



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO**

NOMBRE DEL PROYECTO:

PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL CÓDIGO RED PARA
LA INDUSTRIA

EMPRESA:

INGENIERIA ELECTRICA APLICADA Y MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL S.A DE C.V

PERIODO:

05 DE FEBRERO DE 2024 AL 5 DE AGOSTO DE 2024

PRESENTA:

19370466-ERIK MORALES SALDAÑA

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ASESOR EXTERNO:

ING. EFRÈN DUARTE SANCHEZ

ASESOR INTERNO:

ING. ROBERTO MORALES CAPORAL



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

Apizaco, Tlaxcala, 08/octubre/2024

Oficio No. MM-696/2024.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

CESAR REYNALDO RAMOS GÓMEZ
JEFE DE LA DIV. EST. PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	ERIK MORALES SALDAÑA
Carrera:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
No. De Control:	19370466
Nombre del Proyecto:	"PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL CODIGO RED PARA LA INDUSTRIA"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar



JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. METAL-MECÁNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA



ROBERTO MORALES CAPORAL
ASESOR

c.p.- Expediente
Archivo.

JAV*petry.



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, **10/abril/2025**

MORALES SALDAÑA ERIK
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA.
CON NÚMERO DE CONTROL 19370466
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DEL CÓDIGO RED PARA LA INDUSTRIA**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **2 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
ijss/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Quisiera dedicar un especial agradecimiento a mis padres, Juan Morales Pluma y Susana Saldaña Rosales, por su amor incondicional y su apoyo constante a lo largo de toda mi vida académica. Su fe en mis capacidades y su aliento continuo han sido una fuente de motivación y fortaleza durante este proceso. Sin su respaldo y sacrificio, este logro no hubiera sido

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi esposa, Ma. De Los Ángeles, por su incondicional apoyo y amor durante todo este proceso. Su paciencia, comprensión y aliento constante han sido fundamentales para que pudiera dedicarme plenamente a este proyecto. Agradezco profundamente su capacidad para estar a mi lado en cada etapa, ofreciendo su apoyo y siendo una fuente de inspiración constante para seguir adelante día a día.

A mis queridas hijas, Elie y Emily, les debo un especial agradecimiento. Su amor y alegría han sido mi mayor motivación, me han dado fuerza para superar los desafíos que encontré en el camino. Aunque a veces mi dedicación significó menos tiempo con ustedes, siempre llevé en el corazón su apoyo y cariño. Este logro también es para ustedes, con la esperanza de que sigan persiguiendo sus propios sueños.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN.....	3
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	7
INDICE DE GRAFICAS	8
INDICE DE TABLAS.....	10
1.1 INTRODUCCIÓN.....	12
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO DEL ESTUDIANTE	13
1.2.1 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA	13
1.2.2 GIRO DE LA EMPRESA	13
1.2.3 MISION DE LA EMPRESA.....	14
1.2.4 PUESTO O ÁREA DEL ESTUDIANTE.....	14
1.3 PROBLEMAS A RESOLVER.....	14
1.4 OBJETIVOS	15
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	15
1.6 ALCANCE	16
1.7 LIMITACIONES.....	16
1.9 MARCO TEORICO	17
1.9.1 CÓDIGO DE RED.....	17
1.9.2 CARACTERISTICAS DEL CÓDIGO DE RED.....	18
1.9.3 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL.....	18
1.9.4 COMISION REGULADORA DE ENERGIA	19
1.9.5 CORTOCIRCUITO	20
1.9.6 ARC FLASH.....	21
1.9.7 ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES	22
1.9.8 PRUEBAS ELECTRICAS A TRANSFORMADORES	23

1.9.9 ESTUDIO Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA EN TRANSFORMADORES	24
1.10 DESARROLLO Y RESULTADOS	26
1.10.1 LEVANTAMIENTO FISICO DE SISTEMA ELECTRICO	26
1.10.2 ESTUDIO DE CORTA CIRCUITO.....	30
1.10.2.1 ACOMETIDA 34.500 KV	31
1.10.2.2 TRANSFORMADOR TIPO SECO 2000 KVA	32
1.10.2.3 TRANSFORMADOR 1500 KVA.....	39
1.10.3 ESTUDIO DE ARCO ELECTRICO (ARC FLASH)	46
1.10.4 ESTUDIO DE CALIDAD DE LA ENERGIA EN TRANSFORMADOR DE 2000 KVA.....	54
1.10.4.1 ANOMALÍAS EN TENSIÓN	57
1.10.4.2 REPRESENTACIÓN DE TRANSITORIOS EN TENSIÓN.....	58
1.10.4.3 CURVA DE TOLERANCIA: ITIC (MAGNITUD/DURACIÓN)	59
1.10.4.4 VOLTAJES DE LINEA A LINEA.....	60
1.10.4.5 VOLTAJES DE LINEA A NEUTRO	64
1.10.4.6 CORRIENTES DE LÍNEA	67
1.10.4.7 CORRIENTE EN HILO DE NEUTRO	71
1.10.4.8 FRECUENCIA	72
1.10.4.9 FACTOR DE POTENCIA (FP)	73
1.10.4.10 POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE.....	75
1.10.4.11 DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL EN VOLTAJE (THDv)	79
1.10.4.12 DISTORSIÓN DE ARMÓNICA TOTAL EN CORRIENTE (THDi)	84
1.10.5 ESTUDIO DE CALIDAD DE LA ENERGIA EN TRANSFORMADOR DE 1500 KVA.....	88
1.10.5.1 ANOMALIAS EN TENSIÓN	91
1.10.5.2 REPRESENTACIÓN DE TRANSITORIOS EN TENSIÓN.....	92
1.10.5.3 CURVA DE TOLERANCIA: ITIC (MAGNITUD/DURACIÓN)	93
1.10.5.4 VOLTAJES DE LINEA A LINEA.....	94
1.10.5.5 VOLTAJES DE LINEA A NEUTRO	98
1.10.5.6 CORRIENTES DE LINEA	101
1.10.5.7 CORRIENTE EN HILO DE NEUTRO	105
1.10.5.8 FRECUENCIA	106

1.10.5.9 FACTOR DE POTENCIA (FP)	107
1.10.5.10 POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE.....	109
1.10.5.11 DISTORSIÓN ARMONICA TOTAL EN VOLTAJE (THDv)	113
1.10.5.12 DISTORSIÓN DE ARMÓNICA TOTAL EN CORRIENTE (THDi).....	118
1.11 CONCLUSIONES	122
1.11.1 CONCLUSIONES LEVANTAMIENTO FISICO DE SISTEMA ELECTRICO	122
1.11.2 CONCLUSIONES ARC FLASH.....	122
1.11.3 CONCLUSIONES ESTUDIO CALIDAD DE LA ENERGIA TR2000KVA	122
1.11.4 CONCLUSIONES ESTUDIO CALIDAD DE LA ENERGIA TR1500KVA	124
1.12 RECOMENDACIONES	127
1.12.1 RECOMENDACIONES CALIDAD DE LA ENERGIA TR2000KVA.....	127
1.12.2 RECOMENDACIONES CALIDAD DE LA ENERGIA TR2000KVA.....	127
1.13 EXPERIENCIAS ADQUIRIDAS	128
1.14 COMPETENCIAS DESARROLLADAS	129
1.15 FUENTES DE INFORMACIÓN	129
1.16 ANEXOS.....	133

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Logotipo de la Empresa	13
Ilustración 2 Distancia de Seguridad	49
Ilustración 3 Equipo de protección personal (EPP)	50
Ilustración 4 Especificaciones de Etiquetas de Arc Flash	53
Ilustración 5 Etiqueta de Arc Flash	53
Ilustración 6 Diagrama Unifilar TR2000KVA	55
Ilustración 7 Conexión de equipo para el estudio de calidad de la energía a Transformador de 2000KVA	56
Ilustración 8 Diagrama Unifilar TR1500 KVA	89
Ilustración 9 Conexión de equipo para el estudio de calidad de la energía a Transformador de 1500KVA	90
Ilustración 10 “Etiqueta de Arc Flash Para TR 2000KVA, Tipo Seco”	133
Ilustración 11 “Etiqueta de Advertencia para TR 2000KVA”	134
Ilustración 12 “Etiqueta de Arc Flash Para TR 1500KVA, Tipo Pedestal”	135
Ilustración 13 “Etiqueta de Advertencia para TR 1500KVA”	136

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1 . "Representación de Transitorios en Tensión-Frecuencia"	58
Grafica 2 "Representación de Transitorios en Tensión-Antes del disparo"	58
Grafica 3 "Curva de Tolerancia"	59
Grafica 4 "VA-B Vrms"	60
Grafica 5 "VB-C Vrms"	61
Grafica 6 "VC-A Vrms"	62
Grafica 7 "VA-N Vrms"	64
Grafica 8 "VB-N Vrms"	65
Grafica 9 "VC-N Vrms"	66
Grafica 10 "IA corriente en línea A"	67
Grafica 11 "IB corriente en línea B"	68
Grafica 12 "IC corriente en línea C"	69
Grafica 13 "IN corriente en el hilo de neutro."	71
Grafica 14 "Frecuencia"	72
Grafica 15 "Factor de Potencia"	73
Grafica 16 "Potencia Activa (KW)."	75
Grafica 17 "Potencia Reactiva (KVAR)."	76
Grafica 18 "Potencia Aparente (KVA)."	77
Grafica 19 "Distorsión Armónica (THDv 1)."	79
Grafica 20 "Distorsión Armónica (THDv 2)."	80
Grafica 21 "Distorsión Armónica (THDv 3)."	81
Grafica 22 "Formas de onda de voltaje."	83
Grafica 23 "Distorsión Armónica (THDI 1)."	84
Grafica 24 "Distorsión Armónica (THDI 2)."	85
Grafica 25 "Distorsión Armónica (THDI 3)."	86
Grafica 26 "Formas de onda de corriente."	87
Grafica 27 "Representación de transitorios en tensión"	92
Grafica 28 "Magnitud Curva ITIC."	93
Grafica 29 "VA-B Vrms"	94
Grafica 30 "VB-C Vrms"	95
Grafica 31 "VC-A Vrms"	96
Grafica 32 "VA-N Vrms"	98
Grafica 33 "VB-N Vrms"	99
Grafica 34 "VC-N Vrms"	100
Grafica 35 "IA corriente en línea A"	101
Grafica 36 "IB corriente en línea B"	102

Grafica 37 "IC corriente en línea C"	103
Grafica 38 "IN corriente en el hilo de neutro"	105
Grafica 39 "Frecuencia"	106
Grafica 40 "Factor de Potencia"	107
Grafica 41 "Potencia Activa (KW)"	109
Grafica 42 " Potencia Reactiva (KVAR)."	110
Grafica 43 "Potencia Aparente (KVA)"	111
Grafica 44 "Distorsión Armónica (THDv 1)"	113
Grafica 45 "Distorsión Armónica (THDv 2)"	114
Grafica 46 "Distorsión Armónica (THDv 3)"	115
Grafica 47 "Formas de onda de voltaje"	117
Grafica 48 "Distorsión Armónica (THDI 1)"	118
Grafica 49 "Distorsión Armónica (THDI 2)"	119
Grafica 50 "Distorsión Armónica (THDI 3)"	120
Grafica 51 "Formas de onda de corriente"	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Acometida 34.500 KV	31
Tabla 2. Celda 1y2, Y Tablero 13.....	32
Tabla 3. Tablero 4 y Tablero 83.....	33
Tabla 4. Tablero 8.....	34
Tabla 5. Bus y Tablero 17	34
Tabla 6. Climas	35
Tabla 7. Tablero 11	35
Tabla 8. Tablero 84.....	35
Tabla 9. Tablero 10.....	35
Tabla 10. Tablero Torre de Enfriamiento	36
Tabla 11. Tablero 16	36
Tabla 12. Tablero 70.....	36
Tabla 13. Tablero 21.....	37
Tabla 14. Taller de Ingeniería de Planta	37
Tabla 15. Tablero 35.....	37
Tabla 16. Planta de Tratamiento.....	38
Tabla 17. Torre de Enfriamiento	38
Tabla 18. Tablero Red Y Barras.....	38
Tabla 19. Tablero 47	38
Tabla 20. Bus	39
Tabla 21. Subestación Interior.....	39
Tabla 22. Tablero 18.....	39
Tabla 23. Tablero 24.....	40
Tabla 24. Tablero 25.....	40
Tabla 25. Tablero 22.....	41
Tabla 26. Tablero 67	41
Tabla 27. Compresor	42
Tabla 28. Tablero 28.....	42
Tabla 29. Tablero 31.....	43
Tabla 30. Tablero 66.....	43
Tabla 31. Tablero 30.....	43
Tabla 32. Tablero 36.....	44
Tabla 33. Tablero Protección	44
Tabla 34. Bus	44
Tabla 35. Tablero 26.....	45
Tabla 36. Protección	45

Tabla 37. Protección	45
Tabla 38. Bus	45
Tabla 39. Bus	46
Tabla 40. Equipo de Protección Personal.....	48

RESUMEN

En este trabajo se presentará un análisis de calidad de la energía a una empresa para ver si cumple con los requerimientos estipulados en el sistema eléctrico Nacional (SEN). El sistema eléctrico de la empresa está conformado por una acometida en 34,500 volts, para la alimentación de 4 transformadores.

El análisis comenzó con el monitoreo de los parámetros eléctricos de tensión, Frecuencia, corriente, potencia y factor de potencia durante un periodo de 7 días, Este monitoreo se realiza con un equipo Analizador de Redes Eléctricas Marca DRANETZ, MODELO: HDPQ-P-VISA-A. El equipo se conectó en el lado de baja tensión, a la llegada del interruptor principal de 3x3200 AMP, MARCA ABB.

Una vez finalizado el período de seguimiento, se analizó la tendencia del comportamiento de los parámetros eléctricos necesarios.

Finalmente se realizan las recomendaciones necesarias para asegurar que el centro de carga inspeccionado cumpla con los requisitos establecidos, además de los beneficios eléctricos y económicos de la empresa.

1.1 INTRODUCCIÓN

La calidad de la energía eléctrica es un aspecto crucial en la operación eficiente y segura de los sistemas eléctricos. Se refiere a la capacidad de la electricidad suministrada para cumplir con los requisitos de los equipos eléctricos y electrónicos en términos de voltaje, frecuencia y forma de onda. La calidad de la energía eléctrica puede ser afectada por una variedad de factores, como fluctuaciones de voltaje, armónicos, interrupciones de energía, desequilibrios de fase y distorsiones de la forma de onda.

El término CRE (Comisión Reguladora de Energía) se refiere específicamente a la calidad de la energía en la red eléctrica, que es la infraestructura que transporta y distribuye la electricidad desde las centrales eléctricas hasta los consumidores finales. Garantizar una alta calidad de la energía CRE es fundamental para mantener la confiabilidad de la red eléctrica y para proteger los equipos sensibles a las variaciones de energía, como dispositivos electrónicos, sistemas de comunicación y maquinaria industrial.

Para abordar los desafíos relacionados con la calidad de la energía CRE, se emplean diversas estrategias y tecnologías, que van desde la regulación y supervisión de la red eléctrica hasta el uso de dispositivos de protección y corrección de energía en el lado del consumidor. El monitoreo continuo, el mantenimiento preventivo y la implementación de estándares y regulaciones son elementos clave en la gestión eficaz de la calidad de la energía CRE, contribuyendo a una operación más estable y eficiente de los sistemas eléctricos en su conjunto.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO DEL ESTUDIANTE

Nombre de la empresa: Ingeniería eléctrica aplicada y mantenimiento industrial S.A de C.V



Ilustración 1. Logotipo de la Empresa

y baja tensión en Tlaxcala.

Somos un equipo de ingenieros eléctricos y técnicos especializados en mantenimiento y reparación integral de equipos eléctricos, brindamos soluciones para la innovación tecnológica de empresas e industrias aportando los avances de última generación en el sector.

1.2.2 GIRO DE LA EMPRESA

En INGENIERÍA ELÉCTRICA APLICADA Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL S.A. DE C.V hemos brindado soluciones a industrias de procesos, textiles, alimenticias, automotrices, cerámicas, entre otras, reparando o dando mantenimiento a sus equipos.

Además, realizamos diseño y montaje de proyectos de sistemas eléctricos, cubriendo los requerimientos de nuestros clientes.

Contamos con equipos de prueba certificados, técnicos ampliamente capacitados y con documentación de competencia DC-3, avalados por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

Ofrecemos servicios de ingeniería eléctrica integrales y con la más alta calidad. Contamos con una oferta completa de soluciones eléctricas para cubrir los requerimientos de la industria, desde instalación y mantenimiento de equipo eléctrico: Plantas de luz, subestaciones, tableros de distribución; hasta el diseño y montaje de instalaciones eléctricas en baja y media tensión.

1.2.3 MISION DE LA EMPRESA

Dar solución a los problemas y confiabilidad, aplicando los estándares y normas vigentes en el ramo eléctrico.

1.2.4 PUESTO O ÁREA DEL ESTUDIANTE

Colaborador de proyecto

1.3 PROBLEMAS A RESOLVER

Aprendizaje y Elaboración de Diagramas Unifilares.

Los diagramas unifilares son una herramienta fundamental en la ingeniería, especialmente para el diseño y análisis de sistemas eléctricos. Representan de manera simplificada los componentes de un sistema eléctrico y sus conexiones.

Utilización y aprendizaje de software para la lectura de la calidad de la energía en los transformadores

El software especializado en análisis de calidad de energía puede proporcionar información valiosa sobre parámetros como tensión, corriente, armónicos, desequilibrios y más.

Aprendizaje de cálculos para cortocircuitos

El cálculo de cortocircuitos es fundamental para garantizar la seguridad y el correcto diseño de sistemas eléctricos. Estos cálculos permiten determinar la capacidad de los equipos de protección (como interruptores) y asegurar que el sistema pueda manejar las corrientes de cortocircuito sin daño.

Utilización de Equipo y Herramientas especializadas de trabajo

La utilización de equipos y herramientas especializadas es crucial en diversas disciplinas, desde la ingeniería eléctrica hasta la construcción y la manufactura.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la operación del sistema eléctrico de una empresa (centros de carga), que se encuentran interconectadas al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y la interacción entre ellas. La evaluación se realizará con el fin de identificar los puntos de mejora en eficiencia, calidad de energía, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las deficiencias de la empresa para realizar las mejoras pertinentes en ella.
- Modernización en su instalación eléctrica.
- Desarrollar un diagrama unifilar para determinar las protecciones de cortocircuitos en ella.
- Utilización de software para conocer los puntos críticos en su instalación.
- Desarrollar cálculos para determinar las protecciones necesarias.
- Estudio y Análisis de sus transformadores.
- Establecer los requerimientos técnicos que deben cumplir los Centros de Carga conectados al SEN en Media o Alta Tensión, para garantizar la eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad del SEN

1.5 JUSTIFICACIÓN

El Código de Red es asegurar que el suministro de electricidad sea seguro, confiable y de alta calidad para los usuarios finales. Este proyecto busca establecer los requisitos técnicos y operativos para garantizar que la instalación eléctrica

cumpla con los estándares necesarios. Los estándares necesarios que tendremos en cuenta son:

- La tensión
- Frecuencia
- Cortocircuito
- Factor de potencia
- Coordinación de protecciones
- Calidad de la energía

1.6 ALCANCE

El proyecto se llevará a cabo en el estado de Tlaxcala, En la Empresa Porcelanite Lamosa Planta Tlaxcala, Se realizara el presente estudio de Calidad de Energía y/o potencia, con la finalidad de conocer el comportamiento actual de las variables eléctricas en su sistema eléctrico, La empresa cuenta con 4 transformadores, Este estudio se centrara solo en la calidad de la energía de 2 transformadores. El reporte muestra el comportamiento de la energía consumida y analizada en base a las normas y estándares vigentes IEEE 1159 tomadas como referencia para cada uno de los parámetros de calidad de energía a evaluar en el presente reporte.

1.7 LIMITACIONES

- Tamaño de la muestra: El estudio está dirigido a solo 2 transformadores de 4 que tiene la empresa
- Los transformadores para analizar son de capacidad de 1500KVA Y 2000KVA
- El equipo Utilizado para el estudio de la calidad de la energía es de alto costo por ende se necesita contar con personal especializado para su manejo.
- La empresa cuenta con su propio reglamento lo cual hace difícil el acceso continuo.
- Limitaciones de tiempo
- Falta de información sobre el tema
- Acceso a los datos: La empresa limito la cantidad de datos a analizar

1.9 MARCO TEORICO

1.9.1 CÓDIGO DE RED

El término "código de red" se refiere a un conjunto de reglas, normas y estándares establecidos por los organismos reguladores y operadores del sistema eléctrico para regular y gestionar la operación, planificación y expansión de las redes eléctricas. Estos códigos son documentos técnicos que contienen disposiciones específicas sobre diversos aspectos relacionados con la generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica.

Los códigos de red suelen abordar una amplia gama de temas, que incluyen:

1. **Conexión de instalaciones:** Especifican los requisitos técnicos y procedimientos para la conexión de nuevas instalaciones de generación o consumidores a la red eléctrica.
2. **Operación del sistema:** Establecen los criterios y procedimientos para la operación segura y eficiente del sistema eléctrico, incluyendo la coordinación entre los diferentes operadores y la gestión de la frecuencia, el voltaje y la potencia activa y reactiva.
3. **Calidad de la energía:** Contienen disposiciones relacionadas con la calidad de la energía eléctrica, como los límites permitidos de voltaje, frecuencia y armónicos, así como los procedimientos para la gestión de problemas de calidad de energía.
4. **Seguridad y protección:** Establecen requisitos y estándares de seguridad para la protección de personas, equipos y la infraestructura eléctrica contra riesgos como sobrecargas, cortocircuitos y fallas del sistema.
5. **Planificación y expansión:** Contienen criterios para la planificación y expansión de la red eléctrica, incluyendo la evaluación de la capacidad de transmisión, la ubicación de nuevas instalaciones y la integración de fuentes de energía renovable.

1.9.2 CARACTERÍSTICAS DEL CÓDIGO DE RED

El código de red, como documento técnico fundamental en el sector eléctrico, posee una serie de características clave que lo distinguen y lo hacen efectivo en la regulación y gestión de las redes eléctricas. Estas son algunas características importantes:

- I. **Normativo y legal:** El código de red es un documento oficialmente reconocido y respaldado por organismos reguladores y autoridades gubernamentales en el ámbito del sector eléctrico. Tiene fuerza legal y establece las reglas y normativas que deben cumplir todos los participantes en el sistema eléctrico, incluyendo operadores de red, generadores, distribuidores y consumidores.
- II. **Actualizable:** Dado que el sector eléctrico está en constante evolución debido a cambios tecnológicos, regulatorios y de mercado, el código de red debe ser adaptable y actualizable para reflejar estos cambios.
- III. **Transparente y accesible:** El código de red es un documento público que está disponible para consulta por parte de todos los interesados, incluyendo empresas del sector eléctrico, autoridades regulatorias, consumidores y otras partes interesadas. Debe ser transparente en cuanto a su contenido y procesos de revisión y modificación.

1.9.3 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) es un término que se refiere al conjunto de instalaciones, infraestructuras, recursos y regulaciones que conforman la red eléctrica de un país. Este sistema está diseñado para generar, transmitir, distribuir y consumir energía eléctrica de manera eficiente y segura en todo el territorio nacional.

El SEN es fundamental para el desarrollo socioeconómico de un país, ya que proporciona la energía necesaria para el funcionamiento de la industria, el comercio, los servicios públicos, la tecnología y la vida cotidiana de la población en general.

1.9.4 COMISION REGULADORA DE ENERGIA

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) es un organismo autónomo en México encargado de regular y supervisar el sector energético en el país. Fue creado como parte de la reforma energética de 1995 y tiene como objetivo principal promover la competencia, eficiencia y desarrollo del mercado de energía eléctrica, gas natural y petrolíferos en México.

Las funciones y responsabilidades principales de la CRE incluyen:

1. **Regulación del Mercado:** La CRE establece normativas, lineamientos y políticas para regular el funcionamiento del mercado energético, garantizando condiciones de competencia justas y equitativas.
2. **Permisos y Autorizaciones:** Otorga permisos, concesiones y autorizaciones a empresas y particulares para la exploración, producción, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de energía eléctrica, gas natural y petrolíferos.
3. **Supervisión y Vigilancia:** Supervisa y vigila el cumplimiento de las normas y regulaciones por parte de los participantes del sector energético, así como la calidad y seguridad de los servicios prestados.
4. **Tarifas y Precios:** Regula las tarifas y precios de los servicios energéticos, asegurando que sean justos, transparentes y accesibles para los usuarios finales.
5. **Fomento de la Competencia:** Promueve la competencia en el sector energético, fomentando la entrada de nuevos competidores, la diversificación de fuentes de energía y la eficiencia en la prestación de servicios.
6. **Protección al Consumidor:** Protege los derechos e intereses de los consumidores de energía, garantizando que reciban servicios de calidad y que cuenten con mecanismos adecuados de atención y reclamación.

En resumen, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) desempeña un papel fundamental en la regulación y supervisión del sector energético en México,

contribuyendo al desarrollo económico, la seguridad energética y el bienestar de la población.

1.9.5 CORTOCIRCUITO

Un cortocircuito es una situación en la que se establece una conexión eléctrica directa y de baja resistencia entre dos puntos de un circuito eléctrico que normalmente no deberían estar conectados entre sí. Esta conexión de baja resistencia provoca una corriente eléctrica anormalmente alta, lo que puede resultar en un flujo excesivo de corriente a través del circuito.

Que es un estudio de cortocircuito

Un estudio de cortocircuito es un análisis técnico que se realiza en un sistema eléctrico para determinar las corrientes máximas que podrían fluir en caso de producirse un cortocircuito en cualquier punto del sistema. Este tipo de estudio es fundamental para diseñar sistemas eléctricos seguros y confiables, así como para seleccionar los dispositivos de protección adecuados, como interruptores automáticos, fusibles y dispositivos de desconexión rápida.

Durante un estudio de cortocircuito, se analizan varios aspectos del sistema eléctrico, incluyendo:

1. **Configuración del sistema:** Se estudia la disposición de los componentes del sistema eléctrico, incluyendo generadores, transformadores, cables, interruptores, entre otros.
2. **Capacidad de los equipos:** Se evalúa la capacidad de los equipos eléctricos para soportar corrientes de cortocircuito sin sufrir daños, lo que puede incluir la verificación de la capacidad de ruptura de los interruptores automáticos y otros dispositivos de protección.
3. **Corrientes de cortocircuito:** Se calculan las corrientes máximas que podrían fluir en caso de un cortocircuito en diferentes puntos del sistema eléctrico. Esto se hace considerando las características de los equipos, la impedancia de los conductores y otras variables del sistema.

4. **Selección de dispositivos de protección:** Con base en los resultados del estudio, se seleccionan los dispositivos de protección adecuados para garantizar la seguridad del sistema eléctrico y de las personas que trabajan en él.
5. **Análisis de coordinación de protecciones:** Se evalúa la coordinación de los dispositivos de protección para asegurar que los dispositivos más cercanos al punto de falla se activen primero, evitando la desconexión innecesaria de secciones enteras del sistema eléctrico.

Estudio de Cortocircuito mediante software

Un estudio de cortocircuito mediante software es un análisis técnico realizado utilizando programas informáticos especializados en la simulación y modelado de sistemas eléctricos. Estos programas, también conocidos como software de análisis de sistemas de potencia o programas de cálculo de cortocircuitos, permiten a los ingenieros eléctricos realizar estudios detallados y precisos de los efectos de los cortocircuitos en un sistema eléctrico.

Algunos de los aspectos que se pueden analizar mediante software de estudio de cortocircuitos incluyen:

1. Cálculo de corrientes de cortocircuito
2. Evaluación de la capacidad de los equipos
3. Análisis de protección y coordinación
4. Optimización del diseño del sistema

Algunos ejemplos de software utilizados para estudios de cortocircuito incluyen ETAP, SKM PowerTools, DigSILENT PowerFactory, entre otros.

1.9.6 ARC FLASH

Un "Arc flash" (o arco eléctrico) es una descarga explosiva de energía eléctrica que se produce cuando hay un cortocircuito o un fallo en un sistema eléctrico. Este fenómeno puede ocurrir en cualquier instalación eléctrica donde exista la posibilidad

de un arco eléctrico, como en subestaciones eléctricas, paneles de distribución, equipos eléctricos.

Los Arc flash pueden tener consecuencias graves, incluyendo:

- Lesiones Personales
- Daños a la Propiedad
- Riesgo de Incendio
- Impacto en la Seguridad Laboral

Un estudio de arc flash es una evaluación detallada y análisis de los riesgos asociados en un sistema eléctrico específico. Este tipo de estudio se realiza para determinar la energía liberada, así como la distancia segura para trabajar en condiciones de energización eléctrica.

Los estudios de arc flash implican una serie de pasos, que incluyen:

1. Recolección de datos
2. Modelado del sistema
3. Análisis de riesgos
4. Etiquetado de equipos
5. Recomendaciones de seguridad

1.9.7 ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

Un estudio de coordinación de protecciones es un análisis detallado de los dispositivos de protección utilizados en un sistema eléctrico para garantizar que, en caso de falla o sobrecarga, solo el equipo afectado sea desconectado, mientras que el resto del sistema permanezca operativo. Este estudio es crucial para garantizar la seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico, ya que una mala coordinación de protecciones puede resultar en interrupciones innecesarias del servicio o, peor aún, en daños a equipos costosos.

El proceso de estudio de coordinación de protecciones implica:

1. Identificación de todos los dispositivos de protección en el sistema, como fusibles, interruptores, relés, etc.
2. Determinación de las características de funcionamiento de cada dispositivo de protección, incluyendo sus tiempos de operación y corrientes de disparo.
3. Análisis de la red eléctrica para identificar posibles escenarios de falla y sobrecarga.
4. Simulación de estos escenarios utilizando software especializado para evaluar cómo responden los dispositivos de protección.
5. Ajuste de los dispositivos de protección según sea necesario para garantizar una coordinación adecuada, es decir, asegurarse de que el dispositivo más cercano a la falla se active primero sin afectar innecesariamente a otros equipos.

1.9.8 PRUEBAS ELECTRICAS A TRANSFORMADORES

Las pruebas eléctricas en transformadores son cruciales para garantizar su correcto funcionamiento, seguridad y durabilidad. Estas pruebas se realizan en diversas etapas del ciclo de vida del transformador, desde su fabricación hasta su mantenimiento regular.

Las pruebas más comunes son:

1. Pruebas de Rutina en Fábrica:

- Resistencia de aislamiento: Para verificar la integridad del aislamiento entre las bobinas del transformador y entre las bobinas y la tierra.
- Relación de transformación: Para asegurar que el transformador convierte correctamente el voltaje primario en el voltaje secundario.
- Resistencia de devanado: Para verificar la resistencia de los devanados del transformador.

2. Pruebas de Tipo:

- Prueba de Impulso de tensión: Para simular condiciones de sobretensión y evaluar la resistencia del aislamiento.

- Prueba de Calor: Para verificar la capacidad del transformador para disipar el calor generado durante su operación normal.
- Prueba de vacío: Para asegurar la hermeticidad del transformador.

3. Pruebas de Aceptación en Sitio:

- Prueba de Relación de Transformación: Similar a la prueba de fábrica, pero realizada en el lugar de instalación.
- Prueba de Polaridad: Para verificar que la polaridad del transformador sea la correcta.
- Prueba de Resistencia de Aislamiento: Para asegurar que no haya problemas de aislamiento después del transporte e instalación.

4. Pruebas Periódicas de Mantenimiento:

- Análisis de Aceite: Para detectar la presencia de contaminantes o productos de degradación en el aceite aislante del transformador.
- Prueba de Factor de Potencia: Para evaluar la calidad del aislamiento del transformador.
- Termografía Infrarroja: Para identificar puntos calientes en el transformador que podrían indicar problemas de conexión o aislamiento.

1.9.9 ESTUDIO Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA EN TRANSFORMADORES

El estudio y análisis de calidad de energía en transformadores es fundamental para garantizar un suministro eléctrico confiable y eficiente. Esto implica evaluar diversos parámetros eléctricos y características de la energía que se suministra y consume, con un enfoque específico en cómo estos afectan el funcionamiento y la vida útil de los transformadores.

Características del estudio de calidad de la energía:

Armónicos: Los armónicos son señales eléctricas que tienen frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental de la red eléctrica (usualmente 50 Hz o 60 Hz). Pueden

causar calentamiento excesivo en los transformadores y otros equipos eléctricos, así como problemas de resonancia en el sistema eléctrico.

Desbalance de carga: Cuando las cargas conectadas al transformador no están distribuidas de manera uniforme entre las fases, se produce un desequilibrio de carga. Esto puede causar corrientes desiguales en los devanados del transformador, lo que puede llevar a un calentamiento desigual y reducir la vida útil del equipo.

Sobretensiones y Sobre corrientes: Las sobretensiones transitorias y las sobre corrientes pueden ocurrir debido a descargas atmosféricas, maniobras de conmutación, o eventos de carga y descarga en el sistema eléctrico. Estos eventos pueden dañar los aislamientos del transformador y otros componentes, reduciendo su vida útil.

Factor de Potencia: Un bajo factor de potencia puede resultar en una mayor corriente en los devanados del transformador, lo que causa pérdidas adicionales de energía y un calentamiento excesivo. El análisis del factor de potencia puede ayudar a identificar oportunidades para mejorar la eficiencia energética.

Detección de fallas: Los estudios de calidad de energía también pueden incluir técnicas de monitoreo y análisis para detectar posibles fallas incipientes en los transformadores, como problemas de aislamiento, fugas de aceite, o deterioro de los devanados.

Para llevar a cabo un estudio y análisis de calidad de energía en transformadores, se utilizan herramientas como medidores de calidad de energía, analizadores de armónicos, registradores de eventos y sistemas de monitoreo continuo. Estos estudios son importantes para identificar problemas potenciales, optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de los transformadores y otros equipos eléctricos en el sistema de distribución de energía.

1.10 DESARROLLO Y RESULTADOS

1.10.1 LEVANTAMIENTO FISICO DE SISTEMA ELECTRICO

El sistema eléctrico de planta está conformado por una acometida en 34, 500 volts, para la alimentación de 4 transformadores:

- TRANSFORMADOR 1 TIPO SECO 2000 KVA 34500-480/277 V, 3 FASES, 60 Hz, %Z= 6.4 A 85, 2000 MSNM, SERIE k756066, MARCA SIEMENS.
- TRANSFORMADOR 2 TIPO SUBESTACIÓN, CLASE OA, 1500 KVA, 34500-480/254 V, 3 FASES, 60 Hz, %Z= 5.34 A 85, 2300 MSNM, SERIE 4532-FPU93, MARCA DISEÑOS Y EQUIPOS ELECTRICOS DE MEXICO.
- TRANSFORMADOR 3 TIPO SUBESTACIÓN, CLASE OA, 1000 KVA, 34500-460Y/266 V, 3 FASES, 60 Hz, %Z= 6.52 A 85, 2400 MSNM, SERIE 575596, MARCA DISEÑOS Y EQUIPOS ELECTRICOS DE MEXICO.
- TRANSFORMADOR 4 TIPO PEDESTAL DE 750 KVA, 34500-220Y/127 V, 3 FASES, 60 Hz, %Z A 85 °C= 5.88, 2300 MSNM, SERIE KJC246-17-001, MARCA PROLEC.

Estos transformadores alimentan las diferentes áreas de la planta.

- Áreas de proceso
- Oficinas
- Baños
- Vigilancia
- Taller de mantenimiento.
- Planta de tratamiento
- Compresores
- Comedor
- Almacén

El alcance del proyecto contemplo el levantamiento físico del sistema eléctrico (de acuerdo con lo indicado en la NOM 001 SEDE 2012 y Standard 1100 de IEEE

2005), partiendo desde la acometida de media tensión, subestación principal, hacia cada uno de los diferentes tableros de distribución principales, centros de control de motores y centros de carga que alimentan los diferentes equipos, para la elaboración de diagramas unifilares y cuadros de carga.

LEVANTAMIENTO ELECTRICO

En la industria encontramos con relativa frecuencia que las instalaciones no cumplen con los principios fundamentales, especificaciones y lineamientos que se mencionan en la NOM 001 SEDE 2012 (vigente) de las instalaciones eléctricas, los cuales tienen por objetivo asegurar la conformidad de dichas instalaciones. Por tal motivo es necesario tomar acciones para asegurar el cumplimiento de estas conformidades en base a correcciones derivadas de una revisión (levantamiento físico) del sistema eléctrico general.

Como objetivo es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones eléctricas, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas, equipos e infraestructura en general, contra los riesgos inherentes a todo sistema eléctrico.

PUNTOS DE CONSIDERACIÓN

- Levantamiento. Consiste en la inspección visual y física de transformadores, conductores eléctricos, canalizaciones, tableros, interruptores, distancias, y carga conectada.
- Interruptores. Revisión de capacidad en amperes, nominal e interruptiva, voltaje de operación, marca y carga conectada.
- Conductores. Revisión de calibre, marca, longitud, código de colores y carga conectada.
- Canalización. Charolas, tubería Conduit, licuatite, ducto, longitud y área ocupada.

- Tableros. Revisión del tipo de tablero, voltaje de operación, capacidad amperes nominal, identificación de barras de neutro y tierra, marca y carga conectada.
- Equipo o carga final. Revisión de voltaje de operación, capacidad en amperes, nominal e interruptiva y carga total.

OBSERVACIONES GENERALES AL SISTEMA ELECTRICO

- Se tienen instalados conductores sin canalización, los cuales están expuestos a daños físicos y mecánicos. Esto es una no conformidad de la NOM 001 SEDE 2012 art. 110-55, 304. Se recomienda la instalación de canalizaciones para evitar daños a los conductores
- Se tienen tableros que no cuentan con barra de tierra física y/o neutro, los conductores de tierra física y neutro están conectados en la misma barra. Esto es una no conformidad de la NOM 001 SEDE 2012 y IEEE Std 1100 2005 Cap. 8. Se recomienda la separación de hilos de neutro y tierra física (barra de tierra física directo al chasis y barra de neutro aislada) ya que el único lugar en donde se deben unir es en Xo de transformador y/o generador
- Se tienen conductores los cuales se encuentran empalmados cables entorchados. Esto es una no conformidad de la NOM 001 SEDE 2012 art. 114, 322-56, 390-7. Se recomienda eliminar entorches, así como realizar empalmes de conductores mediante conectores de método irreversible y/o sustitución de conductores
- En algunos tableros se tienen puentes de unión entre barra del neutro y la barra de tierra física. Esto es una no conformidad de la NOM 001 SEDE 2012 y IEEE Std 1100 2005 Cap. 8. Se recomienda retirar puente de unión entre barra de neutro y barra de tierra física para evitar corrientes circulantes en el sistema general de tierras y que el conductor de tierra física funcione solo como protección y No como parte de un circuito eléctrico el cual podría dañar al personal y/o equipos electrónicos sensibles.
- Se tienen instalados interruptores termomagnéticos los cuales no son los adecuados para la carga a proteger. Esto es una no conformidad de la NOM

001 SEDE 2012 art. 110-58 ,310-15 (b) (16) y Art. 240-4, por lo que en caso de alguna falla en los circuitos la protección (interruptor) no realizara adecuadamente su funcionamiento y puede provocar daños al personal, al conductor y/o al equipo conectado. Se recomienda instalación la instalación de protecciones de acuerdo con la carga a proteger

- Existen tableros que no están bien referidos al sistema de puesta a tierra (tierra flotante) por lo cual no hay un medio de protección en caso de existir corrientes de falla. NOM 001 SEDE 2012 Art. 250; IEEE Std. 1100 2005 Cap. 8 y 10. Se recomienda garantizar una conexión firme para garantizar que la corriente sea drenada a tierra en caso de que ocurra una falla
- La coordinación de protecciones esta de forma incorrecta ya que en el tablero de distribución principal se tiene un interruptor de menor capacidad y llega a un tablero derivado con interruptor de mayor capacidad lo cual es una no conformidad. Se recomienda realizar la coordinación de protecciones en forma de cascada (de mayor a menor) para la apertura de manera adecuada en caso de alguna falla
- Se tienen instaladas charolas porta cables sin aterrizar. Lo cual es una no conformidad de la NOM 001 SEDE 2012 art. 250, 300-10, Se recomienda el aislamiento de charolas para drenar corrientes de falla hacia la red de tierras
- Se tienen instalados conductores de fase, neutro y tierra en colores distintos de acuerdo con lo especificado en la norma. Lo cual es una no conformidad de la NOM 001 SEDE 2012 art. 200-6. Se recomienda la identificación de conductores eléctricos (fase, neutro y tierra)
- Se tienen instalados circuitos eléctricos sin protección (interruptor), ya que la alimentación sale directamente de barras, lo cual es una no conformidad del artículo 210-8, 215-4 NOM 001 SEDE 2012. Se recomienda la instalación de interruptores principales
- Se tienen instalados equipos sin aterrizar. Lo cual es una no conformidad de la NOM 001 SEDE 2012 art. 250. Se recomienda a aterrizaje de equipos y estructuras

- Se tienen circuitos con caída de tensión mayores 3% por lo cual los equipos no proporcionarían una razonable eficiencia de funcionamiento, bajo voltaje puede causar en muchas ocasiones daños parciales o totales de equipos o maquinaria. NOM 001 SEDE 2012 Art. 210-19 (a) y art. 215-2 (a) (4). Se recomienda cambio de alimentadores para evitar caídas de tensión

1.10.2 ESTUDIO DE CORTA CIRCUITO

Estudio de cortocircuito de los transformadores TR1 2000 KVA Y TR2 1500KVA, los cuales nos da como resultado los valores de las corrientes de falla en cada nodo y/o tableros que conforman el sistema general de cargas, en las hojas de cálculo se está mencionando las condiciones técnicas de los interruptores termomagnéticos que funcionan como medio de protección para cada una de las cargas.

El estudio de corto circuito es calcular el valor máximo de la corriente de falla y su comportamiento durante el tiempo que permanece el mismo.

Un estudio de cortocircuito determina la corriente de falla disponible en varias ubicaciones a través de todo el sistema eléctrico, y si el equipo está clasificado adecuadamente para la corriente de falla.

PROCEDIMIENTO

Se calcula la potencia y la corriente de corto circuito monofásico y trifásico para evaluar los resultados, de acuerdo con las condiciones de operación del sistema, y revisar la capacidad interruptiva de los equipos de desconexión.

Los cálculos son efectuados con el software OPTICALC tomando en cuenta las recomendaciones y los lineamientos marcados en la NOM 001 SEDE 2012.

En las hojas de cálculo que se muestran a continuación se está mencionando los resultados de los valores máximos de corrientes de falla trifásicas, bifásicas y monofásicas, así como las condiciones técnicas actuales de los interruptores (capacidad interruptiva y voltaje de operación) que funcionan como medio de protección para cada una de las cargas.

V: Voltaje de operación

KA: kilo-amperes (Capacidad interruptiva)

CC 3f: Valor de Corto circuito Trifásico

CC 1f: Valor de Corto circuito Monofásico

CC LL: Valor de Corto circuito línea a línea

A: Amperes (corriente máxima de falla).

HOJAS DE CÁLCULO

1.10.2.1 ACOMETIDA 34.500 KV

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
0	Acometida	34500	376	10	326		
1	SUBESTACIÓN COMPACTA	34500				10	Pasa
5	SUBESTACIÓN INTEMPERIE	34500					

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
1	SUBESTACIÓN COMPACTA	34500	376	10	326		
2	Protección	34500				10	Pasa

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
5	SUBESTACIÓN INTEMPERIE	34500	376	10	326		
364	Protección	34500				10	Pasa
365	Protección	34500				10	Pasa
366	Protección	34500				10	Pasa

Tabla 1. Acometida 34.500 KV

Pasa= Capacidad Interruptiva adecuada.

No pasa= Capacidad Interruptiva baja (se requiere cambio del interruptor).

1.10.2.2 TRANSFORMADOR TIPO SECO 2000 KVA

Tabla 2. Celda 1y2, Y Tablero 13

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
4	CELDA 1Y 2	480	29,222	728	25,307		
6	TABLERO 13 COLUMNNA D6	480				35	Pasa
7	TABLERO 4 COLUMNNA F1	480				35	Pasa
8	TABLERO 83 COLUMNNA D4	480				35	Pasa
9	TABLERO 8 COLUMNNA D3	480				35	Pasa
10	300 KVAR	480				35	Pasa
11	300 KVAR	480				35	Pasa
12	BUS 7Q3	480				55	Pasa
15	LINEA DE PINTURA	480				55	Pasa
16	TABLERO 17 SUBESTACION LEUKHART	480				55	Pasa

D	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
6	TABLERO 13 COLUMNNA D6	480	13,989	700	12,115		
17	TRIPLE GMAW GM OP10	480				35	Pasa
18	GMAW	480				35	Pasa
19	Arrancador	480				25	Pasa
20	CABINA DE PINTURA	480				25	Pasa
21	CABINA DE PINTURA	480				25	Pasa
22	CABINA DE PINTURA	480				25	Pasa
23	FUERA DE SERVICIO	480				25	Pasa
24	FUERA DE SERVICIO	480				25	Pasa
25	FUERA DE SERVICIO	480				25	Pasa
26	FUERA DE SERVICIO	480				25	Pasa
27	FUERA DE SERVICIO	480				25	Pasa
28	DISPONIBLE	480				25	Pasa
29	DISPONIBLE	480				25	Pasa
30	LASER CELL GM	480				35	Pasa

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
7	TABLERO 4 COLUMNA F1	480	11,793	695	10,213		
32	CABINA DE RETRABAJO AUDI Y TIGUAN	480				65	Pasa
33	CABINA DE RETRABAJO AUDI Y TIGUAN	480				65	Pasa
34	CLIMAS LABORATORIO LADO COMPRESORES	480				65	Pasa
ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
8	TABLERO 83 COLUMNA D4	480	9,926	684	8,596		
39	DISPONIBLE	480				25	Pasa
40	DISPONIBLE	480				25	Pasa
41	DISPONIBLE	480				25	Pasa
42	DISPONIBLE	480				25	Pasa
43	DISPONIBLE	480				25	Pasa
44	DOBLADORA DE TUBO	480				25	Pasa
45	MA-01	480				25	Pasa
46	DISPONIBLE	480				25	Pasa
47	EXTRACTOR HUMO MA-02	480				25	Pasa
48	DISPONIBLE	480				25	Pasa
49	DISPONIBLE	480				25	Pasa
50	DISPONIBLE	480				25	Pasa
51	PRESS TOWEL TBHD20	480				25	Pasa
52	DISPONIBLE	480				25	Pasa
53	DISPONIBLE	480				25	Pasa
54	DISPONIBLE	480				25	Pasa
55	DISPONIBLE	480				25	Pasa
56	DISPONIBLE	480				25	Pasa
57	TABLERO 11 COLUMNAD3 440V	480				18	Pasa

Tabla 3. Tablero 4 y Tablero 83

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
9	TABLERO 8 COLUMNA D3	480	11,409	690	9,881		
63	DISPONIBLE	480				65	Pasa
64	DISPONIBLE	480				65	Pasa
65	DISPONIBLE	480				65	Pasa
66	DISPONIBLE	480				65	Pasa
67	DISPONIBLE	480				65	Pasa
68	DISPONIBLE	480				65	Pasa
69	DISPONIBLE	480				65	Pasa
70	DISPONIBLE	480				65	Pasa
71	DISPONIBLE	480				65	Pasa
72	DISPONIBLE	480				65	Pasa
73	DISPONIBLE	480				65	Pasa
74	DISPONIBLE	480				65	Pasa
75	DISPONIBLE	480				65	Pasa
76	DISPONIBLE	480				65	Pasa
77	TRIPLE GMAW CELL RSB	480				65	Pasa
78	DOUBLE GMAW CELL RSB	480				65	Pasa
79	LASER CELL 5 RSB	480				65	Pasa

Tabla 4. Tablero 8

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
12	BUS 7Q3	480	29,222	728	25,307		
13	TABLERO 84 COLUMNA J9	480				50	Pasa
14	TABLERO 10 COLUMNA G5	480				35	Pasa

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
16	TABLERO 17 SUBESTACION LEUKHART	480	26,303	725	22,779		
TABLERO TORRE DE ENFRIAMIENTO PLANTA							
90	BIOLÓGICA Y RED CONTRA INCENDIOS	480				20	No Pasa
91	FUERA DE SERVICIO	480				35	Pasa
92	TABLERO 16 COLUMNA G 10	480				35	Pasa
##	DISPONIBLE	480				35	Pasa
93	TABLERO 70, CARGADORES DE BATERIAS	480				35	Pasa
94	TABLERO 21, COLUMNA G 12	480				35	Pasa
95	DISPONIBLE	480				18	No Pasa
96	DISPONIBLE	480				18	No Pasa
97	TALLER DE INGENIERIA DE PLANTA	480				35	Pasa
##	TABLERO 35 COLUMNA D10	480				35	Pasa

Tabla 5. Bus y Tablero 17

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
34	CLIMAS LABORATORIO LADO COMPRESORES	480	5,452	661	4,722		
35	CLIMA OFICINA PLANTA ALTA	480					
36	AGUA DE COMPRESOR	480					
37	Arrancador	480				25	Pasa

Tabla 6. Climas

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
57	TABLERO 11 COLUMNAD3 440V	480	9,690	683	8,391		
58	EXTRACTORES ALINEADOS CON EJE 3	480				10	Pasa
59	EXTRACTORES ALINEADOS CON EJE 6	480				10	Pasa
60	EXTRACTORES ALIENADOS CON EJE 5 COUMNA D4	480				10	Pasa
61	EXTRACTORES COLUMNA G3	480				10	Pasa
62	EXTRACTORES ALINEADOS CON EJE 1	480				10	Pasa

Tabla 7. Tablero 11

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
13	TABLERO 84 COLUMNA J9	480	22,419	719	19,415		
80	FINAL ASSEMBLY Y CONVEYOR 2nd ROW 40%	480				25	Pasa
81	FINAL ASSEMBLY Y CONVEYOR 2nd ROW 60%	480				25	Pasa
82	CARPRTING AFO 800	480				35	Pasa

Tabla 8. Tablero 84

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
14	TABLERO 10 COLUMNA G5	480	22,627	720	19,595		
83	CONTACTO	480				25	Pasa
84	MA-RSB 60% TIGUAN	480				35	Pasa
85	MA-RSB 40% TIGUAN	480				35	Pasa
86	LASER CELL 3 rd RAW, RSB 50 RH 50 LH	480				35	Pasa
87	DISPONIBLE	480				35	Pasa
88	LASER CELL4 2nd RAM, RSB 406020 % & 3rd RAM	480				35	Pasa
89	MA RSB 60% MIX TIGUAN	480				35	Pasa

Tabla 9. Tablero 10

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
TABLERO TORRE DE ENFRIAMIENTO PLANTA BIOLÓGICA							
90	Y RED CONTRA INCENDIOS	480	5,437	671	4,709		
##	PLANTA DE TRATAMIENTO	480				10	Pasa
##	TORRE DE ENFRIAMIENTO	480				10	Pasa
##	TABLERO RED CONTRA INCENDIO	480				10	Pasa

Tabla 10. Tablero Torre de Enfriamiento

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
92	TABLERO 16 COLUMNA G 10	480	10,975	715	9,504		
##	FUERA DE SERVICIO	480				10	No Pasa

Tabla 11. Tablero 16

I D 9 3	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
3	TABLERO 70, CARGADORES DE BATERIAS	480	6,590	675	5,707		
#	CARGADOR DE BATERIAS # 2 PRESTORITE POWER No SERIE 205CS27280	480				14	Pasa
#	CARGADOR DE BATERIAS #13 ENERSYS No SERIE RWE00407649	480				14	Pasa
#	CARGADOR DE BATERIAS #4 ENERSYS No SERIE RWE00407648	480				14	Pasa
#	CARGADOR DE BATERIAS # 14 HAWKER MODELO LPM3-48C 180Y	480				14	Pasa
#	BARRAS	480				14	Pasa
#	CARGADOR #1	480				14	Pasa
#	ÁREA DE CARGADORES DE BATERIA	480				14	Pasa
#	CARGADOR DE BATERIAS #7 ENERSYS No SERIE RWE00407644	480				14	Pasa
#	CARGADOR DE BATERIAS #8 ENERSYS No SERIE RWE00407642	480				14	Pasa
#	CARGADOR DE BATERIAS #10 ENERSYS No SERIE RWE00407645	480				14	Pasa
#	CARGADOR DE BATERIAS #9 ENERSYS No SERIE RWE00407641	480				14	Pasa
#	CARGADOR DE BATERIAS #11 ENERSYS No SERIE RWE00407643	480				14	Pasa

Tabla 12. Tablero 70

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
94	TABLERO 21, COLUMNA G 12	480	14,491	711	12,550		
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	Arrancador	480				18	Pasa
##	FUERA DE SERVICIO	480				18	Pasa
##	Arrancador	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	Arrancador	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	FUERA DE SERVICIO	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	Arrancador	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa

Tabla 13. Tablero 21

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
97	TALLER DE INGENIERIA DE PLANTA	480	7,727	691	6,691		
98	TABLERO 47, TALLER DE INGENIERIA DE PLANTA	480				25	Pasa
99	FUERA DE SERVICIO	480				10	Pasa

Tabla 14. Taller de Ingeniería de Planta

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
##	TABLERO 35 COLUMNA D10	480	17,482	708	15,140		
##	TRIPLE GMAW CUSHION 60% CELDA 1	480				18	Pasa
##	FUERA DE SERVICIO	480				18	Pasa
##	CELDA CUSHION 3 FILA 1	480				18	Pasa
##	HABILITADOS RIVETING 2	480				18	Pasa
##	CELDA CUSHION TERCERA FILA 2	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	CELDA TRAC	480				18	Pasa
##	CABINA DE RETRABAJO	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	DOBLE GMAW CUSHION 100% CELDA 3	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	DISPONIBLE	480				18	Pasa
##	HABILITADOS RIVETING 1	480				18	Pasa
##	TRIPLE GMAW CUSHION 60% CELDA 2	480				18	Pasa

Tabla 15. Tablero 35

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
##	PLANTA DE TRATAMIENTO	480	1,912	568	1,656		
##	Arrancador	480				6	Pasa
##	DISPONIBLE	480				10	Pasa

Tabla 16. Planta de Tratamiento

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
##	TORRE DE ENFRIAMIENTO	480	4,814	664	4,169		
##	Arrancador	480				25	Pasa
##	Arrancador	480				25	Pasa
##	Arrancador	480				25	Pasa

Tabla 17. Torre de Enfriamiento

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
##	TABLERO RED CONTRA INCENDIO	480	1,254	492	1,086		
##	BOMBA JOCKEY	480				10	Pasa
ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
##	BARRAS	480	6,590	675	5,707		
##	CARGADOR DE BATERIAS #5 ENERSYS No SERIE RWE00407647	480					
##	CARGADOR DE BATERIAS #6 ENERSYS No SERIE RWE00407646	480					

Tabla 18. Tablero Red Y Barras

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
98	TABLERO 47, TALLER DE INGENIERIA DE PLANTA	480	7,727	691	6,691		
##	CONTACTO TALLER DE MAQUINADOS	480				10	Pasa
##	Arrancador	480				10	Pasa
##	BUS	480				10	Pasa
##	FUERA DE SERVICIO	480				10	Pasa
##	DISPONIBLE	480				10	Pasa
##	PLANTA DE SOLDAR CABINA DE RETRABAJP	480				10	Pasa

Tabla 19. Tablero 47

ID ##	Nombre BUS	V 480	CC 3f (A) 7,727	CC 1f (A) 691	CC LL (A) 6,691	Protección (kA)	Evaluación
##	PLANTA DE SOLDAR CABINA DE ESCUELA	480					
##	TALLER DE MAQUINADO	480					

Tabla 20. Bus

Pasa= Capacidad Interruptiva adecuada.

No pasa= Capacidad Interruptiva baja (se requiere cambio del interruptor).

1.10.2.3 TRANSFORMADOR 1500 KVA

ID 197	Nombre SUBESTACIÓN INTERIOR 440V	V 440	CC 3f (A) 27,225	CC 1f (A) 791	CC LL (A) 23,577	Protección (kA)	Evaluación
198	BANCO DE CAPACITORES AUTOMATICO 150 KVAR	440				35	Pasa
199	TABLERO 18	440				65	Pasa
363	BANCO DE CAPACITORES AUTOMATICO 75 KVAR	440				35	Pasa

Tabla 21. Subestación Interior

ID # #	Nombre TABLERO 18	V 440	CC 3f (A) 28,775	CC 1f (A) 786	CC LL (A) 24,920	Protección (kA)	Evaluación
#	SCORE MACHINE DSDJ No SERIE						
#	WO16660001	440				65	Pasa
#							
#	TABLERO 24 COLUMNA D15	440				30	Pasa
#	TABLERO 25, TALLER DE						
#	MAQUINADO	440				50	Pasa
#							
#	TABLERO 22, COLUMNA G3	440				65	Pasa
#							
#	DISPONIBLE	440				65	Pasa
#							
#	TABLERO 67, COMPRESORES	440				65	Pasa
#							
#	DISPONIBLE	440				30	Pasa
#							
#	COMPRESOR #5	440				65	Pasa
#							
#	TABLERO 28 COLUMNA D14	440				65	Pasa
#							
#	TABLERO 31, COLUMNA G10	440				35	Pasa
#							
#	TABLERO 66 COMPRESORES	440				65	Pasa
#							
#	TABLERO 30 COLUMNA G10	440				65	Pasa
#							
#	TABLERO 36 COLUMNA D12	440				65	Pasa
#							
#	DISPONIBLE	440				30	Pasa

Tabla 22. Tablero 18

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
201	TABLERO 24 COLUMNNA D15	440	10,917	742	9,455		
202	DISPONIBLE	440				35	Pasa
203	DISPONIBLE	440				35	Pasa
204	DISPONIBLE	440				35	Pasa
205	DISPONIBLE	440				35	Pasa
206	DISPONIBLE	440				35	Pasa
207	DISPONIBLE	440				35	Pasa
208	DISPONIBLE	440				35	Pasa

Tabla 23. Tablero 24

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
209	TABLERO 25, TALLER DE MAQUINADO	440	17,190	769	14,887		
210	DISPONIBLE	440				35	Pasa
211	DISPONIBLE	440				35	Pasa
212	DISPONIBLE	440				35	Pasa
213	DISPONIBLE	440				35	Pasa
214	TENESEE RAND	440				65	Pasa
215	CONTACTO	440				25	Pasa
216	CARGADOR INTERNO DE BATERIAS HAWKER	440				25	Pasa
217	DISPONIBLE	440				25	Pasa
218	FUERA DE SERVICIO	440				25	Pasa

Tabla 24. Tablero 25

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
219	TABLERO 22, COLUMNA G3	440	17,726	768	15,352		
220	TSL6WHONDAHRV 6109-020	440				25	Pasa
221	AREA DE HRV	440				25	Pasa
222	FSC4WHONDA HRV 610703V	440				25	Pasa
223	DISPONIBLE	440				25	Pasa
224	FSC6WHONDA HRV 610603	440				25	Pasa
225	DISPONIBLE	440				25	Pasa
226	DISPONIBLE	440				25	Pasa
227	DISPONIBLE	440				25	Pasa
228	FUERA DE SERVICIO	440				25	Pasa
229	HEART MACHINE 4BICDSMJ 817023	440				25	Pasa
230	FUERA DE SERVICIO	440				25	Pasa
231	TEST MACHINE DSDJ 017027	440				25	Pasa
232	FUERA DE SERVICIO	440				25	Pasa
233	FUERA DE SERVICIO	440				25	Pasa
234	SCORE MACHINE DSDJ 017024	440				25	Pasa
235	DISPONIBLE	440				25	Pasa
236	SCORE MACHINE DSDJ 017024	440				25	Pasa
237	DISPONIBLE	440				25	Pasa
238	DISPONIBLE	440				25	Pasa
239	DISPONIBLE	440				25	Pasa
240	CASER CELL DJDS JON#133280	440				25	Pasa

Tabla 25. Tablero 22

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
242	TABLERO 67, COMPRESORES	440	10,092	752	8,740		
243	Protección	440					
247	BUS	440					
255	Arrancador	440				25	Pasa

Tabla 26. Tablero 67

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
258	COMPRESOR #5	440	28,775	786	24,920		
259	COMPRESOR # 5, MOD GA160 VSD SERIE ADF231816 ATLAS COPCO	440				65	Pasa

Tabla 27. Compresor

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
260	TABLERO 28 COLUMNA D14	440	11,906	748	10,311		
261	Arrancador	440				25	Pasa
263	SUBENSAMBLE DE CATCH Y ACTIVATION PIN FOLKOP10	440				25	Pasa
264	DISPONIBLE	440				25	Pasa
265	OP 60 EFORD TEST	440				25	Pasa
266	DISPONIBLE	440				25	Pasa
267	OP 30% CUSHION	440				25	Pasa
268	CABINA DE RETRABAJO METALES 2	440				25	Pasa
269	OP 20% LOWER JC49	440				25	Pasa
270	DISPONIBLE	440				25	Pasa
271	FUERA DE SERVICIO	440				25	Pasa
272	DISPONIBLE	440				25	Pasa
273	FUERA DE SERVICIO	440				25	Pasa
274	DISPONIBLE	440				25	Pasa
275	OP 40% CUSHION 2	440				25	Pasa
276	Arrancador	440				25	Pasa
278	DISPONIBLE	440				25	Pasa
279	DISPONIBLE	440				25	Pasa
280	DISPONIBLE	440				25	Pasa
281	DISPONIBLE	440				25	Pasa
282	DISPONIBLE	440				25	Pasa
283	DISPONIBLE	440				25	Pasa
284	DISPONIBLE	440				25	Pasa
285	DISPONIBLE	440				25	Pasa
286	DISPONIBLE	440				25	Pasa
287	TABLERO 26 COLUMNA D15	440					

Tabla 28. Tablero 28

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
304	TABLERO 31, COLUMNA G10	440	22,456	774	19,448		
305	CARPETING CELL RSB 406020% HS, MIX CHANGE	440				25	Pasa
306	DOBLE GMAW CELL 40% & 60% L	440				25	Pasa
307	CELL 40% 40%&60% LS	440				25	Pasa
308	Protección	440				25	Pasa
312	CELDA DE RETRABAJO	440				25	Pasa
313	FINAL ASSEMBLY LINE SCAT FRAME 4060%	440				25	Pasa
314	TRIPLE GMAW CELL 13 RSB 4060% MIV CHARGE	440				25	Pasa
315	FUERA DE SERVICIO	440				25	Pasa
316	PROJECTION WELDING SUB-ASSY 40-60%	440				25	Pasa
317	103F LASSER CELL RSB 406020%	440				25	Pasa
318	LASSER CELL 2a RAW RB 406020%	440				25	Pasa
319	CARPETING CELL 4060% HSLS	440				25	Pasa
320	GMAW CELL RSB 4060%	440				25	Pasa
321	CELL RCS 4060% & TOWER BAR	440				25	Pasa

Tabla 29. Tablero 31

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
322	TABLERO 66 COMPRESORES	440	10,659	735	9,231		
324	Arrancador	440				30	Pasa
326	Protección	440					
329	Arrancador	440				25	Pasa

Tabla 30. Tablero 66

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
331	TABLERO 30 COLUMNA G10	440	19,228	772	16,652		
332	DISPONIBLE	440				35	Pasa
333	DISPONIBLE	440				35	Pasa
334	LASER HRV NS 222585	440				35	Pasa
335	DISPONIBLE	440				35	Pasa
336	DISPONIBLE	440				35	Pasa
337	DISPONIBLE	440				35	Pasa
338	DISPONIBLE	440				35	Pasa
339	DISPONIBLE	440				35	Pasa

Tabla 31. Tablero 30

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
340	TABLERO 36 COLUMNA D12	440	18,627	771	16,132		
341	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
342	BORNES 2 FORD	440				18	No Pasa
343	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
344	Arrancador	440				18	No Pasa
346	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
347	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
348	SWAGE STATION 1 FORD JOB # 125150	440				18	No Pasa
349	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
350	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
351	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
352	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
353	DISTANCE BUSHIN CRASH BRACKET	440				18	No Pasa
354	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
355	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
356	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
357	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
358	DISPONIBLE	440				18	No Pasa
359	DISTANCE BUSHIN CRASH BRACKET	440				18	No Pasa
360	CONTACTO DE SERVICIO	440				18	No Pasa
361	DISPONIBLE	440				18	No Pasa

Tabla 32. Tablero 36

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
243	Protección	440	8,722	744	7,554		
244	Protección	440				18	Pasa

Tabla 33. Tablero Protección

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
247	BUS	440	10,092	752	8,740		
248	Arrancador	440				25	Pasa
250	Arrancador	440				14	Pasa
252	BUS	440				14	Pasa

Tabla 34. Bus

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
287	TABLERO 26 COLUMNA D15	440	8,258	731	7,152		
288	DISPONIBLE	440				10	Pasa
289	DISPONIBLE	440				10	Pasa
290	DISPONIBLE	440				10	Pasa
291	CABINA DE PINTURA	440				10	Pasa
292	DISPONIBLE	440				10	Pasa
293	DISPONIBLE	440				10	Pasa
294	DISPONIBLE	440				10	Pasa
295	DISPONIBLE	440				10	Pasa
296	DISPONIBLE	440				10	Pasa
297	MAQUINA DECANTING	440				10	Pasa
298	DISPONIBLE	440				10	Pasa
299	DISPONIBLE	440				10	Pasa
300	DISPONIBLE	440				10	Pasa
301	DISPONIBLE	440				10	Pasa
302	CARGADOR PASILLO	440				10	Pasa
303	CARGADOR CONTRAPESO	440				10	Pasa

Tabla 35. Tablero 26

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
326	Protección	440	9,430	730	8,167		
327	Arrancador	440				18	Pasa

Tabla 36. Protección

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
244	Protección	440	8,341	742	7,224		
245	Arrancador	440					

Tabla 37. Protección

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
252	BUS	440	10,092	752	8,740		
253	TABLERO DE VENTILADORES	440					
254	TABLERO DE VENTILADORES	440					

Tabla 38. Bus

ID	Nombre	V	CC 3f (A)	CC 1f (A)	CC LL (A)	Protección (kA)	Evaluación
309	BUS	440	22,456	774	19,448		
310	ABASTECIMIENTO DE CARPETAS BACK DE AUDI LS	440					
311	CARGADOR DE BATERIAS RAMPA EMBARQUES	440					

Tabla 39. Bus

Pasa= Capacidad Interruptiva adecuada.

No pasa= Capacidad Interruptiva baja (se requiere cambio del interruptor).

La capacidad interruptiva de las protecciones actuales (KA) deben ser de mayor valor que las corrientes máximas de falla (CC 3f, CC 1f, CC LL) de cada tablero y/o nodo.

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES

Sus protecciones del sistema eléctrico están operando de forma correcta en base a la corrida de corto circuito.

- 1.- Nota: Se tiene 17 interruptores fuera de los valores de corto de circuito, pero estos no afectarán al sistema, ya que se encuentran fuera de servicio.
- 2.-Nota: Se tiene 7 interruptor fuera de los valores de corto de circuito, con cargas instaladas y cuando ocurra una falla trifásica en este sistema las protecciones de cada circuito no tendrán la capacidad adecuada para soportar y extinguir las corrientes que se presentan durante esta falla.

1.10.3 ESTUDIO DE ARCO ELECTRICO (ARC FLASH)

El estudio de arco eléctrico (Arc Flash) ayuda a determinar las distancias límite de seguridad y riesgo necesarios por arco eléctrico, para evitar lesiones personales.

El alcance del trabajo consistió en la generación del Arc flash del diagrama unifilar de la empresa, en el cual los tableros y transformadores a estudio fueron los siguientes:

TABLA 1.

TABLERO	NIVEL DE TENSIÓN (KV)	ENERGÍA INCIDENTE (Cal/cm ²)	CATEGORÍA (NIVEL)	EPP
TR-1 2000 KVA, TIPO SECO.	34.5	22.84	4	ROPA INTERIOR DE ALGODÓN, + CAMISA Y PANTALÓN RF, + CHAMARRA RF
CELDA 1&2	0.48	2.80	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 13 COLUMNA D6	0.48	2.17	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 4 COLUMNA F1	0.48	2.34	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 83 COLUMNA D4	0.48	2.54	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 8 COLUMNA D3	0.48	2.38	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
BUS 7Q3, 480 VOLTS.	0.48	2.80	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 17 SUBESTACION LEUKHART	0.48	2.43	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
CLIMAS LAB LADO COMPRESORES	0.48	3.20	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TAB 11 C D3	0.48	2.56	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 84 COLUMNA J9	0.48	2.13	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 10 COLUMNA G5	0.48	2.14	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TAB TORRE ENFR PLANTA BIOLOGICA	0.48	3.21	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 16 COLUMNA G 10	0.48	2.50	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 70 CARGADORES	0.48	3.02	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 21 CG12	0.48	2.14	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TALLER DE INGENIERIA DE PLANTA	0.48	2.83	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 35 COLUMNA D10	0.48	2.03	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
PLANTA DE TRATAMIENTO	0.48	3.92	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TORRE DE ENFRIAMIENTO	0.48	3.32	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
RED CONTRA INCENDIO	0.48	4.08	2	ROPA INTERIOR DE ALGODÓN, + CAMISA Y PANTALON RF
BARRAS	0.48	3.02	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO

TABLERO 47, TALLER DE INGENIERIA DE PLANTA	0.48	2.83	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
BARRAS	0.48	2.83	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
SUBESTACIÓN INTERIOR	0.44	2.54	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 18	0.44	2.72	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 24 COLUMNA D15	0.44	2.43	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 25, TALLER DE MAQUINADO	0.44	2.04	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 22 COLUMNA G3	0.44	2.03	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 67 COMPRESORES	0.44	2.52	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
COMPRESOR #5	0.44	2.74	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 28 COLUMNA D14	0.44	2.33	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 31, COLUMNA G10	0.44	2.13	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 66 COMPRESORES	0.44	2.45	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 30 COLUMNA G10	0.44	2.03	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 36 COLUMNA D12	0.44	2.03	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
TABLERO 26 COLUMNA D15	0.44	2.75	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO
BUS 10703D	0.44	2.21	1	CAMISA Y PANTALON RETARDANTE AL FUEGO

RF= RESISTENTE AL FUEGO

Tabla 40. Equipo de Protección Personal

OBJETIVO

El objetivo de realizar el estudio de Análisis de energía incidente provocada por un arco eléctrico es determinar la cantidad de energía liberada en un punto específico en donde esta se verá afectada por las condiciones del medio y el tiempo de operación de las protecciones para extinguir el arco eléctrico. Al evaluar dicha energía se puede determinar el valor de la energía incidente que se expresa en Cal/cm² para seleccionar el equipo de protección personal adecuado en base a lo indicado por el estándar NFPA-70E. (NORMA DE SEGURIDAD ELECTRICA EN EL LUGAR DE TRABAJO)

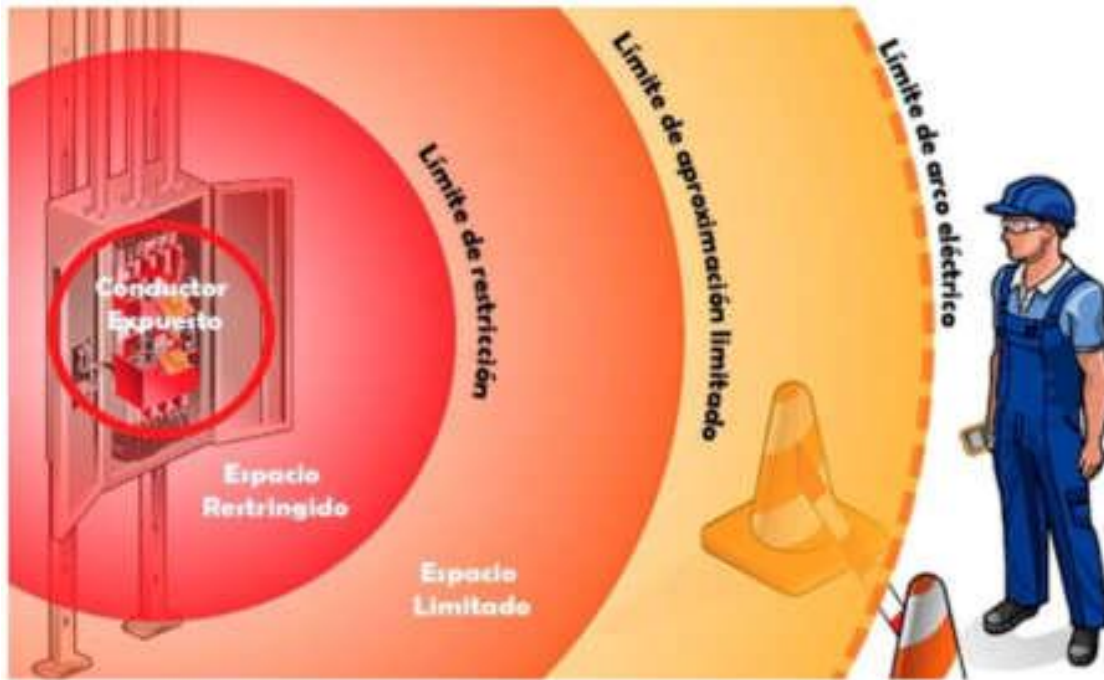


Ilustración 2 Distancia de Seguridad

Metodología

1. Para la elaboración del Estudio de Arco Eléctrico se tomará en cuenta el estudio de corto circuito y los tiempos de operación de las protecciones involucradas en la liberación de las fallas.
2. Se analiza la reducción de tiempos de la liberación de falla en los Buses o barras de interés.
3. Se consideran el escenario donde se presenta la energía incidente máxima de posibles fallas para la simulación de la energía incidente.
4. Para la selección del EPP (equipo de protección personal) se considerará el nivel de energía incidente más crítico que se podría llegar a presentar.

Alcance

El alcance de este estudio pretende analizar la energía incidente y determinar el EPP adecuado para labores de trabajo en los tableros de alta, mediana y hasta los interruptores principales de baja tensión de cada uno de los transformadores derivados.

Estudio de Arco Eléctrico

Criterios: Para el análisis de la energía incidente se realizó la simulación del escenario el más crítico, así como también se consideró utilizar el tiempo de operación de los interruptores de protección primaria para liberar la falla del punto en análisis.

Interpretación de resultados.

En la figura, se muestra de manera gráfica para una mejor visualización la categorización del equipo de protección personal que indica el estándar **NFPA70E 2018**.

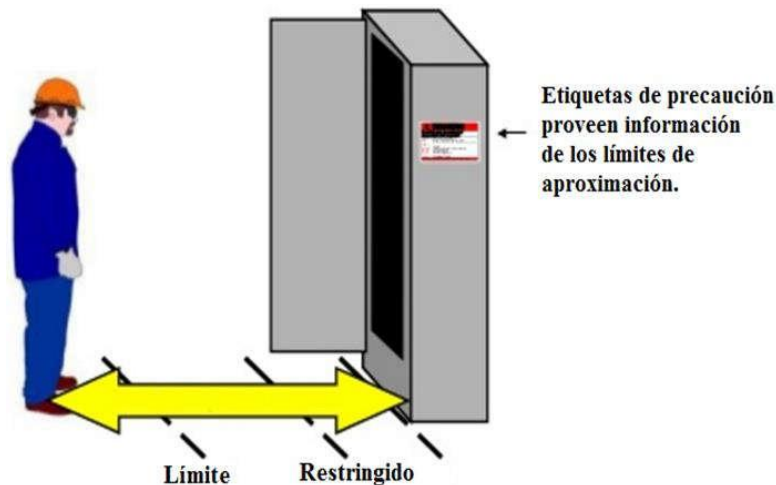


Ilustración 3 Equipo de protección personal (EPP)

A continuación, se describe la categorización del equipo de protección personal que indica el estándar **NFPA-70E 2018**

Categoría 1:

Ropa con clasificación de arco, clasificación mínima de arco de 4 cal/cm^2 (16.75 J/cm^2)(a)

- Camisa y pantalones de manga larga con clasificación de arco u overol con clasificación de arco.
- Máscara con protección de arco (b) o traje con máscara de arco eléctrico.
- Chaqueta, sudadera, ropa impermeable o forro para casco con clasificación de arco (AN).

Equipo de Protección

- Casco de seguridad.
- Gafas o "goggles" de seguridad (SR).
- Protección auditiva (inserciones del canal auditivo) (c).
- Guantes de cuero resistentes (d).
- Calzado de cuero (AN).

Categoría 2:

Ropa con clasificación de arco, clasificación mínima de arco de 8 cal/cm^2 (33.5 J/cm^2) (a)

- Camisa y pantalones de manga larga con clasificación de arco u overol con clasificación de arco.

- Máscara con traje de flash con clasificación de arco o careta con clasificación de arco(b) y pasamontañas con clasificación de arco.
- Chaqueta, sudadera, ropa impermeable o casco de seguridad con revestimiento con clasificación de arco (AN).

Equipo de Protección

- Casco de seguridad.
- Gafas o “goggles” de seguridad (SR).
- Protección auditiva (inserciones del canal auditivo) (c).
- Guantes de cuero resistentes(d).
- Calzado de cuero.

Categoría 3:

Ropa con clasificación de arco seleccionada para que la clasificación de arco del sistema cumpla con la clasificación de arco mínima requerida de 25 cal/cm^2 (104.7 J/cm^2). (a)

- Camisa de manga larga con clasificación de arco (AR).
- Pantalones con clasificación de arco (AR).
- Overol con clasificación de arco (AR).
- Chaqueta de traje de arco eléctrico con clasificación de arco (AR).
- Pantalones de traje de arco eléctrico con clasificación de arco (AR).
- Sudadera de traje de arco eléctrico con clasificación de arco.
- Guantes con clasificación de arco (d).
- Chaqueta, sudadera, ropa impermeable o casco de seguridad con revestimiento con clasificación de arco (AN).

Equipo de Protección

- Casco de seguridad.
- Gafas de seguridad o gafas de seguridad (SR).
- Protección auditiva (inserciones del canal auditivo) (c).
- Calzado de cuero.

Categoría 4:

cumpla con la clasificación de arco mínima requerida de 40 cal/cm^2 (167.5 J/cm^2) (a)

- Camisa de manga larga con clasificación de arco (AR).
- Pantalones con clasificación de arco (AR).
- Overol con clasificación de arco (AR).
- Chaqueta de traje de arco eléctrico con clasificación de arco (AR).
- Pantalones de traje de arco eléctrico con clasificación de arco (AR).
- Sudadera de traje de arco eléctrico con clasificación de arco.
- Guantes con clasificación de arco (d).

- Chaqueta, sudadera, ropa impermeable o casco de seguridad con revestimiento con clasificación de arco (AN).

Equipo de Protección

- Casco de seguridad.
- Gafas de seguridad o gafas de seguridad (SR).
- Protección auditiva (inserciones del canal auditivo) (c).
- Calzado de cuero.

Donde:

(AN): Como sea necesario (opcional).

(AR): Como sea Requerido.

(SR): Selección requerida.

(A): La calificación de arco se define en el artículo 100

(B): Los protectores faciales deben tener una protección envolvente para proteger no solo la

cara, sino también la frente, las orejas y el cuello, o, alternativamente, se debe usar una

sudadera de traje de arco con calificación de arco.

(C): Se permite el uso de otros tipos de protección auditiva en lugar de los insertos del canal

auditivo, siempre que se usen debajo de una capucha de traje de arco eléctrico.

(D): Si se usan guantes aislantes de goma con protectores de cuero, no se requieren guantes

adicionales de cuero o con clasificación de arco. La combinación de guantes aislantes de goma

con protectores de cuero satisface el requisito de protección contra arco eléctrico.

Clases de Guantes:

Guante Clase 00: 500V

Guante Clase 0: 1000V

Guante Clase 1: 7500V

Guante Clase 2: 17000V

Guante Clase 3: 26500V

Guante Clase 4: 36000V.

OBSERVACIONES

- El riesgo es latente aun cuando se realizan maniobras de apertura-cierre, por lo que deberán realizarse siempre con la puerta cerrada y, de ser posible, siempre operarlo eléctricamente teniendo mayor precaución cuando éstos circuitos han sido intervenido o si presentó algún disparo por falla.
- Del análisis de arco eléctrico se tiene que para los diferentes tableros se requiere de protección personal clases 0, 1, 2 y 4 según se muestra en la Tabla 1.

I. ESPECIFICACIONES PARA LAS ETIQUETAS DE ARC FLASH (SEGURIDAD ELÉCTRICA NFPA-70E)

I.1 IDIOMA Y SISTEMA DE MEDICIÓN

Las Etiquetas se imprimen en el Idioma Español y en Sistema Métrico Decimal. Las palabras "Warning", "Arc Flash Boundary", "Incident Energy" y "Limited Approach" no tienen significado para un trabajador. Las etiquetas incluyen una franja de color naranja o rojo para "advertencia" o "peligro" respectivamente.

 PELIGRO	
Norma NFPA 70E-2012 RIESGO DE ARCO ELÉCTRICO Y ELECTROCUCIÓN PRESENTE Se requiere EPP de acuerdo a categoría	
RIESGO DE ARCO ELÉCTRICO Distancia de arco (m) 0.737 Energía incidente (cal/cm²) 3.13 Categoría de riesgo # 1 A la distancia de trabajo (cm) 45.72	RIESGO DE ELECTROCUCIÓN 480 VCA Cuando la tapa es removida Límite de aproximación (m) 1.067 Distancia restringida (m) 0.305 GUANTES Clase 00 Protección con guantes de piel
EPP REQUERIDO Camiseta de algodón, protección auditiva, lentes y zapatos dieléctricos Camisa de manga larga y pantalón resistentes al arco de 4 cal/cm² Pasamontañas (protección de cuello) resistentes al arco de 4 cal/cm² Casco de protección facial resistente al arco de 4 cal/cm²	
Temperatura: Ambiente 1	

I.2 ESPECIFICACIONES

- Etiqueta para uso en tableros eléctricos.
- Aplicación a la intemperie.
- Deben ser resistentes a los rayos ultravioleta (no se decoloran con la luz del sol).
- Los adhesivos están diseñados para pegarse en tableros incluso en presencia de residuos de aceites, son resistentes a muchos químicos, polvo y abrasión.
- Duración 8-10 años.

I.3 TAMAÑOS COMUNES

Alto 10 cm x Ancho 10 cm Puede pegarse en la mayoría de los tableros.
 Alto 10 cm x Ancho 15 cm Normalmente para adherirse en Tableros Tipo SwitchGear de baja tensión, Metal Clad, Metal Enclosed.

ETIQUETAS ESTÁNDAR O PERSONALIZADAS

Las etiquetas de seguridad eléctrica las desarrollamos en el software de análisis de ingeniería eléctrica ETAP en su versión en español, el software permite generar infinidad de modelos de etiquetas genéricas de acuerdo con ANSI Z535.4-1998 American National Standard for Product Safety Signs and Labels o etiquetas personalizadas para una industria en particular donde se puede agregar información adicional o logos.

SOFTWARE DE ANALISIS

- ETAP Ver 19.5
- Estándares de Referencia IEEE, ANSI, IEC.



ETAP SOLUTION PROVIDER

RADTHINK cuenta con el reconocimiento ETAP Solution Provider de la marca ETAP para firmas de ingeniería que tienen personal con habilidades, conocimientos y recursos para ofrecer soluciones de ingeniería eléctrica usando la Herramienta ETAP.

Ilustración 4 Especificaciones de Etiquetas de Arc Flash

 PELIGRO	
Norma NFPA 70E-2012 RIESGO DE ARCO ELÉCTRICO Y ELECTROCUCIÓN PRESENTE Se requiere EPP de acuerdo a categoría	
RIESGO DE ARCO ELÉCTRICO Distancia de arco (m) 0.737 Energía incidente (cal/cm²) 3.13 Categoría de riesgo # 1 A la distancia de trabajo (cm) 45.72	RIESGO DE ELECTROCUCIÓN 480 VCA Cuando la tapa es removida Límite de aproximación (m) 1.067 Distancia restringida (m) 0.305 GUANTES Clase 00 Protección con guantes de piel
EPP REQUERIDO Camiseta de algodón, protección auditiva, lentes y zapatos dieléctricos Camisa de manga larga y pantalón resistentes al arco de 4 cal/cm² Pasamontañas (protección de cuello) resistentes al arco de 4 cal/cm² Casco de protección facial resistente al arco de 4 cal/cm²	

Ilustración 5 Etiqueta de Arc Flash

1.10.4 ESTUDIO DE CALIDAD DE LA ENERGIA EN TRANSFORMADOR DE 2000 KVA

Se realiza el presente estudio de Calidad de Energía y/o potencia en: **PORCELANITE LAMOSA Planta Tlaxcala**, con la finalidad de conocer el comportamiento actual de las variables eléctricas en el sistema eléctrico.

El reporte muestra el comportamiento de la energía consumida y analizada en base a las normas y estándares vigentes IEEE 1159 tomadas como referencia para cada uno de los parámetros de calidad de energía a evaluar en el presente reporte.

Para la realización del presente estudio, se utilizó un equipo Analizador de Redes Eléctricas de las siguientes características:

Marca:	<u>DRANETZ.</u>
Modelo:	<u>HDPQ-P-VISA-A.</u>
Número de serie:	HDPVAQF011
Sincronización	STANDARD A
Rango de medición en corriente:	<u>30 a ,3000 A ca.</u>
Rango de medición en voltaje:	<u>0 a 1,000 V ca.</u>
Tipo de sistema:	<u>TRIFÁSICO 3 HILOS.</u>
Tensión Operación:	<u>440/254 V</u>
Fecha y hora de inicio:	11/11/2023 11:47:11
Fecha y hora de término:	18/11/2023 10:15:00
Periodo de integración:	<u>5 MINUTAL.</u>

**ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA DE TRANSFORMADOR 1, TRIFÁSICO
INTERIOR TIPO SECO 2000 KVA, 34500-480/277 V, NÚMERO DE SERIE KT56066
MARCA SIEMENS**

EL EQUIPO SE CONECTÓ EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN, A LA LLEGADA DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3X3200 AMP., MARCA ABB, SACE E3S32

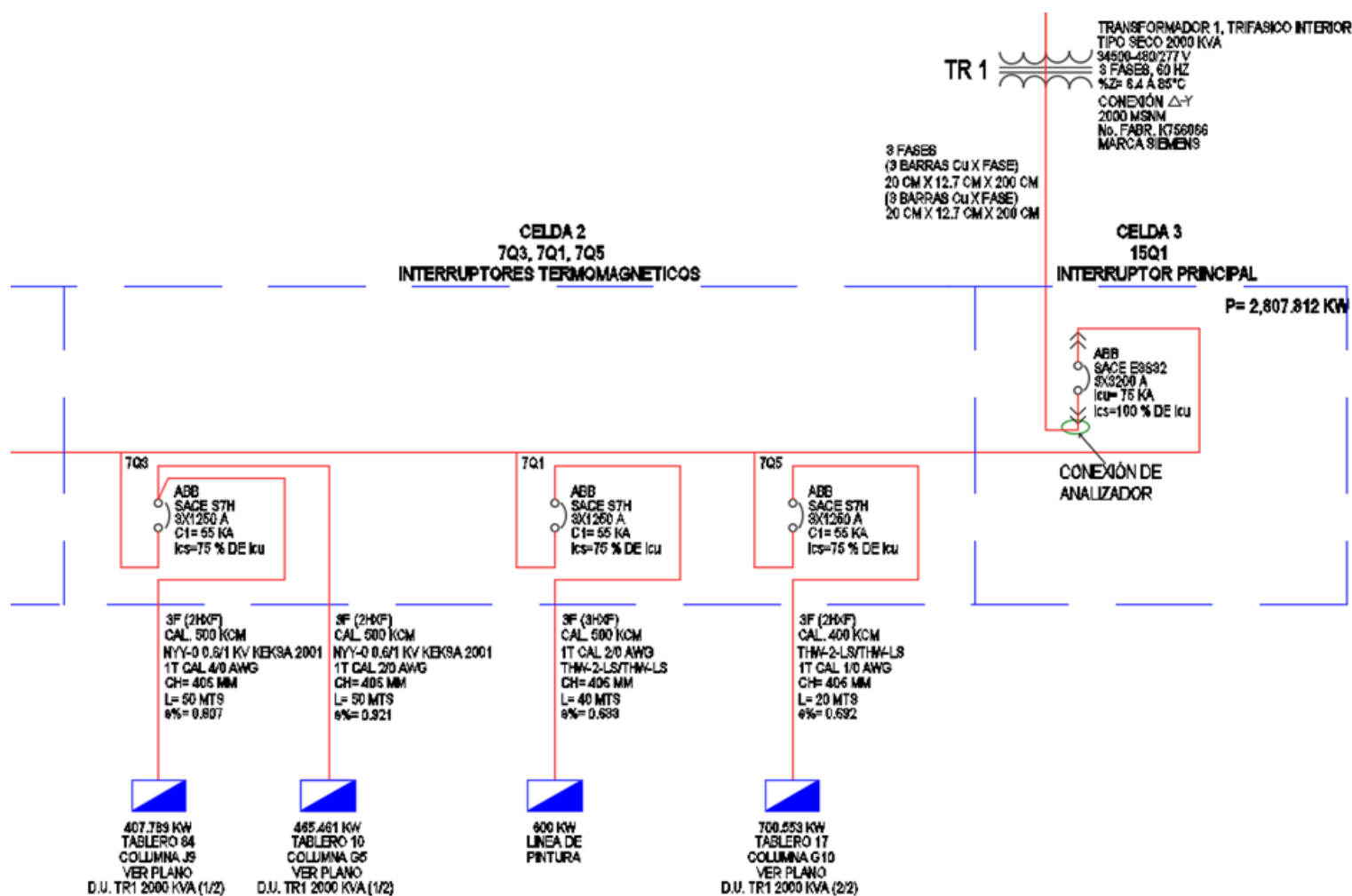


Ilustración 6 Diagrama Unifilar TR2000KVA



Galaxy A32

Ilustración 7 Conexión de equipo para el estudio de calidad de la energía a Transformador de 2000KVA

ALCANCE:

El alcance del presente estudio de calidad de energía eléctrica es de gran importancia ya que permite realizar un diagnóstico completo de la carga de transformador, las variables eléctricas a analizar son las siguientes:

- Anomalías de Tensión
- Voltajes de fase a fase
- Corrientes en cada fase
- Frecuencia
- Potencia activa reactiva y aparente
- Factor de Potencia
- Distorsión armónica total en voltaje (THDv).
- Distorsión armónica total en corriente (THDi).

1.10.4.1 ANOMALÍAS EN TENSIÓN

Durante el período de medición realizado entre el (25/05/2024 11:47:11 Hasta 01/06/2024 10:15:00) (6 días, 22 horas, 27 minutos y 49 segundos), al sistema eléctrico, se analizaron las siguientes variables.

NO SE PRESENTARON FLICKER.

De 0 total de HUECOS DE TENSIÓN

CRITERIOS	FASE	CATEGORÍA	DATOS	FECHA/HORA
-----------	------	-----------	-------	------------

De 0 total de SOBRETENSIONES

CRITERIOS	FASE	CATEGORÍA	DATOS	FECHA/HORA
-----------	------	-----------	-------	------------

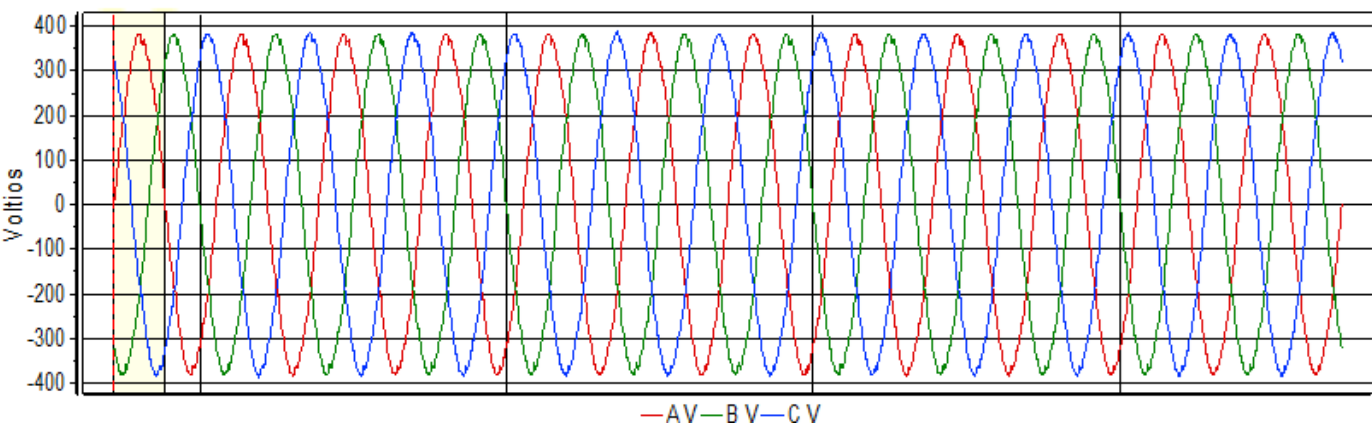
De 0 total de INTERRUPCIONES DE TENSIÓN

CRITERIOS	FASE	CATEGORÍA	DATOS	FECHA/HORA
-----------	------	-----------	-------	------------

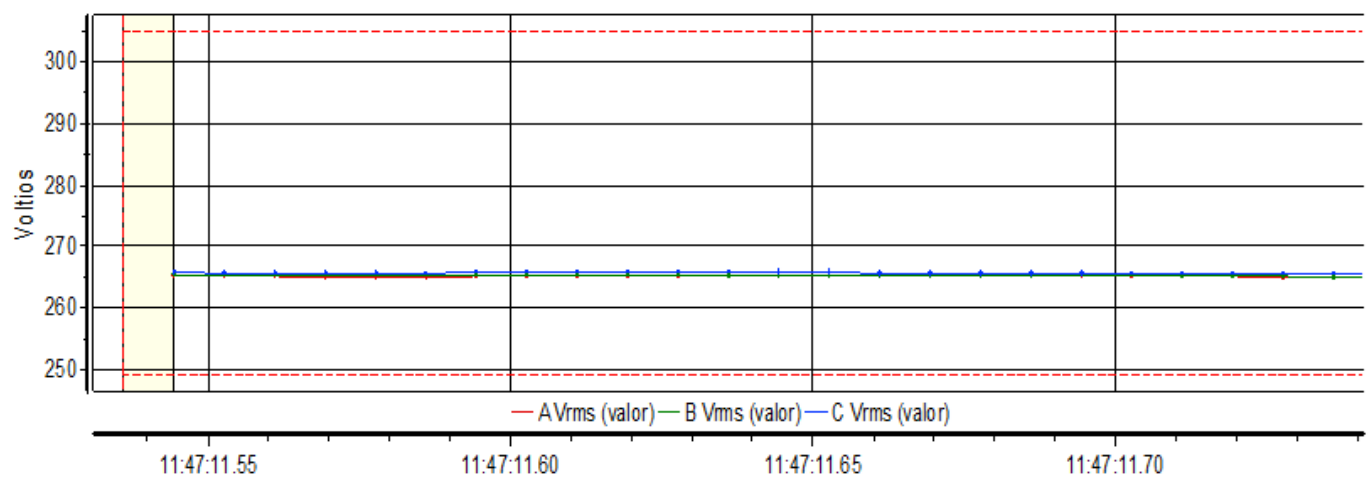
De 2 TOTAL DE TRANSITORIOS DE TENSIÓN

CRITERIOS	FASE	DATOS	FECHA/HORA
La mayor magnitud	B	76.4V, 0.000 Seg.	28/05/2024 22:37:34.74
		0.0V	28/05/2024 22:37:34.75

1.10.4.2 REPRESENTACIÓN DE TRANSITORIOS EN TENSIÓN



Grafica 1 . "Representación de Transitorios en Tensión-Frecuencia"



11:47:11.55
25/05/2024
SABADO

Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

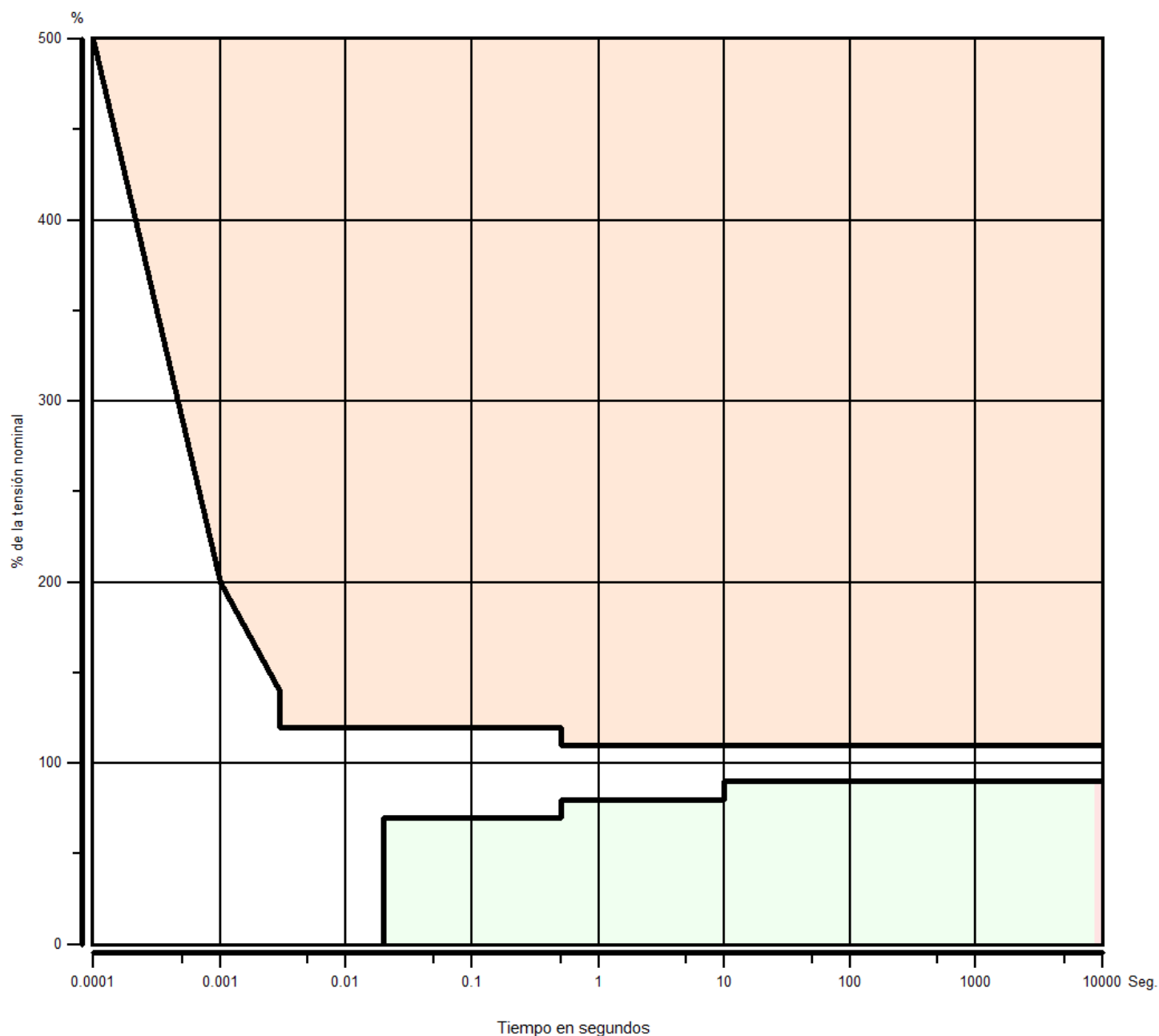
Grafica 2 "Representación de Transitorios en Tensión-Antes del disparo"

1.10.4.3 CURVA DE TOLERANCIA: ITIC (MAGNITUD/DURACIÓN)

MAGNITUD/DURACIÓN.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00



CURVA DE TOLERANCIA: ITIC
Tensión Nominal (100%) = 277 V
NO HAY VARIACIONES fuera de la curva de tolerancia

Grafica 3 "Curva de Tolerancia"

1.10.4.4 VOLTAJES DE LINEA A LINEA

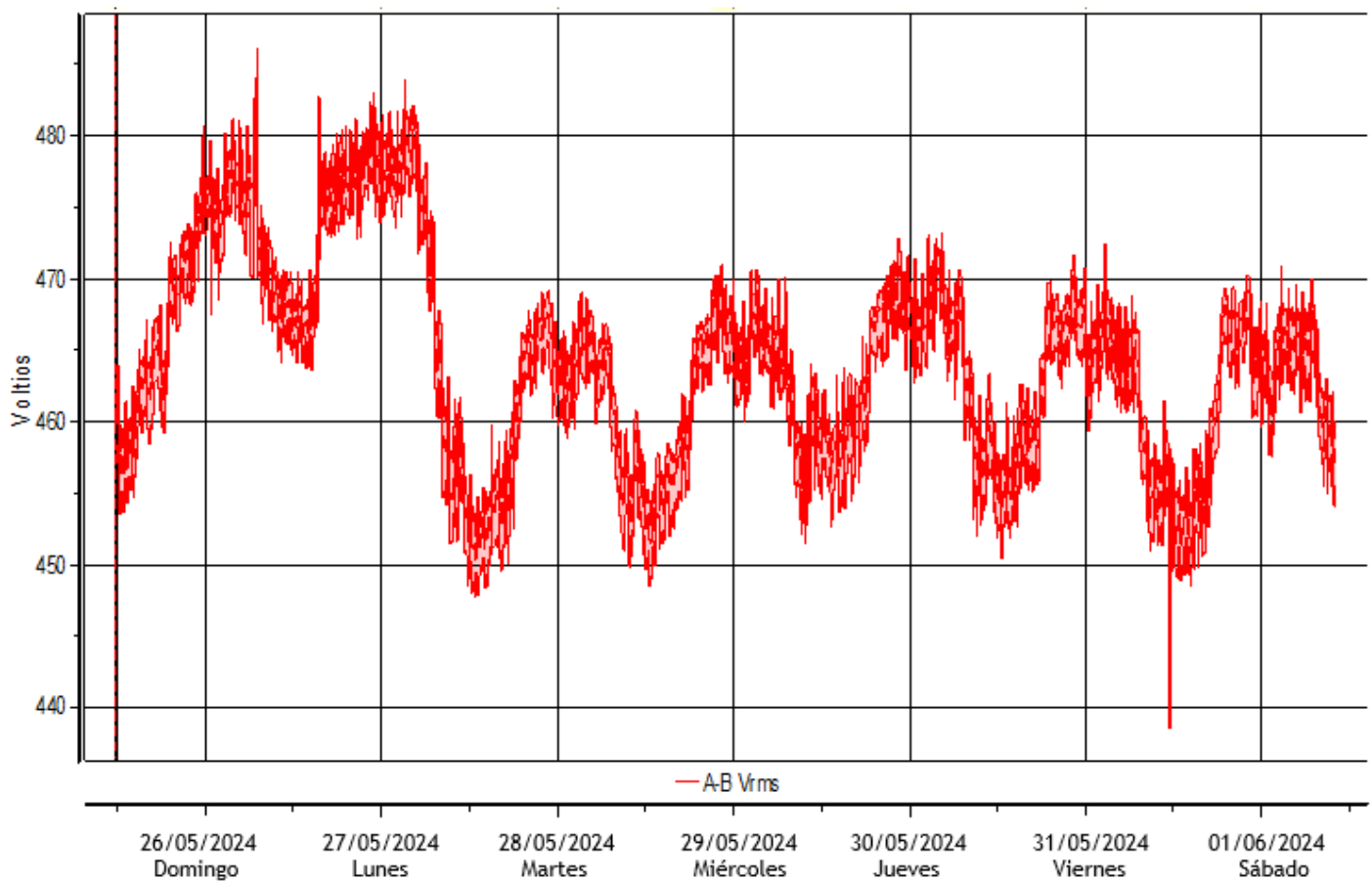
De las gráficas 3, 4 y 5 se muestran los valores de tensión fase a fase durante el período de medición, en ellas se pueden observar las oscilaciones, caídas de tensión máximas sostenidas, así como las interrupciones de energía.

DIAGRAMAS DE TENSIÓN.

MAGNITUD/DURACIÓN.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

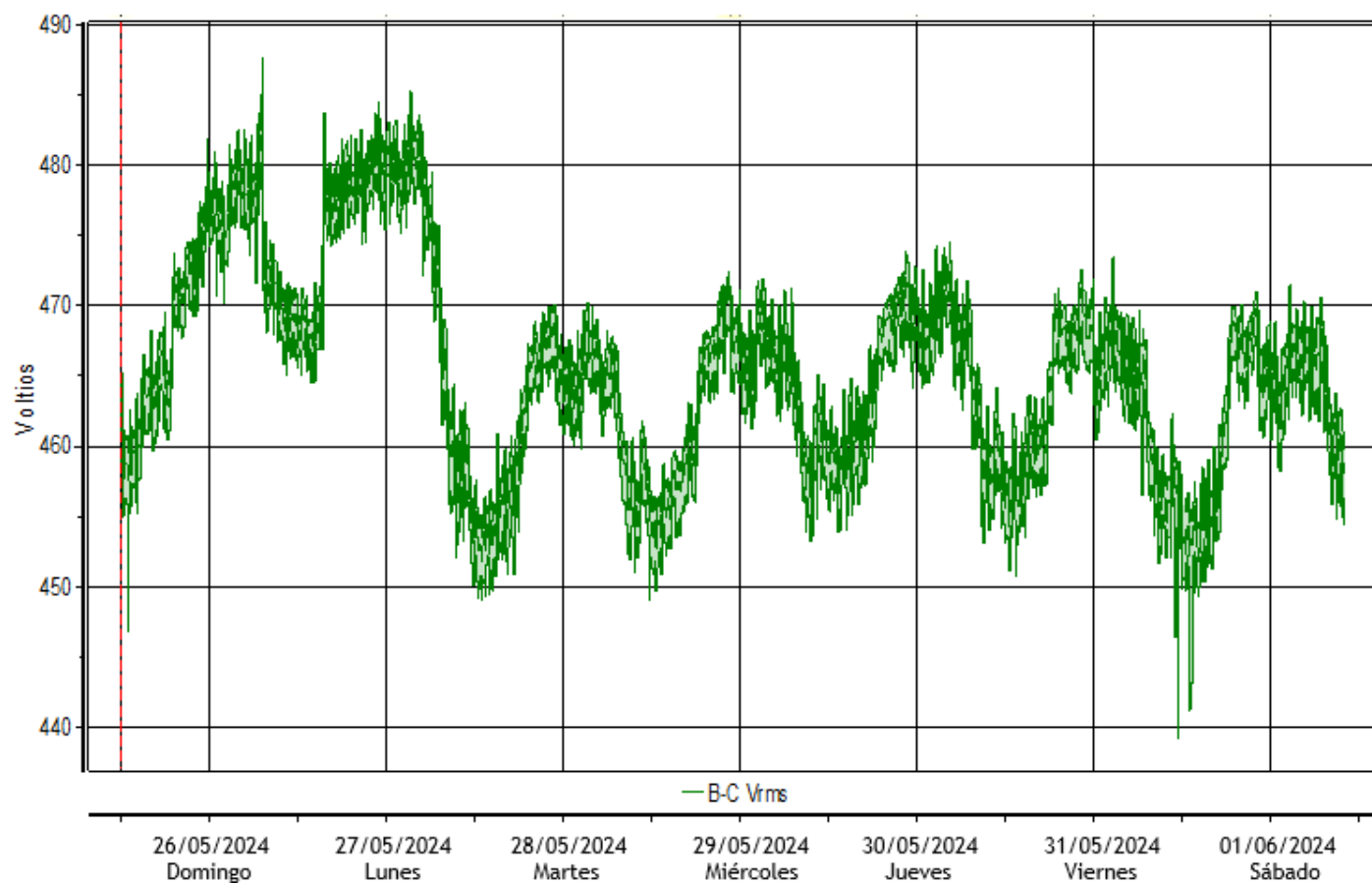
Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

	Min	Máx	Pro
A-BVrms	438.6	486.1	464.6

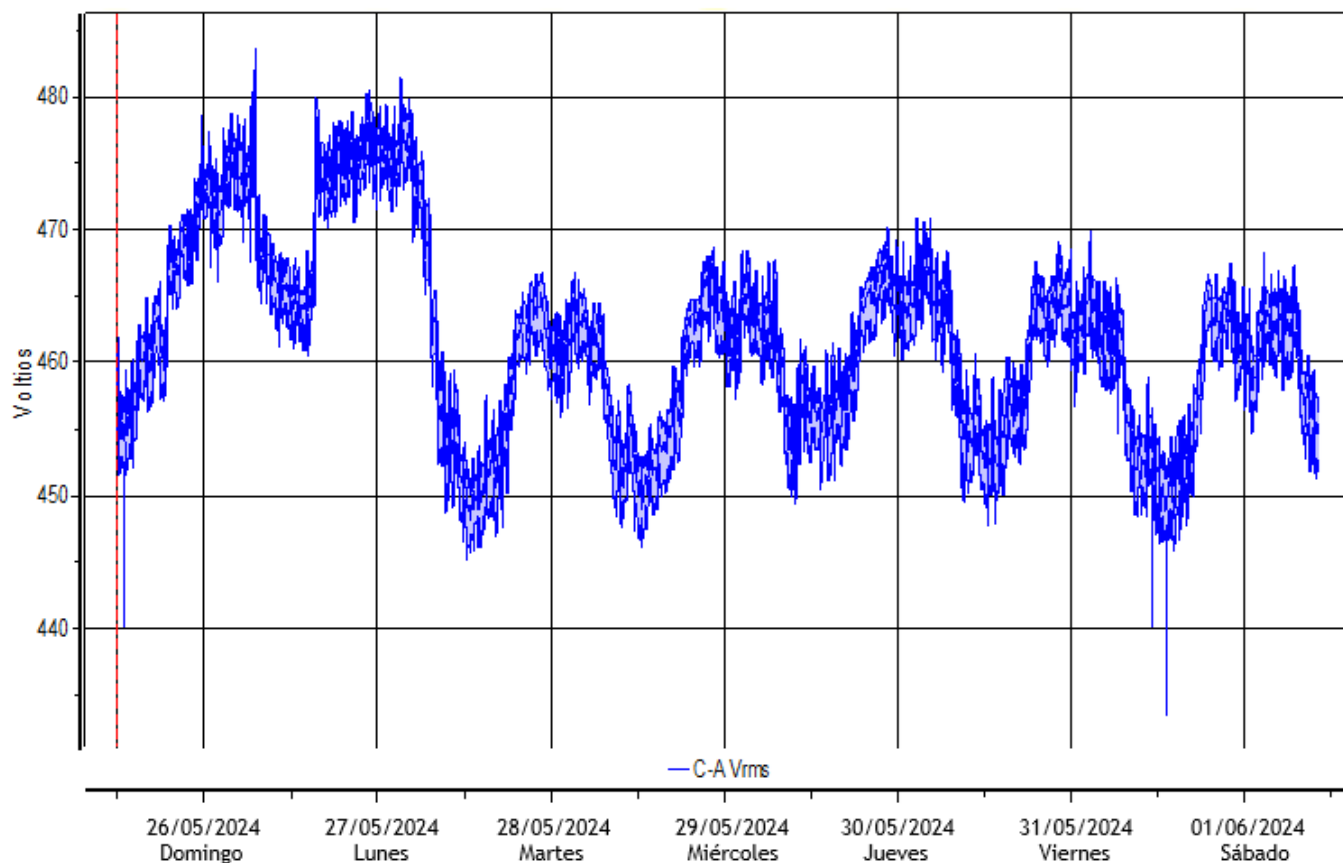
Grafica 4 “VA-B Vrms”



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

	Min	Máx	Pro
B-CVrms	439.2	487.7	465.7

Grafica 5 “VB-C Vrms”



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

	Min	Máx	Prom
C-A Vrms	433.4	483.7	462.2

Grafica 6 “VC-A Vrms”

TABLA DE MAGNITUD DE TENSIÓN.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00

En la tabla siguiente se encuentran los valores en tensión mínimos, máximos y promedios registrados. De la tabla 1 se obtiene que el desbalance de voltaje es del 0.422 %, recordemos que existe parámetros que se deben cumplir y en este caso para un sistema eléctrico de tipo trifásico, el valor máximo permisible de desbalance **NO** debe ser mayor al 3 %.

V _{A-B}		V _{B-C}		V _{C-A}	
Min	438.6	Min	439.2	Min	433.4
Max	486.1	Max	487.7	Max	483.7
Prom	464.6	Prom	465.7	Prom	462.2

$$\%V_{desb} = \frac{\text{Máximo } (|V_{Pr om} - V_{AB}|, |V_{Pr om} - V_{BC}|, |V_{Pr om} - V_{CA}|)}{V_{Pr om}}$$

$$V_{Pr om} = \frac{V_{AB} + V_{BC} + V_{ABC}}{3}$$

DESGLOSE:

$$V_{Pr om} = \frac{464.6 \text{ V} + 465.7 \text{ V} + 462.2 \text{ V}}{3} = 464.16 \text{ V}$$

$$|464.16 \text{ V} - 464.6 \text{ V}| = 0.44 \text{ V}$$

$$|464.16 \text{ V} - 465.7 \text{ V}| = 1.54 \text{ V}$$

$$|464.16 \text{ V} - 462.2 \text{ V}| = 1.96 \text{ V} \text{ Desviación máxima respecto del promedio}$$

$$\%V_{desb} = \frac{1.96 \text{ V}}{464.16 \text{ V}} * 100 = 0.422 \text{ V}$$

1.10.4.5 VOLTAJES DE LINEA A NEUTRO

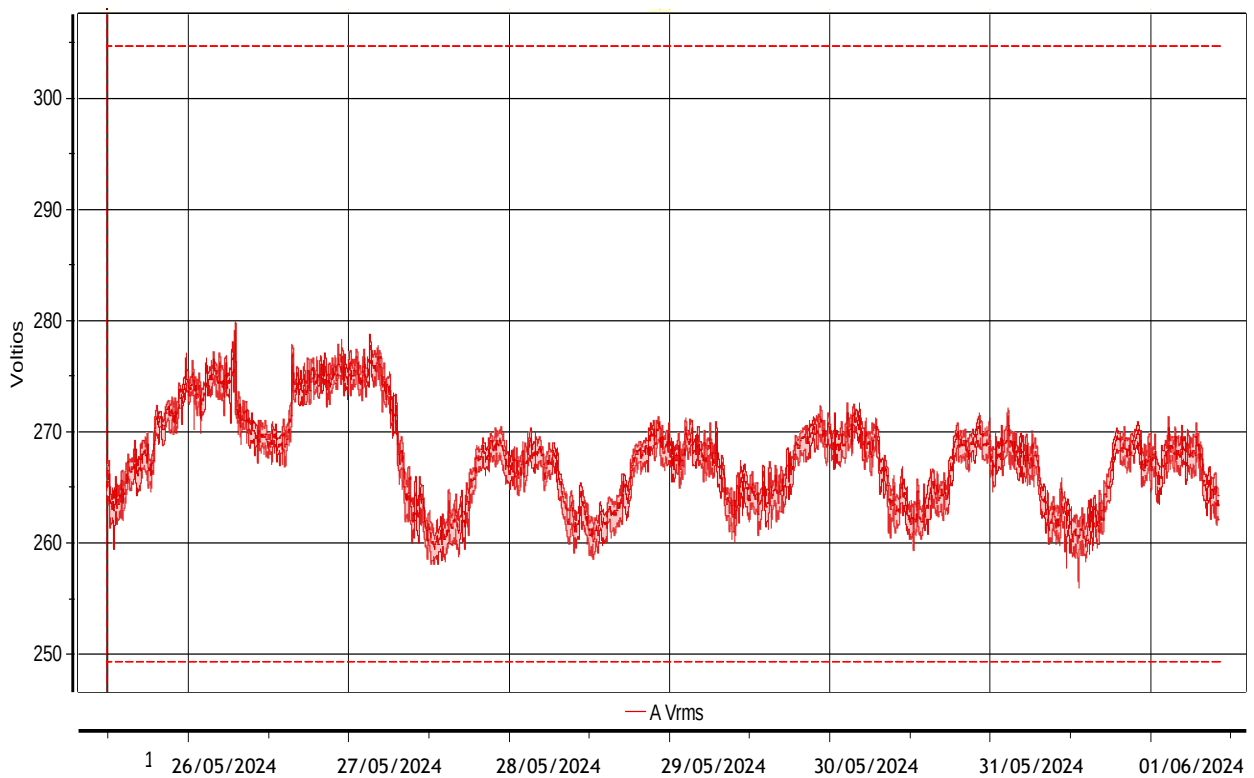
De las gráficas 7, 8 y 9 se muestran los valores de tensión fase a neutro durante el período de medición, en ellas se pueden observar las oscilaciones, caídas de tensión máximas sostenidas, así como las interrupciones de energía.

DIAGRAMAS DE TENSIÓN.

MAGNITUD/DURACION.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

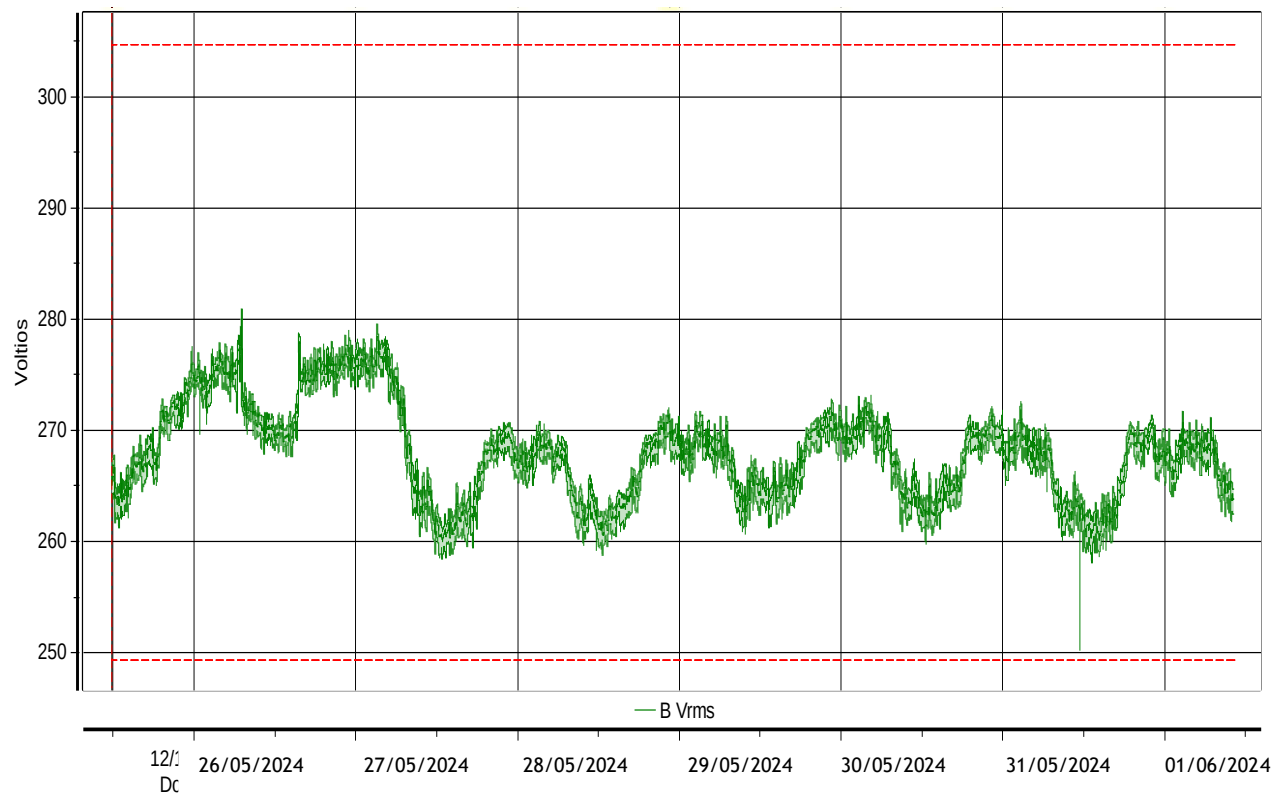
Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536

	Mín	Máx	Pro
AVrms	256.0	279.8	267.6

Gráfica 7 "VA-N Vrms"

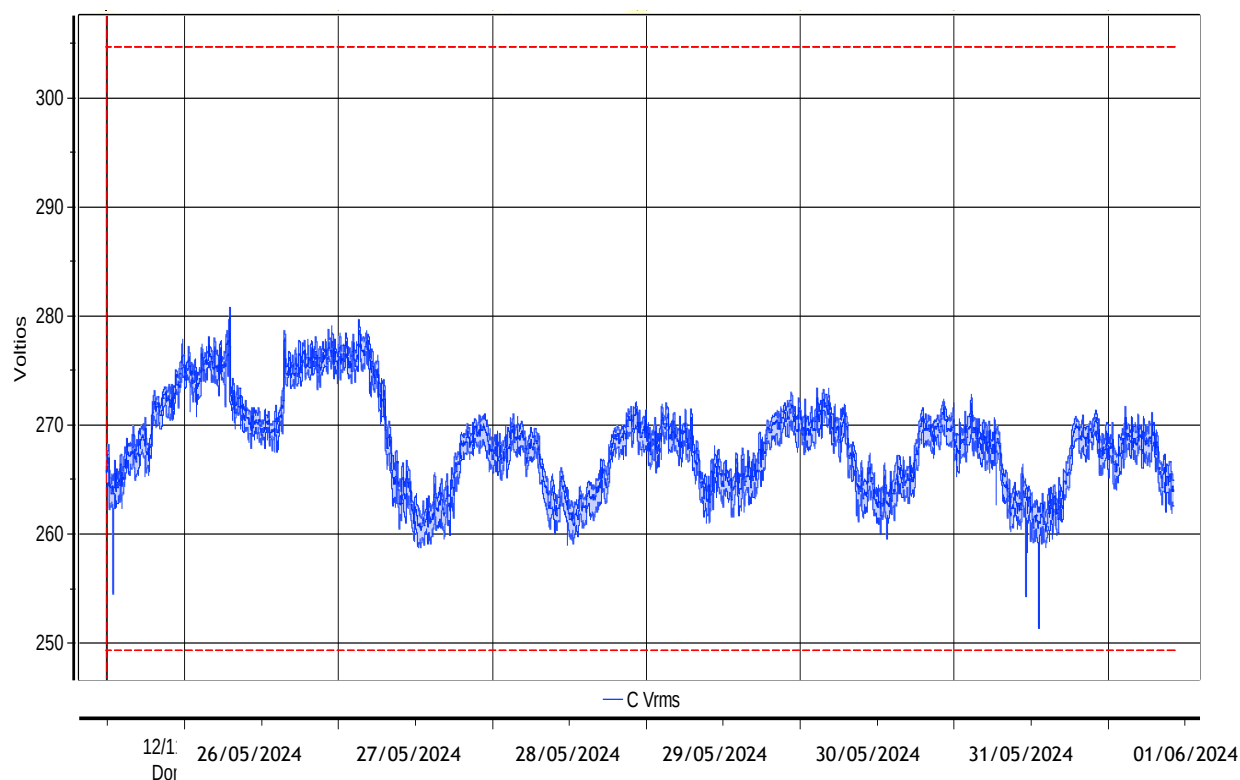


Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536

Antes del disparo

	Mín	Máx	Pro
BVrms	250.3	280.9	268.1

Grafica 8 “VB-N Vrms”



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536

Antes del disparo

	Mín	Máx	Pro
CVrms	251.3	280.8	268.3

Grafica 9 “VC-N Vrms”

TABLA DE MAGNITUD DE TENSIÓN.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00

En la tabla siguiente se encuentran los valores en tensión mínimos, máximos y promedios registrados. De la tabla 2 se obtiene que el desbalance de voltaje es del 0.149 %, recordemos que existe parámetros que se deben cumplir y en este caso para un sistema eléctrico de tipo trifásico, el valor máximo permisible de desbalance **NO** debe ser mayor al 3 %.

TABLA 2: TENSIÓN DE LINEA A NEUTRO

V_{A-N}		V_{B-N}		V_{C-N}	
Min	256.0	Min	250.3	Min	251.3
Max	279.8	Max	280.9	Max	280.8
Prom	267.6	Prom	268.1	Prom	268.3

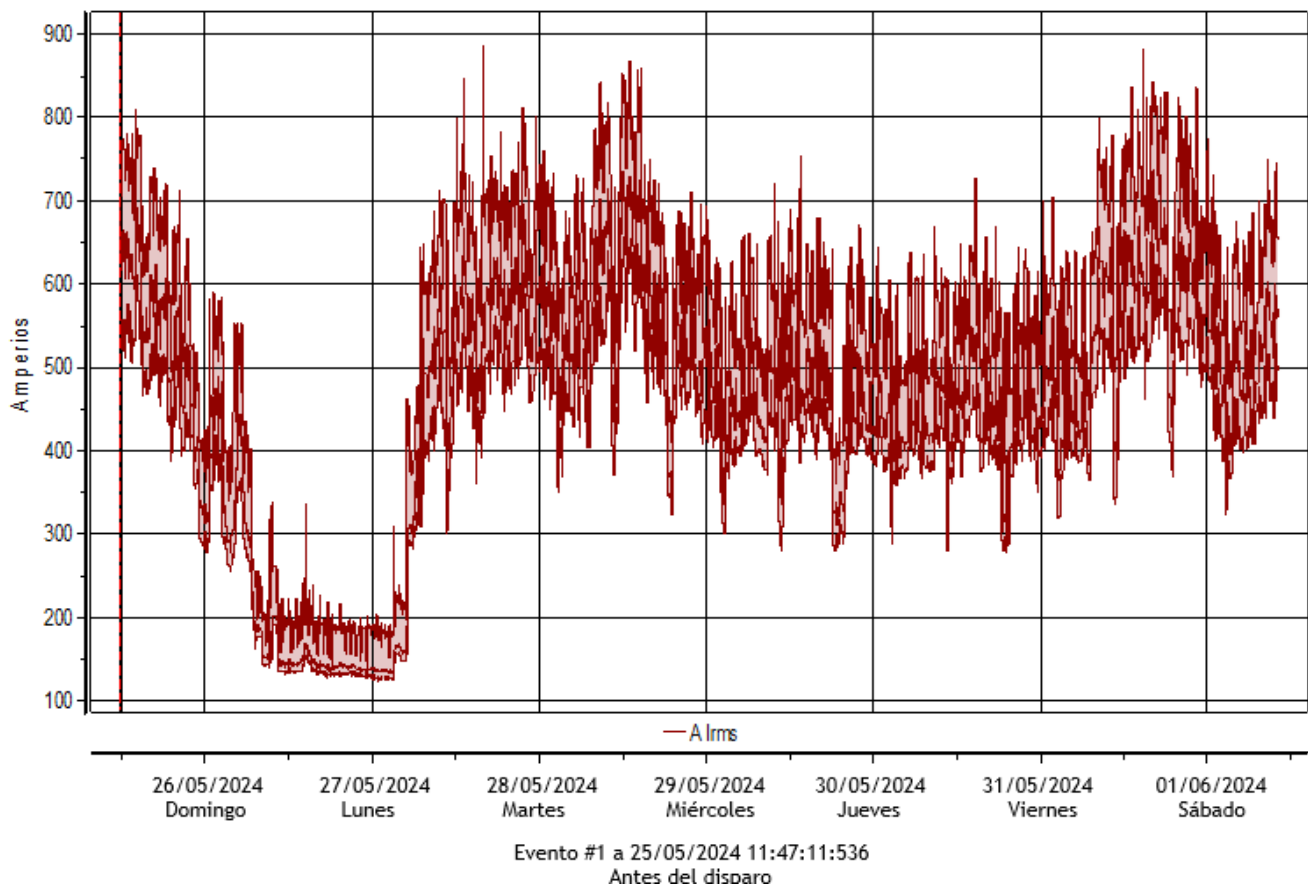
1.10.4.6 CORRIENTES DE LÍNEA

De las gráficas 9, 10 y 11 se muestran el comportamiento de los consumos mínimo, promedio y máximos para las corrientes.

DIAGRAMAS DE CORRIENTE

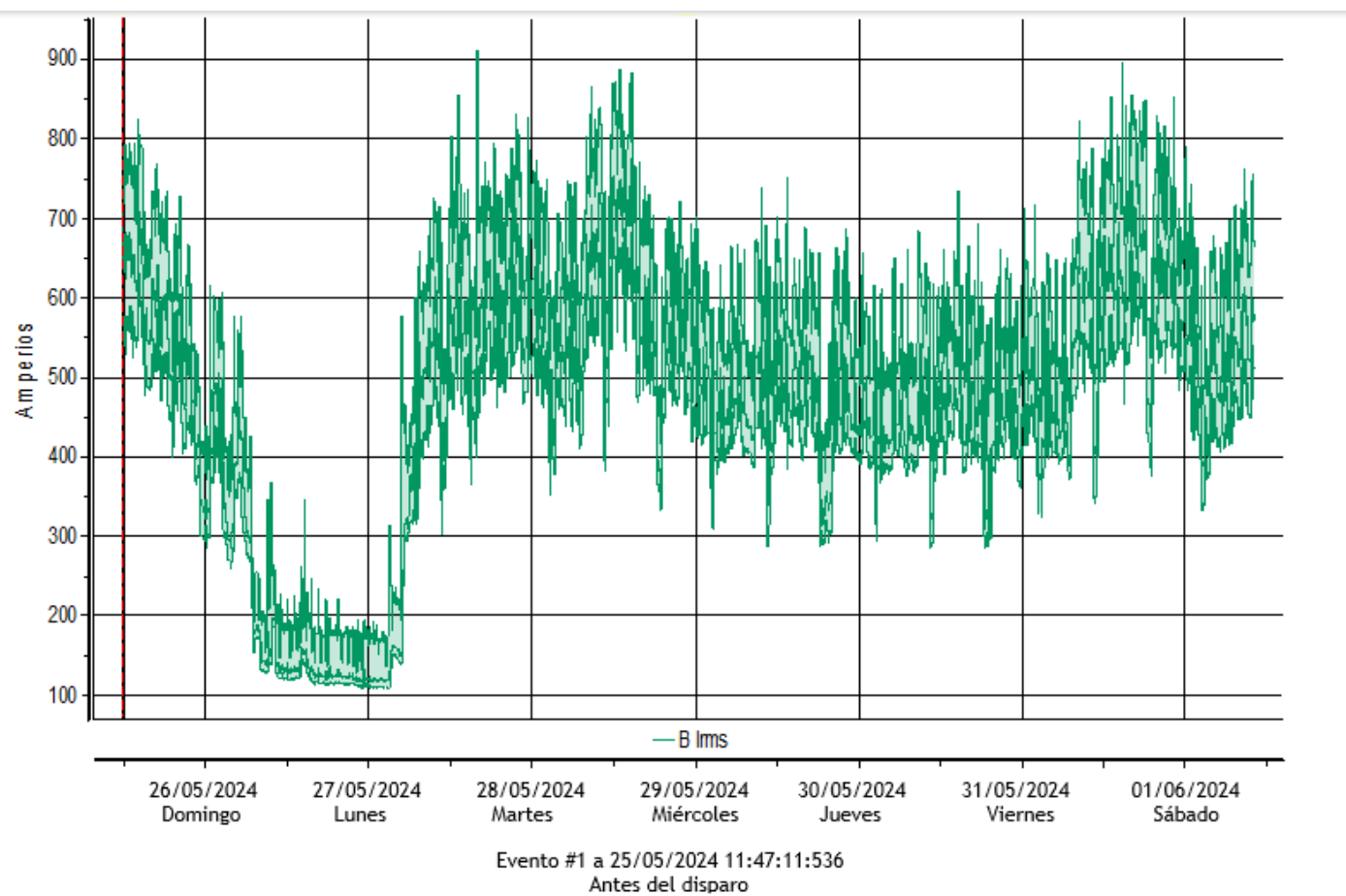
Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00



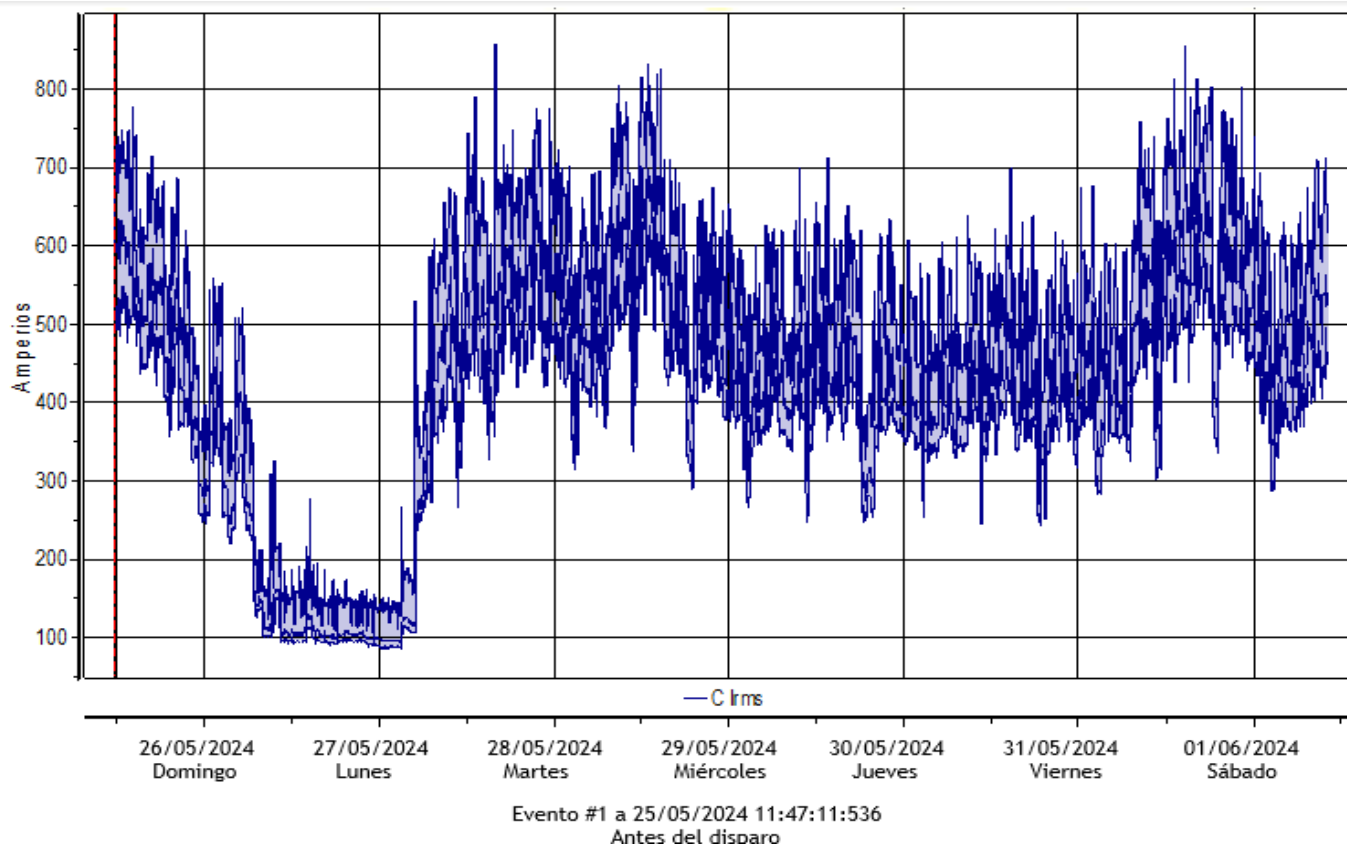
	Min	Máx	Pro
A Irms	124.0	887.3	456.7

Grafica 10 “IA corriente en línea A”



	Min	Máx	Pro
B lms	109.2	911.0	464.4

Grafica 11 “IB corriente en línea B”



	Min	Máx	Pro
Clrms	84.87	856.8	420.7

Grafica 12 "IC corriente en línea C"

TABLA DE MAGNITUD DE INTENSIDADES.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00

En la tabla siguiente se encuentran los valores de corriente: mínimos, máximos y promedios registrados.

TABLA 3: INTENSIDADES DE LÍNEAS

	I _A		I _B		I _C
Min	124.0	Min	109.2	Min	84.87
Máx	887.3	Máx	911.0	Máx	856.8
Prom	456.7	Prom	464.4	Prom	420.7

Los valores de desbalance de la corriente promedio en las fases, durante el período de medición fueron del 5.936%, recordemos que existe parámetros que se deben cumplir y en este caso para un sistema eléctrico de tipo trifásico, el valor máximo permisible de desbalance **NO** debe ser mayor al 8 %.

El transformador que alimenta esta carga tiene una disponibilidad de servicio de 2405.62 amperios al 100 %

Se debe de considerar que un transformador se debe utilizar como máximo a un 80 % de su capacidad, por lo que tenemos una disponibilidad de servicio de 1924.50 amperes

Durante los periodos de proceso y carga constante que es del día lunes 27 de mayo de 2024 a partir de las 7:10 A. M. al día sábado 01/06/2024 10:15:00 se tiene un consumo promedio de 500.76 amperes ($L_1 = 509.2$ amperes, $L_2 = 519.8$ amperes y $L_3 = 473.3$ amperes) el cual representa un 26.02 % de la capacidad del transformador al 80 %.

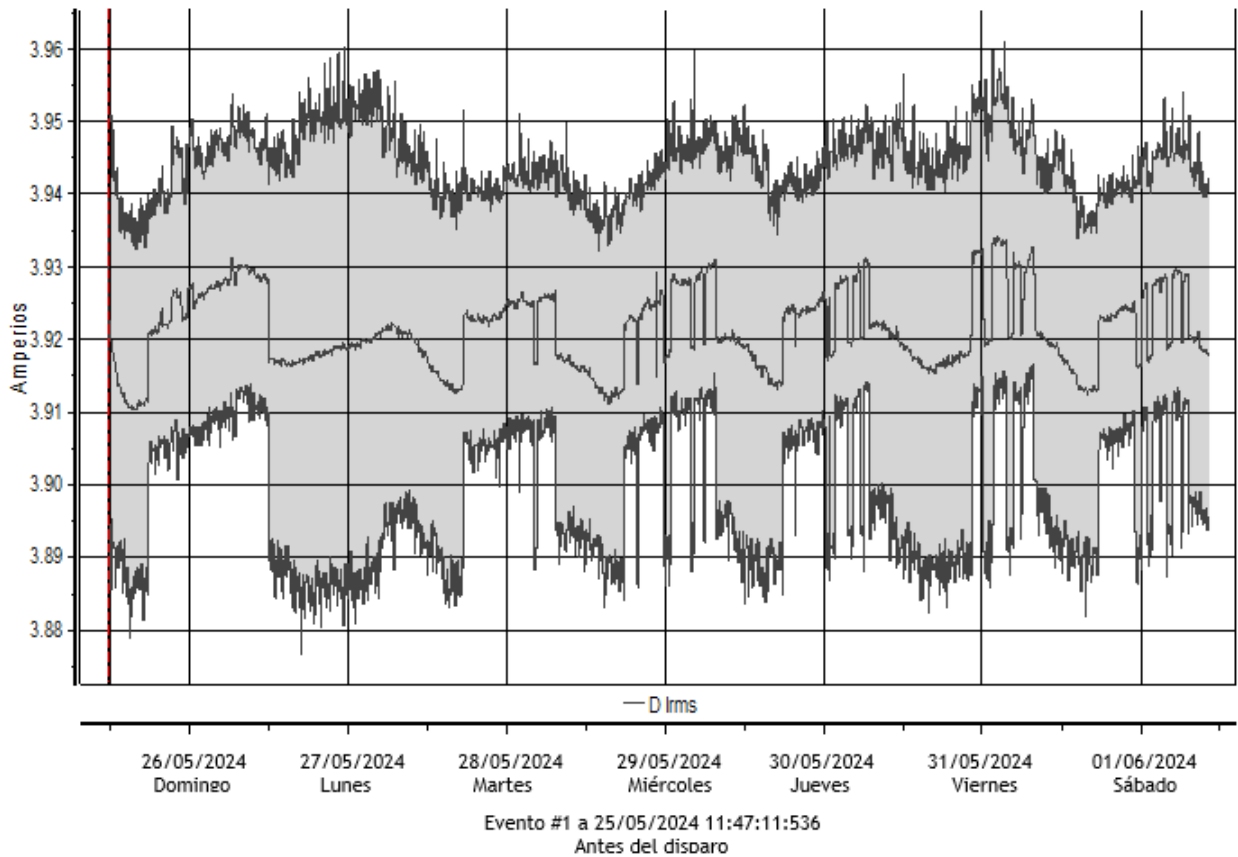
1.10.4.7 CORRIENTE EN HILO DE NEUTRO

La gráfica siguiente muestra el comportamiento de la corriente en el neutro

DIAGRAMAS DE LA CORRIENTE EN EL NEUTRO

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00



	Min	Máx	Pro
Dlrms	3.877	3.961	3.921

Grafica 13 “IN corriente en el hilo de neutro.”

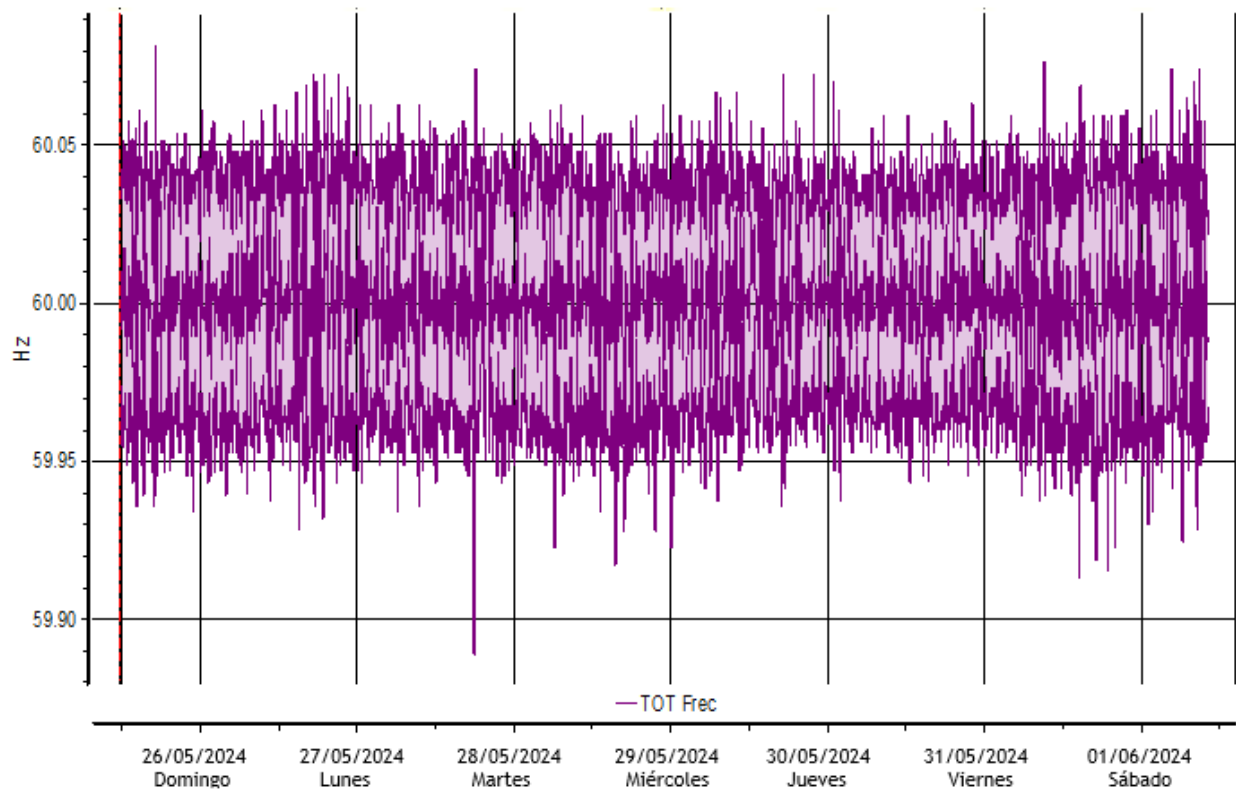
1.10.4.8 FRECUENCIA

La gráfica siguiente muestra el comportamiento de la frecuencia

DIAGRAMAS DE LA FRECUENCIA DE TENSIÓN

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2023 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

	Min	Máx	Pro
TOTFrec	59.89	60.08	60.00

Grafica 14 "Frecuencia"

En la tabla 4 se encuentran los valores de frecuencia registrados.

TABLA 4: FRECUENCIA.

Min.	59.89
Max.	60.08
Prom.	60.00

Las condiciones de la frecuencia se mantienen estables conforme a los parámetros requeridos en forma permanente, así como en forma temporal, en la gráfica se observa el comportamiento de la frecuencia durante el tiempo de medición

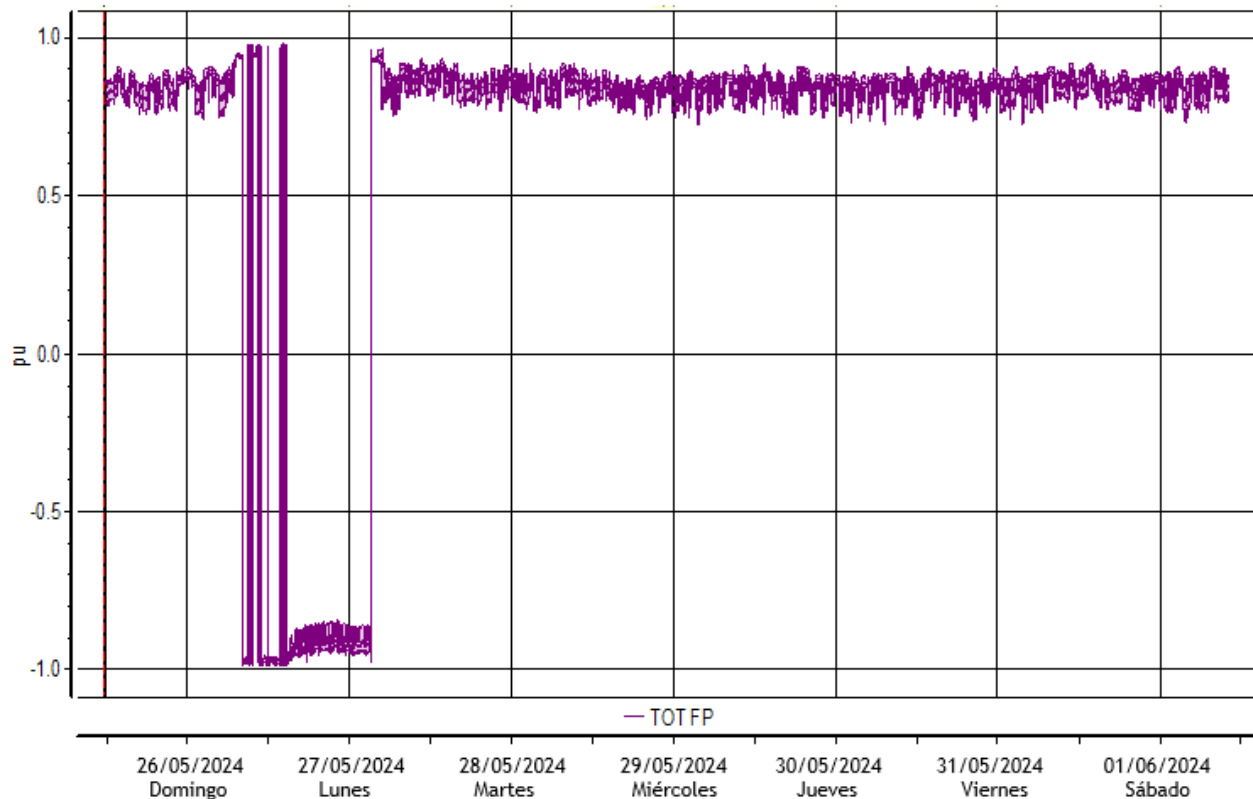
1.10.4.9 FACTOR DE POTENCIA (FP)

La gráfica 14 muestra el comportamiento del factor de potencia durante el período de medición.

DIAGRAMA DEL FACTOR DE POTENCIA

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

	Min	Máx	Pro
TOTFP	-0.9884	0.9809	0.6590

Gráfica 15 “Factor de Potencia”

En la tabla 5 se encuentran los valores de factor de potencia registrados

Min.	- 0.988
Max.	0.980
Prom.	-0.922

El factor de potencia es variable en el tiempo pasando de inductivo a capacitivo, en los periodos entrada y salida de cargas considerables.

Durante los periodos de proceso y carga constante que es durante el primer y segundo turno el factor de potencia inductiva se mantiene con valores entre 0.7244 y 0.9329 teniendo un factor de potencia de promedio 0.8482 %, el cual por debajo de lo requerido por la compañía que suministra la energía eléctrica (CFE)

Durante el fin de semana y tercer turno el factor de potencia pasa de inductivo a capacitivo debido a que las cargas considerables quedan fuera de operación, los valores oscilan entre - 0.9865 y - 0.9806 teniendo un factor de potencia promedio de -0.9223

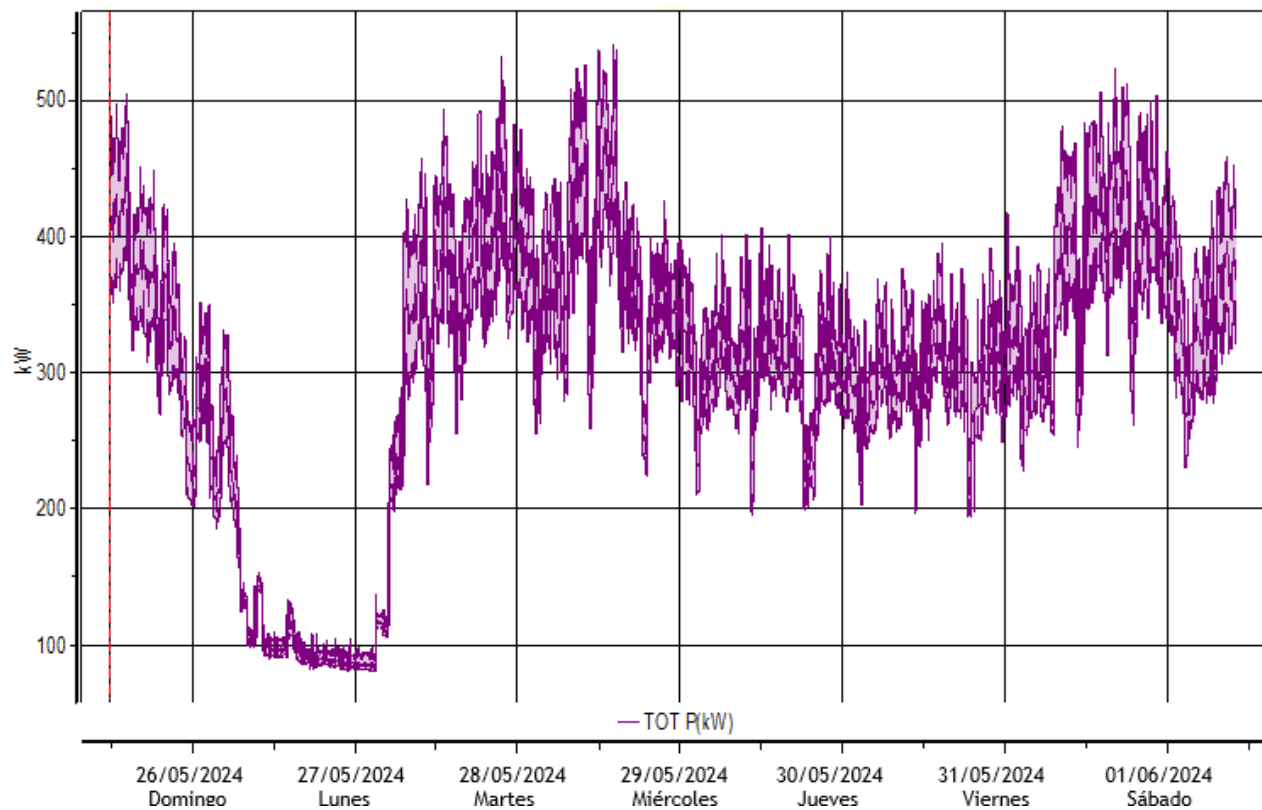
1.10.4.10 POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE

Las gráficas 15, 16 y 17 muestran las potencias durante el período de medición.

DIAGRAMAS DE POTENCIAS ACTIVA (KW); REACTIVA (KVAR); APARENTE (KVA).

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

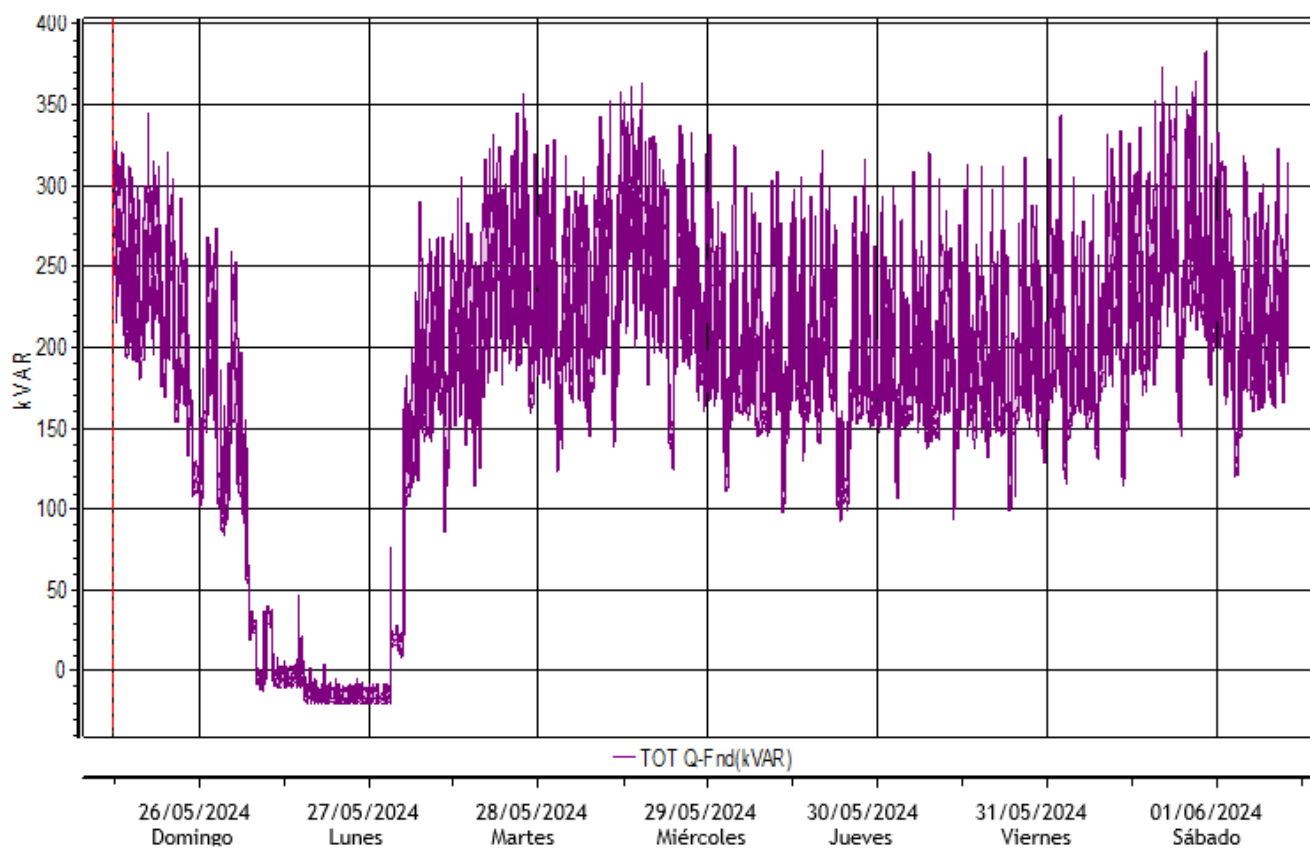
Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

	Mín	Máx	Pro
TOTP(kW)	80.59	541.5	304.0

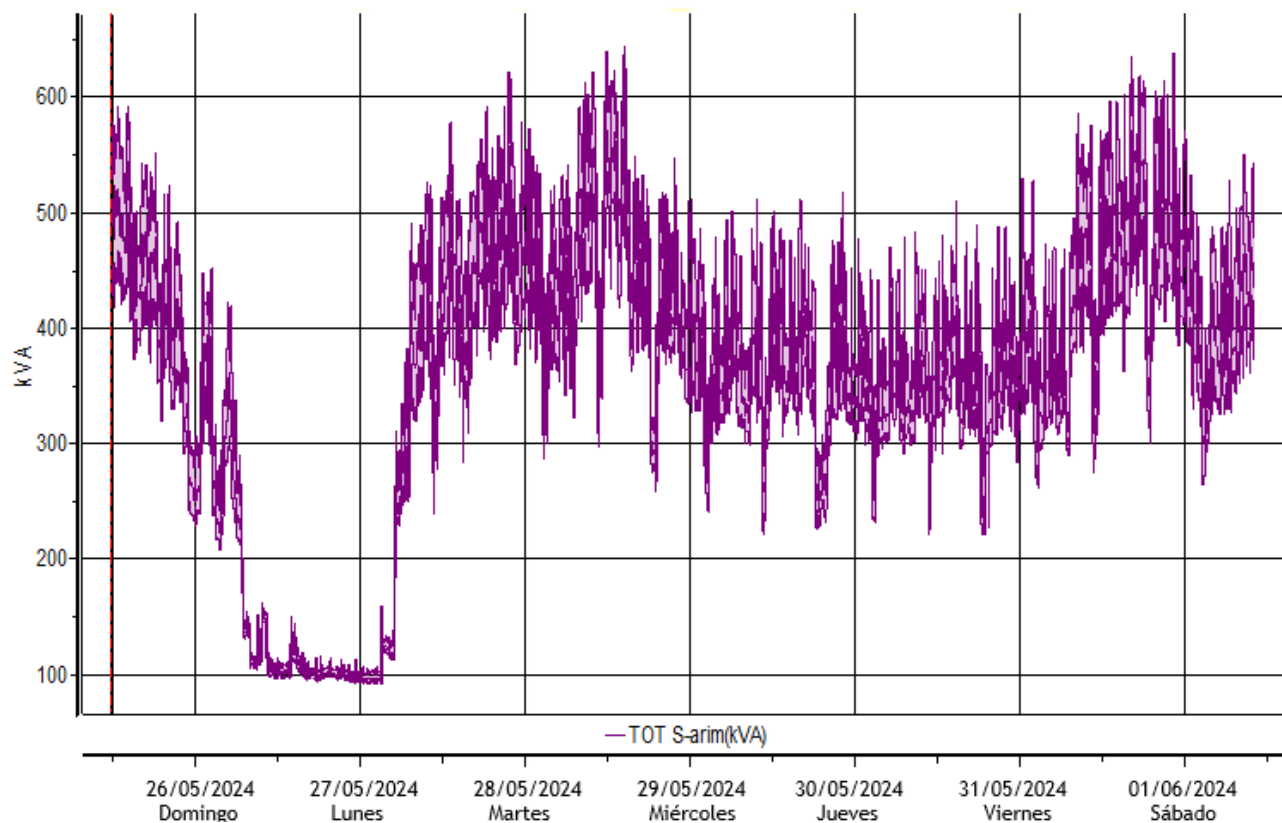
Grafica 16 “Potencia Activa (KW).”



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

	Mín	Máx	Pro
TOTQ-Fnd(kVAR)	-20.48	382.6	175.4

Grafica 17 “Potencia Reactiva (KVAR).”



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

	Min	Máx	Pro
TOTS-arim(KVA)	92.89	644.3	358.3

Grafica 18 “Potencia Aparente (KVA).”

En la tabla 6 se registran los valores: mínimos, máximos y promedio de las **Potencias Activa, Reactiva y Aparente** durante el período de medición.

En la tabla 7 se indican los porcentajes de utilización del transformador, así como los valores de consumo actuales en potencia.

INFORME DE POTENCIAS MIN/MAX/PRO

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00

TABLA 6: POTENCIAS

POTENCIA ACTIVA (KW)		POTENCIA REACTIVA (KVAR)		POTENCIA APARENTE (KVA)	
Min.	80.59	Min.	-20.48	Min.	92.89
Max.	541.5	Max.	382.6	Max.	644.3
Prom.	304.0	Prom.	175.4	Prom.	358.3

TABLA 7: RESUMEN DE POTENCIAS ACTIVAS Y APARENTES

EQUIPO	CAPACIDAD AL100 %		CARGA ACTUAL UTILIZADA AL 80% 358.3KVA	CARGA DE RESERVA AL 80% 1241.7 KVA	CARGA ACTUAL UTILIZADA AL 80% 304 KW	CARGA DE RESEVA AL 80% 976 KW
	2000 KVA	1600 KW	22.39 %	77.61	23.75 %	76.25 %
TRANSFORMADOR 2000 KVA 480/277 V						

NOTAS:

Actualmente el transformador está trabajando con una carga promedio de 304 KW el cual representa un 22.39 % de utilización, considerando la carga promedio durante el periodo de medición

Durante los periodos de proceso y carga constante la potencia de consumo oscila entre 193.6 y 541.5 teniendo una potencia de promedio 340.5 KW el cual representa un 26.60 %

Durante el fin de semana el consumo de la carga disminuye y oscila entre 80.59 KW y 153.1 KW, teniendo una potencia promedio de 98.10 KW el cual representa un consumo del 7.66 %

Durante el proceso se tienen consumo máximo que oscilan desde 475 KW y el valor máximo 541.5 kW, este valor de 541.5 KW representa un 42.30 % de la capacidad del transformador

Se debe de considerar que un transformador se debe utilizar como máximo a un 80 % de su capacidad.

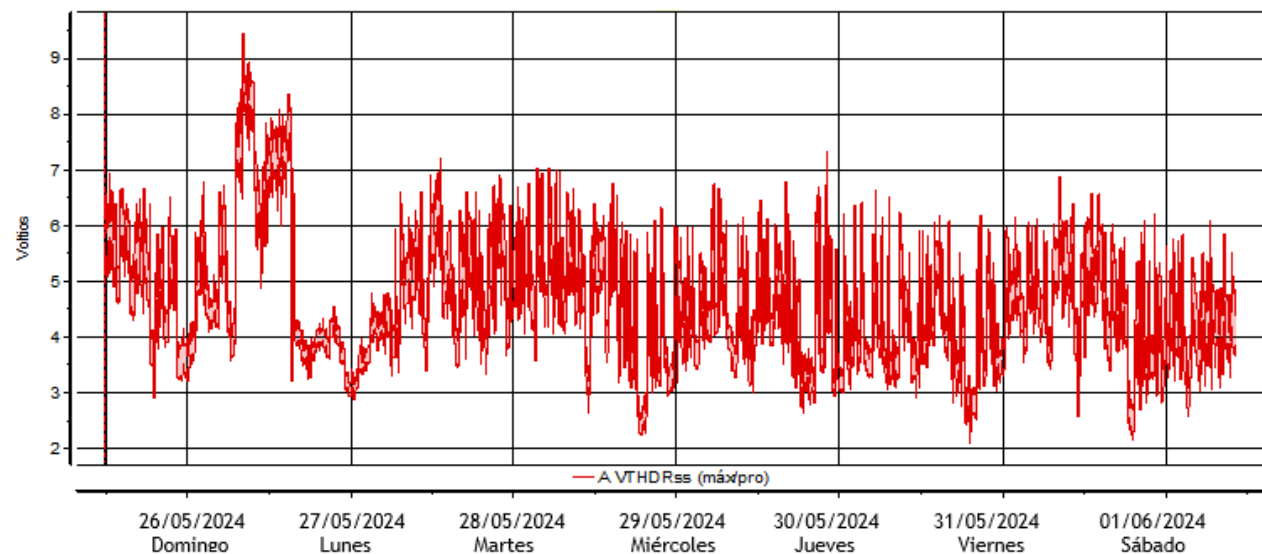
1.10.4.11 DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL EN VOLTAJE (THDv)

La gráfica 18, 19 y 20 muestran el comportamiento de la distorsión armónica en voltaje en cada fase.

DIAGRAMAS DE THD EN TENSIÓN.

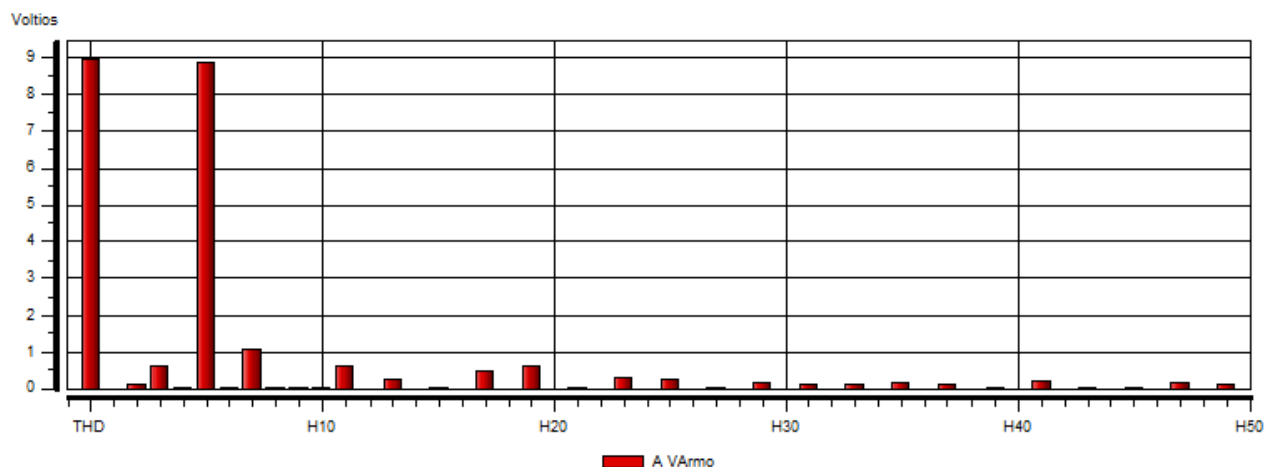
Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00



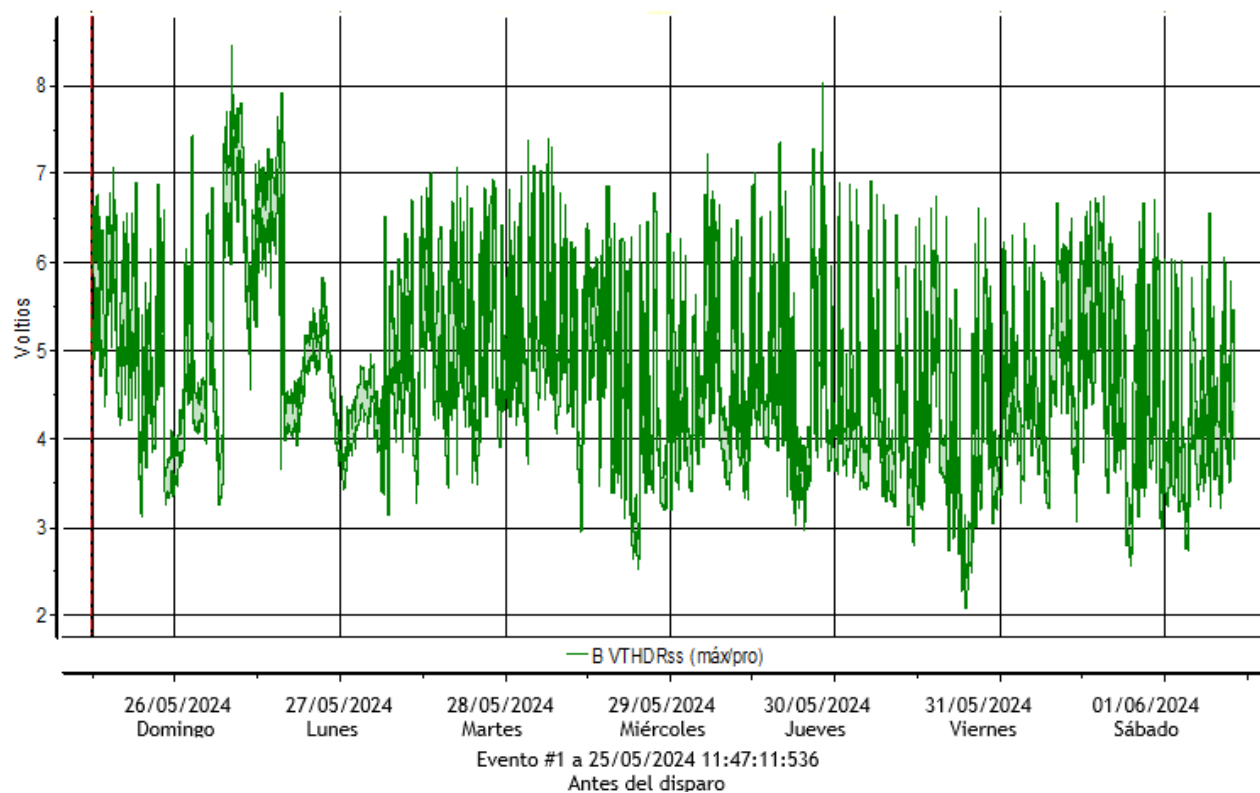
Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

	Mín	Máx	Pro
AVTHDRss	2.085	9.450	4.258

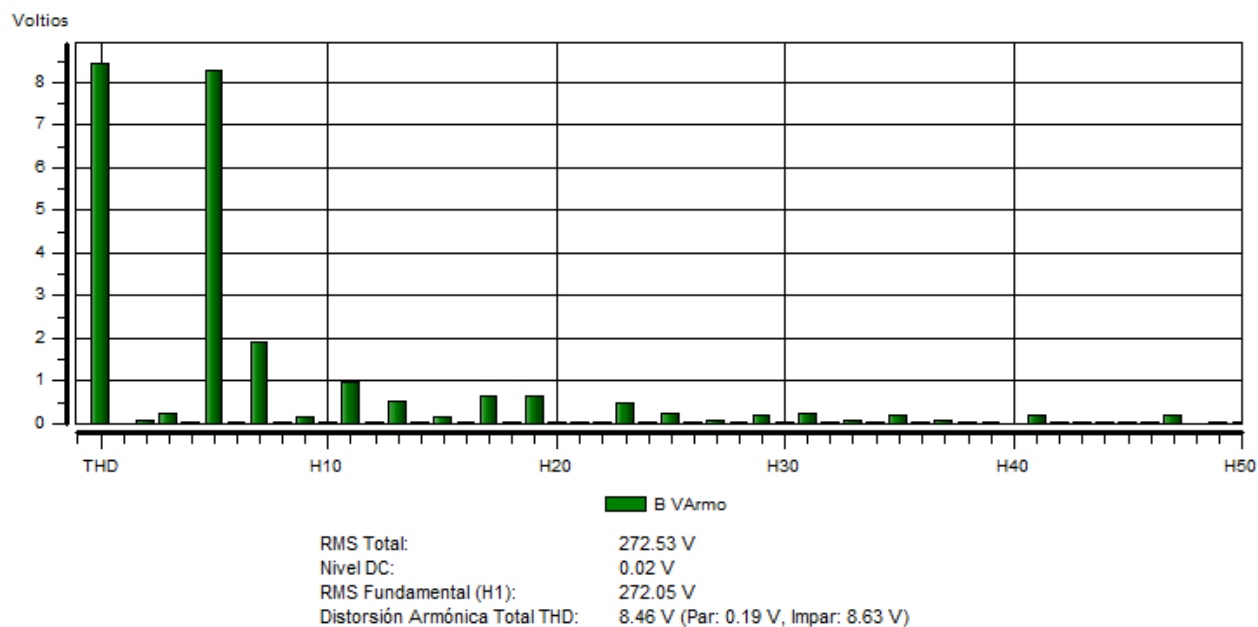


RMS Total: 271.67 V
Nivel DC: 0.02 V
RMS Fundamental (H1): 271.17 V
Distorsión Armónica Total THD: 8.97 V (Par: 0.17 V, Impar: 9.01 V)

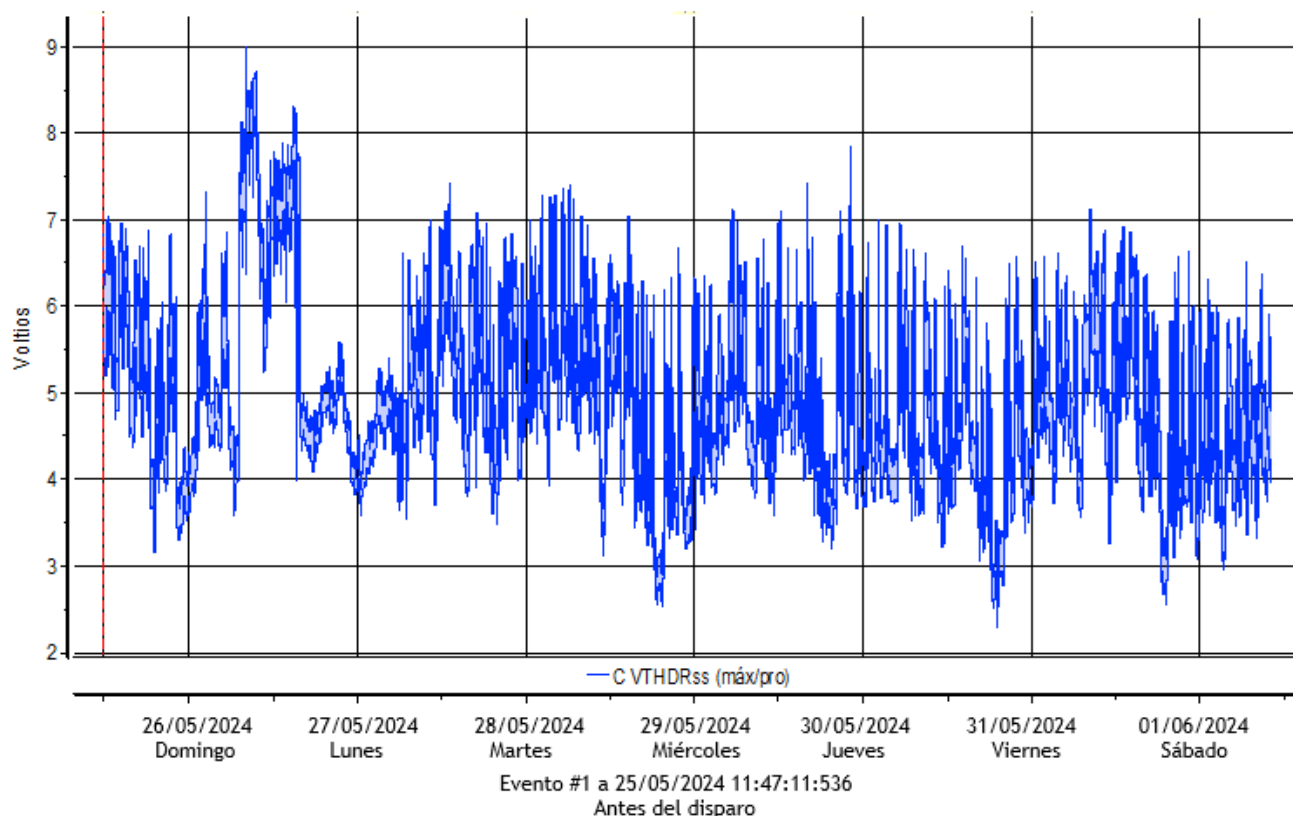
Grafica 19 "Distorsión Armónica (THDv 1)."



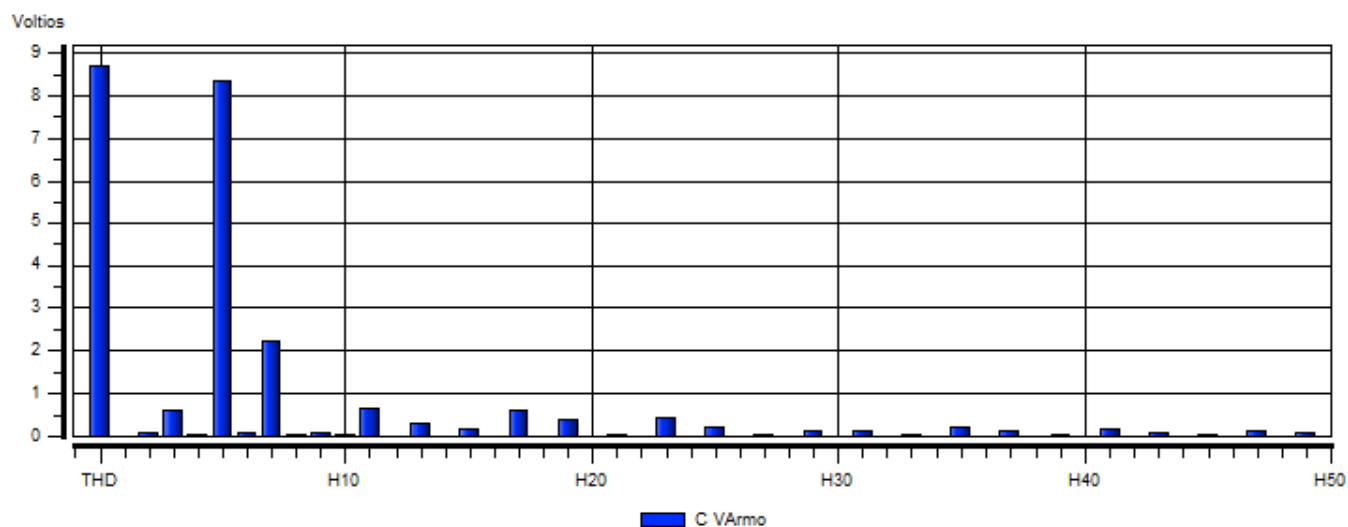
	Min	Máx	Pro
BVTHDRss	2.072	8.456	4.333



Grafica 20 “Distorsión Armónica (THDv 2).”



	Min	Máx	Pro
CVTHDRss	2.283	9.002	4.569



RMS Total: 272.18 V
 Nivel DC: 0.03 V
 RMS Fundamental (H1): 271.76 V
 Distorsión Armónica Total THD: 8.69 V (Par: 0.16 V, Impar: 8.76 V)

Grafica 21 "Distorsión Armónica (THDv 3)."

INFORME DE THDV% MIN/MAX.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00

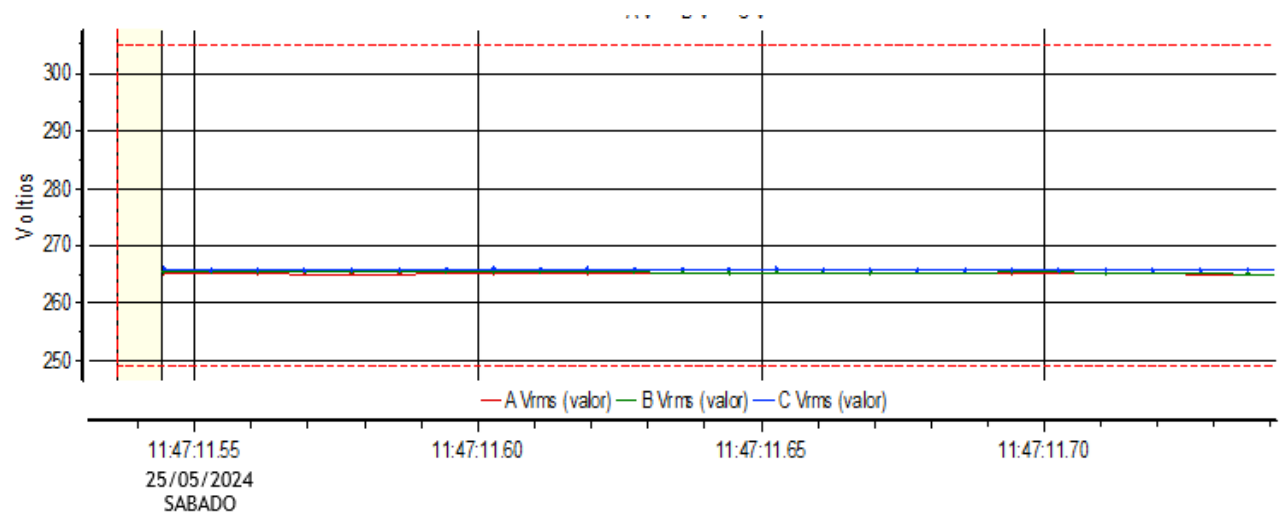
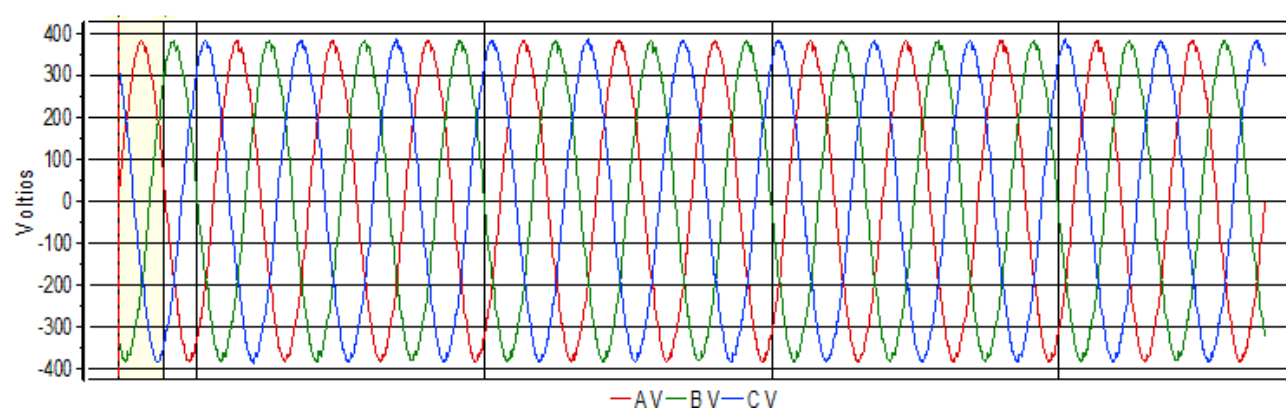
TABLA 8: THDV%

THDV% LINEA 1		THDV% LINEA 2		THDV% LINEA 3	
Min	2.085	Min	2.072	Min	2.283
Max.	9.450	Max.	8.456	Max.	9.002
Prom.	4.258	Prom.	4.333	Prom.	4.569
THD _v	8.970	THD _v	8.460	THD _v	8.690

De las gráficas 18,19 y 20 de la tabla 8, se observa que los valores de la distorsión armónica total **THD_v** están en un promedio de 8.70, los cuales se encuentra por arriba de lo recomendado que es como máximo 8 %, en la norma IEEE 519 (tabla 1)

En la gráfica 21 se presenta la forma de onda de los voltajes de fases, donde se puede apreciar que se presenta una distorsión o deformación a la señal senoidal, es decir, el porcentaje de distorsión presente en THDV afecta a la forma de onda.

El armónico predominante y que contribuye a la afectación al sistema es orden 5°



Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

Grafica 22 “Formas de onda de voltaje.”

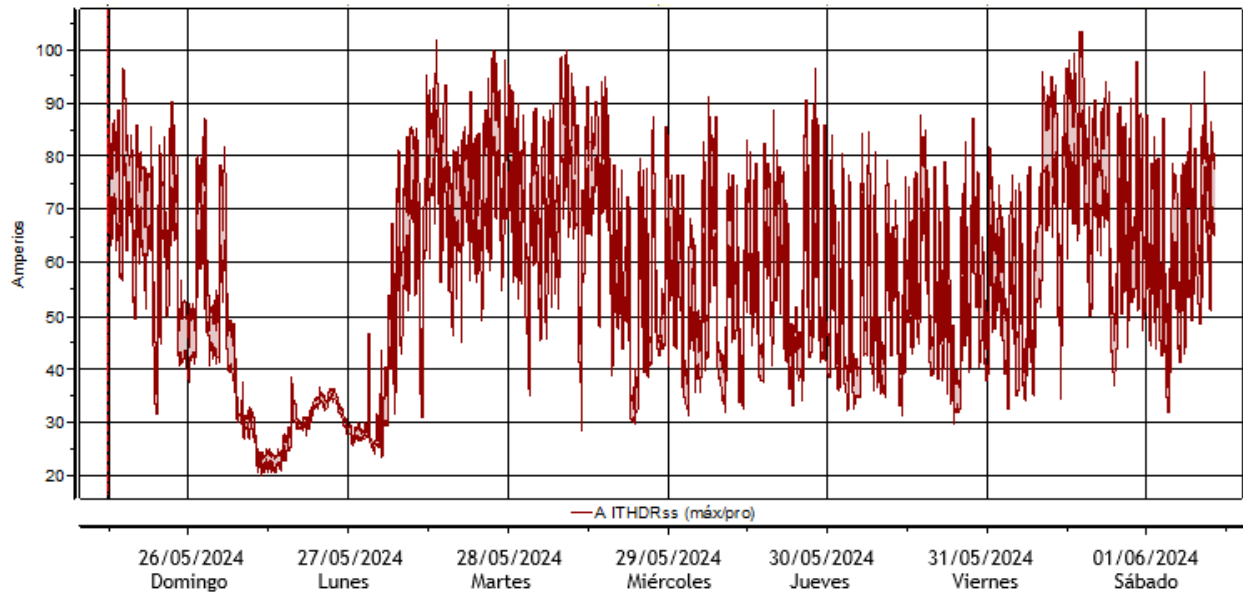
1.10.4.12 DISTORSIÓN DE ARMÓNICA TOTAL EN CORRIENTE (THDi)

La gráfica 22, 23 y 24 muestra el comportamiento de la distorsión armónica en corriente en cada fase.

DIAGRAMAS DE THD CORRIENTE.

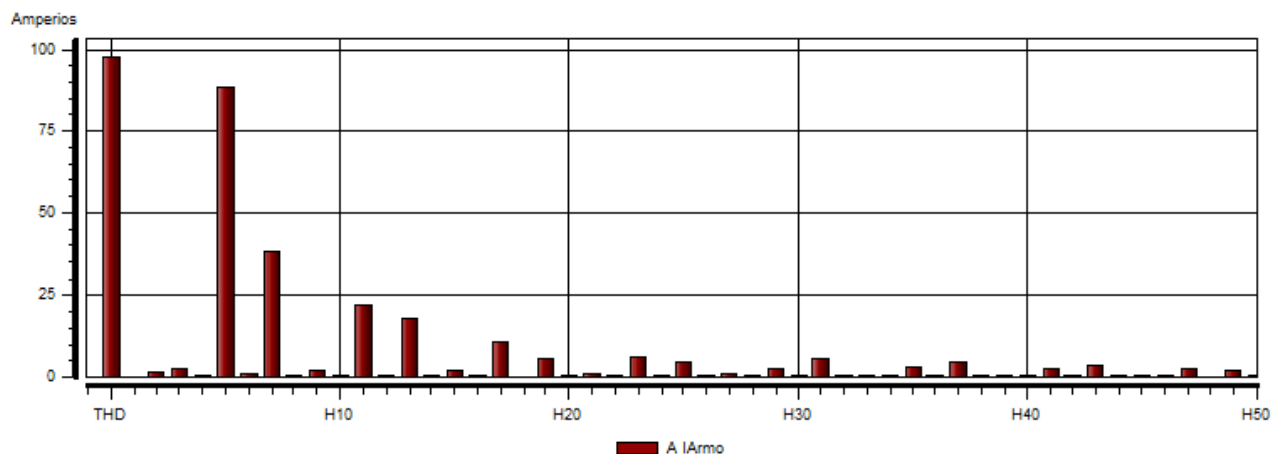
Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00



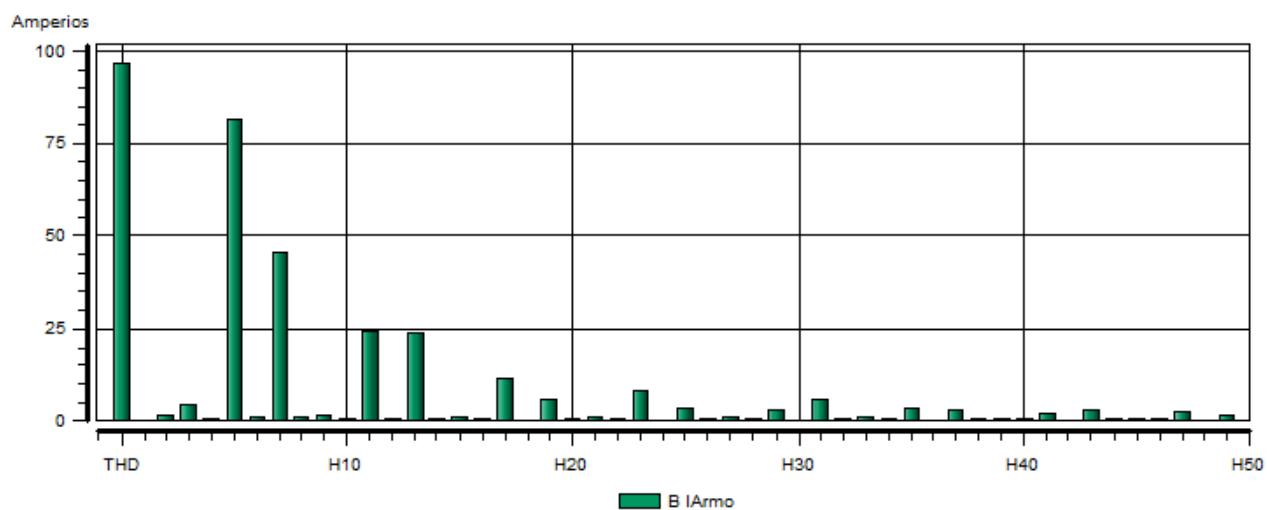
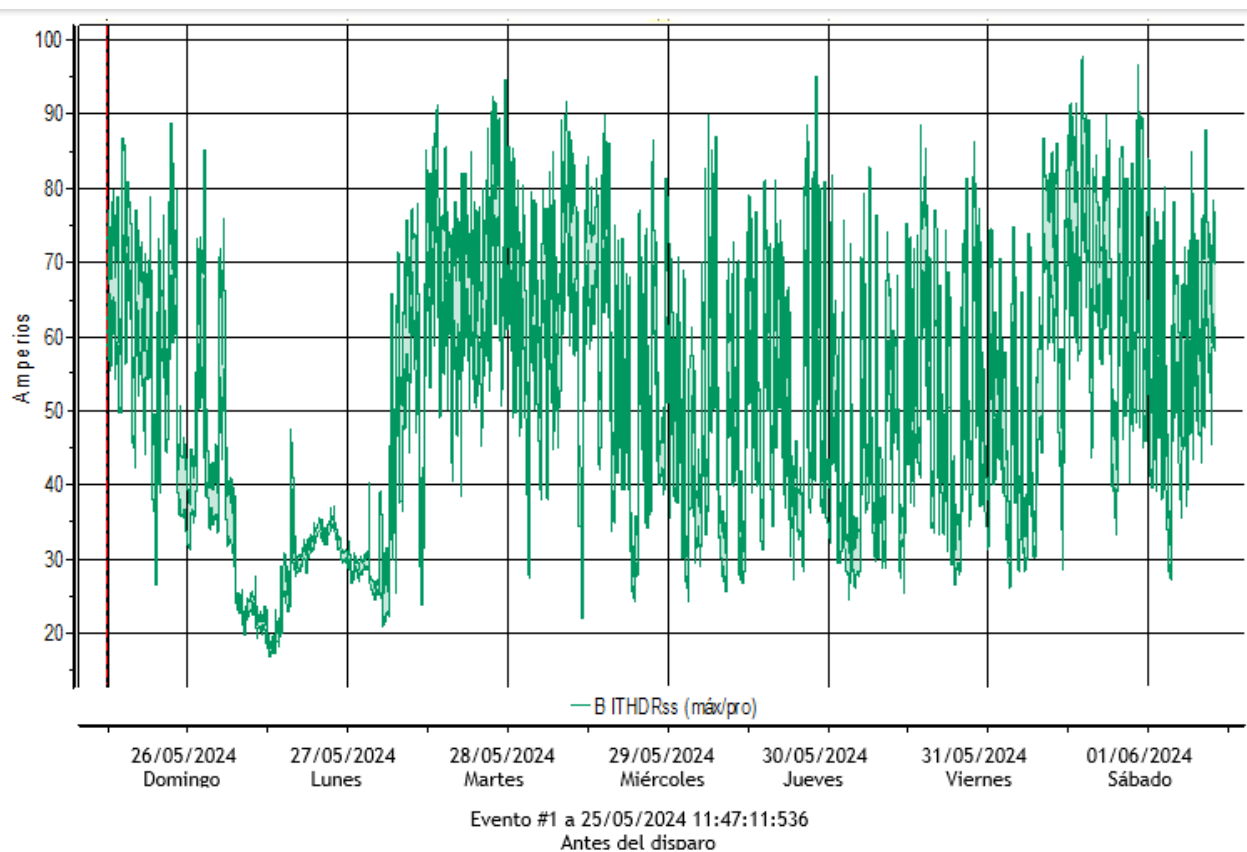
Evento #1 a 25/05/2024 11:47:11:536
Antes del disparo

	Mín	Máx	Pro
AITHDRss	19.95	103.4	51.81



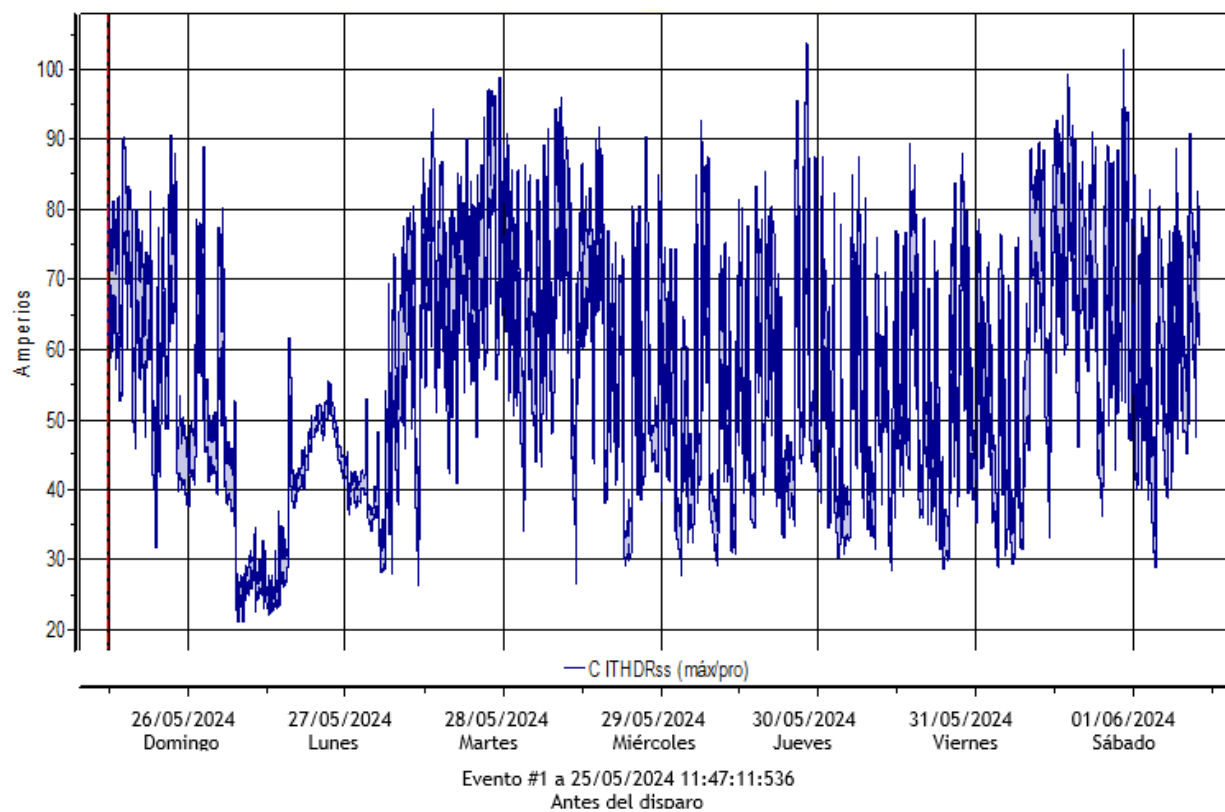
RMS Total: 835.60 A
Nivel DC: 33.92 A
RMS Fundamental (H1): 758.80 A
Distorsión Armónica Total THD: 97.99 A (Par: 2.85 A, Impar: 102.22 A)

Grafica 23 “Distorsión Armónica (THDI 1).”

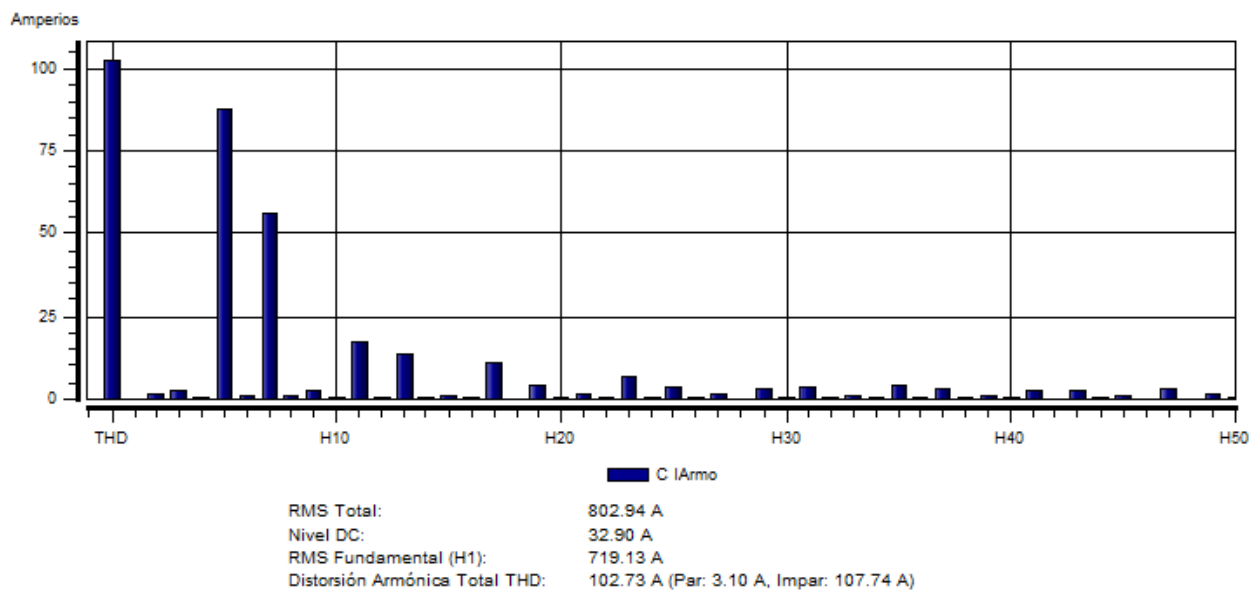


RMS Total: 851.48 A
 Nivel DC: 32.63 A
 RMS Fundamental (H1): 773.67 A
 Distorsión Armónica Total THD: 96.68 A (Par: 2.81 A, Impar: 101.36 A)

Grafica 24 “Distorsión Armónica (THDI 2).”



	<i>Mín</i>	<i>Máx</i>	<i>Pro</i>
CITHDRss	21.09	103.7	50.60



Grafica 25 “Distorsión Armónica (THDI 3).”

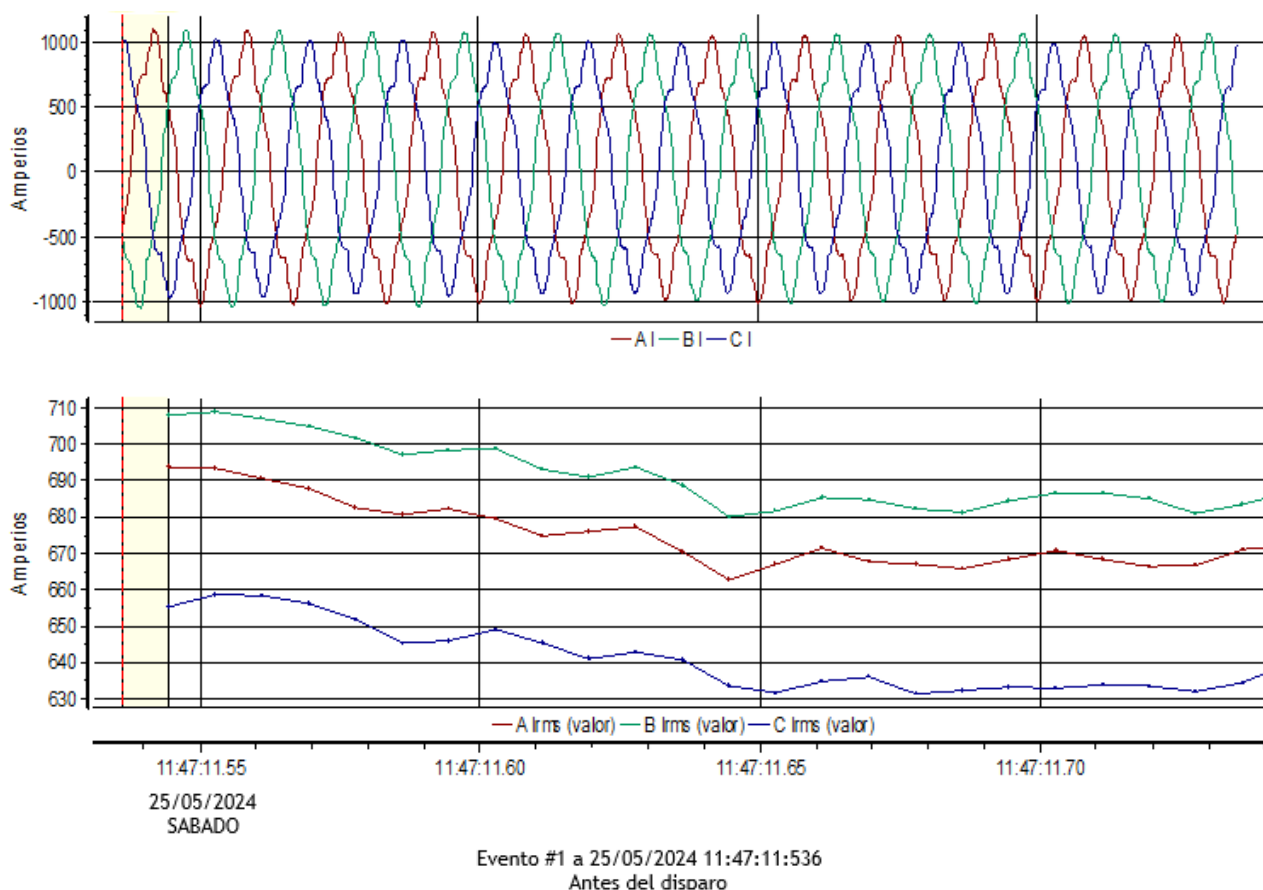
INFORME DE THDI% MIN/MAX.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x3200 Amperes, de TR de 2000 KVA

Medido desde 25/05/2024 11:47:11 hasta 01/06/2024 10:15:00

TABLA 9: THDi%					
THD _i % LINEA 1		THD _i % LINEA 2		THD _i % LINEA 3	
Min	19.95	Min	16.79	Min	21.09
Max.	103.4	Max.	97.80	Max.	103.7
Prom.	51.81	Prom.	46.25	Prom.	50.60
THD _i	97.99	THD _i	96.68	THD _i	102.73

De las gráficas 22, 23 y 24 de tabla 9, se observa que el valor promedio de 99.13 % de la distorsión armónica se encuentran por arriba de los parámetros establecido de acuerdo a lo establecido que es el 8 %, en la norma IEEE 519-2014(REVISIÓN DE STANDARD IEEE 519-1992)



Gráfica 26 "Formas de onda de corriente."

Los armónicos predominantes y que contribuyen a la afectación al sistema son del orden 5°, 7°, 11°, y 13°

1.10.5 ESTUDIO DE CALIDAD DE LA ENERGIA EN TRANSFORMADOR DE 1500 KVA

Se realiza el presente estudio de Calidad de Energía y/o potencia en: **PORCELANITE LAMOSA, Planta Tlaxcala**, con la finalidad de conocer el comportamiento actual de las variables eléctricas en el sistema eléctrico.

El reporte muestra el comportamiento de la energía consumida y analizada en base a las normas y estándares vigentes IEEE 1159 tomadas como referencia para cada uno de los parámetros de calidad de energía a evaluar en el presente reporte.

Para la realización del presente estudio, se utilizó un equipo Analizador de Redes Eléctricas de las siguientes características:

<i>Marca:</i>	<u>DRANETZ.</u>
<i>Modelo:</i>	<u>HDPQ-P-VISA-A.</u>
Número de serie:	HDPVAQF011
Sincronización	STANDARD A
Rango de medición en corriente:	<u>30 a ,3000 A ca.</u>
Rango de medición en voltaje:	<u>0 a 1,000 V ca.</u>
Tipo de sistema:	<u>TRIFÁSICO 3 HILOS.</u>
Tensión Operación:	<u>440/254 V</u>
Fecha y hora de inicio:	08/06/2024 09:56:03
Fecha y hora de termino:	15/06/2024 09:00:00
Periodo de integración:	<u>5 MINUTAL.</u>

ANÁLISIS DE CALIDAD DE LA ENERGÍA DE TRANSFORMADOR EN ACEITE DE 1500 KVA, 33000-440/254 V, NÚMERO DE SERIE 4532-FPU93

MARCA DEEMSA

EL EQUIPO SE CONECTA EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN, A LA LLEGADA DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 3X2500 AMP., MARCA MERLIN GERIN, NW25H1

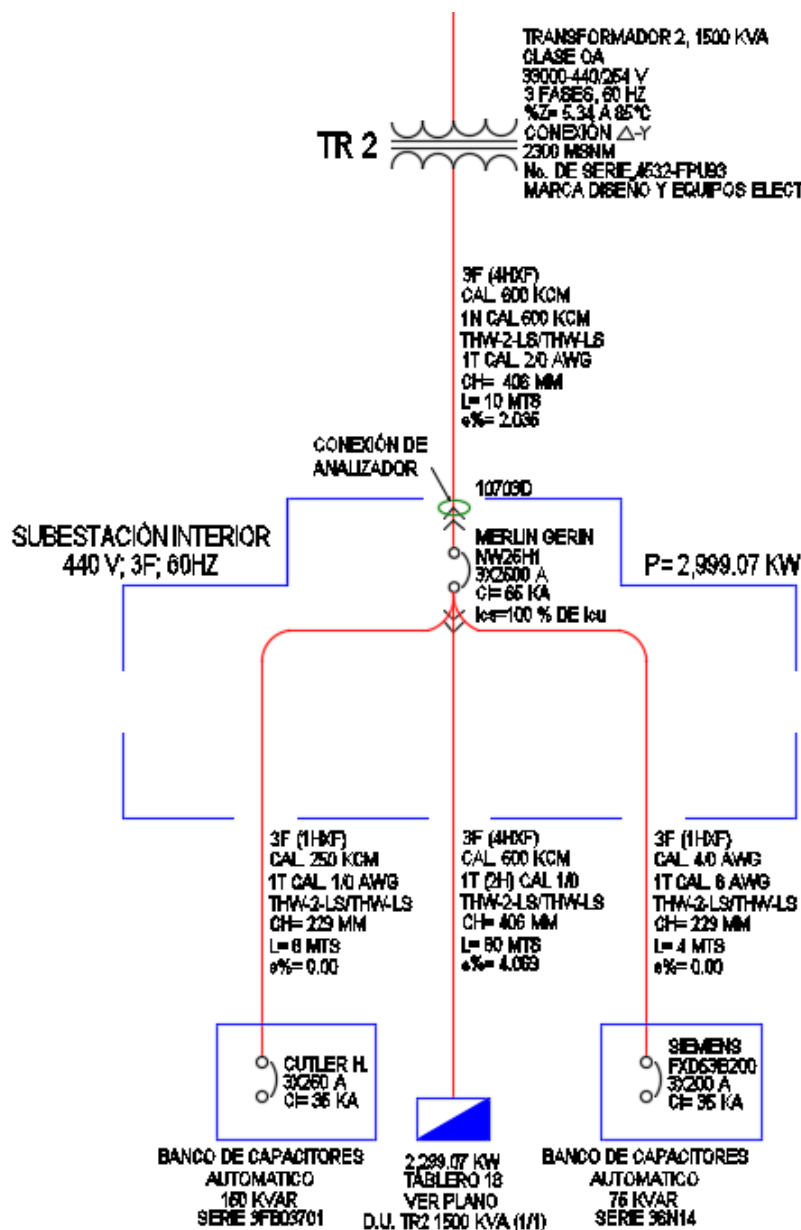


Ilustración 8 Diagrama Unifilar TR1500 KVA



Galaxy A32

Ilustración 9 Conexión de equipo para el estudio de calidad de la energía a Transformador de 1500KVA

1.10.5.1 ANOMALIAS EN TENSIÓN

Durante el período de medición realizado entre el (08/06/2024 09:56:03 Hasta 15/06/2024 09:00:00) (6 días, 23 horas, 3 minutos y 57 segundos), al sistema eléctrico, se analizaron las siguientes variables.

NO SE PRESENTARON FLICKER.

De 0 total de HUECOS DE TENSIÓN

CRITERIOS	FASE	CATEGORÍA	DATOS	FECHA/HORA
-----------	------	-----------	-------	------------

De 0 total de SOBRETENSIONES

CRITERIOS	FASE	CATEGORÍA	DATOS	FECHA/HORA
-----------	------	-----------	-------	------------

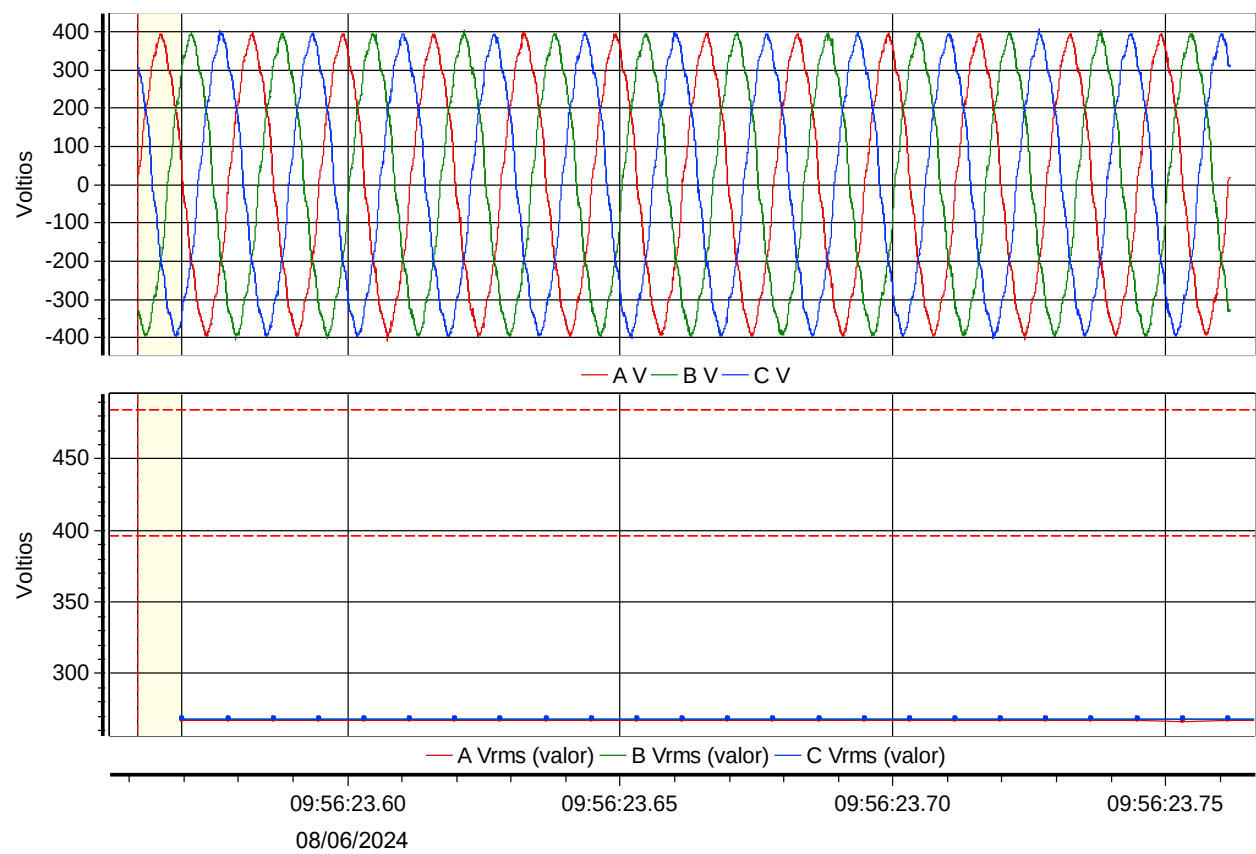
De 0 total de INTERRUPCIONES DE TENSIÓN

CRITERIOS	FASE	CATEGORÍA	DATOS	FECHA/HORA
-----------	------	-----------	-------	------------

De 2 TOTAL DE TRANSITORIOS DE TENSIÓN

CRITERIOS	FASE	DATOS	FECHA/HORA
La mayor magnitud	C	158.2V, 0.001 Seg.	08/06/2024 23:48:01.97
	B	140.3V, 0.000 Seg.	08/06/2024 23:48:01.96

1.10.5.2 REPRESENTACIÓN DE TRANSITORIOS EN TENSIÓN



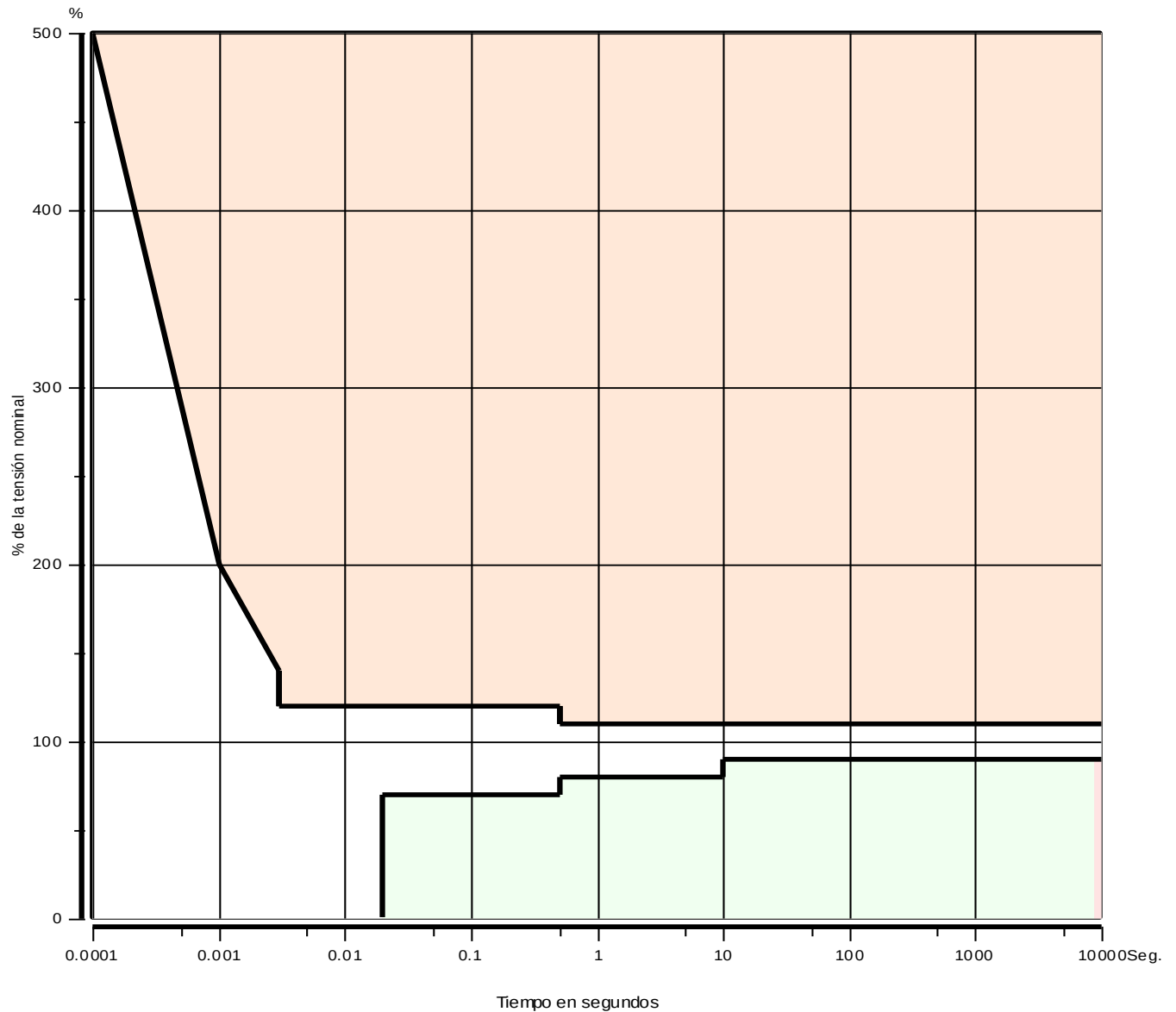
Grafica 27 “Representación de transitorios en tensión”

1.10.5.3 CURVA DE TOLERANCIA: ITIC (MAGNITUD/DURACIÓN)

MAGNITUD/DURACION.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00



CURVA DE TOLERANCIA: ITIC
Tensión Nominal (100%) = 440 V
NO HAY VARIACIONES fuera de la curva de tolerancia

Grafica 28 "Magnitud Curva ITIC."

1.10.5.4 VOLTAJES DE LINEA A LINEA

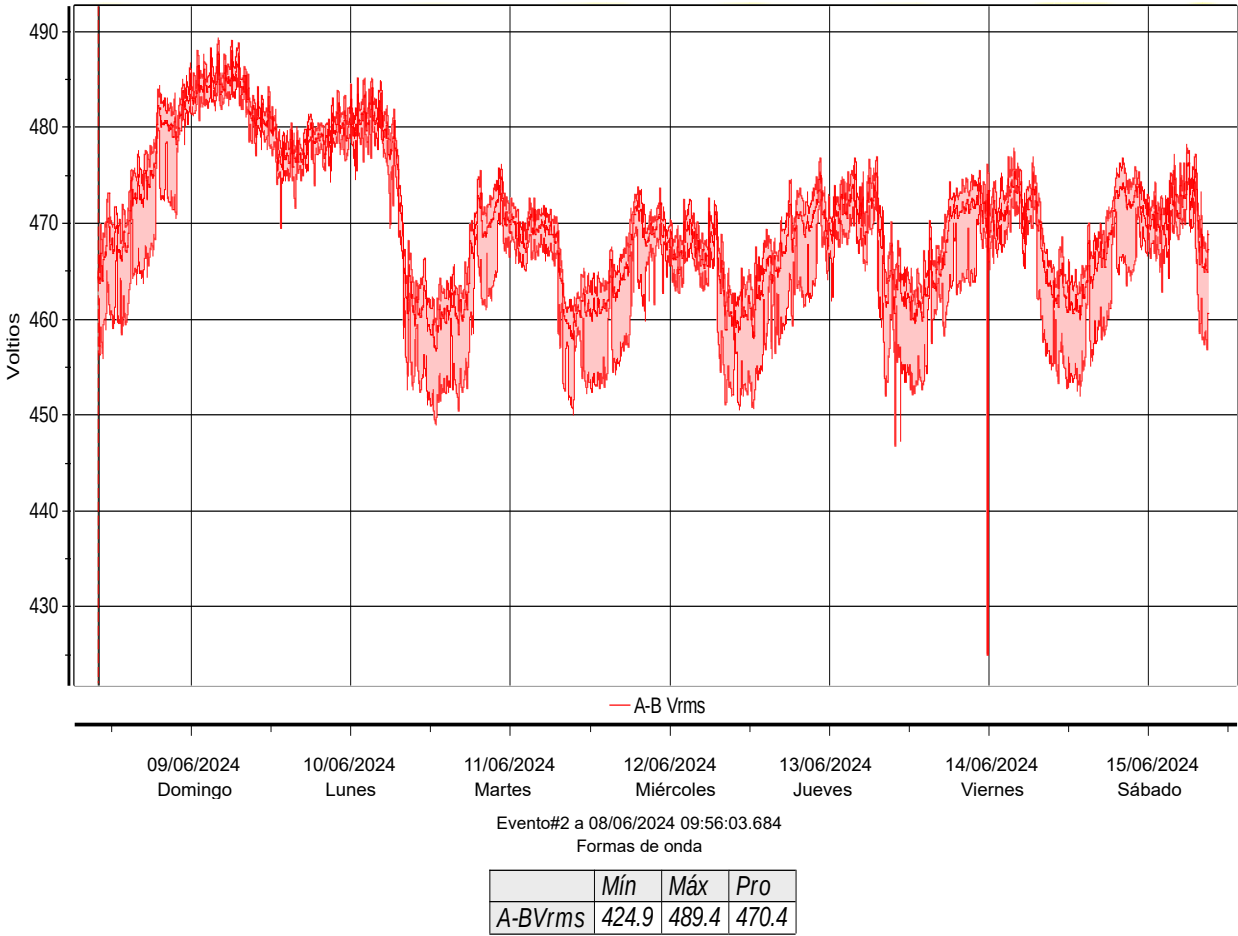
De las gráficas 29, 30 y 31 se muestran los valores de tensión fase a fase durante el período de medición, en ellas se pueden observar las oscilaciones, caídas de tensión máximas sostenidas, así como las interrupciones de energía.

DIAGRAMAS DE TENSIÓN.

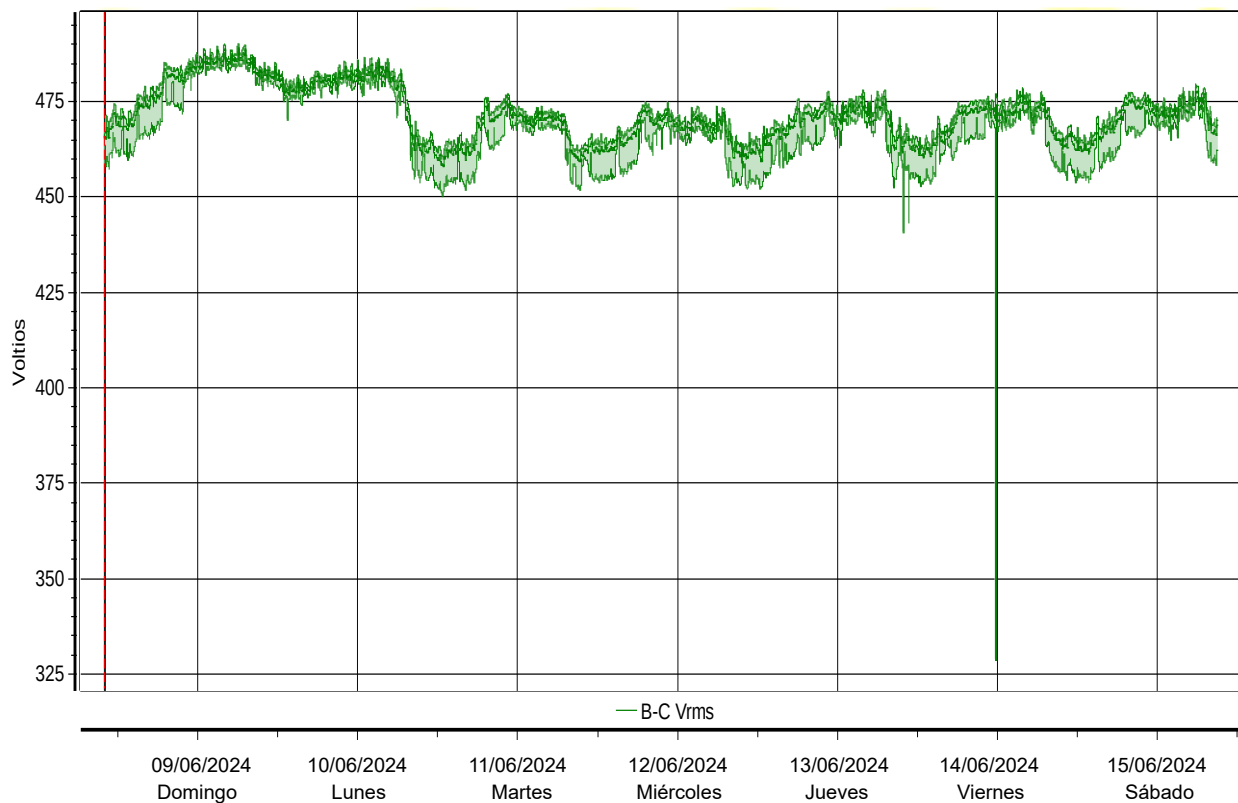
MAGNITUD/DURACION.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00



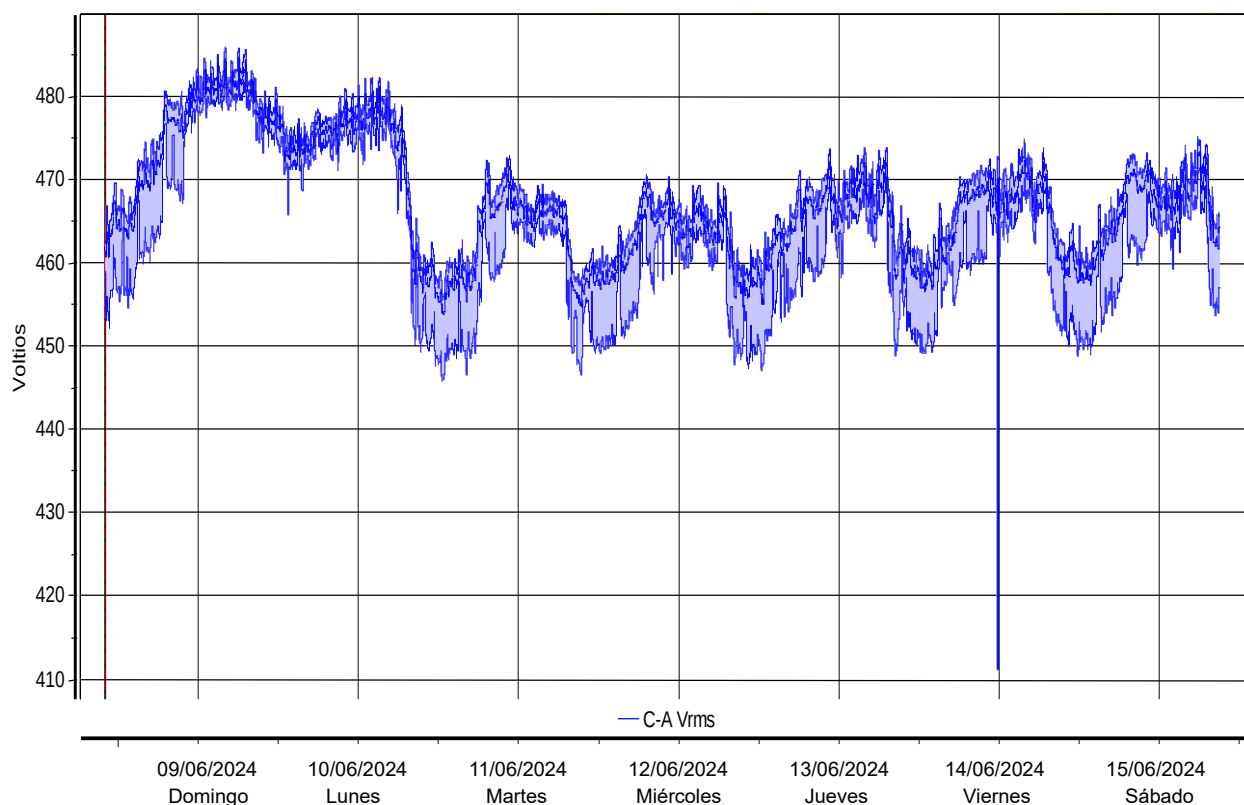
Grafica 29 “VA-B Vrms”



Evento#2 a 08/06/2024 09:56:03.684
Formas de onda

	Mín	Máx	Pro
B-CVrms	328.5	490.2	471.6

Grafica 30 “VB-C Vrms”



Evento#2 a 08/06/2024 09:56:03.684
Formas de onda

	Mín	Máx	Pro
C-AVrms	411.2	485.9	467.2

Grafica 31 “VC-A Vrms”

TABLA DE MAGNITUD DE TENSIÓN.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00

En la tabla siguiente se encuentran los valores en tensión mínimos, máximos y promedios registrados. De la tabla 1 se obtiene que el desbalance de voltaje es del 0.539 %, recordemos que existe parámetros que se deben cumplir y en este caso para un sistema eléctrico de tipo trifásico, el valor máximo permisible de desbalance **NO** debe ser mayor al 3 %.

TABLA 1: TENSIÓN DE LINEAS

	V_{A-B}		V_{B-C}		V_{C-A}
Min	424.9	Min	328.5	Min	411.2
Max	489.4	Max	490.2	Max	485.9
Prom	470.4	Prom	471.6	Prom	467.2

$$\%V_{desb} = \frac{\text{Máximo } (|V_{Pr om} - V_{AB}|, |V_{Pr om} - V_{BC}|, |V_{Pr om} - V_{CA}|)}{V_{Pr om}}$$

$$V_{Pr om} = \frac{V_{AB} + V_{BC} + V_{ABC}}{3}$$

DESGLOSE:

$$V_{Pr om} = \frac{470.4 \text{ V} + 471.6 \text{ V} + 467.2 \text{ V}}{3} = 469.73 \text{ V}$$

$$|469.73 \text{ V} - 470.4 \text{ V}| = 0.67 \text{ V}$$

$$|469.73 \text{ V} - 471.6 \text{ V}| = 1.87 \text{ V}$$

$$|469.73 \text{ V} - 467.2 \text{ V}| = 2.53 \text{ V} \text{ Desviación máxima respecto del promedio}$$

$$\%V_{desb} = \frac{2.53 \text{ V}}{469.73 \text{ V}} * 100 = 0.539 \text{ V}$$

1.10.5.5 VOLTAJES DE LINEA A NEUTRO

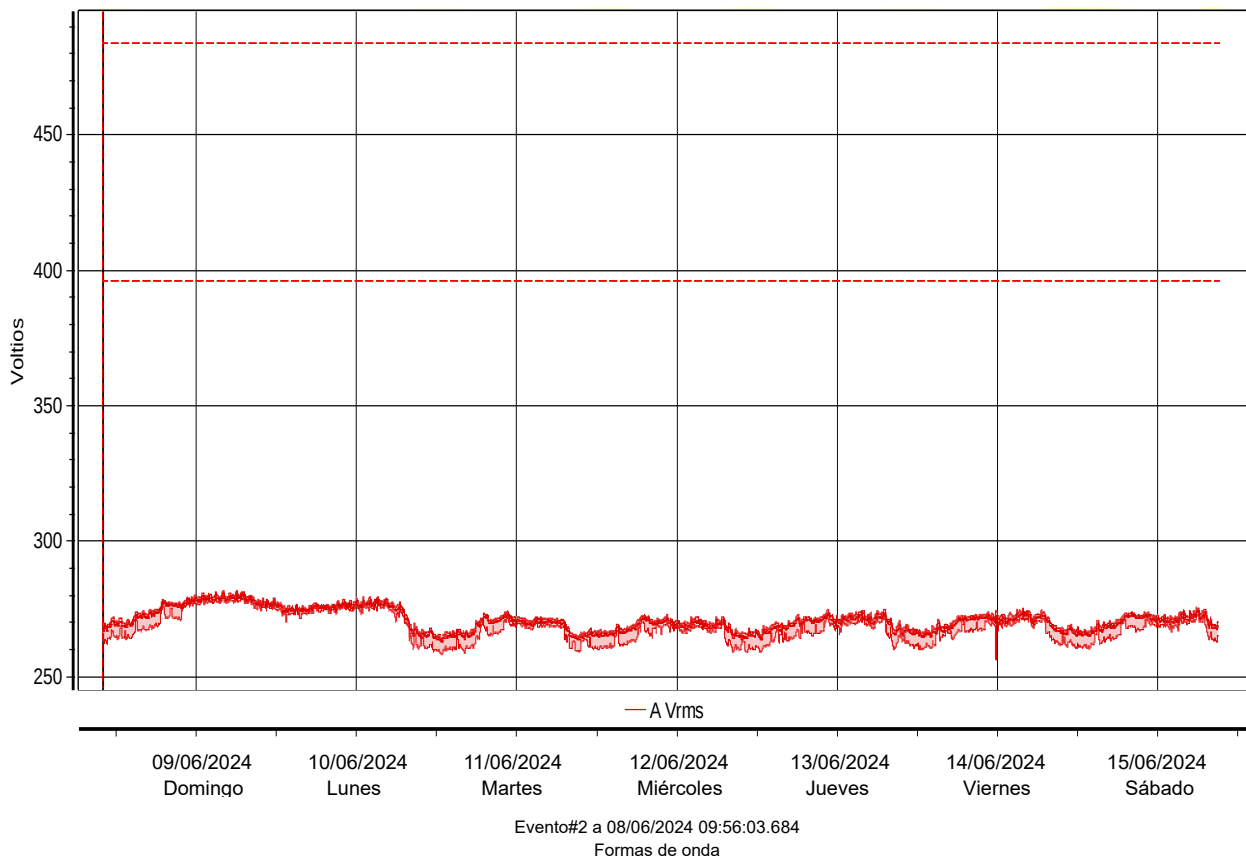
De las gráficas 32, 33 y 34 se muestran los valores de tensión fase a neutro durante el período de medición, en ellas se pueden observar las oscilaciones, caídas de tensión máximas sostenidas, así como las interrupciones de energía.

DIAGRAMAS DE TENSIÓN.

MAGNITUD/DURACION.

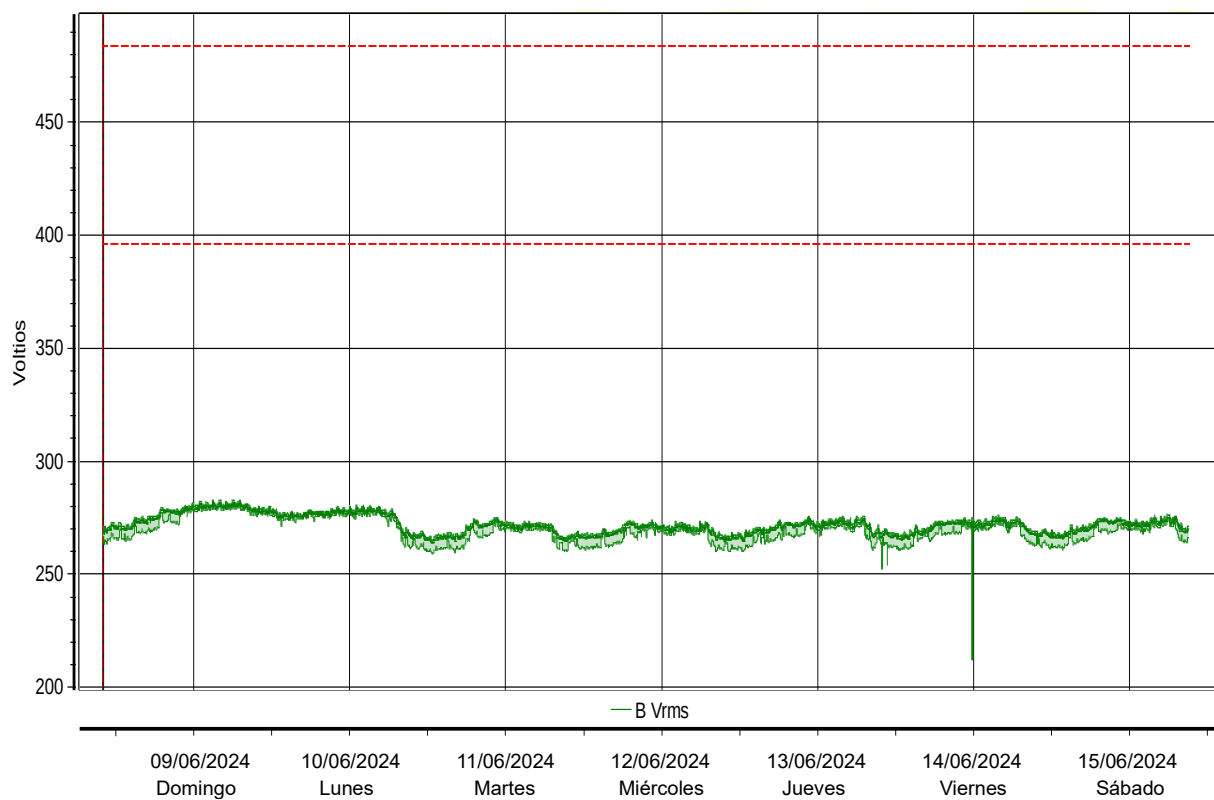
Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00



	Mín	Máx	Pro
AVrms	256.1	281.8	270.7

Grafica 32 "VA-N Vrms"

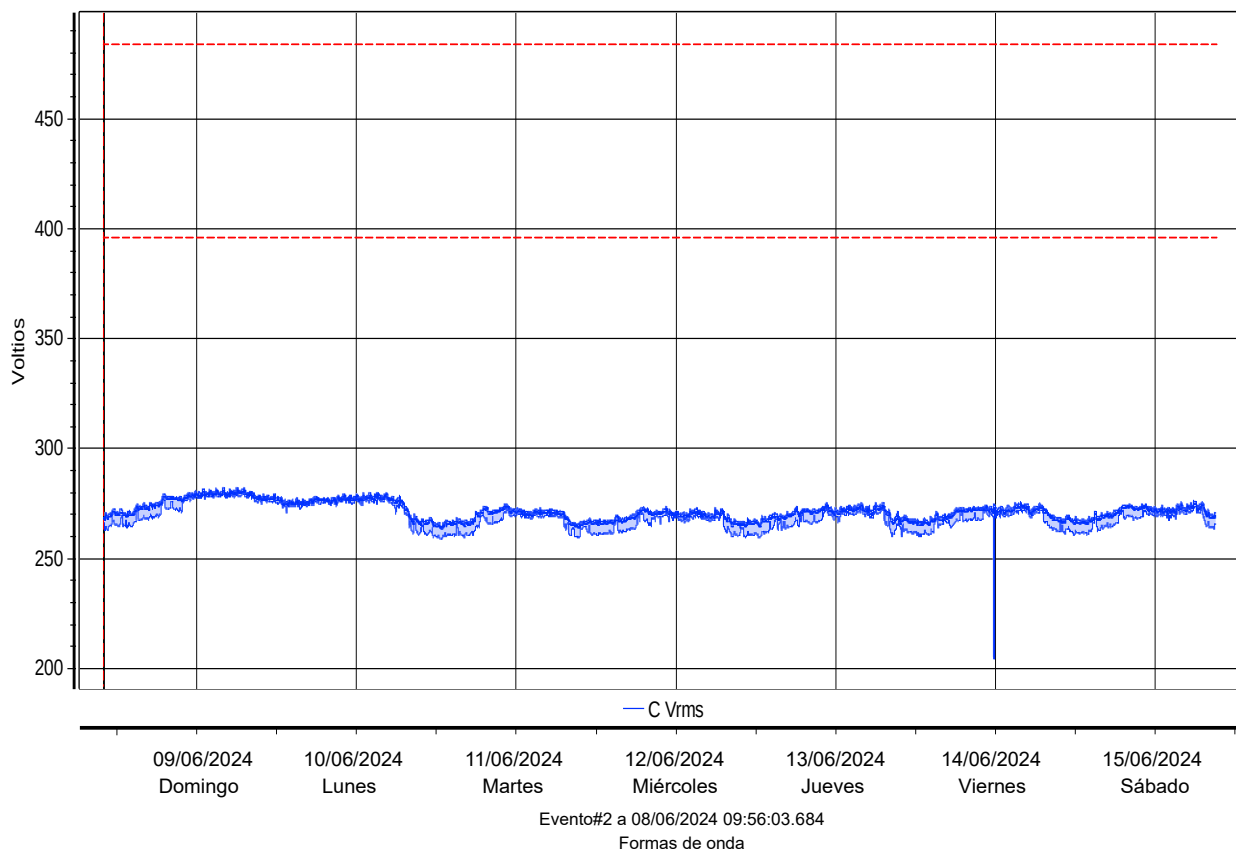


Evento#2 a 08/06/2024 09:56:03.684

Formas de onda

	Mín	Máx	Pro
BVrms	212.0	282.9	271.7

Grafica 33 “VB-N Vrms”



	Mín	Máx	Pro
CVrms	204.4	282.3	271.4

Grafica 34 “VC-N Vrms”

TABLA DE MAGNITUD DE TENSIÓN.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00

En la tabla siguiente se encuentran los valores en tensión mínimos, máximos y promedios registrados. De la tabla 2 se obtiene que el desbalance de voltaje es del 0.210 %, recordemos que existe parámetros que se deben cumplir y en este caso para un sistema eléctrico de tipo trifásico, el valor máximo permisible de desbalance **NO** debe ser mayor al 3 %.

TABLA 2: TENSIÓN DE LINEA A NEUTRO

	V _{A-N}		V _{B-N}		V _{C-N}
Min	251.6	Min	212.0	Min	204.4
Max	281.8	Max	282.9	Max	282.3
Prom	270.7	Prom	271.7	Prom	271.4

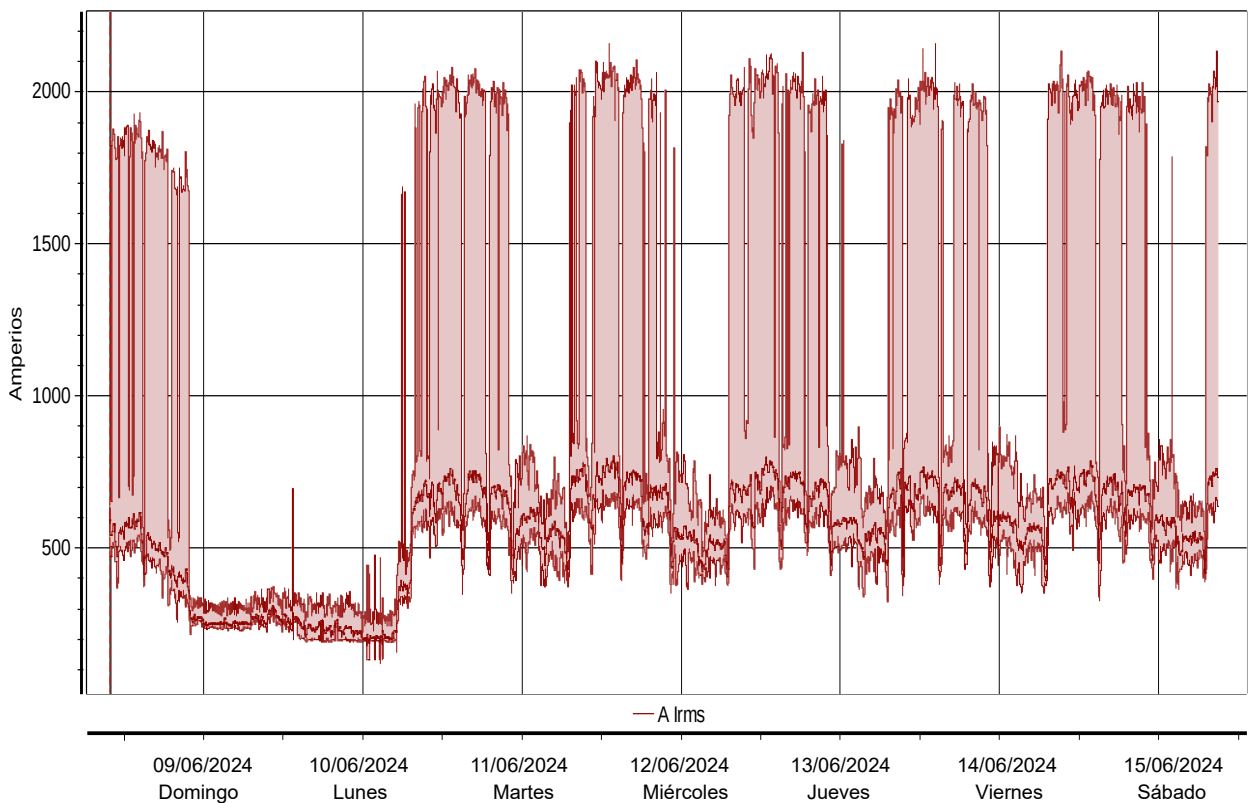
1.10.5.6 CORRIENTES DE LINEA

De las gráficas 35, 36 y 37 se muestran el comportamiento de los consumos mínimo, promedio y máximos para las corrientes.

DIAGRAMAS DE CORRIENTE

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

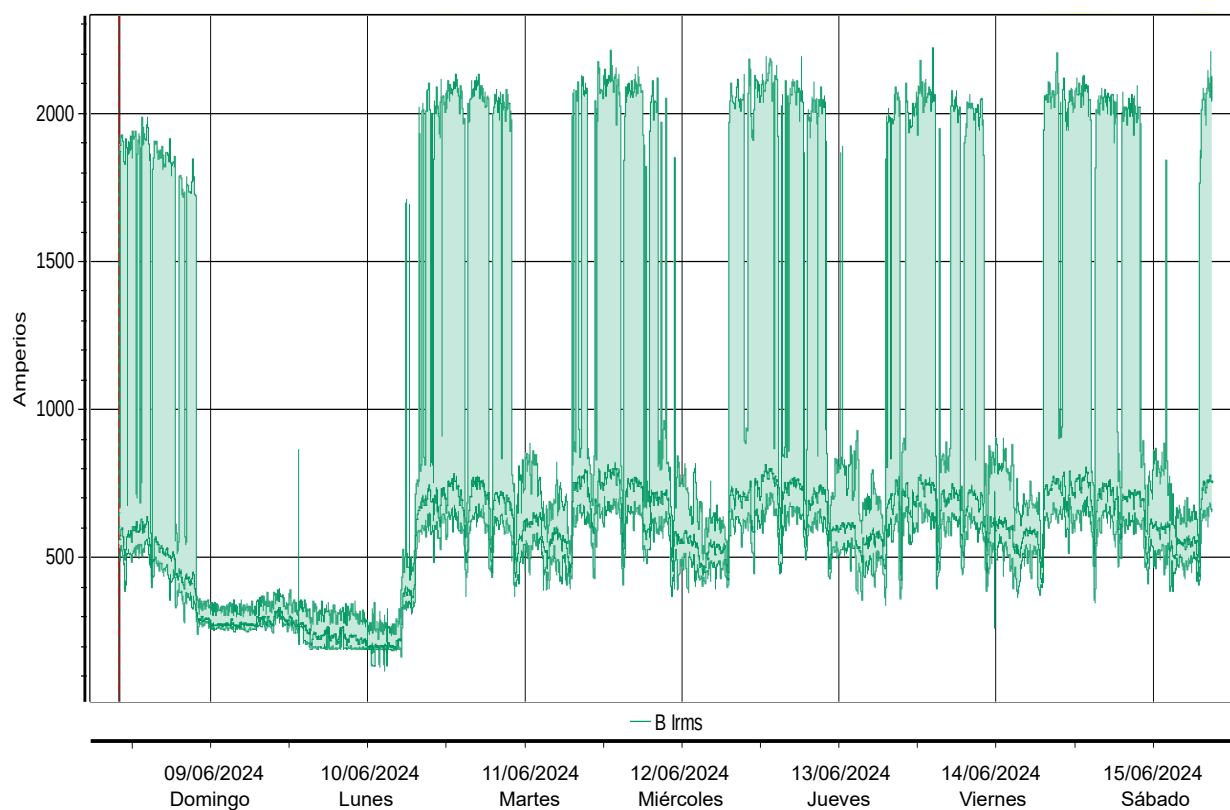
Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00



Evento#2 a 08/06/2024 09:56:03.684
Formas de onda

	Mín	Máx	Pro
Alrms	119.0	2160	547.8

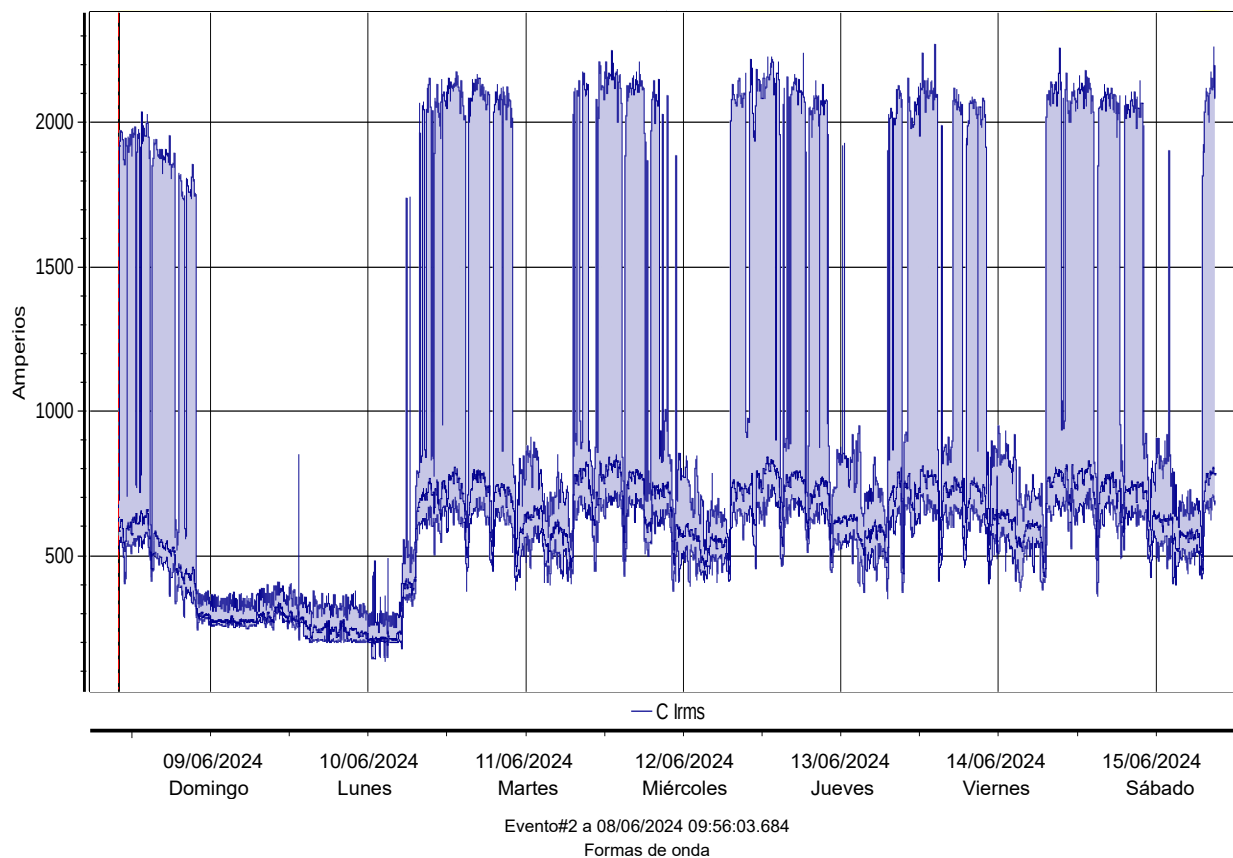
Grafica 35 “IA corriente en línea A”



Evento#2 a 08/06/2024 09:56:03.684
Formas de onda

	Mín	Máx	Pro
Blrms	115.8	2222	564.4

Grafica 36 “IB corriente en línea B”



	Mín	Máx	Pro
Clrms	132.7	2272	583.2

Grafica 37 “IC corriente en línea C”

TABLA DE MAGNITUD DE INTENSIDADES.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00

En la tabla siguiente se encuentran los valores de corriente: mínimos, máximos y promedios registrados.

TABLA 3: INTENSIDADES DE LINEAS

I_A	I_B	I_C
Min 119.0	Min 115.8	Min 132.7
Máx 2160	Máx 2222	Máx 2272
Prom 547.8	Prom 564.4	Prom 583.2

Los valores de desbalance de la corriente promedio en las fases, durante el período de medición fueron del 3.20 %, recordemos que existe parámetros que se deben cumplir y en este caso para un sistema eléctrico de tipo trifásico, el valor máximo permisible de desbalance **NO** debe ser mayor al 8 %.

El transformador que alimenta esta carga tiene una disponibilidad de servicio de 1968.23 amperes al 100 %

Se debe de considerar que un transformador se debe utilizar como máximo a un 80 % de su capacidad, por lo que tenemos una disponibilidad de servicio de 1574.59 amperes

Durante los periodos de proceso y carga constante que es durante el primer y segundo se tiene un consumo promedio de 713 amperes el cual representa un 45.28 % de la capacidad del transformador.

Durante los periodos de proceso y carga constante que es durante el primer y segundo se tienen varios lapsos de consumo de corriente que superan la carga disponible de transformador al 80 % (1574.59), teniendo consumos que oscila para la fase A (1600 amperes a 2078), fase B (1600 amperes a 2130 amperes) y fase C (1600 amperes a 2176)

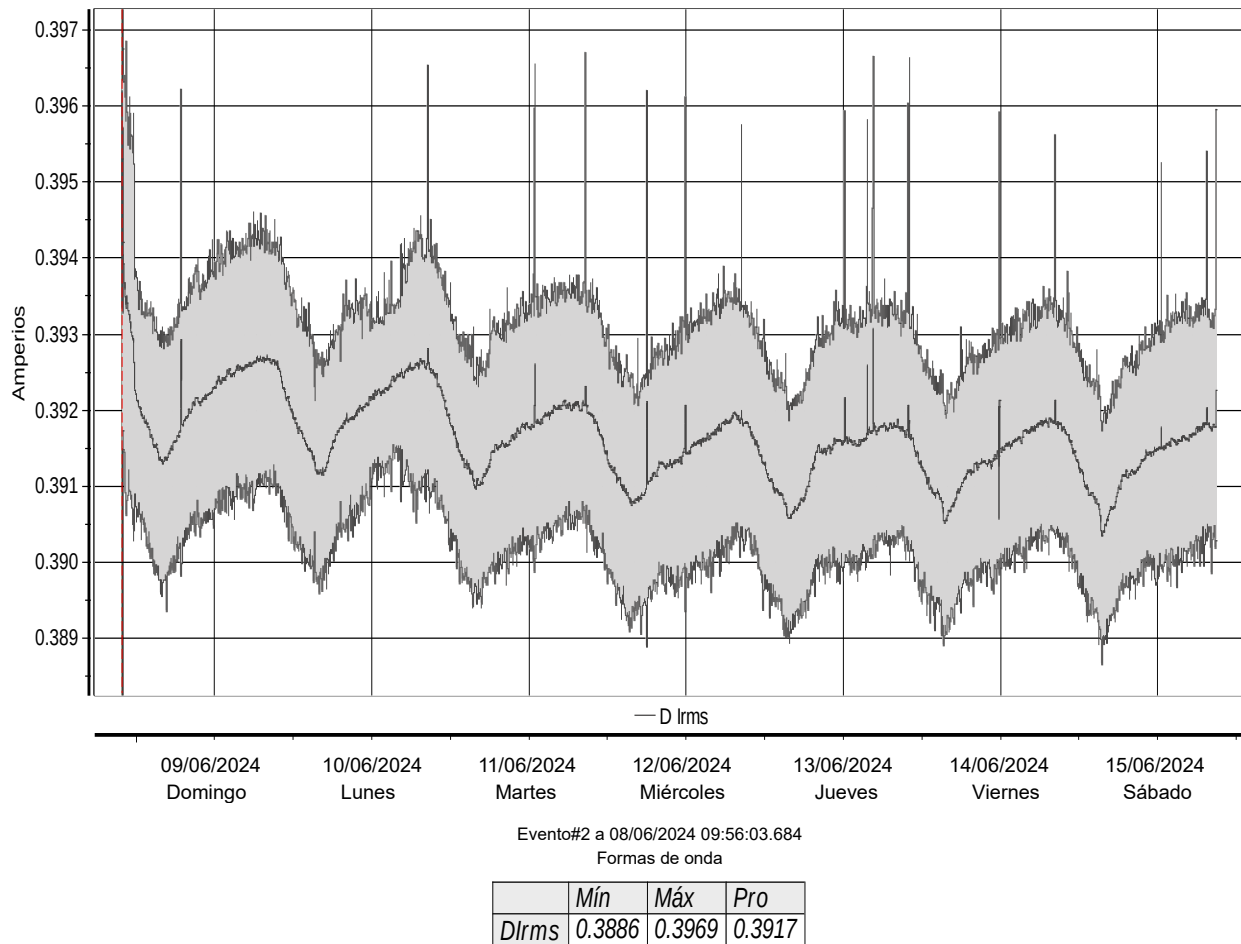
1.10.5.7 CORRIENTE EN HILO DE NEUTRO

La gráfica siguiente muestra el comportamiento de la corriente en el neutro

DIAGRAMAS DE LA CORRIENTE EN EL NEUTRO

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00



Grafica 38 "IN corriente en el hilo de neutro"

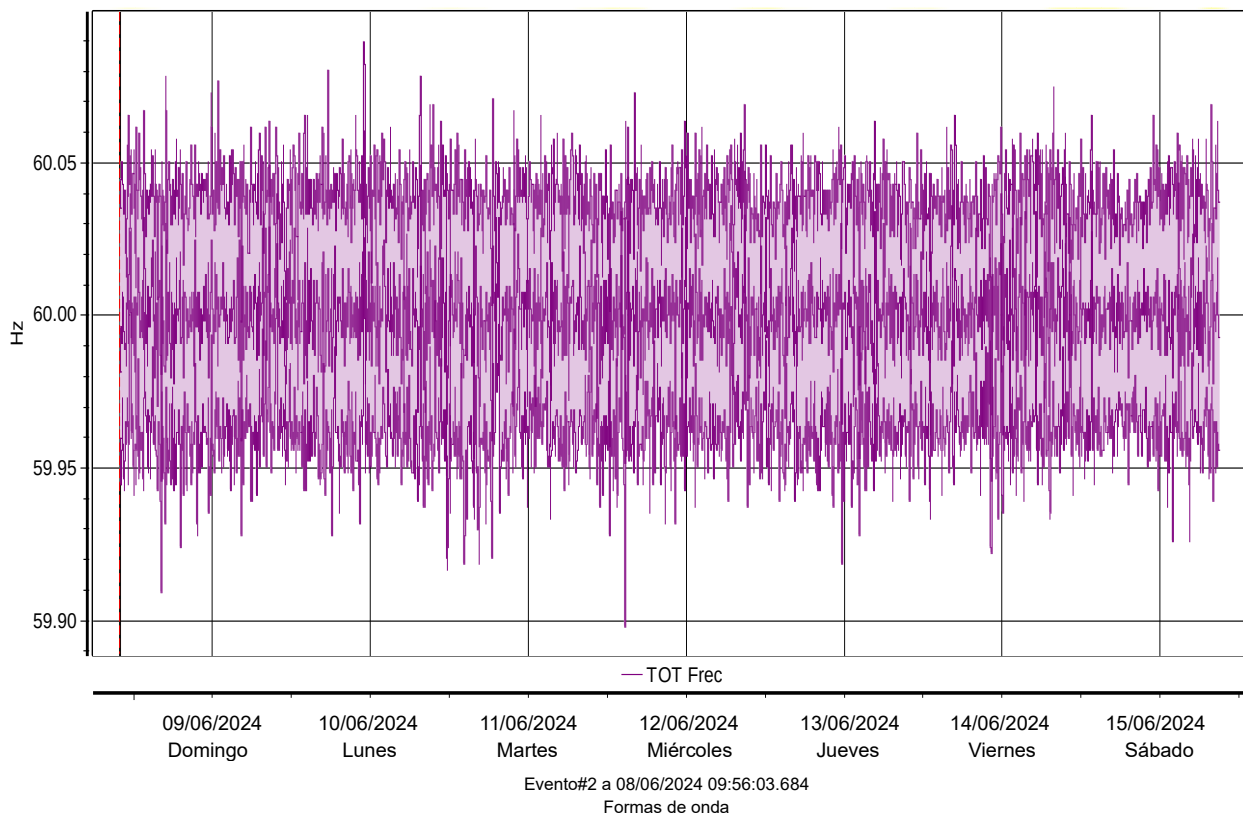
1.10.5.8 FRECUENCIA

La gráfica siguiente muestra el comportamiento de la frecuencia

DIAGRAMAS DE LA FRECUENCIA DE TENSIÓN

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00



	Mín	Máx	Pro
TOTFrec	59.90	60.09	60.00

Grafica 39 "Frecuencia"

En la tabla 4 se encuentran los valores de frecuencia registrados.

TABLA 4: FRECUENCIA.

Min.	59.90
Max.	60.00
Prom.	60.00

Las condiciones de la frecuencia se mantienen estables conforme a los parámetros requeridos en forma permanente, así como en forma temporal, en la gráfica se observa el comportamiento de la frecuencia durante el tiempo de medición

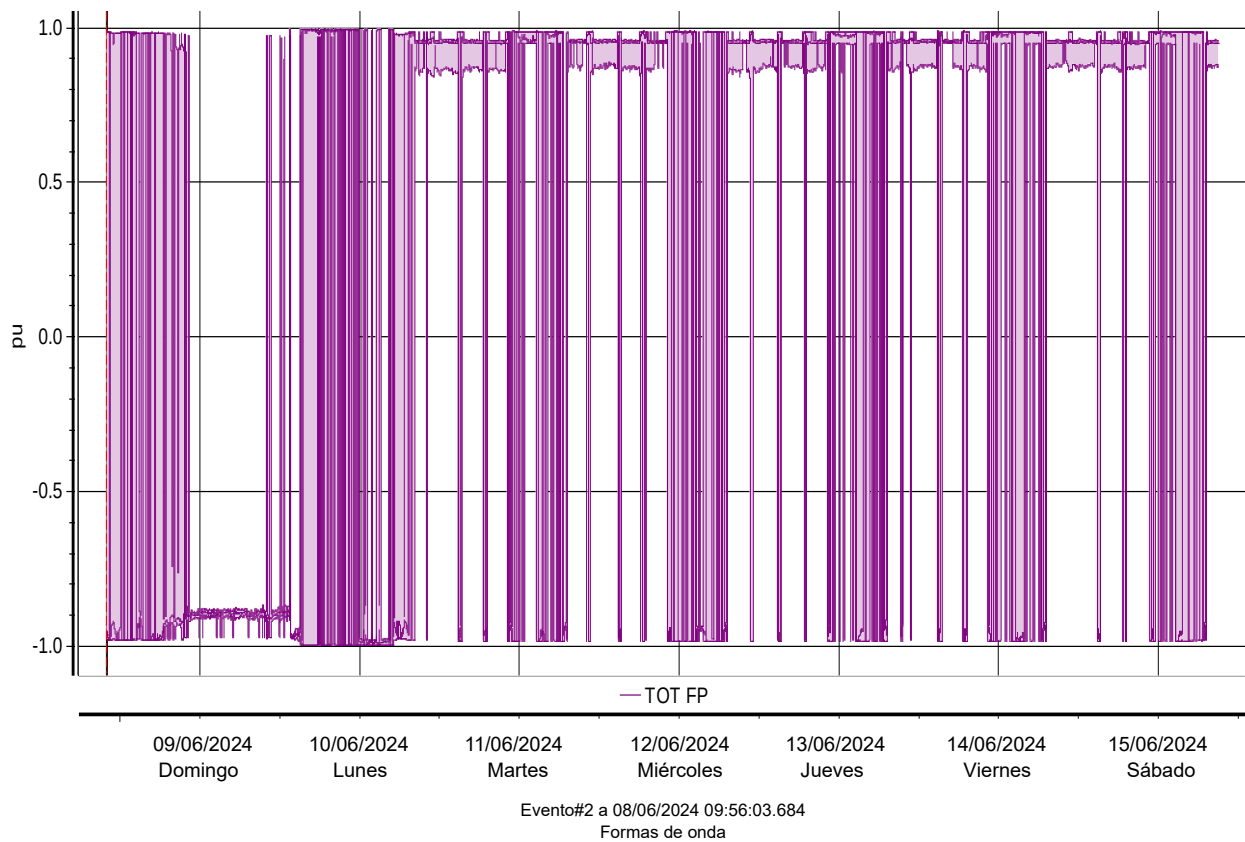
1.10.5.9 FACTOR DE POTENCIA (FP)

La gráfica 40 muestra el comportamiento del factor de potencia durante el período de medición.

DIAGRAMA DEL FACTOR DE POTENCIA

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00



	Mín	Máx	Pro
TOTFP	-0.9972	0.9953	0.3654

Grafica 40 "Factor de Potencia"

En la tabla 5 se encuentran los valores de factor de potencia registrados

TABLA 5: FACTOR DE POTENCIA

Min.	- 0.997
Max.	0.995
Prom.	0.365

El factor de potencia es variable en el tiempo pasando de inductivo a capacitivo, en los periodos entrada y salida de cargas considerables.

Durante los periodos de proceso y carga constante que es durante el primer y segundo turno el factor de potencia inductiva se mantiene con valores entre 0.8409 y 0.9953 teniendo un factor de potencia de promedio 0.9524 %, el cual está dentro de lo requerido por la compañía que suministra la energía eléctrica (CFE)

Durante el fin de semana y tercer turno el factor de potencia pasa de inductivo a capacitivo debido a que las cargas considerables quedan fuera de operación, los valores oscilan entre - 0.8764 y - 0.9972 teniendo un factor de potencia promedio de -0.8937

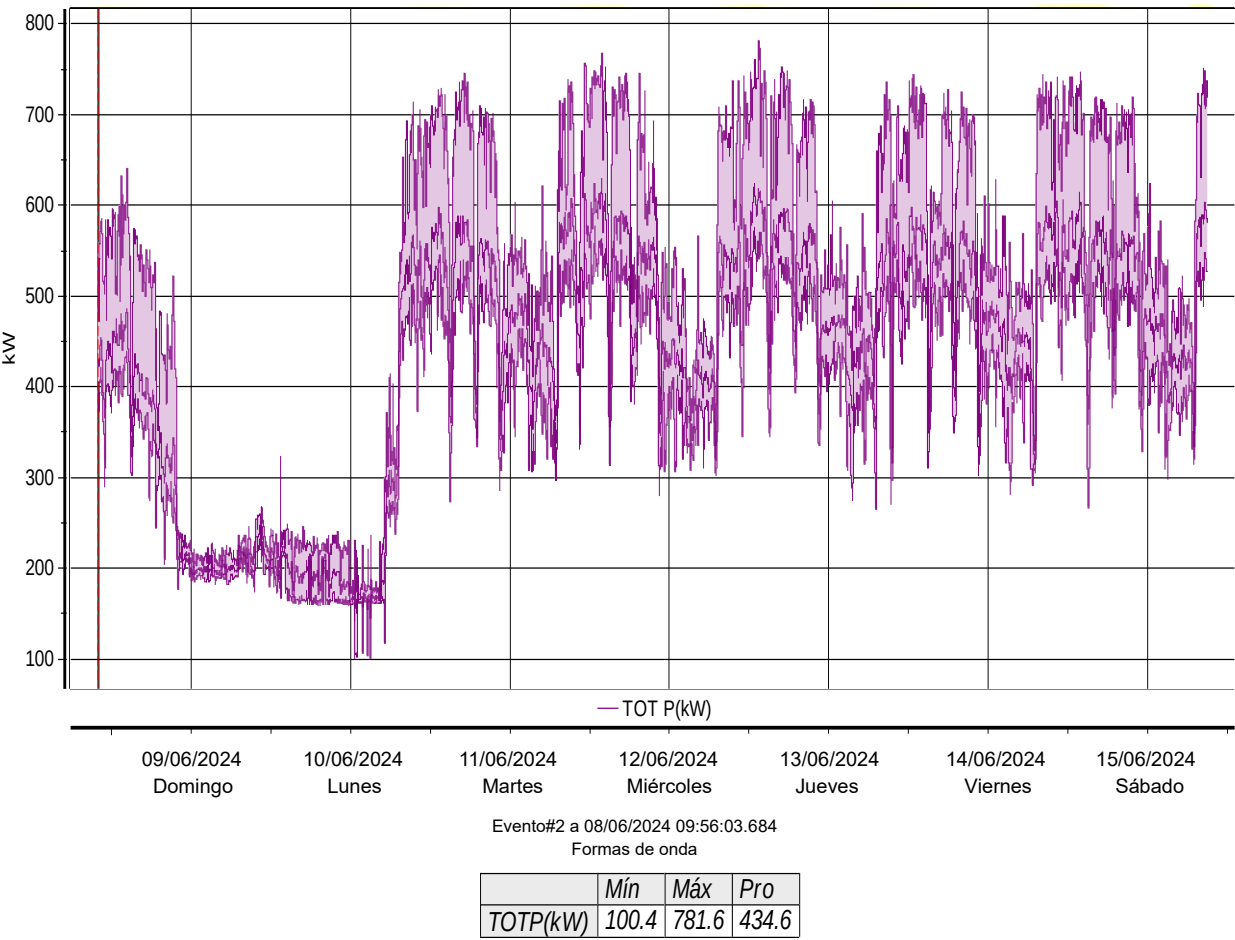
1.10.5.10 POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE

Las gráficas 41, 42 y 43 muestran las potencias durante el período de medición.

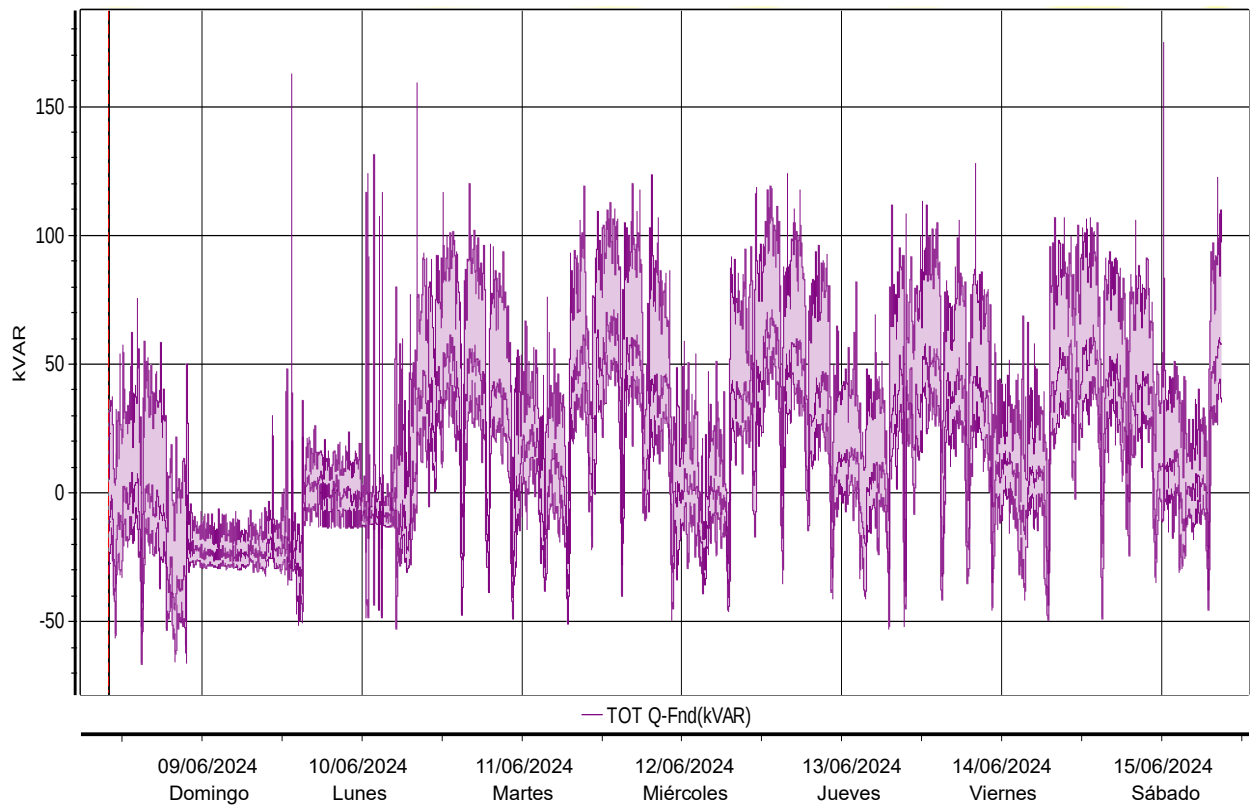
DIAGRAMAS DE POTENCIAS ACTIVA (KW); REACTIVA (KVAR); APARENTE (KVA).

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00



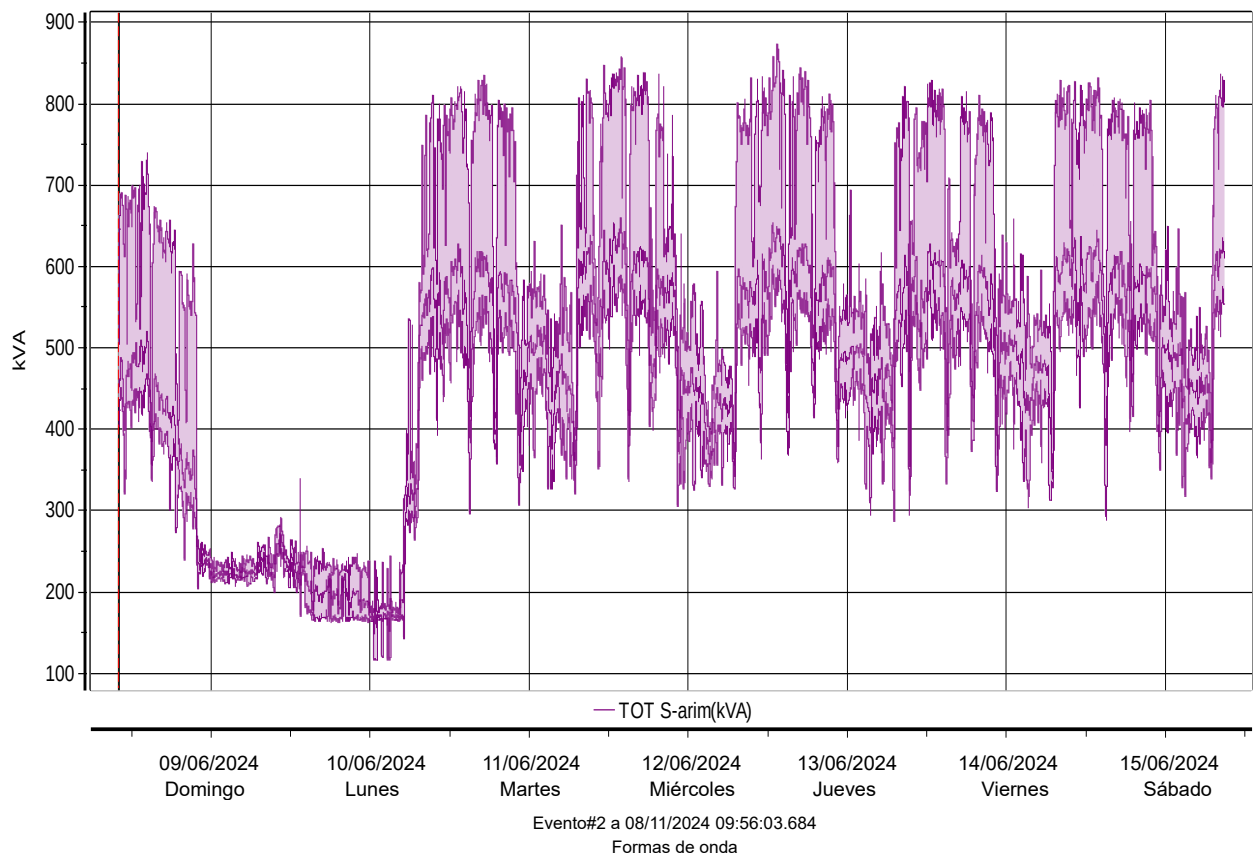
Grafica 41 “Potencia Activa (KW)”



Evento#2 a 08/06/2024 09:56:03.684
Formas de onda

	Mín	Máx	Pro
TOTQ-Fnd(kVAR)	-66.62	174.9	14.48

Grafica 42 " Potencia Reactiva (KVAR)."



	Mín	Máx	Pro
TOTS-arim(kVA)	116.0	873.4	459.2

Grafica 43 “Potencia Aparente (KVA)”

En la tabla 6 se registran los valores: mínimos, máximos y promedio de las **Potencias Activa, Reactiva y Aparente** durante el período de medición.

En la tabla 7 se indican los porcentajes de utilización del transformador, así como los valores de consumo actuales en potencia.

INFORME DE POTENCIAS MIN/MAX/PRO

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00

TABLA 6: POTENCIAS

POTENCIA ACTIVA (KW)		POTENCIA REACTIVA (KVAR)		POTENCIA APARENTE (KVA)	
Min.	100.4	Min.	- 66.62	Min.	116.0
Max.	781.6	Max.	174.9	Max.	873.4
Prom.	434.6	Prom.	14.48	Prom.	459.2

TABLA 7: RESUMEN DE POTENCIAS ACTIVAS Y APARENTES

EQUIPO	CAPACIDAD AL100 %		CARGA ACTUAL UTILIZADA AL 80% 459.2 KVA	CARGA DE RESERVA AL 80% 740.8 KVA	CARGA ACTUAL UTILIZADA AL 80% 434.6 KW	CARGA DE RESEVA AL 80% 525.4 KW
	1500 KVA	1200 KW	38.27 %	61.73 %	45.27 %	54.73 %
TRANSFORMADOR 1500 KVA 440/254 V						

NOTAS:

Actualmente el transformador está trabajando con una carga promedio de 434.6 KW el cual representa un 45.27 % de utilización, considerando la carga promedio durante el periodo de medición

Durante los periodos de proceso y carga constante que es durante el primer y segundo la potencia de consumo oscila entre 344.8 y 781.6 teniendo una potencia de promedio 549.4 KW el cual representa un 57.25 %

Durante el fin de semana el consumo de la carga disminuye y oscila entre 100.4 KW y 323.6 KW, teniendo una potencia promedio de 195.6 KW

Durante el proceso se tienen consumo máximo que oscilan desde 700 KW y el valor máximo 781.6 kW, este valor de 781.6 KW representa un 81.41 % de la capacidad del transformador

Se debe de considerar que un transformador se debe utilizar como máximo a un 80 % de su capacidad.

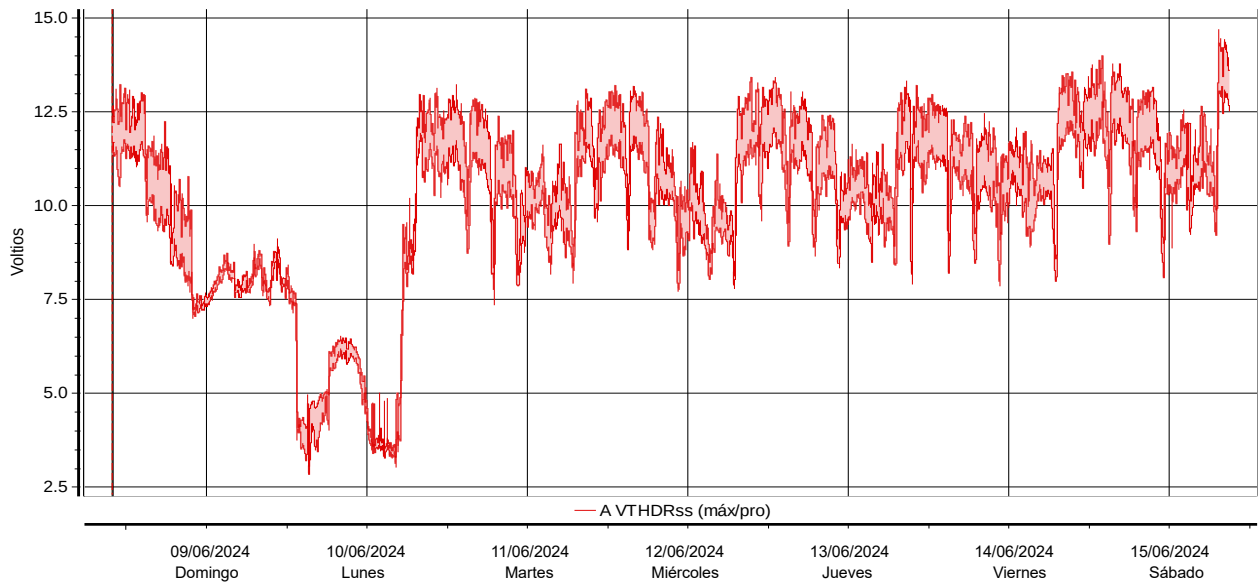
1.10.5.11 DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL EN VOLTAJE (THDv)

La gráfica 44, 45 y 46 muestran el comportamiento de la distorsión armónica en voltaje en cada fase.

DIAGRAMAS DE THD EN TENSION.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

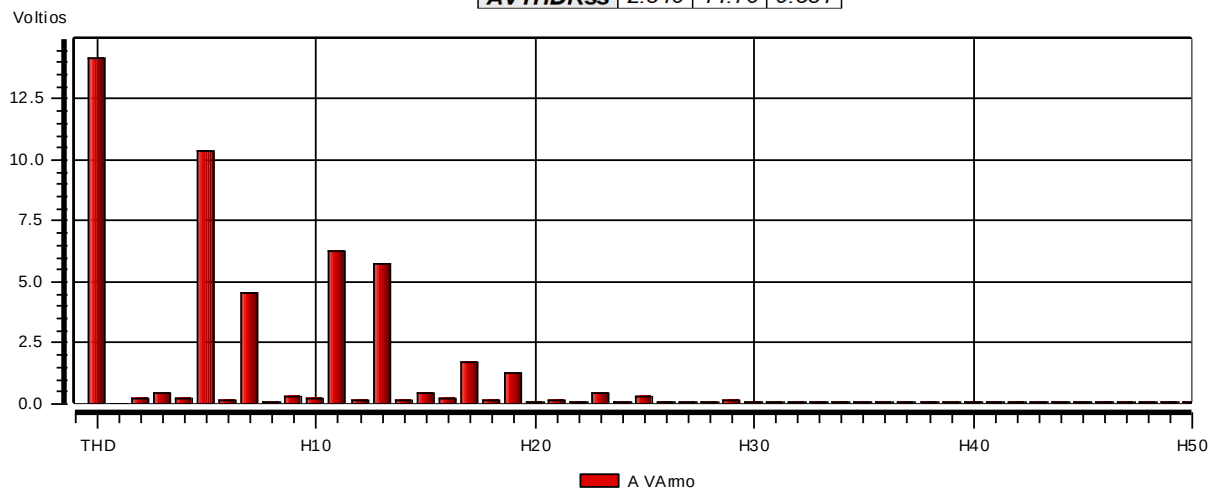
Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00



Evento#2 a 08/11/2024 09:56:03.684

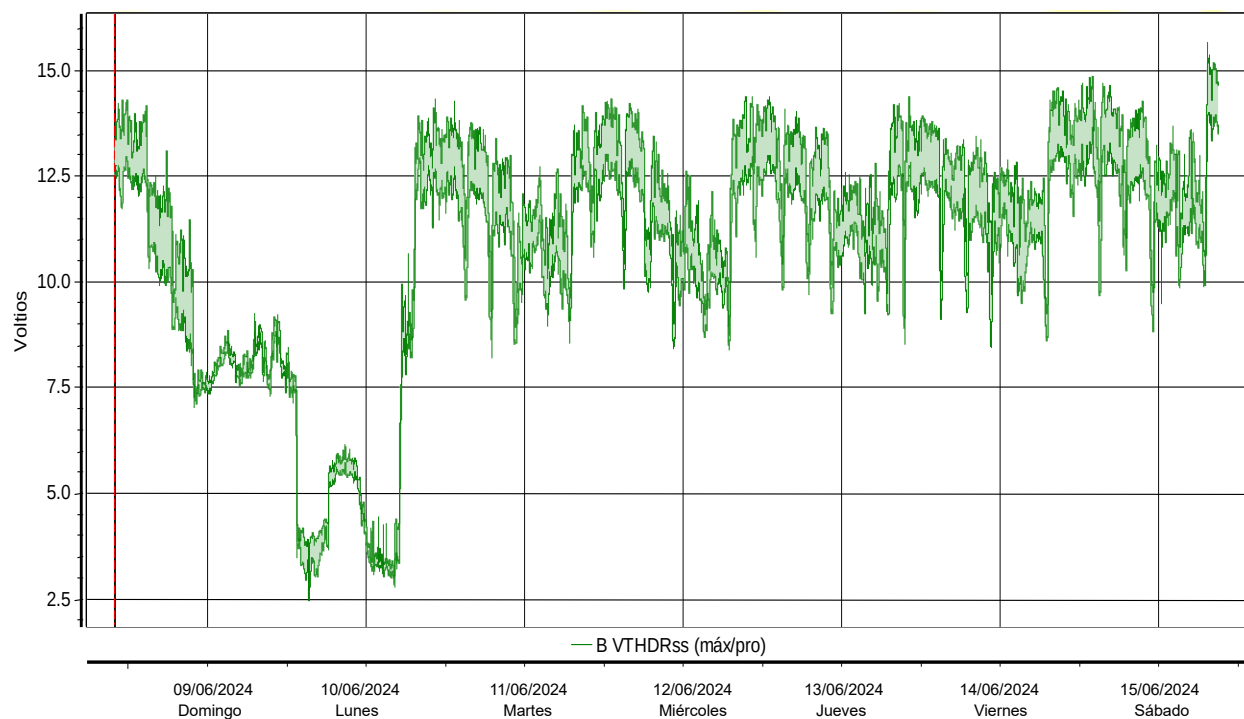
Formas de onda

	Mín	Máx	Pro
AVTHDRss	2.840	14.70	9.581



RMS Total: 271.79 V
Nivel DC: 0.04 V
RMS Fundamental (H1): 270.81 V
Distorsión Armónica Total THD: 14.21 V (Par: 0.62 V, Impar: 14.38 V)

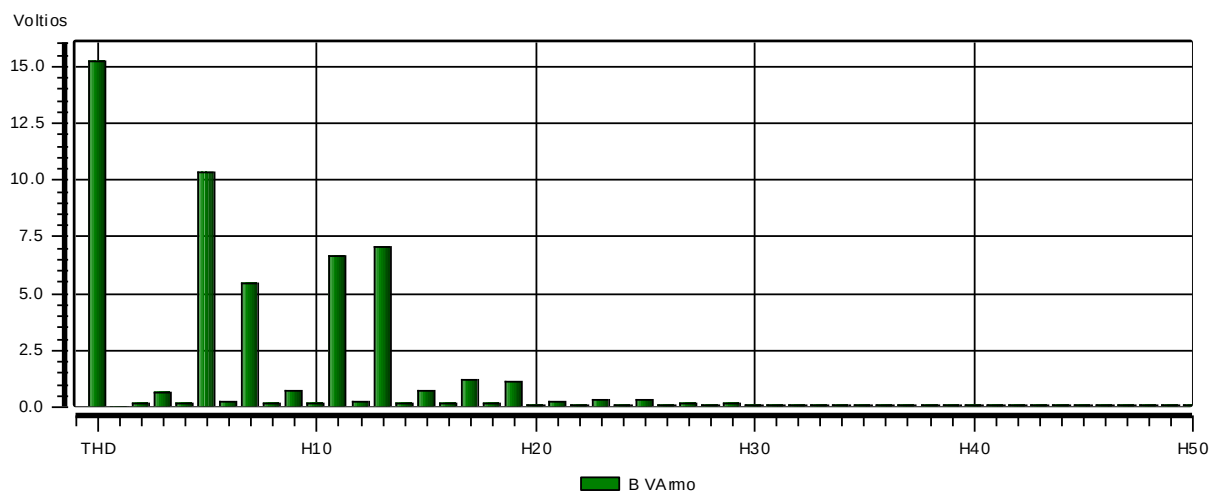
Grafica 44 "Distorsión Armónica (THDv 1)"



Evento#2 a 08/11/2024 09:56:03.684

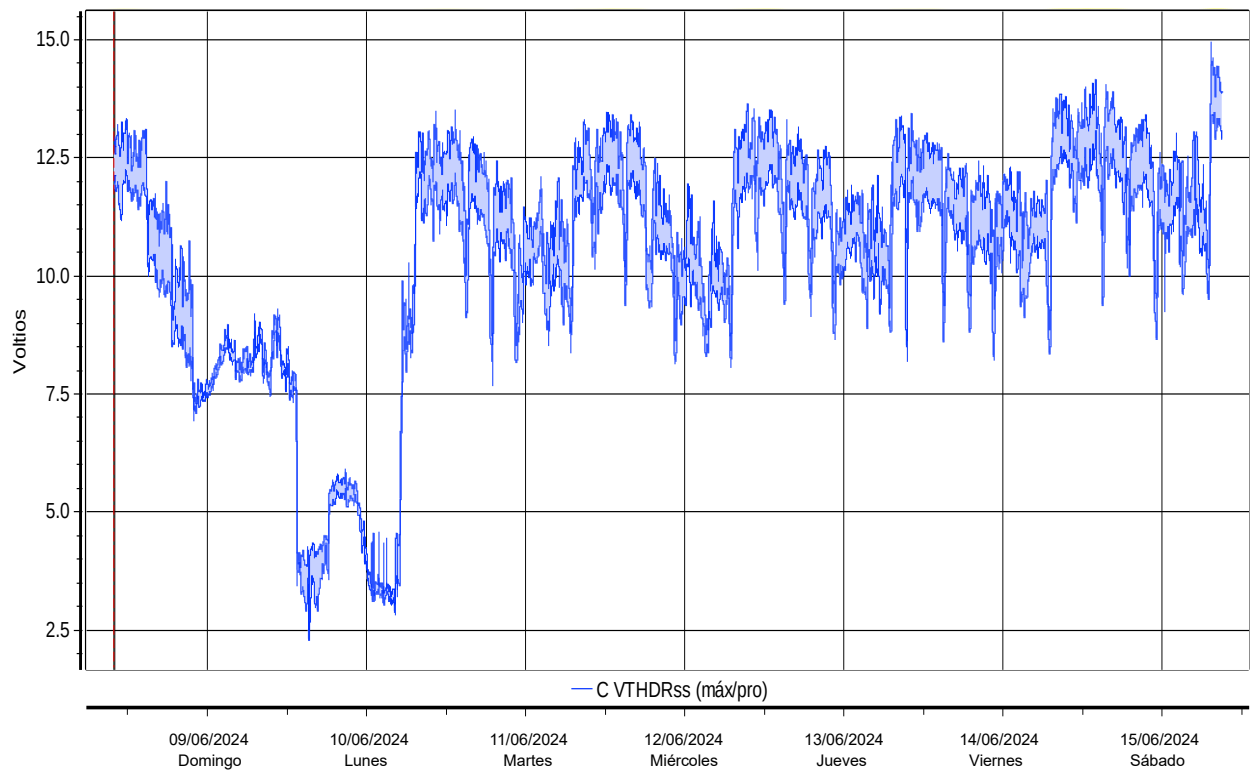
Formas de onda

	Min	Máx	Pro
BVTHDRss	2.483	15.66	10.29



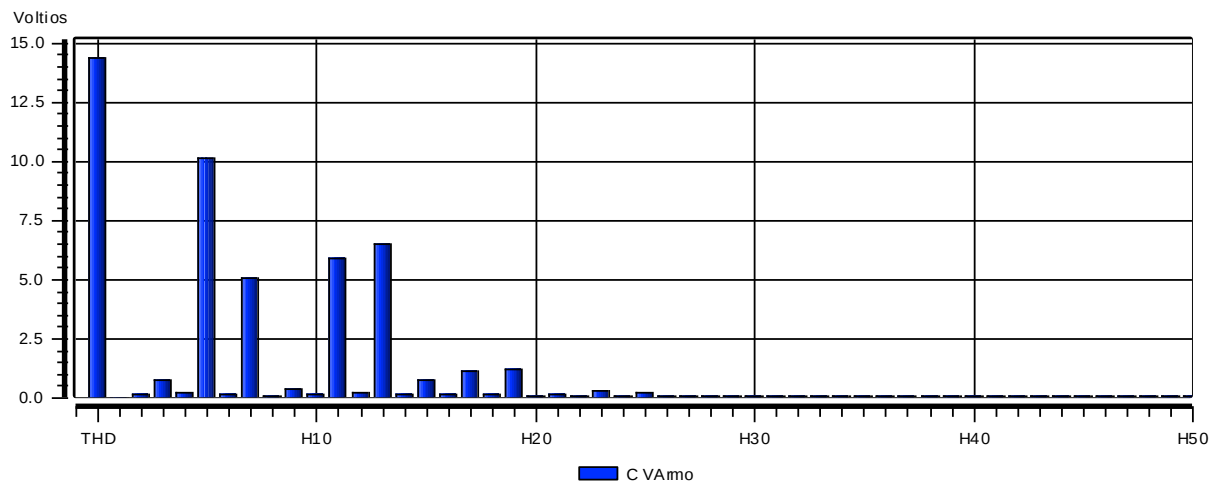
RMS Total: 272.00 V
 Nivel DC: 0.05 V
 RMS Fundamental (H1): 271.03 V
 Distorsión Armónica Total THD: 15.27 V (Par: 0.65 V, Impar: 15.37 V)

Grafica 45 “Distorsión Armónica (THDv 2)”



Evento#2 a 08/06/2024 09:56:03.684
Formas de onda

	Mín	Máx	Pro
CVTHDRss	2.278	14.96	9.869



RMS Total: 272.73 V
 Nivel DC: 0.06 V
 RMS Fundamental (H1): 271.74 V
 Distorsión Armónica Total THD: 14.41 V (Par: 0.64 V, Impar: 14.51 V)

Grafica 46 “Distorsión Armónica (THDv 3)”

INFORME DE THDV% MIN/MAX.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA

Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00

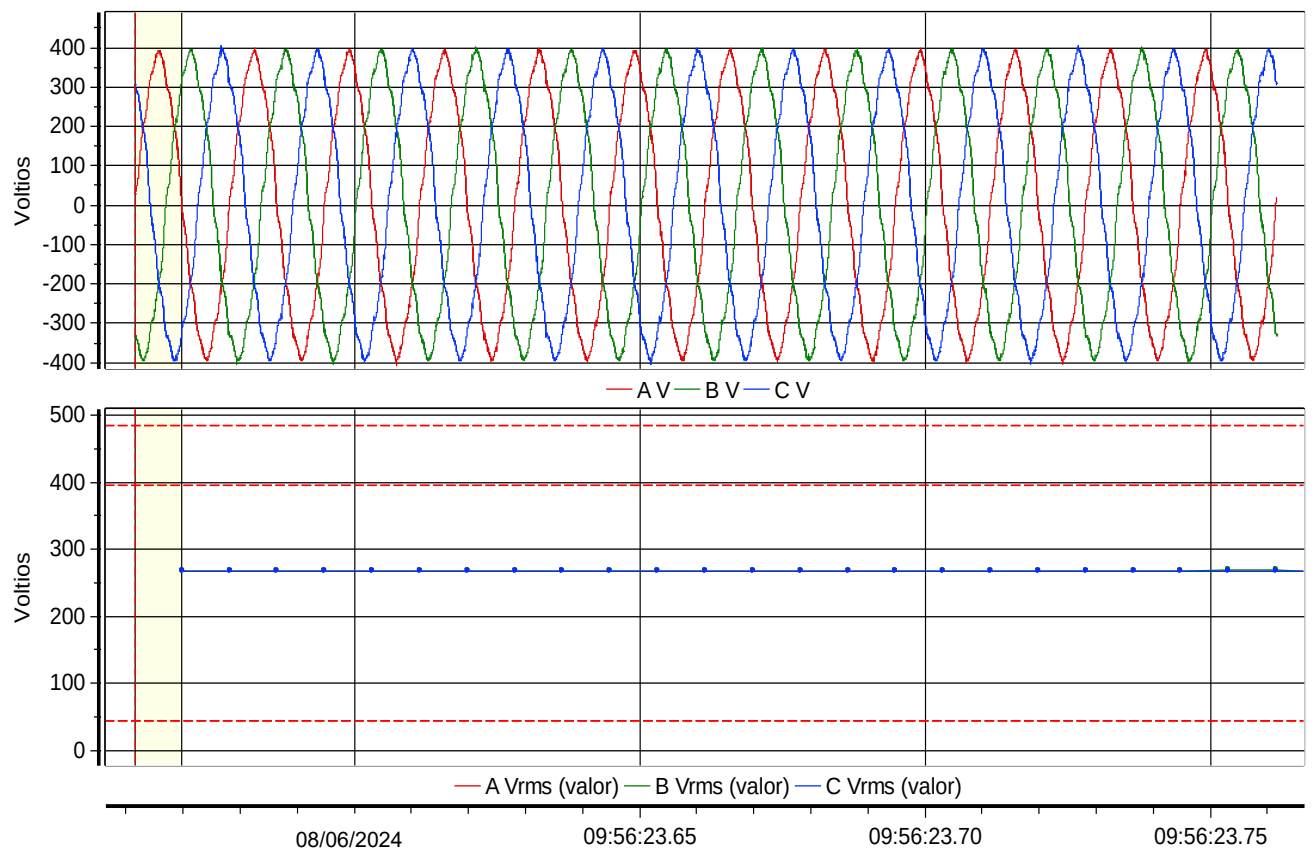
TABLA 8: THDV%

THDV% LINEA 1		THDV% LINEA 2		THDV% LINEA 3	
Min	2.840	Min	2.483	Min	2.278
Max.	14.70	Max.	15.66	Max.	14.96
Prom.	9.581	Prom.	10.29	Prom.	9.869
THDv	14.21	THDv	15.27	THDv	14.41

De las gráficas 18,19 y 20 y de la tabla 8, se observa que los valores de la distorsión armónica total **THD_v** están en un promedio de 14.63, los cuales se encuentra por arriba de lo recomendado que es como máximo 8 %, en la norma IEEE 519.

En la gráfica 47 se presenta la forma de onda de los voltajes de fases, donde se puede apreciar que se presenta una distorsión o deformación a la señal senoidal, es decir, el porcentaje de distorsión presente en THDV afecta a la forma de onda.

El armónico predominante y que contribuye a la afectación al sistema es orden 5°



Sábado

Evento #2 a 08/06/2024
Antes del disparo

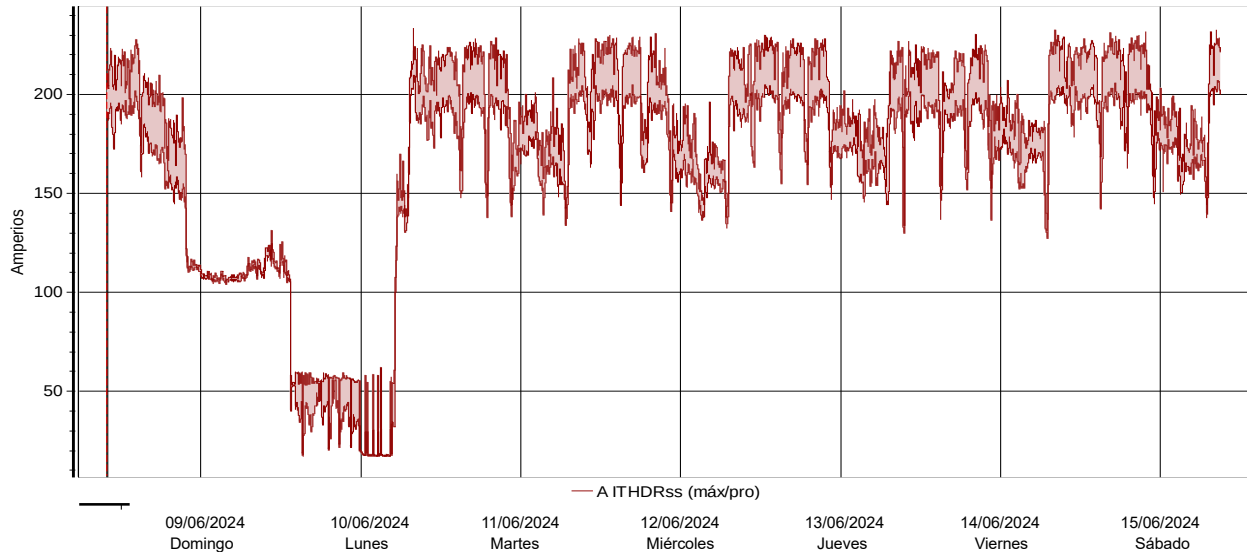
Grafica 47 "Formas de onda de voltaje"

1.10.5.12 DISTORSIÓN DE ARMÓNICA TOTAL EN CORRIENTE (THDi)

La gráfica 48, 49 y 50 muestra el comportamiento de la distorsión armónica en corriente en cada fase.

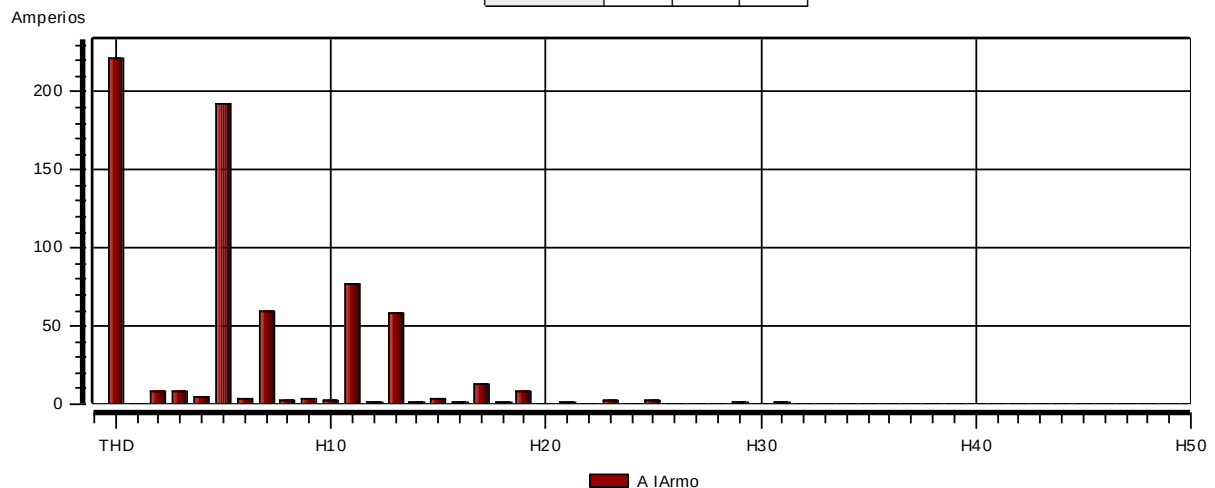
DIAGRAMAS DE THD CORRIENTE.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA
Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00



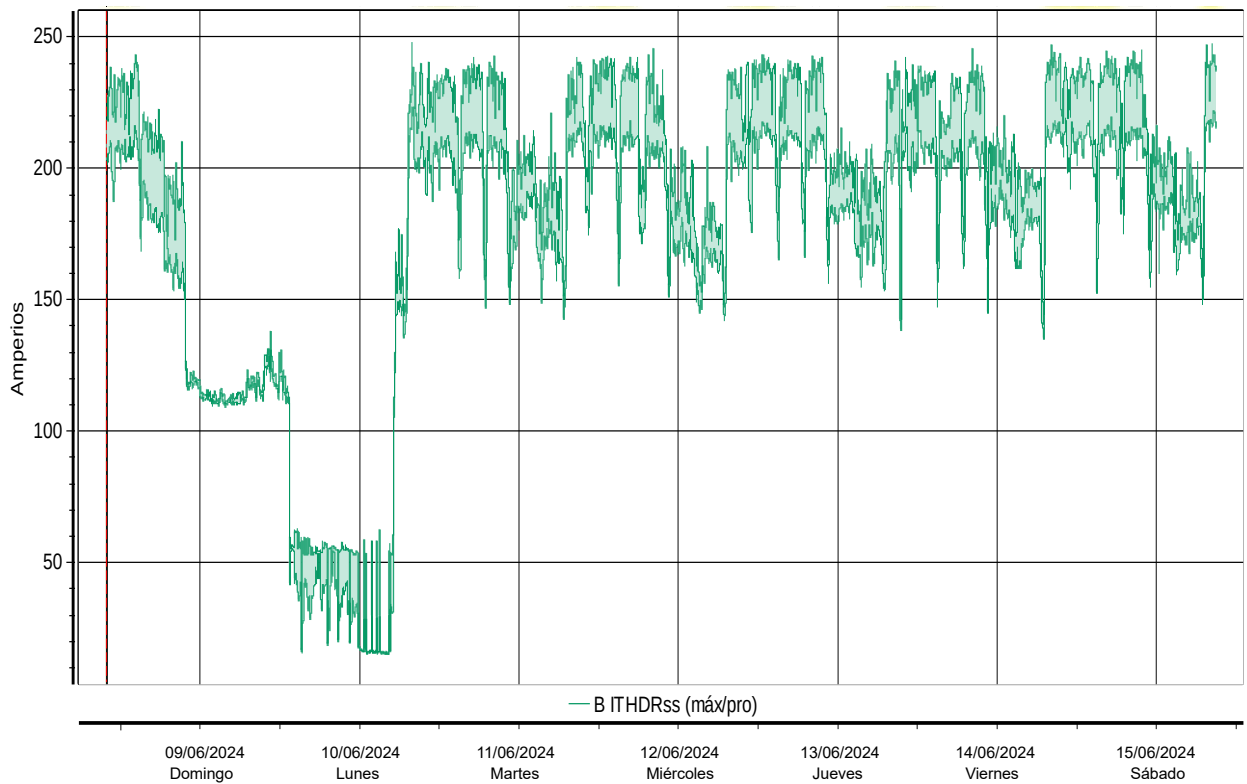
Evento #2 a 08/06/2024
Antes del disparo

	Mín	Máx	Pro
AITHDRss	17.04	233.5	158.9



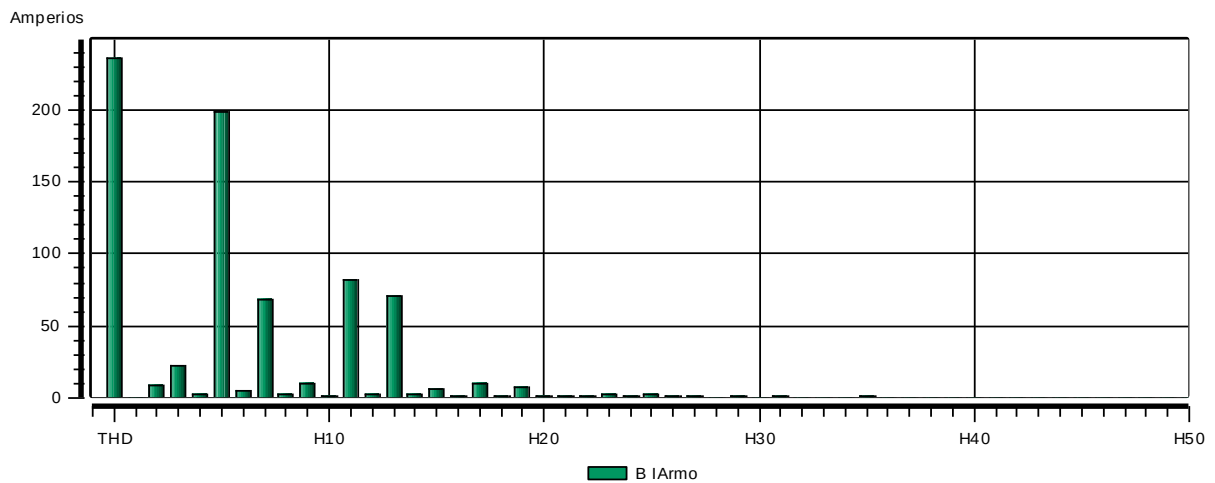
RMS Total: 1879.94 A
Nivel DC: 34.75 A
RMS Fundamental (H1): 672.43 A
Distorsión Armónica Total THD: 221.97 A (Par: 10.48 A, Impar: 223.73 A)

Grafica 48 "Distorsión Armónica (THDI 1)"



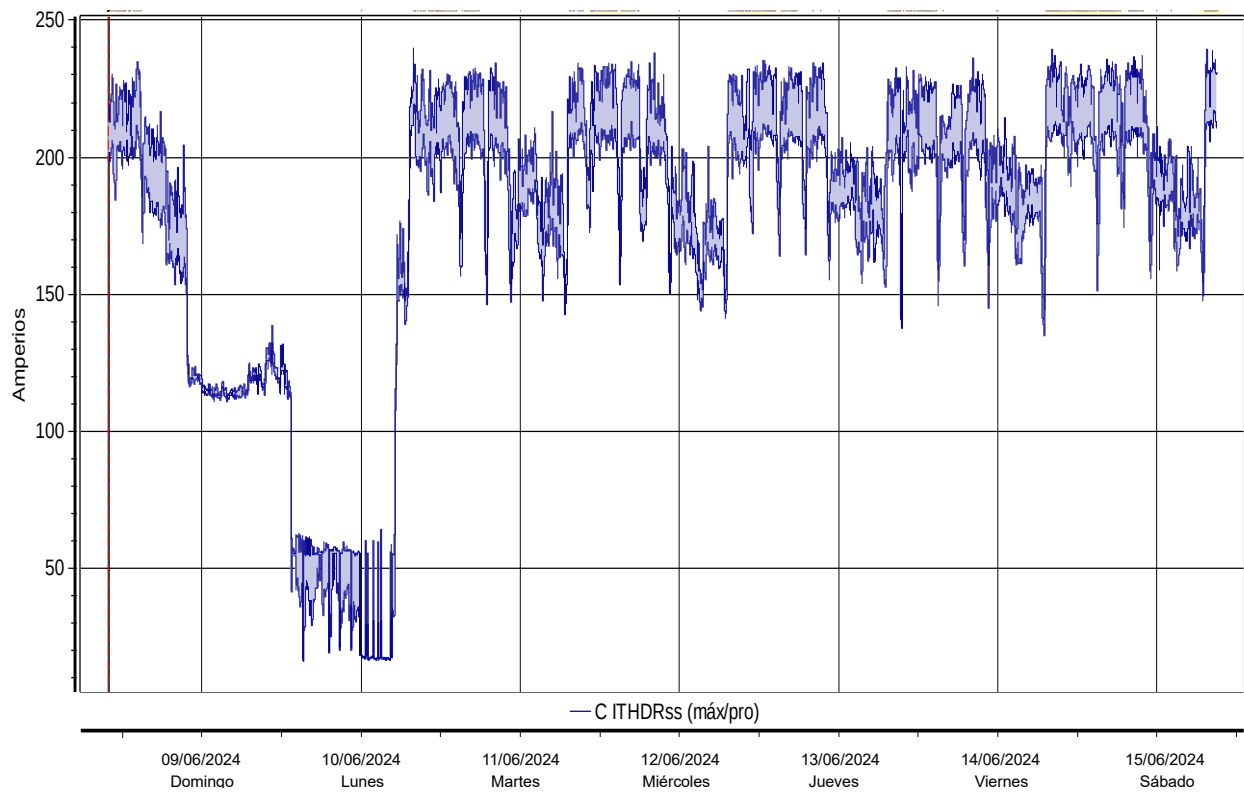
Evento#2 a 08/11/2024 09:56:23.561
Formas de onda

	Mín	Máx	Pro
BITHDRss	15.01	248.0	169.3



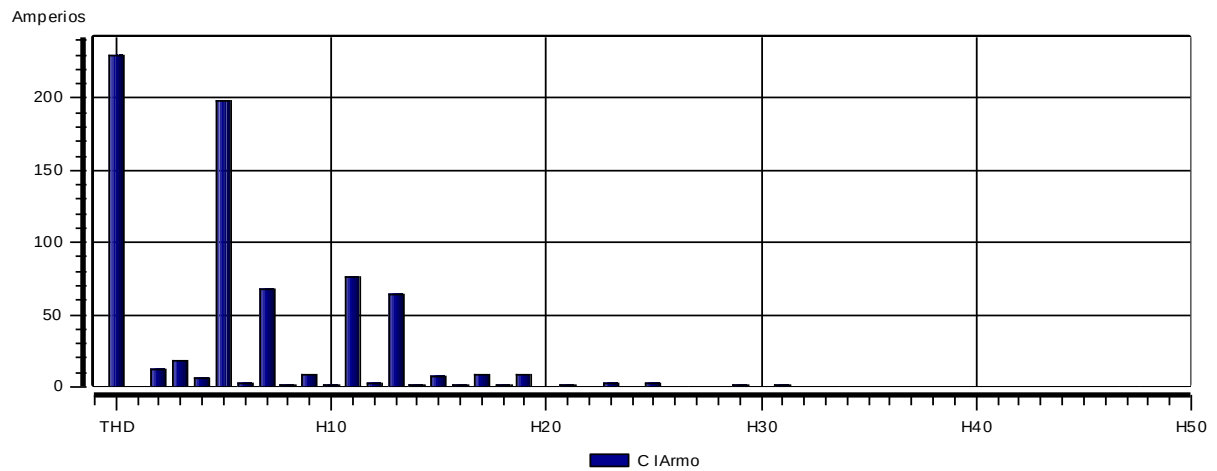
RMS Total: 1930.27 A
 Nivel DC: 32.81 A
 RMS Fundamental (H1): 690.28 A
 Distorsión Armónica Total THD: 236.26 A (Par: 11.27 A, Impar: 237.71 A)

Grafica 49 “Distorsión Armónica (THDI 2)”



Evento#2 a 08/06/2024 09:56:23.561
Antes del disparo

	Mín	Máx	Pro
CITHDRss	15.91	239.9	167.1



RMS Total: 1963.26 A
 Nivel DC: 33.15 A
 RMS Fundamental (H1): 720.13 A
 Distorsión Armónica Total THD: 230.06 A (Par: 13.53 A, Impar: 233.15 A)

Grafica 50 “Distorsión Armónica (THDI 3)”

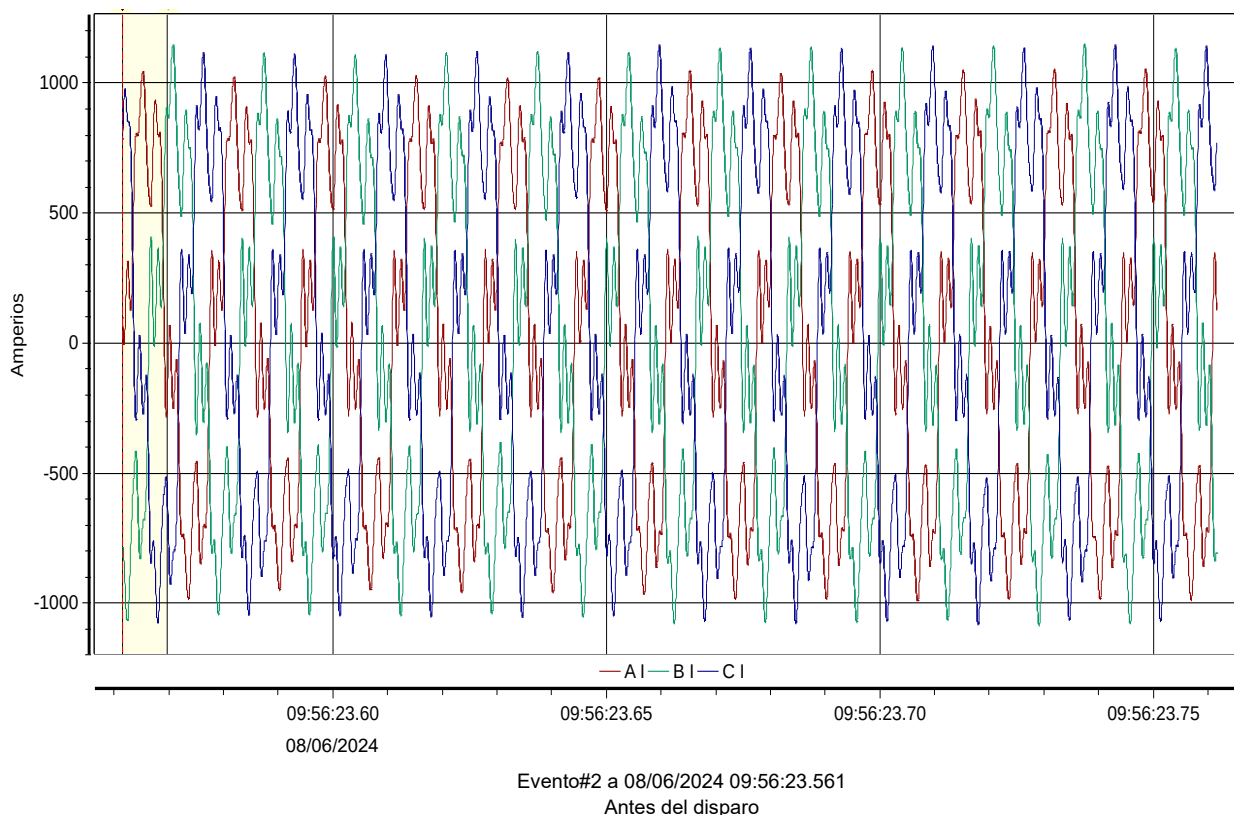
INFORME DE THDI% MIN/MAX.

Sitio: Llegada de interruptor de 3x2500 Amperes, de TR de 1500 KVA
Medido desde 08/06/2024 09:56:03 hasta 15/06/2024 09:00:00

TABLA 9: THDi%

THDi% LINEA 1		THDi% LINEA 2		THDi% LINEA 3	
Min	17.04	Min	15.01	Min	15.91
Max.	233.5	Max.	248.0	Max.	239.9
Prom.	158.9	Prom.	169.3	Prom.	167.1
THDi	221.9	THDi	236.2	THDi	230.1

De las gráficas 48, 49 y 50 de tabla 9, se observa que el valor promedio de 229.4 % de la distorsión armónica se encuentran por arriba de los parámetros establecido de acuerdo a lo establecido que es el 8 %, en la norma IEEE 519-2014(REVISION DE STANDARD IEEE 519-1992)



Grafica 51 “Formas de onda de corriente”

Los armónicos predominantes y que contribuyen a la afectación al sistema son del orden 5°, 7°, 11°, y 13°

1.11 CONCLUSIONES

1.11.1 CONCLUSIONES LEVANTAMIENTO FISICO DE SISTEMA ELECTRICO

Durante este análisis del sistema eléctrico y levantamiento físico del mismo se detectaron desviaciones por lo que se recomienda realizar un análisis en base a lo establecido en la NOM 001 SEDE 2012, estudio de corto circuito, coordinación de protecciones y análisis de calidad de la energía

1.11.2 CONCLUSIONES ARC FLASH

1. Con el estudio de Arc flash realizado al sistema eléctrico de cada uno de los tableros instalados se da a conocer las medidas necesarias para poder intervenir cada uno de los tableros, para evitar la incidencia de un arco eléctrico y cabe recalcar que este estudio hace mención sobre el uso adecuado de equipo de protección personal.
2. Se recomienda anexar en sus permisos de trabajos los EPP requeridos para el área de trabajo, así como emplear equipos adecuados y en buenas condiciones como son multímetros, extensiones eléctricas con protección, herramienta aislada (no encintada).

1.11.3 CONCLUSIONES ESTUDIO CALIDAD DE LA ENERGIA TR2000KVA

- 1.El voltaje promedio es 464.16 volts y se encuentra dentro de los parámetros de $\pm 7\%$ de acuerdo como lo establece la NOM 001 SEDE 2012, CFE L0000-70
2. El sistema presenta un desbalance de voltaje entre fases durante el tiempo de monitoreo teniendo 0.422 %, el cual está dentro de los parámetros aceptables máximo permisible que es el 3% indicado en CFE L-0000-45 ENERO 2005 y RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red.
3. El sistema presenta un desbalance de voltaje de fase a neutro durante el tiempo de monitoreo teniendo 0.149 %, el cual está dentro de los parámetros aceptables máximo permisible que es el 3% indicado en CFE L-0000-45 ENERO 2005 y RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que

contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red

4. El sistema presenta un desbalance de corriente durante el tiempo de monitoreo teniendo 5.936 %, considerando dentro de los parámetros aceptables máximos permitidos que es el 8 % indicado en CFE L-0000-45 ENERO 2005 y RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red.

5. El valor del factor de potencia, es variable en el tiempo pasando de inductivo a capacitivo durante los periodos de proceso y carga constante que es durante el primer y segundo turno, el factor de potencia inductiva se mantiene con valores entre 0.7244 y 0.9329 teniendo un factor de potencia promedio de 0.8480%, siendo el valor mínimo aceptado 0.90% y el requerido de 0.97, indicado en CFE L-0000-45 ENERO 2005 y RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red.

Durante el fin de semana y tercer turno el factor de potencia pasa de inductivo a capacitivo debido a que las cargas considerables quedan fuera de operación, los valores oscilan entre - 0.8446 y - 0.9786 teniendo un factor de potencia promedio de -0.9218.

6. La potencia consumida actualmente al transformador se encuentra en un promedio de 304 KW (22.39%), teniendo una disponibilidad de carga de 765.4 KW (54.73%), El consumo se encuentra por debajo del 40 % de la capacidad del transformador. Lo cual puede ser causa que el transformador entre en resonancia magnética causando un bajo Factor de Potencia y distorsiones armónicas en corriente.

La carga máxima consumida durante el proceso llega hasta 541.5 KW la cual representa un factor de utilización del 42.30

Durante los periodos de proceso y carga constante que es durante el primer y segundo la potencia de consumo oscila entre 193.6 y 541.5 teniendo una potencia de promedio de 304.5 KW el cual representa un 26.60 %

Durante el fin de semana el consumo de la carga disminuye y oscila entre 80.59 KW y 153.1 KW, teniendo una potencia promedio de 98.10 KW

Durante el proceso se tienen consumo máximo que oscilan desde 400 KW y el valor máximo 541.5 kW, este valor de 541.5 KW representa un 42.30 % de la capacidad del transformador

Se debe de considerar que un transformador se debe utilizar como máximo a un 80 % de su capacidad.

7. La frecuencia de la energía suministrada por los procesos que se tienen en la planta y los equipos (Electrónica) es adecuada, encontrándose en un promedio de 60 Hz, de forma continua y temporal; indicado en RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red

8. La distorsión armónica total promedio en voltaje (THDv) es 8.70 % como se presenta en las gráficas 18,19 y 20 y tabla 8, en línea 1 (8.97 %), línea 2 (8.46 %) y línea 3 (8.69 %), los valores se encuentran por arriba del valor máximo recomendado que es de 8 %, establecido en el standard IEEE 519 (tabla 1 de anexos).

El armónico predominante y que contribuye a la afectación al sistema es orden 5°

9. La distorsión armónica total promedio en voltaje (THDi) es 99.13 % como se presenta en las gráficas 22,23 y 24 y tabla 9, en línea 1 (97.99 %), línea 2 (96.68 %) y línea 3 (102.73 %), los valores se encuentran por arriba del valor máximo recomendado que es de 8 %, establecido en el standard IEEE 519 (tabla 1 de anexos).

Los armónicos predominantes y que contribuyen a la afectación al sistema son del orden 5°, 7°, 11°, y 13°

Los armónicos son la causa de sobrecalentamiento en el hilo de neutro, disparo de protecciones, sobrecalentamiento en los devanados del transformador, falla o daño de equipo electrónico sensible, fallos en bancos de capacitores, entre otras.

1.11.4 CONCLUSIONES ESTUDIO CALIDAD DE LA ENERGIA TR1500KVA

1. El voltaje promedio se encuentra 469.73 volts se encuentra dentro de los parámetros de ± 7 % de acuerdo como lo establece la NOM 001 SEDE 2012, CFE L0000-70

2. El sistema presenta un desbalance de voltaje entre fases durante el tiempo de monitoreo teniendo 0.539 %, el cual está dentro de los parámetros aceptables máximo permisible que es el 3% indicado en CFE L-0000-45 ENERO 2005 y RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que

contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red.

3.El sistema presenta un desbalance de voltaje de fase a neutro durante el tiempo de monitoreo teniendo 0.210 %, el cual está dentro de los parámetros aceptables máximo permisible que es el 3% indicado en CFE L-0000-45 ENERO 2005 y RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red

4.El sistema presenta un desbalance de corriente durante el tiempo de monitoreo teniendo 3.20 %, considerando dentro de los parámetros aceptables máximos permitidos que es el 8 % indicado en CFE L-0000-45 ENERO 2005 y RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red.

5.El valor del factor de potencia, es variable en el tiempo pasando de inductivo a capacitivo durante los periodos de proceso y carga constante que es durante el primer y segundo turno el factor de potencia inductiva se mantiene con valores entre 0.8409 y 0.9953 teniendo un factor de potencia de promedio 0.9524 %, siendo el valor mínimo aceptado 0.90% y el requerido de 0.97, indicado en CFE L-0000-45 ENERO 2005 y RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red.

Durante el fin de semana y tercer turno el factor de potencia pasa de inductivo a capacitivo debido a que las cargas considerables quedan fuera de operación, los valores oscilan entre - 0.8764 y - 0.9972 teniendo un factor de potencia promedio de -0.8937.

6.La potencia consumida actualmente al transformador se encuentra en un promedio 434.6 KW (45.27 %), teniendo una disponibilidad de carga de 765.4 KW (54.73 %), El consumo se encuentra por debajo del 50 % de la capacidad del transformador. Lo cual puede ser causa que el transformador entre en resonancia magnética causando un bajo Factor de Potencia y distorsiones armónicas en corriente.

La carga máxima consumida durante el proceso llega hasta 781.6 KW la cual representa un factor de utilización del 81.41

Durante los periodos de proceso y carga constante que es durante el primer y segundo la potencia de consumo oscila entre 344.8 y 781.6 teniendo una potencia de promedio 549.4 KW el cual representa un 57.25 %

Durante el fin de semana el consumo de la carga disminuye y oscila entre 100.4 KW y 323.6 KW, teniendo una potencia promedio de 195.6 KW

Durante el proceso se tienen consumo máximo que oscilan desde 700 KW y el valor máximo 781 kW, este valor de 781 KW representa un 81.35% de la capacidad del transformador

Se debe de considerar que un transformador se debe utilizar como máximo a un 80 % de su capacidad.

7.La frecuencia de la energía suministrada y por los procesos que se tienen en la planta y los equipos (Electrónica) es adecuada, encontrándose en un promedio de 60 Hz, de forma continua y temporal; indicado en RESOLUCIÓN Núm. RES/550/2021 de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones Administrativas de Carácter General que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red

8.La distorsión armónica total promedio en voltaje (THDv) es 14.63 % como se presenta en las gráficas 18,19 y 20 y tabla 8, en línea 1 (14.21 %), línea 2 (15.27 %) y línea 3 (14.41 %), los valores se encuentran por arriba del valor máximo recomendado que es de 8 %, establecido en el standard IEEE 519 (tabla 1 de anexos).

El armónico predominante y que contribuye a la afectación al sistema es orden 5°

9.La distorsión armónica total promedio en voltaje (THDi) es 229.4 % como se presenta en las gráficas 22,23 y 24 y tabla 9, en línea 1 (221.9 %), línea 2 (236.2 %) y línea 3 (230.1 %), los valores se encuentran por arriba del valor máximo recomendado que es de 8 %, establecido en el standard IEEE 519 (tabla 1 de anexos).

10.Los armónicos predominantes y que contribuyen a la afectación al sistema son del orden 5°, 7°,11°, y 13°

Los armónicos son la causa de sobrecalentamiento en el hilo de neutro, disparo de protecciones, sobrecalentamiento en los devanados del transformador, falla o daño de equipo electrónico sensible, fallos en bancos de capacitores, entre otras.

1.12 RECOMENDACIONES

1.12.1 RECOMENDACIONES CALIDAD DE LA ENERGIA TR2000KVA

1. Se recomienda operar el transformador por arriba del 50 % de su capacidad, debido a que operarlo por debajo de este porcentaje puede ser causa que el transformador entre en resonancia magnética causando un bajo Factor de Potencia y distorsiones armónicas

2. Se sugiere realizar un análisis puntual a equipos (filtros de armónicas, alumbrado, maquinarias de proceso que contenga elementos de control de electrónica de potencia) que conforman el sistema eléctrico para identificar las fuentes que contribuyen a la de generación de distorsiones armónicas, y así determinar cuánta aportación tiene cada uno de estos

3. Si el transformador opera por arriba del porcentaje de 40 % de su capacidad y persiste el bajo factor de potencia y armónicas con valores superiores a los establecidos se recomienda realizar un análisis puntual de las cargas no lineales que contribuyan a la distorsión armónica de la onda.

4. Se sugiere realizar la revisión del aterrizaje de puesta a tierra de equipos de generación fotovoltaica, transformadores, filtros de armónicos, equipos de proceso que contengan elementos de control de electrónica de potencia.

1.12.2 RECOMENDACIONES CALIDAD DE LA ENERGIA TR2000KVA

1. Se recomienda operar el transformador por arriba del 50 % de su capacidad, debido a que operarlo por debajo de este porcentaje puede ser causa que el transformador entre en resonancia magnética causando un bajo Factor de Potencia y distorsiones armónicas

2. Se sugiere realizar un análisis puntual a equipos (filtros de armónicas, alumbrado, maquinarias de proceso que contenga elementos de control de electrónica de potencia) que conforman el sistema eléctrico para identificar las fuentes que contribuyen a la de generación de distorsiones armónicas, y así determinar cuanta aportación tiene cada uno de estos

3. Si el transformador opera por arriba del porcentaje de 50 % de su capacidad y persiste el bajo factor de potencia y armónicas con valores superiores a los establecidos se recomienda realizar un análisis puntual de las cargas no lineales que contribuyan a la distorsión armónica de la onda.

4. Se sugiere realizar la revisión del aterrizaje de puesta a tierra de equipos de generación fotovoltaica, transformadores, filtros de armónicas equipos de proceso que contengan elementos de control de electrónica de potencia

1.13 EXPERIENCIAS ADQUIRIDAS

Durante mi tiempo en la empresa Ingeniería eléctrica aplicada y mantenimiento industrial, Desempeñé el cargo de colaborador de proyecto en el departamento de Gestión de proyectos. Uno de los aspectos más valiosos que aprendí fue la gestión efectiva del tiempo y el trabajo en equipo, Ya que fue fundamental tener que trabajar y colaborar en equipo para lograr los objetivos propuestos, así como tener en cuenta cada etapa para realizar cada una de las tareas asignadas para así evitar retrasos que perjudiquen el proyecto.

Además, fue fundamental el tener conocimientos previos que adquirí durante mi estancia académica para poderme desarrollar en un ambiente profesional, Y con ayuda de la empresa estos, se fueron fortaleciendo, teniendo así un conocimiento técnico y práctico. Qué me sirvieron para poder cumplir con los objetivos propuestos en este proyecto, así como los objetivos propuestos de la empresa. Durante mi estancia tuve que adaptarme al entorno laboral para poderme familiarizar con el ambiente del trabajo. Y así tener un entendimiento del sector al que me estaba involucrando

En resumen, mi experiencia en la empresa me permitió fortalecer habilidades clave como la comunicación efectiva, el Trabajo en equipo y la resolución de problemas, preparándome para asumir desafíos más complejos en el futuro y contribuir de manera significativa en cualquier entorno profesional.

1.14 COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Pensamiento Crítico: Desarrollar la capacidad de evaluar argumentos, identificar supuestos y realizar análisis.

Gestión del Tiempo: Manejar plazos y organizar el trabajo de manera eficiente.

Gestión de Proyectos: Aprender a gestionar proyectos y tareas, incluyendo la planificación, la organización y la realización de actividades. Esto incluye trabajar con plazos y coordinar con diferentes partes interesadas.

Trabajo en Equipo: Colaborar con otros profesionales, lo que me enseñó a trabajar en equipo, a comunicarte de manera efectiva y a resolver conflictos.

Adaptabilidad y Flexibilidad: Aprendes a adaptarte a nuevas circunstancias, prioridades o problemas imprevistos que surgen en el entorno profesional.

Conocimiento de Normas y Regulaciones: Te familiarizas con las normativas, regulaciones y estándares que rigen, lo cual es crucial para cumplir con los requisitos legales y profesionales.

1.15 FUENTES DE INFORMACIÓN

- DOF - Diario Oficial de la Federación. (s/f). Gob.mx. Recuperado el 9 de junio de 2024, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639920&fecha=31/12/2021

- Chester L. Dawes. Reverte. (1966). Electricidad Industrial. Educación.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas, utilización. Recuperado el 15 de junio de 2024, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/512096/NOM-001-SEDE-2012.pdf>
- Martin M. Alma M. Cesar C. Terea S. (2021) La Gaceta. Comisión Reguladora de Energía
- Secretaria de Gobernación, (2021), Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 19 de junio de 2024, de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639920&fecha=31/12/2021#sc.tab=0
- Tercero, E. C. (2021, 2 agosto). ¿Qué es un Arc Flash? Tecsá. Recuperado el 19 de junio de 2024, de <https://www.tecsagro.com.mx/blog/que-es-un-arc-flash/>
- ANSI/IEEE 141-1993. Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants.
- IEEE Std. 1100-2005 “Powering and Grounding Electronic Equipment”.
- IEEE Std. 519 2014 “Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power System.
- Especificación CFE L0000-70 “Calidad de la energía: Características y límites de las perturbaciones de los parámetros de la energía eléctrica”. Recuperado el 19 de junio de 2024, de <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/c/l0000-70.pdf>

- Estudio de calidad de energía | Expertos en energía y equipos eléctricos | (s. f.). ITECSA. Recuperado el 23 de Junio de 2024, de <https://www.itecsa.net/estudio-calidad-energia>
- Shops, H. (2024, 5 marzo). Anomalías eléctricas (2024). Recuperado el 7 de marzo de 2024, de <https://todosai.com/blog/anomalias-electricas-b32.html>
- Operación del SEN. (s. f.). Recuperado el 7 de marzo de 2024, de <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/OperacionSEN.aspx>
- Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad. (s. f.). Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad. Recuperado el 22 de marzo de 2024, de <https://energia.conacyt.mx/planeas/electricidad/sistema-electrico-nacional>
- Comisión Federal de Electricidad (mayo 1997) INSPECCIÓN POR MUESTREO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN, Recuperado el 16 de mayo de 2024, de: <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/d/K0000-02.pdf>
- de Energía Eléctrica, DESVIACIONES PERMISIBLES EN LAS FORMAS DE ONDA DE TENSIÓN Y CORRIENTE EN EL SUMINISTRO Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (s/f). COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD. Gob.mx. Recuperado el 18 de junio 2024, de <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/v/L0000-45.pdf>
- Código de Red: Calidad de la Potencia (Parte 3: Desbalance). (2020, enero 14). Radthink S.A. de C.V; RADTHINK. Recuperado el 5 de julio de 2024, <https://radthink.com.mx/codigo-de-red-calidad-de-la-potencia-3/>

- Código de Red: Calidad de la Potencia (Parte 3: Desbalance). (2020, enero 14). Radthink S.A. de C.V; RADTHINK. Recuperado el 17 de julio de 2024, <https://radthink.com.mx/codigo-de-red-calidad-de-la-potencia-3/>
- TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES DE POTENCIA (S/f). Gob.mx. Recuperado el 30 de julio de 2024, de <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/x/K0000-06.pdf>
- Manuals, guides & references - dranetz power monitoring. (2014, febrero 23). Dranetz Power Monitoring - Power Quality (PQ) & Energy Monitoring Instrumentation, Software, and Systems; Dranetz Technologies. Recuperado el 8 de agosto de 2024, <https://www.dranetz.com/technical-support-request/manuals-guides-references/>

1.16 ANEXOS

 INGENIERIA ELÉCTRICA APLICADA Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL S.A. de C.V.		
Análisis de Arco Eléctrico kV > 1kV		
TR-1 2000 KVA, TIPO SECO.		
Calculo distancia proteccion Arc Flash - IEEE 1584		
DATOS	DATO	UNIDAD
Potencia Instalada (MVA1)	2.807	MVA
Potencia del transformador (MVA2)	2	MVA
Tiempo de exposcion al arco (Segundos)	0.5	seg
	PIES	METROS
Calculo de distancia de proteccion usando I_c ($D_c = [2.65 \cdot MVA1 \cdot t]^{0.5}$)	1.93	0.58
Calculo de la distancia proteccion usando MVA trafo > 0.75 MVA ($D_c = [53 \cdot MVA2 \cdot t]^{0.5}$)	7.28	2.184033
Calculo de distancia de proteccion usando MVA trafo < 0.75 MVA ($D_c = [1.25 \cdot MVA2 \cdot t]^{0.5}$)	NO APLICA	NO APLICA
Distancia para una quemadura de segundo grado curable menor a 80°C centigrados	57.86	Cm
Calculo Incidencia de energia Expuesta en un Arc Flash		
Ecuacion NFPA 70 E o standard IEEE 1584-2018		
	DATO	UNIDAD
K = constante para el tipo de configuracion K=0.153 abierto y K=0.097 Cajas	0.097	
F = Corriente de falla o cortocircuito Trifasica , kA	10	kAmperios
G = Espacio entre conductores o electrodos en m.m. &	152	mm
VL = Voltaje del sistema de media tensión en KV.	34.5	kVoltios
Calculo corriente de arco electrico		
$I_g I_a = 0.00402 + 0.983(I_g I_b f)$		
Calculo	IgIa	Ia (kA)
Corriente de arco electrico en kA	0.99	9.71
Calculo de Energia Incidente Normalizada (J/cm2)		
$I_g E_n = K1 + K2 + 1.081 I_g I_a + 0.0011 G$		
	DATO	UNIDAD
K1 = 0.555 para configuraciones cerradas.	0.555	
K2= 0 para sistemas no puestos a tierra y 0.113 para sitem as puestos a tierra	0.113	
G = Espacio entre conductores o electrodos en m.m. &	152	mm
Ia = Corriente de falla o cortocircuito Trifasica , kA	9.71	kAmperios
Calculo	IgEn	En (J/cm2)
Energia Incidente Normalizada	1.90	0.80
Calculo de la energia Incidente (cal/cm2)		
$E = 4.184 C_f \cdot E_n (t/0.2)^{(610^4/D^x)}$		
	DATO	UNIDAD
Cf = 1.5 para tensiones de 1KV o mas.	1.5	
En = Energía incidente normalizada en el punto F2 ó F3 en J/cm2	0.798304578	
t = Duración del arco en segundos.	0.08	Segundos
D = Distancia entre posible punto F2 Y F3 de arco y la persona en m.m.	578.56	mm
x: Exponente de la distancia.	1.64	
Calculo	E (J/ cm2)	E (cal/ cm2)
Energia Incidente Normalizada	95.64	22.8466
Nivel de EPP		
Nivel de Equipo de Proteccion Personal.	E (cal/ cm2)	Clase
Ropa 100% algodón sin tratamiento.	Menor a 2	0
Camisa y pantalon retardante al fuego (RF).	2_4	1
Ropa interior de algodón + Cam isa y pantalon RF	4_8	2
Ropa interior de algodón + Camisa y pantalon RF + Capa RF.	8_25	3
Ropa interior de algodón + Cam isa y pantalon RF + Chamarra RF.	25_40	4
Nivel de EPP : 4		

Ilustración 10 “Etiqueta de Arc Flash Para TR 2000KVA, Tipo Seco”

	 ADVERTENCIA	
	PELIGRO DE ARCO ELÉCTRICO Y DESCARGA	
CÁLCULO DE PROTECCIÓN DE ARCO ELÉCTRICO - NFPA 70E	TENSIÓN DE PELIGRO DE DESCARGA	34500 V
	Distancia para una quemadura de segundo grado curable menor a 80°C centígrados	57.86 cm
	Distancia de trabajo con protección	2.18 metros
TR-1 SECO 2000 KVA, TIPO SECO.	Corriente de corto circuito	10 kA
	Energía incidente	22.85 cal/cm2
	EPP Nivel	3

Ilustración 11 “Etiqueta de Advertencia para TR 2000KVA”

 INGENIERIA ELÉCTRICA APLICADA Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL S.A. de C.V.		
Análisis de Arco Eléctrico kV > 1kV		
TR-2 1500 KVA, TIPO PEDESTAL.		
Calculo distancia proteccion Arc Flash - IEEE 1584		
DATOS	DATO	UNIDAD
Potencia Instalada (MVA1)	3.4	MVA
Potencia del transformador (MVA2)	1.5	MVA
Tiempo de exposcion al arco (Segundos)	0.5	seg
	PIES	METROS
Calculo de distancia de proteccion usando I_c { $D_c=[2.65*MVA1*t]^{0.5}$ }	2.12	0.64
Calculo de la distancia proteccion usando MVA trafo > 0.75 MVA { $D_c=[53*MVA2*t]^{0.5}$ }	6.30	1.891428
Calculo de distancia de proteccion usando MVA trafo < 0.75 MVA { $D_c=[1.25*MVA2*t]^{0.5}$ }	NO APLICA	NO APLICA
Distancia para una quemadura de segundo grado curable menor a 80°C centigrados	63.67	Cm
Calculo Incidencia de energia Expuesta en un Arc Flash		
Ecuacion NFPA 70 E o standard IEEE 1584-2018		
	DATO	UNIDAD
K = constante para el tipo de configuracion K=0.153 abierto y K=0.097 Cajas	0.097	
F = Corriente de falla o cortocircuito Trifasica , kA	10	kAmperios
G = Espacio entre conductores o electrodos en mm. &	152	mm
VL = Voltaje del sistema de media tensión en KV.	34.5	kVoltios
Calculo corriente de arco electrico		
$I_g I_a = 0.00402 + 0.983(I_g I_b f)$		
Calculo	Igla	Ia (kA)
Corriente de arco electrico en kA	0.99	9.71
Calculo de Energia Incidente Normalizada (J/cm2)		
$I_g E_n = K_1 + K_2 + 1.081 I_g I_a + 0.0011 G$		
	DATO	UNIDAD
K1 = 0,555 para configuraciones cerradas.	0.555	
K2= 0 para sistemas no puestos a tierra y 0,113 para sitemas puestos a tierra	0.113	
G = Espacio entre conductores o electrodos en mm. &	152	mm
Ia = Corriente de falla o cortocircuito Trifasica , kA	9.71	kAmperios
Calculo	IgEn	En (J/cm2)
Energia Incidente Normalizada	1.90	0.80
Calculo de la energia Incidente (cal/cm2)		
$E = 4,184 C_f E_n (t/0.2)^{(610^x/D^x)}$		
	DATO	UNIDAD
Cf = 1,5 para tensiones de 1KV o mas.	1.5	
En = Energía incidente normalizada en el punto F2 ó F3 en J/cm2	0.798304578	
t = Duración del arco en segundos.	0.08	Segundos
D = Distancia entre posible punto F2 Y F3 de arco y la persona en mm.	636.75	mm
x: Exponente de la distancia.	1.64	
Calculo	E (J/ cm2)	E (cal/ cm2)
Energia Incidente Normalizada	81.72	19.522077
Nivel de EPP		
Nivel de Equipo de Proteccion Personal.	E (cal/ cm2)	Clase
Ropa 100% algodón sin tratamiento.	Menor a 2	0
Camisa y pantalon retardante al fuego (RF).	2_4	1
Ropa interior de algodón + Camisa y pantalon RF	4_8	2
Ropa interior de algodón + Camisa y pantalon RF + Capa RF.	8_25	3
Ropa interior de algodón + Cam isa y pantalon RF + Chamarra RF.	25_40	4
Nivel de EPP : 3		

Ilustración 12 “Etiqueta de Arc Flash Para TR 1500KVA, Tipo Pedestal”

	 ADVERTENCIA	
	PELIGRO DE ARCO ELÉCTRICO Y DESCARGA	
CÁLCULO DE PROTECCIÓN DE ARCO ELÉCTRICO - NFPA 70E	TENSIÓN DE PELIGRO DE DESCARGA	34500 V
	Distancia para una quemadura de segundo grado curable menor a 80°C centígrados	63.67 cm
	Distancia de trabajo con protección	1.89 metros
TR-2 1500 KVA, TIPO PEDESTAL.	Corriente de corto circuito	10 kA
	Energía incidente	19.52 cal/cm2
	EPP Nivel	3

Ilustración 13 “Etiqueta de Advertencia para TR 1500KVA”