



REPÚBLICA DE ECUADOR
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Comunidad Educativa al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Análisis de calidad de energía del Hospital Isidro Ayora de Loja

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: CLAUDYA ALEJANDRA SALINAS QUEZADA

DIRECTOR: ING. ARIAS REYES PABLO DANILO MSc.

MATRIZ CUENCA

2020



DECLARACIÓN

Yo, Claudya Alejandra Salinas Quezada, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Claudya Alejandra Salinas Quezada



CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por, Claudya Alejandra Salinas Quezada, bajo mi supervisión.

Ing. Pablo Arias

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Católica de Cuenca, a la Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción por formarme en el ámbito de la Ingeniería, a su decano Ingeniero Federico Córdova de manera especial y a todos los docentes de tan prestigiosa Unidad, que participaron en mi formación.

Al Ingeniero Pablo Arias muchas gracias por su paciencia, tiempo y direccionamiento técnico durante el desarrollo de la presente investigación.

Al Hospital Isidro Ayora, le agradezco la apertura que me dio al permitirme desarrollar mi tesis, dentro de sus instalaciones, al personal de mantenimiento del hospital muchas gracias por brindarme el asesoramiento requerido.

DEDICATORIA

Primeramente, al Santísimo por iluminarme y brindarme la sabiduría y fuerza necesaria para poder cumplir las metas trazadas.

A mi madre: Dolores Quezada que ha sido mi inspiración, mi mayor ejemplo y mi fuente inagotable de amor, fe, esperanza y apoyo incondicional en mi proyecto de vida.

A mi padre por ser generador de ideas, proyectos y sueños y por brindarme toda su buena energía en todo este caminar.

A mi esposo Andrés Orellana I. por ser mi mejor amigo, esposo, compañero de vida, gracias por tu paciencia inagotable, por tu apoyo incondicional, en los días grises y soleados, por ser mi complemento perfecto, por llenar mis días de alegrías Te amo infinitamente.

La razón de mi vida y mi motor mi hijo Pablo Andrés Orellana, eres mi motivación y mi mayor inspiración para salir adelante, eres la muestra perfecta de que Dios me ama, gracias por alegrarme la vida con tu inteligencia, amor y ocurrencias.

A mis hermanos Pablo, Karen y María Paula por siempre motivarme, apoyarme, cuidarme, inspirarme e impulsarme a concretar nuestros sueños.

A mis sobrinos Doménica Salinas, Nicole Salinas, Juan Emilio, María Emilia

A mis amigos María Belén Correa, Kathia Maldonado, Salome Segarra, Kevin Ríos, por brindarme su tiempo, por escucharme, por toda su buena energía y por permitirme conocer y apreciar más esta vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA.....	V
PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VII
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	17
CAPITULO I.....	18
1. Definición de los aspectos generales de la calidad de energía.....	18
1.1. Calidad de energía.....	18
1.1.1. Parámetros de la calidad de energía.....	18
Armónicos de voltaje y corriente.....	18
Transitorios.....	18
Transitorios oscilatorios- Se	18
Alteraciones en la tensión de breve duración.....	19
a. Sags.....	19
b. Swells.....	20
c. Interrupciones.....	20
Fluctuaciones de tensión (flicker).....	21
Puesta a tierra.....	22
1.1.2. Efectos de la buena y mala calidad de energía.....	22
Armónicos:.....	22
Transitorios:.....	23
Sag:.....	23
Flicker:.....	23
1.2. Políticas y normativas de la calidad de energía.....	23
1.2.1. Estándar IEEE Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.....	24

Límites recomendados para armónicos de voltaje	24
Fuente: (Instituto de Ingenieros Eléctricos y electrónicos, 2014).....	25
Límites recomendados para armónicos de corriente.....	25
1.2.2. Estándar IEC.....	26
1.3 Interferencia electromagnética.....	29
1.3.1 Compatibilidad electromagnética	30
- Límite de emisión.	32
- Límite de inmunidad.	32
1.3.2 Emisiones electromagnéticas de los equipos.....	32
CAPITULO II.....	33
2. Situación actual energética del Hospital Isidro Ayora	33
2.1. Antecedentes	33
2.1.1. Ubicación Geográfica	33
2.1.2. Distribución de Unidades.....	34
2.1.3. Consumo de energía eléctrica.....	34
2.2. Situación energética actual y descripción del sistema.....	36
2.2.1. Diagrama Unifilar	36
Medio Voltaje.....	36
Transformación y Protección	37
2.2.2. Análisis de centros de Transformación.....	40
2.2.3. Análisis de consumo energético por iluminación	63
2.2.4. Análisis de consumo total.....	64
CAPITULO III.....	66
3. Mediciones y análisis de parámetros eléctricos y disturbios electromagnéticos	66
3.1. Descripción de equipos de medición	66
3.1.1. Fluke 1744 power quality logger.....	66
Utilidades.....	66
3.1.2. Memobox 300	67
Aplicaciones	67

3.2.	Descripción de puntos donde se desarrollaron las mediciones	67
3.2.1.	Instalación y programación de equipos de análisis.....	68
1.	Apertura de Software PQ Log, necesario para configuración de equipos	70
1.	Configuración de tiempo de fecha.	70
2.	Configuración de equipo para función de tipo A, lo que implica el registro de todos los parámetros.	71
1.	Disposiciones generales dentro de configuración de tipo A.	72
2.	Configuración de inicio y fin de periodo de registro de parámetros.	73
1.	Configuración de registro de Interarmónicos.....	73
2.	Configuración de corriente.....	74
3.	Verificación y aprobación de datos configurados.	74
3.3.	Mediciones.....	75
3.4.	Análisis de variables de estudio	75
3.4.1.	Análisis Transformador 2	75
	Armónicos de voltaje y corriente	75
	Alteraciones en la tensión de breve duración.....	80
3.4.2.	Análisis Transformador 3	88
	Armónicos de voltaje y corriente	88
	Alteraciones en la tensión de breve duración.....	92
3.4.3.	Análisis Transformador 4	100
	Armónicos de voltaje y corriente	100
	Alteraciones en la tensión de breve duración.....	104
CAPITULO IV		109
4.	Propuesta de mejoras de calidad de energía.	109
4.1.	Planteamiento de soluciones en sistemas de alimentación de energía	109
4.1.1.	Propuesta:.....	109
	Transformador de 200 KVA	109
	Transformador de 300KVA	110
	Transformador de 300KVA	110

Demanda cámara de transformación antigua	110
4.2. Planteamiento de soluciones reducción de consume de energía, a través de mejoras a la calidad.....	110
4.2.1. Propuesta:.....	110
Acondicionador Armónico activo.....	111
4.3. Análisis técnico económico de propuestas.....	112
CAPITULO V	114
5. Conclusiones y recomendaciones.....	114
5.1. Conclusiones.....	114
5.2. Recomendaciones.....	115
CAPITULO VI	116
6. Referencias bibliográficas	116
ANEXOS.....	1
ANEXO 1. DIAGRAMA UNIFILAR Y PLANOS DE IMPLANTACIÓN.....	1
ANEXO 2. CARACTERÍSTICAS MEDIDOR ELECTRÓNICO	1
ANEXO 3. GRÁFICAS DE CALIDAD DE ENERGÍA.....	1

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Curva de espectro de transitorio oscilatorio	19
Ilustración 2 Sags de voltaje.	20
Ilustración 3 Curva de espectro de swell.....	20
Ilustración 4 curva de espectro de interrupción.	21
Ilustración 5 Curva de espectro de fluctuación de tensión	22
Ilustración 6.Determnación de clase de equipo acorde a estándar IEC.....	28
Ilustración 7 Niveles de compatibilidad electromagnética	31
Ilustración 8. Ubicación geográfica Hospital Isidro Ayora.....	33
Ilustración 9. Consumo de energía eléctrica en el Hospital Isidro Ayora durante el año 2019.	35
Ilustración 10. Celda de salida modelo IM, Celda de medición modelo GBC-A, Celda de remonte modelo GAM.....	38
Ilustración 11. Potencia Aparente Transformador 2.	43
Ilustración 12. Corrientes Transformador 2.	49
Ilustración 13. Potencia aparente, transformador 3.....	51
Ilustración 14. Corrientes transformador 3.	60
Ilustración 15. Potencia medida en transformador 4.	62
Ilustración 16. Vista general de equipo de medición de calidad Fluke 1744.....	66
Ilustración 17. Conexión física de equipo de análisis en transformadores de potencia.	68
Ilustración 18. Apertura de Software PQ Log.	70
Ilustración 19. Configuración de tiempo y fecha en coordinación con equipo de análisis.	70
Ilustración 20. Configuración de tiempo y fecha en coordinación con equipo de análisis, se establece la hora de la PC para equipo de análisis.....	71
Ilustración 21. Configuración de equipo de análisis – Tipo A	72
Ilustración 22. Configuraciones generales.	72
Ilustración 23. Registro de inicio y fin de registro de parámetros	73
Ilustración 24. Configuración de registro de Interarmónicos.....	73
Ilustración 25. Configuración de corriente para equipo de análisis.....	74
Ilustración 26. Verificación y aprobación de configuración en equipo de análisis	74
Ilustración 27. Se han guardado las configuraciones en equipo de análisis de acuerdo a lo configurado.....	75
Ilustración 28. Armónicos de voltaje transformador 2.....	78
Ilustración 29. Armónicos de corriente transformador 2	79
Ilustración 30. Curva de voltaje en L1, L2 Y L3 transformador 2 durante semana de análisis.	81

Ilustración 31. Frecuencia medida en Transformador 2	83
Ilustración 32. Flicker Pst, medido en transformador 2.	84
Ilustración 33. Análisis de Flicker Plt medido en transformador 2.	85
Ilustración 34. Potencia reactiva registrada en transformador 2.	86
Ilustración 35. Factor de potencia transformador 2.	87
Ilustración 36. Armónicos de voltaje transformador 3.....	90
Ilustración 37. Armónicos de corriente transformador 3	91
Ilustración 38. Curva de voltaje en L1, L2 Y L3 transformador 3 durante semana de análisis.	93
Ilustración 39. Frecuencia medida en Transformador 3	95
Ilustración 40. Flicker Pst, medido en transformador 3.	96
Ilustración 41. Análisis de Flicker Plt medido en transformador 3.	97
Ilustración 42. Potencia reactiva registrada en transformador	98
Ilustración 43. Factor de potencia transformador 3.	99
Ilustración 44. THDv - transformador 4	102
Ilustración 45. Armónicos de corriente transformador 4	103
Ilustración 46. Curva de voltaje en L1, L2 Y L3 transformador 4 durante semana de análisis.	105
Ilustración 47. Frecuencia transformadora 4.	107
Ilustración 48. Medición de Flicker transformador 4.....	108
Ilustración 49. Instalación de acondicionar de armónico activo	111
Ilustración 50. Modo de instalación acondicionares en paralelo.....	112
Ilustración 51. Tipo de instalación a utilizar e HIAL.	112
Ilustración 52. Conexión equipo de medición	2

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 límites de distorsión de voltaje IEEE519	25
Tabla 2 límites de distorsión de corriente para sistemas de 120v a 69kv	25
Tabla 3 límites de corta y larga duración norma IEEE1159.....	26
Tabla 4. Límites para los equipos de clase A norma 6100032	28
Tabla 5. Resumen de consumo eléctrico Hospital Isidro Ayora.....	35
Tabla 6. Equipos instalados, centro de transformación 2.	44
Tabla 7. Corrientes promedio transformador 2.....	48
Tabla 8. Equipos de climatización instalados, transformador 3.	52
Tabla 9. Equipos Generales instalados, transformador 3.....	58
Tabla 10. Corrientes promedio transformador 3.....	59
Tabla 11. Levantamiento de cargas por iluminación en transformadores 2 y 3.del área repotenciada del hospital.	64
Tabla 12. Resumen de consumo de energía en el área repotenciada del hospital Isidro Ayora	65
Tabla 13. Detalle de periodos de instalación y equipos utilizados.	75
Tabla 14. Análisis de armónicos pares en voltaje Transformador 2	76
Tabla 15. Análisis de armónicos impares no múltiplos de 3 en voltaje Transformador 2	76
Tabla 16. Análisis de armónicos impares múltiplos de 3 en voltaje Transformador 2	77
Tabla 17. Resumen de valores medidos THDv transformador 2	77
Tabla 18. Análisis de SAG Voltaje -en transformador 2.	80
Tabla 19. Análisis de Swell Voltaje en transformador 2.....	80
Tabla 20. Análisis de Flicker en transformador 2.	82
Tabla 21. Análisis de la frecuencia en transformador 2.....	82
Tabla 22.Armónicos individuales de orden par - Transformador 3	88
Tabla 23. Armónicos de orden impar no múltiplos de 3 -Transformador 3	88
Tabla 24. Armónicos de orden impar múltiplos de 3 -Transformador 3	89
Tabla 25. Resumen de valores medidos THDv transformador 3	89
Tabla 26. Análisis de SAG Voltaje -en transformador 3.	92
Tabla 27. Análisis de Swell en voltaje en transformador 3.	92
Tabla 28. Análisis de Flicker en transformador 3.	94
Tabla 29. Análisis de la frecuencia en transformador 3.....	94
Tabla 30. Armónicos individuales de orden par - Transformador 4	100
Tabla 31. Armónicos individuales de orden impar no múltiplos de 3 - Transformador 4	100
Tabla 32. Armónicos individuales de orden impar y múltiplos de 3 - Transformador 4	101
Tabla 33. Resumen de valores medidos THDv transformador 4	101

Tabla 34. Análisis de SAG Voltaje -en transformador 4.	104
Tabla 35. Análisis de Swell en voltaje en transformador 4.	104
Tabla 36. Análisis de Flicker en transformador 4.	106
Tabla 37. Análisis de la frecuencia en transformador 4.....	106
Tabla 38. Sobredimensionamiento en transformadores en análisis	109
Tabla 39. Presupuesto básico para implantación de mejoras en HIAL.....	113
Tabla 40. Características técnicas equipo de medición.....	1

RESUMEN

El análisis de calidad de energía actualmente es de vital importancia para los técnicos en mantenimiento, debido a que es sumamente necesario conocer los parámetros eléctricos que definen el comportamiento de las instalaciones, y con ello poder gestionar y ejecutar planes de mantenimiento preventivo o correctivo necesarios y adecuados.

La presente investigación analiza la calidad de energía del Hospital Isidro Ayora, de la ciudad de Loja. En primera instancia, se establece la base teórica considerando normativa internacional, debido a que actualmente en el país no existe una regulación que permita el diagnóstico de la calidad de energía. Luego se realizó un análisis de consumo eléctrico que mantiene el área repotenciada, por lo cual fue necesario desarrollar un levantamiento eléctrico en el hospital, implantando un diagrama unifilar general del mismo. Finalmente se ejecutaron las mediciones de calidad de energía en bajo voltaje y en puntos comunes de carga del hospital, acorde a estas mediciones, se llegó a determinar el estado actual del sistema eléctrico, por lo cual se plantean soluciones efectivas a problemas de calidad de energía encontrados en las instalaciones.

Palabras claves: NORMA IEEE, NORMA IEC, CALIDAD DE ENERGÍA, LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO, ENERGÍA EN HOSPITALES.

RESUMEN

El análisis de calidad de energía actualmente es de vital importancia para los técnicos en mantenimiento, debido a que es sumamente necesario conocer los parámetros eléctricos que definen el comportamiento de las instalaciones, y con ello poder gestionar y ejecutar planes de mantenimiento preventivo o correctivo necesarios y adecuados.

La presente investigación analiza la calidad de energía del Hospital Isidro Ayora, de la ciudad de Loja. En primera instancia, se establece la base teórica considerando normativa internacional, debido a que actualmente en el país no existe una regulación que permita el diagnóstico de la calidad de energía. Luego se realizó un análisis de consumo eléctrico que mantiene el área repotenciada, por lo cual fue necesario desarrollar un levantamiento eléctrico en el hospital, implantando un diagrama unifilar general del mismo. Finalmente se ejecutaron las mediciones de calidad de energía en bajo voltaje y en puntos comunes de carga del hospital, acorde a estas mediciones, se llegó a determinar el estado actual del sistema eléctrico, por lo cual se plantean soluciones efectivas a problemas de calidad de energía encontrados en las instalaciones.

Palabras claves: NORMA IEEE, NORMA IEC, CALIDAD DE ENERGÍA, LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO, ENERGÍA EN HOSPITALES.

ABSTRACT

Energy quality analysis is an important topic for maintenance technicians, it is necessary to know the electrical parameters that define the installation behaviour, and thus be able to manage and execute necessary and adequate preventive or corrective maintenance plans

This research analyzes the energy quality of the Isidro Ayora Hospital, in the city of Loja. In the first instance, the theoretical basis is established considering international regulations, because currently there is no regulation in the country that allows the diagnosis of energy quality. An electrical consumption analysis was then carried out that maintains the repowered area, so it was necessary to develop an electrical survey in the hospital, implanting a general one-line diagram of the same. Finally, the energy quality measurements were carried out in low voltage and in common hospital charging points, according to these measurements, the current state of the electrical system was determined, so effective solutions to energy quality problems are proposed found on the premises.

Keywords: IEEE STANDARD, IEC STANDARD, ENERGY QUALITY, ELECTRICAL LIFTING, HOSPITAL ENERGY.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la calidad de energía eléctrica en el Hospital Isidro Ayora, por lo cual fue necesario desarrollar cinco capítulos expuestos de la siguiente manera:

El capítulo I, indica las bases teóricas necesarias que fundamentan la presente investigación, estableciendo dentro de este; la normativa adecuada que regula los parámetros eléctricos que definen una buena o mala calidad de energía, se ha tomado como referencias las normativas expuestas por la IEEE e IEC.

El capítulo II, demuestra la situación energética actual del Hospital Isidro Ayora, para esto se ejecutó un levantamiento de los equipos eléctricos instalados, diferenciando e identificando de que transformador se energizan, por lo cual también se elaboró el Diagrama Unifilar general del hospital en su área repotenciada o construida recientemente, describiendo los elementos que la conforman.

El capítulo III, indica las mediciones de calidad de energía realizadas, las cuales fueron ejecutadas en los puntos de carga común de la unidad repotenciada y describen los parámetros eléctricos necesarios para determinar si la calidad de energía es adecuada o no, por lo cual a través de gráficas y tablas se expone el cumplimiento o no de los parámetros medidos en referencia a las normativas seleccionadas.

En el Capítulo IV, se describen los problemas de energía que actualmente presenta el hospital, y en base a esto se plantea las soluciones adecuadas, las cuales se sustentan a través de un análisis técnico económico.

El capítulo V, emite las conclusiones y recomendaciones obtenidas mediante la presente investigación, las cuales permitirán mantener y optimizar la calidad de energía en el Hospital.

CAPITULO I

1. Definición de los aspectos generales de la calidad de energía

1.1. Calidad de energía

Se define la calidad de energía eléctrica a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan el voltaje y la corriente eléctrica, en un tiempo dado en una ubicación del sistema eléctrico de potencia, (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 2009).

La pérdida de calidad de energía establece un deterioro de las señales de voltaje y corriente en la forma de onda, una mala calidad de energía incrementa la frecuencia de interrupciones, que llevan a la reducción o parada de procesos, los cuales ocasionan perjuicios, estos deterioros son de mucha más importancia, si se trata de un hospital que no garantice una adecuada calidad de energía, pues en este tipo de instalaciones, existen vidas en juego y muchas de ellas se encuentran en estado inconsciente o coma inducido por lo cual no podrían comunicar si están apreciando algún tipo de descarga eléctrica durante la cirugía o a través del equipo de monitoreo de signos vitales, (Sánchez, 2009).

1.1.1. *Parámetros de la calidad de energía.*

Los parámetros que se analizan para determinar una buena o mala calidad de energía son: armónicos de voltaje, transitorios, depresiones de tensión (Sag), salto de tensión (swell), ruido, fluctuaciones de tensión (flicker), puesta a tierra aislada.

Armónicos de voltaje y corriente

Los armónicos son el resultado de la adición, de una o varias ondas armónicas que se superponen a la onda fundamental (60Hz). Por ende, la deforman, es decir son voltajes o corrientes sinusoidales, que poseen frecuencias las cuales son múltiplos enteros de la frecuencia a la que se encuentra el sistema de suministro, (KAI. GIEN, 2009).

Transitorios

Transitorios oscilatorios- **Se** presenta con cambios bruscos de la corriente o el voltaje a diferente frecuencia de la fundamental, comprendiendo valores de polaridad negativa y positiva, es decir su valor instantáneo cambia rápidamente de polaridad, (KAI. GIEN, 2009).

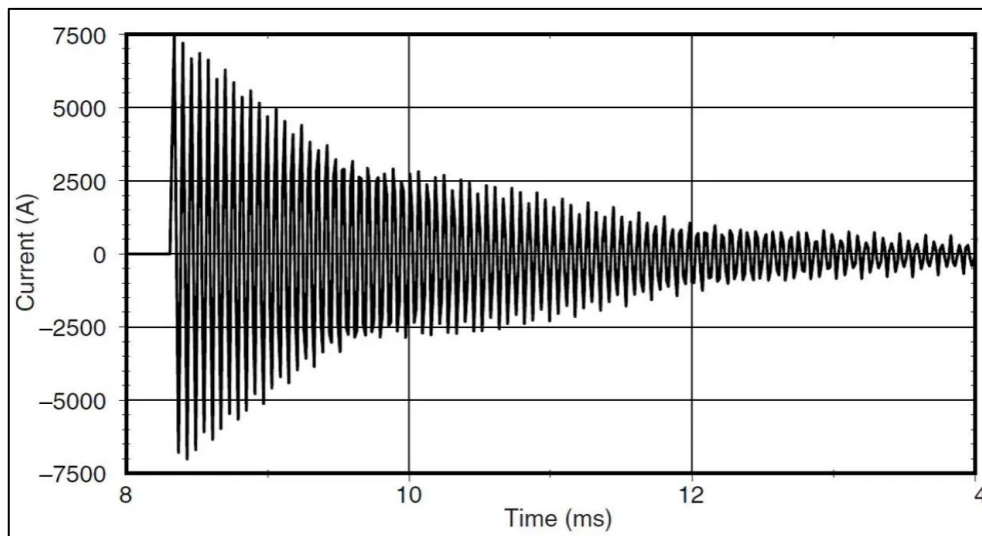


Ilustración 1 Curva de espectro de transitorio oscilatorio
fuente: (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 2009)

Alteraciones en la tensión de breve duración

Son denominadas también como variaciones de tensión, por lo general son causadas por fallas en el sistema, además pueden presentarse en condiciones normales, como arranque de grandes motores, inyecciones energéticas de cargas relativamente enormes que necesitan elevadas corrientes de arranque.

Las alteraciones de tensión, se pueden diferenciar como: elevaciones de voltaje o swell, así mismo depresiones de voltaje denominadas también como sags, y la pérdida total de voltaje llamado interrupciones.

a. Sags

Son variaciones de tensión de corta perdurabilidad de 0.5 a 60 ciclos, que se caracterizan por la reducción de la tensión o corriente, en un rango de 0.1 y 0.9 p. u (valor por unidad) del valor RMS (valor cuadrático medio), (KAI. GIEN, 2009).

establecen como interrupciones mantenidas a aquellas que duran más de 3 segundos [Std.1159] o más de 2 min [Std.1250].

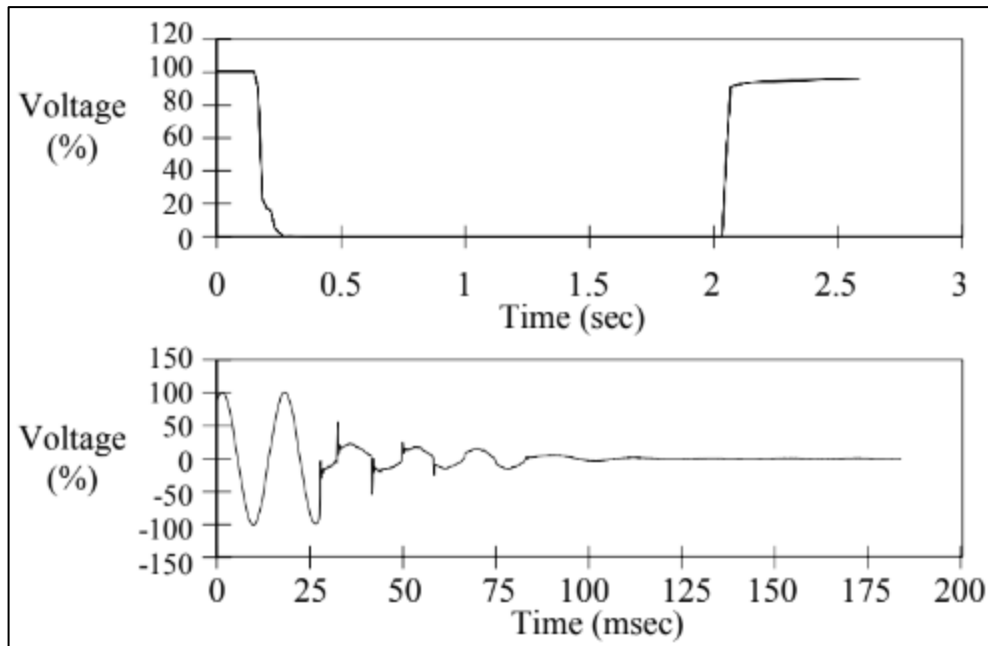


Ilustración 4 curva de espectro de interrupción.
fuente: (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 2009)

La interrupción también es conocida como interferencia, la cual es una señal despreciable, (KAI. GIEN, 2009).

Fluctuaciones de tensión (flicker)

Las fluctuaciones de tensión llamadas Flicker o parpadeo, es una serie de perturbación o cambios continuos en la magnitud de tensión. Se diferencian de las variaciones lentas, de los huecos y cortes porque estas no superan el 10% de valor nominal de la tensión, se encuentran en el rango de entre 0.95 a 1.02 p.u, (KAI. GIEN, 2009), son originadas por cargas no lineales que requieren elevadas corrientes, en instalaciones residenciales este efecto se produce por el arranque automático de refrigeradores, calefactores, entre otros, (1 ENRÍQUEZ, 1999).

Estas fluctuaciones son perceptibles en la luminosidad de las lámparas, lo cual es una sensación visible molesta.

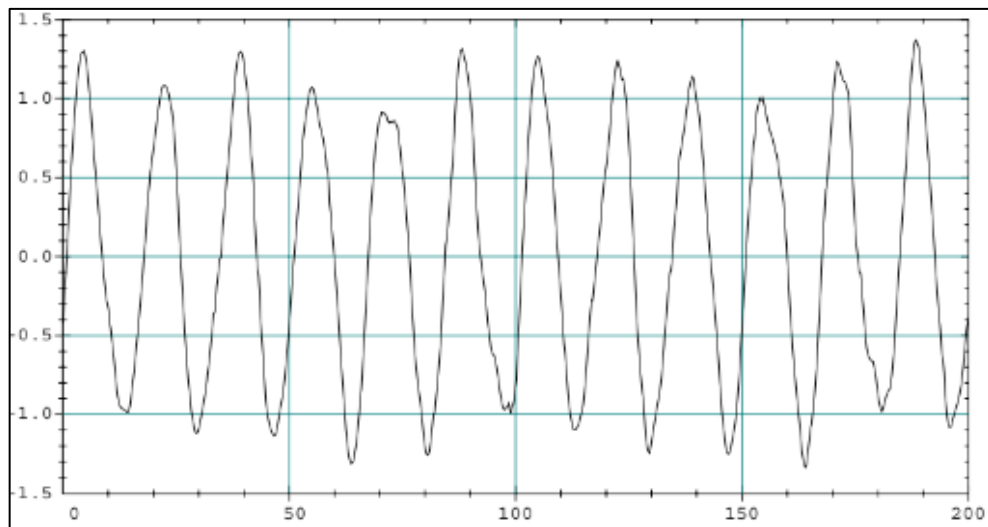


Ilustración 5 Curva de espectro de fluctuación de tensión
fuente: (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 2009)

Puesta a tierra

La gran parte de problemas en la calidad de energía son producidos debido a una inadecuada o inefectiva conexión a tierra de las instalaciones eléctricas, como es el uso de conductor inapropiado entre la tierra y su conexión a tierra, corrientes de fuga, corrientes circulantes en el sistema, las altas impedancias en el sistema de conexión a tierra. Los sistemas de puesta a tierra son de gran importancia en una instalación debido a que conducen cualquier corriente de defecto, o debido a descargas atmosféricas, hacia el terreno, con lo cual se puede lograr limitar la diferencia de potencial que en un momento dado se puede presentar en estructuras metálicas, además de posibilitar la detección de defectos de tierra y asegurar la actuación y coordinación de las protecciones, (Márquez, 1991).

1.1.2. Efectos de la buena y mala calidad de energía

El reconocimiento de la calidad de energía eléctrica, tiene mucha importancia, debido a que nos permite identificar y dar soluciones a problemas de los sistemas eléctricos de potencia.

Los efectos de una mala calidad de energía en referencia a sus parámetros, se indican a continuación:

Armónicos: deterioro prematuro de los equipos, pérdidas de los sistemas reduciendo su eficiencia, vibraciones y ruidos acústicos en determinadas máquinas como es en transformadores y motores, accionamiento de interruptores termomagnéticos por incremento de temperatura, alteraciones a sistemas frágiles tales como las computadoras, máquinas de

ultrasonido, televisores, resonancia en tableros eléctricos, disminución de la precisión en los aparatos de medición.

Transitorios: en cualquiera de sus clases, los oscilatorios y los impulsivos pueden ser dañinos para los circuitos eléctricos y sus respectivos sistemas, en vinculación a su amplitud, duración y velocidad de variación.

Los transitorios oscilatorios se caracterizan por su larga duración y por ende resultan dañinos para equipos de televisión, circuitos de control, equipos médicos como máquinas de diálisis, ultrasonido de diagnóstico, máquinas de anestesia.

Los transitorios impulsivos pueden destruir y descomponer los materiales aislantes de los electrodomésticos, equipos electrónicos, equipos médicos, entre otros.

Sag: es una actividad anormal para los equipos electrónicos, la cual ocasiona pérdidas de información y datos en sistemas de computación, variaciones en la velocidad de motores, disminución de intensidad luminosa, falla en el sistema.

Swells: se muestra a través de un mal funcionamiento de equipos electrónicos sensibles.

Ruido: producen variaciones inexactas en los sistemas de control y automatización, falencias en los ordenadores, contratiempos en los equipos de audio y video, degradación y devastación de aislamientos, aparición de interferencia en los monitores y equipos electrónicos.

Flicker: provocan incomodidad en la vista de las personas, se muestra principalmente en luminarias que se energizan con bajo voltaje. También se visualizan comúnmente en pantallas electrónicas (televisores, monitores, entre otros). Este fenómeno puede provocar, reducción del sincronismo en equipos de regulación, alteración del torque en equipos con máquinas rotantes, degradación de instrumentos que usan capacitores, entre otros.

1.2. Políticas y normativas de la calidad de energía

Las normativas y regulaciones de la calidad de energía, son amplias y de gran variedad, para poder ejecutarlas, se debe considerar que entidad u organismo las generan y a quienes van dirigidas.

En la ejecución de la presente investigación, se utilizarán estándares internacionales emitidos por la IEEE e IEC; estos nos permitirán analizar la calidad de energía eléctrica, al interior del hospital.

Debido al ruido de los equipos médicos, transformadores, lámparas entre otros, el análisis se enfocará en el reconocimiento de disturbios y alteraciones producidas por equipamiento en

el interior de los circuitos, los cuales; provocan un deterioro de energía que afecta a otros equipos sensibles de monitoreo médico y por ende se puede emitir a los pacientes un diagnóstico errado o un funcionamiento defectuoso en equipos médicos como de tomografía, rayos X, electrocardiógrafo, entre otros.

A continuación, se muestra una descripción en referencia a regulaciones internacionales y nacionales aplicadas en la actualidad.

1.2.1. Estándar IEEE Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

- **IEEE 519**, emite consejos prácticos y recomendaciones para monitorear los armónicos o la calidad de energía en los sistemas eléctricos de potencia, determinando los límites de distorsión armónica en función del valor del cortocircuito (SCR) y su respectivo orden de la armónica, (Instituto de Ingenieros Eléctricos y electrónicos, 2014).

La norma establece valores armónicos de tiempo muy corto y corto, estos deben acumularse durante períodos de un día o una semana, respectivamente. Para mediciones de armónicos de tiempo muy corto, el valor del percentil es 99 (es decir, el valor que se excede es el 1% del período de medición) y debe medirse en un período de 24 horas con la finalidad de poder realizar las comparaciones con los límites recomendados. Para armónicos de tiempo corto, los valores de percentil son 95 y 99 (es decir, los valores que se exceden para el 5% y el 1% del período de medición) deben calcularse durante un período de 7 días, para poder ejecutar la comparación con los límites recomendados. Estas estadísticas deben ser tanto para armónicos de voltaje como de corriente, con la excepción de que no se recomienda ejecutar la medición de corto tiempo de percentil 99 para armónicos de voltaje.

Este estándar, determina los niveles de distorsión armónica tanto para voltajes como para corrientes en función de la fracción de su cortocircuito (SCR) y el grado de la armónica, estableciendo niveles resultantes de su distorsión armónica.

La norma describe los límites recomendados que se aplican solo en el punto de acoplamiento común y no debe ser aplicada para equipos individuales, (Instituto de Ingenieros Eléctricos y electrónicos, 2014).

Límites recomendados para armónicos de voltaje

Los valores semanales del 95 por ciento de tiempo corto (10 min) deben ser menores que los valores dados en la Tabla 1. Todos los valores deben estar en porcentaje de la tensión de frecuencia nominal en el punto de carga común. La Tabla 1 se aplica a los armónicos de voltaje cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia de potencia.

Tabla 1 límites de distorsión de voltaje IEEE519

Voltaje de barra en el punto de acoplamiento	Distorsión individual de Tensión (%)	Distorsión total del voltaje THD (%)
$V \leq 1.0 \text{ KV}$	5.0	8.0
$1 \text{ KV} < V \leq 69 \text{ KV}$	3.0	5.0
$69 \text{ KV} < V \leq 161 \text{ KV}$	1.5	2.5
$161 \text{ KV} < V$	1.0	1.5

Fuente: (Instituto de Ingenieros Eléctricos y electrónicos, 2014)

Límites recomendados para armónicos de corriente

Todos los valores deben estar en porcentaje de la demanda máxima de corriente I_l , este valor se establece en el punto común de carga y debe tomarse como la suma de las corrientes correspondientes a la demanda máxima durante cada uno de los 12 meses anteriores divididos por doce, la Tabla 2, se aplica a las corrientes armónicas cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia de la potencia, (Instituto de Ingenieros Eléctricos y electrónicos, 2014).

Las corrientes armónicas semanales del percentil 95 (10min) deben ser menores que los valores dados en la Tabla 2.

Tabla 2 límites de distorsión de corriente para sistemas de 120v a 69kv

Máxima distorsión armónica impar de la corriente en % del armónico fundamental						
I_{sc}/I_l	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Fuente: (Instituto de Ingenieros Eléctricos y electrónicos, 2014)

- IEEE Std 602-2007, se refiere a los sistemas eléctricos en instalaciones para el cuidado de la salud, donde se emiten criterios para el diseño, construcción, mantenimiento y remodelación de instalaciones dedicadas al cuidado de la salud. (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 2007).
- IEEE 1159 describe siete clases diferentes de fenómenos electromagnéticos en las redes eléctricas como son: transitorios, variaciones corta duración, variaciones de larga duración, distorsión de la forma de onda, variaciones de la frecuencia, fluctuaciones de tensión, desequilibrio de tensión, (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 2009).

Las alteraciones de corta duración contienen las interrupciones, los sags y los “swells”. Cada uno de ellos se caracteriza por su tiempo de duración siendo temporal, momentáneo o instantáneo.

De acuerdo a la ubicación que se encuentre la falla se podría producir interrupciones temporales, subtensiones, sobretensiones. Sin considerar el lugar que se situó la falla (cerca o lejos del sitio de estudio), su consecuencia sobre el voltaje va ser una alteración de corta duración, (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 2009).

Tabla 3 límites de corta y larga duración norma IEEE1159

categorias	Duración típica	Magnitud típica de la tensión
1.0 variaciones corta duración		
1.1 Instantánea		
1.1.1 hueco	0.5 -30 ciclos	0.1-0.9 p.u.
1.1.2 swell	0.5 -30 ciclos	1.1-1.8 p.u.
1.2 Momentánea		
1.2.1 Interrupción	0.5 ciclos -3s	<0.1 p.u.
1.2.2 hueco	30 ciclos -3s	0.1-0.9 p.u.
1.2.3 swell	30 ciclos -3s	1.1-1.4 p.u.
1.3 temporal		
1.3.1 interrupción	3s-1min	<0.1 p. u
1.3.2 hueco	3s-1min	0.1-0.9 p.u.
1.3.3 swell	3s-1min	1.1-1.2 p.u.
2. Variaciones de larga duración		
2.1 interrupción	>1min	0.0 p.u.
2.2 hueco	>1min	0.8-0.9 p.u.
2.3 Swell	>1min	1.1-1.2 p. u

Fuente: (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, 2009)

1.2.2. Estándar IEC

Se basa en las normas sobre la compatibilidad electromagnética, las cuales se detallan a continuación

- IEC 61000-3-2, determina los límites para la emisión de corriente armónica, hasta 16 A es acoplable para equipos eléctricos provisionados desde la red de alimentación con tensión $\geq 220v$, (International Electrotechnical Commission, 2002).

Esta norma define la clasificación del equipo bajo prueba, los requisitos de medición, de la fuente de alimentación AC y los límites para probar las emisiones de corriente armónica de los equipos electrónicos y eléctricos. El cumplimiento de esta norma

garantiza que los equipos probados no generan corrientes armónicas a niveles que causen degradación inaceptable del entorno de la red AC.

Para establecer límites para los diferentes tipos de distorsión de la corriente armónica, el equipo bajo prueba debe clasificarse en una de las cuatro clases definidas como se muestra en la Ilustración 6.

Conforme a la Ilustración 6, los equipos a analizar son de clase A, por lo cual los límites de armónicos que se deben utilizar son los que se indican en la Tabla 4. (International Electrotechnical Commission, 2002).

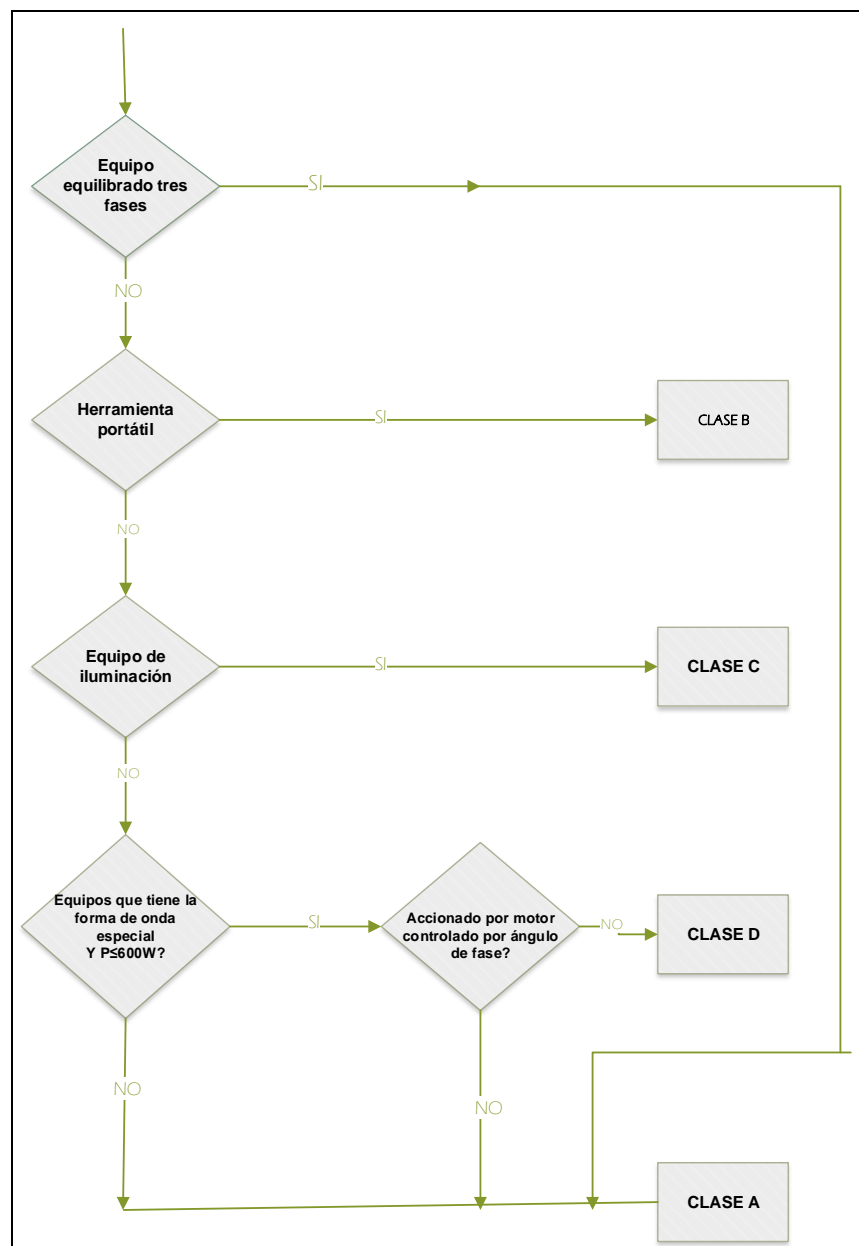


Ilustración 6. Determinación de clase de equipo acorde a estándar IEC fuente (International Electrotechnical Commission, 2002).

Tabla 4. Límites para los equipos de clase A norma 6100032

Orden armónico h	Corriente armónica máxima permitida (A)
Armónicos impares	
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
15 ≤ h ≤ 39	0.25/h
Armónicos pares	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
8 ≤ h ≤ 40	1.84/h

Fuente: (International Electrotechnical Commission, 2002)

- IEC6100024, establece las perturbaciones tolerables a nivel industrial, adaptadas a redes de distribución entre 50-60 Hz en bajo y medio voltaje, además esta norma reconoce la clase de acuerdo al tipo de equipo, (International Electrotechnical Commission, 2002).
 - Clase 1: Se coordina con equipos muy sensibles a las perturbaciones.
 - Clase 2: Puntos de conexión común y puntos de conexión interior en la industria.
 - Clase 3: Para alimentadores a través de convertidores, equipos de consumo energía elevado o motores con arranque frecuente de gran capacidad.

- IEC 61000-4-7, Se enfoca en los equipos de medida para el análisis de distorsión armónica, estableciendo los requisitos de precisión según su clase, (International Electrotechnical Commission, 2002).
Esta normativa completa a la IEEE519 en referente al uso a la metodología de la revisión.

- IEC61000-4-30, define los parámetros de medición para la calidad de energía como su interpretación en los resultados describe el ancho de banda, y los parámetros mínimos a estimar como son: magnitud de la tensión de alimentación, flicker, interrupciones, desequilibrios, frecuencia, cambios rápidos en la tensión de alimentación, fluctuaciones, (Sánchez , 2009), (International Electrotechnical Commission, 2002).

1.3 Interferencia electromagnética

Determina el nivel de ruido eléctrico, sea este por conducción o radiación, dado por un equipo o dispositivo eléctrico o electrónico.

1.3.1 Compatibilidad electromagnética

Es la facultad que posee un sistema o equipo, de poder trabajar adecuadamente en un entorno electromagnético, sin penetrar ni afectarse sensiblemente por las alteraciones electromagnéticas del ambiente.

La compatibilidad electromagnética se encuentra muy relacionada con la calidad general de los sistemas eléctricos. Los ambientes electromagnéticos contienen alteraciones, emisiones y receptores, en el momento que las emisiones afectan a los receptores, esto se transforma en un sistema eléctrico sin calidad total.

Los tres elementos claves vinculados con la compatibilidad electromagnética son:

- **Emisor:** instrumentos, dispositivos que generan o transmiten alteraciones electromagnéticas (cambios en la corriente, frecuencia, voltaje, potencia).
- **Camino de acoplamiento es:** el sendero por donde se transmiten las emisiones de perturbaciones. Así mismo, denominado como medio de acoplamiento electromagnético.
- **Receptor:** sistemas, instrumentos, cuya labor es degradado o afectado por las perturbaciones presentes.

En los sistemas de potencia se encuentran continuamente las perturbaciones, lo principal es investigar y acoplar los equipos, hasta tener sistemas de potencia con una adecuada compatibilidad electromagnética.

Internacionalmente se han establecido diferentes niveles de compatibilidad en los distintos ambientes electromagnéticos, los cuales nos permiten el correcto funcionamiento de los equipos, tanto de aquellos que son susceptibles, como los que emiten las variaciones.

Los organismos, entidades y normativas (IEEE, IEC), han elaborado y propuesto diferentes niveles de compatibilidad electromagnética para los diferentes prototipos de la perturbación de la onda de voltaje. Estos niveles regulan la idoneidad de los equipos para resistir los diferentes niveles de perturbación.

En la Ilustración 7, se puede observar que por una parte posee la función de probabilidad de la inmunidad a los artefactos u equipos, esta posibilidad debe ser inmune a los diferentes

tipos de perturbación dada. Se estima que deben poseer un 95 % de probabilidad de ser resistentes al grado de inmunidad dado por los niveles CEM.

Los fabricantes de los equipos deben desarrollar proyectos, a través de diseños capaces de funcionar con tranquilidad en los diversos niveles de perturbación, considerando la probabilidad de las alteraciones existentes en el sistema.

En el desarrollo del sistema, se debe establecer como máximo el 95% de perturbaciones en referencia al límite de emisiones dado por los niveles CEM. En este tema se deben vigilar todos los emisores de las perturbaciones de forma que no se sobrepase el límite mencionado, (DUGAN).

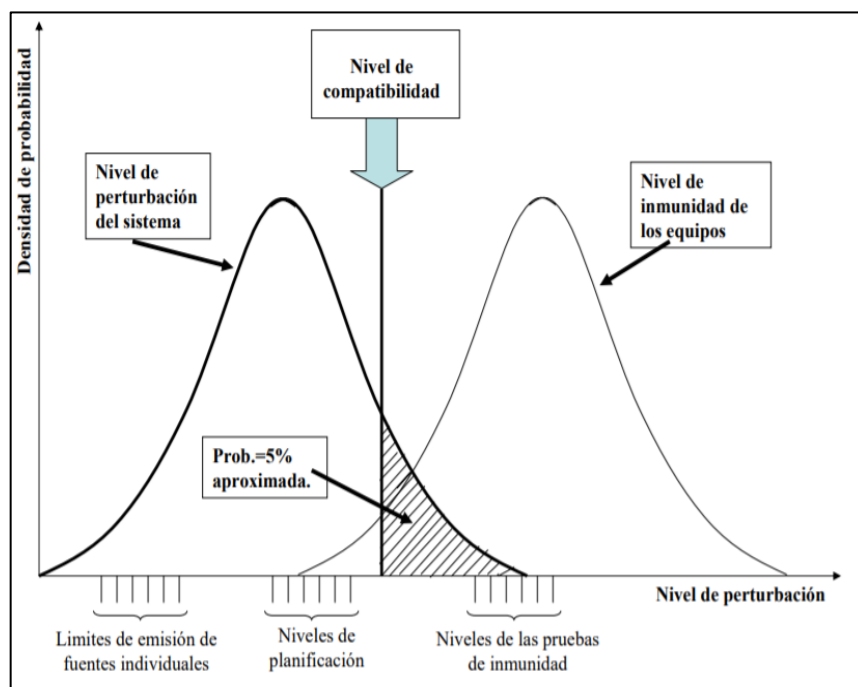


Ilustración 7 Niveles de compatibilidad electromagnética
Fuente (DUGAN)

Según lo expuesto en la Ilustración 7, se emplea el concepto de distribución de probabilidad dado a su alto carácter aleatorio de la gran parte de las perturbaciones en el sistema. En el suministro eléctrico se estima que es insoluble o con una probabilidad cero generar un producto eléctrico impecable. Los niveles de compatibilidad electromagnética estiman que los niveles establecidos tienen la obligación de cumplirse el 95 % del tiempo así mismo en el 95 % de los puntos en el sistema. Por ende, el elemento aleatorio es enlazado no solo al espacio si no al tiempo.

Se habla de "Nivel CEM". Para cada tipo de perturbación, es el nivel especificado de perturbación para el cual debe existir una probabilidad aceptable de CEM. Este nivel tiene una pequeña probabilidad (normalmente el 5%) de no ser superado. Así, se habla de:

- *Límite de emisión.* En equipos conectados a una red se exige que éstos emitan menos que el nivel CEM menos una cantidad llamada Límite de Emisión, para garantizar el éxito de funcionamiento de la red al conectar a ella varios equipos simultáneamente.
- *Límite de inmunidad.* De la misma manera, también se exige a los fabricantes que sus equipos deben ser inmunes al nivel CEM más una cantidad, para asegurar el éxito de funcionamiento al tener conectados estos equipos a una red con perturbaciones, (lopez, 2004).

1.3.2 Emisiones electromagnéticas de los equipos.

En los hospitales o centros sanitarios se da una elevada densidad electromagnética por la utilización de varios sistemas de comunicaciones (móviles, radios, teléfonos, entre otros). En un lugar reducido, generando un problema de relación entre sistemas electromédicos y biológicos. La compatibilidad electromagnética ya sea radiada o conducida, es capaz de afectar en forma indirecta o directa la seguridad eléctrica – electrónica de los aparatos médicos. En primera instancia el movimiento de los campos electromagnéticos influye en forma inmediata sobre los instrumentos como: artefactos electromédicos de restablecimiento, instrumentos de monitoreo de acción cardíaca, aparatos de generación automática de insulina, entre otros, o la adhesión de implantes médicos activos como (fístulas, marcapasos). El uso de los instrumentos de imágenes dados por resonancia magnética (IRM) presentan falencias todos los días durante en el mismo lapsus de tiempo al uso del electro bisturí, por lo cual este último equipo es un alto emisor electromagnético.

CAPITULO II

2. Situación actual energética del Hospital Isidro Ayora

2.1. Antecedentes

El Hospital Provincial General “Isidro Ayora”, pertenece y es dirigido por el estado ecuatoriano, llevando a cabo las funciones de docencia universitaria. Actualmente posee una dotación aproximada de 243 camas incluyendo las de neonatología y terapia intensiva, para una población urbana de 110.633 (76.6%) habitantes y para el área rural una población de 33.860 (23,4%) en la ciudad de Loja. El hospital además atiende a nivel interprovincial a Zamora Chinchipe y El Oro.

El hospital fue repotenciado en el año 2015, por lo cual se remodelaron las instalaciones y se desarrolló un incremento de carga, por ende, se construyó un nuevo centro de distribución eléctrica y fue necesaria la instalación de transformadores y generadores con la finalidad de garantizar el normal funcionamiento del hospital.

2.1.1. Ubicación Geográfica

El Hospital Isidro Ayora se encuentra ubicado en sector céntrico de la ciudad de Loja su ubicación al sur con la calle Juan José Samaniego, al norte con la calle Manuel Monteros Valdivieso y al este con la avenida Manuel Agustín Aguirre, y al Oeste con el túnel de los Ahorcados, ver Ilustración 8.

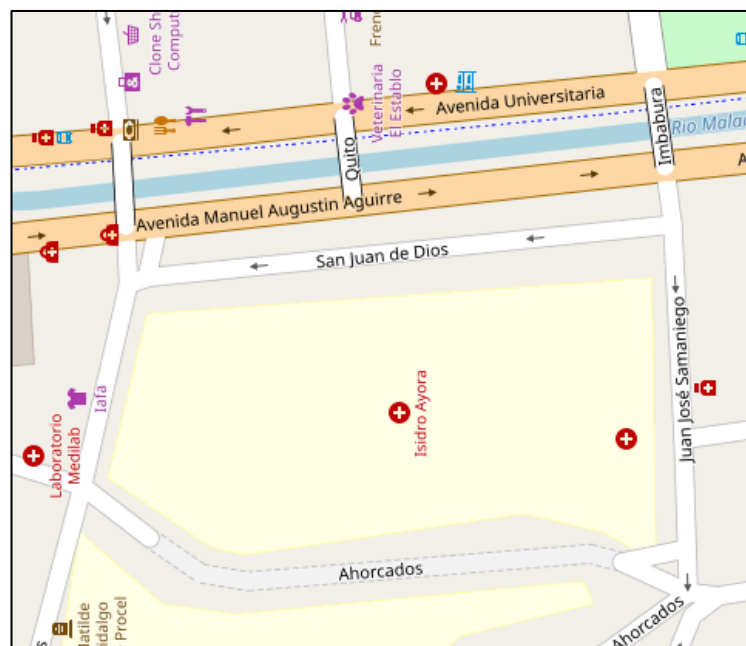


Ilustración 8. Ubicación geográfica Hospital Isidro Ayora.
Fuente: (Google, 2019)

2.1.2. Distribución de Unidades

Esta institución de salud posee 7 unidades médicas las cuales se encuentran distribuidos de acuerdo a lo siguiente:

- Subsuelo (mantenimiento, comedor, lavandería, anfiteatro).
- Primer piso (emergencias, unidad de hemodiálisis, biblioteca, farmacia, área administrativa, estadística, fisiatría, consulta externa, imprenta, central telefónica, departamento de diagnóstico).
- Segundo piso (centro obstétrico, gineco obstetricia, patología, neonatología).
- Tercer piso (central de esterilización, centro quirúrgico, cirugía UCI, área jurídica, unidad de quemados).
- Cuarto piso (pediatría, clínica).

Los servicios que ofrece el Hospital se agrupa las siguientes especialidades: traumatología, fisiatría, psicología, otorrinolaringía, cirugía plástica, oftalmología, dermatología, cardiología, neurocirugía, nefrología, cirugía pediátrica, neonatología, gastroenterología, obstetricia, ginecología, terapia intensiva, reumatología, pediatría, neumología.

A los servicios adicionales que son especiales como el tratamiento y diagnóstico que nos permiten determinar y sostener los diferentes problemas de salud de los pacientes que visitan a este centro de salud están conformados por:

- Radiología: mamografía, Rx, angiografía, ecosonografía, tomografía.
- Anatómico- Patológico y laboratorio clínico.
- Electrocardiograma.
- Endoscopia.

2.1.3. Consumo de energía eléctrica

El hospital registra su consumo de energía a través del medidor electrónico Nro. 33602 (ver Fotografía 3), las características de este equipo se indican en el anexo 2. Por lo cual, a través de información obtenida por parte de la EERSSA, se pudo desarrollar la Tabla 5, en donde se muestra el consumo de energía eléctrica del hospital durante el año 2019.

En base a esta tabulación, además de lo que se puede observar en la Ilustración 9, se establece que el mes de mayor consumo es el de Marzo, y el de menor es el de Agosto.

Tabla 5. Resumen de consumo eléctrico Hospital Isidro Ayora

Mes	Energía Activa KWH	Energía Reactiva KVARH	Demanda KW	FP	COSTO		
					Demanda	Energía	Subtotal
Enero	61603	16048	120	0,97	\$ 360,00	\$ 4.004,20	\$ 4.364,20
Febrero	61603	16048	120	0,97	\$ 360,00	\$ 4.004,20	\$ 4.364,20
Marzo	63644	17460	129	0,96	\$ 387,00	\$ 4.136,86	\$ 4.523,86
Abril	60865	17226	142	0,96	\$ 426,00	\$ 3.956,23	\$ 4.382,23
Mayo	61750	16101	125	0,97	\$ 375,00	\$ 4.013,75	\$ 4.388,75
Junio	52757	11255	106	0,98	\$ 318,00	\$ 3.429,21	\$ 3.747,21
Julio	49958	9273	113	0,98	\$ 339,00	\$ 3.247,27	\$ 3.586,27
Agosto	48288	8333	95	0,99	\$ 285,00	\$ 3.138,72	\$ 3.423,72
Septiembre	49763	10891	107	0,98	\$ 321,00	\$ 3.234,60	\$ 3.555,60
Octubre	56656	14982	117	0,97	\$ 351,00	\$ 3.682,64	\$ 4.033,64
Noviembre	58647	17488	128	0,96	\$ 384,00	\$ 3.812,06	\$ 4.196,06
Diciembre	58708	14226	132	0,97	\$ 396,00	\$ 3.816,02	\$ 4.212,02
Total	684242	169331				\$ 44.475,73	\$ 48.777,73
Promedio	57020,2	14110,9	119,5	0,97084	\$ 358,50	\$ 3.706,31	\$ 4.064,81

Fuente: (EERSSA, 2019)

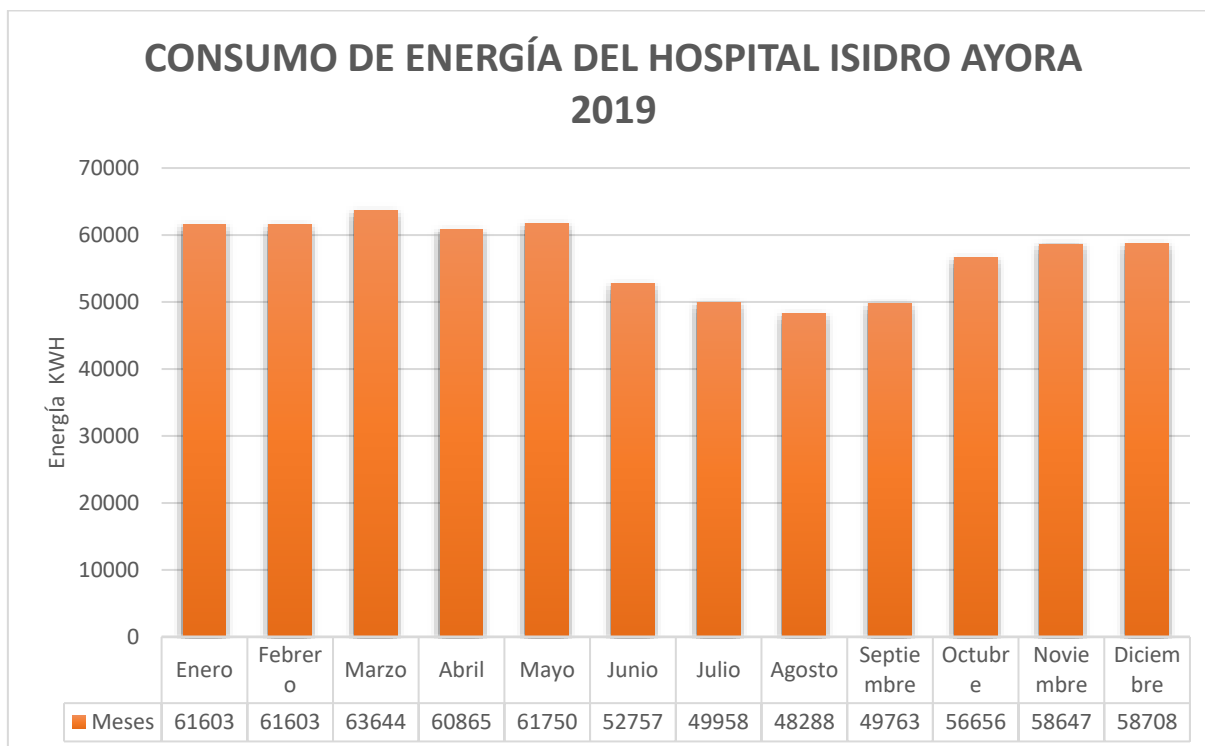


Ilustración 9. Consumo de energía eléctrica en el Hospital Isidro Ayora durante el año 2019.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

2.2. Situación energética actual y descripción del sistema

El hospital fue repotenciado en el año 2015, por lo cual se remodelaron las instalaciones y se ejecutó un incremento de carga, por ende, se construyó un nuevo centro de distribución eléctrica y fue necesaria la instalación de transformadores y generadores con la finalidad de garantizar el normal funcionamiento del hospital.

El hospital actualmente, cuenta con dos cámaras de transformación, una que fue construida con el hospital y hasta el año 2015 funcionó como única, y la nueva la cual mantiene una potencia instalada de 1150 KVA, además debido a esto cuenta con dos ingresos de energía en medio voltaje 13.8 KV.

El presente estudio se enfoca en el análisis de las unidades repotenciadas del hospital las cuales son:

- Emergencias.
- Unidades de cuidados intensivos.
- Central de esterilización.
- Neonatología.
- Centro Quirúrgico.
- Centro Obstétrico.

2.2.1. Diagrama Unifilar

A continuación, se realizará una descripción detallada de los equipos eléctricos encontrados, el diagrama unifilar se adjunta a la presente investigación como anexo 1.

Medio Voltaje

El hospital Isidro Ayora, se energiza a través del alimentador primario 01-13 Hospital (13.8 KV), perteneciente a la Subestación Obrapia de la EERSSA. Desde la estructura trifásica 61360 (PO0-0HC12_500 / EST-3CD) se tienen dos acometidas MT1 y MT2 con conductor CO0-0V3X2, de las cuales alimentan dos cámaras de transformación 178136 (EU0-0CN_B), y S/N respectivamente.



Fotografía 1. Vista de cámara de transformación 1 - área repotenciada y cámara de transformación existente 178136.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Transformación y Protección

Cámara de transformación 1

En esta cámara se encuentran 4 celdas distribuidas de la siguiente manera (ver Fotografía 2):

1. Celda de entrada.
2. Celda Interruptor.
3. Celda de medición en medio voltaje (ver Fotografía 3).
4. Celda de Salida.



Fotografía 2. Cuarto de medición
 Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

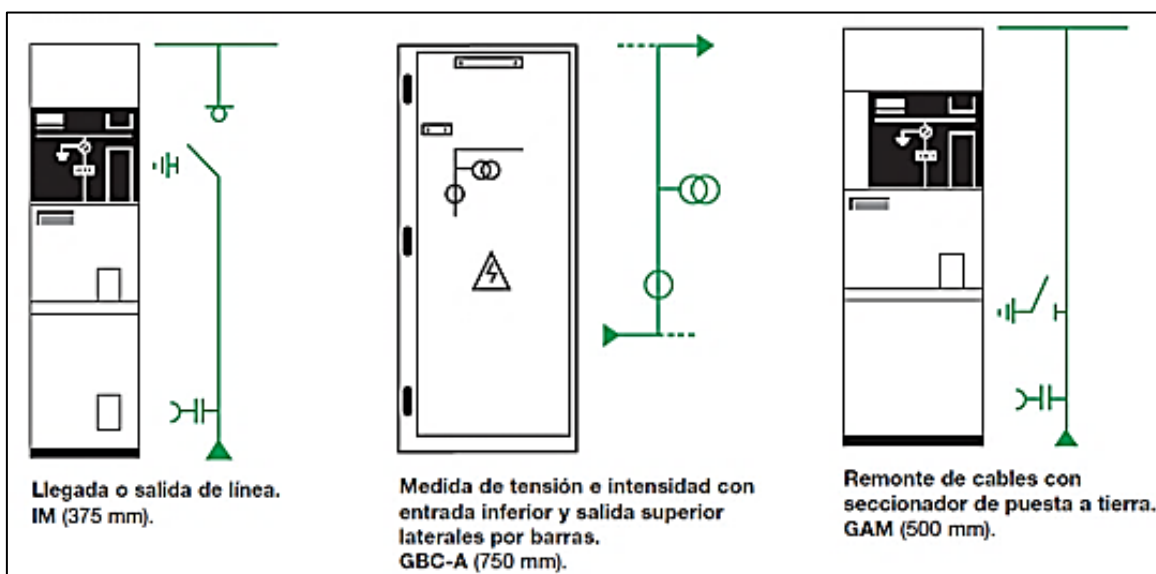
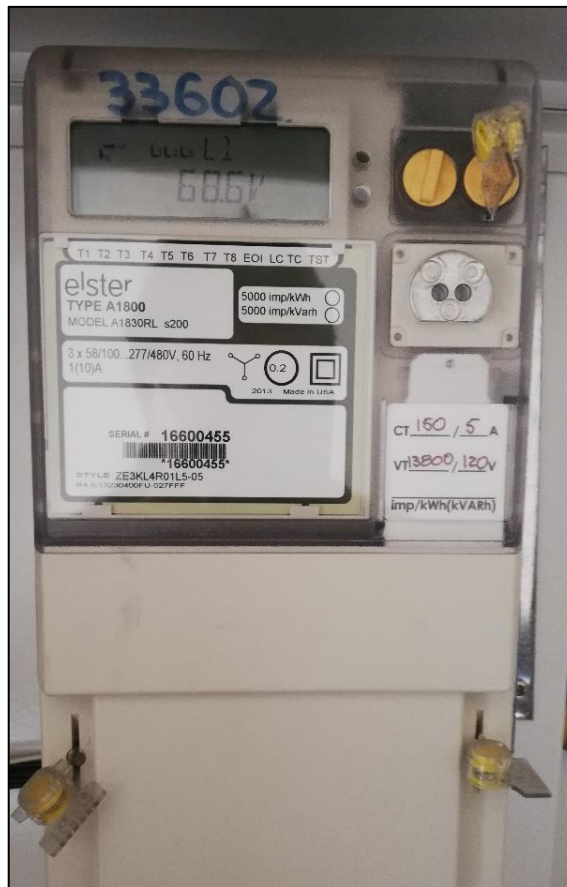


Ilustración 10. Celda de salida modelo IM, Celda de medición modelo GBC-A, Celda de remonte modelo GAM
 Fuente: (SCHNEIDER, 2019)



Fotografía 3. Equipo de medición instalado en hospital.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Luego de la celda se salida se encuentra instalada una acometida de 170m con conductor CO0-0V3X2 + CO0-0G1X2 (3x#2 XLPE-15KV + 1X#2 Cu Desnudo), esta alimenta 8 celdas de medio voltaje ver Fotografía 4 distribuidas de la siguiente manera.

1. Celda de entrada.
2. Celda de Interrupción.
3. Celda de entrada.
4. Celda de seccionamiento T1.
5. Celda de seccionamiento T2.
6. Celda de seccionamiento T3.
7. Celda de seccionamiento T4.
8. Celda de seccionamiento T5.



Fotografía 4. Celdas de salida a diferentes transformadores
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

2.2.2. Análisis de centros de Transformación

El hospital en su cámara de transformación, que corresponde al área repotenciada mantiene 5 transformadores, los cuales se encuentran energizados a través de las celdas de salida o interrupción. ver Fotografía 5.



Fotografía 5. Vista de transformadores instalados en cámara de transformación
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

T1

El transformador 1, tiene una potencia de 600 KVA, se encuentra energizado a través de la celda de salida 1 y con conductor CO0-0V3X2 + CO0-0G1X2, grupo de transformación DY5 (150°), voltaje primario: 13800 V, voltaje secundario 220 V, frecuencia: 60 Hz, refrigeración: ONAN, corriente nominal primaria 25.1 A, corriente nominal secundaria 1574.59 A, mantiene aceite tipo mineral.

El transformador 1, actualmente energiza el tablero de transferencia denominado TTA1, el cual mantiene como respaldo el grupo electrógeno 1, de tipo trifásico con una potencia instalada de 500 KW – 625 KVA.

La celda que actualmente energiza el transformador 1 se encuentra actualmente en estado abierto, por lo cual el transformador se mantiene desenergizado, sin embargo, este transformador tiene como objetivo a futuro, acoger toda la carga existente de la cámara de transformación antigua, para lo cual el departamento de mantenimiento debe realizar los estudios necesarios.

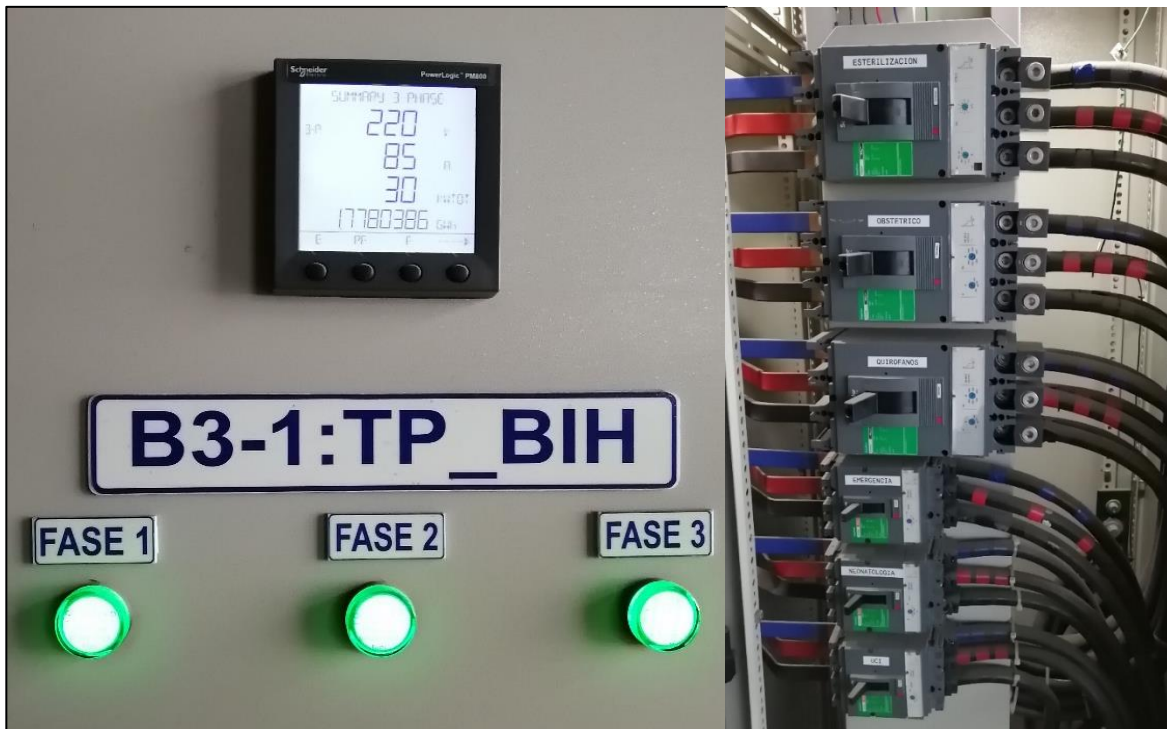
T2

El transformador 2, es de una potencia de 500KVA, se encuentra energizado a través de la celda de salida 2 y conductor CO0-0V3X2 + CO0-0G1X2, grupo de transformación DY5 (150°), voltaje primario: 13800 V, voltaje secundario 220 V, frecuencia: 60 Hz, refrigeración: ONAN, corriente nominal primaria 20.92 A, corriente nominal secundaria 1312.16 A, mantiene aceite tipo mineral.

El transformador 2, actualmente energiza el tablero de transferencia denominado TTA2, el cual mantiene como respaldo el grupo electrógeno 2, de tipo trifásico con una potencia instalada de 500 KW – 625 KVA. Esto con la finalidad de mantener energizado el tablero denominado B3-1:TP_BIH (ver Fotografía 6), el mismo que distribuye energía a las siguientes unidades:

- Bloque de intervenciones hospitalarias

- Esterilización.
- Obstétrico.
- Quirófanos.
- Emergencia.
- Neonatología.
- UCI.



Fotografía 6. Tablero B3-1:TP_BIH, derivado de transformador T2, distribución de cargas
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

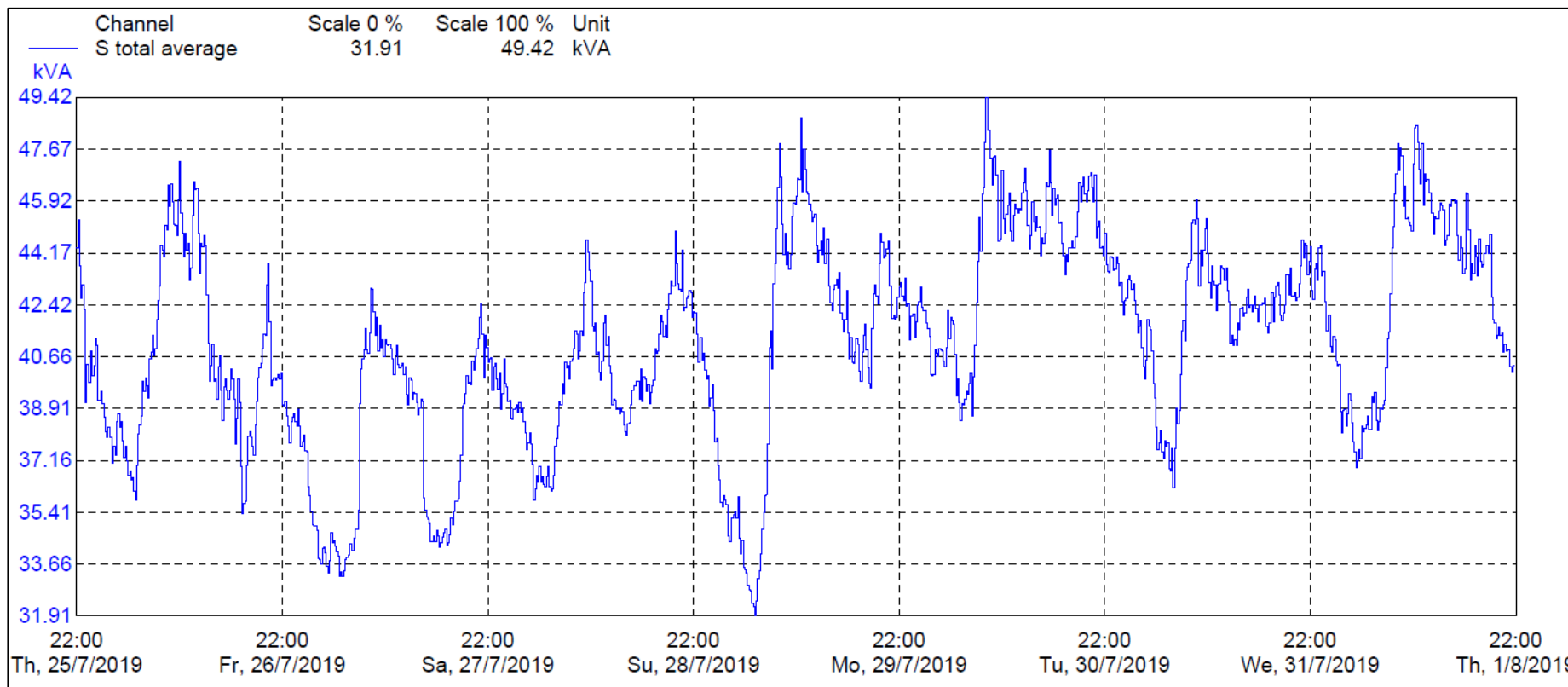


Ilustración 11. Potencia Aparente Transformador 2.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En referencia a la Ilustración 11, se puede observar que en el transformador 2, existe una demanda máxima de 50 KVA, por lo cual la cargabilidad del transformador es demasiado baja, se encuentra en el 10 %, en la Tabla 6, se puede apreciar los equipos instalados que conforman la carga del transformador.

Tabla 6. Equipos instalados, centro de transformación 2.

EQUIPOS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 2													
CT2													
ÍTEM	UBICACIÓN DEL EQUIPO	DENOMINACIÓN DEL EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA NOMINAL W	RÉGIMEN DE TRABAJO				FACTOR DE OPERACIÓN O DE CARGA				ENERGÍA KWH / MES
					# HORAS DÍA	# HORAS MES	# HORAS AÑO	0%	25%	50%	100%		
1	CENTRO QUIRÚRGICO	MÁQUINA DE ANESTESIA	7	1536	2	60	720				X	92,16	
2	CENTRO QUIRÚRGICO	MESA DE CIRUGÍA	7	1250	0,5	15	180				X	18,75	
3	CENTRO QUIRÚRGICO	TORRE DE LAPAROSCOPIA	5	1500	1,5	45	540				X	67,5	
4	CENTRO QUIRÚRGICO	TORRE DE ARTROSCOPIA	2	1700	1,5	45	540				X	76,5	
5	CENTRO QUIRÚRGICO	LÁMPARAS CIELÍTICAS	7	300	2	60	720				X	18	
6	CENTRO QUIRÚRGICO	SELLADOR DE VASO	4	1976	0,5	15	180				X	29,64	
7	CENTRO QUIRÚRGICO	ELECTROBISTURÍ	3	200	0,2	6	72				X	1,2	
8	CENTRO QUIRÚRGICO	MONITORES MÚLTIPLES	7	250	3	90	1080				X	22,5	
9	CENTRO QUIRÚRGICO	BOMBAS DE INFUSIÓN	7	15	3	90	1080				X	1,35	
10	CENTRO QUIRÚRGICO	ARCO EN C	1	3600	0,5	15	180				X	54	
11	CENTRO QUIRÚRGICO	SISTEMA DE CONTROL Y VIDEO	7	1000	4	120	1440				X	120	
12	CENTRO QUIRÚRGICO	MICROSCOPIO QUIRÚRGICO	1	266	0,5	15	180				X	3,99	
13	CENTRO QUIRÚRGICO	EQUIPO DE CATARATAS	1	1500	0,5	15	180				X	22,5	

14	CENTRO QUIRÚRGICO	LAVACHATAS	1	3500	1	30	360				X	105
15	CENTRO QUIRÚRGICO	CAMAS RECUPERACIÓN	6	1176	0,5	15	180				X	17,64
16	CENTRO QUIRÚRGICO	MONITORES MÚLTIPLES	6	200	3	90	1080				X	18
	CENTRO QUIRÚRGICO	MOTOR Y CONTROL PUERTAS	7	300	2	60	720				X	18
17	CENTRO QUIRÚRGICO	COMPUTADOR - IMPRESORA	1	500	4	120	1440				X	60
18	UCI	CAMAS HOSPITALARIAS	7	1200	0,5	15	180				X	18
19	UCI	VENTILADORES MECÁNICOS	7	150	6	180	2160				X	27
20	UCI	MONITORES MÚLTIPLES	7	250	6	180	2160				X	45
21	UCI	BOMBAS DE INFUSIÓN	21	15	6	180	2160				X	2,7
22	UCI	CENTRAL DE MONITOREO	1	500	12	360	4320				X	180
23	UCI	VENTILADORES DE TRANSPORTE	3	150	1	30	360				X	4,5
25	UCI	DEFIBRILADOR	2	219	0,1	3	36				X	0,657
26	UCI	LAVACHATAS	1	3500	2	60	720				X	210
27	NEONATOLOGÍA	CENTRAL VIDEO PORTERO	1	20	12	360	4320				X	7,2
28	NEONATOLOGÍA	LÁMPARAS AUXILIARES	15	120	0,5	15	180				X	1,8
29	NEONATOLOGÍA	LÁMPARAS DE FOTOTERAPIA	15	47,5	3	90	1080				X	4,275
30	NEONATOLOGÍA	COMPUTADOR - IMPRESORA	1	500	4	120	1440				X	60
31	NEONATOLOGÍA	CUNAS DE CALOR RADIANTE	23	1488	6	180	2160				X	267,84
32	NEONATOLOGÍA	INCUBADORAS	10	1188	6	180	2160				X	213,84

33	NEONATOLOGÍA	VENTILADORES MECÁNICOS	6	150	6	180	2160				X	27
34	NEONATOLOGÍA	BOMBAS DE INFUSIÓN	30	15	6	180	2160				X	2,7
35	NEONATOLOGÍA	RAYOS X PORTÁTIL	1	50000	0,05	1,5	18				X	75
36	NEONATOLOGÍA	MONITORES MÚLTIPLES.	15	250	6	180	2160				X	45
37	NEONATOLOGÍA	CENTRAL DE MONITOREO	1	500	12	360	4320				X	180
38	NEONATOLOGÍA	CENTRAL DE LLAMADO DE ENFERMERÍA.	1	25	12	360	4320				X	9
39	NEONATOLOGÍA	LÁMPARAS AUXILIARES	120	21	0,5	15	180				X	0,315
40	CENTRO OBSTÉTRICO	MÁQUINA DE ANESTESIA	4	1536	2	60	720				X	92,16
41	CENTRO OBSTÉTRICO	MESA DE CIRUGÍA	2	1250	0,5	15	180				X	18,75
42	CENTRO OBSTÉTRICO	MOTOR Y CONTROL PUERTAS	2	300	1	30	360				X	9
43	CENTRO OBSTÉTRICO	CENTRAL DE VIDEO PORTERO	1	25	12	360	4320				X	9
44	CENTRO OBSTÉTRICO	CENTRAL DE LLAMADO DE ENFERMERÍA	1	20	12	360	4320				X	7,2
45	CENTRO OBSTÉTRICO	SILLONES GINECOLÓGICOS	2	450	0,5	15	180				X	6,75
46	CENTRO OBSTÉTRICO	CUNAS DE CALOR RADIANTE	5	1488	6	180	2160				X	267,84
47	CENTRO OBSTÉTRICO	LÁMPARAS CIELÍTICAS	2	300	2	60	720				X	18
48	CENTRO OBSTÉTRICO	BOMBAS DE INFUSIÓN	10	15	6	180	2160				X	2,7
49	CENTRO OBSTÉTRICO	MONITORES MULTI.	10	144	6	180	2160				X	25,92

50	CENTRO OBSTÉTRICO	MONITOR ANTEPARTO	3	95	2	60	720				X	5,7
51	CENTRO OBSTÉTRICO	MONITORES FETALES	2	90	2	60	720				X	5,4
52	CENTRO OBSTÉTRICO	CAMAS HOSPITALARIAS	6	1176	2	60	720				X	70,56
53	CENTRO OBSTÉTRICO	LAVACHATAS	1	3500	2	60	720				X	210
54	EMERGENCIA	CAMAS HOSPITALARIAS	30	1200	2	60	720				X	72
55	EMERGENCIA	MONITORES SIGNOS VITALES	30	144	6	180	2160				X	25,92
56	EMERGENCIA	VENTILADORES MECÁNICOS	2	150	6	180	2160				X	27
57	EMERGENCIA	SILLONES GINECOLÓGICOS	2	300	0,5	15	180				X	4,5
58	EMERGENCIA	MONITOR FETAL	2	90	2	60	720				X	5,4
59	EMERGENCIA	MICROONDAS	1	1450	1	30	360				X	43,5
60	EMERGENCIA	PURIFICADOR DE AIRE	1	1200	8	240	2880				X	288
61	EMERGENCIA	BOMBAS DE INFUSIÓN	30	15	6	180	2160				X	2,7
62	EMERGENCIA	COMPUTADOR - IMPRESORA	3	500	4	120	1440				X	60
63	EMERGENCIA	CENTRAL DE LLAMADO DE ENFERMERÍA.	1	25	6	180	2160				X	4,5
64	EMERGENCIA	CENTRAL DE VIDEO PORTERO	1	20	12	360	4320				X	7,2
65	EMERGENCIA	LAVACHATAS	2	3500	2	60	720				X	210
66	EMERGENCIA	ELECTROCARDIOGRAFO	2	150	1	30	360				X	4,5
DEMANDA TOTAL KW				100,2105				ENERGÍA TOTAL KWH /MES			3632,757	

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En la Tabla 6, se puede apreciar que los equipos en su mayoría son los que se utilizan para el normal funcionamiento del hospital, es decir equipamiento médico. Además, con la finalidad de identificar el consumo energético del hospital, se ha realizado una valoración de consumo de cada uno de los equipos, por lo cual conjuntamente con el personal de mantenimiento del hospital se ha realizado un levantamiento de equipamiento por área, identificando en cada uno de ellos el factor de carga correspondiente, en este caso al energizar los equipos se pudo visualizar que requieren del 100% de su potencia nominal, así como determinar el número de horas promedio que se los utiliza diariamente. Por lo tanto, al realizar la evaluación energética se ha determinado que el transformador 2, tiene un consumo promedio de 3632.76 KWh/mes, con respecto a sus equipos instalados.

En la Tabla 7, se puede observar las corrientes promedio medidas durante una semana de análisis, de la cual se puede concluir que el sistema dentro del centro de transformación 2, se encuentra desbalanceado, con la fase B o L2 sobrecargada.

Tabla 7. Corrientes promedio transformador 2.

Transformador 2	L1	L2	L3	N
<i>I Promedio Medida [A]</i>	98,02	119,74	109,47	53,34
<i>I Mínima Medida [A]</i>	78,80	96,10	75,30	33,36
<i>I Máxima Medida [A]</i>	115,60	161,60	131,80	68,79

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En el transformador 2 existe una corriente de neutro elevada debido al desbalance existente, es necesario se reconfigure la distribución de cargas, asignándole cargas monofásicas a las líneas 1 y 3, ver Ilustración 12.

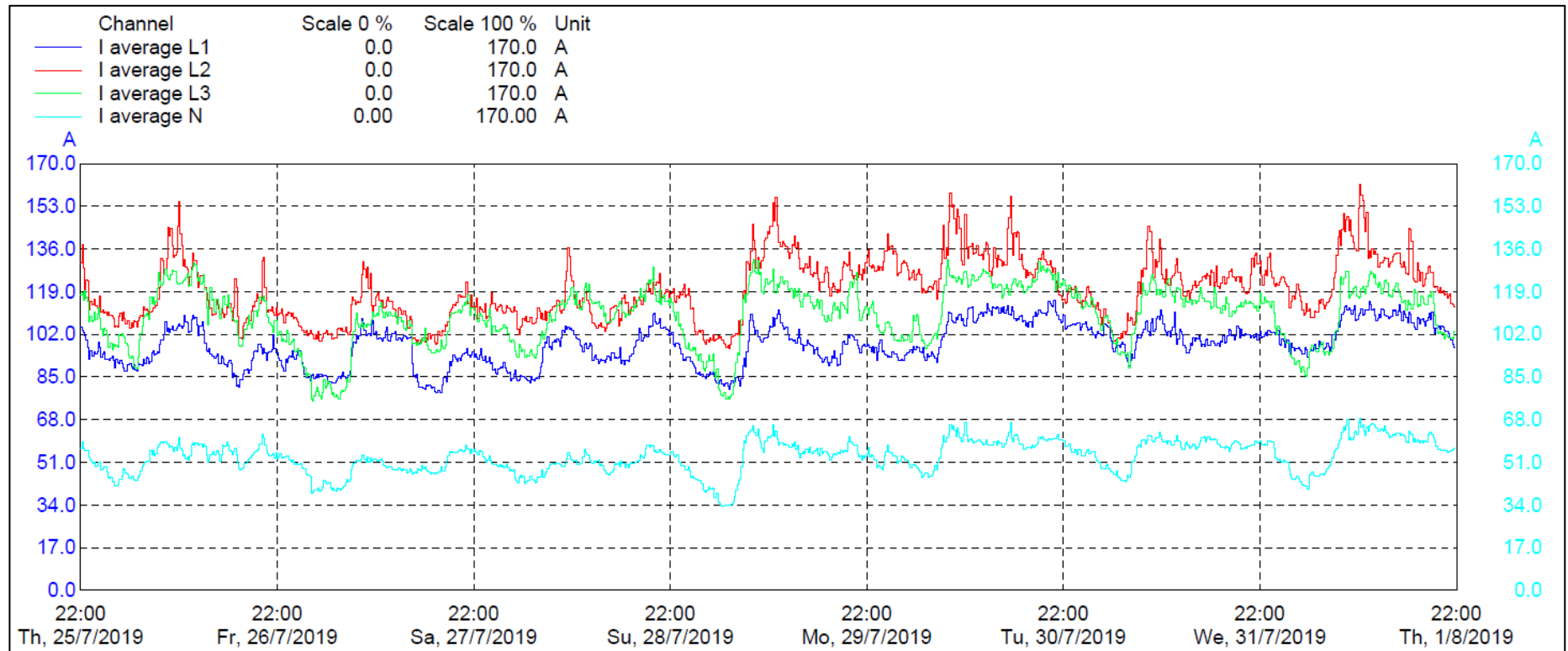


Ilustración 12. Corrientes Transformador 2.
 Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

T3

El transformador 3, tiene una potencia de 500 KVA, se encuentra energizado a través de la celda salida 3, además utiliza conductor CO0-0V3X2 + CO0-0G1X2, grupo de transformación DY5 (150°), voltaje primario: 13800 V, voltaje secundario 220 V, frecuencia: 60 Hz, refrigeración: ONAN, corriente nominal primaria 20.92 A, corriente nominal secundaria 1312.16 A, mantiene aceite tipo mineral.

El transformador 3, actualmente energiza el tablero de transferencia denominado TTA3, el cual mantiene como respaldo el grupo electrógeno 3, de tipo trifásico con una potencia instalada de 500KW-625KVA. Esto con la finalidad de mantener energizado el tablero denominado C3-1:TP_DEE el mismo que distribuye energía a los siguientes subtableros:

C4-11:TS_E/M/G.

- Equipo R.B.E.
- Cargas mecánicas general.

C4-12:TS_E2/MR.

- Ascensor.
- Compresor de aire.
- Bomba de vacío.
- Bomba de combustible.

C4-13:TS_AA/M B.I.H.

- Aire acondicionado.
- Mecánico.
- Bloque de Intervenciones Hospitalarias.



Fotografía 7. Tablero C3-1:TP_DEE, energizado a través de transformador 3
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

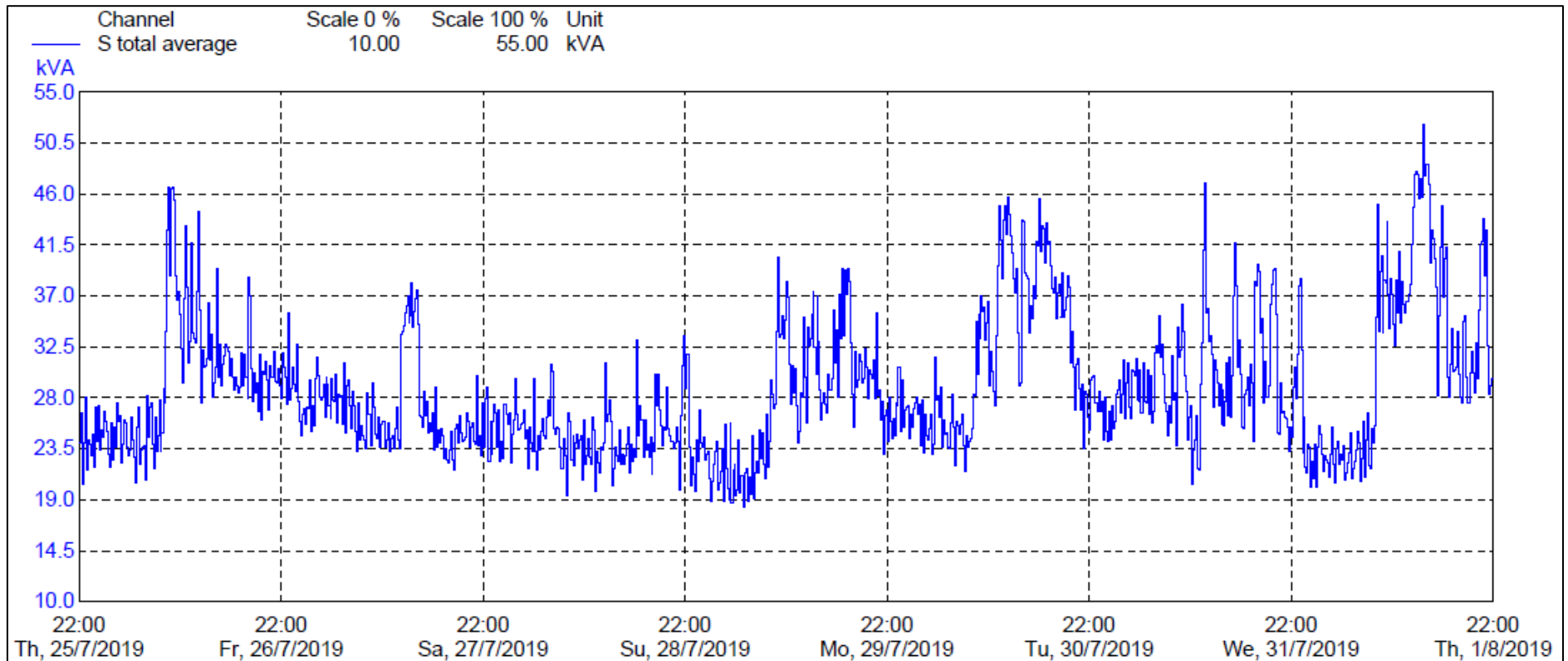


Ilustración 13. Potencia aparente, transformador 3.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En referencia a la Ilustración 13, se puede observar que en el transformador 3, existe una demanda máxima de 53 KVA, por lo cual la cargabilidad del transformador es demasiado baja, se encuentra en el 11 %, en la Tabla 8 y

Tabla 9, se puede apreciar los equipos instalados que conforman la carga del transformador.

Tabla 8. Equipos de climatización instalados, transformador 3.

EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN (CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN), TRANSFORMADOR 3														
CT3														
ÍTEM	UBICACIÓN DEL EQUIPO	DENOMINACIÓN DEL EQUIPO	CA NT.	POTENCIA BTU/h	POTENCIA HP	POTENCIA NOMINAL kW	RÉGIMEN DE TRABAJO							ENERGÍA kWh/MES
							# HORAS DÍA	# HORAS MES	# HORAS AÑO	FACTOR DE OPERACIÓN O DE CARGA				
										25%	50%	75%	100%	
1	CENTRO QUIRÚRGICO - QUIRÓFANOS 1-7	UNIDAD MEJORADORA DE AIRE- BOMBA DE CALOR - 220V/3F/60Hz	7	60000	0	123,0898	2	60	730			X		5539,04
2	CENTRO QUIRÚRGICO - RECUPERACIÓN	UNIDAD MEJORADORA DE AIRE- BOMBA DE CALOR - 220V/3F/60Hz	1	48000	0	14,0674	3	90	1095		X			633,03
3	CENTRO QUIRÚRGICO - QUIRÓFANOS 1-7 Y RECUPERACIÓN	VENTILADOR DE SUMINISTRO TIPO CENTRIFUGO - 220V/1F/60Hz	8	0	1,5	8,9484	3	90	1095		X			402,68
4	CENTRO QUIRÚRGICO - QUIRÓFANOS /BAÑOS Y VESTIDORES	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN TIPO CENTRIFUGO 960 CFM -220V/1F/60Hz	1	0	0,5	0,37285	3	90	1095		X			16,78
5	CENTRO QUIRÚRGICO - CORREDORES	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN TIPO HONGO 820 CFM - 220V/3F/60Hz	1	0	0,5	0,37285	3	90	1095		X			16,78

6	CENTRO QUIRÚRGICO - VESTÍBULO SÉPTICOS	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN TIPO CENTRIFUGO 610 CFM -220V/1F/60Hz	1	0	0,5	0,37285	3	90	1095		X			16,78
7	CENTRO QUIRÚRGICO - RACKS / UPS	AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT	2	12000	0	7,0337	24	720	8760		X			2532,13
8	NEONATOLOGÍA - CUIDADOS INTENSIVOS	UNIDAD MEJORADORA DE AIRE- BOMBA DE CALOR - 220V/3F/60Hz	1	120000	0	35,1685	4	120	1460				X	4220,22
9	NEONATOLOGÍA - CUIDADOS BÁSICOS	UNIDAD MEJORADORA DE AIRE- BOMBA DE CALOR - 220V/3F/60Hz	1	48000	0	14,0674	4	120	1460				X	1688,09
10	NEONATOLOGÍA - SÉPTICOS	UNIDAD MEJORADORA DE AIRE- BOMBA DE CALOR - 220V/3F/60Hz	1	60000	0	17,5843	4	120	1460				X	2110,11
11	NEONATOLOGÍA - CUIDADOS INTENSIVOS	VENTILADOR DE SUMINISTRO TIPO CENTRIFUGO 4000 CFM -220V/3F/60Hz	1	0	5	3,7285	4	120	1460				X	447,42
12	NEONATOLOGÍA - CUIDADOS BÁSICOS	VENTILADOR DE SUMINISTRO TIPO CENTRIFUGO 1500 CFM -220V/3F/60Hz	1	0	1,5	1,11855	4	120	1460				X	134,23

13	NEONATOLOGÍA - SÉPTICOS	VENTILADOR DE SUMINISTRO TIPO CENTRIFUGO 1335 CFM -220V/3F/60Hz	1	0	1,5	1,11855	4	120	1460			X		100,67
14	NEONATOLOGÍA - CUIDADOS INTENSIVOS	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN TIPO CENTRIFUGO 3200 CFM -220V/3F/60Hz	1	0	1,5	1,11855	4	120	1460			X		100,67
15	NEONATOLOGÍA - CUIDADOS BÁSICOS	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN TIPO CENTRIFUGO 1500 CFM -220V/3F/60Hz	1	0	1	0,7457	4	120	1460			X		67,11
16	NEONATOLOGÍA - BAÑOS Y VESTIDORES	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN TIPO CENTRIFUGO 1210CFM - 220V/1F/60Hz	1	0	0,5	0,37285	4	120	1460			X		33,56
17	NEONATOLOGÍA - LACTARIO / SALA REUNIONES / RACK	AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT	3	12000	0	10,5506	4	120	1460			X		949,55
18	CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE - 4000 CFM 220V/3F/60Hz	1	0	5	3,7285	4	120	1460				X	447,42
19	CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN 2808 CFM 220V/3F/60Hz	1	0	1,5	1,11855	4	120	1460			X		100,67

20	CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN ÁREA DE AUTOCLAVES	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN 350 CFM 120V/1F/60Hz	1	0	0,25	0,186425	3	90	1095			X		12,58
21	CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN - BAÑOS Y VESTIDORES	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN 1500 CFM 220V/1F/60Hz	1	0	0,5	0,37285	3	90	1095			X		25,17
22	CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN - RACK	AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT	1	12000	0	3,5169	24	720	8760			X		1899,10
23	EMERGENCIA	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE- BOMBA DE CALOR - 220V/3F/60Hz	2	27000	0	15,8258	3	90	1095				X	1424,33
24	EMERGENCIA	VENTILADOR DE SUMINISTRO TIPO CENTRIFUGO - 220V/3F/60Hz	1	0	3	2,2371	3	90	1095			X		151,00
25	EMERGENCIA	AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT - DUCTO 220V/1F/60Hz	3	36000	0	31,6517	3	90	1095			X		2136,49
26	EMERGENCIA - SALA REUNIONES - CRÍTICOS Y TRIAJE -RACK	AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT 308 CFM 220V/1F/60Hz	4	12000	0	14,0674099	3	90	1095				X	1266,07
27	EMERGENCIA	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN 1500 CFM 220V/3F/60Hz	1	0	3	2,2371	3	90	1095			X		151,00

28	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS / SÉPTICOS	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE- BOMBA DE CALOR - 220V/1F/60Hz	1	27000	0	7,9129	3	90	1095				X	712,16
29	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE- BOMBA DE CALOR - 220V/3F/60Hz	2	54000	0	31,6516722	3	90	1095				X	2848,65
30	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS / SÉPTICOS	VENTILADOR DE SUMINISTRO TIPO CENTRIFUGO - 220V/1F/60Hz	1	0	2	1,4914	3	90	1095				X	134,23
31	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	VENTILADOR DE SUMINISTRO TIPO CENTRIFUGO - 220V/3F/60Hz	2	0	3	4,4742	3	90	1095				X	402,68
32	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS / SÉPTICOS	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN TIPO CENTRIFUGO - 220V/1F/60Hz	1	0	1,5	1,11855	3	90	1095				X	100,67
33	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN TIPO CENTRIFUGO - 220V/3F/60Hz	1	0	1,5	1,11855	3	90	1095				X	100,67
34	UCI / RACK - SALA DE REUNIONES -	AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT 308 CFM 220V/1F/60Hz	5	12000	0	17,5843	3	90	1095			X		1186,94

	ESTAR MÉDICOS													
35	CENTRO OBSTÉTRICO - LABOR DE PARTO	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE- BOMBA DE CALOR - 220V/1F/60Hz	1	60000	0	17,5843	3	90	1095			X		1186,94
36	CENTRO OBSTÉTRICO - RECUPERACIÓN	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE- BOMBA DE CALOR - 220V/1F/60Hz	1	22520	0	6,6000	4	120	1460			X		594,00
37	CENTRO OBSTÉTRICO - LABOR DE PARTO	VENTILADOR DE SUMINISTRO TIPO CENTRIFUGO - 220V/3F/60Hz	1	0	3	2,2371	4	120	1460			X		201,34
38	CENTRO OBSTÉTRICO - RECUPERACIÓN	VENTILADOR DE SUMINISTRO TIPO CENTRIFUGO - 220V/3F/60Hz	1	0	2	1,4914	4	120	1460			X		134,23
39	CENTRO OBSTÉTRICO - LABOR DE PARTO	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN TIPO CENTRIFUGO - 220V/3F/60Hz	1	0	2	1,4914	4	120	1460			X		134,23
40	CENTRO OBSTÉTRICO - RECUPERACIÓN	VENTILADOR DE EXTRACCIÓN TIPO CENTRIFUGO - 220V/3F/60Hz	1	0	1,5	1,11855	4	120	1460			X		100,67
			POTENCIA INSTALADA TOTAL kW			410,648						ENERGÍA TOTAL kWh		34460,1

Tabla 9. Equipos Generales instalados, transformador 3.

EQUIPOS GENERALES, TRANSFORMADOR 3											
CT3											
ÍTEM	UBICACIÓN DEL EQUIPO	DENOMINACIÓN DEL EQUIPO	CANT	POTENCIA NOMINAL kW	RÉGIMEN DE TRABAJO						ENERGÍA kWh/MES
					# HORAS DÍA	# HORAS MES	# HORAS AÑO	FACTOR DE OPERACIÓN O DE CARGA			
								25%	50%	100%	
1	EMERGENCIA Y PASILLOS	ASCENSORES	1	6,2	6	180	2160		X		558
2	CENTRO QUIRÚRGICO	MONTACARGAS	1	3	3	90	1080	X			67,5
3	CASA DE MÁQUINAS	COMPRESOR DE AIRE MEDICO. - DÚPLEX	1	14,914	2	60	720		X		447,42
4	CASA DE MÁQUINAS	BOMBA DE VACÍO - TRÍPLEX	1	9	2	60	720		X		270
5	ACOPIO PRINCIPAL DIESEL	SISTEMA DE BOMBEO - DÚPLEX	1	2,237	3	90	1080		X		100,665
6	ACOPIO SECUNDARIO DIESEL	BOMBA DE COMBUSTIBLE	1	1,492	0,2	6	72		X		4,476
7	RACK PRIMER PISO	RACK COMUNICACIONES	1	4,75	24	720	8640	X			855
8	RACK SEGUNDO PISO	RACK COMUNICACIONES	1	4,75	24	720	8640		X		1710
9	RACK TERCER PISO	RACK COMUNICACIONES	1	4,75	24	720	8640		X		1710
10	RACK CUARTO PISO	RACK COMUNICACIONES	1	4,75	24	720	8640		X		1710
12	DATA CENTER	RACK COMUNICACIONES - CONTROL DE ACCESO - SISTEMA CONTRA INCENDIOS	1	9,5	24	720	8640		X		4,476
13	DEMANDA TOTAL			65,343						ENERGÍA TOTAL	7437,537

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En la Tabla 8 y

Tabla 9, se puede identificar que los equipos que se encuentran instalados, y forman parte de la carga del transformador 3, son de tipo mecánico, como climatización, ascensores, montacargas, entre otros. Por lo cual y con la finalidad de identificar el consumo energético del hospital, se ha realizado una valoración de consumo de cada uno de los equipos, al igual que en el transformador 2. Por lo tanto, al realizar la evaluación energética se ha determinado que el transformador 3, tiene un consumo promedio de 41897 KWh/mes.

En la Tabla 10, se puede observar las corrientes promedio medidas durante una semana de análisis, de la cual se puede concluir que el sistema eléctrico para el centro de transformación 3, se encuentra ligeramente desbalanceado, con las fases B o L2 y C o L3 con cargas diferentes a la fase A o L1. Por lo cual además se visualiza una corriente de neutro disminuida con respecto al transformador 2.

Tabla 10. Corrientes promedio transformador 3

Transformador 3	L1	L2	L3	N
<i>I Promedio Medida [A]</i>	<i>73,10</i>	<i>80,82</i>	<i>79,42</i>	<i>12,06</i>
<i>I Mínima Medida [A]</i>	<i>41,20</i>	<i>44,10</i>	<i>46,10</i>	<i>1,52</i>
<i>I Máxima Medida [A]</i>	<i>133,90</i>	<i>157,20</i>	<i>134,10</i>	<i>19,99</i>

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En la Ilustración 14, se puede observar las corrientes de fase del transformador, por lo cual no se observa desbalance pronunciado, por lo cual la corriente de neutro se la observa con una magnitud estable.

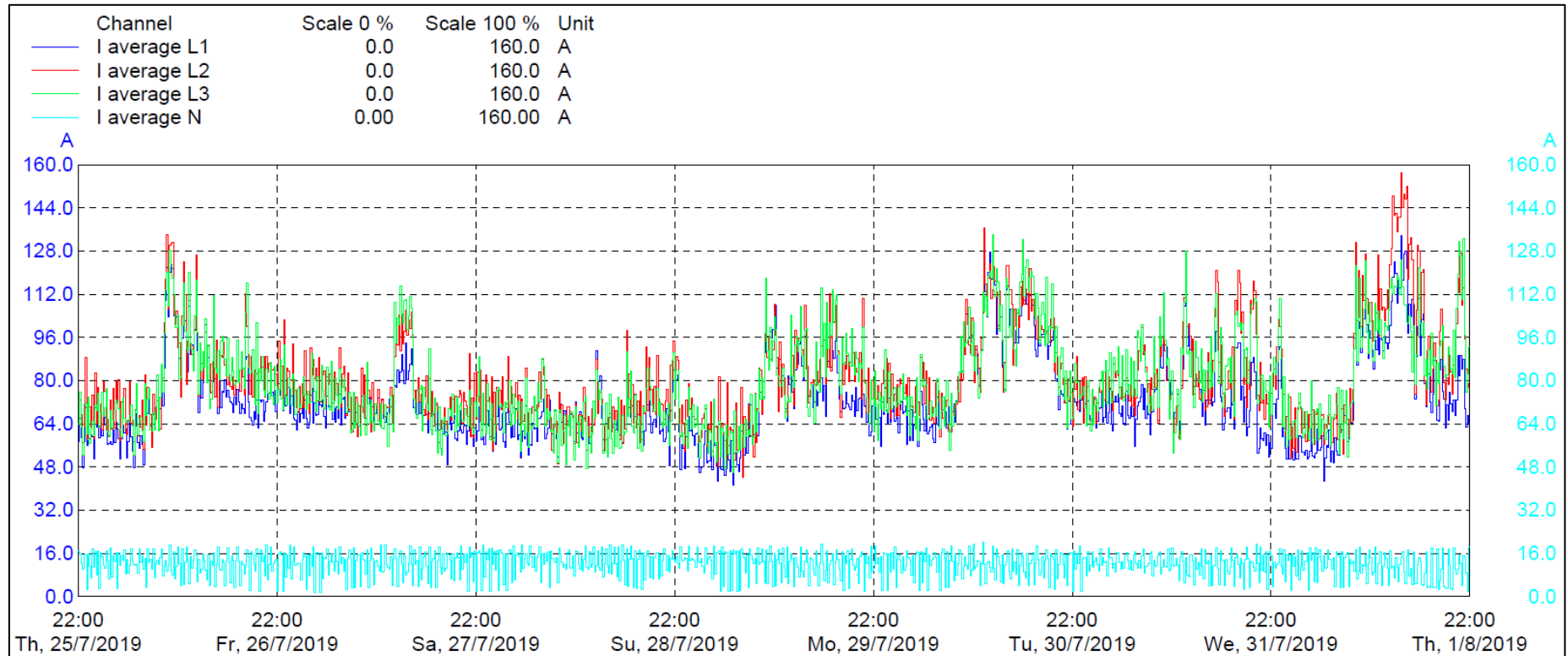


Ilustración 14. Corrientes transformador 3.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

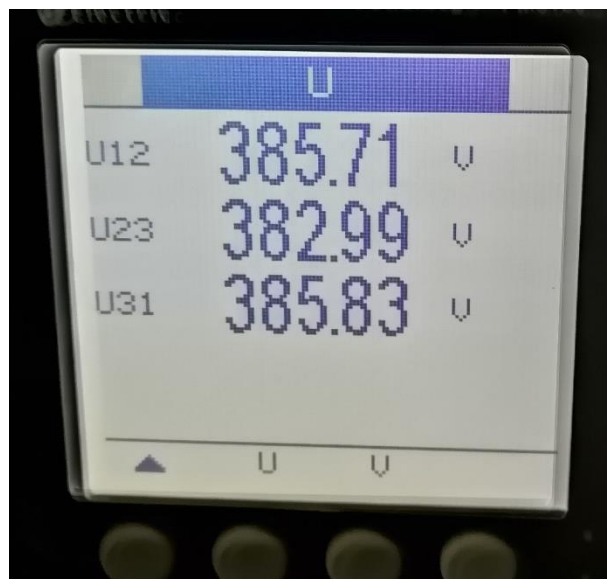
T4

El transformador 4, tiene una potencia de 300 KVA, se encuentra energizado a través de la celda de salida 4, además utiliza conductor CO0-0V3X2 + CO0-0G1X2, grupo de transformación DY5 (150°), voltaje primario: 13800 V , voltaje secundario 380 V, frecuencia: 60 Hz, refrigeración: ONAN, corriente nominal primaria 12.55 A, corriente nominal secundaria 455.8 A, mantiene aceite tipo mineral ver Fotografía 8.

El transformador 4, actualmente energiza el tablero denominado TTA5 que es de transferencia, el cual como respaldo utiliza el grupo electrógeno 3, pasando antes por el transformador AT1 de tipo Seco 220/127 (primario) 380/219 (secundario), esto con la finalidad de mantener energizado el tablero D3-1:TP_EE/RM/TM, que distribuye energía a las siguientes unidades:

Equipos especiales.

- Resonancia magnética.
- Tomógrafo.



Fotografía 8. Placa T4 300 KVA y voltajes vistos en Tablero D3-1:TP_EE/RM/TM, energizado a través de transformador 4

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

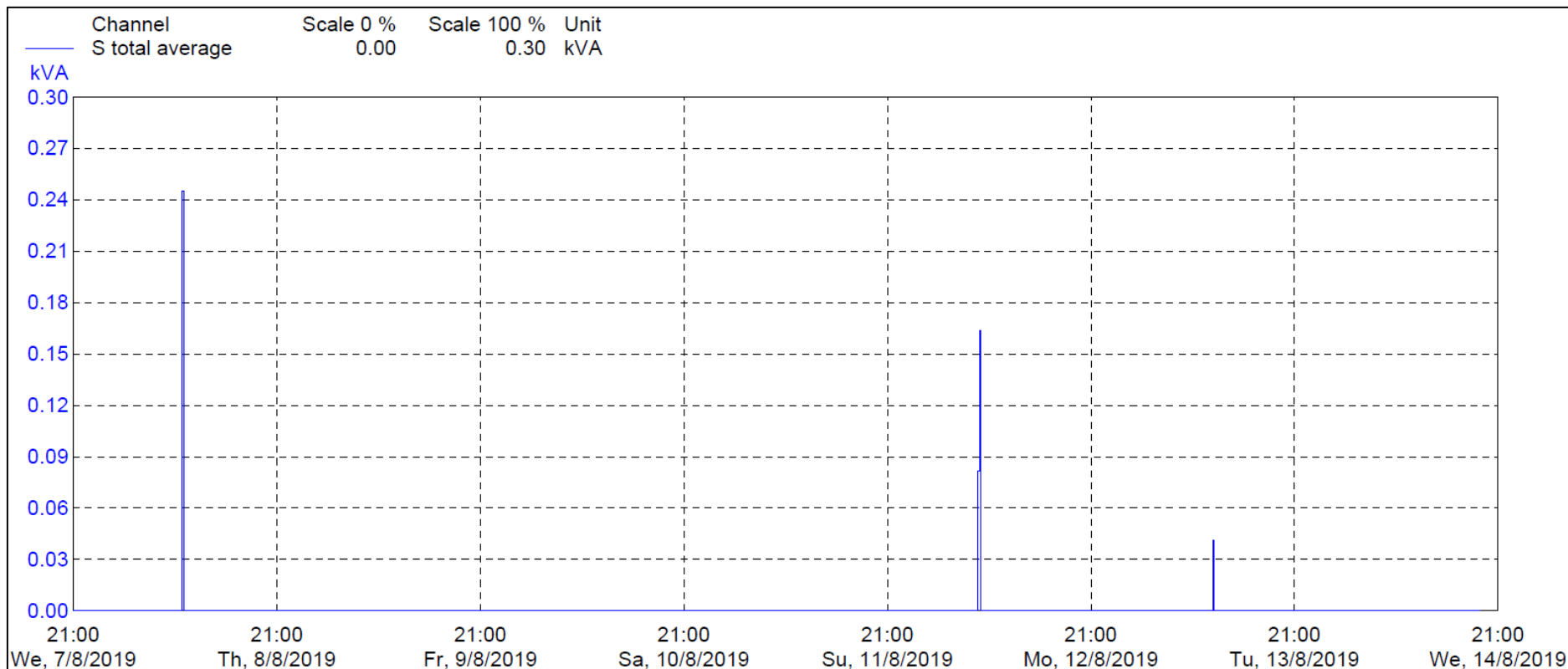


Ilustración 15. Potencia medida en transformador 4.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

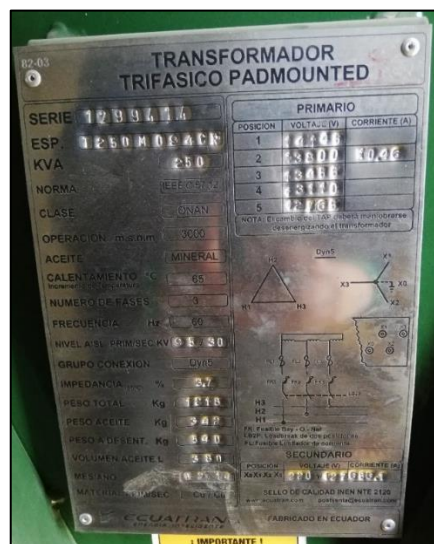
En la Ilustración 15, se puede visualizar que el transformador 4, se mantiene sin cargas permanentes durante la mayor parte del tiempo, por lo cual durante la semana de análisis, el transformador cogió carga solamente 3 veces durante, un periodo promedio de 10 minutos, Además estas cargas llegan a un valor máximo de 0.25 KVA, por lo que la cargabilidad del transformador se encuentra en 0.1 %.

T5

El transformador 5, tiene una potencia de 250KVA, se encuentra energizado a través de la celda de salida 5, además utiliza conductor CO0-0V3X2 + CO0-0G1X2, grupo de transformación DY5(150°), voltaje primario: 13800V , voltaje secundario 220V, frecuencia: 60Hz, refrigeración: ONAN, corriente nominal primaria 10.46 A, corriente nominal secundaria 656.08 A, mantiene aceite tipo mineral, ver Fotografía 9.

El transformador 5, actualmente energiza el tablero denominado TTA6 que es de transferencia, el cual como respaldo utiliza el grupo electrógeno 3, esto con la finalidad de mantener energizado el tablero TP5_EE/RX, que distribuye energía a las siguientes unidades:

- Equipos Especiales.
- Rayos X.



Fotografía 9. Placa T5 250 KVA
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

El transformador 5, actualmente se encuentra, sin cargas por lo cual no se considera el desarrollo de análisis de consumo energético para este equipo.

2.2.3. Análisis de consumo energético por iluminación

Para realizar el análisis de consumo energético en lo referente a iluminación, fue necesario ejecutar el levantamiento de luminarias por toda el área repotenciada del hospital, por lo cual en la Tabla 11, se observa el detalle de este levantamiento, además se ha clasificado el tipo de luminarias utilizadas, identificando su potencia, también se ha establecido que las luminarias son utilizadas durante 14 horas promedio diario, es decir entre las 17h00 hasta las 07h00.

Tabla 11. Levantamiento de cargas por iluminación en transformadores 2 y 3 del área repotenciada del hospital.

ILUMINACIÓN										
CT 2 Y CT 3										
ÍTEM	# PLANTA	ÁREA O SERVICIO	LED		FLUORESCENCIA DESCARGA				POTENCIA TOTAL [W]	ENERGÍA kWh/ MES
			#	Potencia (W)	#	P Bal	#	Potencia (W)		
1	PLANTA BAJA	GASES MEDICINALES			2	10	4	40	180	75,6
		PASILLOS Y ESCALERAS			10		20	40	800	336
		ILUMINACIÓN EXT.	10	200					2000	840
2	PRIMERA PLANTA	EMERGENCIA			22	10	66	96	6556	2753,52
						5	64	320	134,4	
						35	40	1400	588	
3	C. TRANSFOR. CT2	CT2			38	10	76	32	2812	1181,04
4	SEGUNDA PLANTA	CENTRO OBSTÉTRICO	68	50	32	10	56	96	9096	3820,32
							16	40	640	268,8
5		NEONATOLOGÍA	85	50			6	40	4490	1885,8
			4	18					72	30,24
6		C. ESTERILIZACIÓN	37	40					1480	621,6
			7	50					350	147
							4	20	80	33,6
7		UCI	26	50					1300	546
					32	10	96	32	3392	1424,64
							16	20	320	134,4
8		CENTRO QUIRÚRGICO	8	50					400	168
			70	40					2800	1176
			28	18					504	211,68
DEMANDA TOTAL kW								38,992	16376,64	

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

El consumo energético por iluminación en el área repotenciada asciende a 16376 kWh/mes, se debe considerar que los circuitos de iluminación son alimentados por los transformadores 2 y 3, es decir este consumo no fue considerado en el análisis previo de los transformadores.

2.2.4. Análisis de consumo total

En la Tabla 12, se puede observar el consumo de energía eléctrica que mantiene el hospital, se debe considerar que el transformador 2 abarca todas las cargas mecánicas, es

por ello que maneja la mayor parte del consumo, sin embargo al realizar el análisis se concluye que gran parte de las cargas de iluminación son manejadas por el transformador 2.

Tabla 12. Resumen de consumo de energía en el área repotenciada del hospital Isidro Ayora

ÍTEM	CONSUMOS KWh/mes
<i>T2</i>	<i>41897,61</i>
<i>T3</i>	<i>3632,76</i>
<i>ILUMINACIÓN</i>	<i>16376,64</i>
<i>TOTAL</i>	<i>61907,00</i>
<i>MEDIDO EERSSA PROMEDIO</i>	<i>57020,17</i>

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En referencia al análisis desarrollado, se establece que los transformadores al igual que los generados que respaldan la carga, se encuentran sobredimensionados, debido a que su cargabilidad oscila entre el 10 y 11 % de su capacidad.

CAPITULO III

3. Mediciones y análisis de parámetros eléctricos y disturbios electromagnéticos

3.1. Descripción de equipos de medición

3.1.1. Fluke 1744 power quality logger

Para el desarrollo del presente estudio, se utilizará como instrumento de medición al equipo fluke 1744 power quality logger, este equipo realiza el registro de información de energía eléctrica, entregando los parámetros eléctricos necesarios y solicitados por el analista, entre sus propiedades, se considera que este instrumento es capaz de medir 3 tensiones en tiempo real y hasta 4 corrientes, lo que resulta ideal para el análisis requerido en la presente investigación, (FLUKE, 2019).

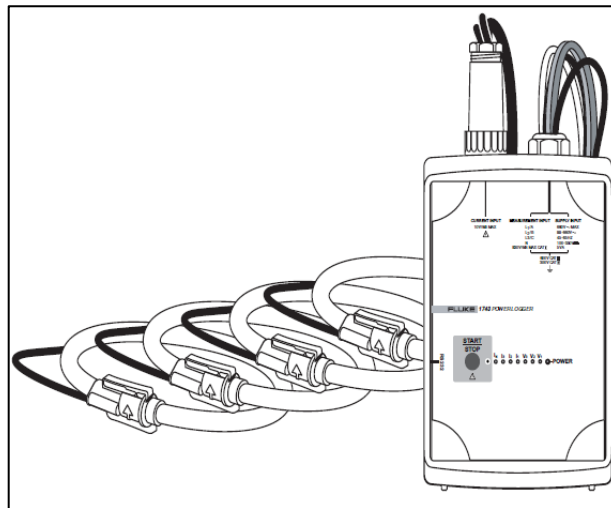


Ilustración 16. Vista general de equipo de medición de calidad Fluke 1744.
Fuente: (FLUKE, 2019)

Utilidades

- Registro de carga.
- Análisis de cantidades de medición según las normas.
- Registro de corriente.
- Análisis de señales de control de ondulaciones.
- Optimización de la red.
- Captura de picos de corriente.
- Análisis de calidad de la tensión.
- Análisis de perturbaciones.
- Medición de flicker.
- Análisis de la tensión de línea.

- Búsqueda especial de las perturbaciones a través de la idoneidad de cantidades de registro como tensión, corriente, flicker, su periodicidad e incidencia.
- Estudio de subidas y caídas de tensión y de distorsión armónica, (FLUKE, 2019).

3.1.2. Memobox 300

La funcionalidad del instrumento memobox 300 es de examinar las redes de distribución eléctrica, su calidad en el sistema resistente su utilidad se puede dar en baja y media tensión, (FLUKE, 2019).

Aplicaciones

- Captura de picos de corriente, mediciones de carga.
- Análisis de potencia aparente, activa y reactiva.
- Examen de las señales de control rizado.
- Análisis de factor de potencia, simetría.
- Examen de las señales de control de rizado.
- Examen de inmersiones de tensión, medición del parpadeo.
- Optimización de red.
- Medición de parpadeo.
- Mediciones de carga.
- Examen de problemas armónicos y tensión.
- Ajuste de los sistemas de compensación.

Indagación específica de los diferentes parámetros a través de la correlación de sus cantidades de las mediciones como voltaje, parpadeo y corriente. Teniendo en cuenta su periodicidad y el tiempo de ocurrencia, (FLUKE, 2019).

3.2. Descripción de puntos donde se desarrollaron las mediciones

Según lo descrito en el capítulo 2, se dispone de una cámara de transformación exclusiva para el área repotenciada, es por ello que se ha determinado como punto de medición los transformadores dispuestos en esta cámara.

Se realizaron mediciones semanales por transformador, se debe considerar que los transformadores 1 y 5 no se encuentran operativos, acorde a lo explicado en el capítulo 2., por lo cual no es necesario realizar mediciones en estos equipos.

Se han considerado como puntos de medición lo equipos de transformación, ya se considera la recomendación emitida por la normativa IEEE 519 - IEEE Recommended

Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems, la cual expresa realizar las mediciones en PCC¹;

“Los límites recomendados en esta cláusula se aplican solo en el punto de acoplamiento común y no deben ser aplicado a equipos individuales o en ubicaciones dentro de las instalaciones de un usuario. En la mayoría de los casos, los voltajes y corrientes armónicas en estos lugares podrían ser significativamente mayores que los límites recomendado en el PCC debido a la falta de diversidad, cancelación y otros fenómenos que tienden a reducir los efectos combinados de múltiples fuentes armónicas a niveles por debajo de su suma algebraica.”

En referencia a lo analizado en el capítulo 2, se realizarán los análisis en los transformadores 2, 3 y 4, el transformador 2 actualmente energiza todo el equipamiento necesario para ejercer las labores normales del hospital. En cambio, el transformador 3, energiza todo el equipo mecánico como los son aires acondicionados, ascensores, compresores, bombas, entre otros, y finalmente el transformador 4 es utilizado para energizar equipos especiales.

3.2.1. Instalación y programación de equipos de análisis.

La instalación física de los equipos, como se ha mencionado en el punto 3.2, se realizó en los transformadores de potencia dispuestos en la cámara de transformación de acuerdo al detalle mostrado en la Ilustración 17.

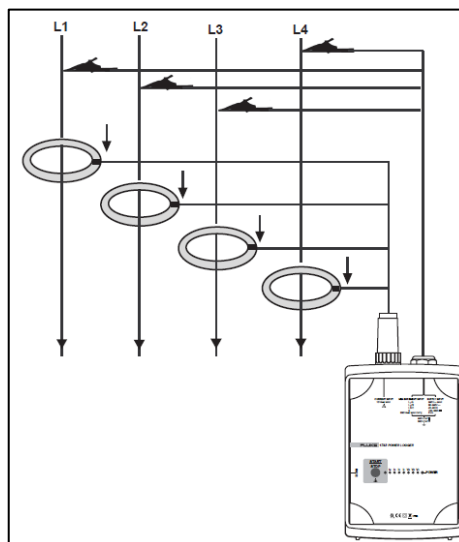


Ilustración 17. Conexión física de equipo de análisis en transformadores de potencia.
Fuente: (FLUKE, 2019)

¹ punto de acoplamiento común (PCC): Punto en un sistema de suministro de energía público, eléctricamente más cercano a una carga particular, a la cual otras cargas están, o podrían estar, conectadas. El PCC es un punto ubicado aguas arriba de la instalación considerada



Fotografía 10. Vista general de instalación de equipo de análisis MEMOBOX 300
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)



Fotografía 11. Vista general de instalación de equipo de análisis FLUKE 1744
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Previo a la instalación física de los equipos, se realiza la programación de estos conforme al siguiente detalle.

1. *Apertura de Software PQ Log, necesario para configuración de equipos*

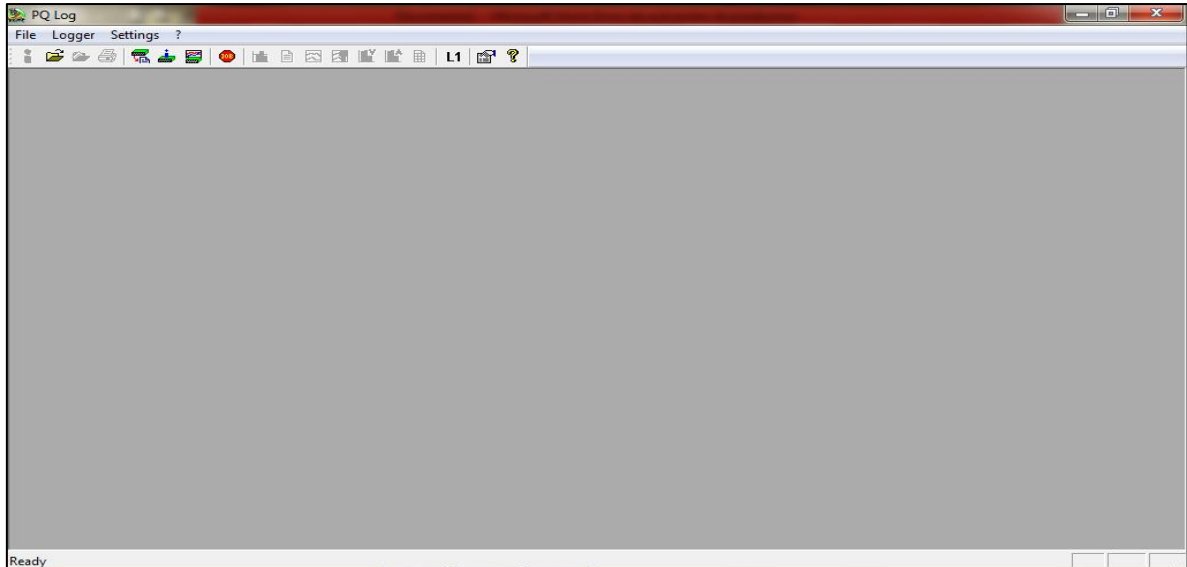


Ilustración 18. Apertura de Software PQ Log.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019).

1. *Configuración de tiempo de fecha.*

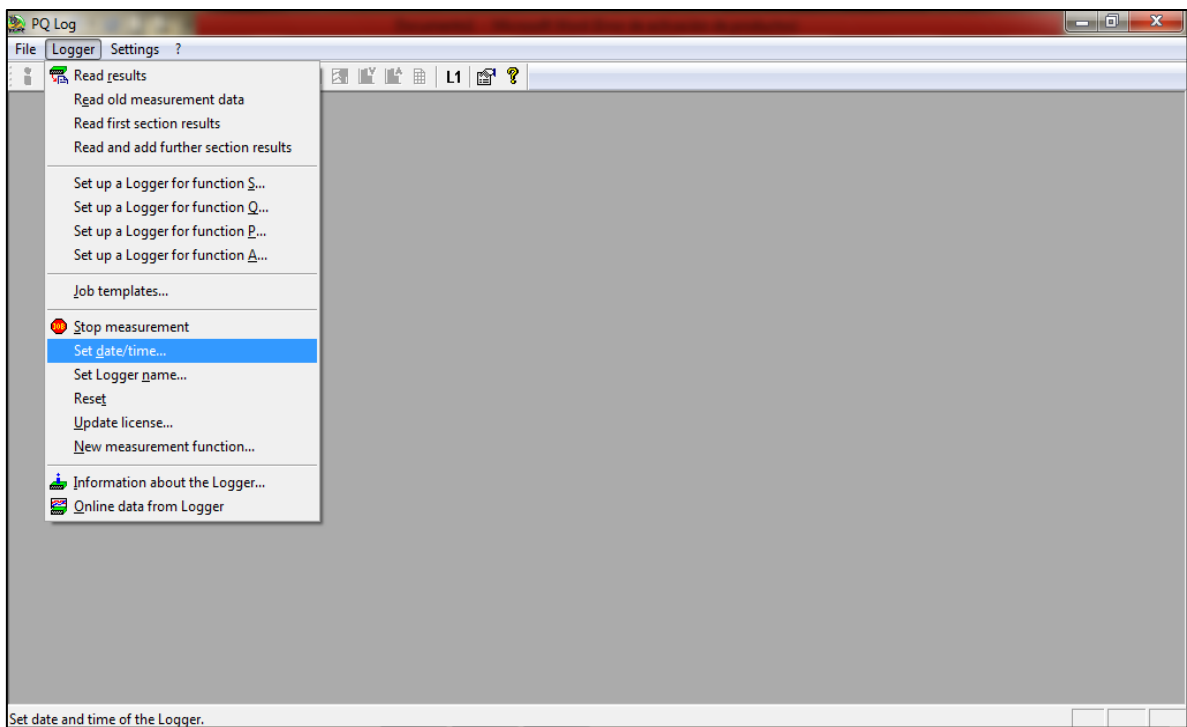


Ilustración 19. Configuración de tiempo y fecha en coordinación con equipo de análisis.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019).

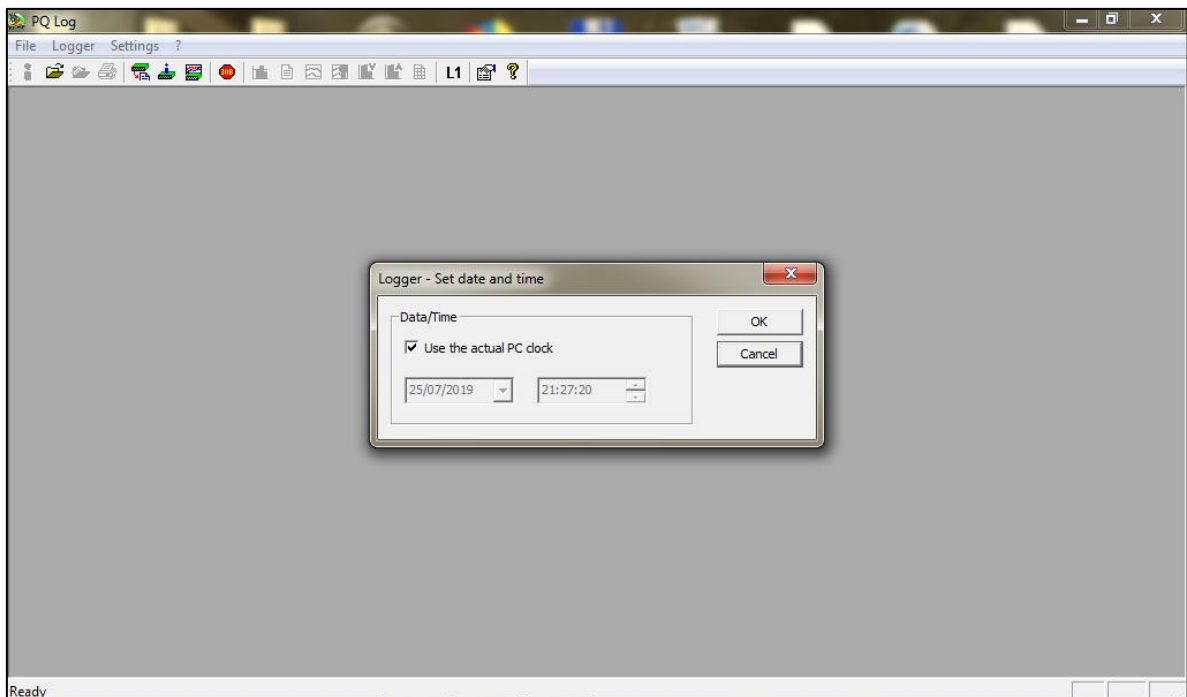
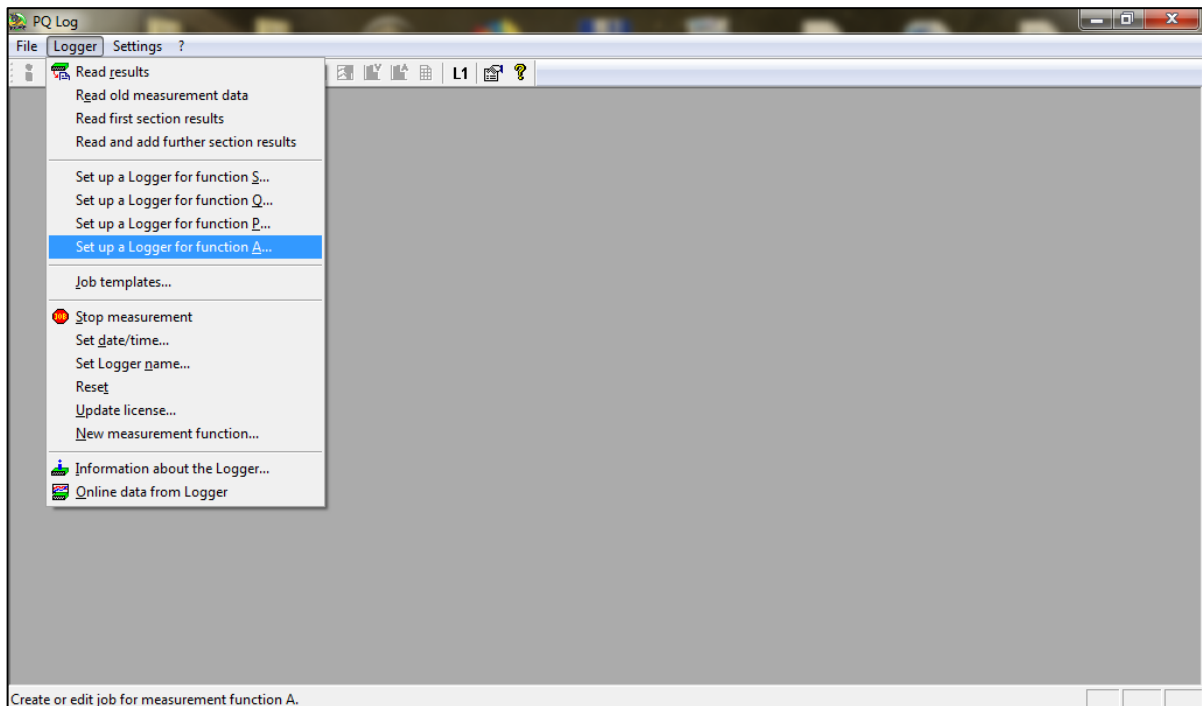


Ilustración 20. Configuración de tiempo y fecha en coordinación con equipo de análisis, se establece la hora de la PC para equipo de análisis.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019).

2. Configuración de equipo para función de tipo A, lo que implica el registro de todos los parámetros.



Se establece el nivel de voltaje, frecuencia, el modelo de equipo de análisis, además del tipo de pinzas. Según la normativa IEEE 519 - IEEE Recommended Practice and

Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems, la recomendación con la finalidad de registrar armónicos dentro de una semana de medición al percentil 95, debe realizarse un registro diezminutal, por lo que dentro de la configuración del equipo se establece este parámetro.

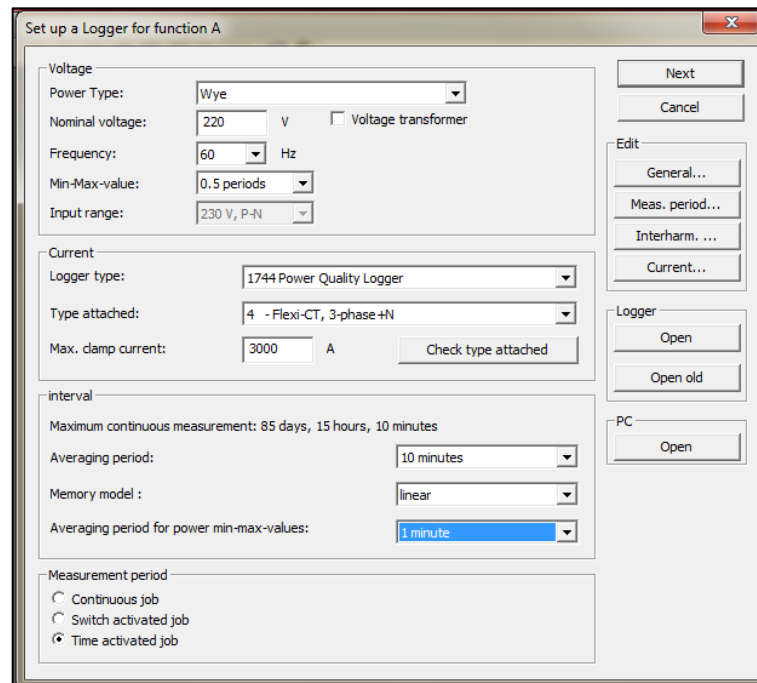


Ilustración 21. Configuración de equipo de análisis – Tipo A
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

1. Disposiciones generales dentro de configuración de tipo A.

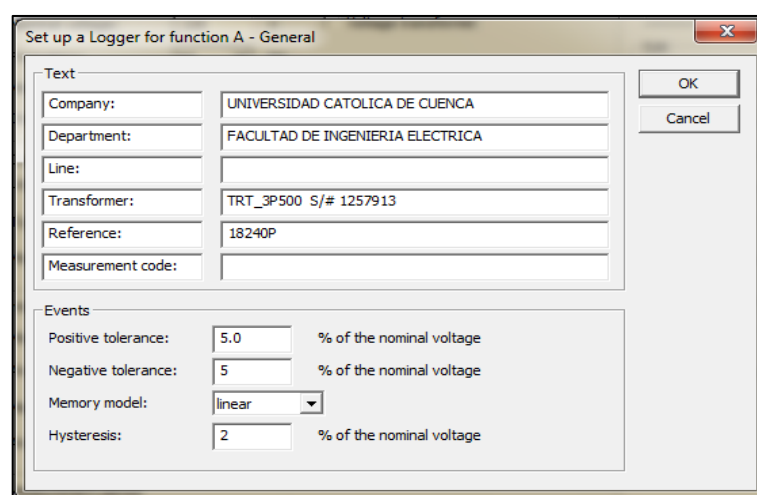


Ilustración 22. Configuraciones generales.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

2. Configuración de inicio y fin de periodo de registro de parámetros.

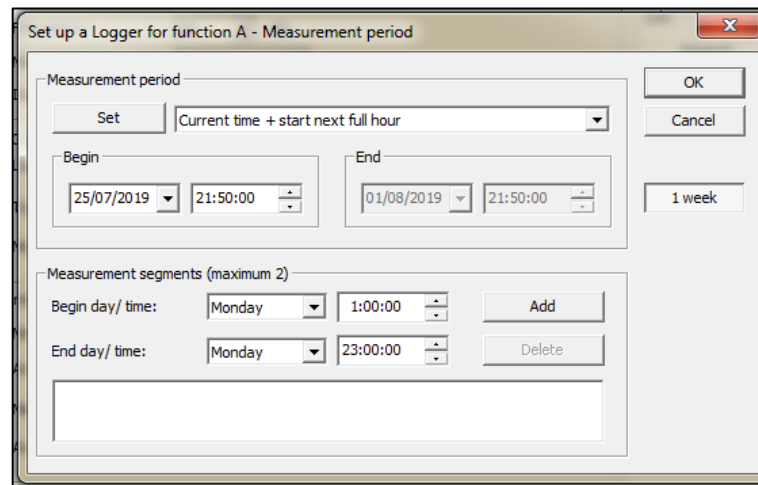


Ilustración 23. Registro de inicio y fin de registro de parámetros
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

1. Configuración de registro de Interarmónicos.

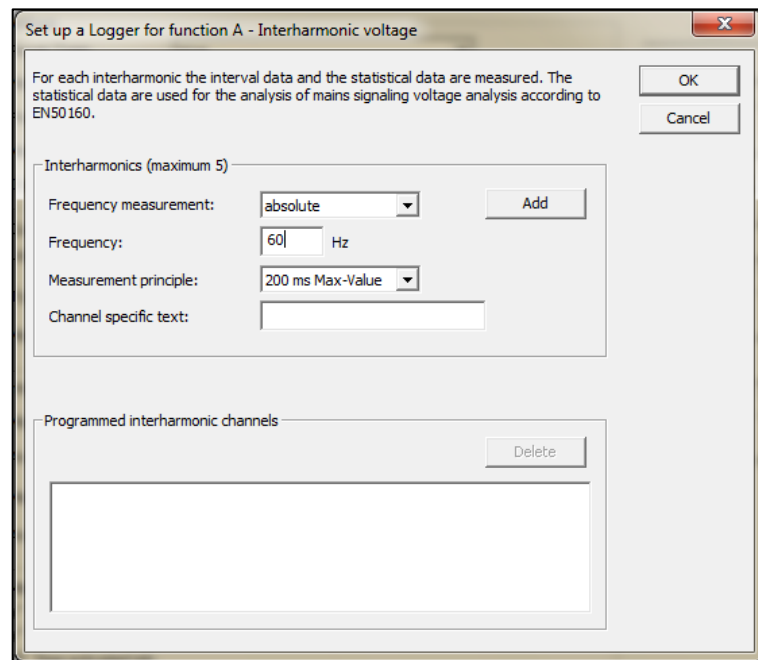


Ilustración 24. Configuración de registro de Interarmónicos.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

2. Configuración de corriente.

Se establece una entrada de corriente de 1500 A, al ser la configuración del transformador de 500 KVA.

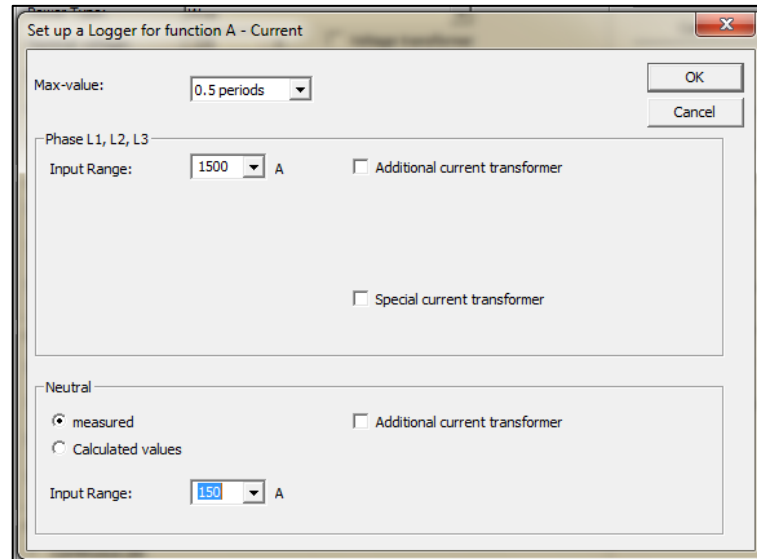


Ilustración 25. Configuración de corriente para equipo de análisis.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

3. Verificación y aprobación de datos configurados.

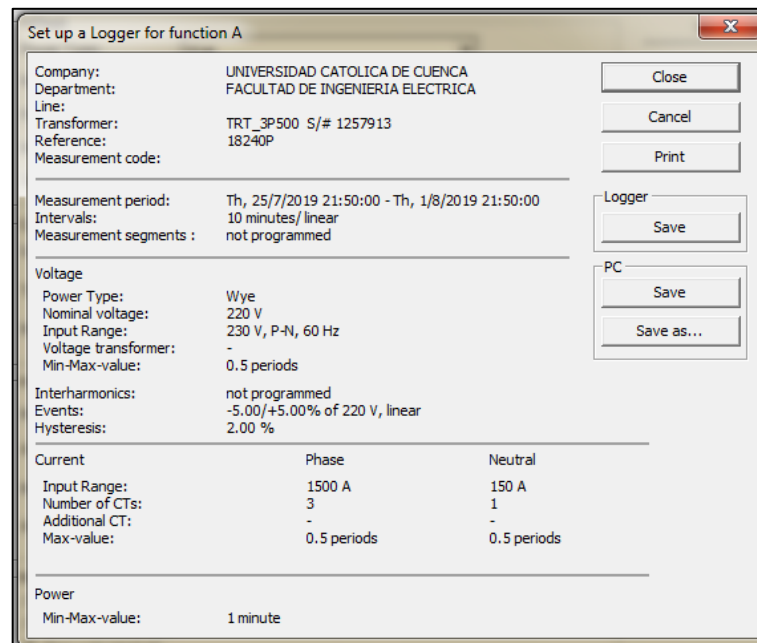


Ilustración 26. Verificación y aprobación de configuración en equipo de análisis
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

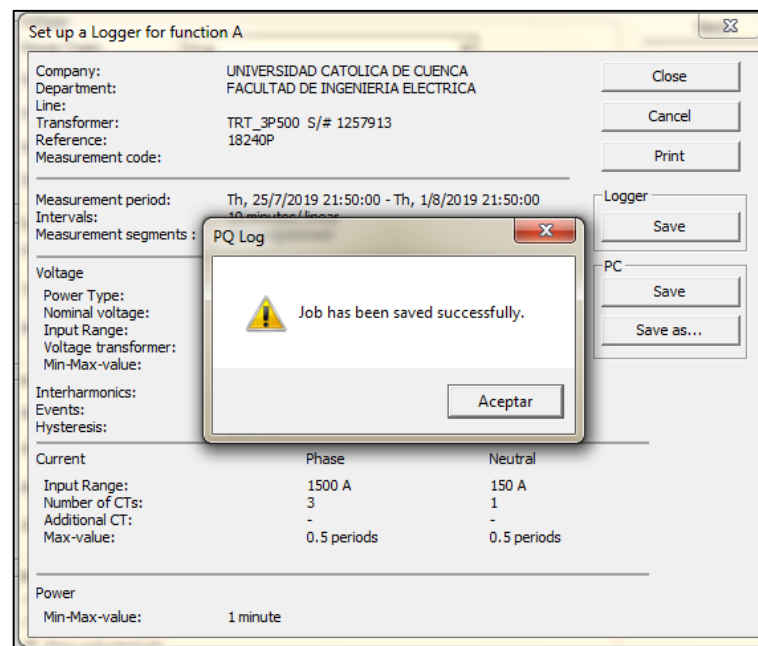


Ilustración 27. Se han guardado las configuraciones en equipo de análisis de acuerdo a lo configurado.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

3.3. Mediciones

Las mediciones fueron realizadas, en referencia a la configuración expuesta en el punto 3.2.1, es decir durante siete días ininterrumpidos en intervalos de 10 minutos, y estas se establecieron en los equipos de transformación afín a la Tabla 13.

Tabla 13. Detalle de periodos de instalación y equipos utilizados.

ÍTEM	EQUIPO MEDIDO	PERIODO		EQUIPO ANALIZADOR
		DESDE	HASTA	
1	Transformador 2	25/7/2019	1/8/2019	Fluke 1744
2	Transformador 3	25/7/2019	1/8/2019	Memobox 300
3	Transformador 4	7/8/2019	14/8/2019	Fluke 1744

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Estas mediciones son expuestas en el anexo 3, adjunto al presente capítulo.

3.4. Análisis de variables de estudio

El análisis se realiza acorde a lo expuesto en el capítulo 1,

3.4.1. Análisis Transformador 2

Armónicos de voltaje y corriente

Voltaje

En la Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16, se muestra el análisis para armónicos de voltaje, se desarrollaron en base a los límites establecidos en la norma EN 50160.

Tabla 14. Análisis de armónicos pares en voltaje Transformador 2

Pares								
Ø	Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
	Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
A	Valor Promedio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B	Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C	Valor medido	0,26	0,86	0,37	0,03	0,23	0,04	0,00
	Muestra > lim	0,00	297,00	34,00	0,00	6,00	6,00	0,00
	Cumple	X		X	X	X	X	X
	No cumple		X					
	Porcentaje	100%	29%	97%	100%	99%	99%	100%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Tabla 15. Análisis de armónicos impares no múltiplos de 3 en voltaje Transformador 2

Impares no múltiplos de 3							
Ø	Orden Armónica	5	7	11	13	17	19
	Límite	6	5	3,5	3	2	1,5
A	Valor medido	0,92	0,48	0,21	0,05	0,04	0,02
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X
	No cumple						
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B	Valor medido	0,88	0,62	0,17	0,04	0,06	0,01
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X
	No cumple						
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C	Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X
	No cumple						
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Tabla 16. Análisis de armónicos impares múltiplos de 3 en voltaje Transformador 2

Impares múltiplos de 3								
Ø	Orden Armónica	3	9	15	21	27	33	39
	Límite	5	1,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
A	Valor medido	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B	Valor medido	0,20	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C	Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Los valores totales de distorsión se resumen en la Tabla 17.

Tabla 17. Resumen de valores medidos THDv transformador 2

Ø	Mínimo	THDv	Máximo
Límite THDv 8%			
A	0,60	1,02	1,63
B	0,64	1,08	1,67
C	0,59	1,13	1,73

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En referencia a lo indicado en la Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16, se observa que existen armónicos medidos, sin embargo en su mayoría estos se encuentran dentro de los límites recomendados por la norma IEEE Std 519, el valor máximo de armónico detectado se encuentra en el valor del 1.73% en la fase C, considerando como valor límite un 8%. Como se puede observar en la Ilustración 28, existe un aumento del nivel de distorsión armónica en el periodo de 18:30 a 23:00, esto se debe a que el hospital durante este tiempo mantiene encendidas la mayoría de sus lámparas, por lo cual estas actualmente se encuentran inyectando contenido armónico a la red. Para los armónicos de corriente se debe observar, lo expuesto en la Ilustración 29, el porcentaje de armónico máximo asciende a 46.5% en la línea 3, lo cual según a la norma IEEE Std 519 es inaceptable. Es posible que los armónicos de corriente, en este punto son creados por el exceso de equipamiento electrónico conectado.

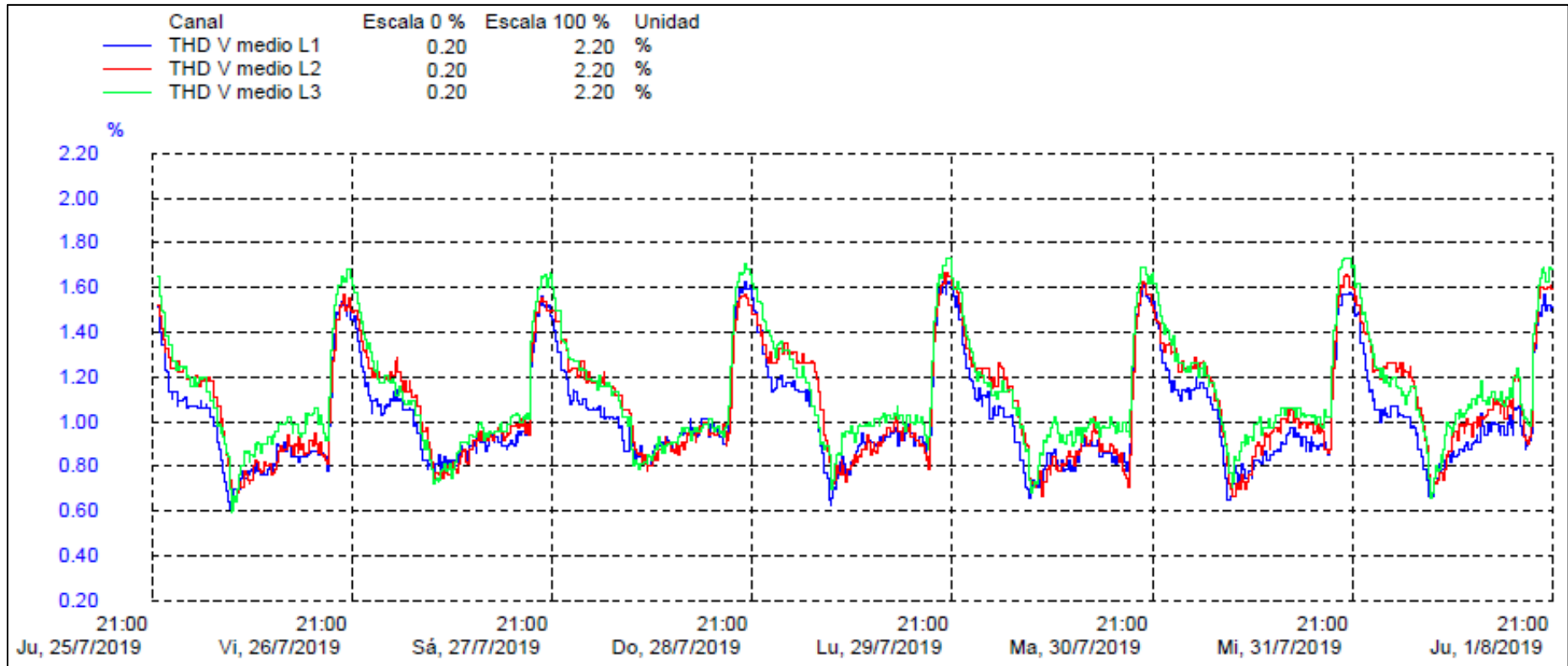


Ilustración 28. Armónicos de voltaje transformador 2
 Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Corriente

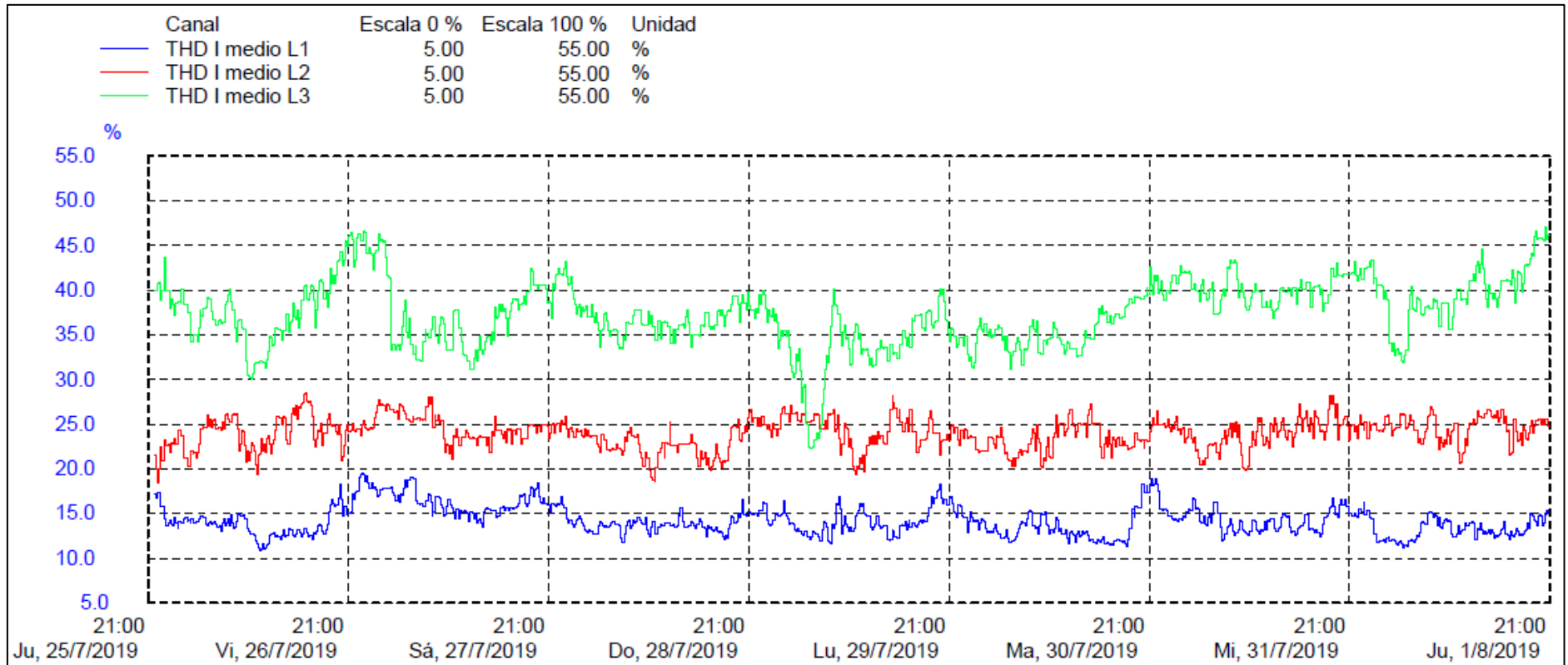


Ilustración 29. Armónicos de corriente transformador 2
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Alteraciones en la tensión de breve duración

Sag

Tabla 18. Análisis de SAG Voltaje -en transformador 2.

Descripción	Voltaje	Unidad
Voltaje nominal F-F	220,00	V
Voltaje F-N	127,02	V
Voltaje - 1 pu	127,02	V
Voltaje - 0.1 pu	12,70	V
Voltaje - 0.9 pu	114,32	V
Ø	Voltaje mínimo medido	Número de muestras dentro de rango
A	123,18	0%
B	121.97	0%
C	121.85	0%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Swell

Tabla 19. Análisis de Swell Voltaje en transformador 2.

Descripción	Voltaje	Unidad
Voltaje nominal F-F	220,00	V
Voltaje F-N	127,02	V
Voltaje - 1 pu	127,02	V
Voltaje - 1.1 pu	139,72	V
Voltaje - 1.8 pu	228,63	V
Ø	Voltaje Máximo medido	Número de muestras dentro de rango
A	129.73	0%
B	128.79	0%
C	128.58	0%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Conforme a las mediciones efectuadas no existieron SAG ni SWELL, el voltaje mínimo medido fue de 121.85 V y el máximo de 129.73 V, y estos no se encuentran dentro de los límites establecidos para ser considerados como SAG ni como SWELL, ver Ilustración 30.

Interrupciones

En el transformador 2, durante la semana de análisis no existieron interrupciones, ver Ilustración 30.

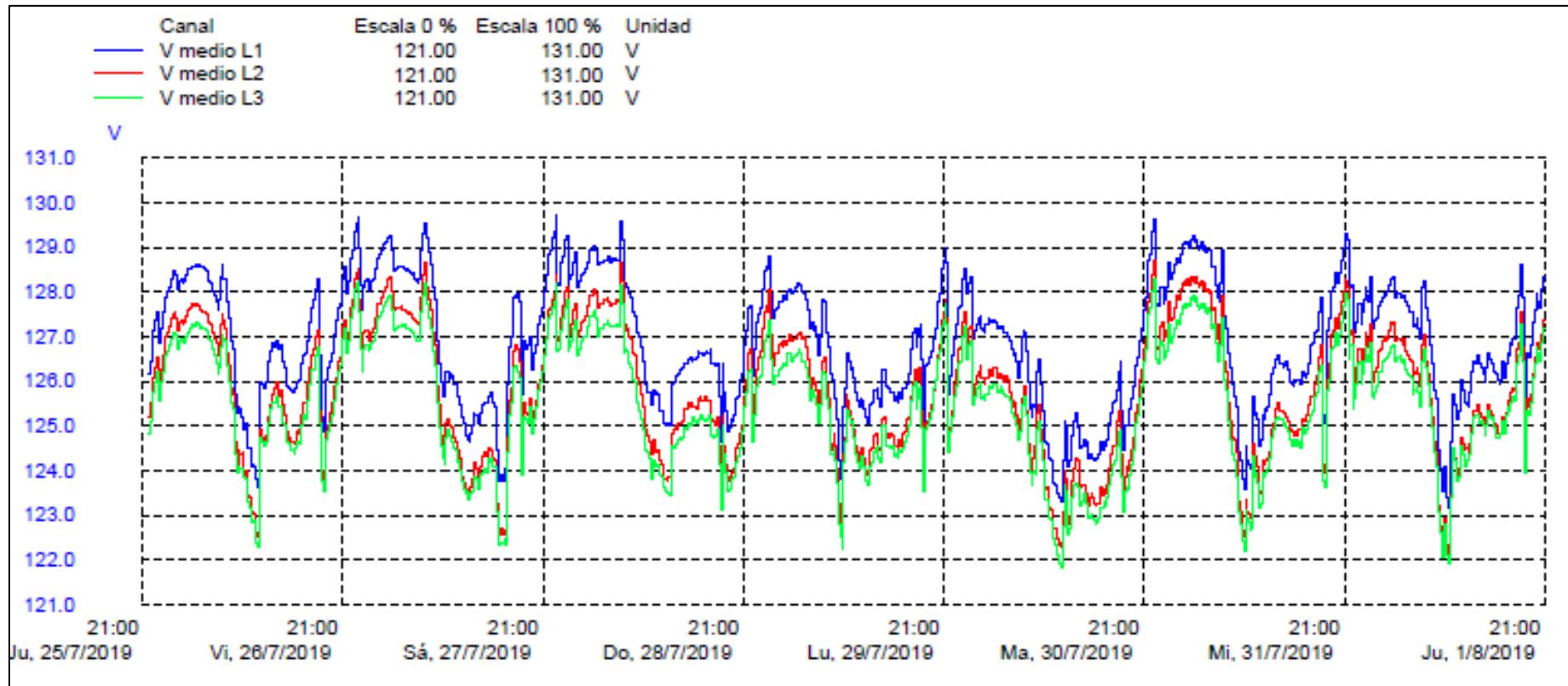


Ilustración 30. Curva de voltaje en L1, L2 Y L3 transformador 2 durante semana de análisis.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Flicker

Tabla 20. Análisis de Flicker en transformador 2.

GENERAL			
Limite Pst	1,00		
Número de muestras	1008,00		
DESCRIPCIÓN	FASES Ø		
	A	B	C
Número de muestras que superan el límite	1,00	1,00	0,00
% de muestras dentro de límite	99.9 %	99.9 %	100%
Valor máximo medido	1.13	1.14	0.85
Valor promedio	0.09	0,09	0.09

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Los flicker, fueron definidos en el capítulo 1, sin embargo, es necesario aclarar que existen dos tipos de flickers, de tiempo corto Pst medidos sobre un periodo de 10 minutos, y de tiempo largo calculados de una secuencia de 12 Pst, valores sobre 2 horas de intervalos. Dentro del estándar IEC 61000 se establece como límite de los Pst < 1.0 y para Plt < 0.8.

Por lo tanto y en reseña a lo expuesto en la Tabla 20, solo existe un flicker Pst para las fases A y B, y el 99.9 % de las muestras se encuentran dentro del límite solicitado, ver Ilustración 32, además en la Ilustración 33, se observa que los Plt, no sobrepasan el 0.5 por lo cual estos valores se encuentra dentro de los límites mencionados.

Variación de la frecuencia

El análisis de la frecuencia es muy importante, debido a que la variación de esta puede llevar al origen a que los motores dispuestos transmitan más o menos potencia, además de que los equipos electrónicos que utilicen la frecuencia como referencia de tiempo se ven alterados.

En la Tabla 21, se puede observar que la frecuencia medida se mantiene dentro del rango establecido $\pm 1\%$, ver Ilustración 31.

Tabla 21. Análisis de la frecuencia en transformador 2

Análisis de frecuencia <i>Frecuencia nominal 60 Hz</i>		
Descripción	Frecuencia mínima	Frecuencia máxima
Admitida	59,40	60,60
Medida	59,95	60,05
Cumple	Si	Si

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

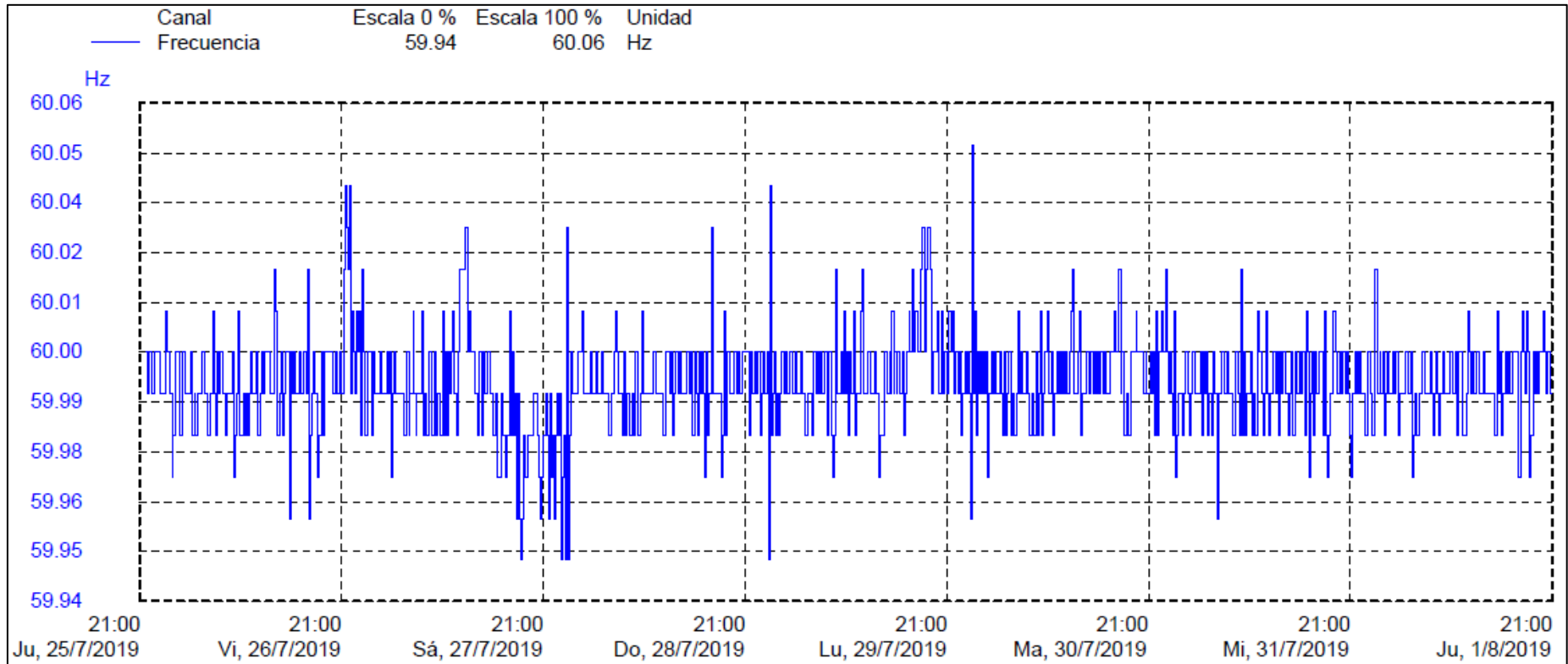


Ilustración 31. Frecuencia medida en Transformador 2
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

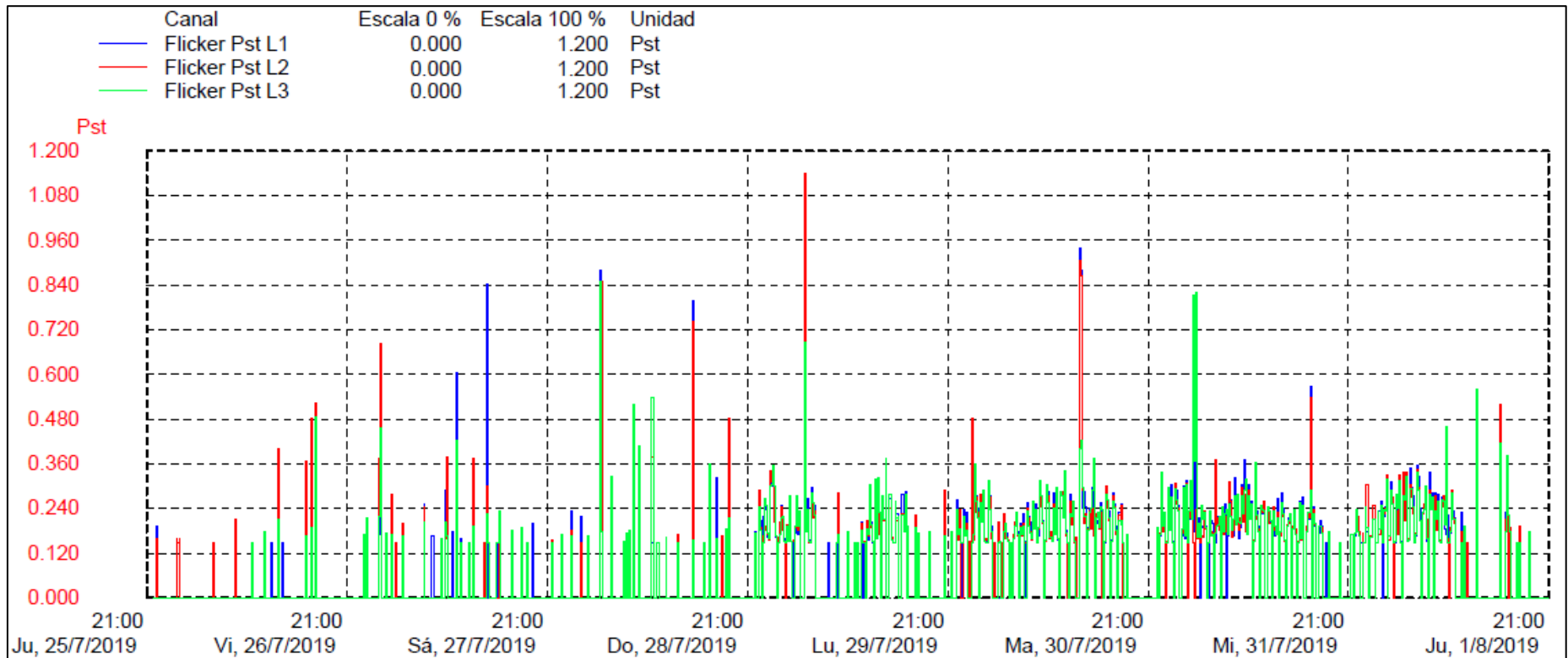


Ilustración 32. Fliker Pst, medido en transformador 2.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

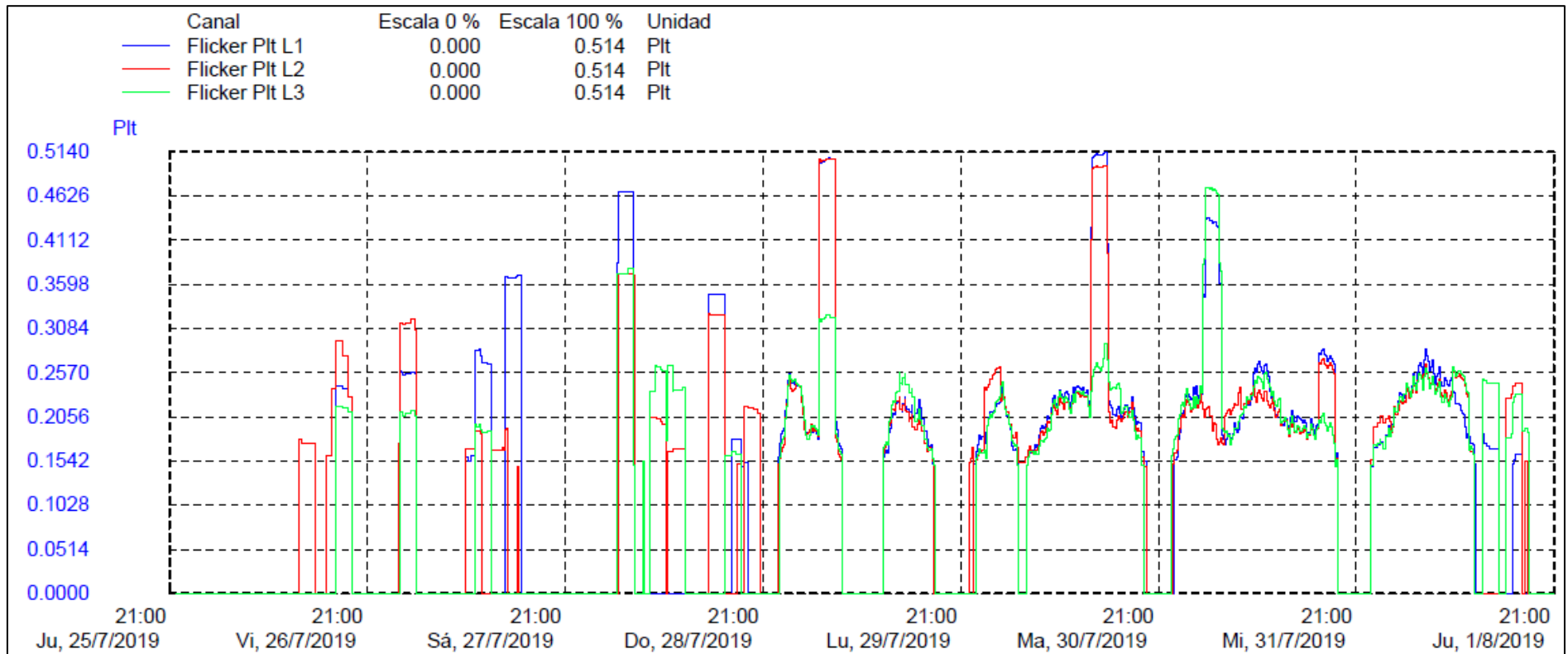


Ilustración 33. Análisis de Flicker Plt medido en transformador 2.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Potencia Reactiva:

Un dato muy importante es el tipo carga registrada en el transformador 2, al realizar la medición se ha determinado potencia reactiva negativa por lo cual se concluye que la carga predominante en este punto de medición es de tipo capacitiva.

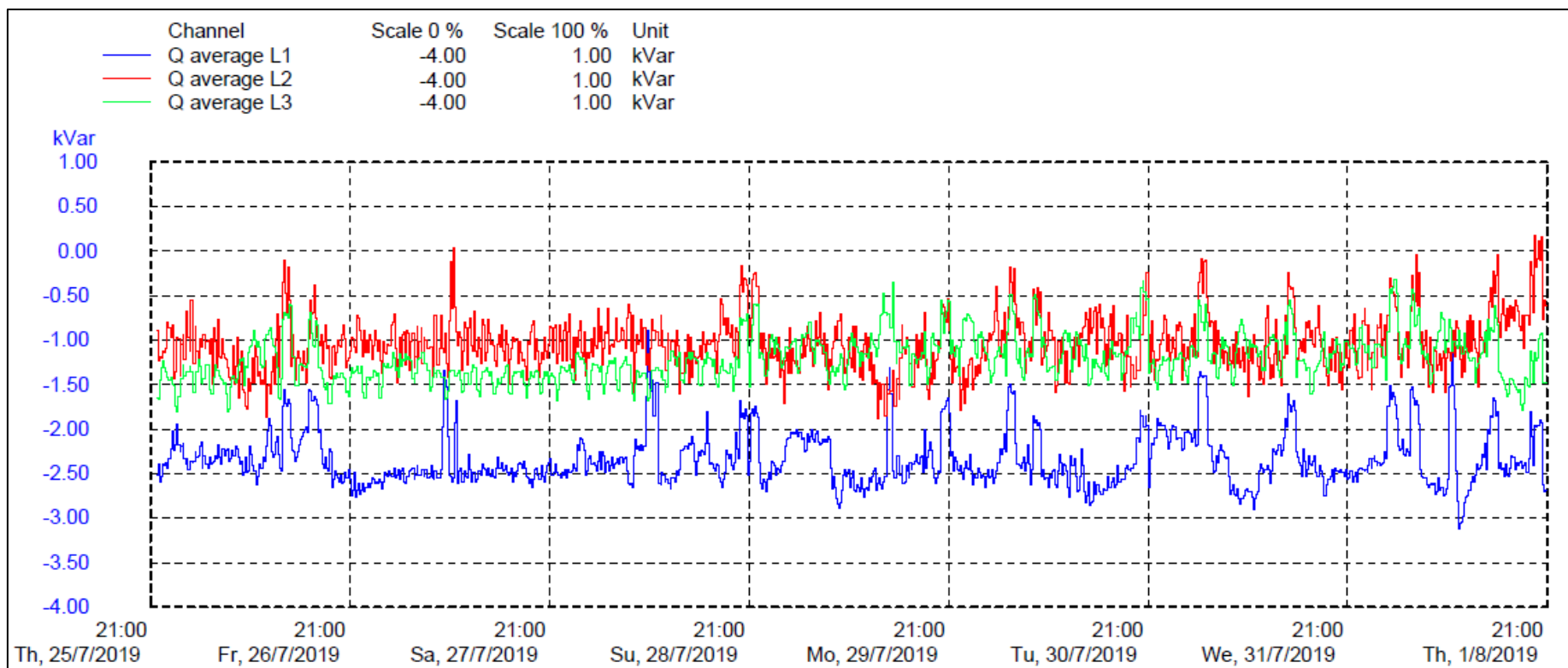


Ilustración 34. Potencia reactiva registrada en transformador 2.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Factor de Potencia

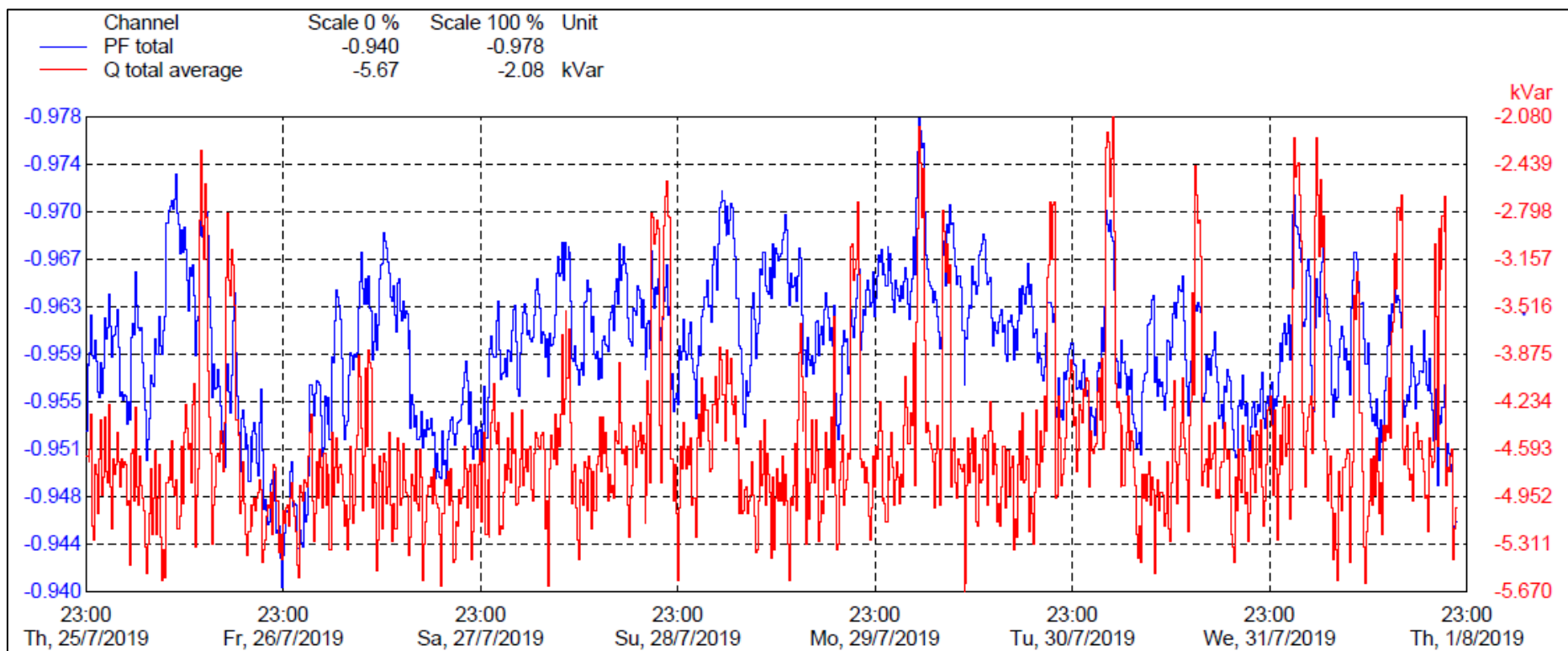


Ilustración 35. Factor de potencia transformador 2.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Al existir potencia reactiva negativa, como se puede observar en la Ilustración 35, en el transformador 2 el factor de potencia también es negativo, por lo cual se confirma que la carga predominante en este transformador es capacitiva.

3.4.2. Análisis Transformador 3

Armónicos de voltaje y corriente

Voltaje

En la Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24, se muestra el análisis para armónicos de voltaje, se desarrollaron en base a los límites establecidos en la norma EN 50160.

Tabla 22. Armónicos individuales de orden par - Transformador 3

Pares								
Ø	Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
	Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
A	Valor Promedio	100,00	0,13	0,80	0,36	0,01	0,18	0,04
	Muestra > lim	1.007,00	0,00	877,00	42,00	0,00	489,00	0,00
	Cumple		X		X	X		X
	No cumple	X		X			X	
	Porcentaje	100%	100%	87%	96%	100%	49%	100%
B	Valor medido	100,00	0,05	0,73	0,39	0,02	0,19	0,05
	Muestra > lim	1.007,00	0,00	798,00	80,00	0,00	550,00	0,00
	Cumple		X			X		X
	No cumple	X		X	X		X	
	Porcentaje	100%	100%	79%	8%	100%	55%	100%
C	Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Tabla 23. Armónicos de orden impar no múltiplos de 3 -Transformador 3

Impares no múltiplos de 3							
Ø	Orden Armónica	5	7	11	13	17	19
	Límite	6	5	3,5	3	2	1,5
A	Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X
	No cumple						
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B	Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X
	No cumple						
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C	Valor medido	0,81	0,34	0,19	0,04	0,01	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X
	No cumple						
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Tabla 24. Armónicos de orden impar múltiplos de 3 -Transformador 3

Impares múltiplos de 3								
Ø	Orden Armónica	3	9	15	21	27	33	39
	Límite	5	1,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
A	Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B	Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C	Valor medido	0,16	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Tabla 25. Resumen de valores medidos THDv transformador 3

Ø	Mínimo	THDv	Máximo
Límite THDv 8%			
A	0,49	0,93	1,57
B	0,53	0,92	1,55
C	0,42	0,87	1,57

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Conforme a lo indicado en la Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24, se observa que existen armónicos medidos, sin embargo estos se encuentran dentro de los límites recomendados por la norma IEEE Std 519, el valor máximo de armónico detectado se encuentra en el valor del 1.57% en las fases A y C, considerando como valor límite un 8%. Como se puede observar en la Ilustración 28, existe un aumento del nivel de distorsión armónica en el periodo de 18:30 a 23:00, esto se debe a que el hospital durante este tiempo mantiene encendidas la mayoría de sus lámparas, por lo cual estas actualmente se encuentran inyectando contenido armónico a la red. Además, en la Ilustración 37, el porcentaje de armónico en corriente máximo asciende a 10.5% en la línea 3, lo cual según a la norma IEEE Std 519 no es aceptable considerando como relación ISC/IL <20.

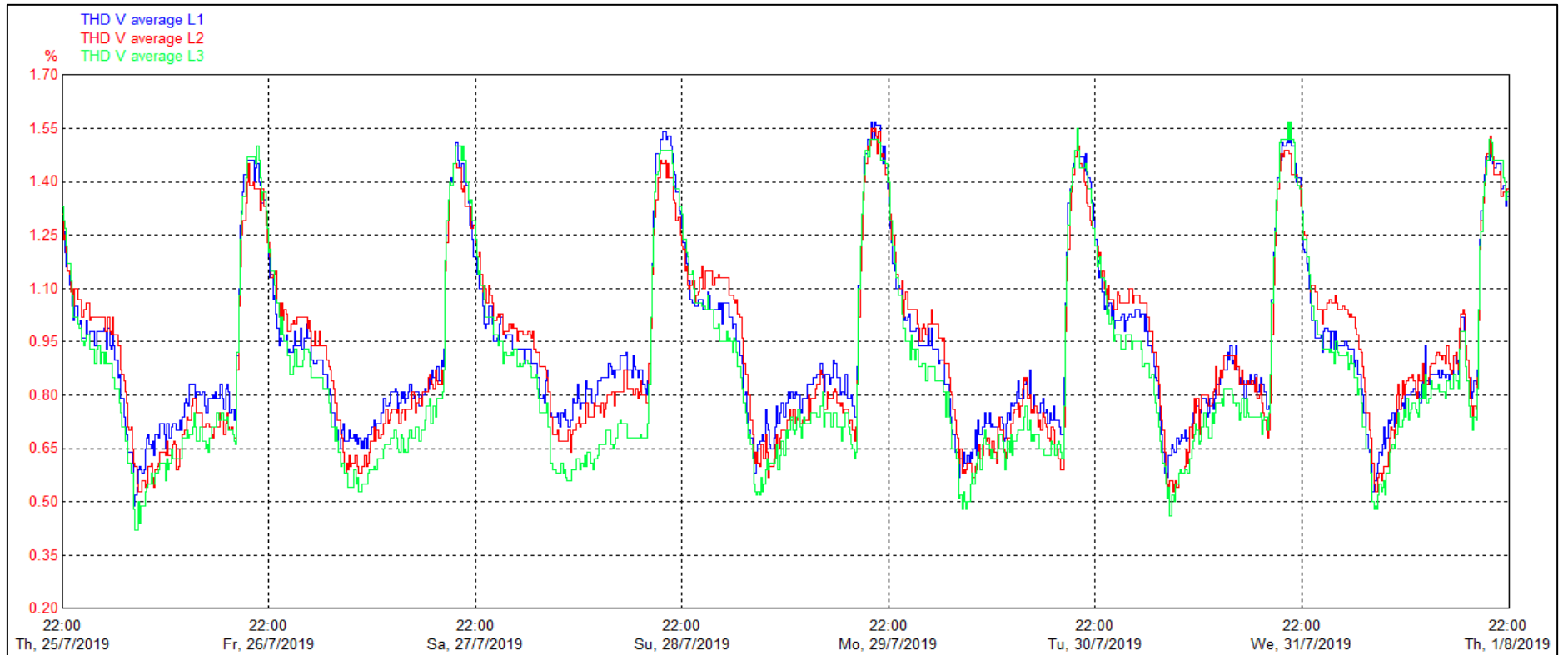


Ilustración 36. Armónicos de voltaje transformador 3
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Corriente

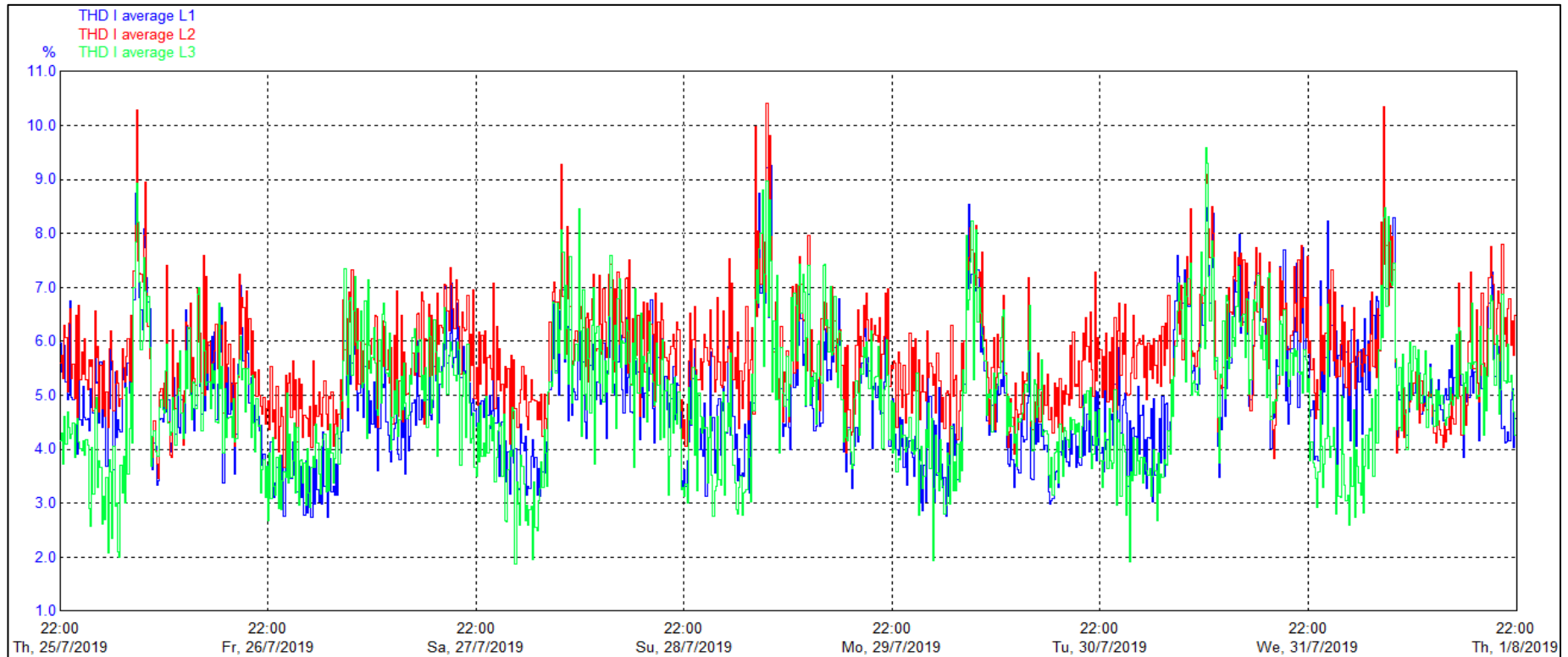


Ilustración 37. Armónicos de corriente transformador 3
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Alteraciones en la tensión de breve duración

Sag

Tabla 26. Análisis de SAG Voltaje -en transformador 3.

Descripción	Voltaje	Unidad
Voltaje nominal F-F	220	V
Voltaje F-N	127,02	V
Voltaje - 1 pu	127,02	V
Voltaje - 0.1 pu	12,70	V
Voltaje - 0.9 pu	114,32	V
Ø	Voltaje mínimo medido	Número de muestras dentro de rango
A	126,24	0%
B	125,01	0%
C	124,84	0%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Swell

Tabla 27. Análisis de Swell en voltaje en transformador 3.

Descripción	Voltaje	Unidad
Voltaje nominal F-F	220	V
Voltaje F-N	127,02	V
Voltaje - 1 pu	127,02	V
Voltaje - 1.1 pu	139,72	V
Voltaje - 1.8 pu	241,34	V
Ø	Voltaje Máximo medido	Número de muestras dentro de rango
A	133,06	0%
B	132,07	0%
C	131,71	0%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

De acuerdo a las mediciones efectuadas no existieron SAG ni SWELL, el voltaje mínimo medido fue de 124.84 V y el máximo de 132.06 V, y estos no se encuentran dentro de los límites establecidos para ser considerados como SAG ni como SWELL, ver Ilustración 38.

Interrupciones

En el transformador 3, durante la semana de análisis no existieron interrupciones, ver Ilustración 38.

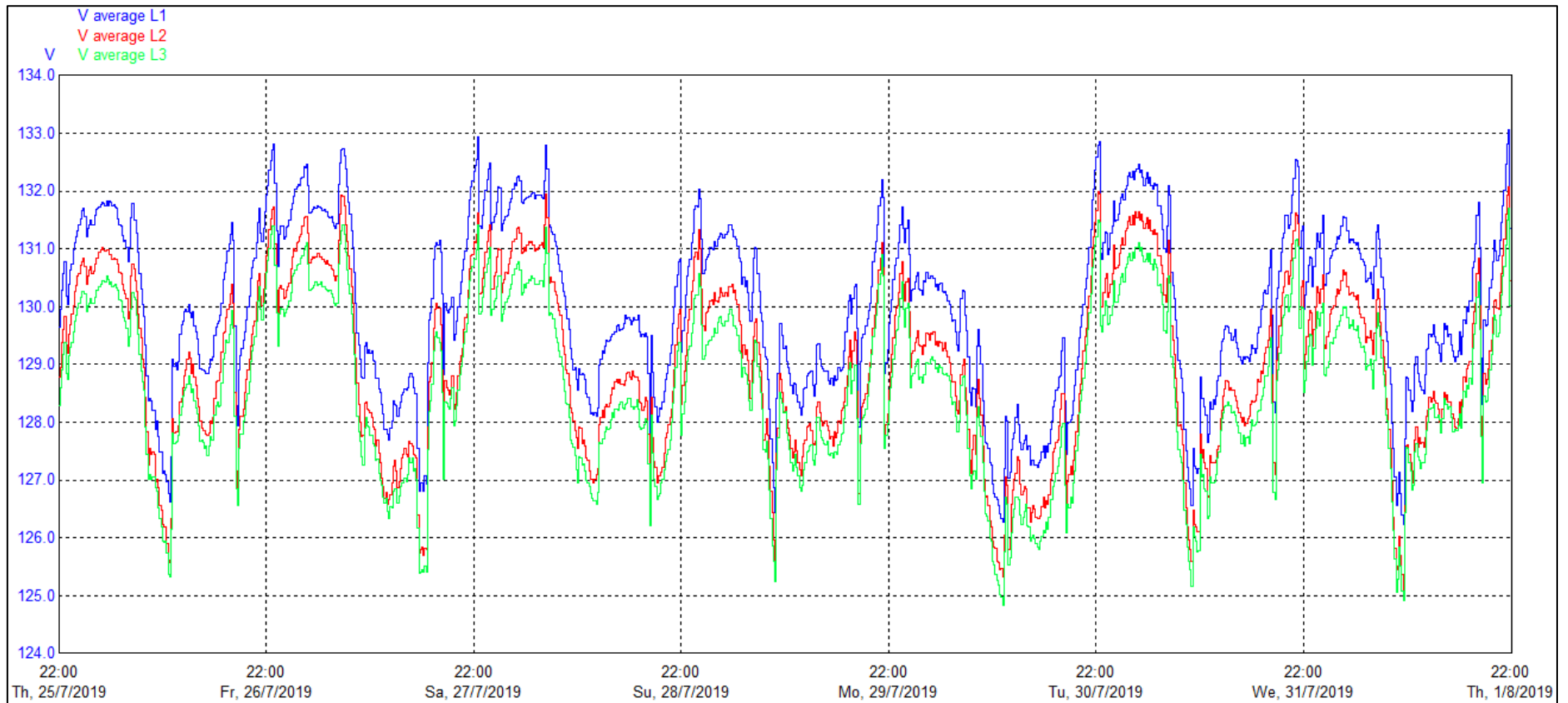


Ilustración 38. Curva de voltaje en L1, L2 Y L3 transformador 3 durante semana de análisis.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Flicker

Tabla 28. Análisis de Flicker en transformador 3.

GENERAL			
Limite Pst	1		
Número de muestras	1008		
DESCRIPCIÓN	FASES Ø		
	A	B	C
Número de muestras que superan el límite	1	1	0
% de muestras dentro de límite	99,90%	99,90%	100%
Valor máximo medido	1,07	1,12	0,83
Valor promedio	0,26	0,26	0,25

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Acorde a lo expuesto en la Tabla 28,, solo existe un flicker Pst para las fases A y B, y el 99.9 % de las muestras se encuentran dentro del límite solicitado, ver Ilustración 40, además en la Ilustración 41, se observa que los Plt, no sobrepasan el 0.5 por lo cual, estos valores se encuentran dentro de los límites permitidos.

Variación de la frecuencia

En la Tabla 21, se puede observar que la frecuencia medida se mantiene dentro del rango establecido $\pm 1\%$, ver Ilustración 39.

Tabla 29. Análisis de la frecuencia en transformador 3

Análisis de frecuencia nominal 60 Hz		
Descripción	Frecuencia mínima	Frecuencia máxima
Admitida	59,40	60,60
Medida	59,94	60,04
Cumple	Si	Si

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Potencia reactiva

Al realizar las mediciones se ha determinado que el tipo de potencia reactiva registrada en el transformador 3, es positiva por lo cual se concluye que la carga predominante en este punto de medición es inductiva. Ver Ilustración 42, esto es lógico por lo que al transformador se encuentran asociadas las cargas mecánicas del área repotenciada del hospital.

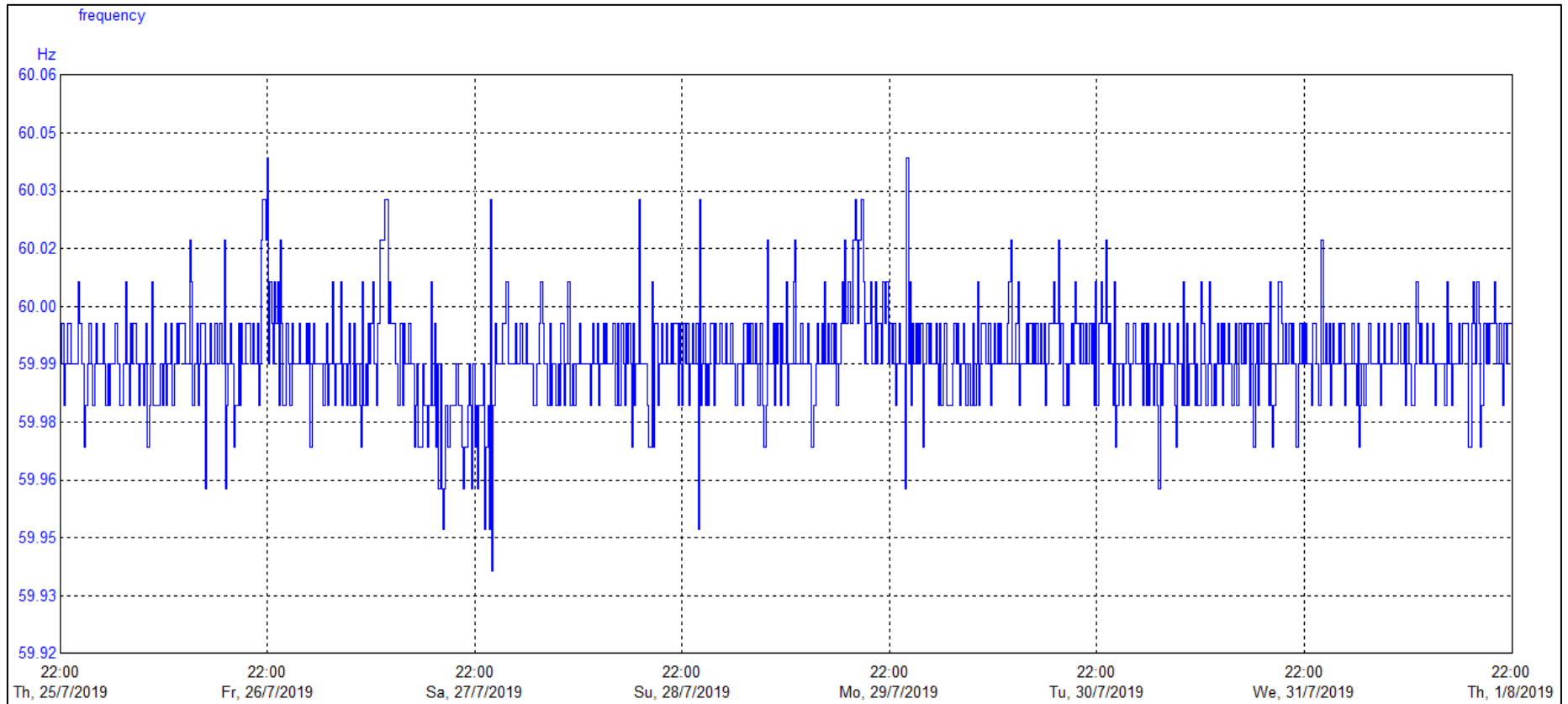


Ilustración 39. Frecuencia medida en Transformador 3
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

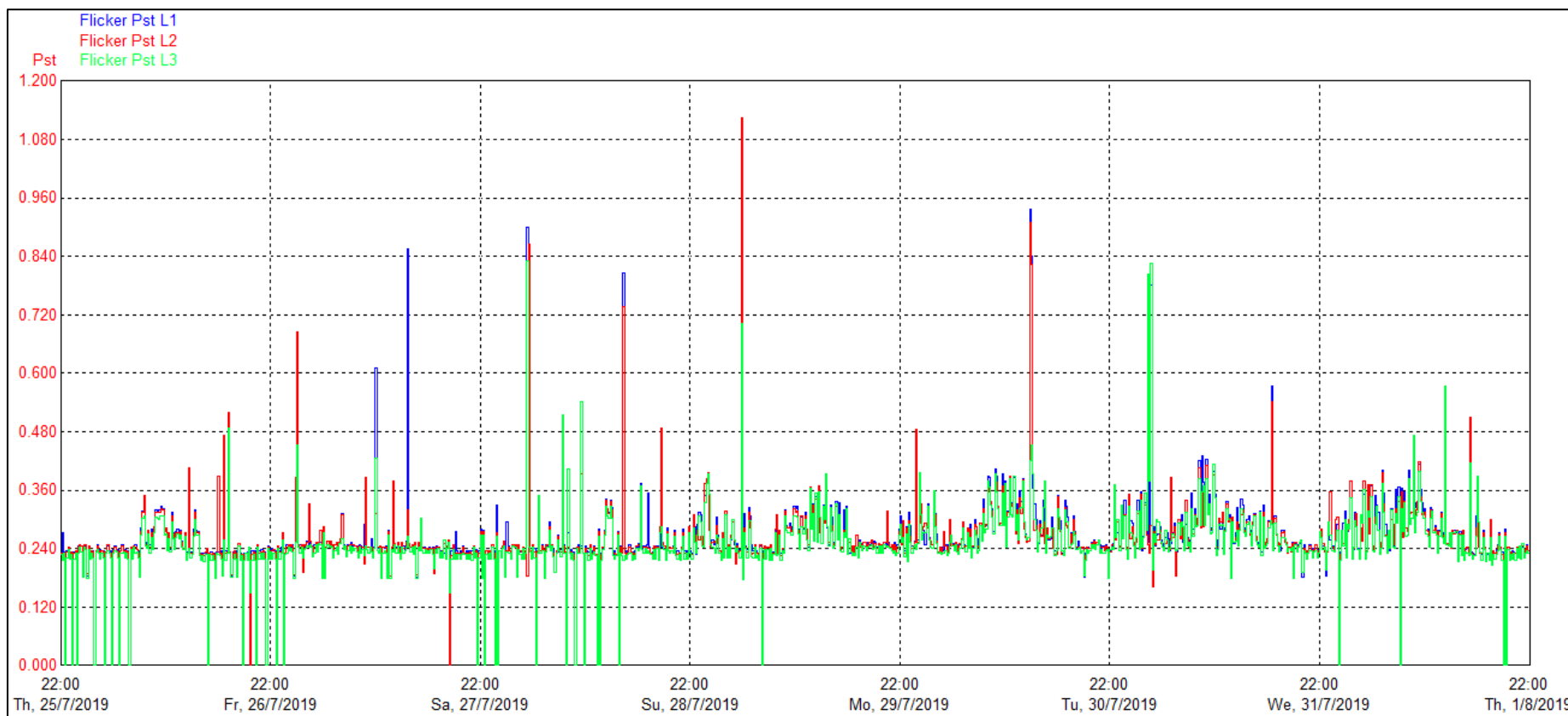


Ilustración 40. Fliker Pst, medido en transformador 3.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

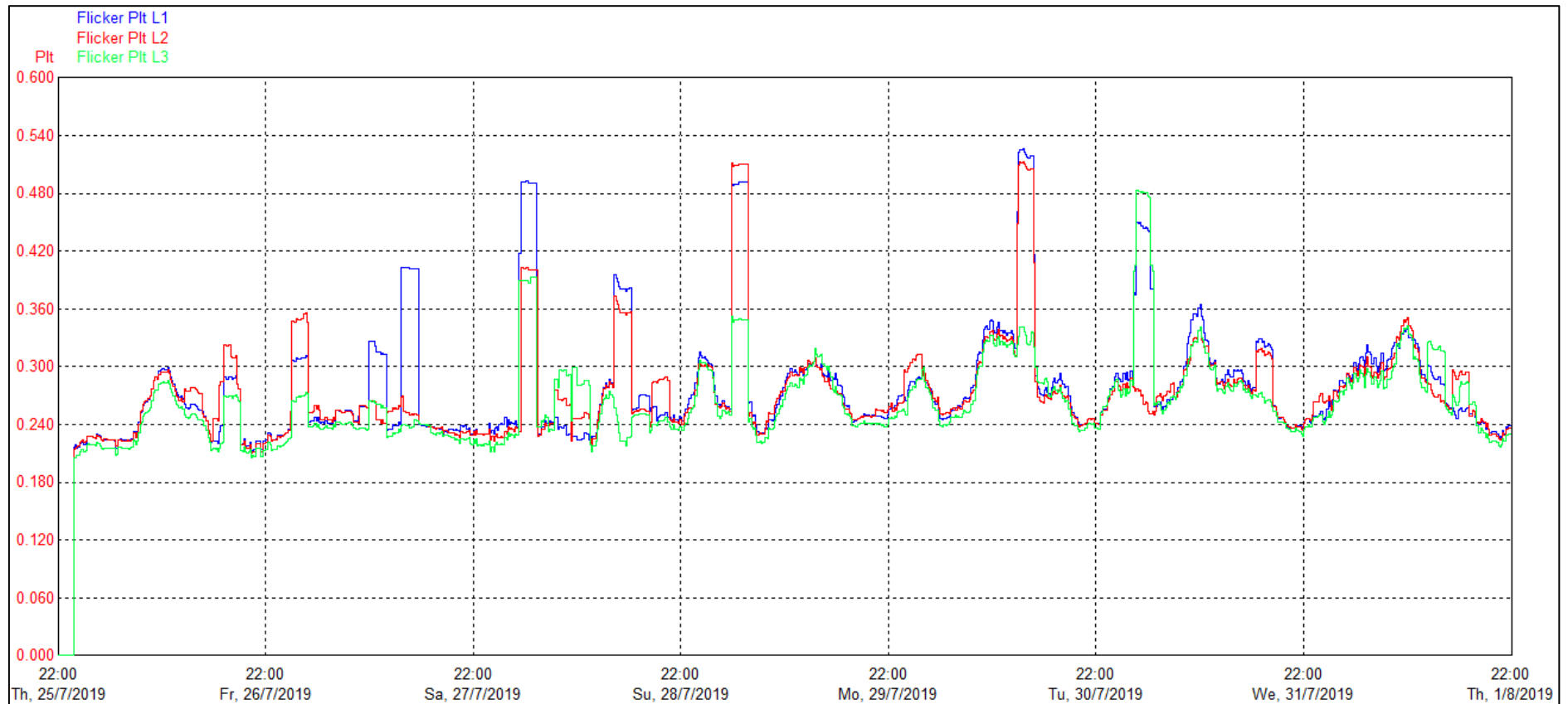


Ilustración 41. Análisis de Fliker Plt medido en transformador 3.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

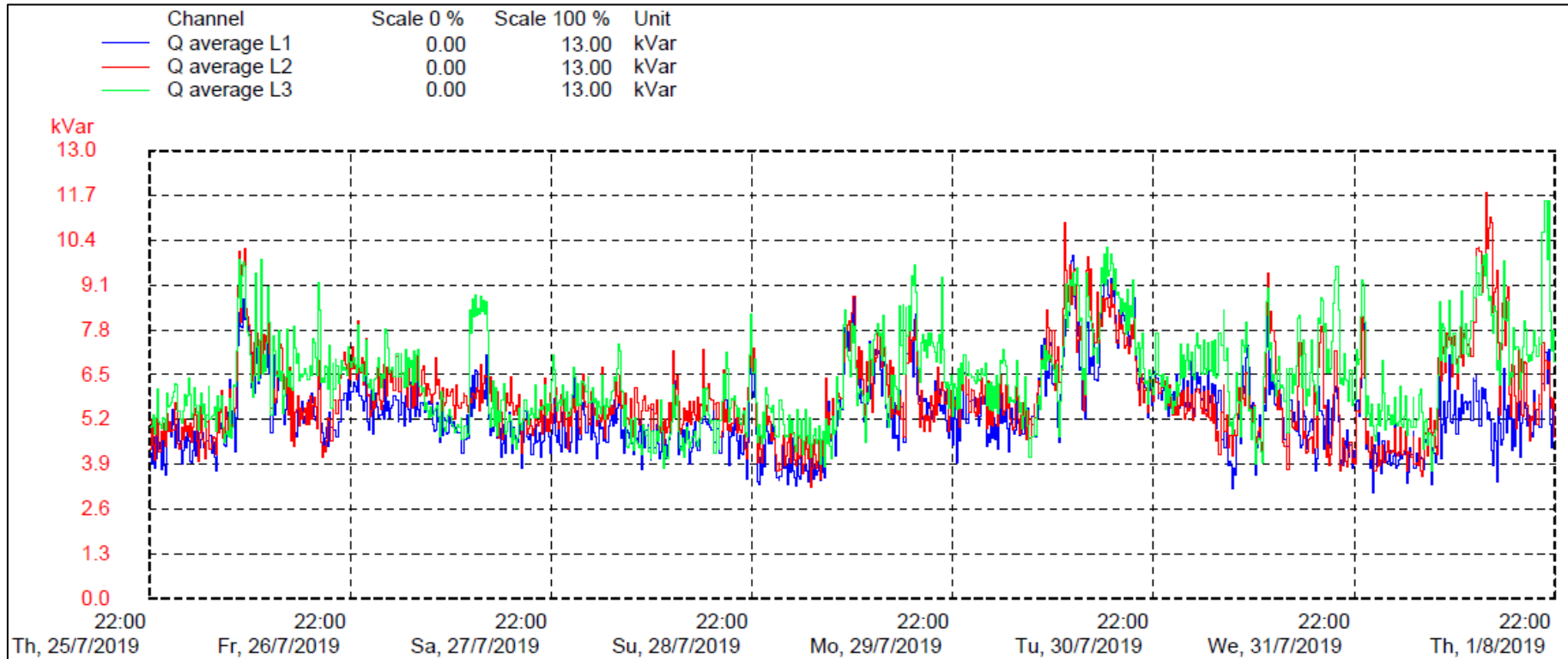


Ilustración 42. Potencia reactiva registrada en transformador
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Factor de Potencia

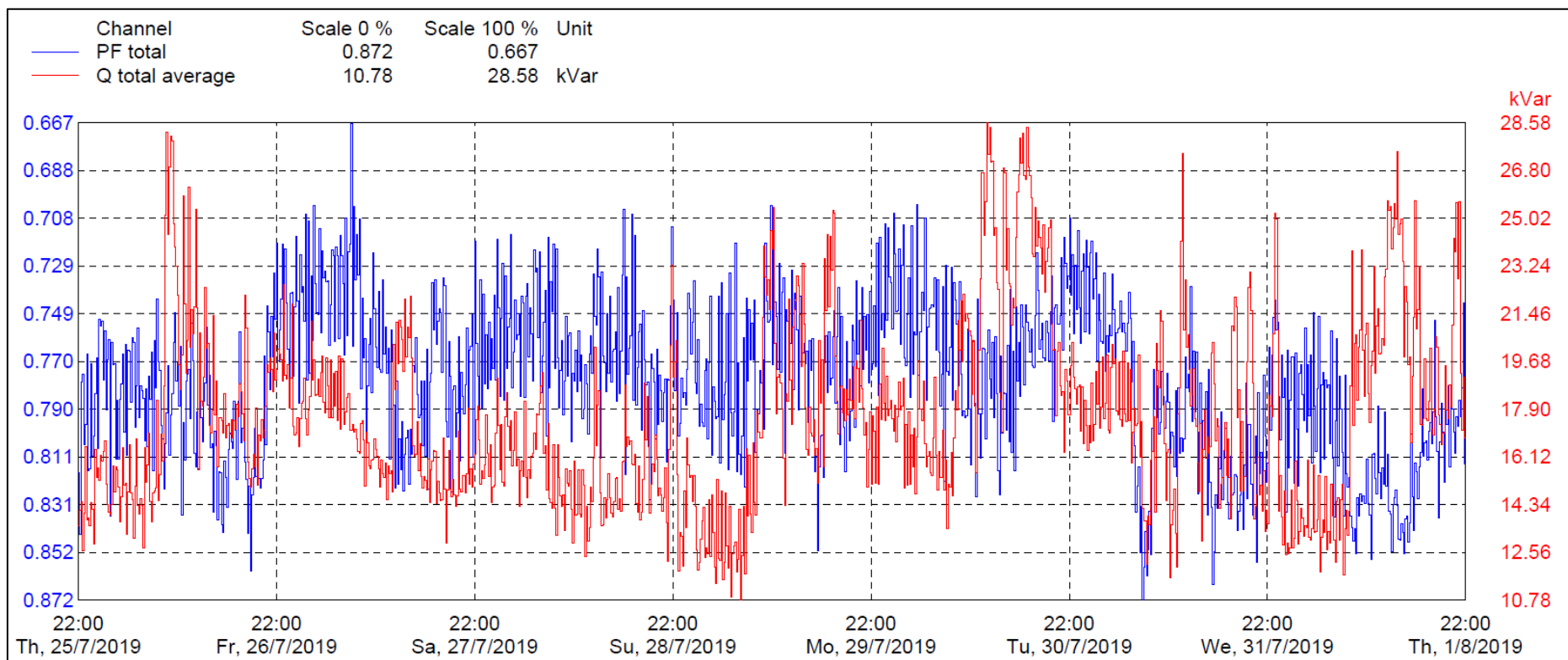


Ilustración 43. Factor de potencia transformador 3.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Al existir potencia reactiva positiva, como se puede observar en la Ilustración 43, en el transformador 3 el factor de potencia también es positivo, por lo cual se confirma que la carga predominante en este transformador es inductiva.

3.4.3. Análisis Transformador 4

Armónicos de voltaje y corriente

Voltaje

En la Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32, se muestra el análisis para armónicos de voltaje, se desarrollaron en base a los límites establecidos en la norma EN 50160.

Tabla 30. Armónicos individuales de orden par - Transformador 4

Pares								
Ø	Orden Armónica	2	4	6	8	10	12	14
	Límite	2	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
A	Valor Promedio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B	Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C	Valor medido	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Tabla 31. Armónicos individuales de orden impar no múltiplos de 3 - Transformador 4

impares no múltiplos de 3							
Ø	Orden Armónica	5	7	11	13	17	19
	Límite	6	5	3,5	3	2	1,5
A	Valor medido	0,68	0,35	0,18	0,04	0,01	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X
	No cumple						
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B	Valor medido	0,67	0,42	0,17	0,05	0,02	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X
	No cumple						
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C	Valor medido	0,62	0,46	0,19	0,04	0,01	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X
	No cumple						
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Tabla 32. Armónicos individuales de orden impar y múltiplos de 3 - Transformador 4

Impares múltiplos de 3								
Ø	Orden Armónica	3	9	15	21	27	33	39
	Límite	5	1,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
A	Valor medido	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
B	Valor medido	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
C	Valor medido	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Muestra > lim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cumple	X	X	X	X	X	X	X
	No cumple							
	Porcentaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Tabla 33. Resumen de valores medidos THDv transformador 4

Ø	Mínimo	THDv	Máximo
Límite THDv 8%			
A	0,39	0,82	1,49
B	0,46	0,85	1,45
C	0,38	0,83	1,57

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En relación a lo indicado en la Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32, se observa que existen armónicos medidos, sin embargo estos se encuentran dentro de los límites recomendados por la norma IEEE Std 519, el valor máximo de armónico detectado se encuentra en el valor del 1.57% en las fase C, considerando como valor límite un 8%.

Como se puede observar en la Ilustración 44. THDv - transformador 4, existe un aumento del nivel de distorsión armónica en el periodo de 18:30 a 11:00, esto se debe a que el hospital durante este tiempo mantiene encendidas la mayoría de sus lámparas, por lo cual estas actualmente se encuentran inyectando contenido armónico a la red.

En referencia a lo expuesto en la Ilustración 45, no se identifican armónicos de corriente, esto se debe a que el transformador permaneció la mayoría del tiempo de análisis si carga.

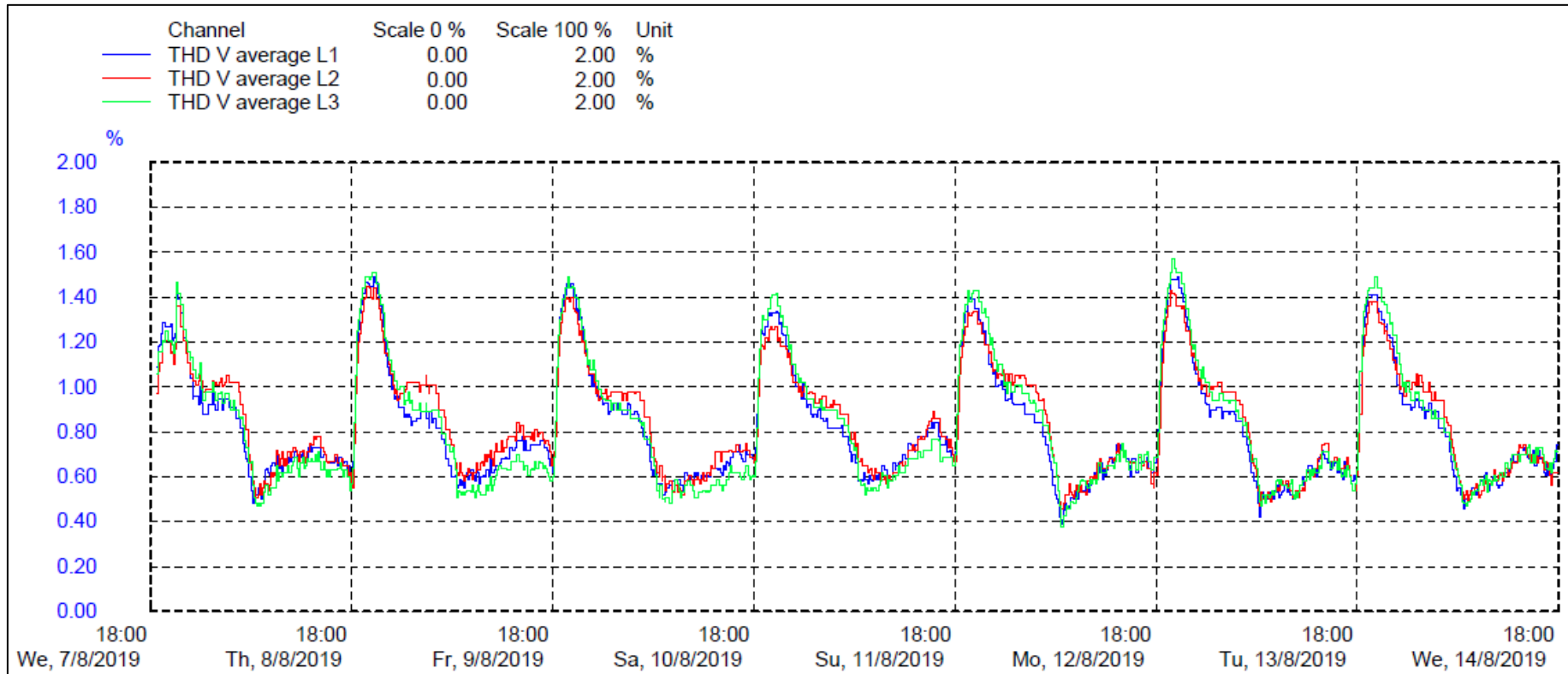


Ilustración 44. THDv - transformador 4
 Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Corriente

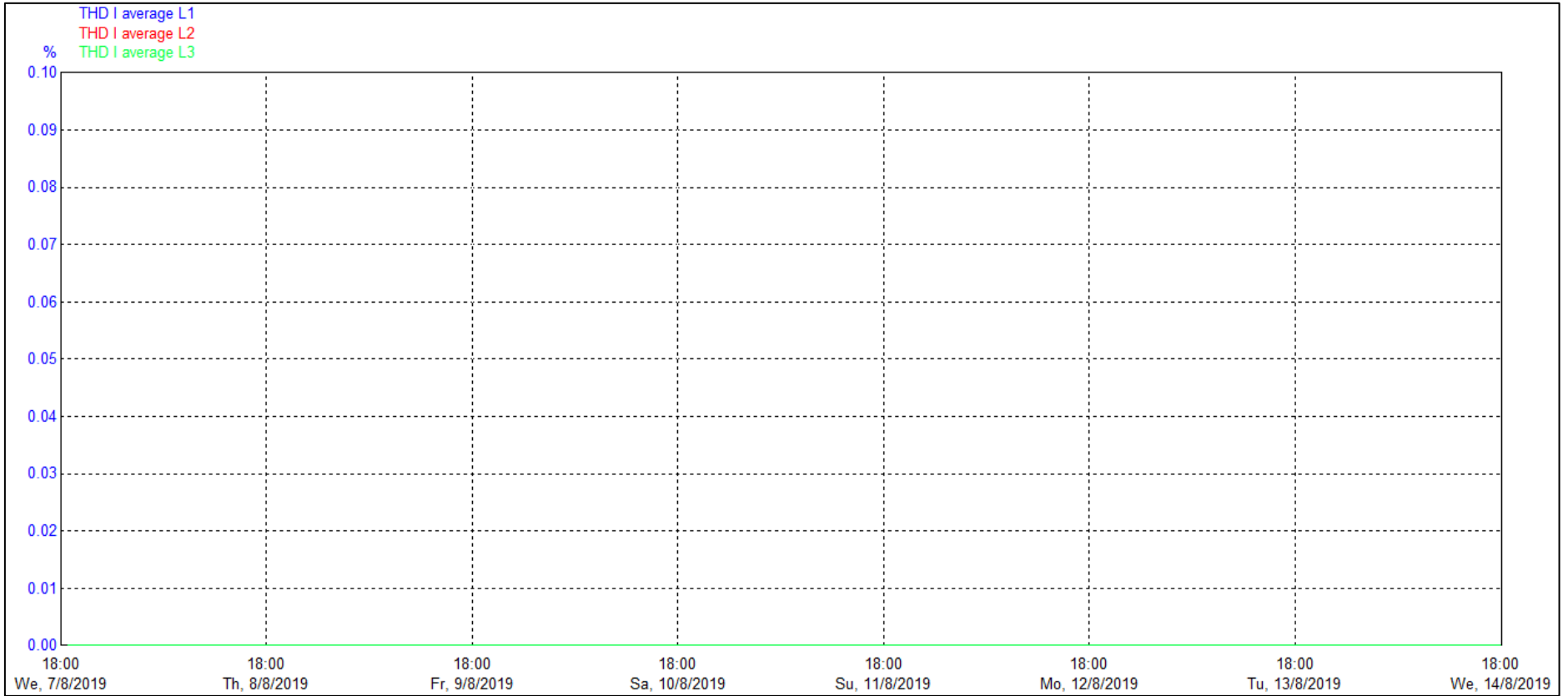


Ilustración 45. Armónicos de corriente transformador 4
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Alteraciones en la tensión de breve duración

Sag

Tabla 34. Análisis de SAG Voltaje -en transformador 4.

Descripción	Voltaje	Unidad
Voltaje nominal F-F	380	V
Voltaje F-N	219,39	V
Voltaje - 1 pu	219,39	V
Voltaje - 0.1 pu	21,94	V
Voltaje - 0.9 pu	197,45	V
Ø	Voltaje mínimo medido	Número de muestras dentro de rango
A	216,71	0%
B	215,15	0%
C	214,34	0%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Swell

Tabla 35. Análisis de Swell en voltaje en transformador 4.

Descripción	Voltaje	Unidad
Voltaje nominal F-F	380	V
Voltaje F-N	219,39	V
Voltaje - 1 pu	219,39	V
Voltaje - 1.1 pu	241,33	V
Voltaje - 1.8 pu	416,84	V
Ø	Voltaje Máximo medido	Número de muestras dentro de rango
A	230,73	0%
B	228,87	0%
C	227,81	0%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En las mediciones efectuadas, no existieron SAG ni SWELL, el voltaje mínimo medido fue de 214.34 V y el máximo de 230.73 V, y estos no se encuentran dentro de los límites establecidos para ser considerados como SAG ni como SWELL, ver Ilustración 46.

Interrupciones

En el transformador 4, durante la semana de análisis no existieron interrupciones, ver Ilustración 46.

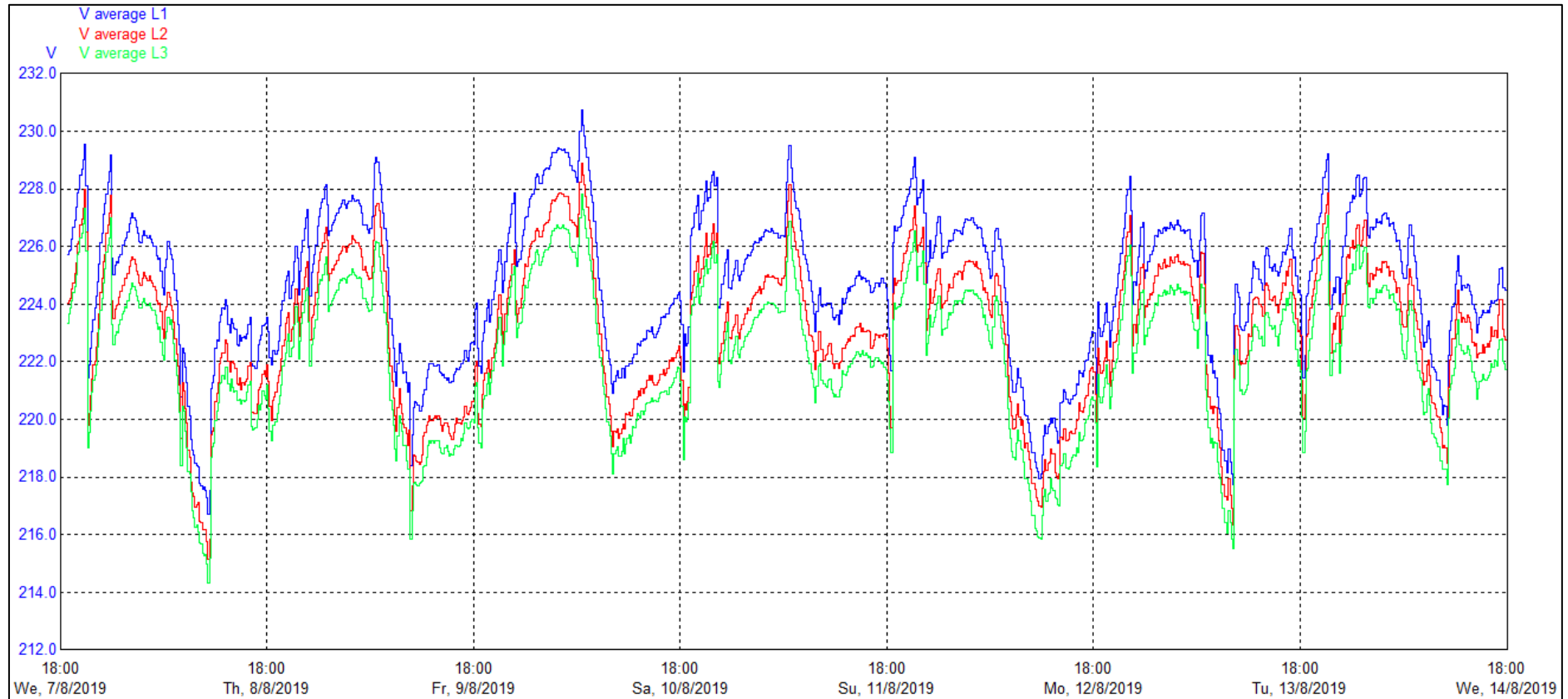


Ilustración 46. Curva de voltaje en L1, L2 Y L3 transformador 4 durante semana de análisis.
Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Flicker

Tabla 36. Análisis de Flicker en transformador 4.

GENERAL			
Limite Pst	1		
Número de muestras	1008		
DESCRIPCIÓN	FASES Ø		
	A	B	C
Número de muestras que superan el límite	0	0	0
% de muestras dentro de límite	100,00%	100,00%	100%
Valor máximo medido	0,00	0,00	0,00
Valor promedio	0,00	0,00	0,00

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Según lo expuesto en la Tabla 36, no existen flicker Pst para ninguna de las fases, por lo tanto el 100 % de las muestras se encuentran dentro del límite solicitado, ver Ilustración 48, además en esta también se observa la ausencia de flicker tipo Plt.

Variación de la frecuencia

En la Tabla 37, se puede observar que la frecuencia medida se mantiene dentro del rango establecido $\pm 1\%$, ver Ilustración 47

Tabla 37. Análisis de la frecuencia en transformador 4

Análisis de frecuencia Frecuencia nominal 60 Hz		
Descripción	Frecuencia mínima	Frecuencia máxima
Admitida	59,40	60,60
Medida	59,95	60,07
Cumple	Si	Si

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Potencia reactiva

El tipo carga registrada en el transformador 4, al realizar la medición se ha determinado potencia reactiva positiva por lo cual se concluye que la carga predominante en este punto de medición es inductiva. Ver Ilustración 42.

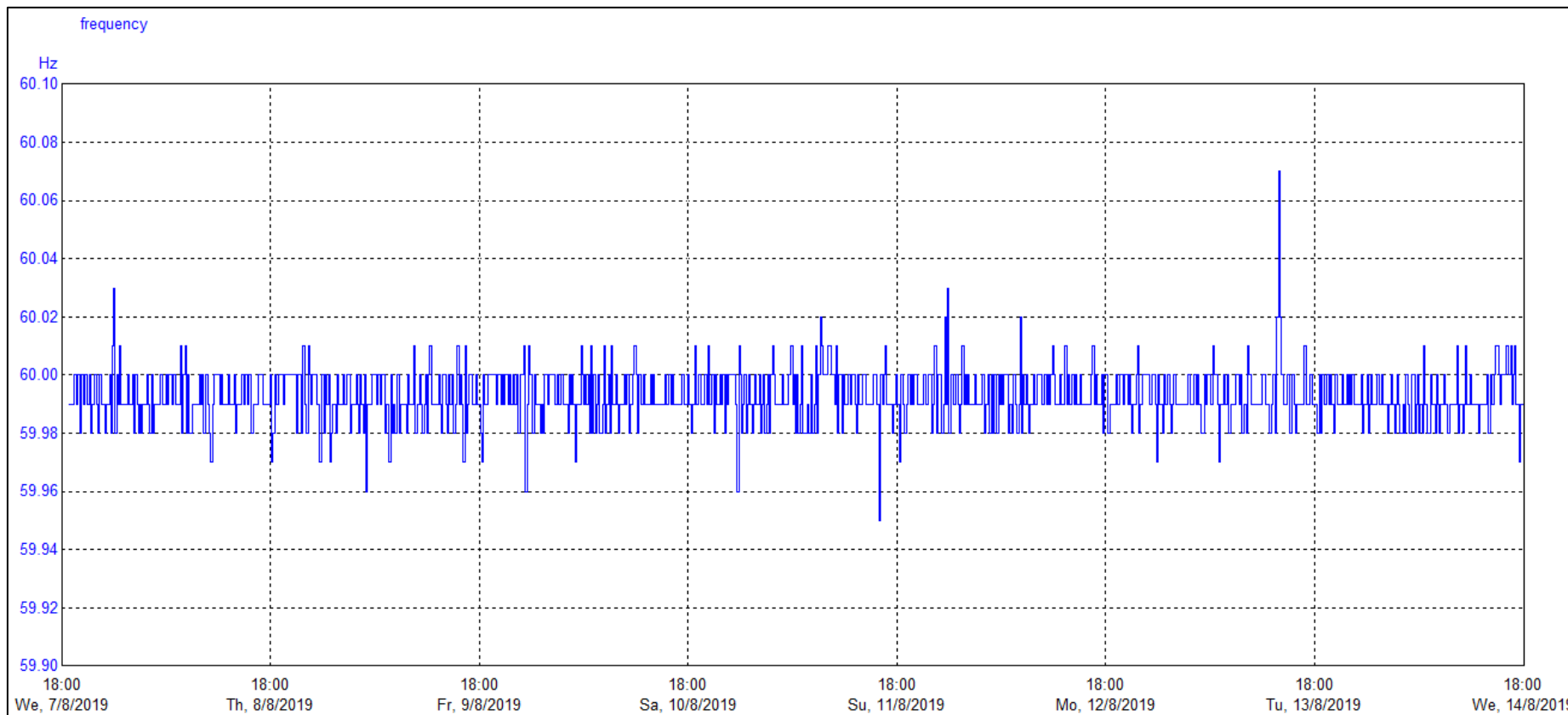


Ilustración 47. Frecuencia transformadora 4.

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

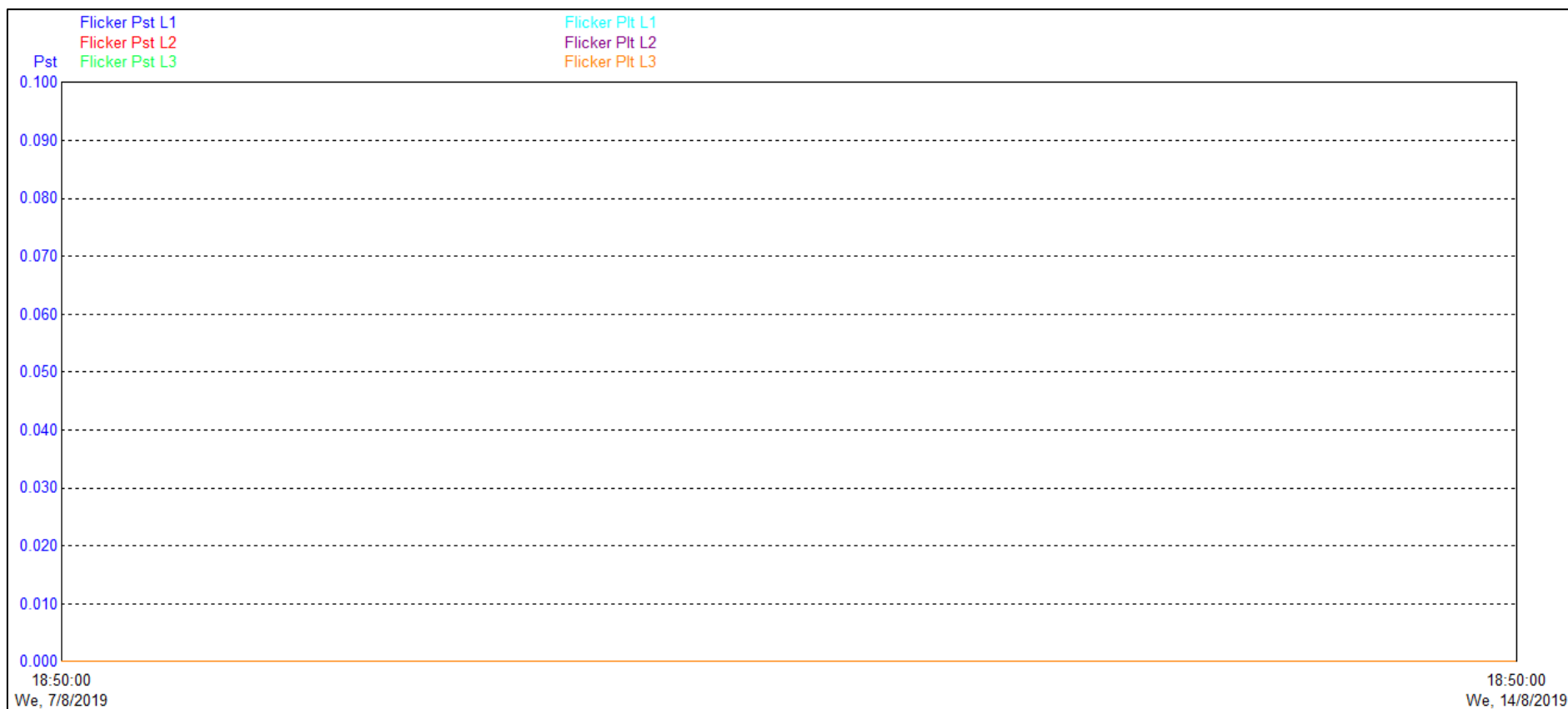


Ilustración 48. Medición de Fliker transformador 4
 Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Se debe mencionar, y en referencia a lo visto en capítulo 2, el transformador 4, solo energiza equipos especiales, los cuales son utilizados acorde a las mediciones solamente 3 veces por semana, y en un intervalo de 10 minutos, por lo cual no se registran Flicker de ningún tipo, al no existir variaciones de carga.

CAPITULO IV

4. Propuesta de mejoras de calidad de energía.

4.1. Planteamiento de soluciones en sistemas de alimentación de energía

Como se expuso, en el capítulo 2 el HOSPITAL ISIDRO AYORA cuenta con dos cámaras de transformación una antigua y otra nueva construida para la repotenciación del hospital, sin embargo, se ha determinado según a los levantamientos y mediciones efectuadas, que la potencia instalada en esta cámara de transformación nueva está sobredimensionada.

Tabla 38. Sobredimensionamiento en transformadores en análisis

Ítem	Potencia Nominal	Potencia máxima medida	Sobredimensionamiento
T2	500 KVA	50 KVA	90%
T3	500 KVA	55 KVA	85%

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

Como se puede observar en la Tabla 38, existe sobredimensionamiento exagerado en los equipos de transformación. A más de ello se debe considerar que en la semana de análisis del transformador T4, se determinó que en la mayoría del tiempo no existió carga, y se debe mencionar que los transformadores 1 y 5 se encuentran apagado y en vacío.

4.1.1. Propuesta:

Al existir dos cámaras de transformación, se cree conveniente la eliminación de la cámara antigua y pasar toda la carga a la nueva cámara del área repotenciada, esto debido a que los equipos instalados en la cámara antigua han cumplido su vida útil.

En la cámara antigua según el levantamiento desarrollado, se encuentran instalados tres transformadores trifásicos, de las siguientes características:

Transformador de 200 KVA

Transformador trifásico a 13800/ 220V, marca ECUATRAN, tipo convencional, su conexión D Y-n5, posee un variador de taps en media tensión, a través de conmutador manual con sus derivaciones de +/-2x2.5% de su voltaje nominal.

Posee una protección de baja tensión a través de un disyuntor termomagnético de 500 A de su capacidad de interrupción, y en media tensión tiene una protección a fallas de tipo interno a través de los seccionadores tipo fusibles monopolares de 100 A, 15 KV con tirafusibles de 15 A de tipo K.

Transformador de 300KVA

El transformador de 300KVA, trifásicos a 13800/220V, marca Ibérica de electricidad, posee una protección en baja tensión a través de un disyuntor termomagnético de 630 A, y en media tensión por medio de seccionadores tirafusibles de 25 A tipo k y tres seccionadores fusibles abierto de 15KV/ 100.

Transformador de 300KVA

Transformador trifásico 13800/220V marca Ecuatran S.A., posee una protección de falla por medio de seccionadores – fusibles monopolares de 100 A para 15 KV con sus tirafusibles de 25A tipo K en media tensión. Y su protección en media tensión a través de un disyuntor termomagnético de 800A de su cavidad de interrupción.

Demanda cámara de transformación antigua

La demanda máxima de las cargas conectadas en esta cámara acorde a investigación realizada por MARÍA ALICIA HOYOS VÁSQUEZ. Y LEONARDO PAÚL MALDONADO PINZÓN, se tienen 292 KVA, por lo tanto, la cámara de transformación nueva está en capacidad de suplir esta carga sin complicaciones.

4.2. Planteamiento de soluciones reducción de consume de energía, a través de mejoras a la calidad.

Actualmente el HOSPITAL ISIDRO AYORA, en su área repotenciada, cumple con los parámetros y normas en referencia a calidad de energía, sin embargo, se observaron armónicos de corriente sumamente elevados en el transformador 2, esto debido a que

a este transformador se tienen conectados varios equipos electrónicos. Además, se observa un leve incremento de armónicos de voltaje en periodos de 18h00 a 23h00, esto debido a que en este periodo semana tiene encendida la iluminación en el hospital.

4.2.1. Propuesta:

Para los armónicos de corriente es necesario se realicen los analices a través de consultoría con la finalidad de instalar los filtros adecuados y reducir este tipo de armónicos.

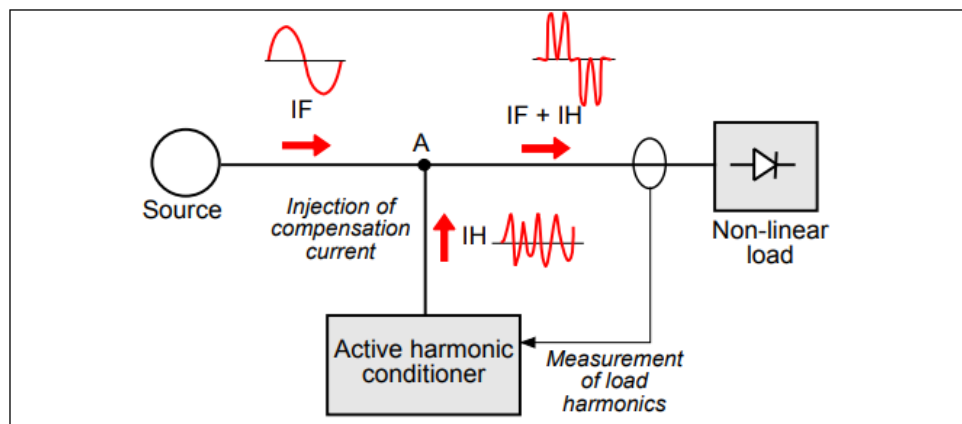


Ilustración 49. Instalación de acondicionar de armónico activo
 Fuente: (SCHNEIDER -Pierre ANDREANI, 2019)

Acondicionador Armónico activo

El funcionamiento básico de este tipo de acondicionadores, se incluye con un sensor de corriente, conversión analógica/digital de las mediciones de corriente y cálculo en tiempo real del espectro armónico. Esta información ingresa al inversor para la compensación de los órdenes de armónicos individuales.

La fuente alimenta exclusivamente el componente fundamental (IF) de la corriente de carga. Ver Ilustración 49.

El acondicionador activo mide en tiempo real los armónicos (IH) producidos por la carga y los alimenta. Aguas arriba del punto A (ver Ilustración 49), donde se ha conectado el acondicionador, la corriente fundamental IF no se eleva, y aguas abajo la carga obtiene la alimentación de la corriente no lineal IF + IH.

Modos de instalación

El acondicionador deberá conectarse en paralelo en el mismo punto de la instalación. Es el modo de aumentar la capacidad de acondicionamiento de armónicos o la disponibilidad del sistema. Para esto, se necesita un único conjunto de sensores en el circuito acondicionado y se utiliza una conexión por cable para enviar las mediciones de la corriente de carga a los distintos acondicionadores. Si un acondicionador se cierra, los acondicionadores restantes siguen acondicionando los armónicos, dentro de los límites de su capacidad de acondicionamiento nominal.

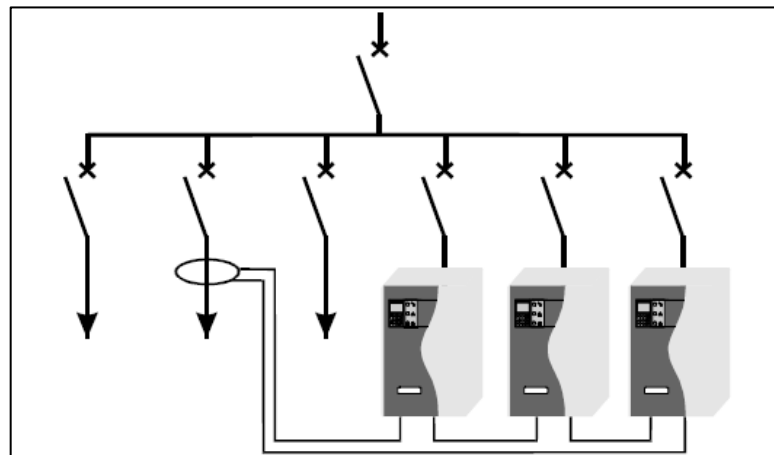


Ilustración 50. Modo de instalación acondicionares en paralelo.
 Fuente: (SCHNEIDER -Pierre ANDREANI, 2019)

En el HOSPITAL ISIDRO AYORA, se deberá sensar la corriente a la salida de los transformadores, y el acondicionamiento se deberá instalar en los tableros principales como se muestra en la Ilustración 51.

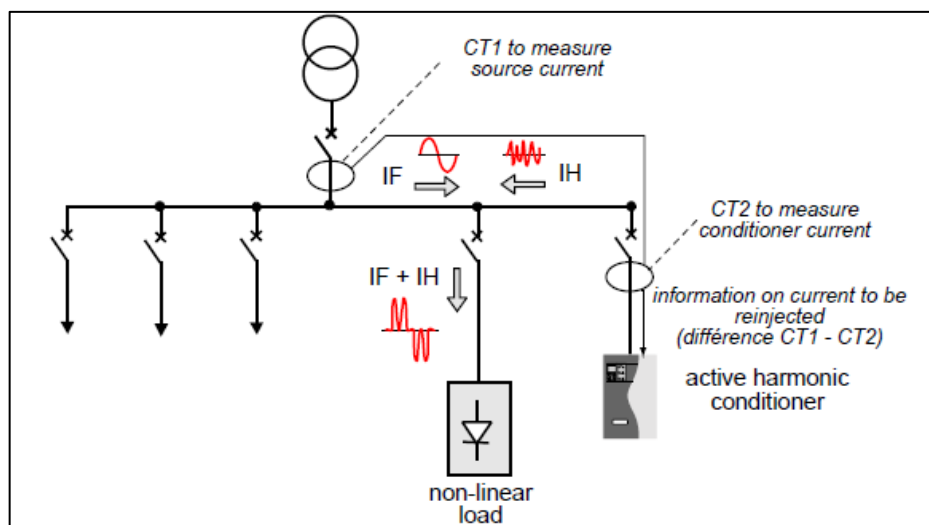


Ilustración 51. Tipo de instalación a utilizar e HIAL.
 Fuente: (SCHNEIDER -Pierre ANDREANI, 2019)

En cuanto a armónicos de voltaje, acorde a los levantamientos realizados en el hospital, actualmente se encuentran instaladas luminarias tipo LED, por lo cual no es necesario realizar cambios, sin embargo, se debe implantar un plan de eficiencia energética en el cual se debe identificar lugares con mayor y menor necesidad de iluminación.

4.3. Análisis técnico económico de propuestas

Las propuestas planteadas se establecen de la siguiente manera:

- Pasar la carga de la cámara de transformación antigua hasta la cámara de transformación nueva, por finalización de vida útil. Además, que en la cámara nueva existen equipos de generación como respaldo.
- Instalación de acondicionador de armónicos a la salida de transformadores previo a nuevo análisis de calidad de energía una vez incrementada la carga de la cámara antigua.

Tabla 39. Presupuesto básico para implantación de mejoras en HIAL.

PRESUPUESTO					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PASO DE CARGA DE CÁMARA ANTIGUA A NUEVA				
1.1.	Instalación de tablero de distribución 3f, incluye breakers tipo caja moldeada, además de medidor de energía	u	3,00	\$ 3.500,00	\$ 10.500,00
1.2.	Suministro de conductor en configuración CO0-0P3x2/0(2/0), incluye tendido, regulado y conectorización	ml	240,00	\$ 21,60	\$ 5.184,00
1.3	Desmontaje de cámara de transformación antigua.	u	1,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
1.4	Desarrollo de ingeniería, incluye mano de obra y planos AS BUILT	u	1,00	\$ 3.536,80	\$ 3.536,80
Subtotal [1]					\$ 21.220,80
2	INSTALACIÓN DE ACONDICIONADOR DE ARMÓNICOS				
2.1	Desarrollo de auditoría en calidad de energía, incluye capacitación para personal de mantenimiento.	u	1	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00
2.2	Suministro e instalación de equipo acondicionador de armónicos, incluye tablero de alojamiento y configuración de parámetros	u	3	\$ 13.700,00	\$ 41.100,00
2.3	Suministro y capacitación de equipo de análisis de calidad de energía para personal de mantenimiento.	u	1	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00
Subtotal [1]					\$ 59.100,00
TOTAL [1] + [2]					\$ 80.320,80

Fuente: (Salinas Quezada, 2019)

En referencia a la Tabla 39, se obtiene un presupuesto de USD 80.320,80, a esto se debe incrementar valor de utilidades e indirectos por al menos el 20% del valor presupuestado.

CAPITULO V

5. Conclusiones y recomendaciones.

5.1. Conclusiones

- La calidad de energía en el HOSPITAL ISIDRO AYORA de la ciudad de Loja, se encuentra adecuada, es decir acorde a los límites establecidos por normativa, sin embargo, es necesario tomar los correctivos necesarios en cuanto a distorsión de armónico de corriente.
- La revisión y análisis del sistema eléctrico del HOSPITAL ISIDRO AYORA permitió identificar, que equipos de potencia como transformadores de distribución se encuentran subutilizados, y es sumamente necesario establecer correctivos.
- Es necesario que el HOSPITAL ISIDRO AYORA, realice las adecuaciones necesarias con la finalidad de que la carga del hospital sea tomada de una sola cámara de transformación. Debido a que en cámara de transformación antigua se identificaron equipos que cumplieron su vida útil, además de que en la cámara nueva se cuenta con la potencia necesaria, además de que esta se encuentra respaldada por equipos de generación.
- Esta investigación permitió identificar las normativas necesarias internacionales aplicables para este tipo de instalaciones.
- Con la presente investigación, en cuanto a su área repotenciada, se presenta el diagrama unifilar actualizado, con lo cual el personal de mantenimiento podrá ejecutar los mantenimientos correctivos y preventivos necesarios, realizando para esto las maniobras necesarias y adecuadas.
- El levantamiento de equipos eléctricos y electrónicos, permitió identificar el tipo de elementos conectados en el transformador 2 y 3, por lo cual es la base para realizar un plan de eficiencia energética dentro del hospital.

5.2. Recomendaciones

- Una vez realizado el traspaso de carga, se recomienda realizar una auditoría energética nueva con la finalidad de verificar el impacto generado por la incorporación de la nueva carga.
- El equipo de mantenimiento del hospital, debe contar con el equipamiento y las capacitaciones necesarias, con la finalidad de mantener los parámetros de calidad de energía dentro de lo indicado por las normativas. Dentro de este personal se debe establecer un delegado responsable de la calidad de energía del sistema eléctrico.
- Es necesario llevar controles anuales de medición de calidad de energía en las instalaciones, con la finalidad de evitar variaciones que lleven a incumplimientos con la normativa.
- Se debe implantar un plan de mantenimiento mensual, a ejecutarse en las cámaras de transformación, con la finalidad de evitar inconvenientes por acumulación de partículas de polvo en estos equipos.

CAPITULO VI

6. Referencias bibliográficas

- 1 ENRÍQUEZ, G. H. (1999). *El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica*. Mexico: Limusa.
- Beltran, F. (2005). Análisis de las variaciones rápidas de voltaje como calidad de la energía eléctrica. Mexico D.F.: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
- DUGAN, R. M. (s.f.).
- EERSSA. (24 de 08 de 2019). *Empresa Eléctrica Regional del Sur*. Obtenido de EERSSA: www.eerssa.gob.ec
- ELSTER. (01 de 01 de 2019). *Elster Solutions*. Obtenido de <https://www.elstersolutions.com/en/product-details-all-regions>
- FLUKE. (26 de 08 de 2019). *FLUKE*. Obtenido de <https://www.fluke.com/en-us/search/fluke/?query=1744>
- Google. (10 de 10 de 2019). *Google Maps*. Obtenido de Maps: <https://www.google.com/maps/@-3.9936439,-79.2056973,18z>
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. (2007). IEEE Std 602. *Sistemas eléctricos en instalaciones para el cuidado de la salud*.
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. (2009). IEEE -1159 : Práctica recomendada por IEEE para monitorear la calidad de la energía eléctrica. IEEE.
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y electrónicos. (2014). IEEE-519. *Requisitos para el control de armónicos en sistemas de energía eléctrica*.
- International Electrotechnical Commission. (2002). IEC6100. *Descripción de los fenómenos electromagnéticos y el entorno electromagnético*.
- KAI. GIEN. (2009). CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA. Obtenido de <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/calidad.pdf>
- lopez, M. V. (2004). Normalización Nacional del CEM. *Meteorología boletín informativo*.
- Márquez, R. G. (1991). *LA PUESTA A TIERRA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y EL RAT*. Barcelona: MARCOMBO.
- Salinas Quezada, C. A. (2019). levantamiento de información Hospital Isidro Ayora de Loja. Loja, Ecuador.
- Sánchez , C. (2009). Calidad de la Energía Electrica. Puebla, México.
- SCHNEIDER. (10 de 08 de 2019). *Schneider-Electric*. Obtenido de <https://download.schneider-electric.com>

SCHNEIDER -Pierre ANDREANI. (10 de 10 de 2019). *SCHNEIDER ELECTRIC* _ . Obtenido de ELIMINACIÓN DE ARMOMNICOS EN LA RED: <https://www.se.com/co/es/product-range-download>

ANEXOS

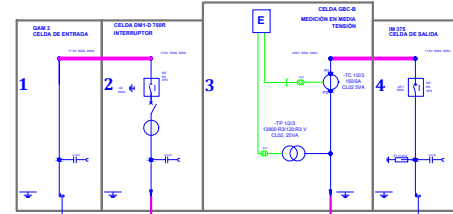
ANEXO 1. DIAGRAMA UNIFILAR Y PLANOS DE IMPLANTACIÓN

HOSPITAL ISIDRO AYORA

DIAGRAMA UNIFILAR

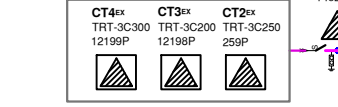
Empresa Electrica Regional del Sur S.A.
RED DE MEDIA TENSION Trifasica 13.800 V
Alimentador Primario 01-13 HOSPITAL

CAMARA GENERAL DE MEDICION
Y PROTECCION ELECTRICA
EU0-OCN_B
178136



CONTADOR DE ENERGIA
Nro. 33502
CT 50/5
Vf 50/5000
MARCA: ELSTER
TIPO: ALBIO
MODELO: A 1830SL 5200

CAMARA GENERAL EN MEDIA TENSION DE MEDICION Y PROTECCION			
NRO	CODIGO MEER	DESCRIPCION	TIPO DE CELDA
1		GAM2	REMONTÉ
2	SST-3E2_630M95	DM1-D 750 R	INTERRUPTOR
3		GBC-A 750 R	MEDICION
4		IM375	SECCIONAMIENTO

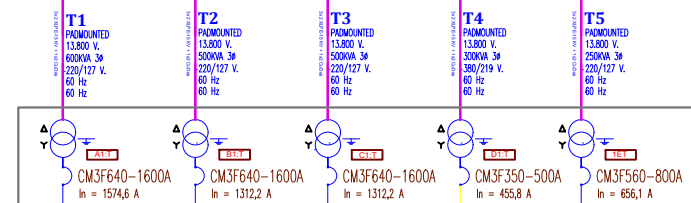
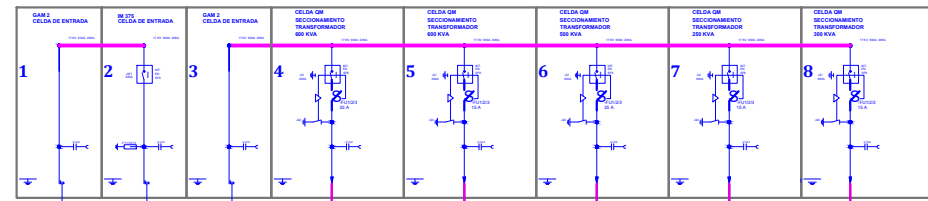


CAMARA DE TRANSFORMACION EXISTENTE

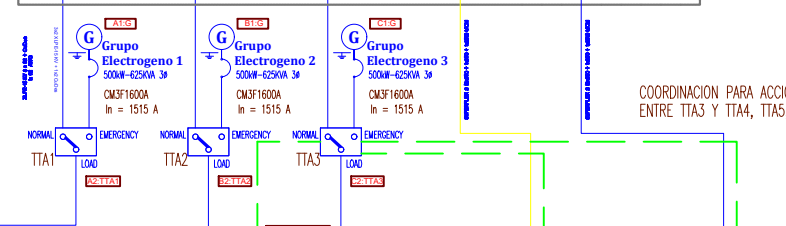
CAMARA DE DISTRIBUCION EN MEDIA Y BAJA TENSION, TRANSFORMACION, Y GENERACION			
NRO	CODIGO MEER	DESCRIPCION	TIPO DE CELDA
1		GAM2	REMONTÉ
2		IM 375	SECCIONAMIENTO
3		GAM2	REMONTÉ
4	SST-3E6_630M95	QM	SECCIONAMIENTO/PROTECCION
5		QM	SECCIONAMIENTO/PROTECCION
6		QM	SECCIONAMIENTO/PROTECCION
7		QM	SECCIONAMIENTO/PROTECCION
8		QM	SECCIONAMIENTO/PROTECCION

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION					
NRO	CODIGO MEER	DESCRIPCION	NUMERO EERSSA	MARCA	NUMERO DE SERIE
1	TUT-3P600	3F-600 kVA, Malla, 13.8/7.69 kV; 220/127 V, 60 Hz	18268P	ECUATRAN	1258813
2	TUT-3P500	3F-500 kVA, Malla, 13.8/7.69 kV; 220/127 V, 60 Hz	18240P	ECUATRAN	1257913
3	TUT-3P500	3F-500 kVA, Radial, 13.8/7.69 kV; 220/127 V, 60 Hz	18241P	ECUATRAN	1299514
4	TUT-3P300	3F-300 kVA, Radial, 13.8/7.69 kV; 220/127 V, 60 Hz	18242P	ECUATRAN	1299714
5	TUT-3P250	3F-250 kVA, Radial, 13.8/7.69 kV; 220/127 V, 60 Hz	18243P	ECUATRAN	1299414
6	TUT-3D150	3F-150 kVA, SECO, 220/380 V, 60 Hz	18244P	ECUATRAN	1300114

CAMARA DE TRANSFORMACION, DISTRIBUCION
PRINCIPAL
SECUNDARIA Y GENERACION ELECTRICA
EU0-OCN_C
178137

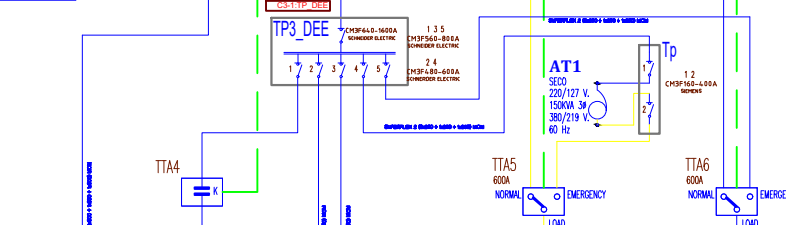


NIVEL 1 BT:
TRANSFORMACION / GENERACION

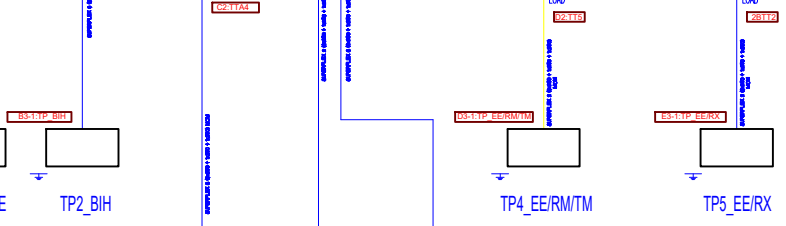


COORDINACION PARA ACCIONAMIENTO
ENTRE TTA3 Y TTA4, TTA5, TTA6

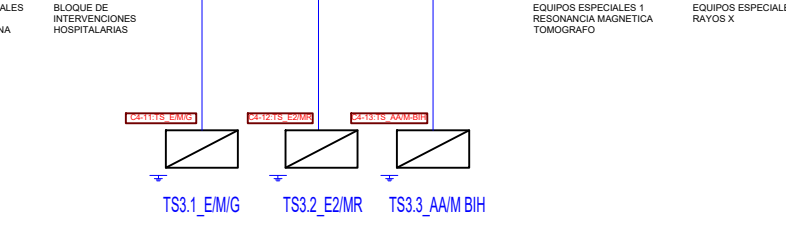
NIVEL 2 BT:
TABLEROS DE TRANSFERENCIA Y
RECONEXION



NIVEL 3 BT:
TABLEROS DE DISTRIBUCION PRINCIPAL



NIVEL 4 BT:
TABLEROS DE DISTRIBUCION SECUNDARIA



EQUIPOS
- RBE
- MECANICO
GENERAL

EQUIPOS 2
- ASCENSOR
- COMPRESOR DE AIRE
- BOMBA DE VACIO
- BOMBA DE COMBUSTIBLE
MECANICO RESPALDO

AREA ACONDICIONADO
MECANICO
BLOQUE DE INTERVENCIONES
HOSPITALARIAS

EQUIPOS ESPECIALES 1
RESONANCIA MAGNETICA
TOMOGRAFIA

EQUIPOS ESPECIALES 2
RAYOS X

¡Se debe observar el copyright según DIN 34!

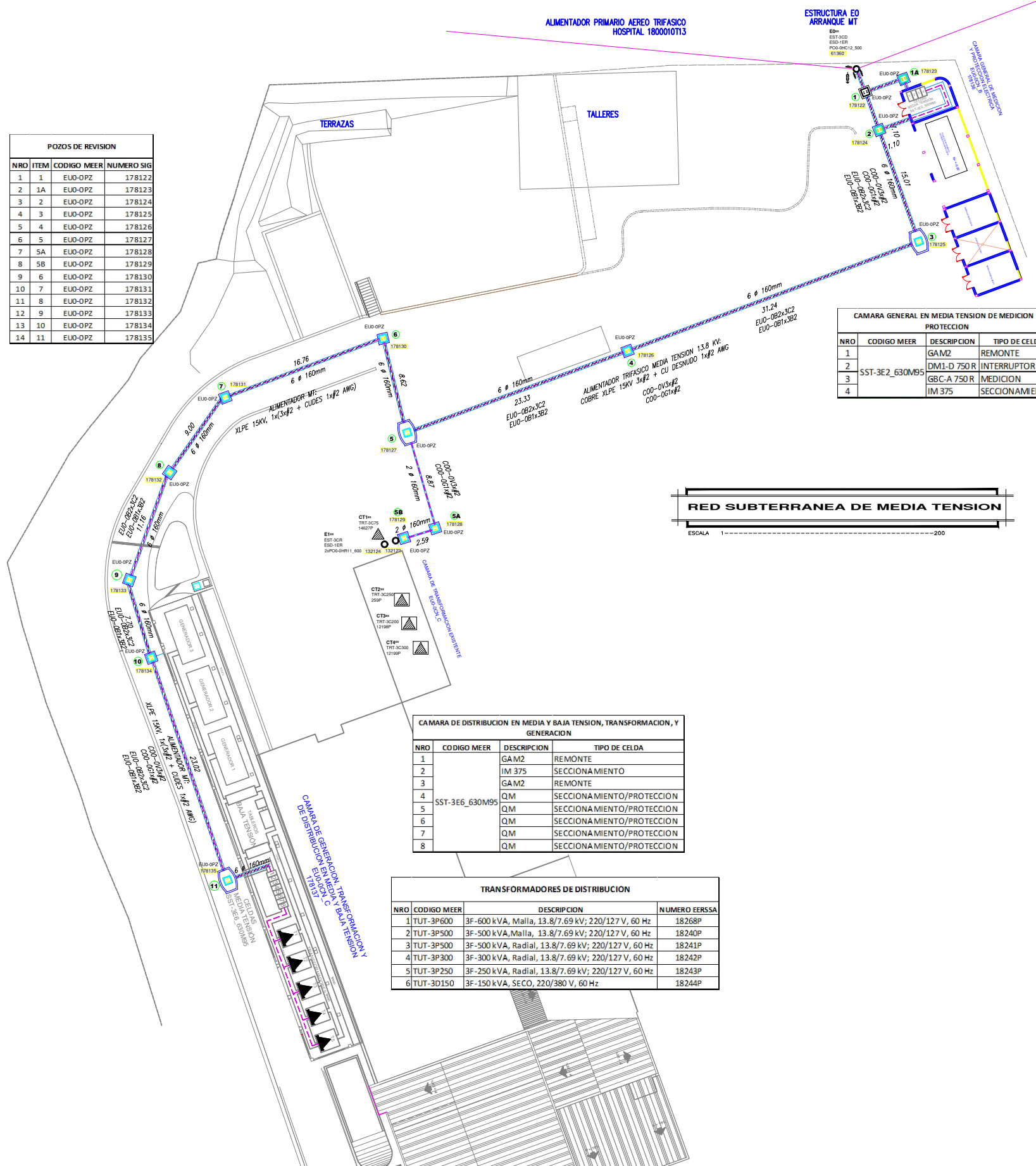
Fecha	10/10/2019		
Dibujado	C. Salinas		
Diseno	C. Salinas		
R. Modificación	Fecha	Nom.	Aprobado



HOSPITAL ISIDRO AYORA
DIAGRAMA UNIFILAR
Esquemas Eléctricos

HOSPITAL ISIDRO AYORA

¡Se debe observar el copyright según DIN 34!



POZOS DE REVISION			
NRO	ITEM	CODIGO MEER	NUMERO SIG
1	1	EU0-OPZ	178122
2	1A	EU0-OPZ	178123
3	2	EU0-OPZ	178124
4	3	EU0-OPZ	178125
5	4	EU0-OPZ	178126
6	5	EU0-OPZ	178127
7	5A	EU0-OPZ	178128
8	5B	EU0-OPZ	178129
9	6	EU0-OPZ	178130
10	7	EU0-OPZ	178131
11	8	EU0-OPZ	178132
12	9	EU0-OPZ	178133
13	10	EU0-OPZ	178134
14	11	EU0-OPZ	178135

CAMARA GENERAL EN MEDIA TENSION DE MEDICION Y PROTECCION			
NRO	CODIGO MEER	DESCRIPCION	TIPO DE CELDA
1		GAM2	REMONTE
2	SST-3E2_630M95	DM1-D 750 R	INTERRUPTOR
3		GBC-A 750 R	MEDICION
4		IM 375	SECCIONAMIENTO

CAMARA DE DISTRIBUCION EN MEDIA Y BAJA TENSION, TRANSFORMACION, Y GENERACION			
NRO	CODIGO MEER	DESCRIPCION	TIPO DE CELDA
1		GAM2	REMONTE
2		IM 375	SECCIONAMIENTO
3		GAM2	REMONTE
4	SST-3E6_630M95	QM	SECCIONAMIENTO/PROTECCION
5		QM	SECCIONAMIENTO/PROTECCION
6		QM	SECCIONAMIENTO/PROTECCION
7		QM	SECCIONAMIENTO/PROTECCION
8		QM	SECCIONAMIENTO/PROTECCION

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION			
NRO	CODIGO MEER	DESCRIPCION	NUMERO EERSSA
1	TUT-3P600	3F-600 kVA, Malla, 13.8/7.69 kV; 220/127 V, 60 Hz	18268P
2	TUT-3P500	3F-500 kVA, Malla, 13.8/7.69 kV; 220/127 V, 60 Hz	18240P
3	TUT-3P500	3F-500 kVA, Radial, 13.8/7.69 kV; 220/127 V, 60 Hz	18241P
4	TUT-3P300	3F-300 kVA, Radial, 13.8/7.69 kV; 220/127 V, 60 Hz	18242P
5	TUT-3P250	3F-250 kVA, Radial, 13.8/7.69 kV; 220/127 V, 60 Hz	18243P
6	TUT-3D150	3F-150 kVA, SECO, 220/380 V, 60 Hz	18244P

SIMBOLOGIA	
	ALIMENTADOR MEDIA TENSION XLPE 15KV 3x#2 + CuDes1x#2 AWG COO-0V3x#2 / COO-0G1x#2
	POZO DE REVISION TIPO B TIPO EU0-OPZ - MEER
	POZO DE REVISION TIPO A, VEHICULAR TIPO EU0-OPZ - MEER
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL TRIFASICO EXISTENTE, INSTALADO EN CAMARA
	TRANSFORMADOR PEDESTAL TRIFASICO NUEVO, INSTALADO EN CAMARA
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL TRIFASICO EXISTENTE, INSTALADO EN POSTE
	BANCO DE DUCTOS

ANEXO 2. CARACTERÍSTICAS MEDIDOR ELECTRÓNICO

Tabla 40. Características técnicas equipo de medición

<i>ítem</i>	<i>Característica</i>	<i>Descripción</i>
1	Marca	ELSTER
2	Tipo	A1800
3	Modelo	A1830 RL s200
4 GENERALES		
4.1	Precisión	Energía Activa: 0.2 % IEC62053-22 Energía Reactiva: 2.0 % IEC62053-23
4.2	Frecuencia	Nominal: 50 Hz o 60 Hz +- 5%
4.3	Tensión máxima	Continuo hasta 528 VAC
4.4	Rango de temperatura	- 40°C a + 85 °C en el interior de la cubierta del medidor -40 °C a + 60 °C en el exterior
4.5	Rango de humedad	0% a 100 % no condensado
4.6	Precisión del reloj interno	Mejor que 0.5 segundos/ día (mientras esté energizado)
4.7	Protección mecánica	IP 54 enclosure, UV- protección
5 ESPECIFICAS		
5.1	Número de parte	ZE3KL4R01L5-05
5.2	Servicio (3)	3 fases, 4 conductores, wye
5.3	Prueba de amperios y cableado (K)	Cableado Secuencial
5.4	Panel principal y opciones de enlace de voltaje (L)	Sin opciones de placa principal (256 KB de memoria)
5.5	Relés y memoria extendida (4)	4 relés sin memoria extendida
5.6	Opciones de comunicaciones (R0)	1 puerto: RS-232/485
5.7	Opciones misceláneas (1)	Tapa de terminal larga, puerto óptico ANSI, batería TOU
5.8	Opciones de medición (L5)	Vatios, var, perfil de carga, TRueQ

Fuente: (ELSTER, 2019)

La conexión del equipo de medición, se efectúa de acuerdo a lo que se observa en la Ilustración 52, considerando la utilización de TC's y TP's. ver Ilustración 52.

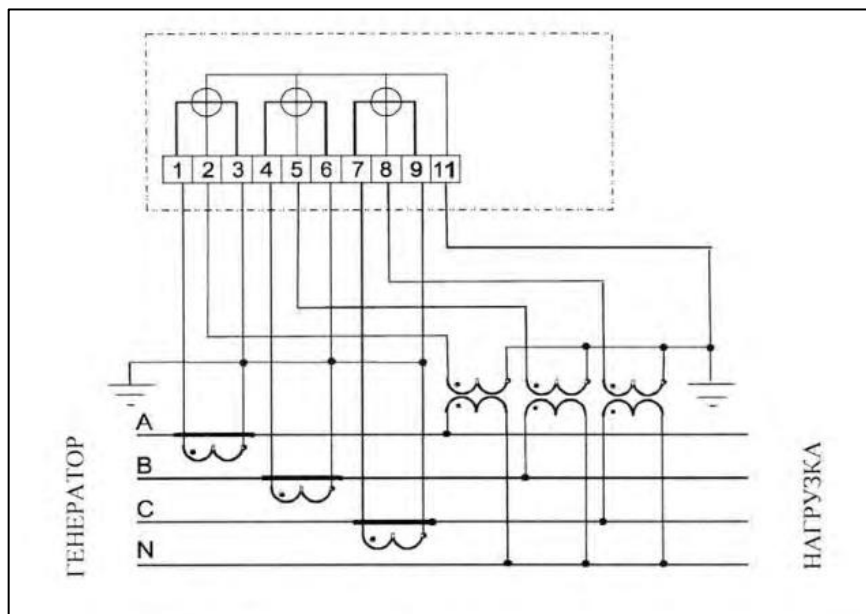


Ilustración 52. Conexión equipo de medición
Fuente: (ELSTER, 2019)

ANEXO 3. GRÁFICAS DE CALIDAD DE ENERGÍA

Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 50/60Hz F1744, Número de serie: 20891CA/W1
Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_TRT2_500_datos.PQL
Función de medición A (230 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
Line:
Transformer: TRT_3P500 S/# 1257913
Reference: 18240P
Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
PF total	-0.930	0.980	
Cos Phi total	-0.930	0.980	

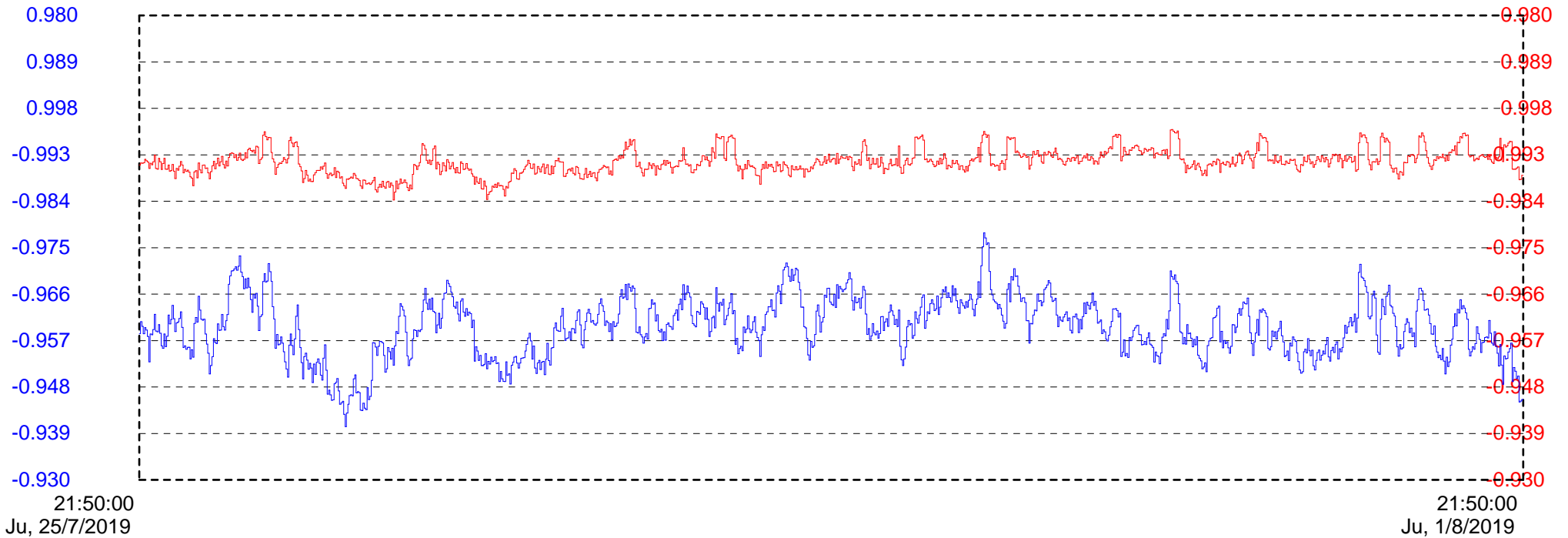


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 50/60Hz F1744, Número de serie: 20891CA/W1
 Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_TRT2_500_datos.PQL
 Función de medición A (230 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
 Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
 Line:
 Transformer: TRT_3P500 S/# 1257913
 Reference: 18240P
 Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
P total medio	-10.00	55.00	kW
Q total medio	-10.00	55.00	kVar
S total medio	-10.00	55.00	kVA
D total medio	-10.00	55.00	kVA

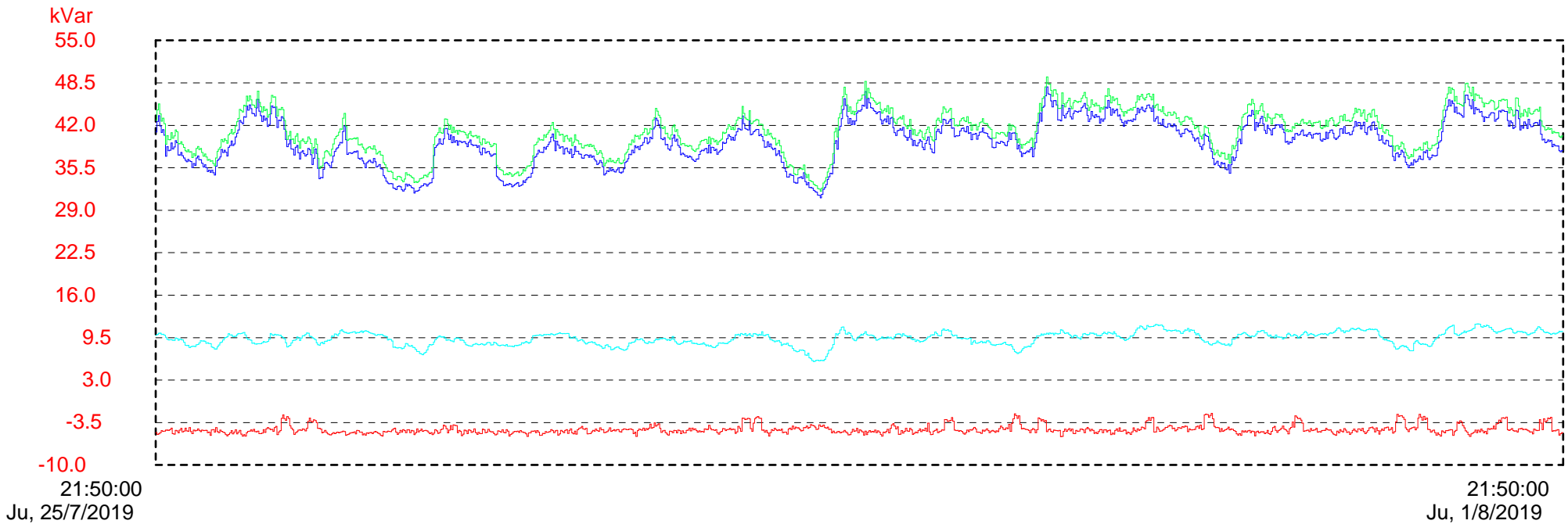


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 50/60Hz F1744, Número de serie: 20891CA/W1
Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_TRT2_500_datos.PQL
Función de medición A (230 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
Line:
Transformer: TRT_3P500 S/# 1257913
Reference: 18240P
Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
THD I medio L1	0.00	350.00	%
THD I medio L2	0.00	350.00	%
THD I medio L3	0.00	350.00	%
THD I medio N	0.00	350.00	%

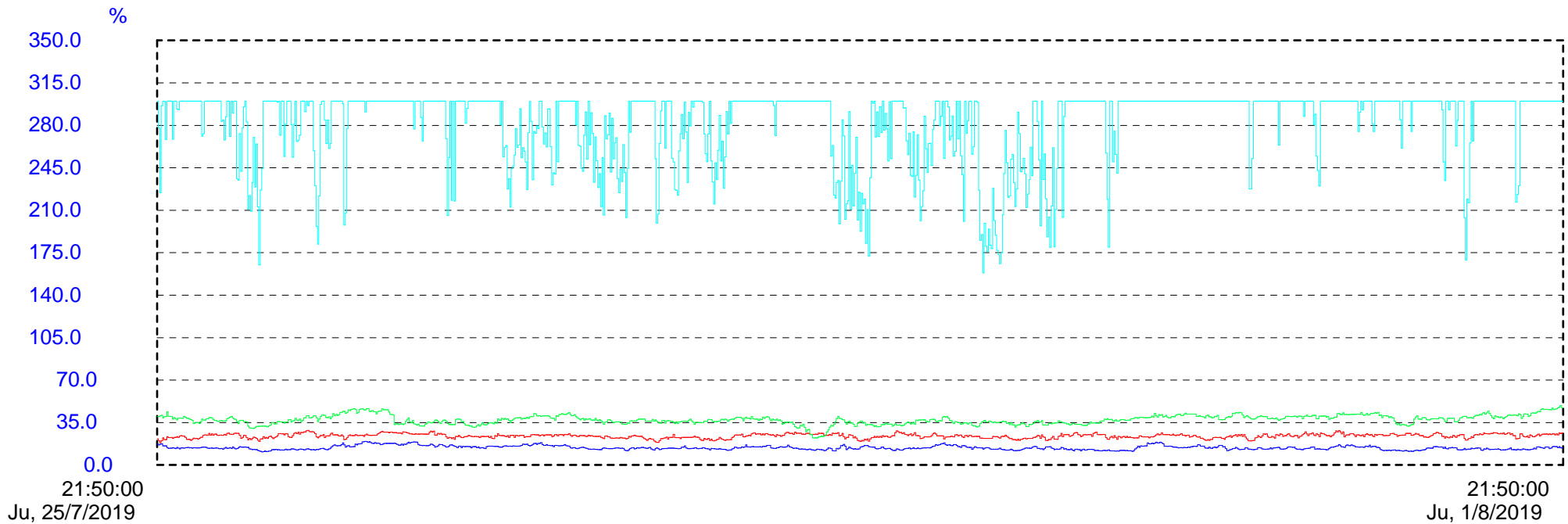


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 50/60Hz F1744, Número de serie: 20891CA/W1
 Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_TRT2_500_datos.PQL
 Función de medición A (230 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
 Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
 Line:
 Transformer: TRT_3P500 S/# 1257913
 Reference: 18240P
 Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
Flicker Pst L1	0.000	1.200	Pst
Flicker Pst L2	0.000	1.200	Pst
Flicker Pst L3	0.000	1.200	Pst
Flicker Plt L1	0.000	1.200	Plt
Flicker Plt L2	0.000	1.200	Plt
Flicker Plt L3	0.000	1.200	Plt

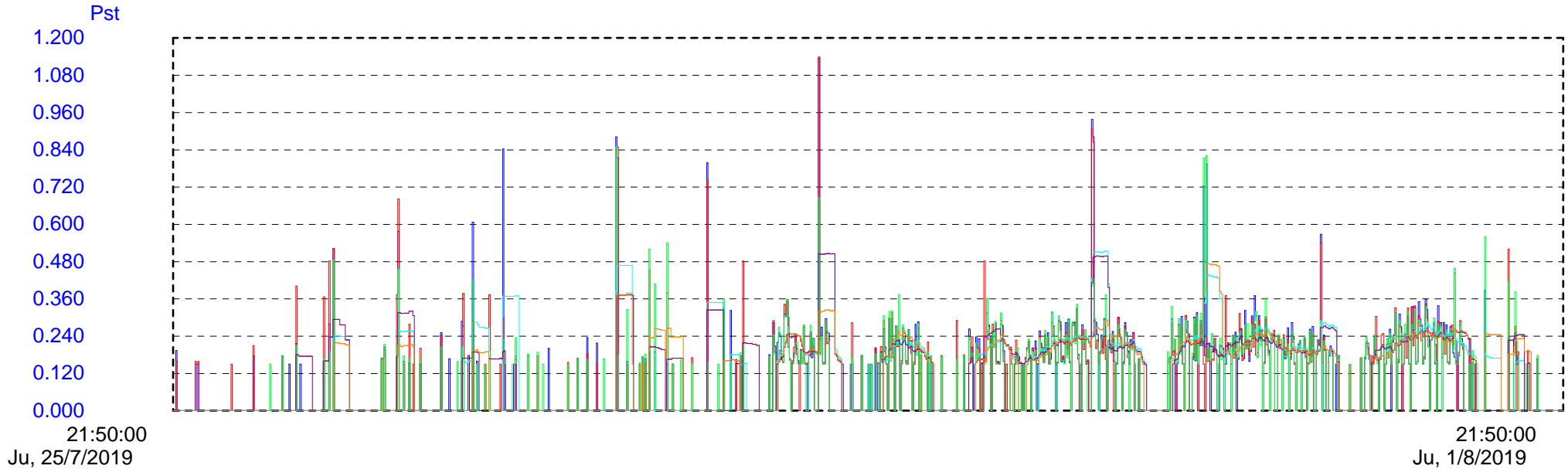


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 50/60Hz F1744, Número de serie: 20891CA/W1
 Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_TRT2_500_datos.PQL
 Función de medición A (230 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
 Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
 Line:
 Transformer: TRT_3P500 S/# 1257913
 Reference: 18240P
 Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
THD V medio L1	0.50	1.80	%
THD V medio L2	0.50	1.80	%
THD V medio L3	0.50	1.80	%



Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 230V 60Hz EP0494A, Número de serie: 976170B/U4
Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_TRT3_500_datos.PQL
Función de medición A (230 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
Line:
Transformer: TRT_3P500 S/# 1299514
Reference: 18241P
Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
P total máx	10.00	68.00	kW
Q total máx	10.00	68.00	kVar
S total máx	10.00	68.00	kVA
D total máx	10.00	68.00	kVA

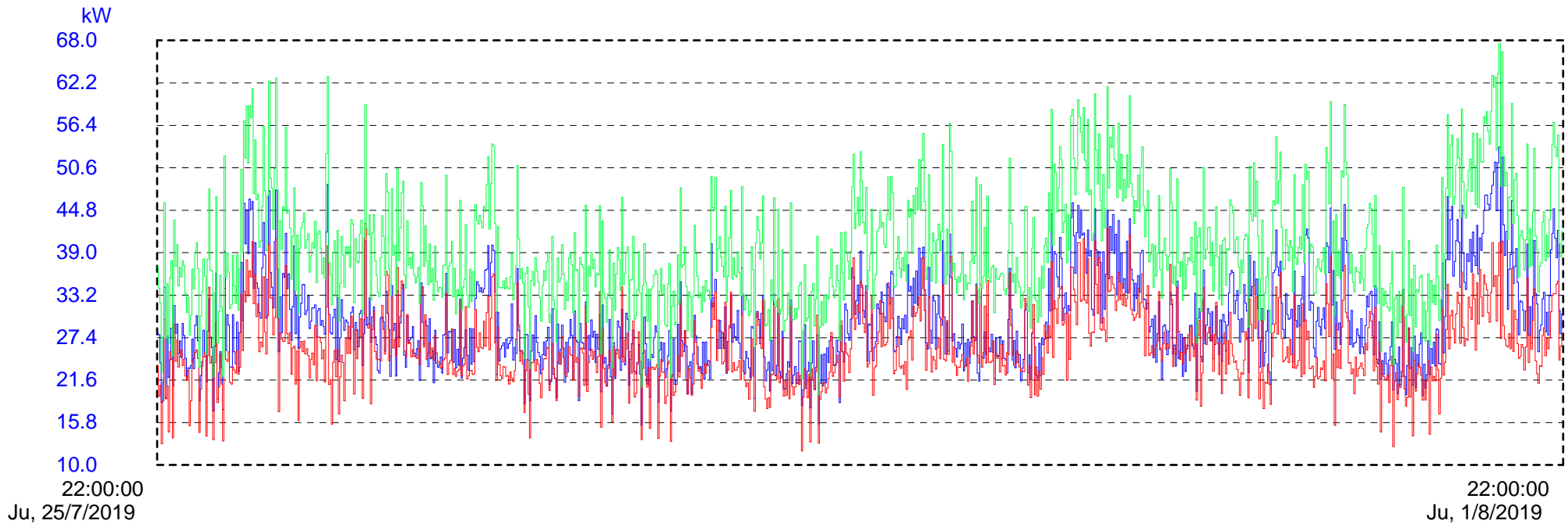


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 230V 60Hz EP0494A, Número de serie: 976170B/U4
Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_TRT3_500_datos.PQL
Función de medición A (230 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
Line:
Transformer: TRT_3P500 S/# 1299514
Reference: 18241P
Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
THD V máx L1	0.00	3.50	%
THD V máx L2	0.00	3.50	%
THD V máx L3	0.00	3.50	%

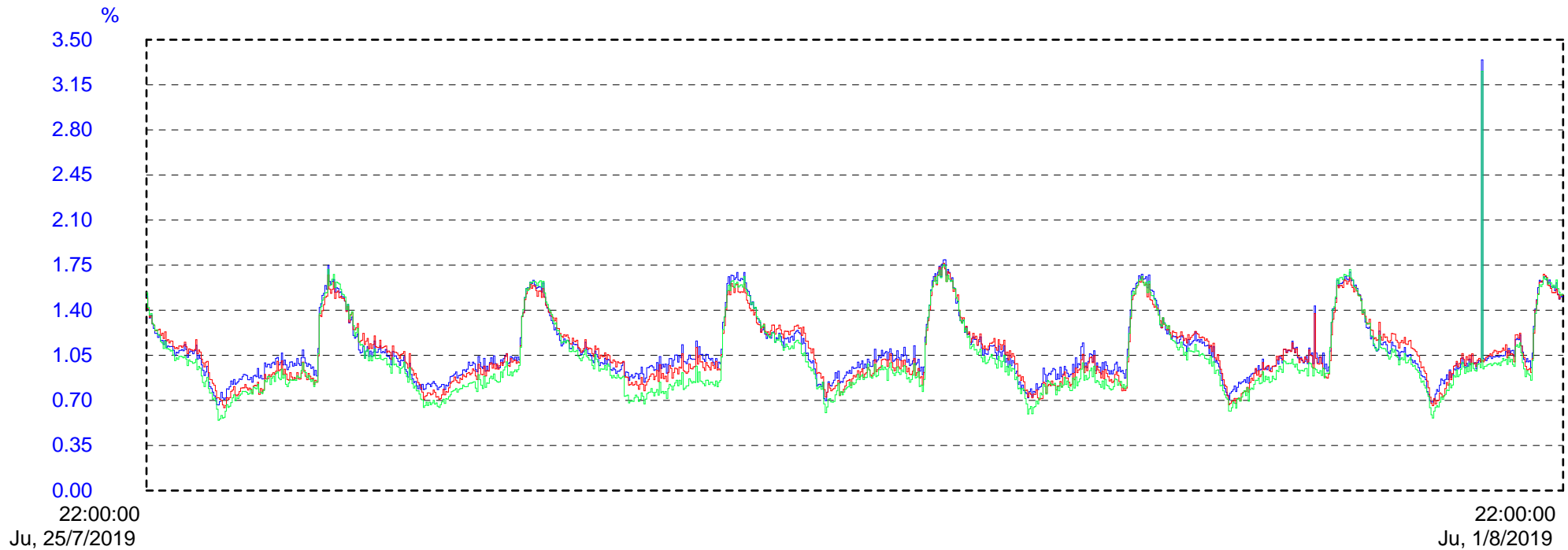


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 230V 60Hz EP0494A, Número de serie: 976170B/U4
Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_TRT3_500_datos.PQL
Función de medición A (230 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
Line:
Transformer: TRT_3P500 S/# 1299514
Reference: 18241P
Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
Cos Phi total	0.880	0.671	
PF total	0.880	0.660	

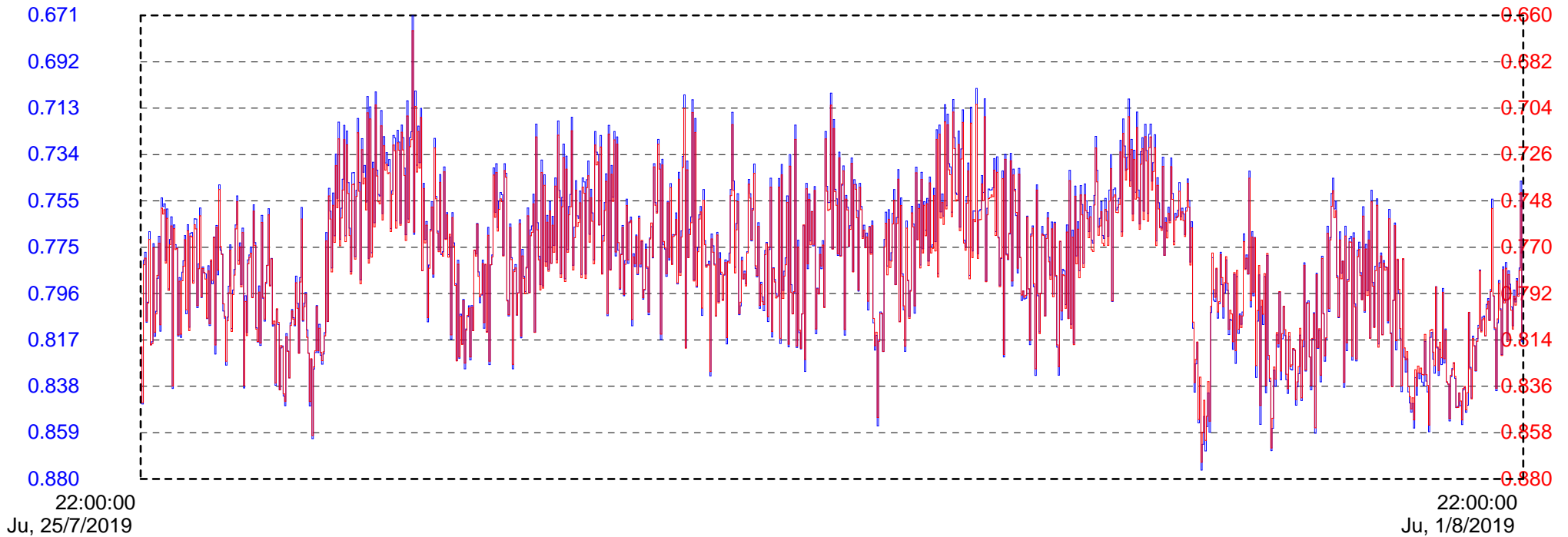


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 230V 60Hz EP0494A, Número de serie: 976170B/U4
Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_TRT3_500_datos.PQL
Función de medición A (230 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
Line:
Transformer: TRT_3P500 S/# 1299514
Reference: 18241P
Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
Flicker Pst L1	0.000	1.200	Pst
Flicker Pst L2	0.000	1.200	Pst
Flicker Pst L3	0.000	1.200	Pst
Flicker Plt L1	0.000	1.200	Plt
Flicker Plt L2	0.000	1.200	Plt
Flicker Plt L3	0.000	1.200	Plt

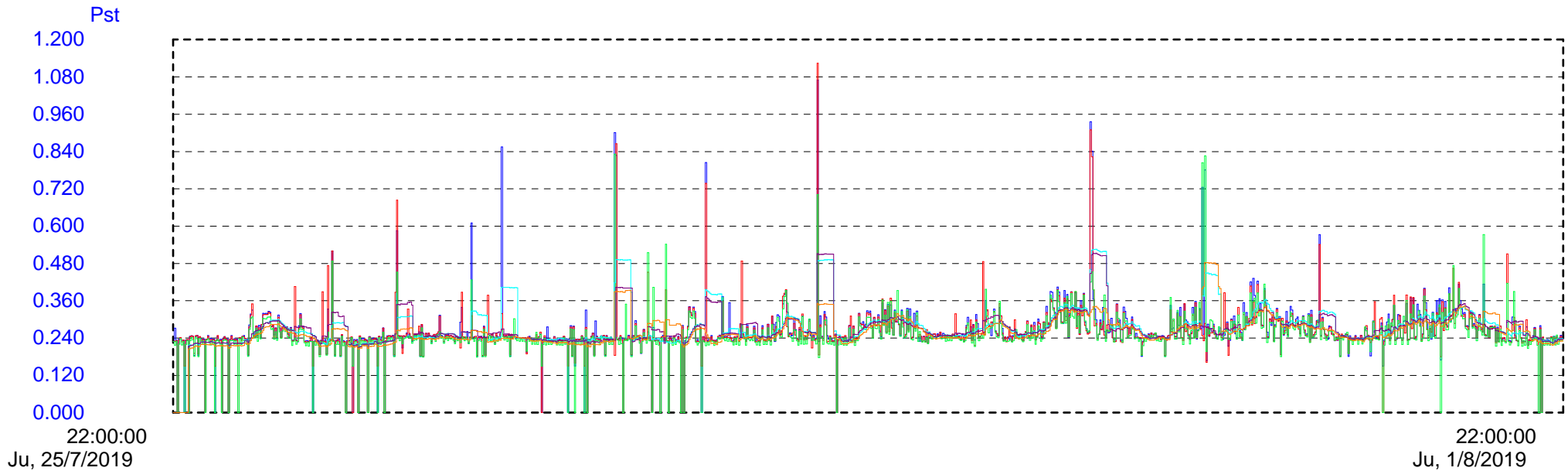


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 230V 60Hz EP0494A, Número de serie: 976170B/U4
Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_TRT3_500_datos.PQL
Función de medición A (230 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
Line:
Transformer: TRT_3P500 S/# 1299514
Reference: 18241P
Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
THDI (A) L1	0.3	7.9	A
THDI (A) L2	0.3	7.9	A
THDI (A) L3	0.3	7.9	A
THDI (A) N	0.30	7.90	A

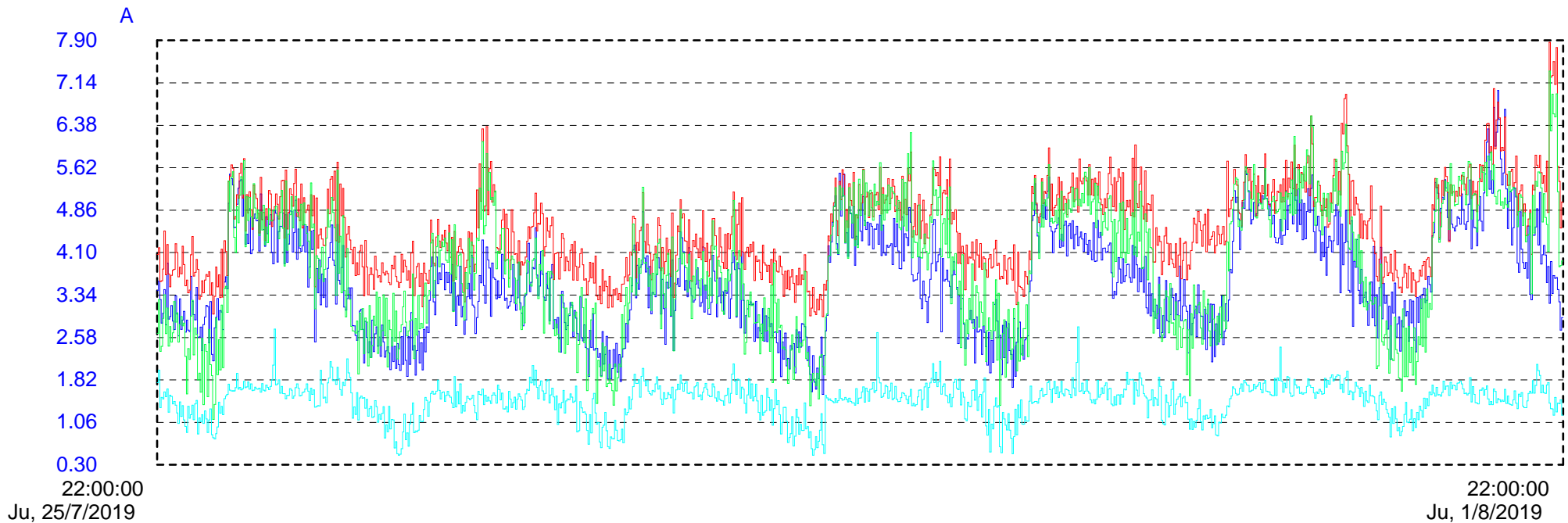


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 230V 60Hz EP0494A, Número de serie: 97617OB/U4
 Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA...\trafo 300 kva.PQL
 Función de medición A (480 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
 Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
 Line:
 Transformer: TRT_3P300 S/# 1299714
 Reference: 18242P
 Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
P total máx	0.00	2.00	kW
Q total máx	0.00	2.00	kVar
S total máx	0.00	2.00	kVA
D total máx	0.00	2.00	kVA

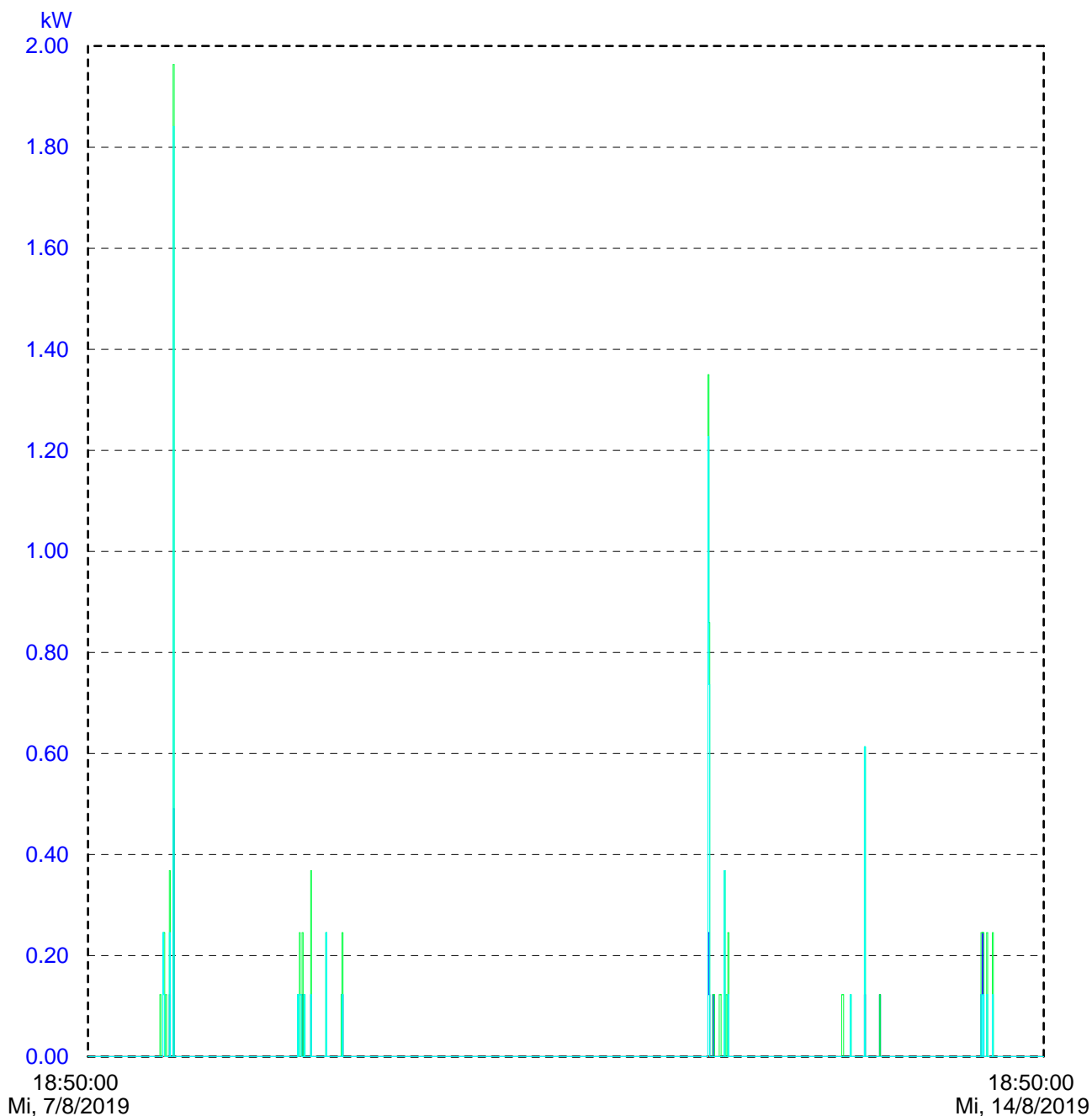


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 230V 60Hz EP0494A, Número de serie: 976170B/U4
Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_trafo 300 kva.PQL
Función de medición A (480 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
Line:
Transformer: TRT_3P300 S/# 1299714
Reference: 18242P
Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
Flicker Pst L1	0.000	0.500	Pst
Flicker Pst L2	0.000	0.500	Pst
Flicker Pst L3	0.000	0.500	Pst
Flicker Plt L1	0.000	0.500	Plt
Flicker Plt L2	0.000	0.500	Plt
Flicker Plt L3	0.000	0.500	Plt



Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 230V 60Hz EP0494A, Número de serie: 976170B/U4
 Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_trafo 300 kva.PQL
 Función de medición A (480 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
 Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
 Line:
 Transformer: TRT_3P300 S/# 1299714
 Reference: 18242P
 Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
THDI (A) L1	0.0	1.4	A
THDI (A) L2	0.0	1.4	A
THDI (A) L3	0.0	1.4	A
THDI (A) N	0.00	1.40	A

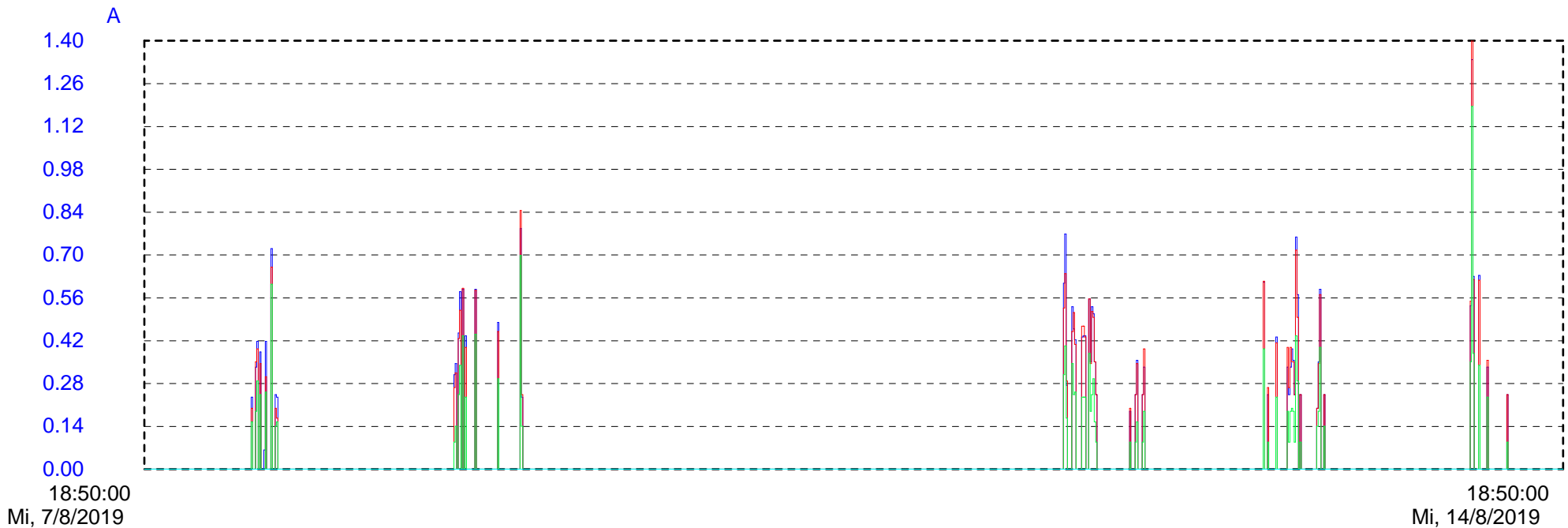


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 230V 60Hz EP0494A, Número de serie: 976170B/U4
Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA_UCACUE\CLAUDIA_UCACUE_trafo 300 kva.PQL
Función de medición A (480 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
Line:
Transformer: TRT_3P300 S/# 1299714
Reference: 18242P
Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
THD V máx L1	0.50	2.20	%
THD V máx L2	0.50	2.20	%
THD V máx L3	0.50	2.20	%

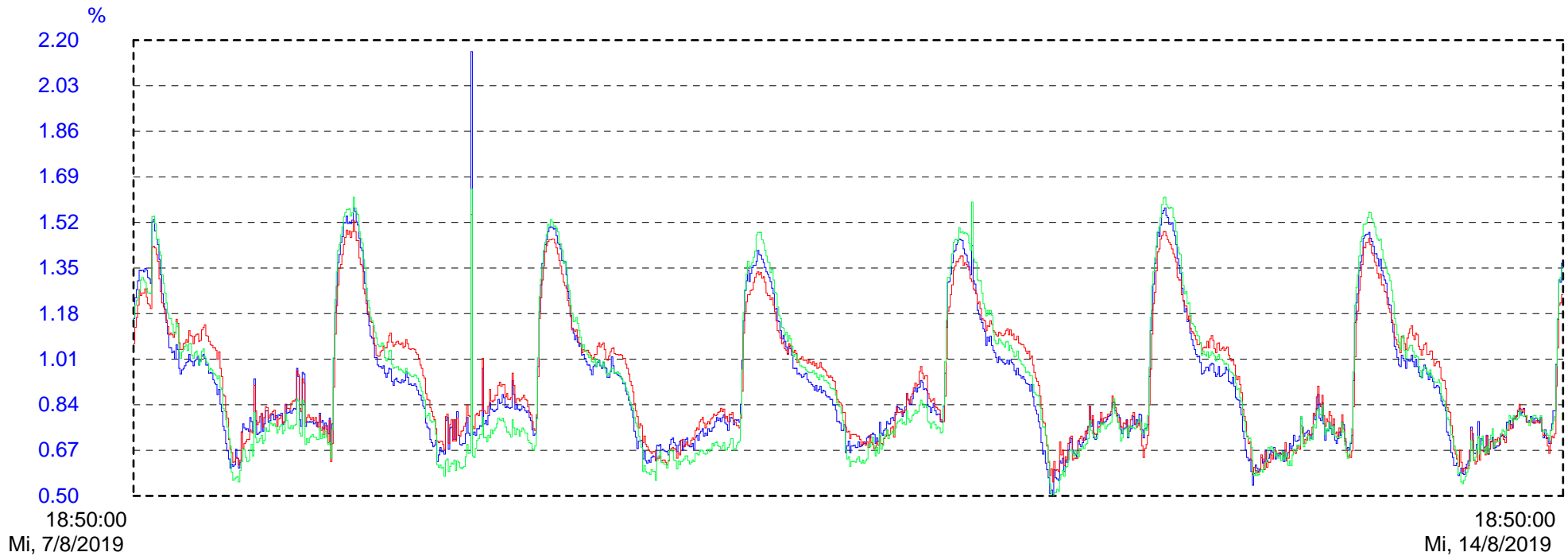
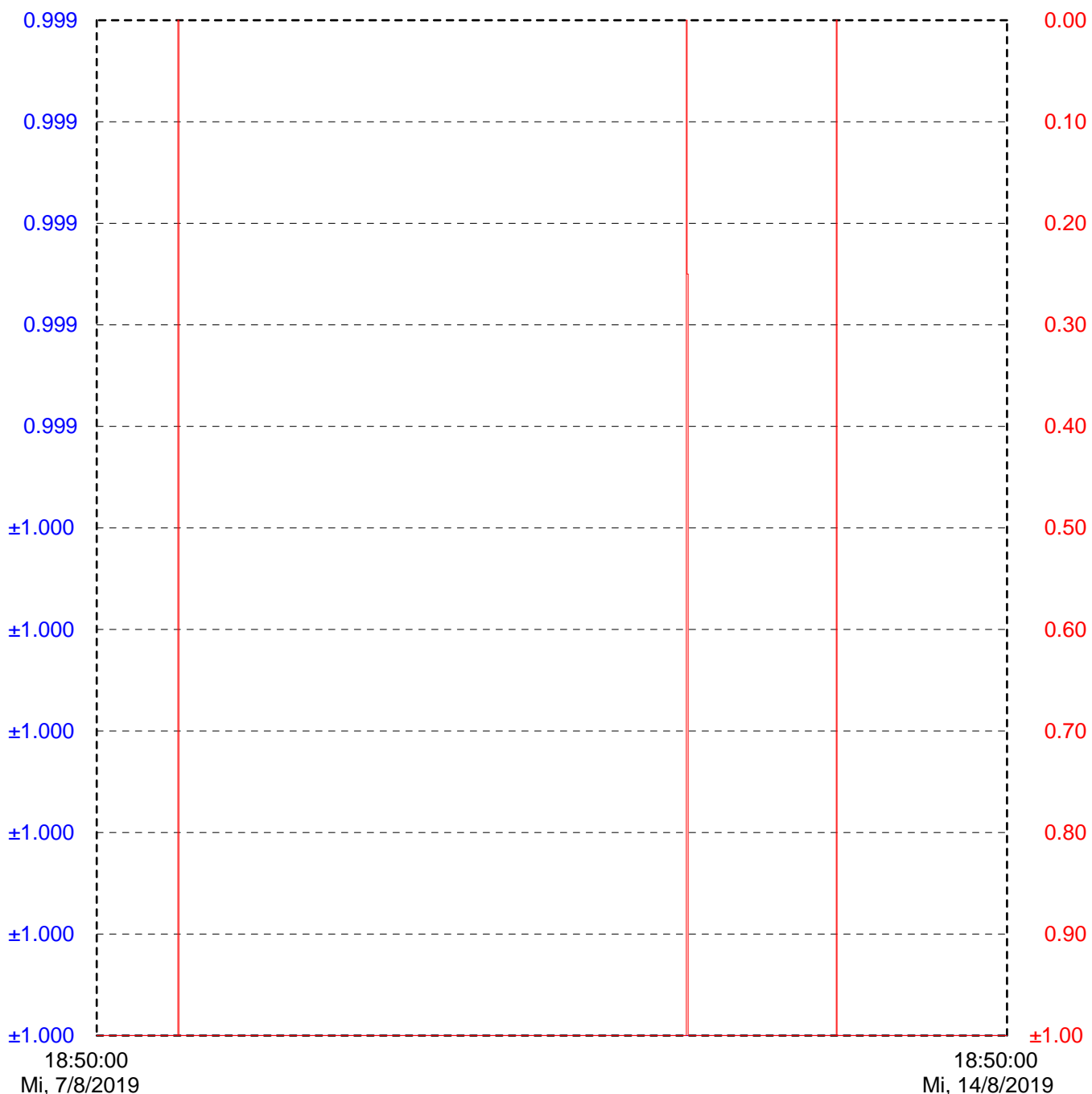


Diagrama nivel-tiempo

Logger 404b 230V 60Hz EP0494A, Número de serie: 97617OB/U4
 Archivo de valores medidos D:\Usuario\Documentos\Tesis Claudya - AGOL\CLAUDIA...\trafo 300 kva.PQL
 Función de medición A (480 V, P-N, 60 Hz; 1500 A; 150 A)

Company: UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
 Department: FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
 Line:
 Transformer: TRT_3P300 S/# 1299714
 Reference: 18242P
 Measurement code:

Canal	Escala 0 %	Escala 100 %	Unidad
Cos Phi total	1.000	0.999	
PF total	1.000	0.000	





PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Claudya Alejandra Salinas Quezada** portador(a) de la cédula de ciudadanía N°1104488976. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Análisis de Calidad De Energía del Hospital Isidro Ayora de Loja**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 13 de febrero del 2020

F: .....
Claudya Alejandra Salinas Quezada