	7	16.8
Digital Vortex mixer	0.7	0.105	5	0.525
Microscopio	0.7	0.336	5	1.68
Horno	0.7	0.77	5	3.85
Memert Incubadora	0.7	1.26	5	6.3
Electric pressure steam	0.7	1.4	5	7
Baño maría	0.7	1.4	5	7
Colony couter	0.7	0.035	5	0.175
Balanza analítica	0.7	0.378	5	1.89
Fisherbrand isotemp (calentador)	0.7	1.1088	5	5.544

Isotempfisher Scientific	0.7	0.8064	5	4.032
Potencia Total Demanda (KW)		16.532	Energía Total (KWh/día)	98.8236

Tabla 19

Detalle de Potencia Nominal PIENSA-Aulas.

Descripción de Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub potencia Total (W)
Iluminación	20	120	0.1667	36	720
Data show	277	120	2.31	2	554
Aire Acondicionado	2450	208	12	2	4900
Parlante	230	120	2	1	230
Laptop	300	120	2.5	2	600
Compresor	1758	240	8.45	1	1758
Compresor	2640	240	11	2	5280
Aire Acondicionado	2160	240	9	1	2160
Potencia Total Nominal (KW)					16.202

Tabla 20

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga PIENSA-Aulas.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Iluminación	1	0.72	8	5.76
Data show	0.4	0.2216	2	0.4432
Aire Acondicionado	1	4.9	7	34.3
Parlante	0.4	0.092	2	0.184
Laptop	0.7	0.42	7	2.94
Compresor	1	1.758	7	12.306
Compresor	1	5.28	7	36.96
Aire Acondicionado	1	2.16	7	15.12
Potencia Total Demanda (KW)		15.5516	Energía Total (KWh/día)	108.0132

Tabla 21

Detalle de Potencia Nominal PIENSA-Laboratorio Físico Químico de agua natural.

Descripción de Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub potencia Total (W)
Baño térmico	1140	120	9.5	1	1140
PH metió	792	120	6.6	6	4752
PH metro orión	120.0	120	1	1	120
PH metro Científica	240	240	1	1	240
Agitador magnético	9	120	0.075	1	9
Floculador FC4	18	120	0.15	1	18
Floculador FC6	11	240	0.046	1	11
Metrotim 776	15	120	0.125	1	15
Ventilador de agua	3000	220	12.5	2	6000
turbimetro	60	120	0.5	2	120
circulador de agua	2500	240	10	1	2500
Refrigerador	1230	120	10.3	1	1230
Mezclador	504	120	4.2	1	504
Agitador	698	120	5.817	1	698
incubadora	1800	220	7.5	1	1800
nevera	1584	220	6.6	1	1584
horno	1200	120	10	1	1200
horno	1400	240	6	1	1400
agitadora	5	120	0.042	1	5
agitadora	4	120	0.033	2	8
EP22025	210	120	1.75	1	210
Computadora (monitor)	360	120	3	1	360
Iluminación	20	120	0.167	26	520
Computadora (CPU)	624	120	5	1	624
Computadora (monitor)	144	120	1.2	1	144
Computadora (CPU)	480	120	4	1	480
Impresora	528	120	4	1	528
Compresor	2500	240	12	2	5000
Aire Acondicionado	2880	240	12	2	5760
Potencia Total Nominal (KW)					36.98

Tabla 22

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga PIENSA-Laboratorio Físico Químico de agua natural.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Baño térmico	0.7	0.798	5	3.99
PH metió	0.7	3.3264	5	16.632
PH metro orión	0.7	0.084	5	0.42
PH metro tubímetro	0.7	0.168	5	0.84
Agitador magnético	0.7	0.0063	5	0.0315
Floculador FC4	0.7	0.0126	5	0.063
Floculador FC6	0.7	0.0077	5	0.0385
Metrotim 776	0.7	0.0105	5	0.0525
Ventilador de agua	0.7	4.2	5	21
turbímetro	0.7	0.084	5	0.42
circulador de agua	0.7	1.75	5	8.75
Refrigerador	0.7	0.861	5	4.305
Mezclador	0.7	0.3528	5	1.764
Agitador	0.7	0.4886	5	2.443
incubadora	0.7	1.26	5	6.3
nevera	0.7	1.1088	5	5.544
horno	0.7	0.84	5	4.2
horno	0.7	0.98	5	4.9
agitadora	0.7	0.0035	5	0.0175
agitadora	0.7	0.0056	5	0.028
EP22025	0.7	0.147	5	0.735
Computadora (monitor)	0.7	0.252	5	1.26
Iluminación	1	0.52	8	4.16
Computadora (CPU)	0.7	0.4368	7	3.0576
Computadora (monitor)	0.7	0.1008	7	0.7056
Computadora (CPU)	0.7	0.336	7	2.352
Impresora	0.5	0.264	4	1.056
Compresor	1	5	7	35
Aire Acondicionado	1	5.76	7	40.32
Potencia Total Demanda (KW)		29.1644	Energía Total (KWh/día)	170.3852

Tabla 23

Detalle de Potencia Nominal PIENSA-Laboratorio Biotecnología.

Descripción de Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub potencia Total (W)
Iluminación	20	120	0.1667	8	160
Refrigerador frigidaire	144	120	1.2	1	144
Refrigerador Whirlpool	720	120	6	1	720
Hot plate	1584	120	13.2	1	1584
Agitador	300	120	2.25	1	300
Incubadora	720	120	6	1	720
Computadora (monitor)	120	120	1	1	120
Computadora (monitor)	156	120	1.3	1	156
Compresor	2500	240	12	1	2500
Aire acondicionado	2880	240	12	1	2880
Computadora (CPU)	480	120	4	2	960
Potencia Total Nominal (KW)					10.244

Tabla 24

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga PIENSA-Laboratorio Biotecnología.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Iluminación	1	0.16	8	1.28
Refrigerador frigidaire	1	0.144	24	3.456
Refrigerador Whirlpool	1	0.72	24	17.28
Hot plate	0.7	1.1088	5	5.544
Agitador	0.7	0.21	5	1.05
Incubadora	0.7	0.504	5	2.52
Computadora (monitor)	0.7	0.084	7	0.588
Computadora (monitor)	0.7	0.1092	7	0.7644
Compresor	1	2.5	7	17.5
Aire acondicionado	1	2.88	7	20.16
Computadora (CPU)	0.7	0.672	7	4.704
Potencia Total Demanda (KW)		9.092	Energía Total (KWh/día)	74.8464

Tabla 25

Detalle de Potencia Nominal PIENSA-Laboratorio Micropulentes.

Descripción de Carga	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Sub potencia Total (W)
Refrigeradora	180	120	1.5	1	180
Agitador/calentador	600	220	2.727	1	600
Computadora (CPU)	360	120	3	1	360
Aeración	506	115	4.4	1	506
Mezclador	200	220	0.9	2	400
Computadora (monitor)	144.0	120	1.2	2	288
Batería APC	480	120	7.5	1	480
Computadora (CPU)	1300	120	5.5	1	1300
Impresora	588	120	4.9	1	588
Plancha estucion	1560	120	13	1	1560
Espectrofotómetro	200	120	1.667	1	200
Iluminación	20	120	0.167	20	400
Bomba de agua	1490	220	6.773	1	1490
Aire acondicionado	2640	220	12	1	2640
Potencia Total Nominal (KW)					10.992

Tabla 26

Demanda de Carga Aplicando el Factor de Simultaneidad y Consumo Energético por Carga PIENSA-Laboratorio Micropulentes.

Descripción de Carga	Factor de Simultaneidad	Potencia Demanda (KW)	Hora de uso	Energía (KWh/día)
Refrigeradora	1	0.18	24	4.32
Agitador/calentador		0	5	0
Computadora (CPU)	0.7	0.252	7	1.764
Aeración	0.7	0.3542	5	1.771
Mezclador	0.7	0.28	5	1.4
Computadora (monitor)	0.7	0.2016	7	1.4112
Batería APC	0.7	0.336	2	0.672

Computadora (CPU)	0.7	0.91	7	6.37
Impresora	0.5	0.294	4	1.176
Plancha estucion	0.7	1.092	5	5.46
Espectrofotómetro	0.7	0.14	6	0.84
Iluminación	1	0.4	7	2.8
Bomba de agua	1	1.49	1	1.49
Aire acondicionado	1	2.64	7	18.48
Potencia Total Demanda (KW)		8.5698	Energía Total (KWh/día)	47.9542

Sección B

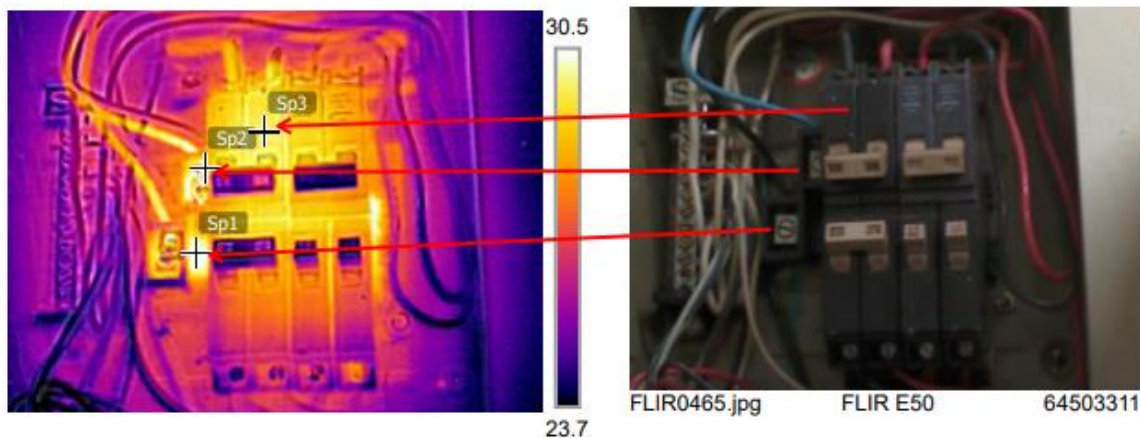
Figura 1

Sistema de puesta a tierra en el DIIN



Figura 5

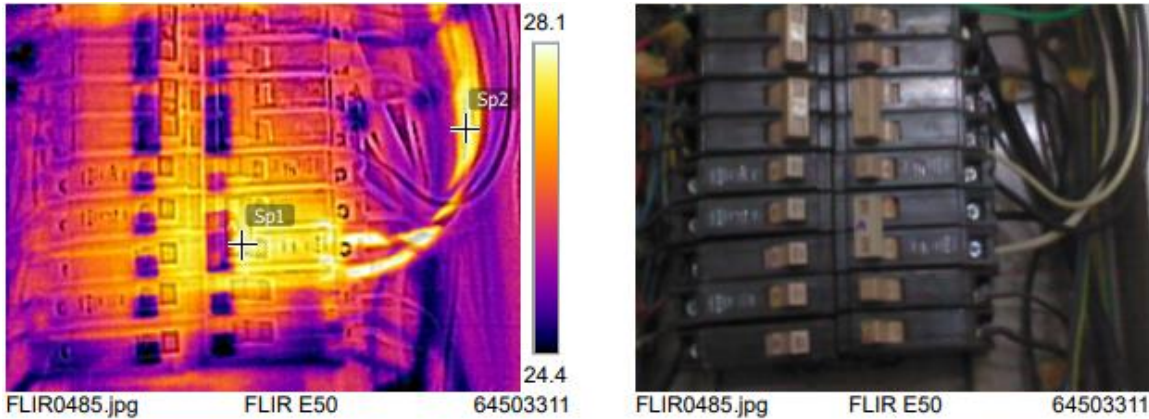
Imagen Térmica del Sub Panel Eléctrico PIENSA-Atención al cliente.



Medidas		
Sp1		31.0 °C
Sp2		32.1 °C
Sp3		29.2 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref.	7.4 °C
Dt2	Sp2 - Temp. ref.	8.5 °C
Dt3	Sp3 - Temp. ref.	5.6 °C
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		23.6 °C

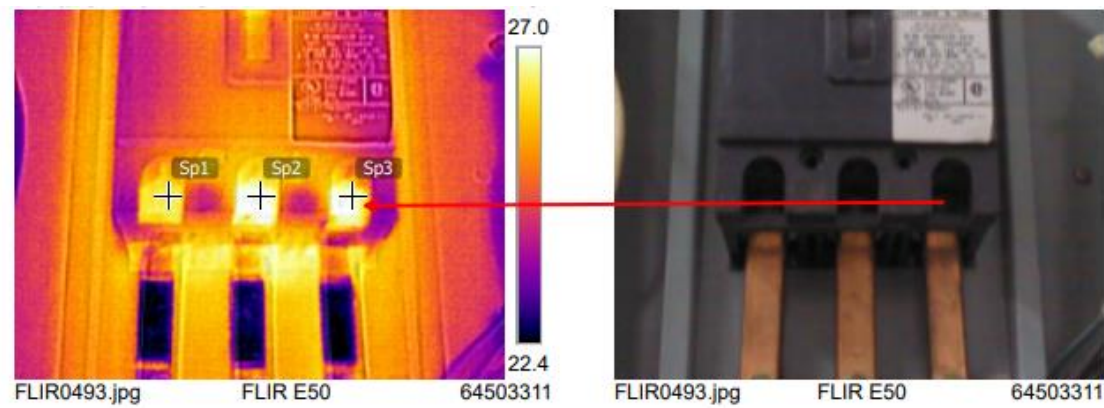
Figura 6

Imagen Térmica del Sub Panel Eléctrico PIENSA-Laboratorio Biotecnología.



Medidas		
Sp1		27.7 °C
Sp2		27.7 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref.	3.3 °C
Dt2	Sp2 - Temp. ref.	3.3 °C
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		24.4 °C

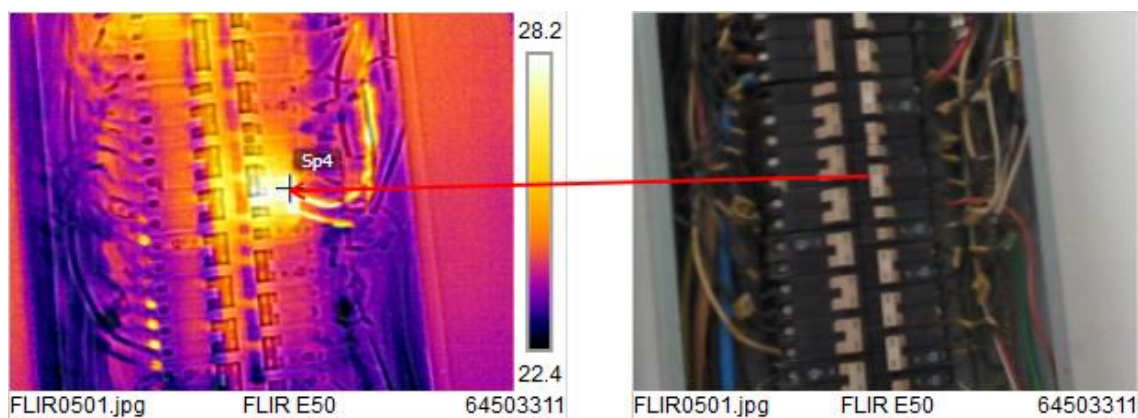
Figura 7
Imagen Térmica de las Barras del Panel Principal PIENSA-Físico Químico.



Medidas		
Sp1		26.2 °C
Sp2		26.9 °C
Sp3		26.8 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref.	3.8 °C
Dt2	Sp2 - Temp. ref.	4.5 °C
Dt3	Sp3 - Temp. ref.	4.4 °C
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		22.4 °C

Figura 8

Imagen Térmica de una Protección de 2 Polos del Panel Principal PIENSA- Laboratorio Físico Químico.



Medidas

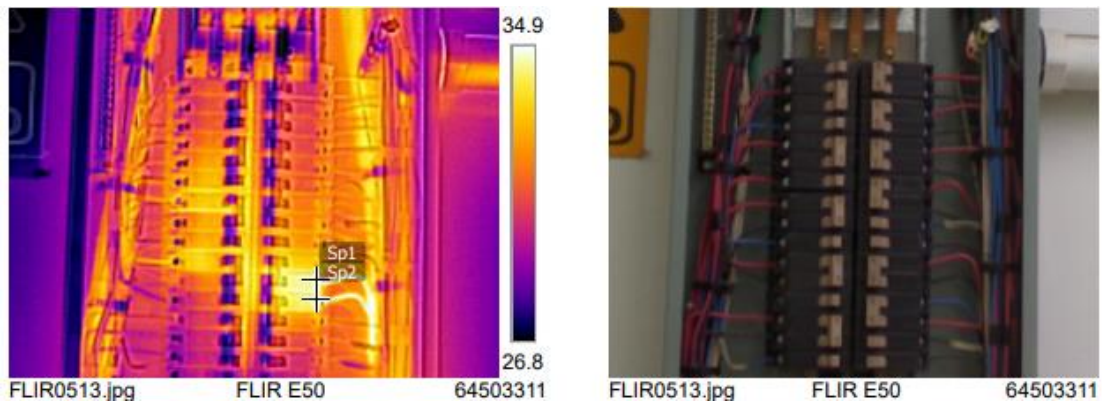
Sp4		29.0 °C
Dt4	Sp4 - Temp. ref.	6.6 °C

Parámetros

Emisividad	0.95
Temp. refl.	22.4 °C

Figura 9

Imagen Térmica del Panel Principal PIENSA- Laboratorio Aguas Residuales.



Medidas

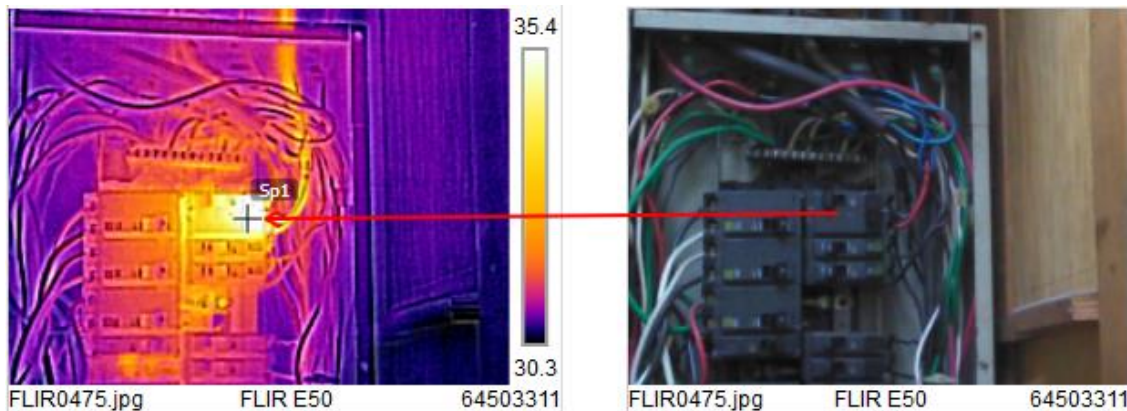
Sp1		35.5 °C
Sp2		35.3 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref.	8.8 °C
Dt2	Sp2 - Temp. ref.	8.6 °C

Parámetros

Emisividad	0.95
Temp. refl.	26.7 °C

Figura 10

Imagen Térmica de una protección de 2 Polos del Panel Principal PIENSA-Aulas.



Medidas

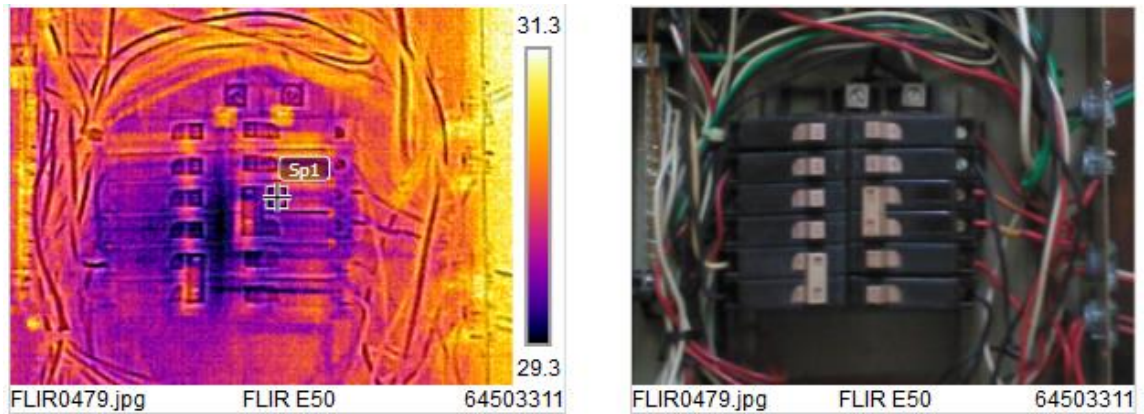
Sp1		35.4 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref.	5.4 °C

Parámetros

Emisividad	0.95
Temp. refl.	30 °C

Figura 11

Imagen Térmica del Subpanel Principal PIENSA-Aulas.



Medidas

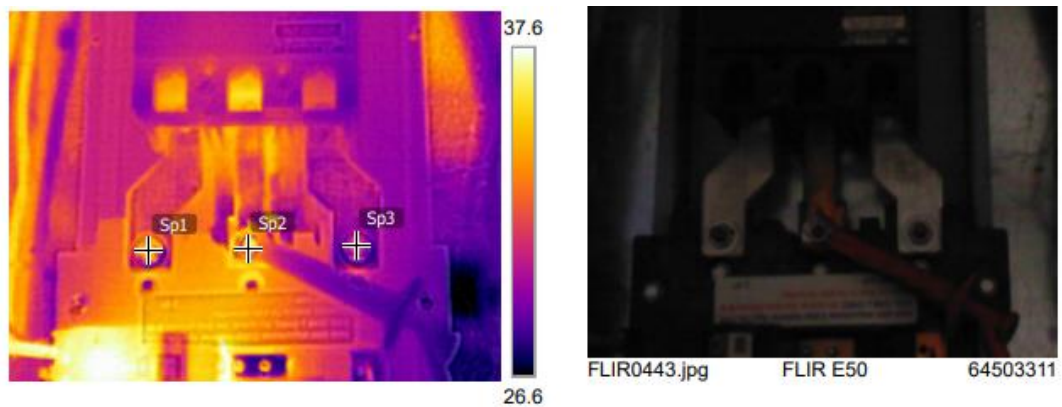
Sp1		30.0 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref.	0.0 °C

Parámetros

Emisividad	0.95
Temp. refl.	30 °C

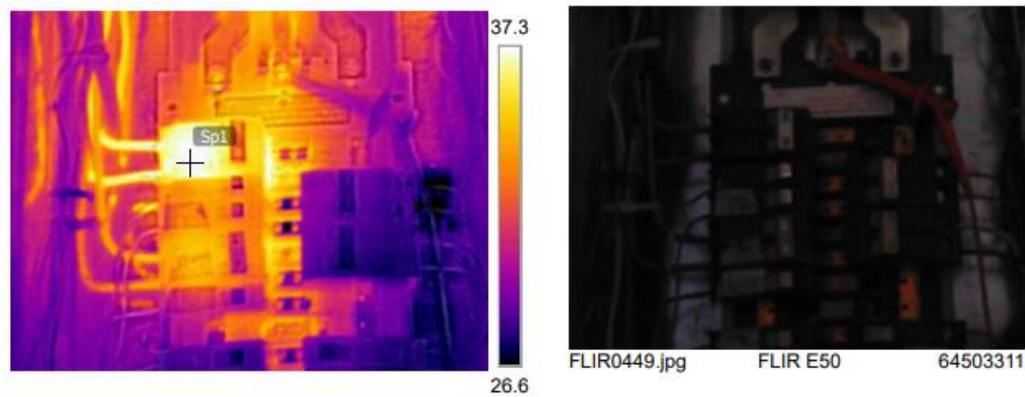
Figura 12

Imagen Térmica del Panel Principal DIIN.



Medidas		
Sp1		33.4 °C
Sp2		34.3 °C
Sp3		30.8 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref.	6.8 °C
Dt2	Sp2 - Temp. ref.	7.7 °C
Dt3	Sp3 - Temp. ref.	4.2 °C
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		26.6 °C

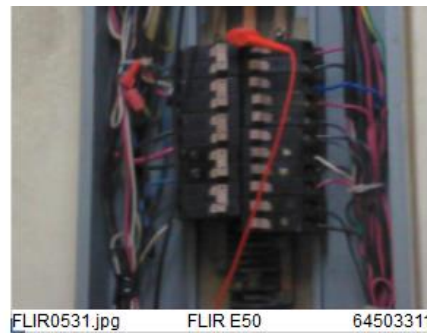
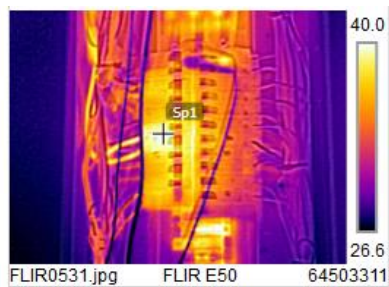
Figura 13
Imagen Térmica de una Protección de 2 Polos del Panel Principal.



Medidas		
Sp1		37.3 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref.	10.7 °C
Parámetros		
Emisividad		0.95
Temp. refl.		26.6 °C

Figura 25

Imagen Térmica de una protección de 2 Polos del Panel Principal ADMON



Medidas

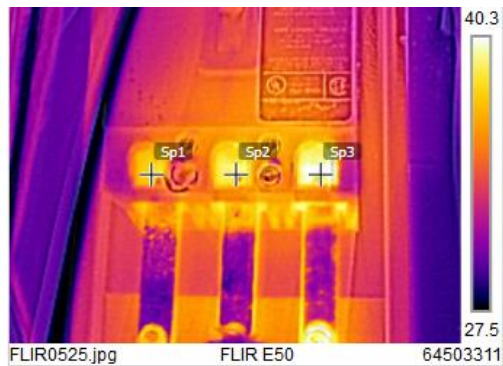
Sp1	39.0 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref. 11.6 °C

Parámetros

Emisividad	0.95
Temp. refl.	15 °C

Figura 26

Imagen Térmica de las barras del Panel Principal ADMON



Medidas

Sp1	34.5 °C
Sp2	35.8 °C
Sp3	36.7 °C
Dt1	Sp1 - Temp. ref. 7.0 °C
Dt2	Sp2 - Temp. ref. 8.3 °C
Dt3	Sp3 - Temp. ref. 9.2 °C

Figura 27

Imagen Térmica del Panel Principal DBE

Sección C

Figura 28

Gráfico de Potencia Laboratorio Aguas Residuales Barra L1

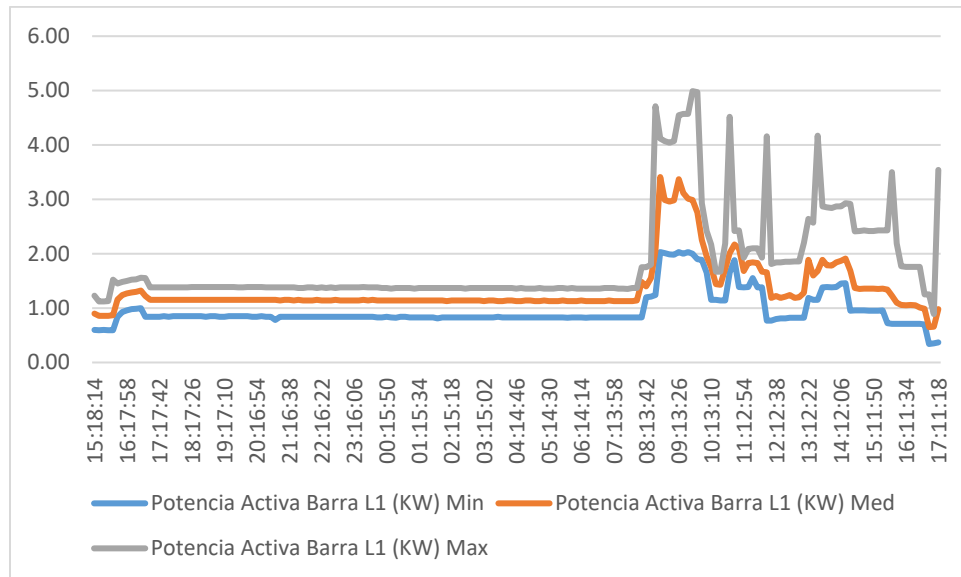


Figura 29

Gráfico de Factor de Potencia Laboratorio Aguas Residuales Barra L1

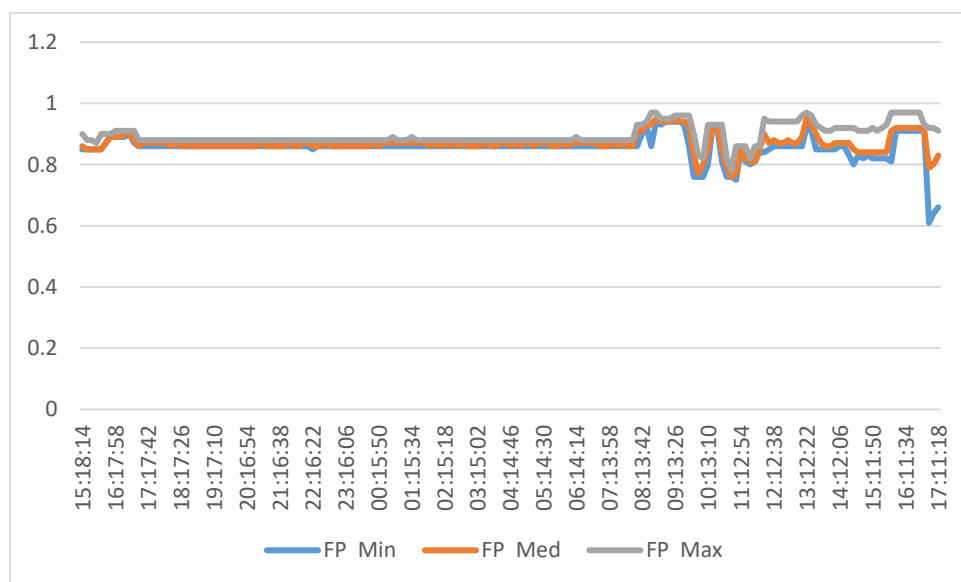


Figura 30

Gráfico de Potencia Laboratorio Aguas Residuales Barra L2

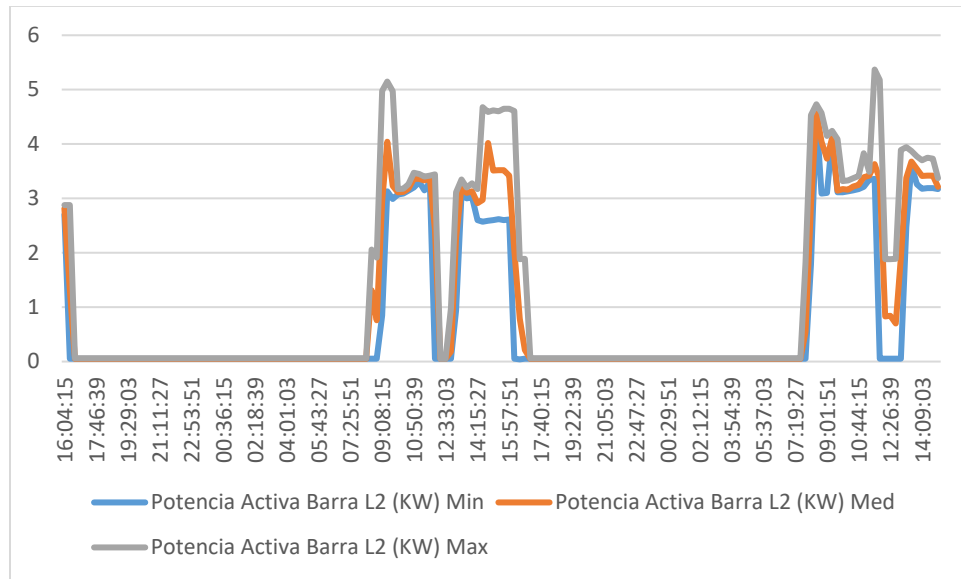


Figura 31

Gráfico de Factor de Potencia Laboratorio Aguas Residuales Barra L2

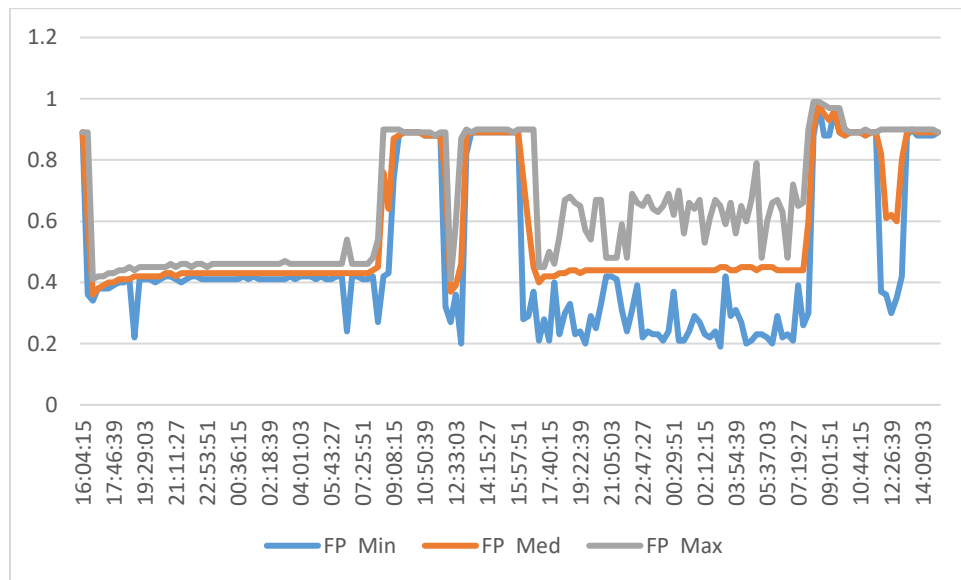


Figura 32

Gráfico de Potencia Laboratorio Aguas Residuales Barra L3

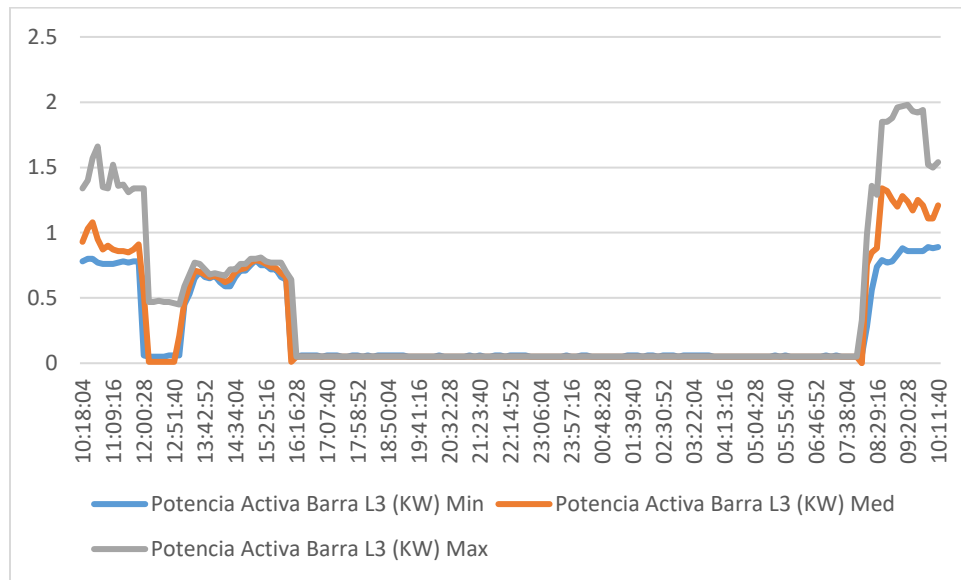


Figura 33

Gráfico de Factor de Potencia Laboratorio Aguas Residuales Barra L3

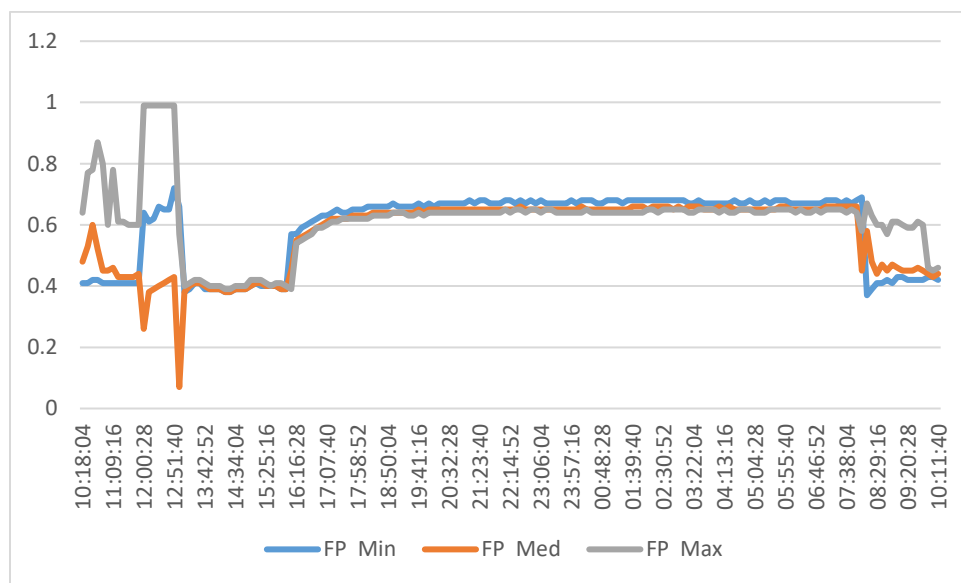


Figura 34

Gráfico de Comportamiento del THDv Laboratorio Aguas Residuales Barra L1

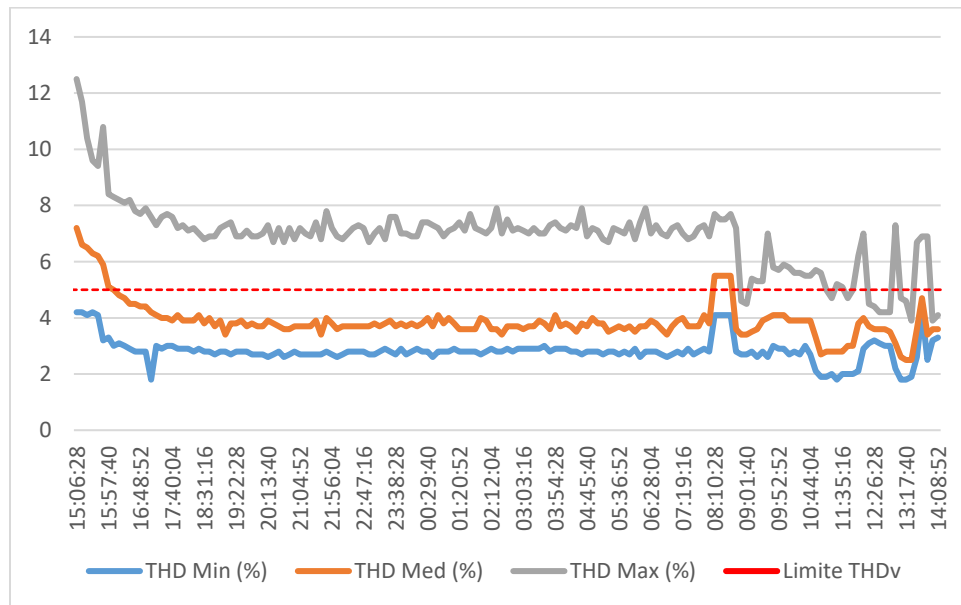


Figura 35

Gráfico de Comportamiento del THDv Laboratorio Aguas Residuales Barra L2

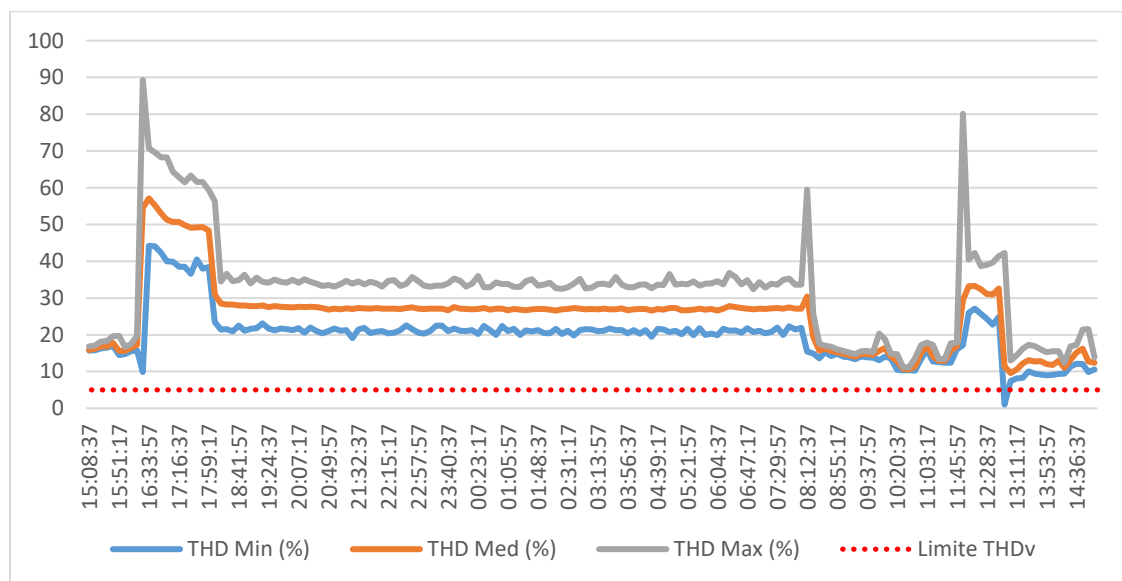


Figura 36

Gráfico de Comportamiento del THDv Laboratorio Aguas Residuales Barra L3

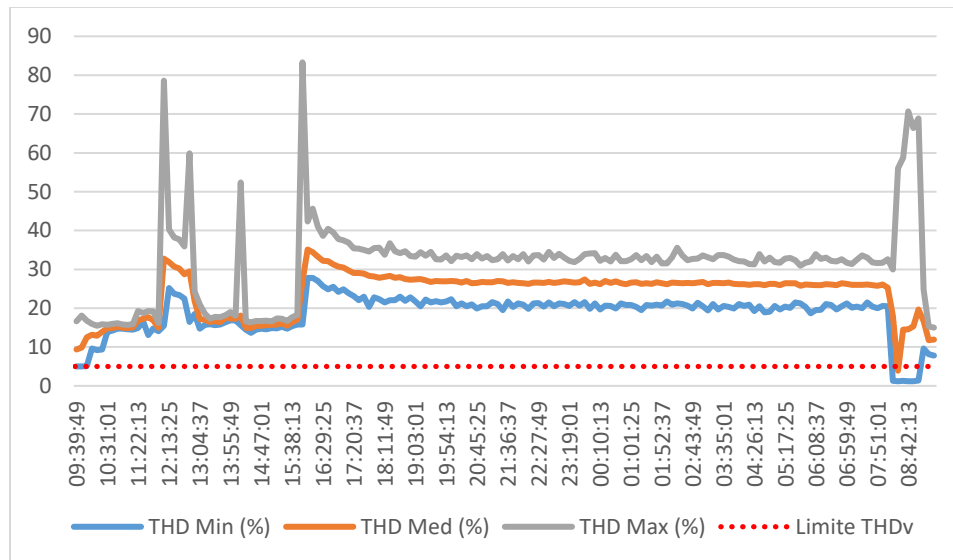


Figura 37

Gráfico de Transitorios Laboratorio Aguas Residuales Barra L1

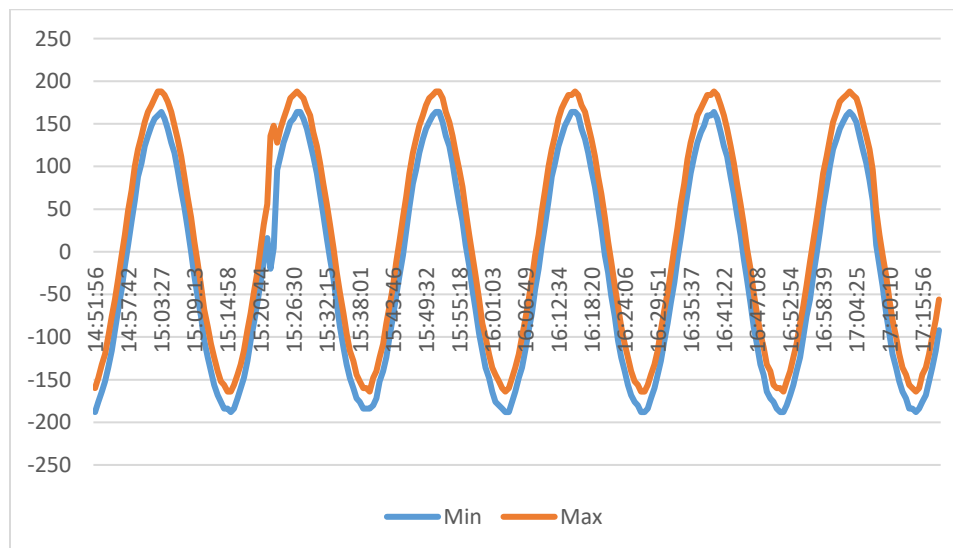


Figura 38

Gráfico de Transitorios Laboratorio Aguas Residuales Barra L2

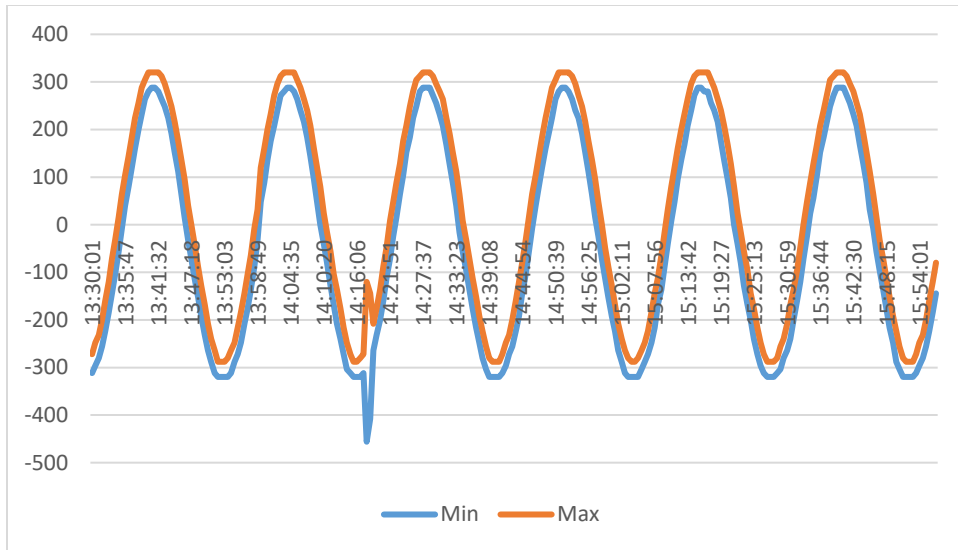


Figura 39

Gráfico de Transitorios Laboratorio Aguas Residuales Barra L3

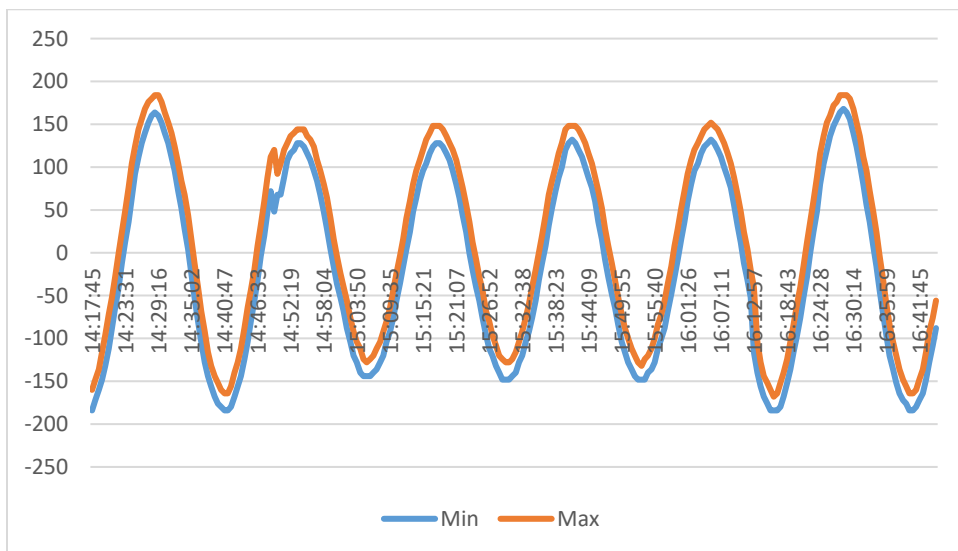


Figura 40

Gráfico de Potencia Aulas PIENSA Barra L1

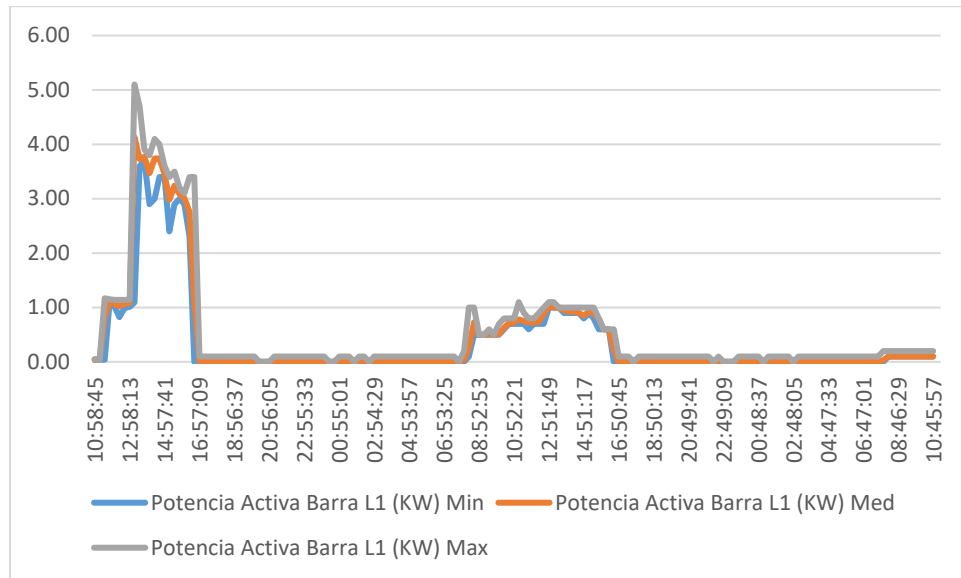


Figura 41

Gráfico de Potencia Aulas PIENSA Barra L2

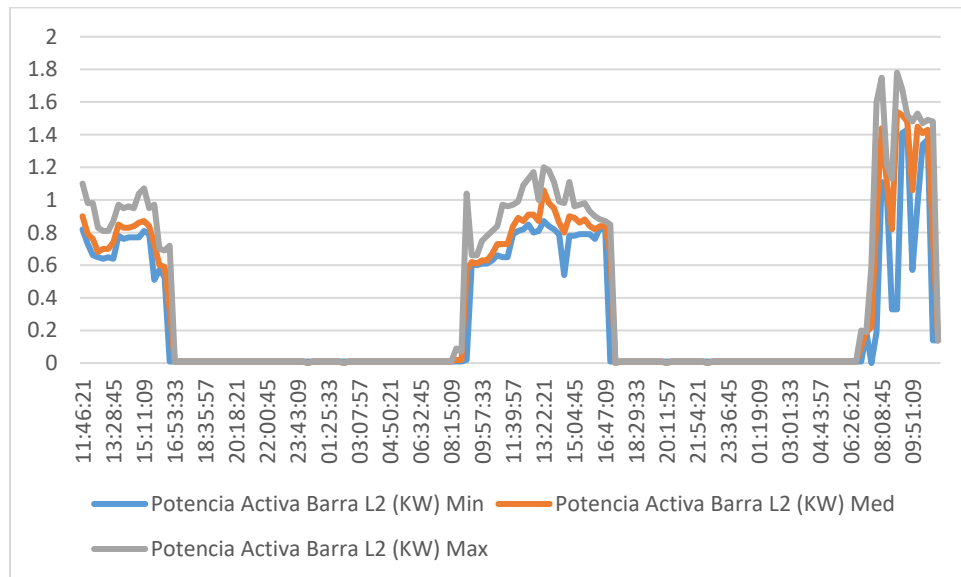


Figura 42

Gráfico de Factor de Potencia Aulas PIENSA Barra L1

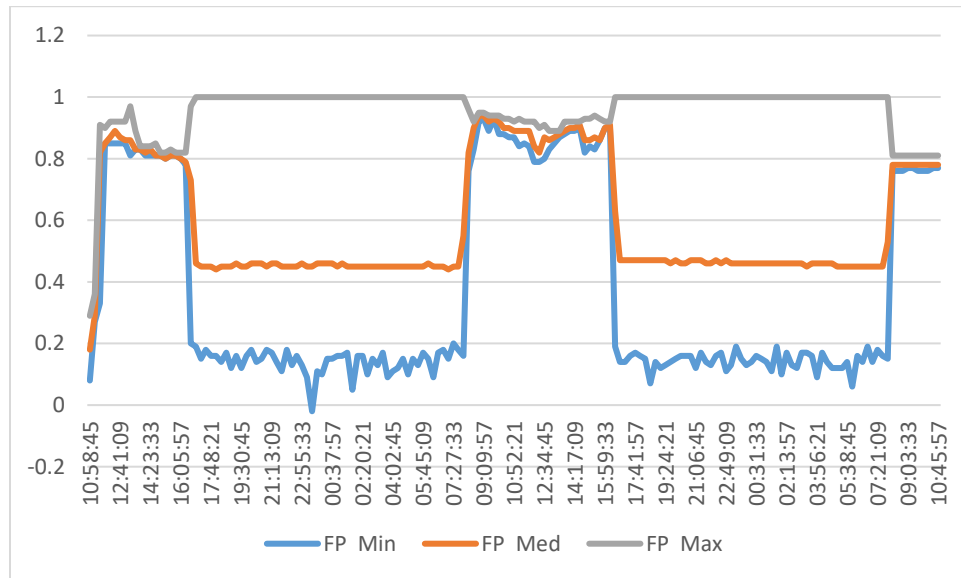


Figura 43

Gráfico de Factor de Potencia Aulas PIENSA Barra L2

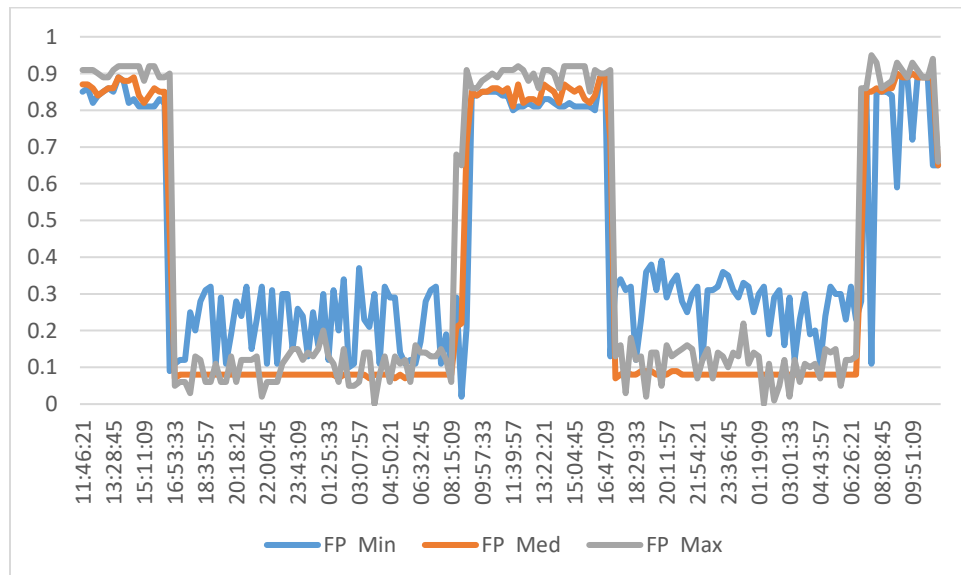


Figura 44

Gráfico de THD Aulas PIENSA Barra L1

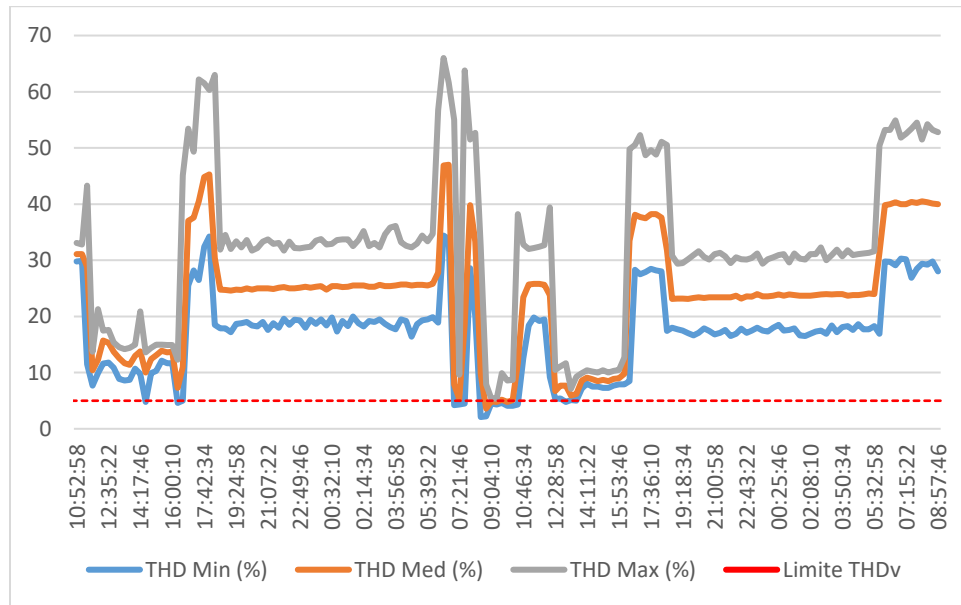


Figura 45

Gráfico de THD Aulas PIENSA Barra L2

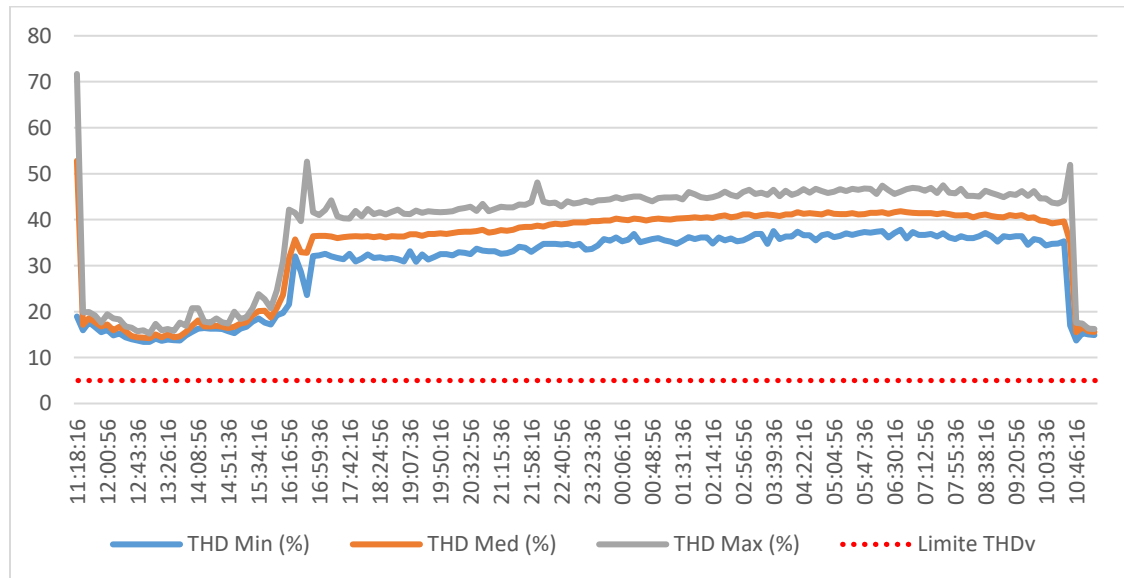


Figura 46

Gráfico de Transitorios Aulas PIENSA Barra L1

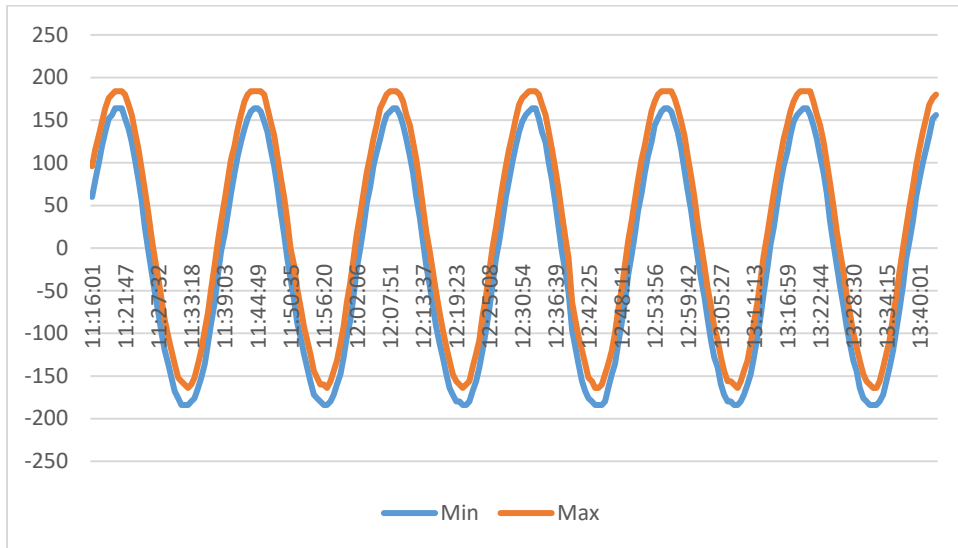


Figura 47

Gráfico de Transitorios Aulas PIENSA Barra L2

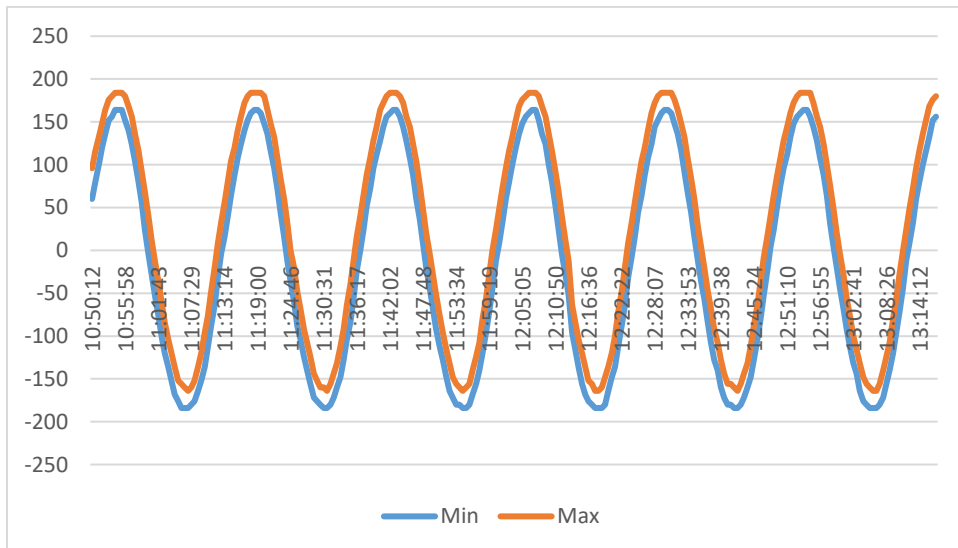


Figura 48

Gráfico de Potencia DIIN Barra L1

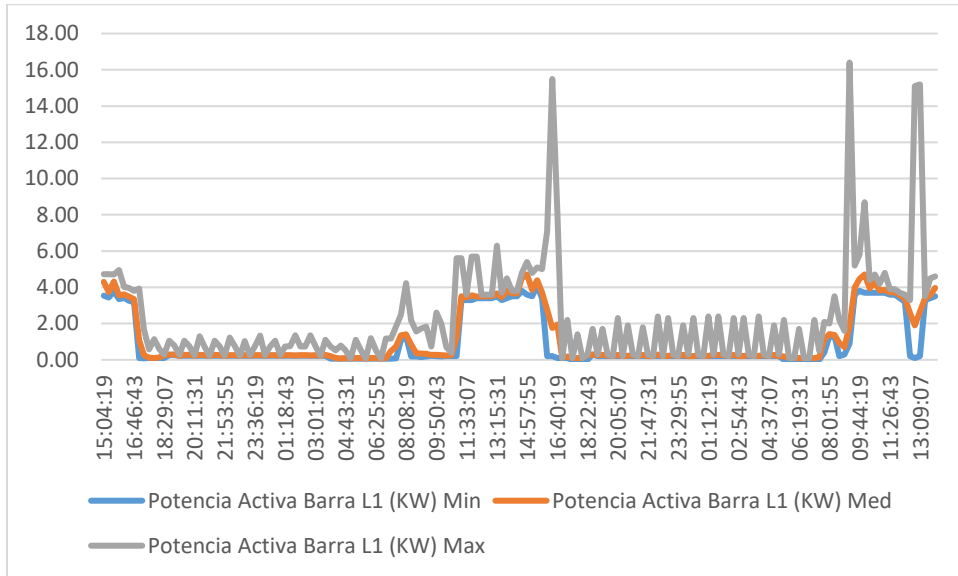


Figura 49

Gráfico de Potencia DIIN Barra L2

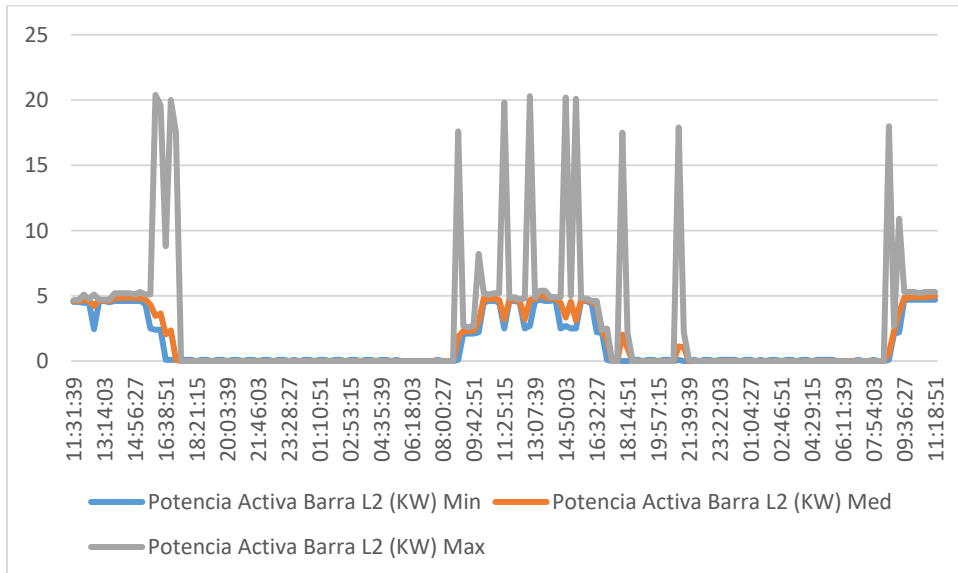


Figura 50

Gráfico de Potencia DIIN Barra L3

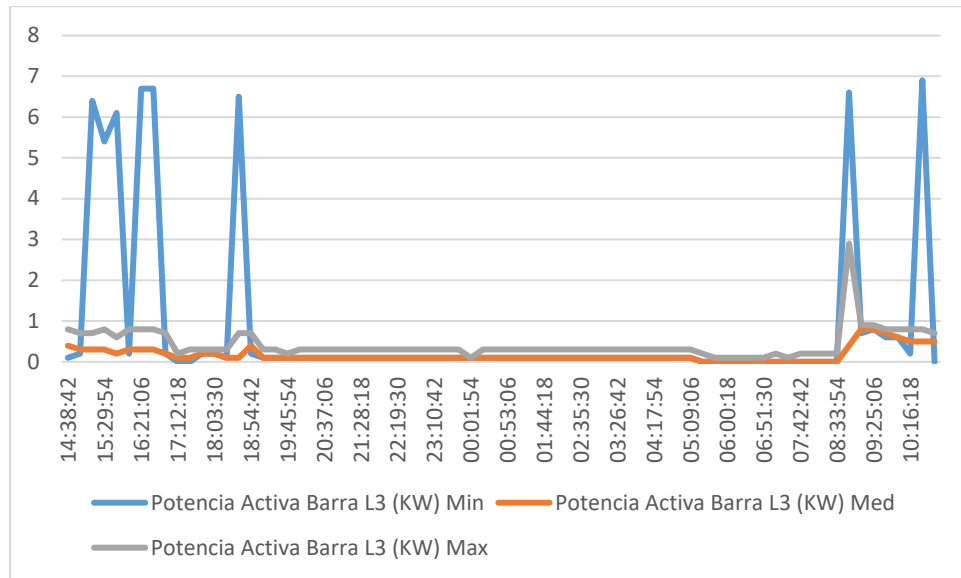


Figura 51

Gráfico de Factor de Potencia DIIN Barra L1

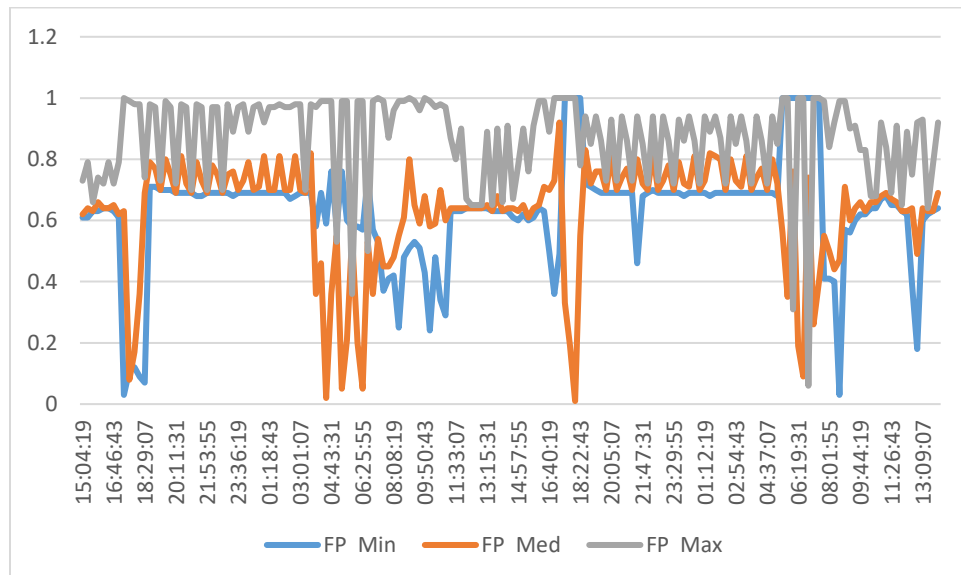


Figura 52

Gráfico de Factor de Potencia DIIN Barra L2



Figura 53

Gráfico de Factor de Potencia DIIN Barra L3

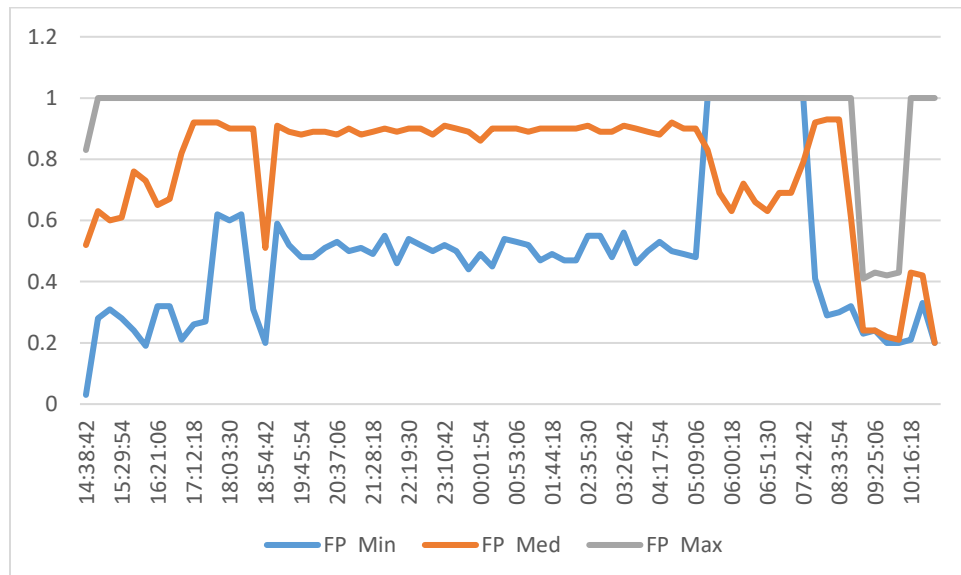


Figura 54

Gráfico de THD DIIN Barra L1

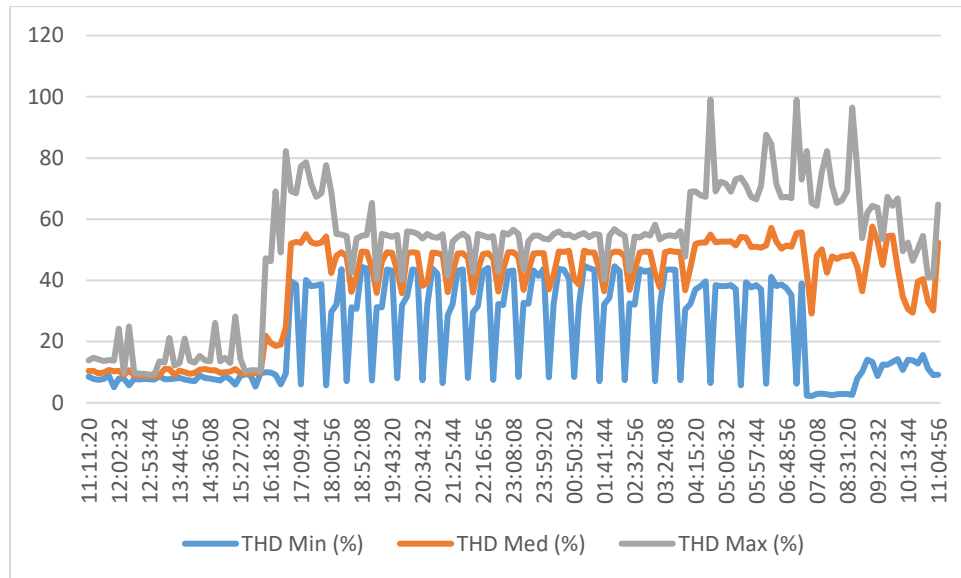


Figura 55

Gráfico de THD DIIN Barra L2

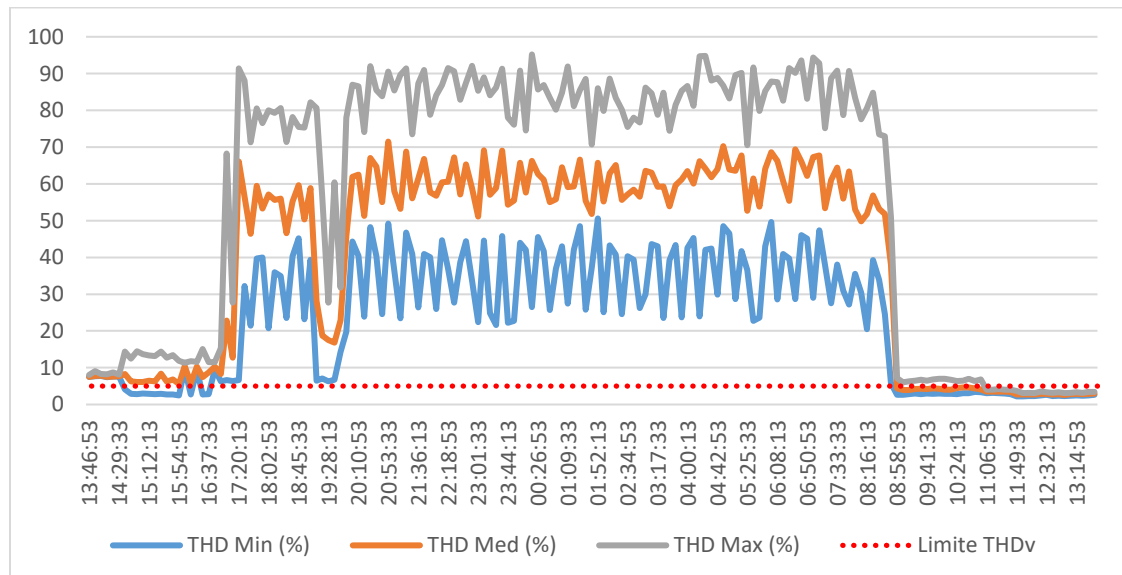


Figura 56

Gráfico de THD DIIN Barra L3

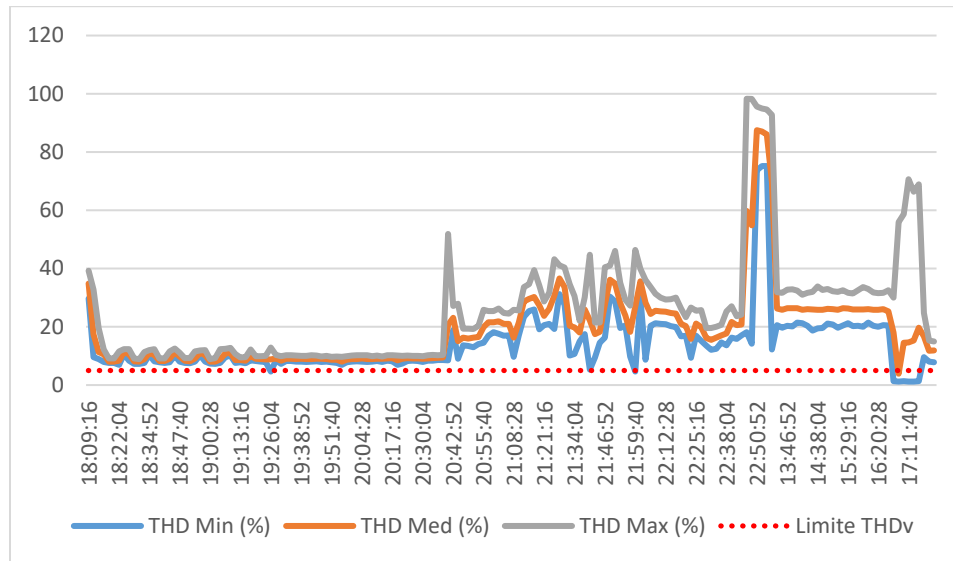


Figura 57

Gráfico de Transitorios DIIN Barra L1

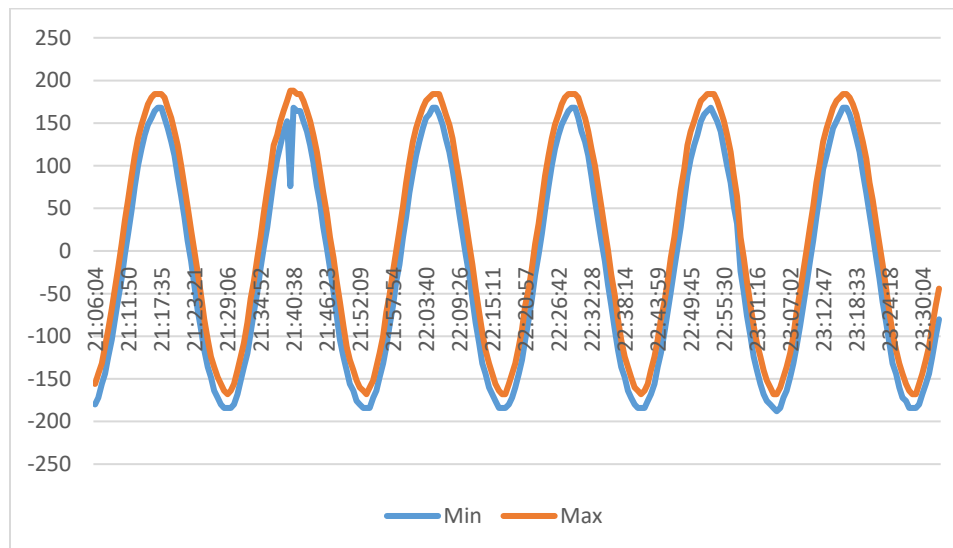


Figura 58

Gráfico de Transitorios DIIN Barra L2

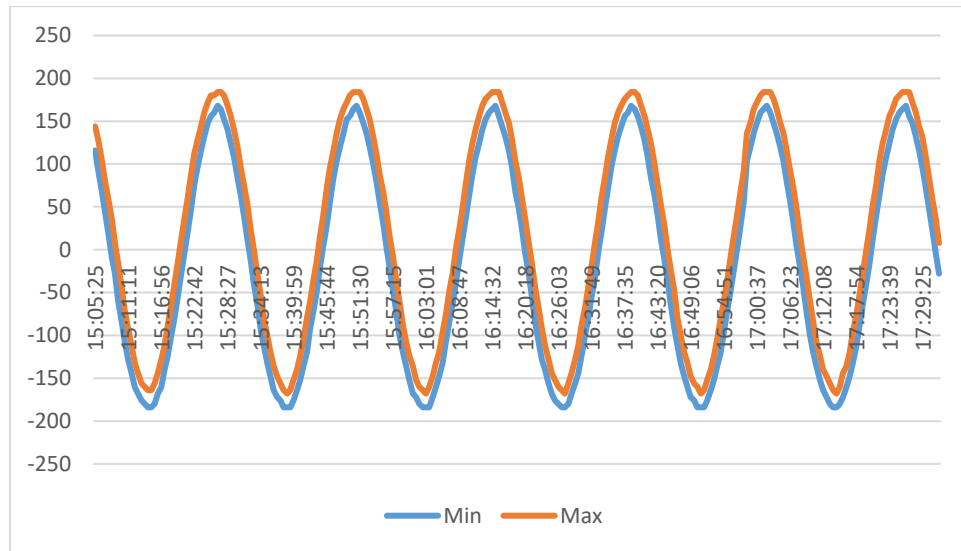


Figura 59

Gráfico de Transitorios DIIN Barra L3

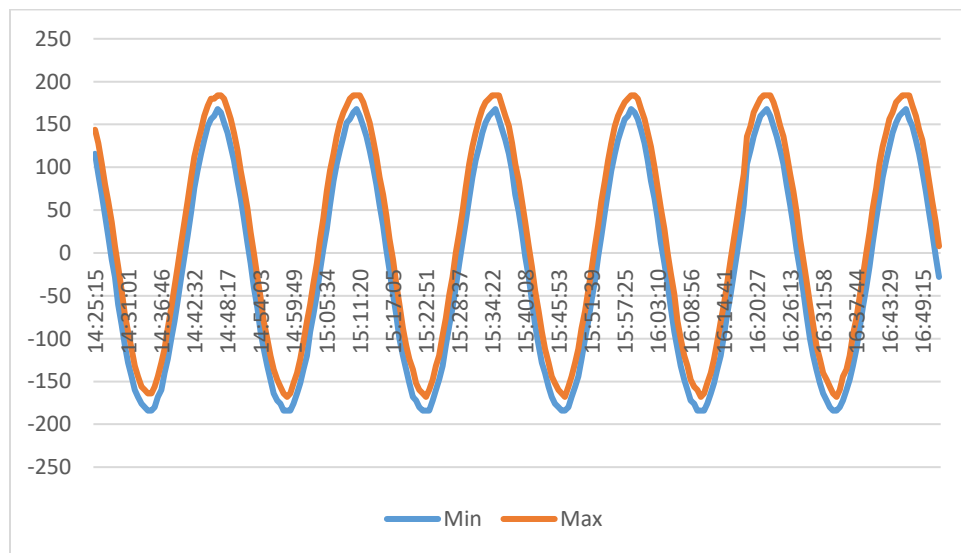


Figura 60

Gráfico de Potencia ADMON Barra L1

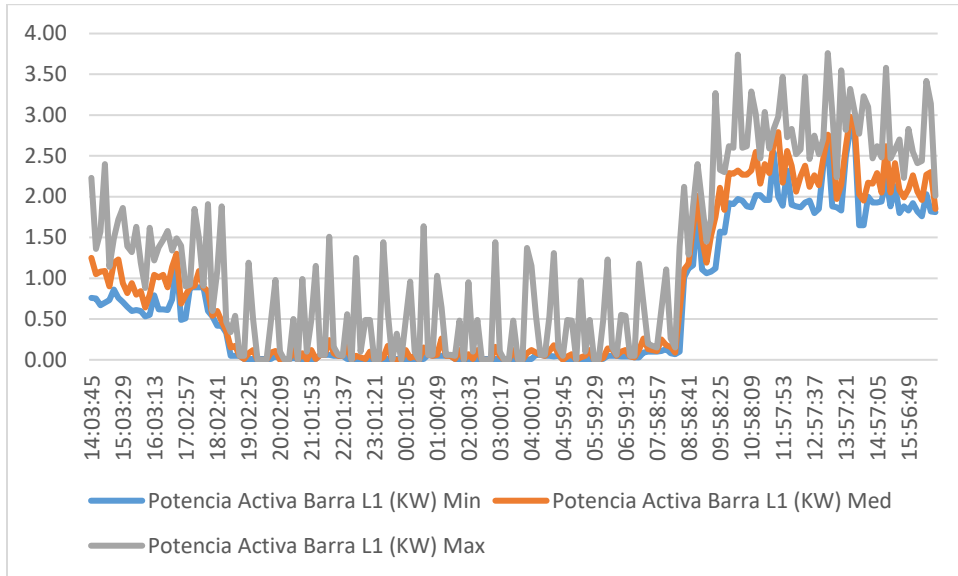


Figura 61

Gráfico de Potencia ADMON Barra L2

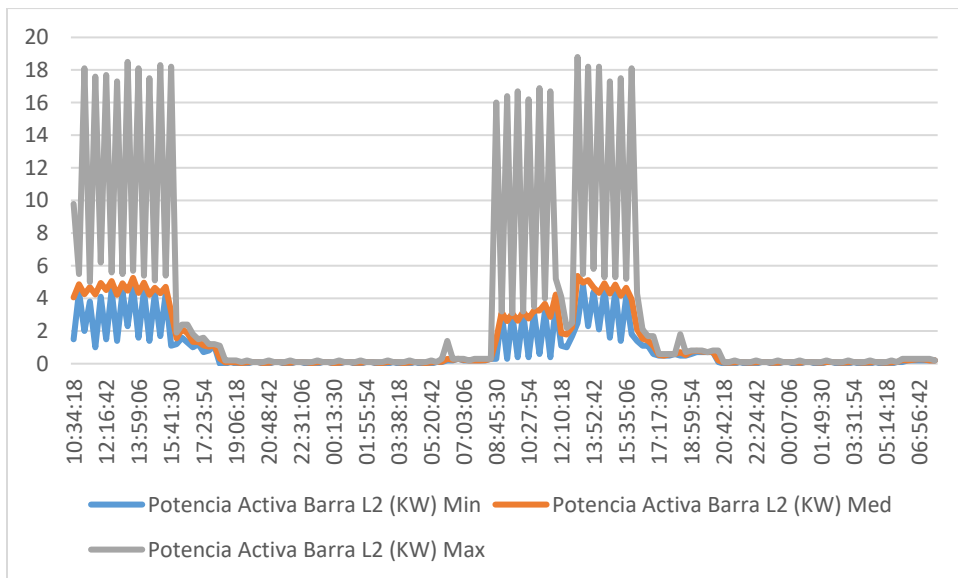


Figura 62

Gráfico de Potencia ADMON Barra L3

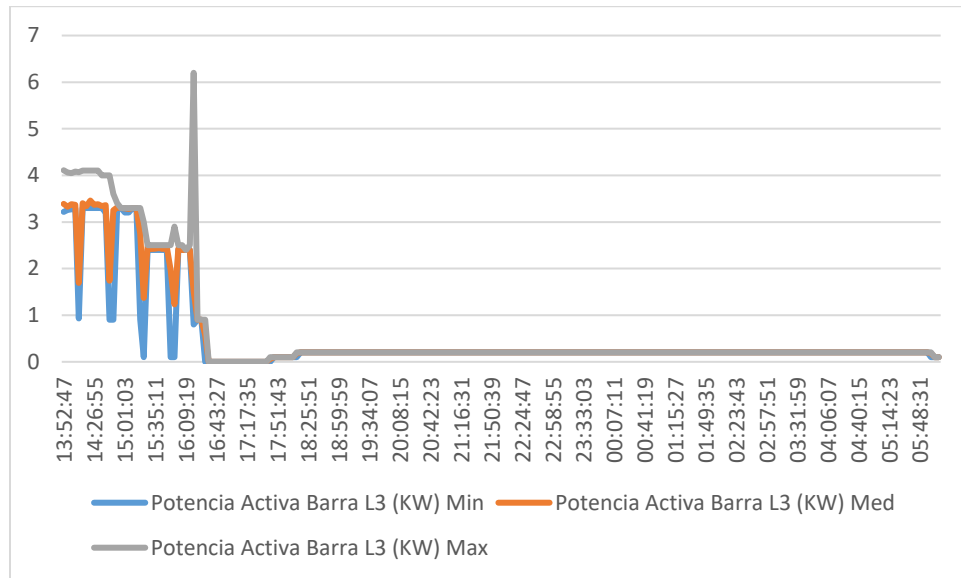


Figura 63

Gráfico de Factor de Potencia ADMON Barra L1

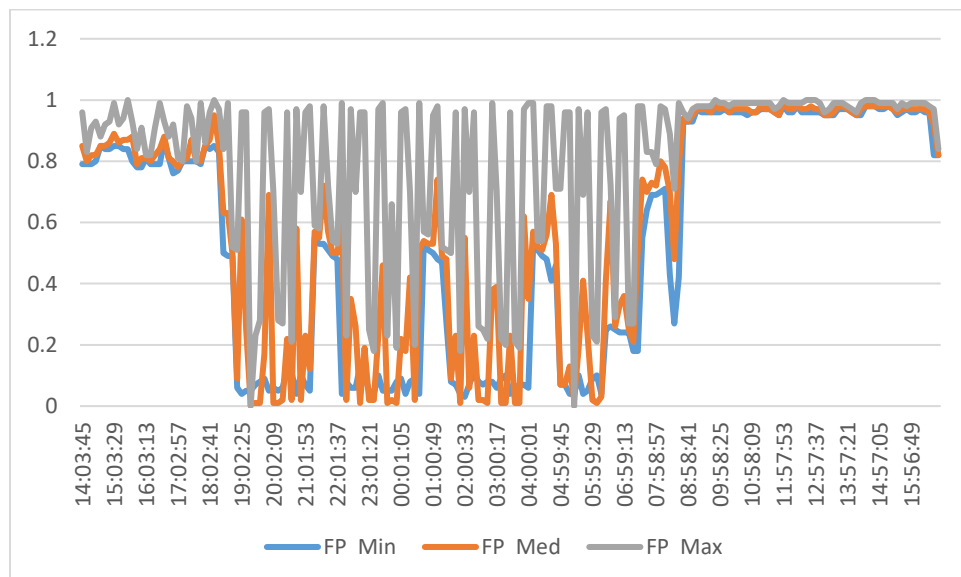


Figura 64

Gráfico de Factor de Potencia ADMON Barra L2

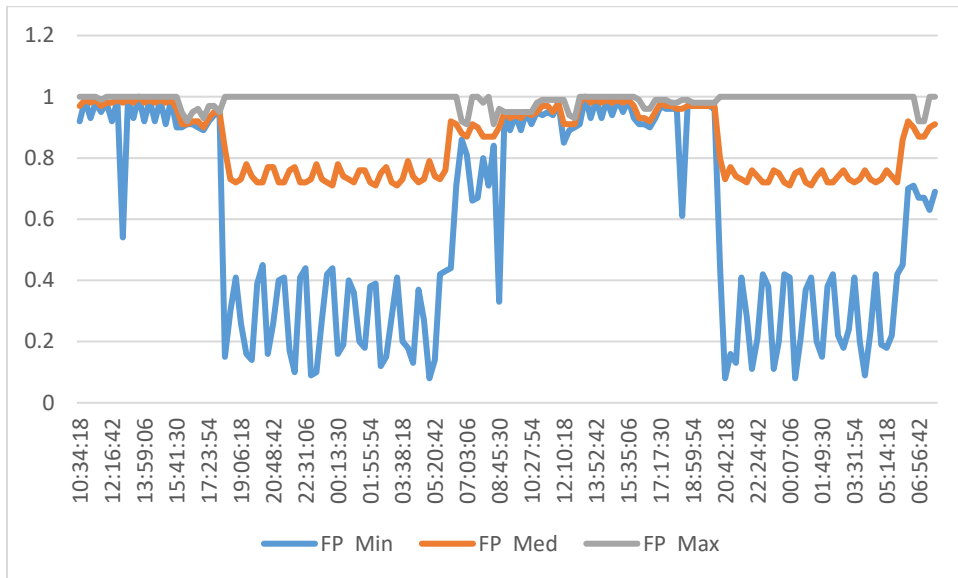


Figura 65

Gráfico de Factor de Potencia ADMON Barra L3

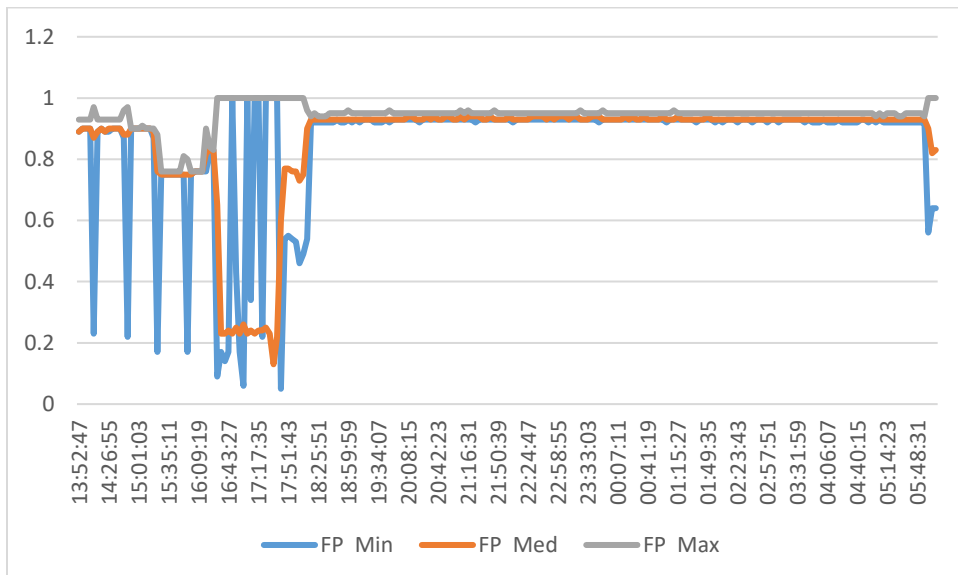


Figura 66

Gráfico de THD ADMON Barra L1

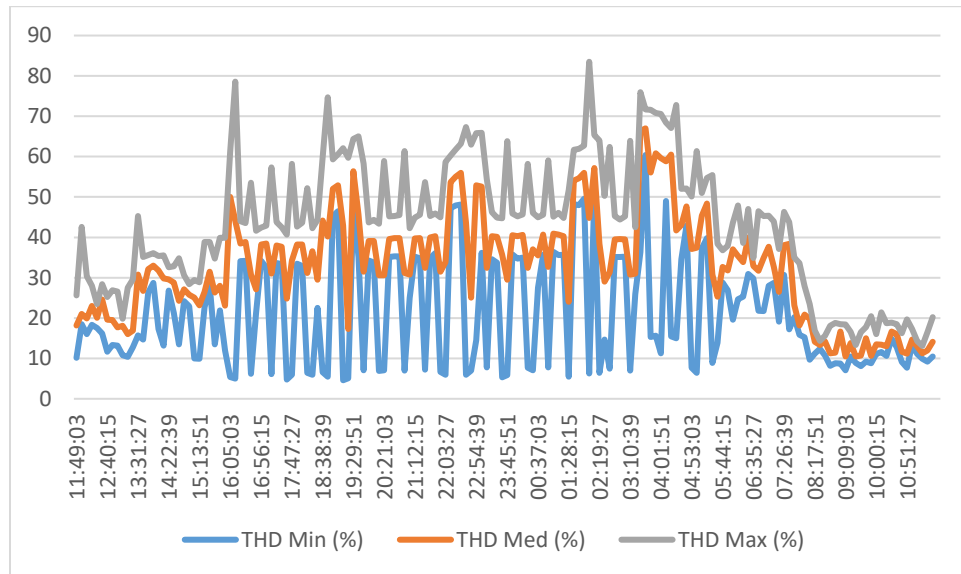


Figura 67

Gráfico de THD ADMON Barra L2

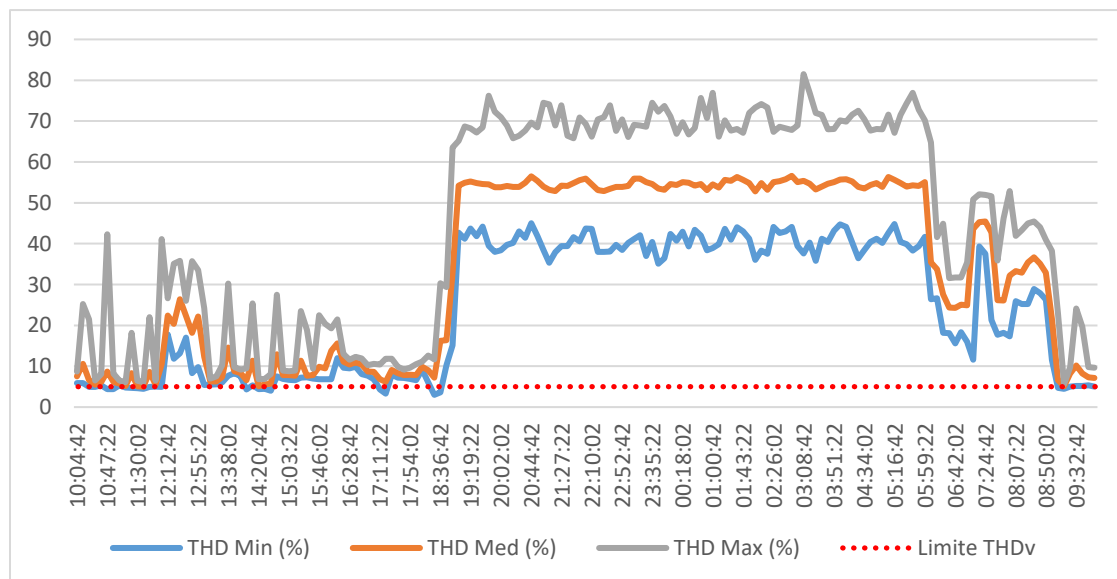


Figura 68

Gráfico de THD ADMON Barra L3

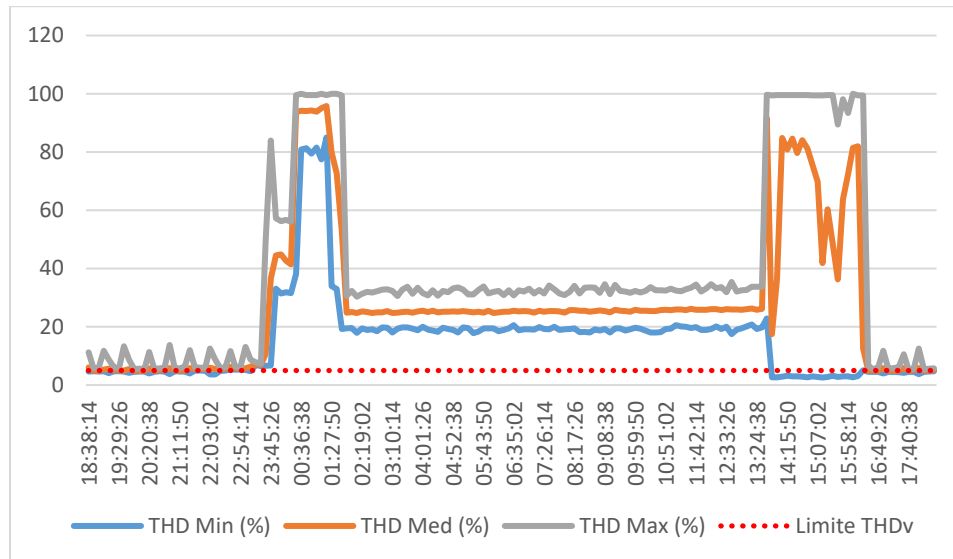


Figura 69

Gráfico de Transitorios ADMON Barra L1

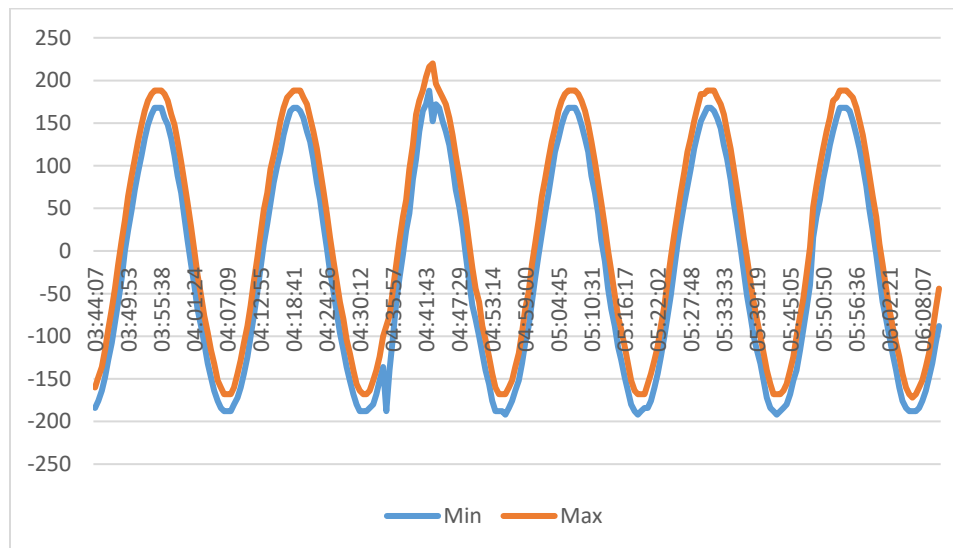


Figura 70

Gráfico de Transitorios ADMON Barra L2

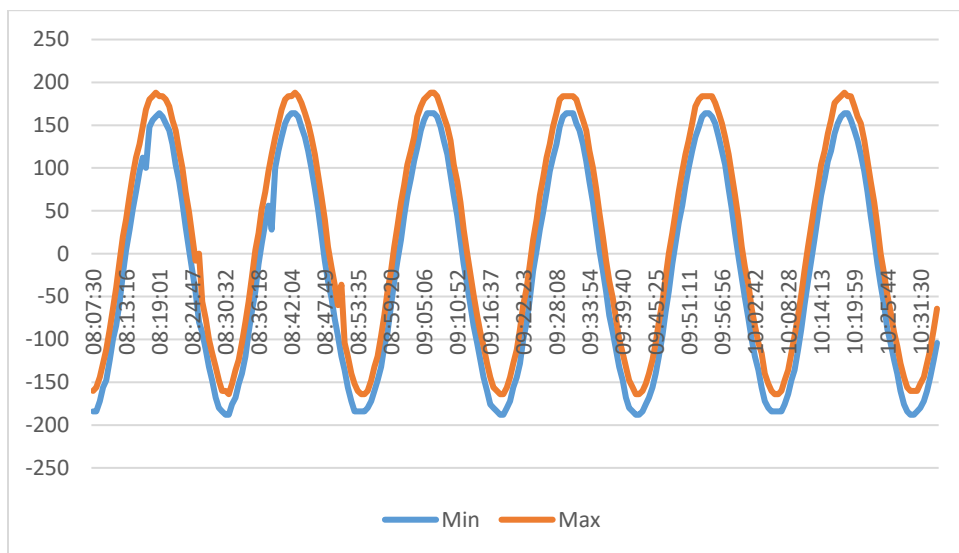
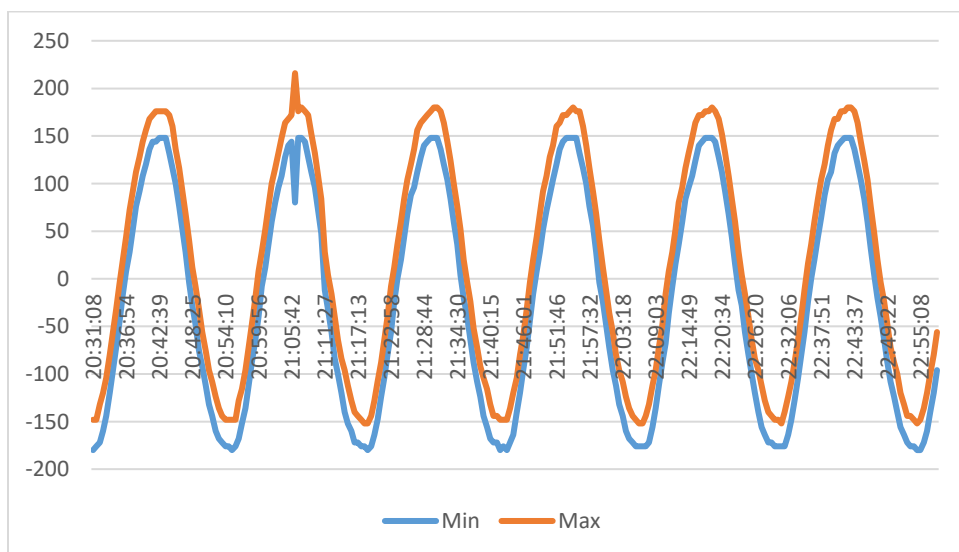


Figura 71

Gráfico de Transitorios ADMON Barra L3



Sección D

Tabla 47

Selección de Filtro Armónico

Área	Panel Eléctrico			Filtro de potencia activa		
	Barr a	Voltaje (V)	Corriente (A)	Modelo	Voltaje (V)	Corriente (A)
PIENSA Lab. Físico Química	L1	120/240	120	APF 3P5W	240	250
	L2	120/240	97.78			
	L3	120/240	192.5			
PIENSA Lab. Aguas Residuales	L1	120/240	46.02	EasyLogic APF	240	50
	L2	120/240	50.281			
	L3	120/240	27.97			
PIENSA Aulas	L1	120/240	44.01	EasyLogic APF	240	50
	L2	120/240	16.967			
DIIN	L1	120/240	151.85	AccuSine PCS+	240	250
	L2	120/240	163.3			
	L3	120/240	211			
ADMON	L1	120/240	32.3	APF 3P4W	240	200
	L2	120/240	156.67			
	L3	120/240	57.41			