



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

“Análisis de la calidad de energía eléctrica para mejorar la confiabilidad y
disponibilidad de los equipos electromecánicos del fundo Daosac de la
empresa Danper Agrícola Olmos SAC; Lambayeque”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

GUILLERMO JULIAN PLASENCIA MARIÑOS

ASESOR

MG. RAÚL ROSALÍ PAREDES ROSARIO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

TRUJILLO – PERÚ

2018

PÁGINA DEL JURADO:

“Análisis de la calidad de energía eléctrica para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos electromecánicos del fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos SAC, Lambayeque”.

Guillermo Julián Plasencia Mariños

Autor

Presentada a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo para obtener el título de Ingeniero Mecánico eléctrico.

Dr. Jorge Antonio Inciso Vásquez

Mg. Raúl Rosalí Paredes Rosario

Mg. Jorge Eduardo Luján López

Dedicatoria

A Dios.

Agradecer por permitir cumplir mis objetivos, brindarme salud y perseverancia para poder alcanzar hoy mis metas propuestas en mi vida profesional.

A mi padre

Por infundirme siempre buenos valores éticos y morales como la responsabilidad, el respeto, y la perseverancia; ya que gracias a estos, tengo hoy una formación integra y productiva para la sociedad.

A mi familia

Por haberme apoyado desde los inicios de mis estudios desinteresadamente, brindándome consejos, valores y sobre todo la motivación constante que me han sabido regalar, y así poder continuar con mi formación profesional en las dificultades, pero más que nada por su amor y comprensión.

A mis maestros.

Ing. Jorge Lujan López, Ing. Raúl Paredes Rosario, agradecerles por impulsarme a ser mejor cada día, brindarme siempre la mejor enseñanza para culminar así los estudios en mi vida profesional y lograr realizar ésta tesis.

Agradecimiento

Comenzaré agradeciendo a Dios, por bendecir y guiar mi camino, brindándome la oportunidad de realizar mi meta soñada y dar un paso más en mi formación profesional.

A mi familia, por preocuparse por mí en cada paso de mi vida, mostrándome apoyo y motivándome siempre a cumplir las metas propuestas en mi trayectoria profesional, ahora he logrado ser la motivación de todos y un modelo para mis hijos.

A la Universidad Cesar Vallejo por permitir mi formación en sus establecimientos; a los maestros Ingeniero, Jorge Lujan López, Ingeniero, Raúl Paredes Rosario por su involucramiento y dirección para poder realizar así el trabajo de desarrollo de tesis. Y todo el conjunto docente de la especialidad de ingeniería por brindar sus saberes académicos.

Presentación

La presente tesis denominada “Análisis de la calidad de energía eléctrica para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos electromecánicos del fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos S.A.C; Lambayeque”, cuyo objetivo principal es determinar la viabilidad técnico económica para aumentar la calidad de energía eléctrica, y así mejorar la confiabilidad y disponibilidad a través del tiempo, en los equipos industriales del fundo Daosac.

La metodología de investigación es de modelo aplicativo – tecnológica con planteamiento pre - experimental, se trabajó con la muestra constituida por el sistema eléctrico del fundo Daosac de Danper Agrícola Olmos S.A.C.

Se empleó la técnica de la observación y los instrumentos de análisis de calidad en la energía eléctrica, que entregaron valores de tasas de distorsión de armónicos, en voltaje y en corriente, que han permitido dimensionar y seleccionar los equipos respectivos, filtros de armónicos del tipo activo, para aumentar la calidad de energía.

El aporte de la presente tesis, es contribuir a establecer una metodología que permita analizar, dimensionar y seleccionar un sistema técnico tecnológico que permita resolver un problema industrial, alta tasa de interrupciones de equipos por fallas debido a la baja calidad de energía.

Se concluye que el proyecto de tesis es factible, tanto desde el punto técnico, pues existe la tecnología adecuada para aumentar la calidad de la energía, que se reflejará en mayor continuidad de operación en los equipos industriales, y donde los indicadores económicos financieros resultan atractivos, el Valor Actual Neto (VAN), es superior que cero y la Tasa Interna de Retorno (TIR), mayor que la tasa de interés.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo: Guillermo Julián Plasencia Mariños, con DNI N° 18186569, para efecto del cumplimiento con todas las distribuciones válidas establecidas en los Reglamentos de Grados y Títulos de la Universidad particular César Vallejo, Facultad de Ingeniería de la Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica, manifiesto bajo juramento propio que toda la información y datos presentes en esta tesis, son veraces y auténticos.

En tal sentido yo como alumno, acepto la entera responsabilidad que corresponda ante cualquier ocultamiento, falsedad, u omisión tanto de los documentos como de la información aportada y presente en esta tesis, motivo por el cual me someto a lo establecido en las normativas clásicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 14 de Julio del 2018.

Guillermo Julián Plasencia Mariños

Índice	
PÁGINA DEL JURADO:	1
Dedicatoria.....	2
Agradecimiento	3
DECLARACION DE AUTENTICIDAD	5
Índice	6
Índice de Figuras	8
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad Problemática.....	14
1.2. Trabajos Previos.....	16
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	18
1.3.1. Las Perturbaciones que afectan a la calidad de la energía	18
1.3.2. Parámetros que indican la calidad de la energía eléctrica	24
1.3.3. Criticidad de los equipos eléctricos respecto a la calidad de energía eléctrica.....	40
1.3.4. La calidad de la energía eléctrica suministrada	48
1.3.5. Alternativas de solución para mejorar la calidad de energía eléctrica	58
1.3.6. Análisis de las mediciones para la eliminación de armónicos	59
1.3.7. Plan de sostenibilidad de la energía eléctrica	64
1.4. Formulación del problema	64
1.5. Justificación del estudio	65
1.5.1. Relevancia tecnológica.....	65
1.5.2. Relevancia económica.....	65
1.5.3. Relevancia institucional	65
1.5.4. Relevancia socio-ambiental	66
1.6. Hipótesis.....	66
1.7. Objetivos	66
1.7.1 General:.....	66
Ejecutar un análisis de calidad de la energía eléctrica, que permita implementar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos electromecánicos pertenecientes al fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos SAC.	66
1.7.2 Específicos:	66
II. MÉTODO	68

2.1.	Diseño de investigación	68
2.2.	Variables	69
2.2.1	Variables independientes:.....	69
2.2.2	Variables dependientes:	69
2.2.3	Variables intervinientes:.....	69
	Perturbaciones eléctricas.....	69
2.2.4	Operacionalización de Variables de las Variables	70
2.3	La Población, muestra y muestreo	71
2.3.1	La Población	71
2.3.2	Muestra	71
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	72
2.5	Los Métodos para el análisis de datos	73
2.6	Aspectos éticos	74
III.	RESULTADOS	74
3.1	Registro de perturbaciones que perjudican la calidad de la energía	74
3.2	Análisis de los parámetros eléctricos del registro de datos	131
3.2.1	Análisis del voltaje:	131
	Según la figura 29, el valor máximo de voltaje en las líneas AB es de 461 voltios, dado en el día 14/08/2017 a las 00.00 horas, con una desviación del 5% de la tensión nominal de líneas, según la norma NTCSE nos indica que estamos al límite del rango permitido para este registro.....	131
3.2.2	Análisis de frecuencia:.....	131
3.2.3	Análisis de armónicos de corriente:	132
3.2.4	Análisis de armónicos de voltaje:.....	133
3.2.5	Análisis de Flicker:.....	133
3.3	El análisis de la influencia de la calidad de la energía en la Disponibilidad y Confiabilidad de los motores eléctricos del Fundo Danper Olmos	134
3.4	Equipos Críticos afectados por la mala calidad de energía eléctrica.....	138
3.5	Planteamiento de alternativas de solución.....	138
3.8	Planteamiento de plan de acción y sostenibilidad	156
IV.	DISCUSIÓN	158
V.	CONCLUSIÓN	159
VI.	RECOMENDACIONES	161
VII.	REFERENCIAS	162
VIII.	ANEXOS.....	164

Índice de Figuras

Figura 1, Ondas del voltaje y corriente de una carga lineal.	19
Figura 2, Curva mostrada por una carga lineal.	20
Figura 3, Distorsión de la conducta de una carga no lineal.	21
Figura 4, Curva generada por la conducta de la carga no lineal.	21
Figura 5, Transitorio del tipo impulsivo de corriente a causa de una descarga eléctrica atmosférica.	23
Figura 6, Corriente oscilatoria transitoria originada por la operación de un banco de capacitores.	24
Figura 7, Curva del espectro de la interrupción.	25
Figura 8 Sag de Voltaje	26
Figura 9 Gráfico de Swell de voltaje.	26
Figura 10 Rango de voltajes ANSI Para el Servicio de 120 V	27
Figura 11 La tendencia de la frecuencia en 24 horas en un bus de una subestación en 13 KV's.	30
Figura 12, Ejemplo de una forma de onda distorsionada, como resultado de la superposición de la onda fundamental más la armónica de rango tres.	32
Figura 13 Resaques en la onda de voltaje de un rectificador trifásico.	35
Figura 14 Flicker de voltaje causado por el funcionamiento de arco de horno.	36
Figura 15, Perturbaciones Eléctricas.	37
Figura 16 Esquema de Variador de Velocidad y Motor Trifásico	41
Figura 17, Componentes electrónicos deteriorados.	42
Figura 18 Circuito de Prueba en SGCT	43
Figura 19 Circuito de Prueba en SCR	44
Figura 20 Circuito Equivalente de IGBT	45
Figura 21 IGBT's dañado por sobretensión	46
Figura 22 Transformador de 75 KVA de media tensión	48
Figura 23, Etapas de la Clasificación de las categorías de la Normatividad	49
Figura 24 Filtro sintonizado y características.	61
Figura 25 Filtro amortiguado de segundo orden (filtro pasa altos)	63
Figura 26 Diagrama de decisiones.	68
Figura 27, Tablero de distribución de la subestación eléctrica.	75
Figura 28, Resumen de medición, indicando todos los parámetros de medición.	76
Figura 29, Voltaje RMS entre líneas AB – valor máximo	77
Figura 30, Voltaje RMS entre líneas AB – valor mínimo	78
Figura 31, Voltaje RMS entre líneas BC – valor máximo	79
Figura 32, Voltaje RMS entre líneas BC – valor mínimo	80
Figura 33, Voltaje RMS entre líneas CA – valor máximo	81
Figura 34, Voltaje RMS entre líneas CA – valor mínimo	82
Figura 35, Corriente RMS línea A – valor máximo	83
Figura 36, Corriente RMS línea A – valor mínimo	84

Figura 37, Corriente RMS línea B – valor máximo	85
Figura 38, Corriente RMS línea B – valor mínimo	86
Figura 39, Corriente RMS línea C – valor máximo	87
Figura 40, Corriente RMS línea C – valor mínimo	88
Figura 41, Valor de la Frecuencia en el sistema eléctrico – valor Máximo	89
Figura 42, Valor de la Frecuencia en el sistema eléctrico– valor mínimo	90
Figura 43, Desbalance del parámetro del voltaje – máximo valor	91
Figura 44, Desbalance del Parámetro del voltaje – valor mínimo.....	92
Figura 45, Desbalance del parámetro de corriente – máximo valor	93
Figura 46, Desbalance del parámetro de la corriente – valor mínimo.....	94
Figura 47, Valor de la Potencia activa total – valor Máximo.....	95
Figura 48, Valor de la Potencia activa total – valor mínimo.....	96
Figura 49, Valor de la Potencia reactiva total – Máximo valor.....	97
Figura 50, Valor de la Potencia reactiva total – valor mínimo.....	98
Figura 51, Valor de la Potencia aparente total – máximo valor	99
Figura 52, Valor de la Potencia aparente total – valor mínimo.....	100
Figura 53, Valor del Factor de potencia total – máximo Valor.....	101
Figura 54, Valor del Factor de la potencia total – valor mínimo.....	102
Figura 55, Valor de Distorsión armónica total del voltaje entre las fases AB	103
Figura 56, Valor de Distorsión armónica total del voltaje entre las fases BC.....	104
Figura 57, Valor de la Distorsión armónica total del voltaje entre las fases CA.....	105
Figura 58, Valor de la Distorsión total de armónicas de la corriente de la fase A	106
Figura 59, Valor de la Distorsión total de armónicas de la corriente en la fase B	107
Figura 60, Valor de Distorsión armónica total de la corriente de la fase C.....	108
Figura 61 Valor de la Distorsión armónica total de potencia entre las fases AB	109
Figura 62, Valor de la Distorsión armónica total de la potencia entre las fases BC	110
Figura 63, Valor de la Distorsión armónica total de la potencia entre las fases CA	111
Figura 64, Valor de la Perturbación de corta duración o Pst – de la fase A.....	112
Figura 65, Valor de la Perturbación de corta duración o Pst – de la fase B	113
Figura 66, Valor de la Perturbación de corta duración o Pst – de la fase C	114
Figura 67, valor de la Perturbación de larga duración o Plt – de la fase A	115
Figura 68, Valor de la Perturbación de larga duración o Plt – en la fase B.....	116
Figura 69, Valor de la Perturbación de larga duración o Plt – en la fase C.....	117
Figura 70, Desequilibrio de la potencia total (Kva) – valor máximo	118
Figura 71, Desequilibrio de la potencia total (Kva) – Valor mínimo.....	119
Figura 72, Potencia de armónicos total (VA) – máximo	120
Figura 73 Potencia de armónicos total (VA) – mínimo	121
Figura 74, Factor de eficiencia (EF) – máximo.....	122
Figura 75, Factor de eficiencia (EF) – mínimo	123
Figura 76, Contaminación de armónicos total (HP) – máximo.....	124
Figura 77, Contaminación de armónicos total (HP) – mínimo.....	125
Figura 78, Evento de onda N°01 de Voltaje – Fase A.....	126

Figura 79, Evento de onda N°02 de Voltaje – Fase A.....	127
Figura 80, Evento N° 01 RMS – Transitorio Voltaje Fases AB 10:20:00 833 mseg.....	128
Figura 81, Evento N° 02 RMS – Transitorio Voltaje Fases AB 10:20:01 729 mseg.....	129
Figura 82 Disponibilidad y confiabilidad actual en motores eléctricos, sin filtros de armónicos.	135
Figura 83 Disponibilidad y confiabilidad proyectada en ME, con filtros de armónicos.....	136
Figura 84 variación porcentual de la disponibilidad	137
Figura 85 variación porcentual de la confiabilidad	137
Figura 86 Diagrama Unifilar actual sin filtros.	141
Figura 87 Cálculo de la capacidad del filtro activo de potencia en función de las corrientes armónicas. Fuente: Acussine Selection Tool V3.2017 Schneider Electric.....	142
<i>Figura 88 Montaje del filtro de armónicos para cada uno de los Motores eléctricos. Elaboración propia</i>	145
Figura 89, Comportamiento de la distorsión de la corriente con y sin filtro en operación	146
Figura 90, Comportamiento de la corriente de la carga total	146
Figura 91. Especificaciones de Acussine PCS. Fuente: Schneider Electric.....	149
Figura 92, Diagrama unifilar, instalando Filtro Activo. Fuente: Propia.....	150
Figura 93 Tasa de interés actual según SBS.....	154
Figura 94 Tasa de interés actual según SBS.....	165
Figura 95 Analizador de Redes Fluke 430 II.....	166
Figura 96 Gráfica de Voltaje por Fases de Subestación Pozo N° 10	166
Figura 97 Gráfica de Voltaje THDv de Subestación Pozo N° 10	166
Figura 98 Gráfica de Frecuencias de Subestación Pozo N° 10	166
Figura 99 Gráfica de THDv de Subestación Pozo N° 19	166
Figura 100 Gráfica de Voltajes por fases de Subestación Pozo N° 19.....	166
Figura 101 Gráfica de Frecuencias de Subestación Pozo N° 04 Fundo Compositan DTSAC.....	166
Figura 102 Gráfica de THDv de Subestación Pozo N° 04 Fundo Compositan DTSAC	166
Figura 103 Gráfica de Sistema de Generación de energía eléctrica hasta el usuario final.....	166
Figura 104 Proceso de generación de energía eléctrica hacia campo de cultivo.....	166

Índice de tablas

Tabla 1 Límites y valores permitidos para Flicker en una red eléctrica.....	38
Tabla 2 Valores Recomendados en SGCT	43
Tabla 3 Valores recomendados en SCR.	45
Tabla 4 Los límites según la norma EN50160	50
Tabla 5, Límites para los equipos de clase A según la norma 6100032.....	51
Tabla 6, Límites de tiempos de corta duración, según la norma IEEE 1159.....	52
Tabla 7 Límites según norma IEEE 519.....	54
Tabla 8, Límites de distorsiones de tensión según la norma IEEE519.....	55
Tabla 9, Tabla de rangos de armónicas según D.S. N° 009-1999-EM, publicado el 1999. 04. 11	56
Tabla 10 Tabla de porcentajes de corriente armónico según Norma IEEE 519 - 1992	57
Tabla 12 Estructura de una subestación Eléctrica.	71
Tabla 13 Técnicas e instrumentos usados en la recolección de datos.	72
Tabla 14 Valor máximos, mínimos y promedio aritmético de parámetros eléctricos de Fundo Daosac. Elaboración propia. Fuente: Datos tomados y registrados en gráficos por un analizador de red de calidad de energía eléctrica marca Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3.....	130
Tabla 15 Tabla de elección del filtro AccuSine® PCS	144
Tabla 16 Tabla respecto a la selección de transformadores de corriente	144

RESUMEN

Se presenta esta tesis, con el fin de solucionar la problemática presentada en los sistemas electromecánicos a causa de la mala calidad de la energía eléctrica, lo que provoco que los variadores de frecuencia se deterioren, disminuyendo la confiabilidad y disponibilidad del sistema eléctrico y el tiempo de operación para el cual fueron diseñados, y acortando su tiempo de vida útil por el cual fueron fabricados, siendo activos electromecánicos muy importantes en nuestras operaciones dentro de la empresa Danper Agrícola Olmos SAC; y basándonos en esta información y datos recogidos dar las respectivas propuestas y soluciones para reducir los fallos de equipos y perdidas económicas que se produzcan como consecuencia de estas.

En el transcurso del documento se presenta información de lo que significa la mala calidad de energía eléctrica, basándonos en conceptos y normas internacionales ya establecidas, para hacer el diagnostico, trazabilidad y el análisis respectivo de los parámetros del estudio y poder brindar alguna alternativa de solución.

El estudio se ha realizado basado en una metodología, elaborando registros de perturbaciones, haciendo uso de equipos de medición, conocimientos, teorías, técnicas, normas y procedimientos ya establecidos, que desarrolla la ingeniería mecánica eléctrica para plantear soluciones al problema, tomando una muestra de 1 subestación eléctrica, donde se tomaron los parámetros eléctricos por el transcurso de 7 días con un Analizador de Redes Marca Fluke, y según estos datos se presenta el flujo de actividades que se siguió para todos los elementos de la muestra, identificando sus variables dependientes e independientes para nuestra problemática.

Se realizó el análisis de cada elemento de la muestra siguiendo los mismos procedimientos y basándonos en normas de energía eléctrica a nivel nacional e internacional, para brindar las soluciones e implementaciones y así reducir los fallos en los equipos electromecánicos, electrónicos con la finalidad de elevar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos en mención.

Palabras claves.

Calidad, Energía, Disponibilidad y Confiabilidad.

ABSTRACT

This thesis is presented, in order to solve the problems presented in the electromechanical systems due to the poor quality of the electrical energy, which caused the frequency inverters to deteriorate, decreasing the reliability and availability of the electrical system and the time of operation for which they were designed, and shortening their useful life for which they were manufactured, being very important electromechanical assets in our operations within the company Danper Agrícola Olmos SAC; and based on this information and data collected give the respective proposals and solutions to reduce equipment failures and economic losses that occur as a result of these.

In the course of the document, information is presented on what the poor quality of electric power means, based on international concepts and norms already established, to make the diagnosis, traceability and the respective analysis of the parameters of the study and be able to provide some alternative solution.

The study has been carried out based on a methodology, elaborating records of disturbances, making use of measurement equipment, knowledge, theories, techniques, norms and procedures already established, that the electrical mechanical engineering develops to propose solutions to the problem, taking a sample of 1 electrical substation, where the electrical parameters were taken over the course of 7 days with a Fluke Brand Network Analyzer, and according to this data the flow of activities that was followed for all the elements of the sample is presented, identifying their dependent variables and independent for our problems.

The analysis of each element of the sample was carried out following the same procedures and based on national and international electric power standards, to provide the solutions and implementations and thus reduce the failures in the electromechanical and electronic equipment in order to raise the availability and reliability of the equipment in question.

Keywords.

Quality, Energy, Availability and Reliability.

I.INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La unidad Agrícola Daosac, es actualmente un fundo relativamente nuevo con dos años de funcionamiento, y se proyecta a ser unos de los fundos más grandes que tiene la corporación de Danper con 1000 Hectáreas de tierra cultivable estando estructurado de la siguiente manera:

2 Centros de filtrados, que contienen 6 equipamientos electromecánicos cada uno desde variadores de velocidad, electrobombas de agua y transformadores reductores de voltaje para cumplir con el riego de los campos y cumpla con la producción deseada.

Para lograr estos objetivos Danper requiere y hace uso de la energía eléctrica como medio de impulso para el funcionamiento de sus equipos electromecánicos como sub estaciones eléctricas, bombas centrifugas, Bombas sumergibles, variadores de frecuencia, arrancadores de estados sólidos, entre otros.

Siendo la empresa Coelvisac, responsable del Suministro de energía eléctrica hacia la empresa Danper Agrícola Olmos mediante una red eléctrica en media tensión de 22.9 KV, la cual es reducida mediante sub estaciones eléctricas a valores típicos de baja tensión de 440 voltios, que es la fuente de la alimentación de los equipos eléctricos, electro-mecánicos y electrónicos.

Los equipos eléctricos, electrónicos como son los variadores de frecuencia, transformadores de tensión, bombas sumergibles, arrancadores de estado sólido, que contribuyen a la producción con el abastecimiento de agua para el cultivo en los sistema de riego, que tienen un voltaje de entrada de 440 voltios, por lo tanto, estos equipos presentan constantemente fallas producidas por las variaciones de voltaje de la red de media tensión.

Muchas veces estos equipos entran en falla y por desconocimiento no se logra identificar la causa raíz que la origina, y como consecuencia se cuentan con equipos

dañados, con componentes en mal estado y en algunos casos irreparables comprometiendo al proceso de la producción.

Entonces podemos mencionar que hay un problema de calidad del suministro eléctrico en la empresa, por que ocurren variaciones fuera de los rangos permitidos de: la corriente, la tensión o la frecuencia que como consecuencia ocasionen una falla en la operación y/o deterioro en los equipos electromecánicos, afectando la economía, la producción y la tranquilidad de los usuarios.

Entonces podemos mencionar que cuando se ocasiona algún corte o interrupción de la energía eléctrica, debido a fallas por la mala calidad de la energía eléctrica estos ocasionan como consecuencia lo siguiente:

- ✓ Los incrementos de las pérdidas de energía eléctrica.
- ✓ Los daños de los equipos de origen electrónicos industriales aumentan.
- ✓ Pérdidas económicas por parada de producción afectando la competitividad empresarial.
- ✓ Incremento del costo energético y de los activos, ocasionando que un déficit de equipos, y equipos con un costo alto de mantenimiento y operatividad.
- ✓ Incremento del índice de fallas de los equipos por fallas en sistemas de potencias, transistores, IGBT, daños en la tarjeta y otros componentes electrónicos que forman parte de nuestros equipos electrónicos.

En el año 2017 fallaron 5 variadores de frecuencia, por fallas de la red eléctrica, la falla de estos variadores se produjo instantáneamente, y ocasionaron 4 horas de parada de riego, lo cual equivale a una pérdida económica de S/. 12,000 para la empresa por los 4 meses de alquiler de otro equipo, los cuales tuvieron un costo de mantenimiento correctivo equivalente a S/. 100,000 y un tiempo de inactividad por dicho mantenimiento y reparación de 4 meses como máximo.

1.2. Trabajos Previos

➤ Para Holguín Marcos y Gómez Coello David, en su tesis para obtener el título profesional de ingeniero eléctrico realizada en la universidad politécnica de la ciudad de Guayaquil - Ecuador, con el título “Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la universidad politécnica Salesiana” (Holguin & Gomez Coello, 2010)

Concluye lo siguiente:

Que los distintos niveles de tensión, situados en absolutamente todas las instalaciones eléctricas de alimentación principales se ubican en los rangos permitidos por la normativa NTC 1340, lo cual indica que la variación de la tensión en las categorías son +5% y 10% como resultado los valores estudiados son admisibles.

A la vez se manifestaron eventos transitorios en el parámetro de la tensión, por efecto de los arranques de equipos eléctricos, que son usados para la construcción, y el funcionamiento y operación de los grupos de climatización en la universidad.

En el tablero de distribución general de las acometidas eléctricas, la selección y la dimensión de los conductores y los componentes de protección de cada circuito es de acuerdo a la carga demandada y las capacidades de todos los interruptores de protección están bien dimensionadas.

Normalmente, todos los parámetros medidos como son: las tensiones, corrientes, potencias y la frecuencia, son admisibles en las condiciones normales de operación, estando dentro de los rangos permitidos, la cual refleja el buen estado del sistema eléctrico en la Universidad Politécnica Salesiana.

➤ Para Zapata Janeth, en su tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil electrónica realizada en la universidad Austral de la ciudad de Valdivia - Chile, con el título “Análisis electrónico de las soluciones que existen en calidad de energía eléctrica y eficiencia energética” (Zapata Oyarzún, 2010).

Concluye lo siguiente:

Los problemas de tensión, que son ocasionados por los arranques de grandes cargas (entre las desconexiones y conexiones eléctricas de estos equipos), arranques de motores y las condiciones de valores de baja tensión en la red por parte de las concesionarias de distribución de electricidad, pueden ser atenuados y controlados mediante equipos estabilizadores de tensión. Estos dispositivos mantendrán constante la tensión de salida hacia las cargas instaladas, así existan variaciones en el valor de tensión en la etapa de entrada con valores importantes. Existen varios tipos y modelos, cada uno con sus propias ventajas y desventajas en su operación. Al clasificar un estabilizador o regulador, uno de los puntos a considerar es la precisión, esto nos indicaría cual es la variación de tensión nominal en porcentaje y cuánto podría soportar el regulador y sobre todo la velocidad de respuesta frente a una variación de tensión que también es importante.

De las opciones que hay en la actualidad para el proceso de filtrar las corrientes armónicas, los filtros activos presentan mayores ventajas, y han desplazado a sus antecesores que son los filtros pasivos, estos filtros activos casi eliminan en su totalidad a las armónicas existentes en los sistemas alimentadores y distribuidores compensan automáticamente la potencia reactiva presente, elevando así el factor de potencia a nivel requeridos. A la vez existen otra alternativa como es el filtro del tipo híbrido, que es una solución moderna y mejorada que integran las ventajas de ambas tecnologías (Pasivos y Activos) por lo cual tienen un rango más amplio en las aplicaciones. Esta tecnología nos permite tener más funcionalidades de filtrado sobre un amplio rango de potencia, y son más accesible que la pura solución del filtro activo.

Respecto a la eficiencia energética, el gobierno ha contribuido con la creación y el desarrollo de programas, como la creación del “Programa País de Eficiencia Energética” en el 2005 y el “Ministerio de Energía” el 2009, los cuales trabajan en la implementación de instrumentos de gestión administrativas, regulación y difusión con la finalidad que se logre instalar en Chile una cultura de eficiencia energética, tanto a nivel residencial, institucional e industrial. Por otra parte, gracias a la creación de equipos eficientes se ha podido disminuir el consumo energético del país, como por ejemplo el motivar el uso de las ampolletas de bajo consumo y motores de altas

eficientes, ha sido una de las medidas creadas por el PPEE, que dejan demostrado que invertir en sistemas de eficiencia energética es beneficioso para todos.

➤ Para Herrera Mike en su tesis para obtener el título profesional de ingeniería mecánico electricista realizada en la universidad en la ciudad de Trujillo – Perú, con el título “Estudio de coordinación de las protecciones para mejorar la selectividad en el alimentador de media tensión tsu-016 de Hidrandina S.A, La Libertad 2015” (Herrera Dominguez, 2015).

Concluye lo siguiente:

Los parámetros analizados en general de la radial TSU-016, como: la potencia del transformador, la capacidad de los conductores, las demandas superiores de cada usuario en esta radial y las calibraciones de los elementos de protección, fueron adquiridos a Hidrandina el día 22 de junio del 2015.

Para conformar el diagrama unifilar del sistema de distribución TSU016, se trabajó aplicando los softwares de simulación DigSILENT 15.17 y NEPLAN 5.35. Fundamentando cada parámetro obtenido de la medición de la radial.

Se ejecutó el análisis de coordinación para las protecciones, fortaleciendo la prontitud para localizar las fallas producidas en el menor tiempo posible, aplicando la selectividad para actuar frente a cada falla dentro de su zona de protección debidamente coordinados con los equipos de protección, actuando escalonadamente ante un evento de falla.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Las Perturbaciones que afectan a la calidad de la energía

1.3.1.1. Cargas lineales.

Este tipo de cargas se producen cuando en el sistema se tienen componentes tal es el caso de condensadores, inductancias, y resistencias de valores permanentes. Con estos componentes instalados en la estructura, se obtiene un voltaje y corriente del tipo sinusoidal, generalmente con un desfase entre ellos por su naturaleza.

Los sistemas de iluminación en base a incandescencia y las cargas de los sistemas de calefacción por resistencias, son cargas lineales. Esto hace que el factor de la impedancia de ésta carga sea constante que no depende del voltaje. Así Como se muestra en la figura 1, en los sistemas de corriente alterna (AC), la corriente de las cargas aumenta en proporción a la ampliación del voltaje y disminuye proporcionalmente como decrece el voltaje lo cual son proporcionales. (Holguín & Gómez Coello, 2010, pag.22)

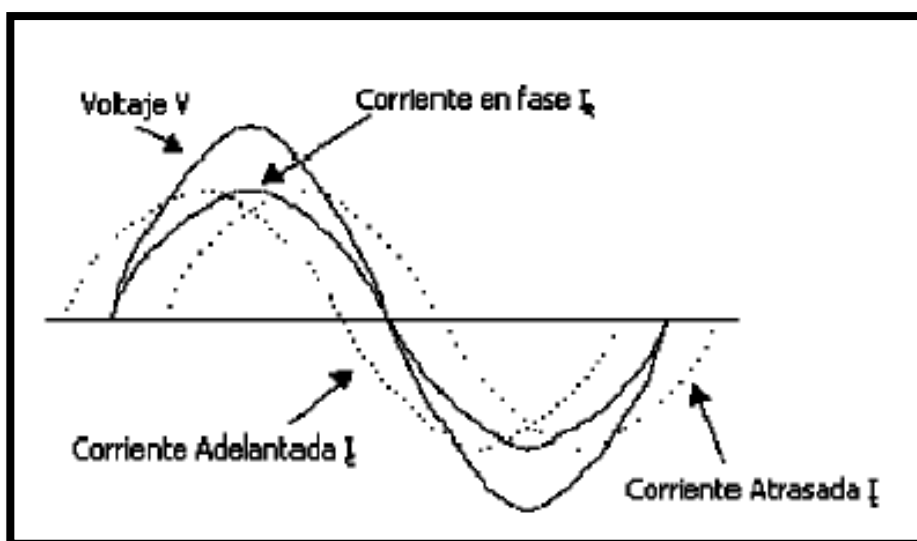


Figura 1, Formas de ondas del voltaje y corriente de una carga lineal.

(EICOR, s.f.)

Una inductancia, una capacitancia y una resistencia pura, son todas estas llamadas cargas lineales. Lo que indicaría que si estos componentes estarían en un circuito eléctrico de una onda senoidal de voltaje de una cierta magnitud, entonces la corriente que tomaría este componente obedecería a la fórmula de la ley de Ohm

$I=V/R$. Para un valor fijo de resistencia en Ohmios, la relación que existe entre el voltaje y la corriente en amperios sería una línea recta significando que estas características son proporcionales, a mayor voltaje mayor corriente. Cuya relación se muestra en la Figura 2. (Holguín & Gómez Coello, 2010, p.23).

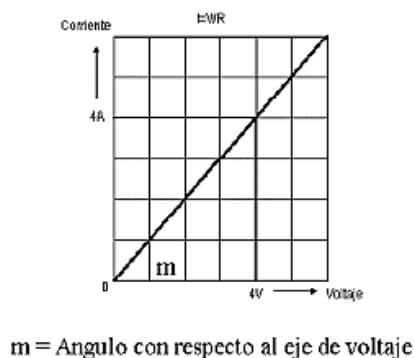


Figura 2, Curva mostrada por una carga lineal.

1.3.1.2. Cargas no lineales

La carga no lineal es aquella que provoca corrientes de señales de forma diferente a las sinusoidales, esto significa que son corrientes que aparte de generar la señal de la componente principal, también contienen otras señales que son enteros múltiplos de la fundamental y que toman el nombre de armónicos siendo estas señales dañinas para otros sistemas.

De las cargas no lineales con mayor uso tenemos: los equipos convertidores estáticos, Variadores de Frecuencia, componentes magnéticos y equipos como los hornos de arco, así como se muestra en la figura 1.3 (Marroquín de Jesús, 2015, p.28).

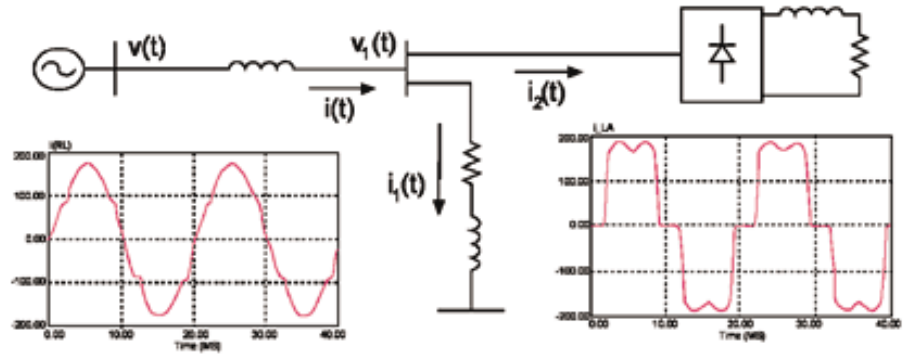


Figura 3, La Distorsión de la conducta de una carga no lineal.

Fuente: (Marroquín de Jesús, 2015, p.28)

Cuando la carga no es lineal, entonces no existe relación directa entre la corriente y el voltaje como sucede en las cargas lineales. Como se observa en la figura .4.

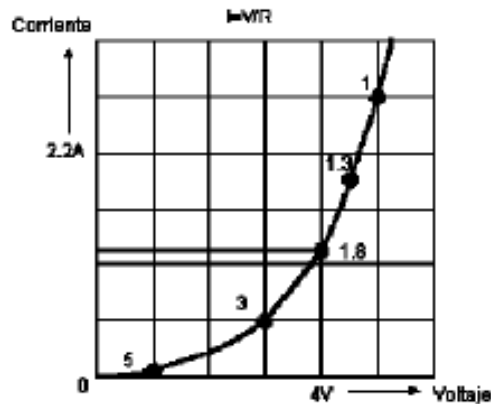


Figura 4, Curva generada por la conducta de la carga no lineal.

La utilización de las cargas no lineales ha ido aumentando en los últimos años. Los convertidores fijos son las cargas no lineales más solicitadas en la empresa donde se las utiliza para generar una mayor variedad de aplicaciones, como fuentes de poder, variadores de velocidad y fuentes interrumpibles de poder (UPS).

Una elevada corriente distorsionada produce un calentamiento extremo en los conductores y transformadores, también como las pérdidas de señal por interferencias en los equipos que son de comunicación, en tanto el voltaje distorsionado produce una operación fallida en los equipos de gran sensibilidad entre ellos computadoras, micros controladores. (Holguín & Gómez Coello, 2010, p.25)

Las consecuencias en los sistemas eléctricos producto de las cargas no lineales son:

- ✓ La distorsión de la señal del voltaje
- ✓ La Interrupción o cortes de los procesos industriales.
- ✓ Elevados niveles de voltaje entre los conductores neutros y tierra.
- ✓ Temperaturas elevadas en los transformadores y altos campos electromagnéticos.
- ✓ Reducción de la capacidad de los equipos.
- ✓ Altas tarifarias a consecuencia del bajo factor de potencia.

1.3.1.3. Transitorios

Las señales transitorias de voltajes a diferencia de las variaciones de voltajes rápidas y lentas, estas no conservan la forma de la frecuencia fundamental, siendo señales con valores de frecuencia altas, lo cual se presentan en señales de sobre-voltajes con valores altos que ponen en riesgo la rigidez dieléctrica de los aislamientos de los componentes y equipos en las instalaciones eléctricas.

Las señales transitorias se dividen en dos categorías:

1.3.1.3.1. Transitorio impulsivo

Un transitorio del tipo impulsivo, es una señal que se produce por un cambio rápido llamado súbito, diferente a la señal de la frecuencia fundamental en su estado estacionario, de corriente o voltaje y es unidireccional en polaridad (principalmente se presenta en positivo o negativo) (Harper, El ABC de la energía eléctrica, 1989,p.45)

Los transitorios impulsivos se particularizan por sus tiempos de elevación y decaimiento, Como por ejemplo, un transitorio impulsivo de valores de 1.2 x 50 ms a 2,000 V, asciende desde su valor cero a un valor pico de 2,000 V en un tiempo de 1.2

milisegundos, para luego decaer a la mitad de su valor máximo en un tiempo de 50-milisegundos. Siendo Las causas más comunes de los transitorios del tipo impulsivos las famosas descargas eléctricas atmosféricas, como se muestra en la figura 5 (Harper, El ABC de la energía eléctrica, 1989, p.46)

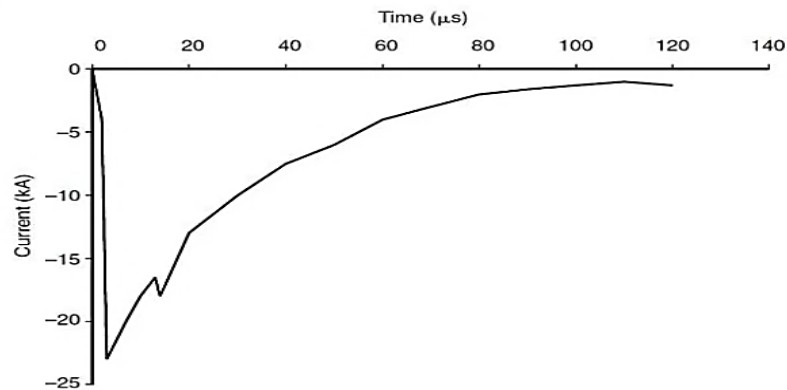


Figura 5, Transitorio del tipo impulsivo de corriente a causa de una descarga eléctrica atmosférica.

Fuente: (Harper, El ABC de la energía eléctrica, 1989, p.45)

1.3.1.3.2. Transitorio oscilatorio

Un transitorio oscilatorio es una señal con un cambio súbito a diferente señal de la frecuencia fundamental en su estado estacionario de corriente o voltaje, que incorpora tanto para valores de polaridad negativos o valores positivos.

El transitorio oscilatorio consiste de una señal de voltaje o corriente, cuyo valor instantáneo varía rápidamente de polaridad. Lo cual se deduce de su forma espectral (frecuencia predominante), por su duración y magnitud (Harper, El ABC de la energía eléctrica, 1989, p.45)

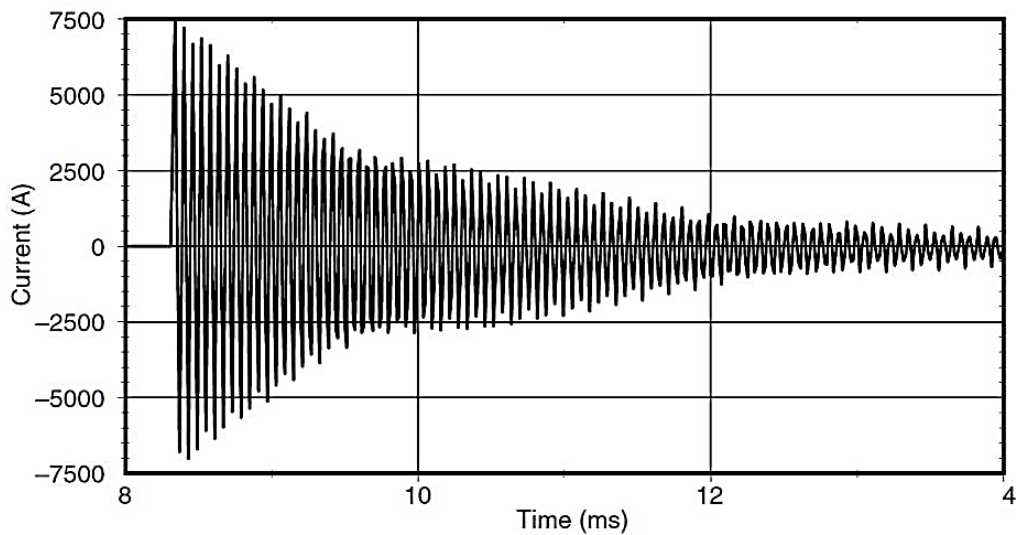


Figura 6, Corrientes oscilatorias transitoria originada por la operación de un banco de capacitores.

Fuente: Enríquez Harper, 1989, p.47

1.3.2. Parámetros que indican la calidad de la energía eléctrica

1.3.2.1. Variaciones de voltaje de corta duración (interrupciones, sags y swells de voltaje)

Denota la disminución o elevación momentánea del valor de la tensión RMS, ocasionados por una falla en algún punto del sistema eléctrico. Su presencia es detectado visualmente como un parpadeo o disminución de la intensidad de las iluminaciones en las lámparas y la reducción de la intensidad en monitores de televisión o computadoras (Arellano Martínez, 2012, p.38).

Las variaciones presentadas por voltaje en corta duración son causadas por las siguientes razones como una que falla en el sistema, operaciones de grandes cargas que requieren de altas corrientes para dar su arranque o la pérdida de conexión en el cableado del sistema eléctrico, estas fallas provocan caídas o depresiones de voltaje temporales denominadas sags, o elevaciones del voltaje llamadas swells o una pérdida total del voltaje llamadas interrupciones. La condición de la falla producida puede estar cerca o lejos del punto de operación. Por lo que el

impacto sobre el voltaje se llama desviación de corta duración, hasta que los componentes de protección operen para liberar la falla.

1.3.2.1.1. Interrupción

Se define interrupción al decremento en la tensión del suministro a un valor menor que 0,1 [p, u] por un espacio de tiempo de 0,5 ciclos a un minuto.

Una interrupción, podría ser la consecuencia de fallas producidas en el medio eléctrico, fallas de los dispositivos de protección o la mala operación de los sistemas de control.

El tiempo de la interrupción es debido a las fallas en los sistemas, está establecido por los eventos que producen la falla. Por lo general, todas las interrupciones en su mayoría ocasionan daño a los equipos electrónicos, esto se muestra en la figura 7.

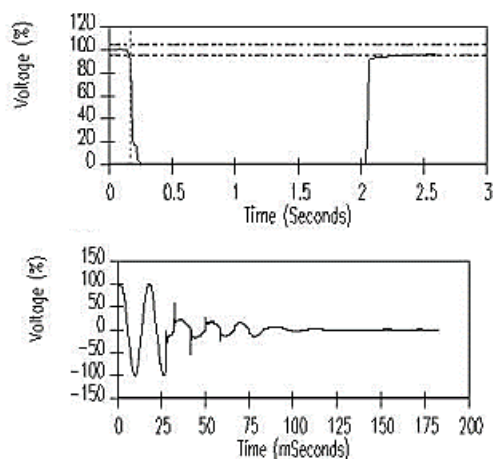


Figura 7, Curva del espectro de la interrupción

1.3.2.1.2. La depresión de la tensión o Sag.

Es la reducción del voltaje en la red eléctrica. Con un periodo de 1/2 ciclo a 120 ciclos, es decir de 8.00 milisegundos a 2 segundos. Esto debido al arranque de cargas excesivas, las descargas atmosféricas y las fallas presentadas en la red eléctrica, en la figura 8 se muestra un ejemplo de Sag de Voltaje (Arellano Martínez, 2012, p.39).

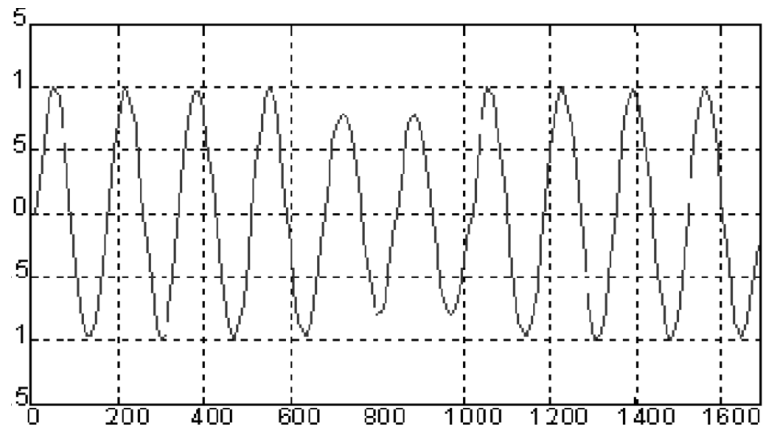


Figura 8 Sag de Voltaje

Fuente: (Arellano Martínez, 2012, p.39).

1.3.2.1.3. Salto de tensión (Sweel)

Se presenta como un aumento de voltaje de C.A, con un tiempo de 0.5 ciclos a 120 ciclos (8ms hasta 2s). Ello es producto de la interrupción de grandes cargas y no alcanza a formar un sobre voltaje, se muestra su comportamiento en la figura 1.9 (Arellano Martínez, 2012, p.38).

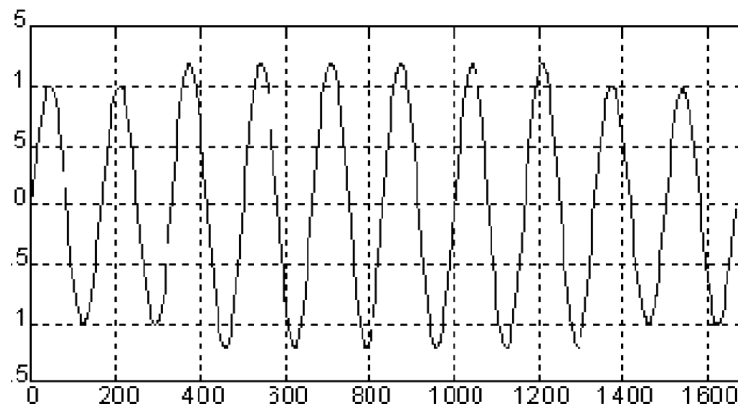


Figura 9 Gráfico de Swell de voltaje.

Fuente: (Arellano Martínez, 2012, p.38)

1.3.2.2. Variaciones de voltaje de larga duración (interrupciones, bajo voltaje y sobre-voltaje)

Estos diversos cambios de voltaje denominados de larga o extensa duración se refieren a desviaciones rms (raíz media cuadrática) constantes del sistema eléctrico con tiempos mayores a 1 minuto. Estas variaciones pueden ser “overvoltages” sobre voltajes o “undervoltages” bajo voltajes. En general los sobres voltajes o bajo voltajes no son producto de fallas en la estructura eléctrica, sino que son ocasionados por los cambios o variaciones en la estructura de operaciones de conmutación. (Arellano Martínez, 2012, p.39)

En la figura 10 se muestra la normativa ANSI C84.1-1999, donde indica las máximas tolerancias de voltaje en estado estable, las cuales se esperan en el régimen de potencia. Con esta grafica la variación o cambio de voltaje se denomina de larga duración, esto cuando los límites ANSI pasan tiempos por encima de 1 minuto.

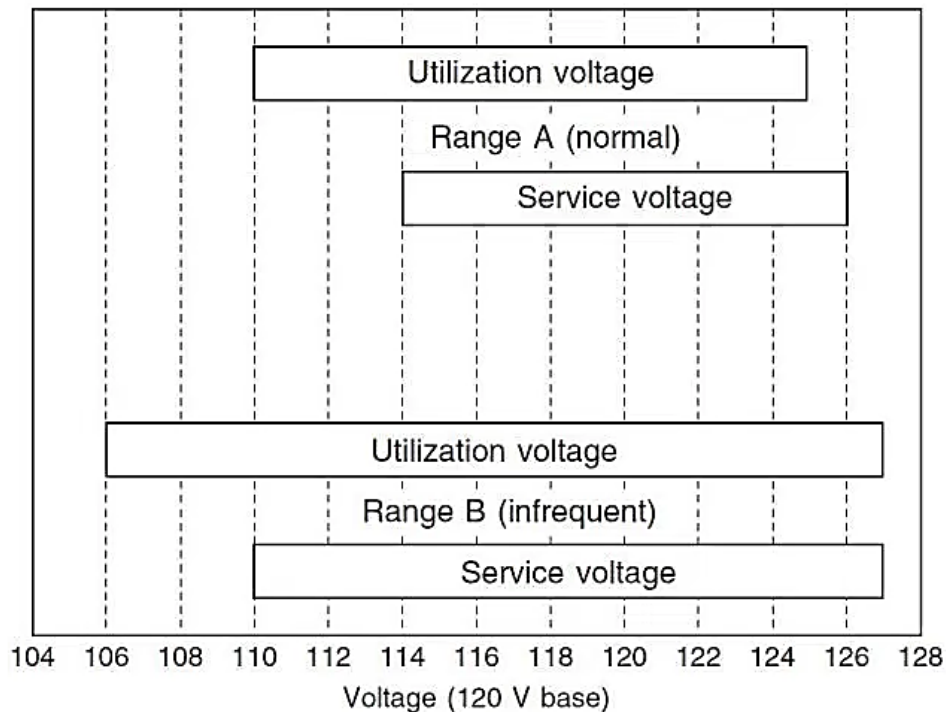


Figura 10 Rango de voltajes ANSI Para el Servicio de 120 V

Fuente: (EICOR, s.f.)

1.3.2.2.1. Sobre-voltajes “Overvoltages”

Son aumentos de voltaje RMS de CA superior al 110% en la frecuencia de alimentación con un tiempo que pasa los 2 minutos. Los sobre voltajes son ocasionalmente producto de la conmutación de las cargas. (Arellano Martínez, 2012, p.39).

Las señales de sobre-voltajes son producto de la operación de una carga, es decir cuando esta carga queda fuera de servicio, también son provocadas por las variaciones en la generación principal de esta señal, o las variaciones en la etapa de compensación de la potencia reactiva en el sistema eléctrico, es decir cuando un banco de condensadores ingresa recientemente en operación.

También los sobre voltajes resultan a consecuencia a que los sistemas son muy lentos para poder regular el voltaje o controles de voltaje que son inadecuados. Los malos ajustes de las posiciones de tap´s en los transformadores pueden provocar también sobre-voltajes.

1.3.2.2.2. Bajos voltajes “Undervoltages”

Se conoce como bajo voltaje a la disminución del voltaje eficiente de CA menor a 90% en la frecuencia de alimentación con un tiempo que asciende a los 2 minutos. Los bajo voltajes son el producto de eventos o sucesos de conmutación (Arellano Martínez, 2012, p.40).

Las señales de voltajes bajos son el producto de acontecimientos que es lo contrario a los que ocasionan el sobre-voltaje, estos se dan adicionando una carga pesada, conmutando un banco de condensadores siendo estas cargas, las que causan un bajo voltaje en el sistema eléctrico, hasta que los equipos de regulación de voltaje traiga de nuevo al voltaje hasta los valores de sus tolerancias. Los circuitos que se encuentran sobrecargados también provocan los bajos voltajes en conjunto con los arranques de motores grandes que son causas principales del bajo voltaje.

1.3.2.2.3. Interrupciones sostenidas

Esta señal es cuando el valor del voltaje del suministro llega a cero, por un periodo de tiempo mayor a 1 minuto, a esto se denomina variación de voltaje de larga duración y se llama una interrupción permanente. Por lo general estas interrupciones de voltaje que duran más de 1 minuto y son constantes ya necesitan de la mediación de personal capacitado para poder repararla y restaurar el sistema.

Estas interrupciones son producto de fallas que se dan en el régimen de potencia, fallas presentadas en el equipo, carencia en la etapa de generación, funcionamiento equivocado de los controles de protección y del mantenimiento preventivo planificado. Estas interrupciones se calculan por el tiempo de su permanencia y la dimensión del voltaje es siempre cero.

1.3.2.3. Ruido eléctrico

Se describe como señales eléctricas que no son anheladas y que tienen como fondo, un espectro en una banda amplia valores menores a 200 kHz que están sobrepuestas sobre el voltaje o corriente del circuito eléctrico como, en las líneas de las fases activas, líneas del neutro y en las líneas de control de señales, el ruido eléctrico consiste de una distorsión que no desea en las señales de energía y que se no pueden llamarse distorsión armónica o transitorios (Harper, El ABC de la energía eléctrica, 1989, p49).

La señal del ruido eléctrico en las redes eléctricas es provocada por el uso de los aparatos de la electrónica de potencia.

1.3.2.4. Variaciones de la frecuencia

Son variaciones en la red, que describen el desvío de la frecuencia fundamental típica del sistema eléctrico, de su valor original que en nuestro caso es 50 o 60 Hz.

La frecuencia típica o fundamental de la estructura eléctrica, está vinculada directamente con la rapidez giratoria o rotativa de los equipos generadores que

proporcionan la energía a la red eléctrica. Si Existiera cambios en la frecuencia esto es debido al movimiento dinámico entre las variaciones que se dan en la concepción y la carga. La magnitud de la transformación de la frecuencia y el tiempo de su perdurabilidad necesita de la cantidad de la carga y la velocidad del resultado del sistema de control en la etapa de generación y las grandes variaciones que se dan en la carga. La figura 11 nos demuestra los cambios de la frecuencia por un tiempo de 24 horas sobre una línea típica de 13 kilovoltios en una subestación eléctrica.

Los cambios de frecuencia que no están dentro de los márgenes permitidos por la norma internacional, en la operación normal de los equipos en estado estable en los sistemas eléctricos, pueden originar fallas o deterioro en las redes de transmisión, cargas instaladas y en las fuentes de generación, se muestra un ejemplo del comportamiento de la frecuencia en la figura 11.

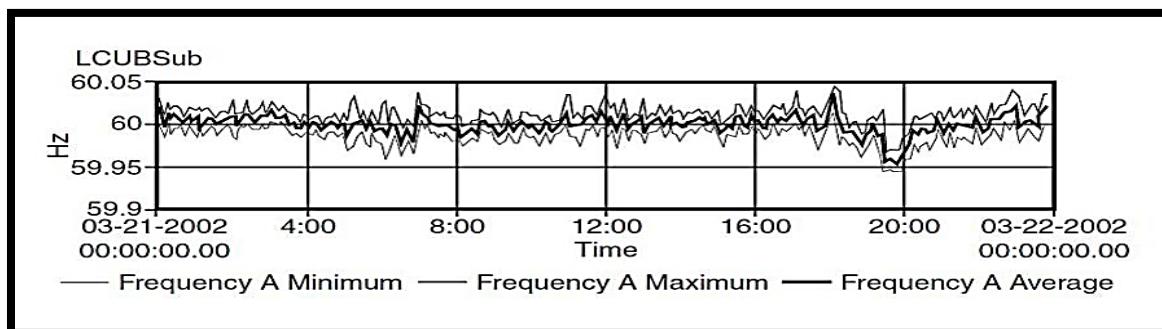


Figura 11 La tendencia de la frecuencia en 24 horas en un bus de una subestación en 13 KV's.

Fuente: (Internacional, s.f.)

1.3.2.5. Distorsión armónica

Las señales de las distorsiones presentes en la estructura de la onda senoidal, se describe como distorsiones armónicas que es un desvío en el estado estable de la onda de la frecuencia fundamental del sistema, esta se determina por la forma espectral de la desviación. Se conocen cuatro principales tipos que ocasionan la alteración de la forma de onda de la frecuencia fundamental.

- ✓ Offset de CD
- ✓ Armónicas
- ✓ Interarmónicas
- ✓ Resaque

1.3.2.6. Offset de CD

En una red eléctrica convencional, la presencia de una señal de corrientes directas DC en el sistema eléctrico de corrientes alternas AC, se define por un offset de corrientes directas. Ello es provocado a través de un desorden geomagnético o la asimetría de los convertidores estáticos de la electrónica de potencia. Las corrientes directas en las redes de corriente alterna pueden generar un efecto dañino en los núcleos de los transformadores, por lo que estos se saturan en su operación normal de carga. Provocando un calentamiento excesivo y elevando las pérdidas en el transformador.

1.3.2.7. Armónicas

Las armónicas de corrientes o voltajes, son señales que cuentan con frecuencias mayores que son múltiplos de la frecuencia fundamental que son 50 Hz o 60 Hz usualmente. El diseño de las ondas distorsionadas periódicamente se descompone en un total de la suma de la frecuencia fundamental. Estas distorsiones armónicas son originadas por la utilización de las cargas no lineales de los artefactos de electrónicos en la red eléctrica.

La distorsión armónica, se deduce por niveles por el espectro total de las armónicas medidas con sus magnitudes y sus ángulos de fase en cada componente. Es frecuente usar cantidades en porcentajes totales con sus siglas en ingles THD, como un valor o medida efectiva de la distorsión total armónica en el sistema.

Estas distorsiones existe en los diversos sistemas eléctricos, producto del uso de las cargas no lineales de los artefactos electrónicos, Esos artefactos electrónicos no lineales están dentro de las tres grandes categorías que producen estas armónicas:

- La electrónica de alta y baja potencia.
- Los Instrumentos ferromagnéticos como son los transformadores.
- Los dispositivos de soldadura por arco.

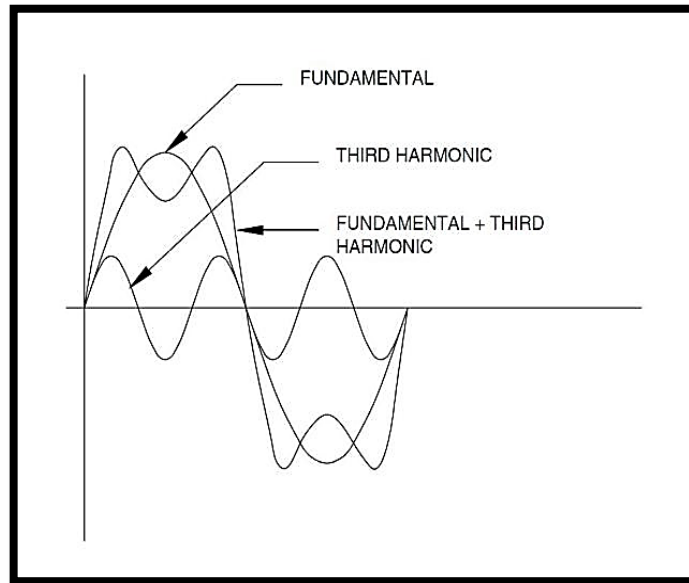


Figura 12, Modelo de una de onda distorsionada, como resultado de la superposición de la onda fundamental más la armónica de rango tres.

Fuente: (Internacional, s.f.)

a). Voltajes armónicos

Las distorsiones de la señal de voltaje, son causadas por la relación de las cargas no lineales como son las grandes corrientes armónicas generadas en los sistemas y con las particularidades de la impedancia en el sistema eléctrico. Se debe tener un gran cuidado cuando se presenten condiciones de resonancia en el sistema lo cual causaría un aumento de niveles de distorsión de armónicas de corrientes y de voltaje.

Los valores de las distorsiones, están comprendidos en porcentajes % de variaciones eléctricas. Estos valores son muy usados para saber el rango de la contaminación en las redes eléctricas.

Para el cálculo de la distorsión armónica de Voltaje se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$THD_V = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots}}{V_1} \times 100 (\%) \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

Dónde se deduce:

THD_V : La Distorsión Total de Armónica de Voltaje

V_1 : El voltaje de la frecuencia fundamental

V_2 : El voltaje del Segundo Armónico.

V_3 : Voltaje del Tercer Armónico.

V_4 : Voltaje del Cuarto Armónico.

b). Corrientes armónicas

Como se sabe que las armónicas de corriente son productos por la operación de los artefactos electrónicos o equipos de uso no lineales en el sistema eléctrico.

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots}}{I_1} \times 100 (\%) \quad (\text{Ecuación 1.2})$$

Dónde se deduce:

THD_I : La distorsión total de armónica de corriente

I_1 : Corriente en Amperios de la frecuencia fundamental

I_2 : Corriente del Segundo Armónico.

I_3 : Corriente del Tercer Armónico.

I_4 : Corriente del Cuarto Armónico.

C. Factor K en los transformadores

El exceso de calentamiento en los transformadores, es la consecuencia por la existencia de armónicos que es un valor proporcional de la armónica al cuadrado multiplicado por todas las pérdidas generadas que esta la producen. De esta forma aparece el factor K, lo cual es aplicado a los transformadores (Ángel Marroquín de Jesús, 2015, p.33).

$$K = \sum_{h=1}^{\infty} \left(\frac{I_h}{I_{rms}} \right)^2 h^2 \quad (\text{Ecuación 1.3})$$

Dónde:

$\frac{I_h}{I_{rms}}$: Valor eficiente de la corriente de la carga armónica “h” que describe el valor de la corriente eficaz del transformador.

h : Orden de la componente armónica.

1.3.2.8. Inter-armónicas

Conocido como voltajes y corrientes que poseen elementos de frecuencia que no son múltiplos ni enteros de la frecuencia fundamental (50 o 60 Hz). Lo cual se llaman inter-armónicas. Estas aparecen como frecuencias moderadas o como un espectro amplia banda. Las inter-armónicas aparecen en todos los niveles de tensión. Siendo las fuentes principales causantes, los hornos de inducción y los convertidores estáticos de frecuencia.

1.3.2.9. Resaque

Es un disturbio habitual del voltaje, ocasionado por la acción de los artefactos electrónicos de potencia, cuando las corrientes son conmutadas de una fase a otra.

Las componentes de frecuencia asociadas al resaque, pueden ser muy elevadas y no se pueden medir rápidamente con el equipo de medición que usualmente se usa para realizar un análisis de armónicos.

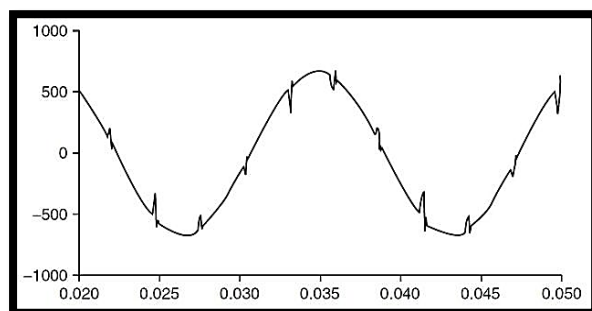


Figura 13 Resaques en la onda de voltaje de un rectificador trifásico.

Fuente: (Internacional, s.f.)

1.3.2.10. fluctuación de tensión

Son variaciones sistematizadas de la línea de tensión o sucesión de variaciones aventuradas de la magnitud de la tensión, las cuales ocasionalmente sobrepasan el margen específico de 0,95 a 1,05 [p.u] (Harper, El ABC de la energía eléctrica, 1989, p.49).

Las cargas que presentan modificaciones apresuradas y secuenciales en el tamaño de la corriente pueden generar cambios o variaciones en la tensión que son llamadas “Flicker”. La expresión Flicker denota el efecto de las perturbaciones presentes en las lámparas, estas son percibidas a través del ojo humano como titilaciones.

Una causa más común de las fluctuaciones de voltaje en el régimen de distribución y transmisión son los conocidos hornos de soldadura de arco. En las estructuras más frágiles las denominadas variaciones pueden ser producidas por la existencia de máquinas de soldadura por arco y cargas semejantes.

La señalización del término Flicker se determina por su dimensión R.M.S. reflejada en forma porcentual de la tensión representativa.

Normalmente las magnitudes más bajas como lo es el 0,5% de la tensión de la estructura pueden generar un titileo dentro de las lámparas de forma perceptible siempre y cuando la frecuencia se encuentre en la jerarquía de 6 a 8 Hz.

Asimismo el Flicker de tensión se calcula en base a la susceptibilidad de la vista humana, como se muestra en figura 14.

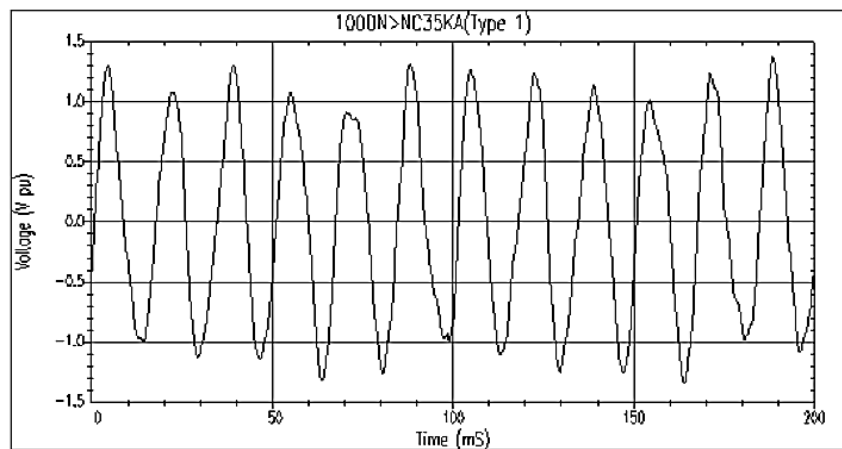


Figura 14 Flicker de voltaje causado por el funcionamiento de arco de horno

Fuente: (Campos)

Categoría	Duración Típica	Magnitud Típica del Voltaje
1. Transitorios		
1.1 Transitorio Impulsivo	< 0.5 ciclos	
1.2 Transitorio Oscilatorio	< 0.5 ciclos	0 – 8 p.u.
2. Corta Duración		
2.1 Interrupción	0.5 ciclos – 1 min	< 0.1 p.u.
2.2 Depresión de Tensión (Sag)	0.5 ciclos – 1 min	0.1 – 0.9 p.u.
2.3 Salto de Tensión (Swell)	0.5 ciclos – 1 min	1.1 – 1.8 p.u.
3. Larga Duración		
3.1 Interrupción Sostenida	> 1 min	0 p.u.
3.2 Subtensión	> 1 min	0.8 – 0.9 p.u.
3.3 Sobretensión	> 1 min	1.1 – 1.2 p.u.
4. Desequilibrio de Tensión	Estado Estable	0.5 – 2 %
5. Distorsión de la forma de onda		
5.1 Armónicos	Estado Estable	0 – 20 %
5.2 Corte	Estado Estable	
5.3 Ruido	Estado Estable	0 – 1 %
6.Fluctuación de Tensión (Flicker)	Intermitente	0.1 – 7 %

Figura 15, Perturbaciones Eléctricas.

Fuente: (Internacional, s.f.)

a). Fluctuaciones de tensión Flicker

La fluctuación llamada Flicker, es la variación de la luminosidad que se puede observar como una percepción en un artefacto de iluminación, ocasionada por las variaciones del voltaje en la red. Esto origina en el espectador, una situación muy desagradable durante la observación.

El criterio para la medición, faculta comprender el nivel de sensación, que podría experimentar un espectador intermedio en el centro de una red en donde se puede conectar el equipo de medición.

La reiteración de frecuencias de variación para los Flicker son desde los 0,05 Hz, hasta los 35 Hz para una continuidad de red de los 50 Hz y una tensión de valor nominal de 230 V, y desde los 0.05 Hz hasta los 42 Hz en redes para los 60 Hz y tensión representativa de 120 V.

Los diversos niveles del Flicker, han sido comprobados a través de la emisión de la luz por medio de equipos incandescentes de iluminación de 60 W. La principal diferencia está en que las fibras o filamentos de los equipos incandescentes a diferentes tensiones no poseen un tiempo igual de reacción con una respuesta distinta tanto a la frecuencia como al momento de obtener las intensidades frente a las mismas transformaciones de red.

b). Índices de severidad del Flicker (Pst, Plt)

Índice de la severidad de corta duración (Pst).- se encarga de evaluar la tolerancia del Flicker en rangos de tiempos cortos con intervalos de percepción de 10 minutos. Si el Flicker de periodos cortos o Pst es mayor a 1, se establece que afecta de forma negativamente.

Índice de severidad de larga duración (Plt).- se encarga de evaluar la tolerancia del Flicker con rangos de tiempos largos, estos tiempos de duración de la observación tienen intervalos en base a 2 horas, tomando en cuenta los valores de los índices de severidad del Flicker de corta duración, según como se indica la siguiente fórmula.

$$Plt = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N Pst_i^3}{N}} \quad (\text{Ecuación 1.4})$$

Dónde:

Pst_i (i=1, 2,3...) son valores continuos obtenidos de Pst.

Tabla 1 Límites y valores permitidos para Flicker en una red eléctrica

	LIMITES ACEPTABLES DE FLICKER	NIVEL DE COMPATIBILIDAD PARA PLANIFICACIÓN	
	BT	MT	AT
Pst	1.00	1.00	0.79

Plt	0.74	0.74	0.58
-----	------	------	------

Fuente: (Holguin & Gomez Coello, 2010)

1.3.2.11. Corrección del factor de potencia y potencia reactiva

Anteriormente se ha tratado la aplicación de capacitores equivalentes, para desarrollar así la regulación de la tensión en un sistema eléctrico cuyo factor de potencia es diminuto. La rectificación o mejoramiento del factor de potencia en el sistema se puede justificar a través de las siguientes razones como:

- Debilitar el precio de la tarifa de la energía eléctrica, donde el importe económico crece por el servicio eléctrico en base al factor de potencia diminuto, en el punto de la medición.
- Disminuir las pérdidas de energía eléctrica en transformadores y conductores.
- Usar la máxima capacidad de los transformadores en su totalidad, barras colectoras, interruptores, y conductores para la potencia real, con los que se podría reducir la inversión de capital y los cargos legales.

La mayoría de los usuarios que consumen energía eléctrica, requieren de potencias activas reales para el buen funcionamiento de sus equipos. Siendo los dispositivos como lámparas incandescentes y calentadores por resistencia las que toman la potencia activa del sistema, Siendo la potencia activa la que desarrolla un trabajo efectivo real, y la presencia de la potencia reactiva en el sistema eléctrico reduce la capacidad de la corriente del circuito principal para suministrar la potencia que se necesita. (Arellano Martínez, 2012, p.55).

Por interés técnico se describen las ecuaciones relevantes que están implicadas para los cálculos en la corrección de las potencias. Para circuitos monofásicos:

$$P = VI\cos(\theta) = VI(fp) \quad (\text{Ecuación 1.5})$$

$$Q = VI\sin(\theta) \quad (\text{Ecuación 1.6})$$

$$VI = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{Ecuación 1.7})$$

$$I_a = I \cos(\theta) \quad (\text{Ecuación 1.8})$$

$$I_b = I \sin(\theta) \quad (\text{Ecuación 1.9})$$

Dónde se sabe:

P: valor de la potencia activa en Watts.

Q: Valor de la potencia reactiva en Var.

VI: Valor de la Potencia Aparente en unidades VA.

θ : Valor del Ángulo desfase entre la corriente y el voltaje.

I: Valor de la Corriente de las líneas en Amperios.

V: Valor del voltaje de la línea y neutro.

I_a : Valor de la componente activa de corriente en la línea.

I_b : Valor de la componente reactiva de corriente en la línea.

fp : Coseno (θ) o Factor de potencia

1.3.3. Criticidad de los equipos eléctricos respecto a la calidad de energía eléctrica

1.3.3.1. Variador de frecuencia

Un componente regulador de la velocidad electrónico a través de la modificación de la frecuencia, está formado por sistemas que tienen componentes como transistores llamados elementos de potencia como el IGBT o transistores bipolares de puerta aislada, definiendo como principio de funcionamiento básico transformar la energía eléctrica de frecuencia estándar a frecuencia de valores variables. Este tipo de frecuencia se consigue por medio de dos etapas. Una llamada rectificadora la cual transforma la corriente alterna en continua, con su potencia total y otra etapa llamada inversora donde se transforma la corriente continua en una corriente alterna, con

tensiones y frecuencias regulables, A esta segunda etapa también se le denomina onduladora. Siendo el inversor todo el conjunto del convertidor de frecuencia.

Un variador de corriente alterna es un equipo utilizado para gobernar la velocidad giratoria de un motor de corriente alterna o del tipo de inducción. A este tipo de motores también se le conoce como motores de jaula de ardilla o asíncronos.

El variador de velocidad o de frecuencia, siempre se instala en el centro del circuito eléctrico entre el motor eléctrico y la red de alimentación. Recibiendo la tensión de la red a la frecuencia de 50 o 60Hz y tras convertirla y luego ondularla, produce a la salida una tensión con frecuencia de valores variables que pueden ser desde 1 Hz hasta los 500 Hz Por lo tanto la velocidad de un motor eléctrico es proporcional a la frecuencia.

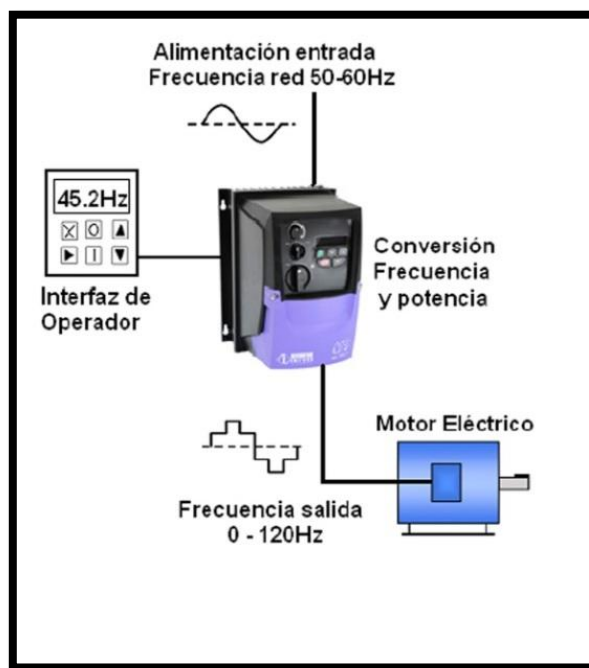


Figura 16 Esquema de Variador de Velocidad y Motor Trifásico

Fuente: (PRODIESA, s.f.)

1.3.3.1.1. Principales componentes y fallas de los variadores de frecuencia

a) Sobretensiones transitorias a la salida del inversor (dv/dt)

Ahora los modernos inversores electrónicos, usan actualmente componentes que son electrónicos como los GTOs o IGBTs, los cuales estos funcionan a valores de frecuencias muy elevadas para poder generar señales que están próximas a una señal senoidal, pero estas frecuencias también generan unos picos de transitorios de voltajes, ocasionando graves daños en los terminales o conductores del motor eléctrico debido al reflejo de la onda (proceso de reflexión de la onda) lo cual dependería mucho de la longitud o distancia de los cables entre el variador de frecuencia y el motor eléctrico.

Estas señales presentes en los conductores y terminales del motor, se llaman sobretensiones y pueden llegar a alcanzar hasta valores picos de 2.5 veces mayor al voltaje del bus DC en el variador de frecuencia, pudiendo dañar el aislamiento de los motores eléctricos, y el aislamiento de los conductores de transmisión de potencia.

Una de las medidas que se debe considerar para poder mitigar la onda reflejada (reflexión de la onda) en los motores y conductores eléctricos, es el uso de motores modernos que son apropiados para funcionamiento con variadores de frecuencia, los cuales poseen un elevado nivel de aislamiento, siendo capaces de soportar los picos de sobretensión generadas por la onda reflejada.

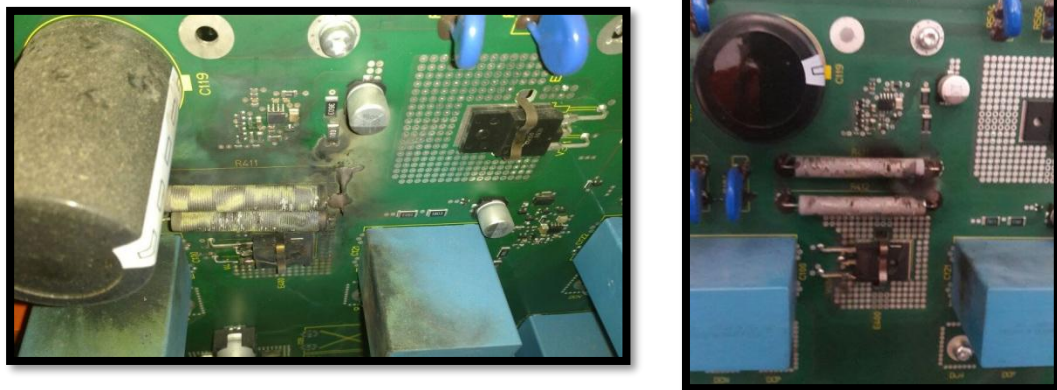


Figura 17, Componentes electrónicos deteriorados.

Fuente propia.

b) Problemas comunes en los elementos electrónicos de potencia

- Las pruebas que se deben realizar en los tiristores de conmutación de puerta simétrica (sgct) se define:

A continuación se detallan los pasos que se seguirán para describir cómo se verifican o analizan los semiconductores SGCT y todos los componentes amortiguadores que están asociados. (Vélez, 2016, p.30)

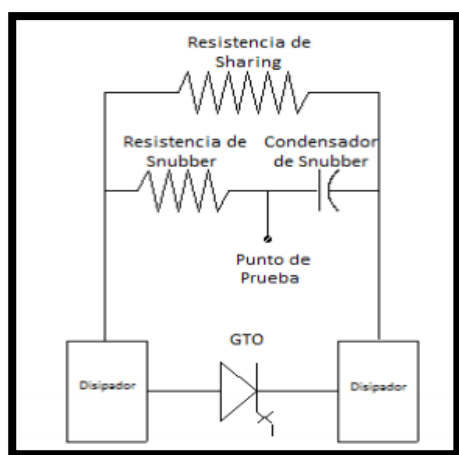


Figura 18 Circuito de Prueba en SGCT

Fuente: (Vélez, 2016, p.30)

Se realiza el comparativo entre el valor de la resistencia y la capacitancia en relación a los valores de la siguiente tabla 2, para poder concluir si existe o no desviación de los componentes de estos tiristores.

Tabla 2 Valores Recomendados en SGCT

Clasificación SGCT	Resistencia compartida	Resistencia de amortiguación	Condensador de amortiguación
1500 Amp	80 k Ω	6 Ω (PWMR) Ω	0.2 μ f

1500 Amp	80 k Ω	7.5 Ω (Inverter) Ω	0.2 μ f
800 Amp	80 k Ω	10 Ω	0.1 μ f
400 Amp	80 k Ω	15 Ω (PWMR)	0.1 μ f
400 Amp	80 k Ω	17.5 Ω (Inverter)	0.1 μ f

Fuente: (Vélez, 2016, p.31)

- Fuentes en SCR (rectificador controlado de silicio).

A continuación se describen los siguientes pasos para verificar los semiconductores SCR y los componentes amortiguadores asociados. (Vélez, 2016, p.31).

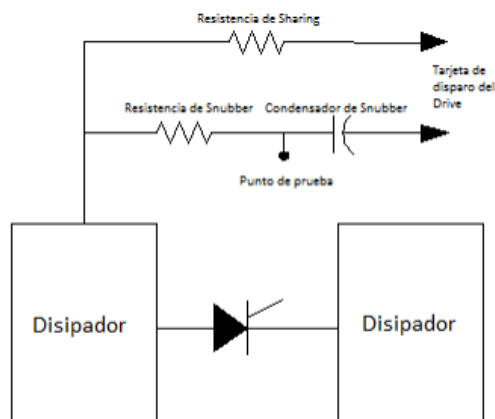


Figura 19 Circuito de Prueba en SCR

Fuente: (Vélez, 2016, p.31)

Se realiza el comparativo entre el valor de la resistencia y el valor de la capacitancia por cada componente, relacionados con los valores establecidos en la Tabla 3.

Tabla 3 Valores recomendados en SCR.

Clasificación SCR	Resistencia compartida	Resistencia de amortiguación	Condensador de amortiguación
350,400, 815 Amp	80 k Ω	60 Ω	0.5 μ f

Fuente: (Vélez, 2016, p.32)

c) IGBT (transistor bipolar de puerta aislada)

El IGBT son componentes llamados semiconductores que tienen cuatro capas alternas (P-N-P-N) y son controladas por una puerta de estructura semiconductor material de óxido metálico (MOS) sin acción regenerativa.

Este componente tiene la particularidad de ser unos transistores con una capacidad de operar con elevadas corrientes y diminutos voltajes de congestión del transistor bipolar. (Pérez Delgado, 2014, pag.01).

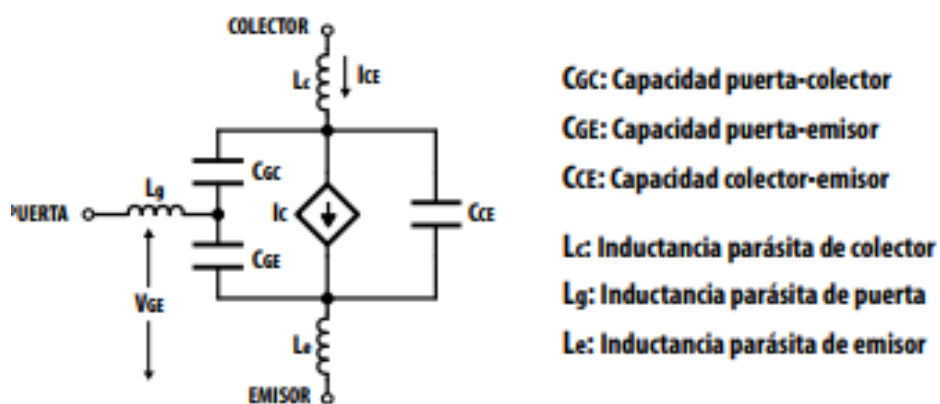


Figura 20 Circuito Equivalente de IGBT

Fuente: (Pérez Delgado, 2014, pag.02)

Una de las frecuentes fallas de los IGBT, proviene de la fuente de potencia. En esa parte se controla la corriente y los voltajes estimables, además de las elevadas temperaturas, estos elementos están sujetos a esfuerzos térmicos y eléctricos que pueden conllevar a fallas. Cuando la etapa de potencia se encuentra averiada, el equipo deja de funcionar por completo. Estos problemas presentados no es de fácil reparación y diagnóstico. Primero debe buscarse la falla en los reguladores de voltajes deficientes, en diodos rectificadores en cortos o abiertos, condensadores de filtrado deteriorado y por último, el transformador deficiente.



Figura 21 IGBT's dañado por sobretensión

Fuente: (García Tevillo, 2012, p.233)

1.3.3.2. Transformador de voltaje.

Es un equipo que no posee de partes móviles, todos sus componentes son estacionarios, es un dispositivo en el cual se transmite la energía eléctrica desde un circuito hacia otro, bajo el principio de la inducción electromagnética, la transmisión de la energía eléctrica lo hace mediante los cambios en los valores de corrientes y voltajes aumentándolos o disminuyéndolos, existen 2 tipos de transformadores:

El transformador elevador, es un equipo, que recibe la potencia eléctrica de la red con un voltaje menor y lo entrega a un valor de voltaje más elevado, pero conservando la potencia diseñada.

El transformador reductor, es lo contrario, recibe la potencia eléctrica de la red con un valor de voltaje mayor y lo entrega a su salida a un valor de voltaje menor. (Harper, El ABC de la energía eléctrica, 1989, p19).

La ecuación para el cálculo de la potencia trifásica que es para nuestro interés en este caso es:

$$P(KVA) = \sqrt{3} * V * I \quad \text{(Ecuación 1.10)}$$

Dónde se define:

P: Potencia trifásica del transformador, expresa en KVA (Kilovoltios)

V: Voltaje de alimentación del transformador

I: Corriente de consumo

El transformador de tensión, es un dispositivo que se utiliza para convertir o ajustar los voltajes de salida, respecto al voltaje con los que se alimentan su bobinado primario normalmente de media tensión (10 Kvolts, 22,9 Kvolts o 33 Kvolts) a otros valores más bajos de voltaje de salida en su devanado secundario, que son normalmente tensiones de uso comercial o industrial (380/220V - 400/230V).



Figura 22 Transformador de 75 KVA de media tensión

Fuente: (electronicos, s.f.)

1.3.4. La calidad de la energía eléctrica suministrada

Si hablamos de calidad de la energía eléctrica, tenemos que hacer enfoque en las normativas que se tienen para poder determinar si la calidad de energía eléctrica es aceptable o se está presentando fallas, por lo tanto a continuación se presentan a detalle las normativas para determinar dicha calidad y en la que se basan todos los análisis de calidad de la energía eléctrica.

1.3.4.1. Normatividad

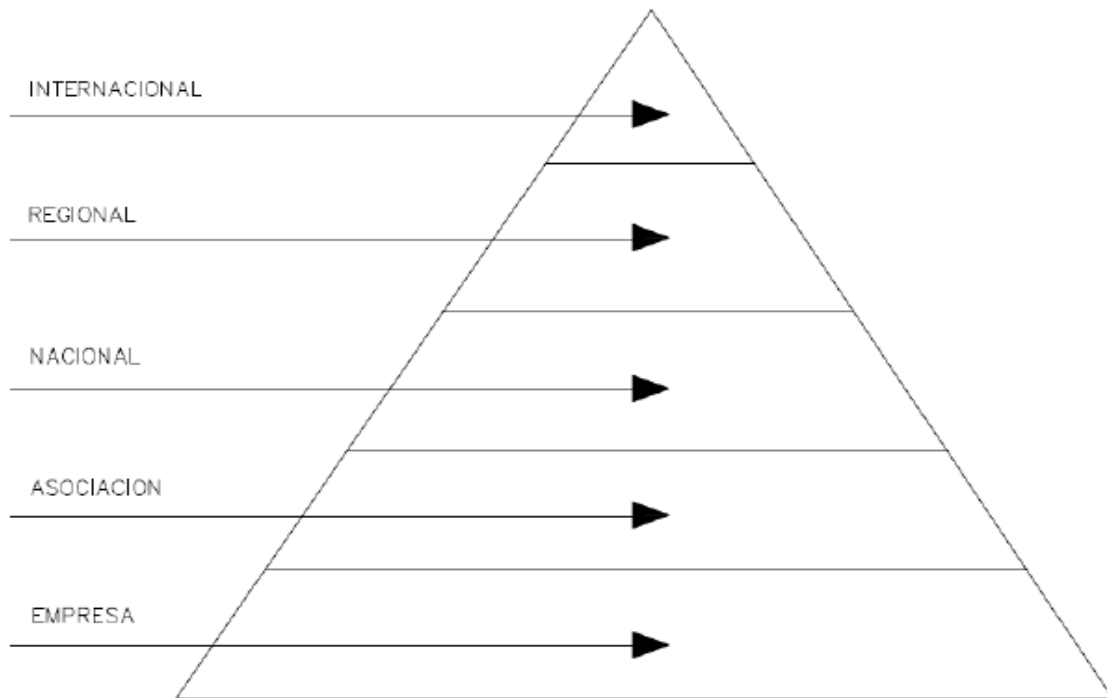


Figura 23, Etapas de la Clasificación de las categorías de la Normatividad

Fuente: (IEEE, s.f.)

1.3.4.2. Norma EN50160

La Norma EN 50160, trata los principales valores límites que la tensión suministrada debe tener como magnitudes en una red de distribución en media y baja y tensión en situaciones normales desde el punto de entrega al usuario. También establece los límites o valores de las peculiaridades de la tensión que el usuario tiene derecho a recibir.

También define los límites nominales de la tensión del suministro como: la amplitud en la tensión, las variaciones rápidas en la tensión suministrada, la severidad de los parpadeos, las sobretensiones temporales y transitorias, el desequilibrio del voltaje, las tensiones armónicas y las tensiones inter armónicas.

Tabla 4 Los límites según la norma EN50160

Evento en la tensión de suministro	Magnitud	Duración
Sags	90 % < 1%	10 ms < 1 minuto
Baja de tensión	90 % < 1%	> 1 minuto
Interrupción de suministro	< 1%	< 3 minutos (breve) > 3 minutos (larga)
Sobretensión temporal	> 110 %	Relativamente larga
Sobretensión transitoria	> 110 %	Algunos milisegundos

Fuente: (IEEE, s.f.)

1.3.4.3. Norma IEC 6100032

Esta norma define los límites, que deben tenerse presente, respecto a los valores de emisiones de las corrientes armónicas en lo cual su entrada de corriente por fases en los equipo sea ≤ 16 amperios en los sistemas eléctricos y equipos clasificados como clase A.

Tabla 5, Límites para los equipos de clase A según la norma 6100032

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

Fuente: (IEEE, s.f.)

1.3.4.4. Norma IEC 6100024

Esta norma constituye los niveles de la compatibilidad de las perturbaciones a un nivel solo industrial y se aplica en las redes de media y baja tensión a frecuencias de 50 y 60 Hz; los parámetros que define la tensión son: la amplitud, la frecuencia, la forma de la onda, y el equilibrio de las etapas. Para poder hacer uso de la norma debe identificarse los diferentes equipos y sus características propias, con esto establecer en que categoría se encuentran dicha norma y para ver cómo aplicarla

Categoría 1: Se describe los equipos que son muy frágiles a las perturbaciones en el suministro eléctrico.

Categoría 2: Se vincula a los diversos puntos de las conexiones comunes y los puntos de conexión en la parte interior de la planta.

Categoría 3: Esta norma es aplicada, para los dispositivos de alimentación a través de los convertidores, máquinas de mayor uso de energía eléctrica o motores con grandes arranques de encendido y más frecuentes. (IEEE, s.f.)

1.3.4.5. Estándar IEEE 1159

Esta norma determina en sus categorías a siete fenómenos electromagnéticos en las distintas redes eléctricas como son: los transitorios, las variaciones de tensiones de baja duración, las variaciones de tensión de extensa duración, la distorsión de la forma de onda, fluctuaciones de tensión, desequilibrio de las tensiones y las variaciones de la frecuencia.

Las variaciones de las tensiones de bajo o corto tiempo contemplan a los siguientes fenómenos como: los Sags, los Swell y las interrupciones. Cada modelo se cataloga por el momento temporal o instantáneo dependiendo de su tiempo.

Las variaciones de baja durabilidad como los Sags, Swells e interrupciones sostenidas, se producen en su mayoría por condiciones de fallas producidas en la red, por las conexiones de cargas que necesitan extensas corrientes de arranque. (IEEE, s.f.)

Tabla 6, Límites de tiempos de corta duración, según la norma IEEE 1159

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

Fuente: (IEEE, s.f.)

1.3.4.6. Norma IEC 5552

Esta norma, describe las exigencias mínimas para los valores de las armónicas que se deben cumplir en todos los equipos que necesitan corrientes menores de 16 Amperios por fase en la red 220 V a 415 V, entre estos equipos destacan las computadores de uso personal y los televisores. También comprenden los límites de ciertos valores efectivos (rms) de cada armónica específica, la correlación entre el valor eficiente con el valor máximo eficaz y a la vez con el valor máximo. (IEEE, s.f.)

1.3.4.7. Estándar IEEE 519

En esta norma estándar como lo es la IEEE 519, encontramos las instrucciones de carácter Práctico y ordenamientos para mantener un control de las armónicas en los circuitos eléctricos de Potencia. Podemos mencionar que existe un efecto negativo compuesto por las diversas cargas no lineales que se encuentra sobre un sistema de distribución, Por otro lado los suministradores de la energía eléctrica, tienen la responsabilidad de suministrar un nivel eficaz de tensión y asegurar la forma de la onda. La IEEE 519, no solo hace mención al nivel total de armónicos realizado en una fuente principal sino también a su magnitud en base a la red del suministro.

De tal manera existen problemas o dificultades, producto del aumento de la inyección de la armónica de corriente o alteración de la tensión, es necesario para el suministrador y el usuario, resolver este tipo de fallas. Motivo por el cual el objetivo de la norma es el de indicar los límites de las distorsiones armónicas en base a los dos criterios en mención:

- Hay una restricción sobre la totalidad de la corriente armónica en porcentaje que un usuario puede suministrar a la red de distribución.
- También Establece un límite de nivel de armónico de voltaje, que una entidad de distribución de energía eléctrica pueda suministrar al usuario.

La IEEE 519 indica que Todos los valores de distorsión de corriente total, se dan en base a la corriente máxima de carga (demanda). La distorsión total se describe

en términos de distorsión total de la demanda (TDD) en vez del término más usado como THD. En la tabla 7 se muestra los límites de la corriente para componentes de armónicas individuales, así como la distorsión armónica total. En tabla 7 se da un ejemplo de un aparato consumidor de un SCR entre 50 y 100, lo cual tiene un límite del 12.0% para TDD, mientras que para los componentes armónicos impares individuales de rangos menores a 11, el límite es de 10%. (IEEE, s.f.)

Tabla 7 Límites según norma IEEE 519

Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes entre 120 - 69,000 volts.						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
ISC/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Fuente: (IEEE, s.f.)

La norma IEEE 519 también refiere a los límites de la distorsión de la tensión en cada nivel, donde los límites de armónicos de tensión individual y total se basan en las categorías de los niveles de tensión, La Tabla 8 contempla los límites de la distorsión armónica del voltaje para los diferentes niveles de voltaje en los sistemas, según IEEE 519. (IEEE, s.f.)

Tabla 8, Límites de distorsiones de tensión según la norma IEEE519

Voltaje de barra en el punto de acoplamiento común	Distorsión individual de Tensión (%)	Distorsión total del voltaje THD (%)
Hasta 69 KV	3.0	5.0
De 69 KV a 137.9 KV	1.5	2.5
138 KV y mas	1.0	1.5
Nota: Los sistemas de alto voltaje pueden llegar hasta un 2.0% en THD cuando lo que causa es un alto voltaje terminal DC, el cual podría ser atenuado.		

Fuente: (IEEE, s.f.)

1.3.4.8. Norma técnica de calidad de servicios eléctricos (NTSCE)

Tensión de voltaje: Las tolerancias que son permitidas por la norma, respecto a las tensiones nominales en los puntos de entrega al cliente, en sus etapas y en todos los niveles de tensión, es del $\pm 5.0\%$ de las tensiones nominales suministradas. Y en las redes que son secundarias calificadas como Urbano y Rurales, dichas tolerancias es del $\pm 7.5\%$.

Entonces Se puede decir que es mala calidad energía eléctrica, si el valor de la tensión medida se encuentra fuera de los rangos de las tolerancias dadas por la norma, por un tiempo que es superior al cinco por ciento (5%) de todo el período de la medición.

La Frecuencia: Las máximas tolerancias que están admitidas por estas normas para las variaciones dadas en la frecuencia nominal, y en todos los niveles de tensión son:

- Las variaciones del tipo Sostenidas de la frecuencia (Δf_k (%)): $\pm 0.6\%$.
- Las Variaciones del tipo Súbitas de la frecuencia (VSF'): ± 1.0 Hz.
- Y las Variaciones Diarias de la frecuencia (IVDF'): ± 600.0 Ciclos.

El Flicker.- Este Índice que mide la Severidad causado por el Flicker o Pst, no deben sobrepasar la unidad $Pst \leq 1$ en las redes de muy Alta tensión, Alta tensión, Media tensión y Baja Tensión. Se le ha considerado como máximo límite: $Pst'=1$ como el máximo valor de irritabilidad que está asociado a una fluctuación de la luminancia en los equipos de iluminación y que puede ser soportada sin ninguna molestia por una parte de la población. (Según el D.S. N° 013-2000-EM, publicado el año 2000. 07. 27, p.136).

Las tensiones armónicas.- Son señales con valores eficaces RMS de las Tensiones Armónicas específicas Individuales (V_i) y las armónicas totales THD, todo esto definido como una medida en porcentaje % de la tensión del punto de la medición respectiva, esto lo cual no deben pasar los valores críticos o límites (V_i' y THD') referenciados en la tabla 9. En esta Norma se han considerado los valores de las armónicas entre el rango 2° y la de rango cuarenta 40°.

Tabla 9, Tabla de rangos de armónicas según D.S. N° 009-1999-EM, publicado el 1999. 04. 11

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA o THD	TOLERANCIAS MAXIMAS V_i' o THD' (% con respecto a la Tensión Nominal En el punto de medición)	
	Para Alta y Muy Alta Tensión	Para Media y Baja Tensión
(Armónicas Impares no múltiplos de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
Mayores a 25	$0.1 + 2.5/n$	$0.2 + 12.5/n$
(Armónicas impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		

2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.2
12	0.2	0.2
Mayores de 12	0.2	0.2
THDv	3	8

Fuente: (Peruano, 2008)

Tabla 10 Tabla de porcentajes de corriente armónico según Norma IEEE 519 - 1992

Máximos valores de distorsión de la corriente armónica en porcentaje de la corriente de la carga						
Armónicas de orden individual (impares)						
Icc/Ic	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	THD I(%)
<20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20<50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50<100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100<1000	12	5.5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Fuente: (IEEE, s.f.)

1.3.4.9. Instrumentos para medición de armónicos

Los nuevos equipamientos que sirven para realizar la medición de los armónicos han ido evolucionando en los años recientes. Con nuevos diseños más modernos y compactos, lo cual consisten en equipos analizadores de red digitales que tienen capacidad de registrar componentes armónicos hasta valores de frecuencias 50 veces más que la frecuencia fundamental ósea 3000 Hz. Estos equipos tienen siete canales de entrada de señales, de los cuales tres son para voltajes de líneas activas, tres para las corrientes de las líneas activas y un solo canal de voltaje para el propósito en general como neutros aterrados, Los registros que otorgan son dados normalmente como tablas de información de datos y gráficos de formas de onda, los cuales tienen la información siguiente:

- Resumen de tablas de los parámetros o valores de los canales conectados (tres de corrientes y tres de voltajes) Los parámetros que se miden son: valores RMS, THD, It, TIF, y desbalance de red.
- Tabla de datos con una distribución espectral de las magnitudes o valores por armónico, de los canales existentes y la corriente que pasa por el neutro.
- Tabla de datos de la forma espectral del ángulo de fase por cada armónico, de los seis canales existente y el valor de la corriente por el neutro.
- Las Formas de la onda de voltaje y corriente para cada uno de los canales existentes
- Resumen del Espectro de la frecuencia, para cada uno de los canales existentes.

Los rangos para la operación en los canales existentes de voltaje y de la corriente son de 0-750 VAC y 5-15 Amperios, Para realizar mediciones en los puntos de voltaje de 1 kilovoltio o mayores, y se requiere del uso de transformadores de corriente. En estas situaciones debe tenerse bastante atención de que los transformadores no deban tener variaciones en la relación de transformación a frecuencias mayores a la fundamental. Esta variación podría inducir a cometer errores en los valores de medición.

Las veces que se instale y se realice un registro, los datos son cargados en un disco flexible mediante un archivo con un nombre que es dado por el usuario, con fecha y hora del registro que es asignado por el mismo software. Los archivos y datos de los registros almacenados luego son procesados para la ejecución del informe.

1.3.5. Alternativas de solución para mejorar la calidad de energía eléctrica

Hoy en día, existe una alta gama de productos para aumentar la calidad energética en todas las redes ya sea en la Alta Tensión y las redes en Media y la Baja Tensión. En todas las redes de Media Tensión los sistemas de calidad energética, cuentan con elementos primarios como un control apropiado del sistema. Para el caso de una red ya que esta automatizada es posible tener una interfaz con el sistema de un computador superordenado de información y control.

Los interruptores síncronos que son conmutados de la Media Tensión, los módulos que compensan el factor de potencia (PFC) en bancos de condensadores y los sistemas que protegen contra la resonancia forman el siguiente grupo de componentes que permiten mejorar y aumentar la calidad de la energía eléctrica. Estos están relacionados en tecnologías de conmutaciones tradicionales. Por lo cual estos sistemas son muy compactos, Rentables y fiables, Por lo que Permiten una operación con pocas pérdidas y pueden integrarse fácilmente como parte del estándar de equipos de conmutación en la Media Tensión. (Heinemann, 2009, p.51).

Implementación de sistemas de monitoreo en periodo real de los parámetros eléctricos de las subestaciones eléctricas, esto nos ayudara a poder medir nuestros parámetros eléctricos, realizar análisis de nuestra calidad de energía eléctrica cada rango de tiempo y plantear soluciones a escala para la solución de las problemáticas. Implementación de Filtros de armónicos en las subestaciones eléctricas, debido al gran crecimiento de los equipos electrónicos en las industrias son necesarios estos filtros para así disminuir las distorsiones que estos puedan causar en la red.

1.3.6. Análisis de las mediciones para la eliminación de armónicos

Los efectos o consecuencias, producidas por estos fenómenos, se pueden eliminarse reduciendo la magnitud o el tamaño de los voltajes o corrientes armónicas que estas se dan en el sistema. La eliminación total o reducción de estas señales pueden lograrse con la instalación de filtros, para lo cual el efecto negativo de los armónicos será menor dentro del sistema

Las tolerancias o magnitudes de los armónicos admisibles dentro de un sistema están definidas y establecidas por la norma internacional IEEE Standard 519-1992.

Dicha norma indica y establece los límites que son admisibles, tanto en corriente y voltaje para los THDi y los THDv.

Según esta norma, se debe definir el THD de las señales de corriente y voltaje en el punto de conexión o entrega entre el usuario y el suministrador punto de entrega.

También ha determinado los niveles admisibles máximos para el THD en corriente, de acuerdo con la tensión de la red eléctrica.

1.3.6.1. Dimensionamiento y selección de filtros

La finalidad de un filtro para atenuar armónicos es entregar una camino a tierra de impedancia baja para disipar las armónicos de voltaje o de corriente que se encuentran en el sistema, con el objetivo de evitar la circulación de estas señales en el sistema y prevenir su contaminación y propagación en el resto de los circuitos presentes. Por lo que los filtros deben ser instalados lo más cercano al punto donde se están generando estos armónicos. El tipo y capacidad del filtro que se requiere depende mucho de la cantidad de armónicos a eliminar. En términos generales, existen dos tipos de filtros para armónicos:

✓ Filtros sintonizados

Un filtro del tipo sintonizado integra unos circuitos RLC como se indica en la Figura 24, por lo que presenta un valor de mínima impedancia a la frecuencia de un armónico definido o específico.

Este se sintoniza al valor de la frecuencia de la armónica que se pretende eliminar o disminuir, que para este valor de frecuencia, los valores de las reactancias en la inductancia y de la reactancia del condensador se igualan y entonces se anulan, quedando el valor de la impedancia que tiene el filtro para esta frecuencia que es

mínima mostrando solo el valor igual al de la resistencia, así absorbiendo gran parte de la corriente del tipo armónica que es la contaminante.

$$Z = R + j\left(WL - \frac{1}{WC}\right) \quad \text{..... (Ecuación 1.11)}$$

La cual se reduce al valor de R a la frecuencia de la resonancia (f_n) para lo cual:

$$W_n = 2\pi f_n \quad \text{..... (Ecuación 1.12)}$$

Los valores R, L y C pueden conseguirse de las siguientes relaciones

$$W_n L = \frac{1}{W_n C} \quad \text{.....(Ecuación 1.13)}$$

$$X_o = W_n L = \frac{1}{W_n C} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \text{.....(Ecuación 1.14)}$$

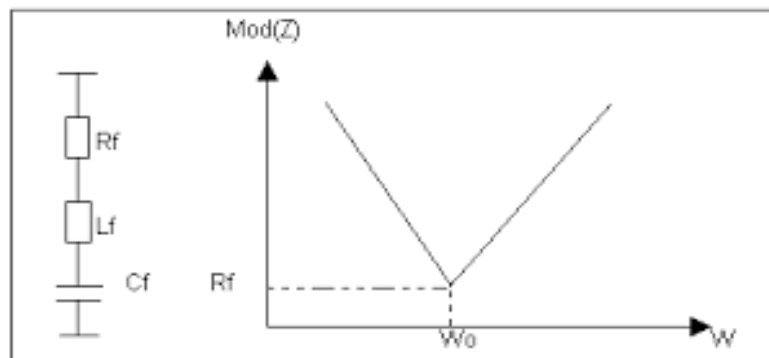


Figura 24 Filtro sintonizado y características.

Fuente: (Concha, s.f.)

Entonces se define que el valor “Q” es el factor de la calidad del filtro, por lo que se determina con esto el ancho de toda la banda de sintonía y los Valores que son típicos para la calidad del filtro (Q), lo cual están en el rango de 30 a 60.

$$Q = \frac{X_o}{R} \quad \text{..... (Ecuación 1.15)}$$

Ventajas

- Proporcionan una mayor atenuación para reducir una armónica individual.
- Al valor de la frecuencia fundamental estos proporcionan la potencia reactiva necesaria para la red eléctrica.
- Estas Tienen pérdidas muy bajas, solo relacionadas a las pérdidas de la resistencia de la inductancia y el valor de la resistencia que tiene el filtro.

Desventajas

- Son muy vulnerables a la frecuencia de la desintonía, a causa de las tolerancias de los elementos relacionados con la temperatura y las desviaciones que presenta la frecuencia de valor fundamental.
- Estas Interactúan con la red del sistema eléctrico, causando una resonancia en paralelo, parecido a un sistema de banco de condensadores.

Filtros amortiguados

Un filtro amortiguado, es un circuito que contiene componentes de resistencia, inductancia y condensador (RLC), y presentan característica de frecuencias como indica la Figura 25. Donde podemos observar que el valor de la impedancia es menor a mayores frecuencias del valor de la sintonía. Los valores de resistencia, inductancia y capacitancias R, L y C para el filtro del tipo amortiguado están interpretados por las relaciones siguientes:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi CR} \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 1.16)}$$

$$m = \frac{L}{R^2 C} \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 1.17)}$$

Donde “m” toma entre 0.5 y 2.

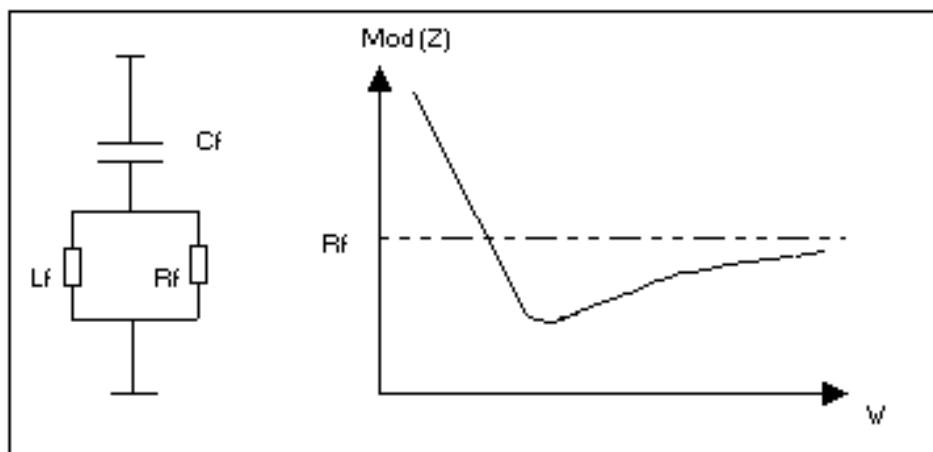


Figura 25 Filtro amortiguado de segundo orden (filtro pasa altos)

Fuente: (Concha, s.f.)

Estos dispositivos llamados filtros amortiguados o paso-alto, son utilizados mayormente para eliminar armónicos de formas conjuntas, con niveles mayores de 13avo, y magnitudes menores.

La impedancia de este filtro está dada por:

$$Z = \left(\frac{1}{j\omega C_f} \right) + \left[\left(\frac{1}{R_f} \right) + \left(\frac{1}{j\omega L_f} \right) \right]^{-1} \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 1.18)}$$

Este filtro, como los del filtro del tipo sintonizado, se sintonizan a la frecuencia individual; por lo que presenta una particularidad especial amortiguada por el producto del acoplamiento de una resistencia con la inductancia en paralelo, lo cual presenta una impedancia baja, a la frecuencia de sintonía e inclusive superiores. Entonces absorbe las corrientes armónicas de frecuencias de valor de sintonía y superiores. Y las frecuencias que son menores al valor de la sintonía, este filtro tiene impedancias muy altas. Presentando un factor de calidad muy bajo (0.5-5).

Ventajas:

- Estos Filtros Atenúan un amplia gama de armónicos dependiendo de la selección del valor que tiene la resistencia
- Son muy robusto frente a desintonías, lo cual tiene mayor capacidad, comparado con el filtro de sintonía simple.

Desventajas:

- Estos filtros producen una frecuencia de resonancia en paralelo a la frecuencia base en la red eléctrica.
- Las pérdidas que se generan en el inductor y la resistencia son siempre muy altas.

1.3.7. Plan de sostenibilidad de la energía eléctrica

El en Perú se han consolidado, desarrollos energéticos con servicios de alta calidad, seguros asequibles; afianzando la seguridad y sostenibilidad de los sectores eléctricos; mediante la entidad de Osinergmin, institución de mayor confianza y credibilidad.

Esta institución se encarga de Regular, fiscalizar y supervisar los sectores de energía eléctrica y la minería con gran autonomía, reglas claras, capacidad técnica, para que se desarrollen las actividades en todos los sectores mencionados, en condiciones de confianza y seguridad y se pueda disponer de un suministro de energía sostenible y confiable. (ministros, s.f.)

1.4. Formulación del problema

¿En qué medida el análisis de la calidad de la energía eléctrica permitirá establecer medidas para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos

electromecánicos del fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos S.A.C; Lambayeque?

1.5. Justificación del estudio

El estudio de investigación realizado surge a partir del alto índice de fallas que existen en los equipos eléctricos en el Fundo Daosac y como consecuencia retrasos inesperados en los procesos de la empresa Danper agrícola olmos SAC. Es por ello que se efectúa un análisis de calidad de energía eléctrica que pretende reducir el índice de fallas en los equipos eléctricos de dicha empresa, poniendo en práctica los conocimientos teóricos de energía eléctrica, para tomar decisiones que nos permita alcanzar un nivel óptimo y permitir brindar un servicio óptimo de energía en la empresa mencionada.

1.5.1. Relevancia tecnológica

Con este proyecto se implantará propuestas técnicas de equipos que optimicen y brinden un buen servicio de energía en la empresa Danper Agrícola Olmos SAC.

1.5.2. Relevancia económica

Con este proyecto se planteará soluciones para reducir el índice de fallas en los equipos eléctricos, proporcionándole económicamente ahorro a la empresa Danper Agrícola Olmos SAC, debido a que se reducirá costos excesivos en lo que respecta a mantenimientos correctivos, cambio de equipos, consumo de energía eléctrica, paradas de procesos en planta, etc.

1.5.3. Relevancia institucional

Con el desarrollo del proyecto de esta tesis, se contribuirá con problemáticas que pueden servir como modelo a otros usuarios que tengan problemas similares, y el apoyo a la inversión y direccionamiento hacia los estudios de calidad de la energía eléctrica que son base importante para desarrollo de las empresas.

1.5.4. Relevancia socio-ambiental

Con el desarrollo de esta tesis se busca encontrar alternativas y plantear soluciones para la calidad de la potencia eléctrica, y así renovar este recurso energético, el cual si se ve a gran escala depende mucho de nuestros recursos naturales de las generadoras de energía eléctrica (hidráulica, termoeléctrica, entre otras).

1.6. Hipótesis

El análisis de la calidad de energía eléctrica nos permitirá establecer medidas de solución, para mejorar así la confiabilidad y disponibilidad de los equipos electromecánicos del fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos S.A.C; Lambayeque.

1.7. Objetivos

1.7.1 General:

Ejecutar un análisis de calidad de la energía eléctrica, que permita implementar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos electromecánicos pertenecientes al fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos SAC.

1.7.2 Específicos:

1.7.2.1 Elaborar un registro de las diversas perturbaciones que dañan la calidad de energía mediante un analizador de red.

1.7.2.2 Analizar los parámetros eléctricos del estado actual de la red en los equipos a evaluar en los siguientes perfiles de los parámetros como: corriente, voltaje, potencia, factor de potencia, frecuencia, distorsión armónica de voltaje y distorsión armónica de corriente, que afectan a los motores eléctricos.

1.7.2.3 Determinar la disponibilidad y confiabilidad actual y proyectada de los motores eléctricos en función de la calidad de energía.

1.7.2.4 Determinar los equipos críticos que son afectados por la mala calidad de energía eléctrica.

1.7.2.5 Determinar en base a los valores críticos de los parámetros eléctricos las alternativas de solución, mediante implementación de filtros de armónicos activos.

1.7.2.6 Realizar un análisis económico financiero de la inversión para mejorar la calidad de energía eléctrica.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Sera pre experimental, porque se usarán herramientas y metodologías conocidas para la evaluación de un proceso en operación con el fin de obtener resultados que nos permitan llegar a conclusiones favorables.

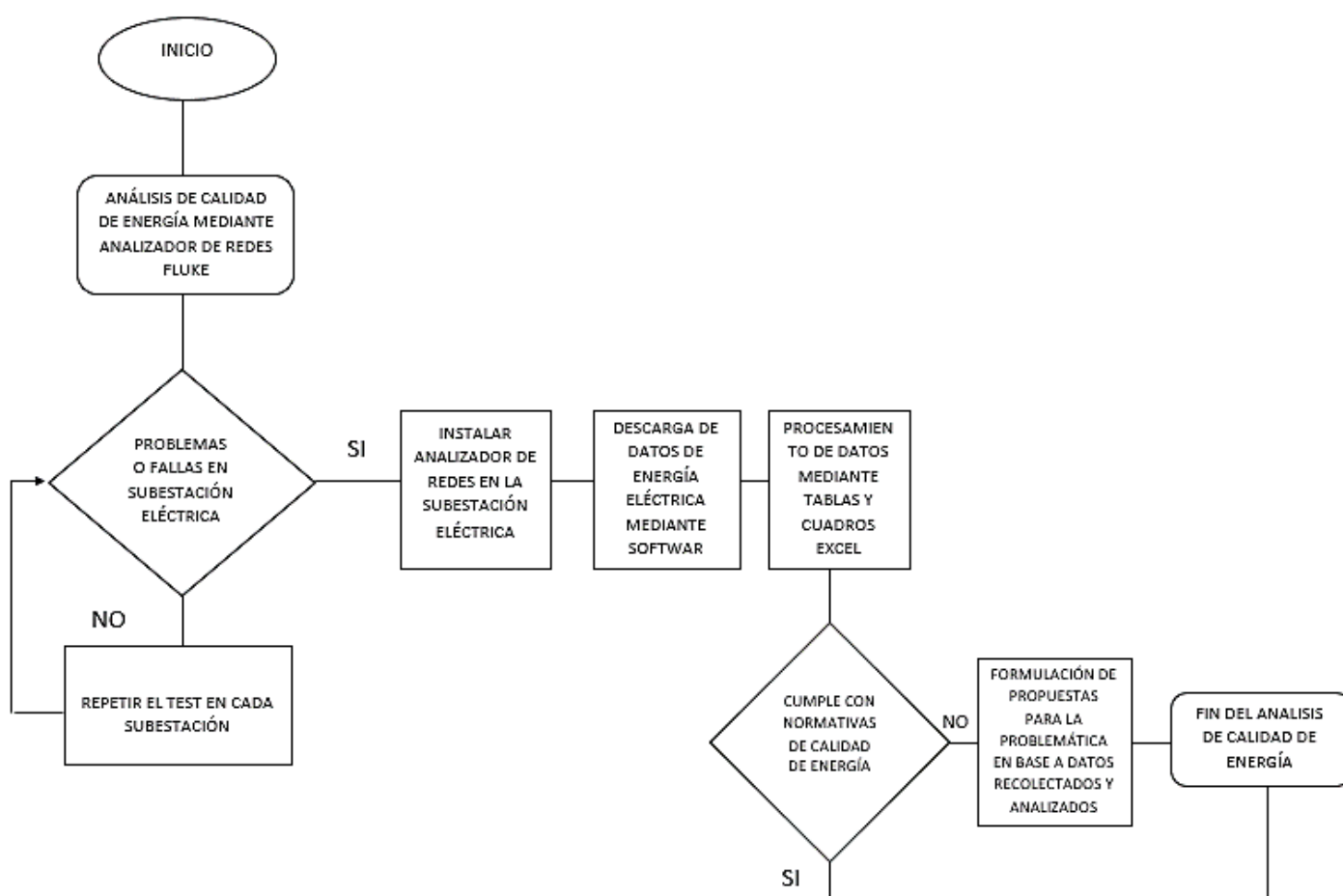


Figura 26 Diagrama de decisiones.

Fuente: Propia

2.2. Variables

2.2.1 Variables independientes:

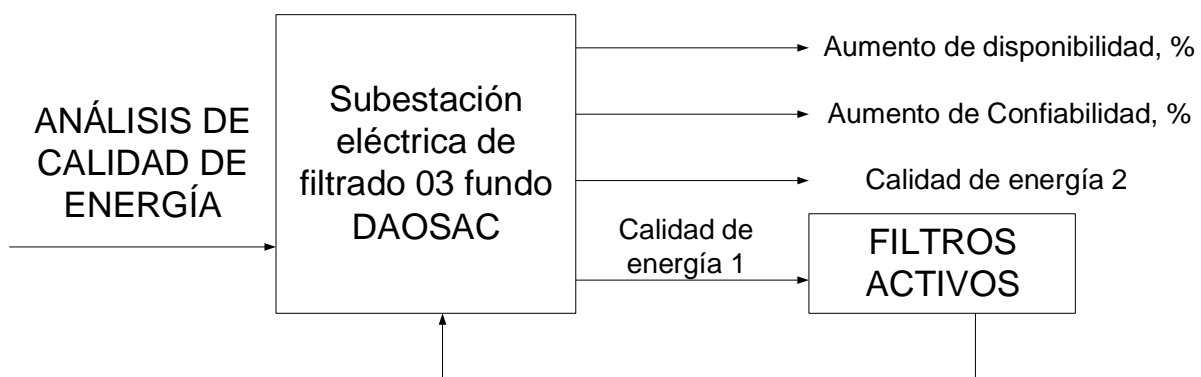
- Potencias de Filtros de Armónicos (Kw)
- Armónicos de corriente y voltaje. (Nr. por fases).
- Flicker (parpadeos Eléctricos).

2.2.2 Variables dependientes:

- Índice de fallas, veces/año
- Calidad de la energía eléctrica, THDi, %. THDV.
- Confiabilidad, % en tiempo
- Disponibilidad, % anual.

2.2.3 Variables intervinientes:

Perturbaciones eléctricas



2.2.4 Operacionalización de Variables

VARIABLES		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR	ESCALA
INDEPENDIENTE	Número de Perturbaciones eléctricas	Se refiere al número de fallas y/o distorsiones que ocurren dentro de una determinada subestación eléctrica de una red de media tensión.	Es la cantidad de fallas que se producen en la red eléctrica.	Número de fallas por año	0-12
	Filtros de Armónicos	Un filtro para armónicos, proporciona a tierra una trayectoria de impedancia baja, facilitando la circulación de los voltajes y corrientes armónicos que están se encuentran en el sistema y los envía a tierra, liberándolo del sistema eléctrico y así previniendo su propagación en el sistema.	Solución al problema de la propagación de las corrientes armónicas en el sistema.	Reducción en % de armónicos al mes.	0%-30%
	Armónicos de Corriente y de Voltaje	Las armónicas, son disturbios de la onda, que originan problemas, tanto para el usuario como para la suministradora responsable del servicio de la energía eléctrica, originando fallas en los equipos electromecánicos que están en la red.	Distorsión de la forma o estructura de onda en una red eléctrica de una subestación eléctrica.	Número de eventos de armónicos de corriente y voltaje por mes	0-5
	Flicker	Se identifica como un fenómeno visual que se presenta en luminarios que no poseen una regulación de voltaje adecuada, y que están alimentados por una fuente común que a su vez alimenta otros tipos de carga, que demandan potencia en forma variable y periódica.	Variación del voltaje provocando una oscilación o parpadeo que se percibe visualmente en pocas ocasiones.	Número de parpadeos al mes.	0-100
DEPENDIENTE	Disponibilidad	Capacidad del equipo o componente para estar en estado óptimo donde realizara una función necesaria bajo las condiciones establecidas de un periodo o durante un intervalo de tiempo ya determinado.	Es la capacidad de un equipo para estar en operación para realizar una actividad.	Tiempo promedio para reparar una falla.	0-10
	Confiabilidad	Es la disposición de un activo o componente de un sistema, para realizar una función requerida bajo las condiciones dadas en un intervalo de tiempo ya establecido.	Es la capacidad del equipo para estar operativo.	Tiempo Promedio entre falla por año.	0-10
	Calidad de la energía eléctrica	Calidad de la energía eléctrica es un concepto muy utilizado, para poder explicar en base a normas y estándares la calidad de energía que tiene un suministro eléctrico en las instalaciones, sobre todo en los parámetros de la	Variaciones de corriente, de voltaje y de frecuencia.	Número de eventos por año	0-10

		Tensión o corriente estable, la Forma de la onda sinusoidal y su Frecuencia constante.			
--	--	--	--	--	--

Tabla 11, Operacionalización de las Variables

2.3 La Población, muestra y muestreo

2.3.1 La Población

De acuerdo a los registros de censos y matriculas de equipos del área de Mantenimiento, Se cuenta con un total de 4 subestaciones eléctricas debidamente equipadas ubicadas en el Fundo Daosac – Olmos – Lambayeque, los cuales cuentan con Variadores de Frecuencia, Arrancadores Electrónicos y equipos electrónicos como PLCs en sus sistemas eléctricos.

2.3.2 Muestra

Se estará tomando la subestación eléctrica perteneciente a filtrado 03 fundo DAOSAC, la cual tiene bien estructurado sus partes como se muestran en la tabla 2.2, esta subestación tiene un conjunto de variadores, así como sus componentes de protección, interruptores termo magnéticos, banco de condensadores , arranques directos y tablero autosoportados.

Tabla 11 Estructura de una subestación Eléctrica.

Descripción de Equipos	Potencia	Voltaje de Alimentación	Tipo
Transformador de Potencia	320 KVA	22,9 KV	Aéreos

Tablero de control de operación	100 HP	0,44 KV	Auto soportado
Variador de frecuencia	100 HP	0,38-0,44 KV	Auto soportado
Electrobomba	100 HP	0,22/0,38/0,44 KV	Centrifuga
Componentes de Protección	100 HP	0,44 KV	Electrónicos

Fuente: Propia

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se optó las siguientes técnicas de investigación.

Tabla 12 Técnicas e instrumentos usados en la recolección de datos.

TECNICAS USADAS EN RECOLECCION DE LOS DATOS	INSTRUMENTOS USADOS EN RECOLECCION DE LOS DATOS	LOGRO
Recolección de parámetros eléctricos del sistema.	Analizador de Redes Marca Fluke Modelo 430 II	Con el instrumento analizador de redes se obtendrán datos correspondientes a calidad de energía (Corriente y Voltaje armónicos, potencias, etc.)

Análisis de todos los parámetros eléctricos recolectados.	Software de análisis de calidad de energía Power log 5.3	Indicar mediante graficas los valores de la calidad de la energía eléctrica.
Selección de alternativas para la solución.	Software Acussine Selection Tool V3.2017 Schneider Electric	Planteamiento de la solución para la solución del problema.

Validación y confiabilidad de instrumentos

El equipo que se utilizara para tomar los datos de las subestaciones eléctricas cuenta con una calibración validada por Fluke en el año 2016, con un registro de datos histórico de hasta 600 parámetros, una memoria SD con espacio de almacenamiento de 8 Gb que

Fuente: Propia

garantiza que el equipo funcione durante tiempos prolongados.

Se utilizarán los datos registrados en base a los conceptos de Flicker, Armónicos, desbalances de la red, energía reactiva y su comparativo en base a las normas internacionales de la calidad de energía eléctrica, y sus valores estándares que deberían de cumplir.

2.5 Los Métodos para el análisis de datos

Análisis del tipo descriptivo:

Se recopilarán datos de las diferentes muestras en cuadros Excel, las cuales, mediante medianas, promedios, y gráficos de barras, lineales o circulares se calcularan de acuerdo a la naturaleza de estos datos.

Análisis centrado a la hipótesis:

Para realizar la comprobación de la hipótesis, se estará realizando el uso de las pruebas de campo contrastando con el analizador de red debidamente contrastado y calibrado.

2.6 Aspectos éticos

Bajo cumplimiento con todas las disposiciones vigentes establecidas en los Reglamentos de Grados y Títulos de la Universidad particular César Vallejo, Facultad de Ingeniería de la Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento propio que toda la información y datos presentes en esta tesis, son veraces y auténticos lo cual servirá como ejemplo de lealtad y honestidad del participante frente a la sociedad.

III. RESULTADOS

3.1 Registro de perturbaciones que perjudican la calidad de la energía

En el estudio de la calidad de la energía eléctrica, se deben cumplir con todas las mediciones de los parámetros eléctricos que son necesarios para realizar un análisis detallado basados en normas y estándares internacionales, a la vez nos enfocaremos en otros parámetros adicionales, según arroje nuestro historial de datos registrados en el equipo de medición.

Se realizará un enfoque especial a las corrientes armónicas, que es la principal causa de la distorsión de la señal en la onda de corriente o voltaje en nuestros sistemas eléctricos de distribución.

Datos de la subestación eléctrica filtrado 03 Daosac

- a) Transformador Trifásico Dyn5 de 320 KVA Media Tensión 22.9/0.44-0.23 KV TIPO TECE 3190.
- b) Interruptor termo magnético tripolar principal de 400 A.
- c) Cables tripolares de 1x150 mm².
- d) Cable de tierra amarillo/verde de 50 mm²
- e) Tablero de distribución auto soportado de 0.8x0.6x2 metros.



Figura 27, Tablero de distribución de la subestación eléctrica.

Fuente: Propia

Las mediciones se realizaron desde el día 12/08/2017; 10:30 am hasta el día 19/08/2017; 10:20 am con el equipo analizador de redes FLUKE 435 SERIE II, para esto se realizó la adquisición y medición de los datos requeridos con intervalos de 10 minutos cada uno, para el posterior análisis y así buscar una conclusión respecto a la calidad de energía eléctrica existente basándonos en las normativas internacionales.

Se tomaron un total de 1008 registros, con un intervalo de tiempo de 10 minutos durante 7 días a una tensión nominal de 480 V y una frecuencia de 60 Hz, se presentaron un total de 9994 eventos, los cuales se analizarán solo 5 eventos.

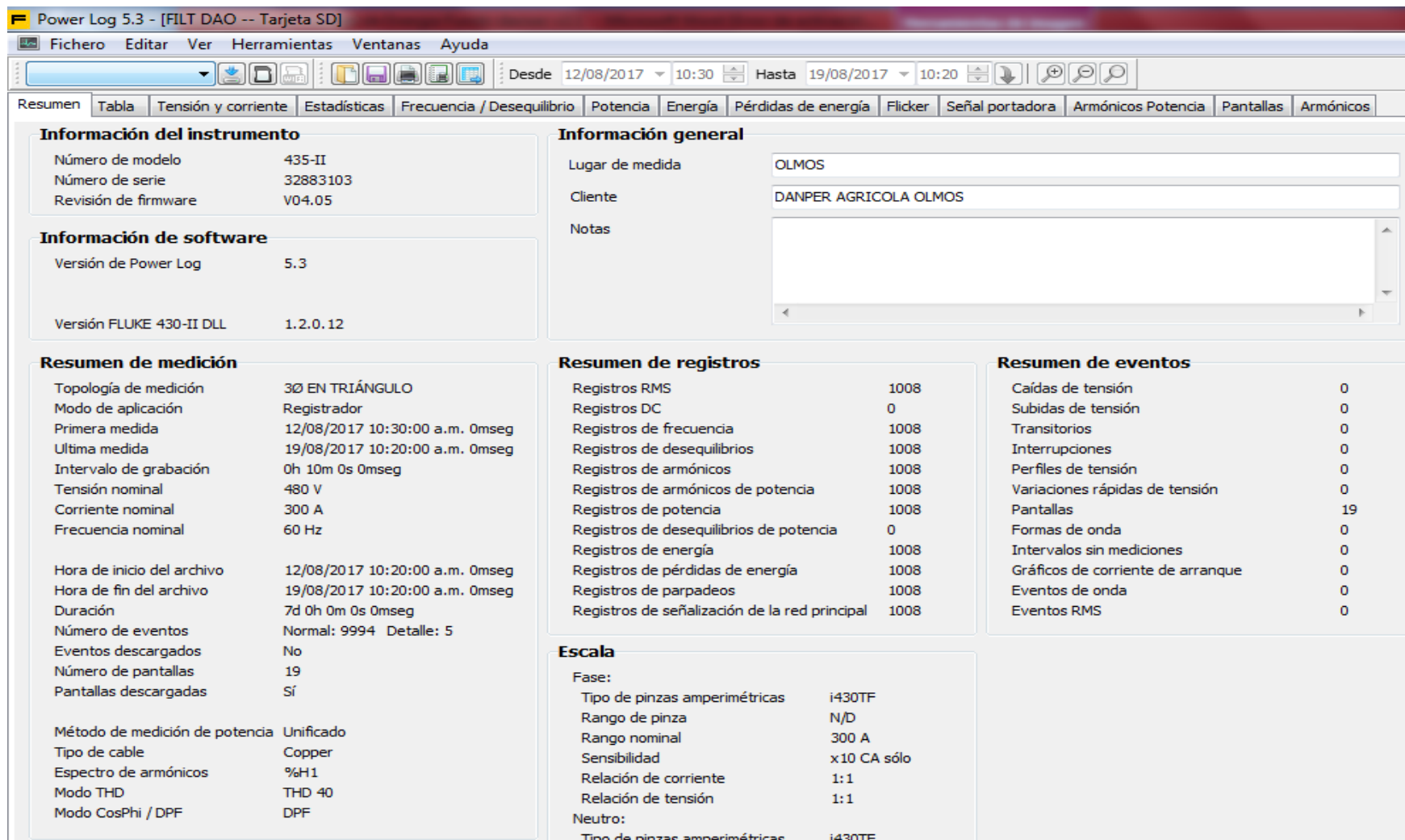


Figura 28, Resumen de medición, indicando todos los parámetros de medición

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

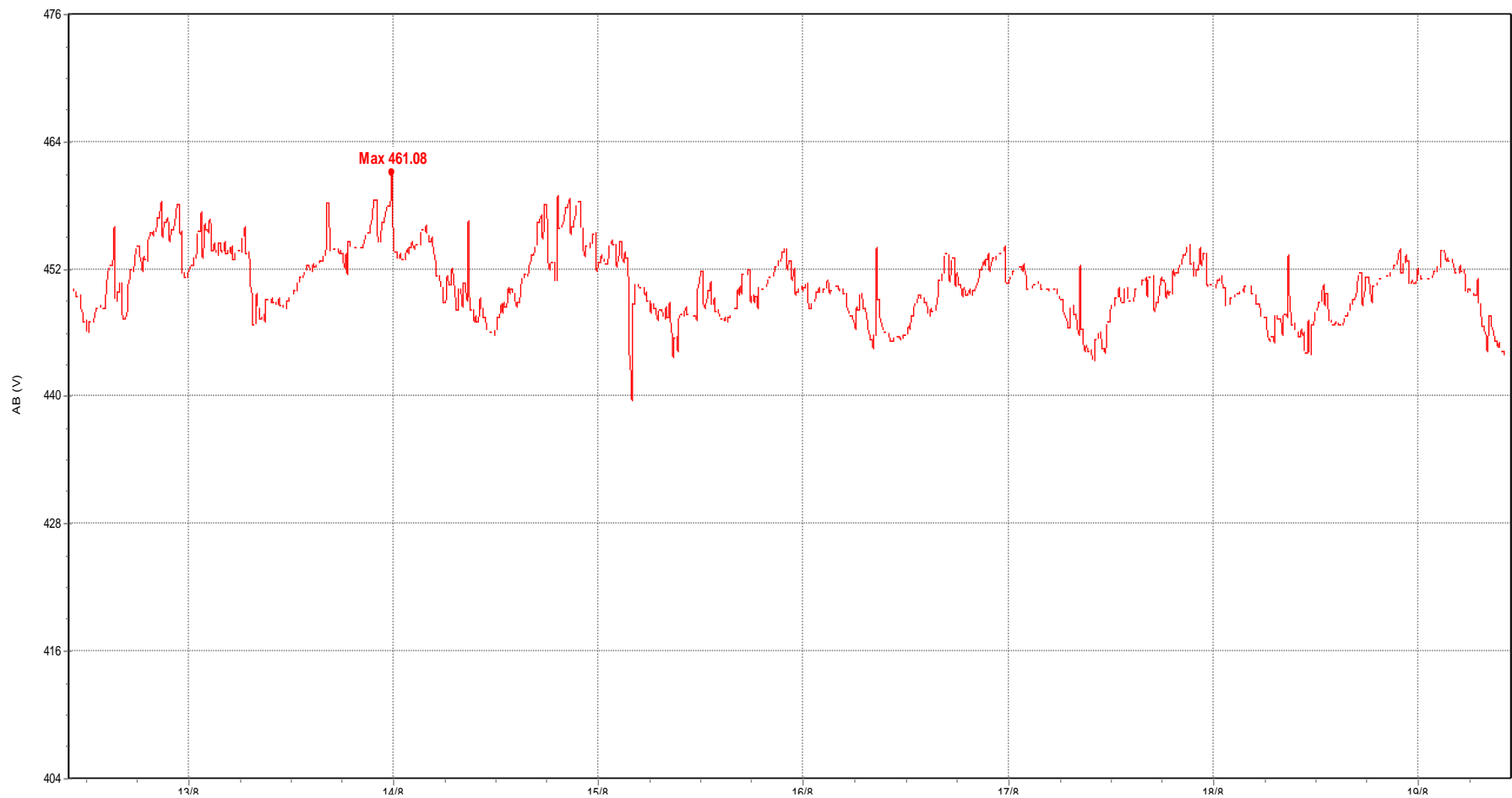


Figura 29, Voltaje RMS entre líneas AB – valor máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

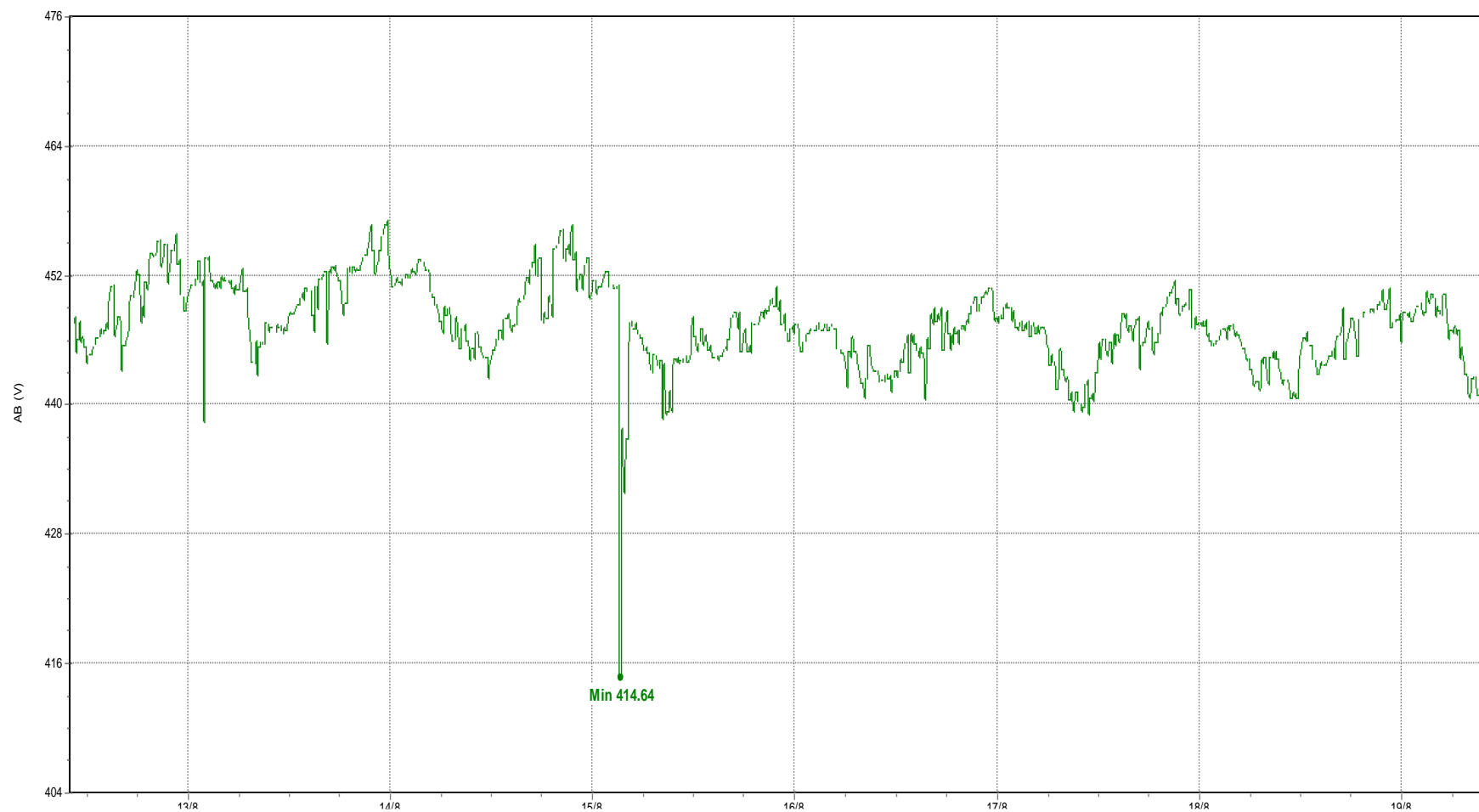


Figura 30, Voltaje RMS entre líneas AB – valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

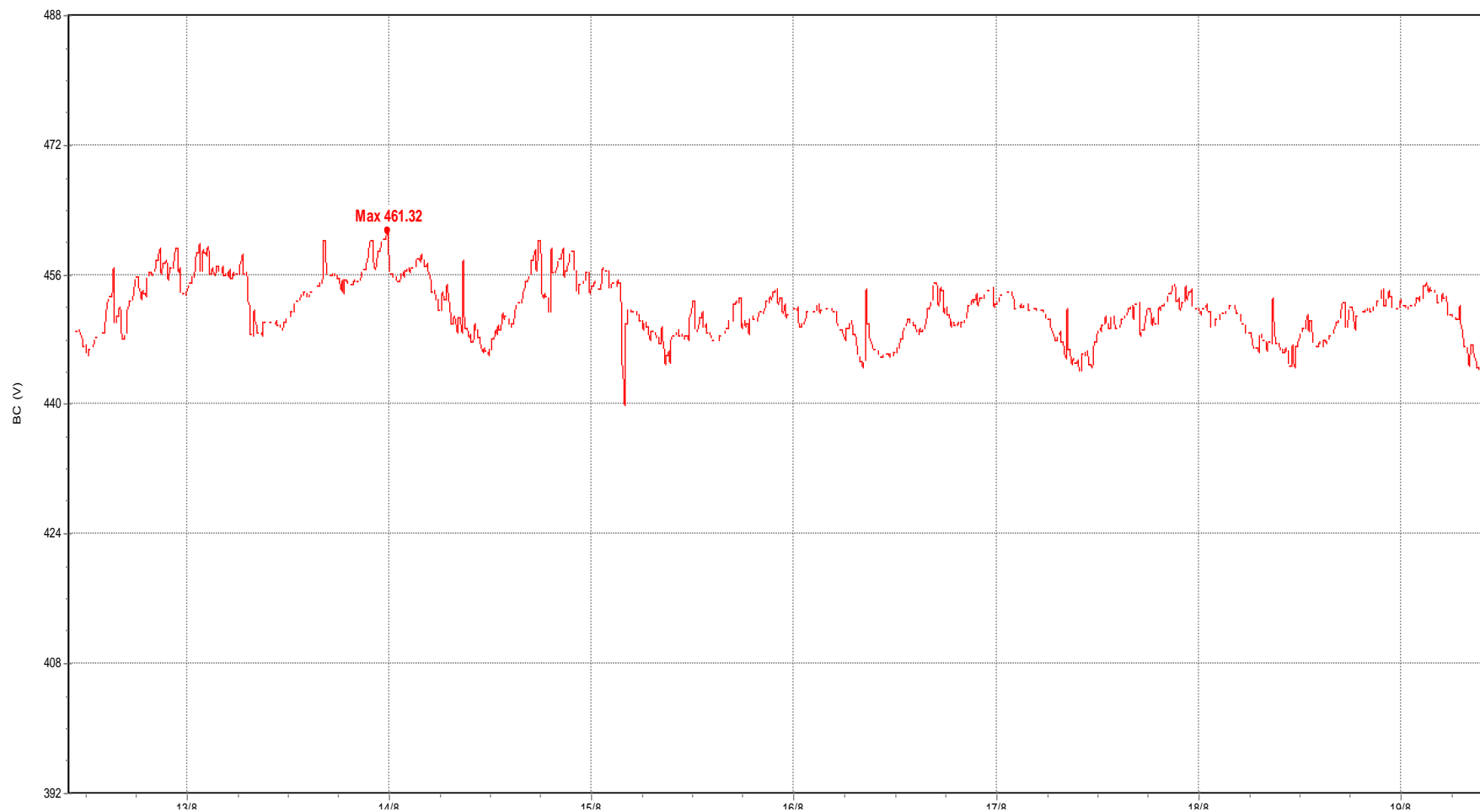


Figura 31, Voltaje RMS entre líneas BC – valor máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

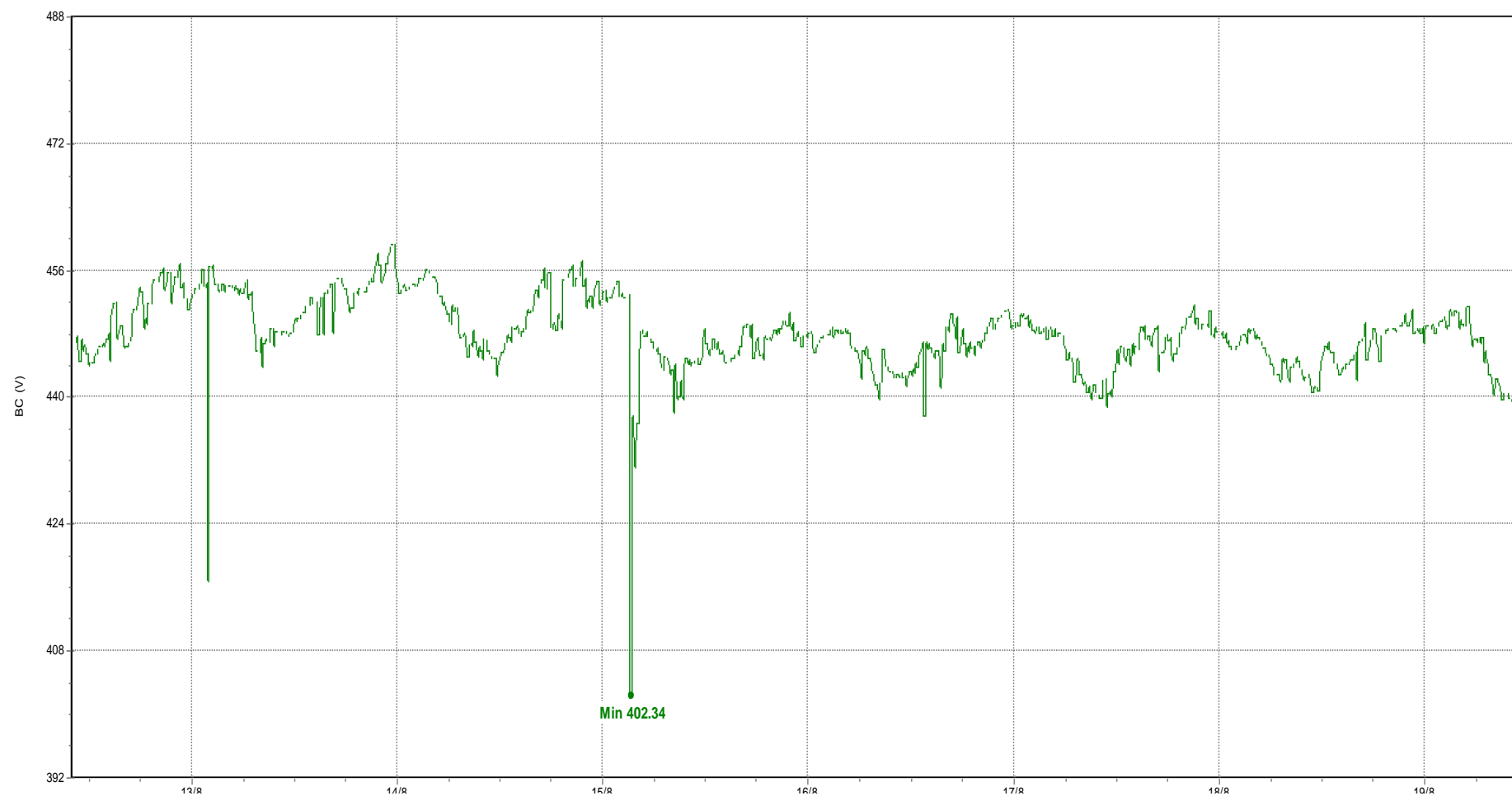


Figura 32, Voltaje RMS entre líneas BC – valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

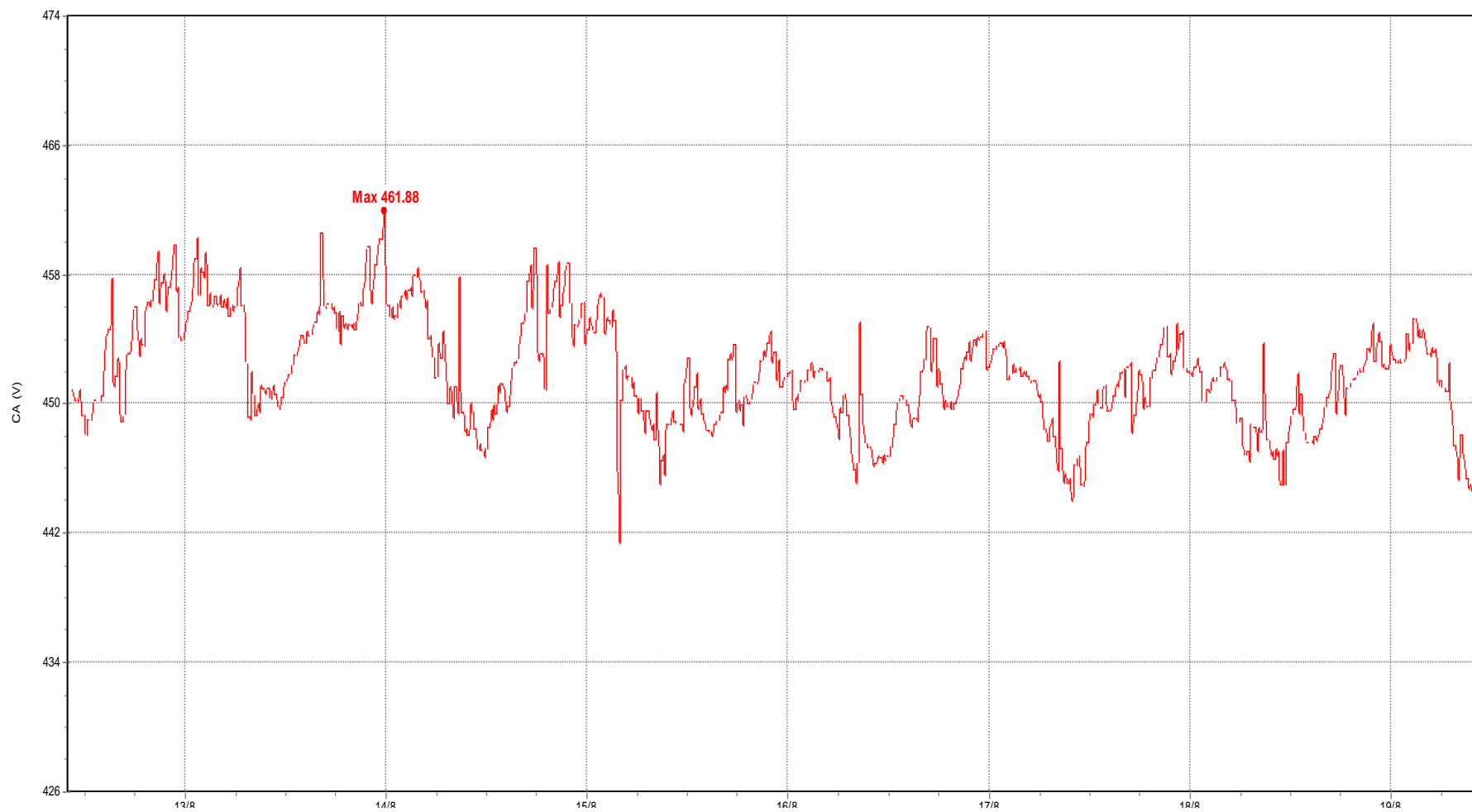


Figura 33, Voltaje RMS entre líneas CA – valor máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

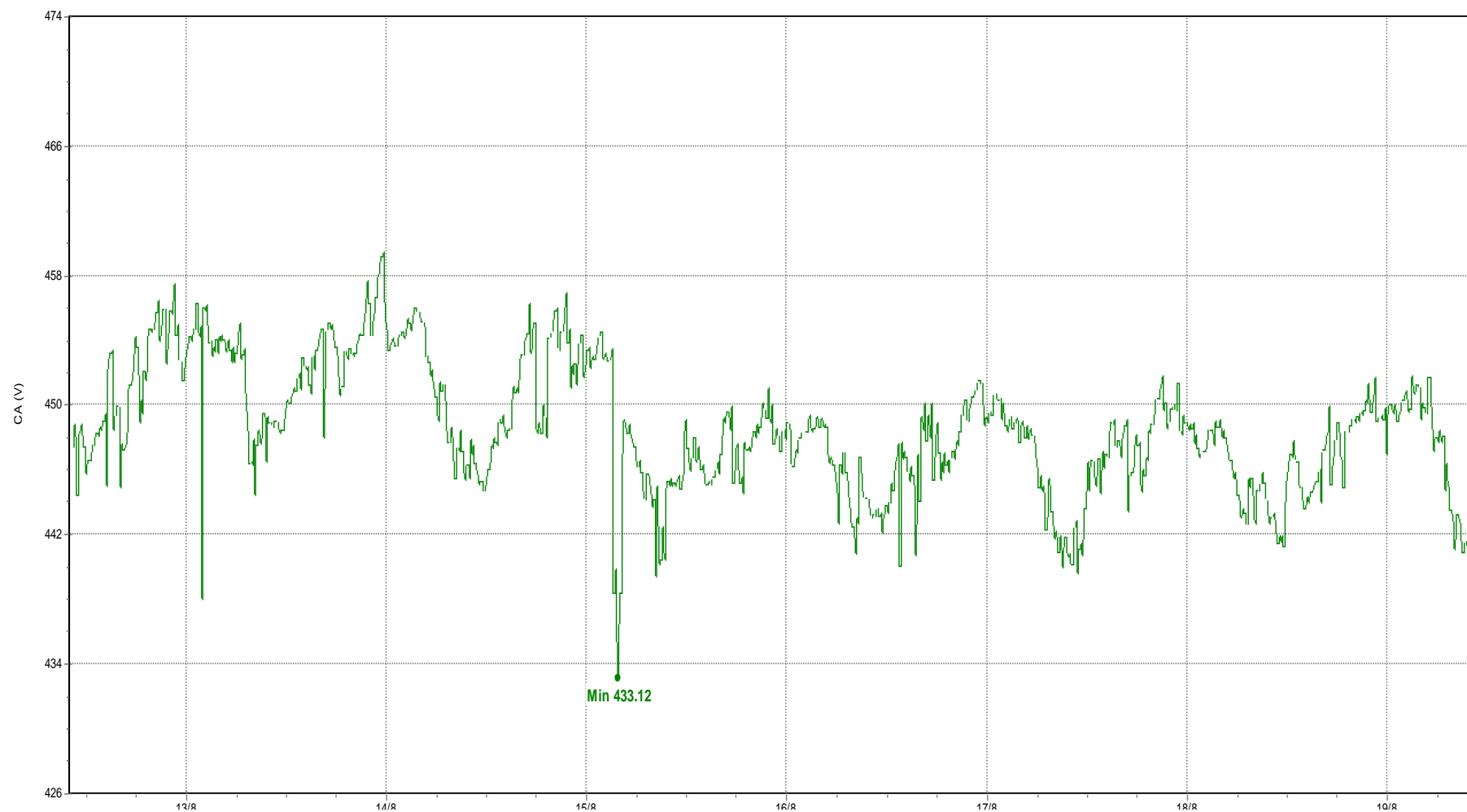


Figura 34, Voltaje RMS entre líneas CA – valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

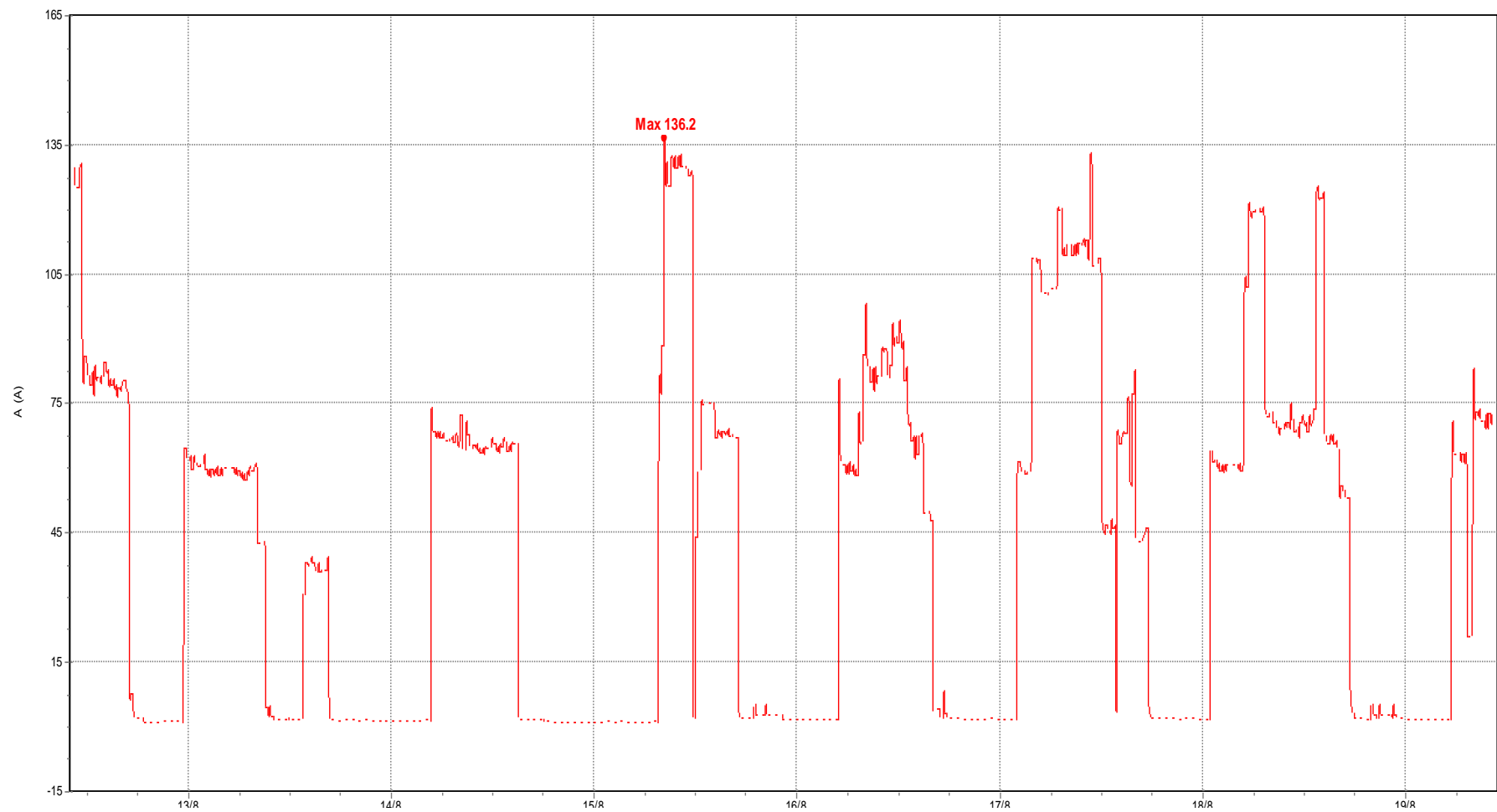


Figura 35, Corriente RMS línea A – valor máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

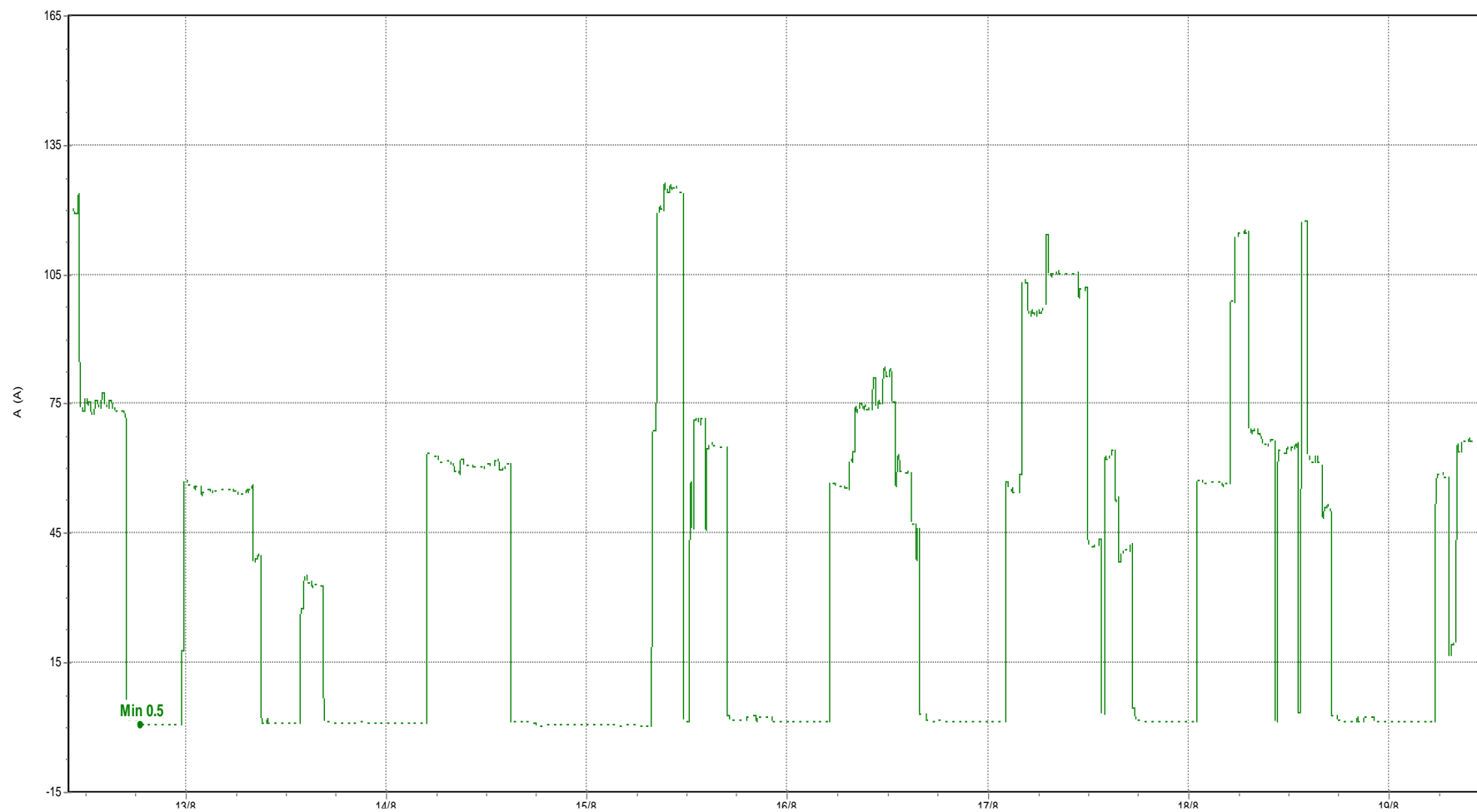


Figura 36, Corriente RMS línea A – valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

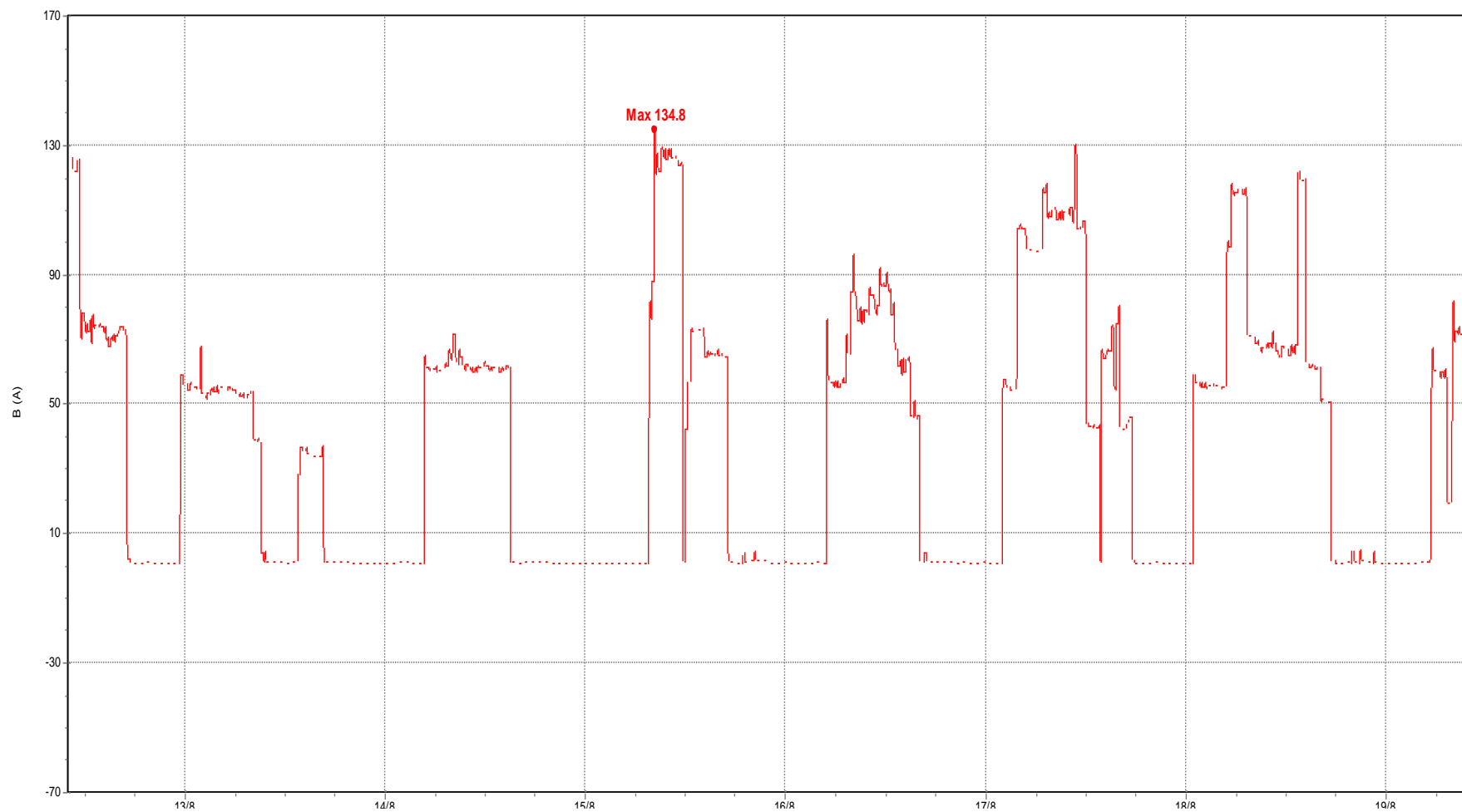


Figura 37, Corriente RMS línea B – valor máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

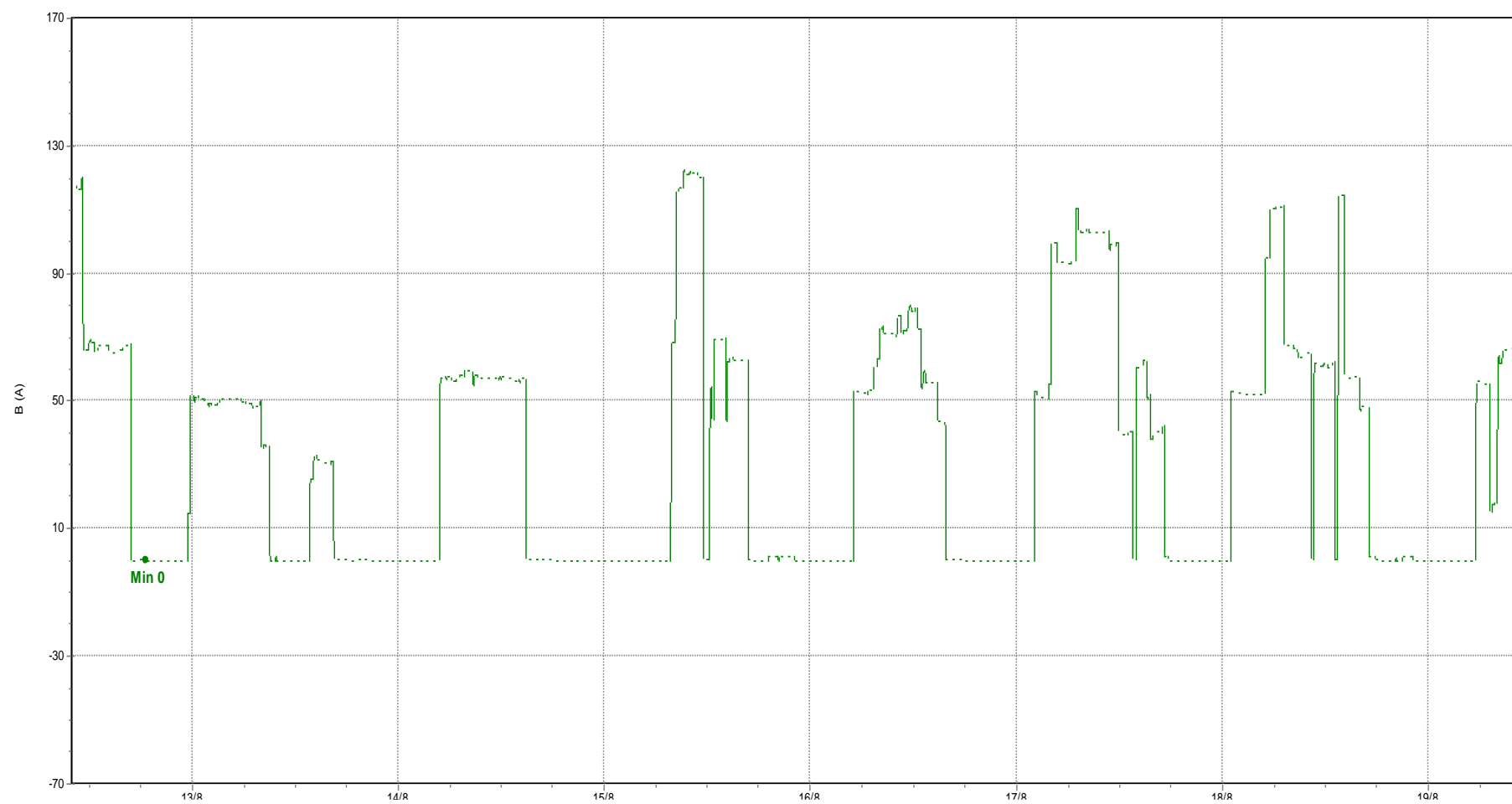


Figura 38, Corriente RMS línea B – valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

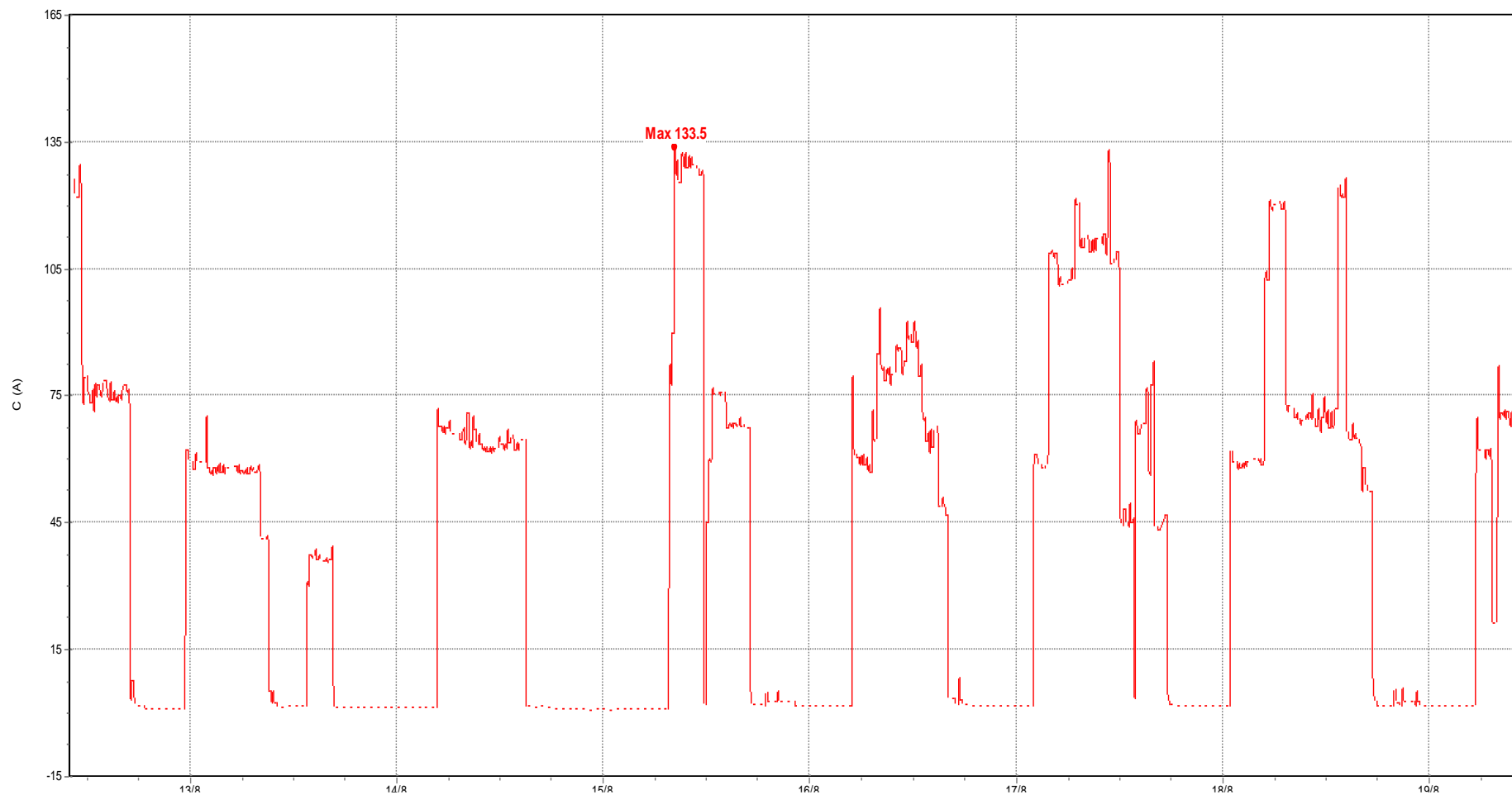


Figura 39, Corriente RMS línea C – valor máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

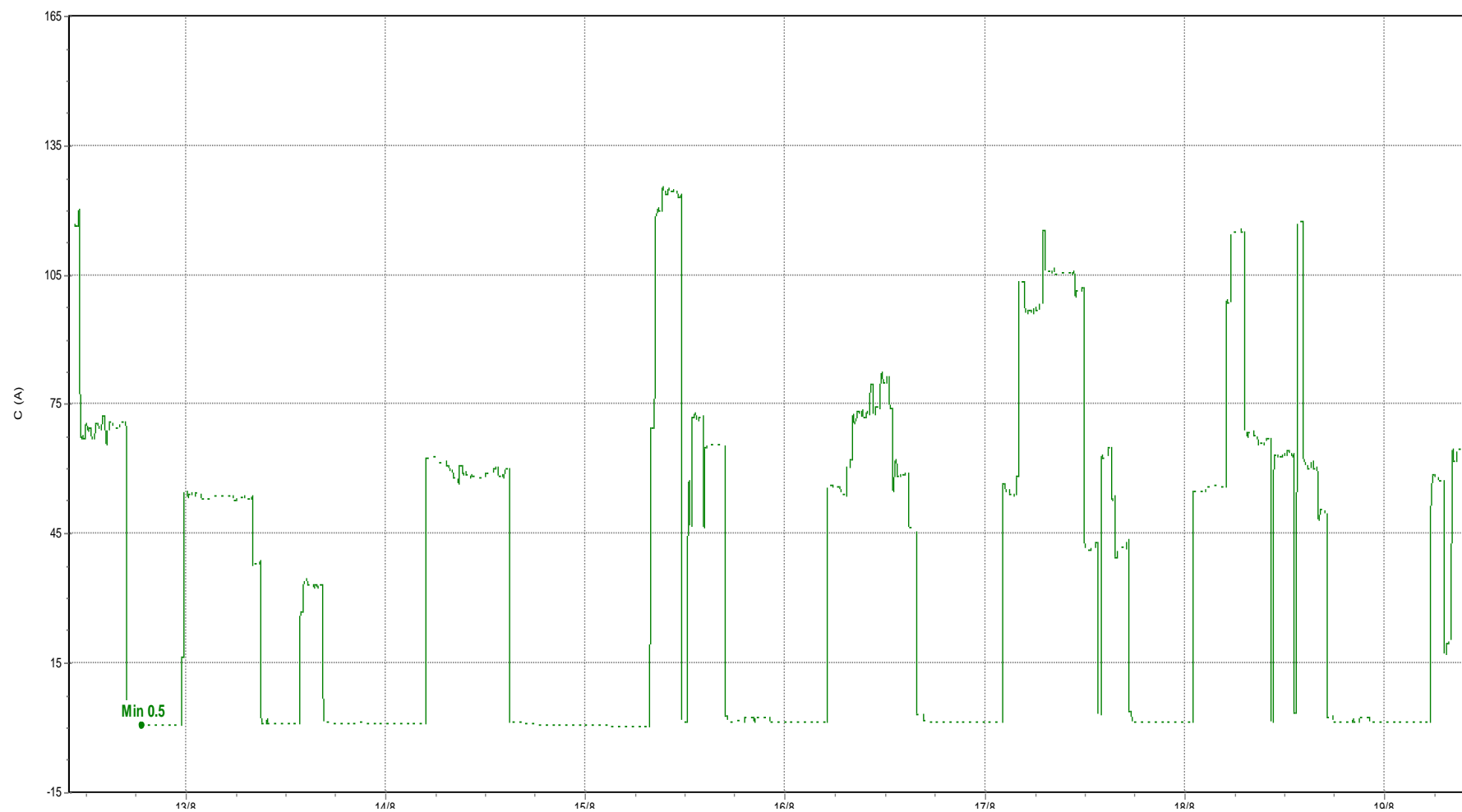


Figura 40, Corriente RMS línea C – valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435 Series II – Power Log 5,3

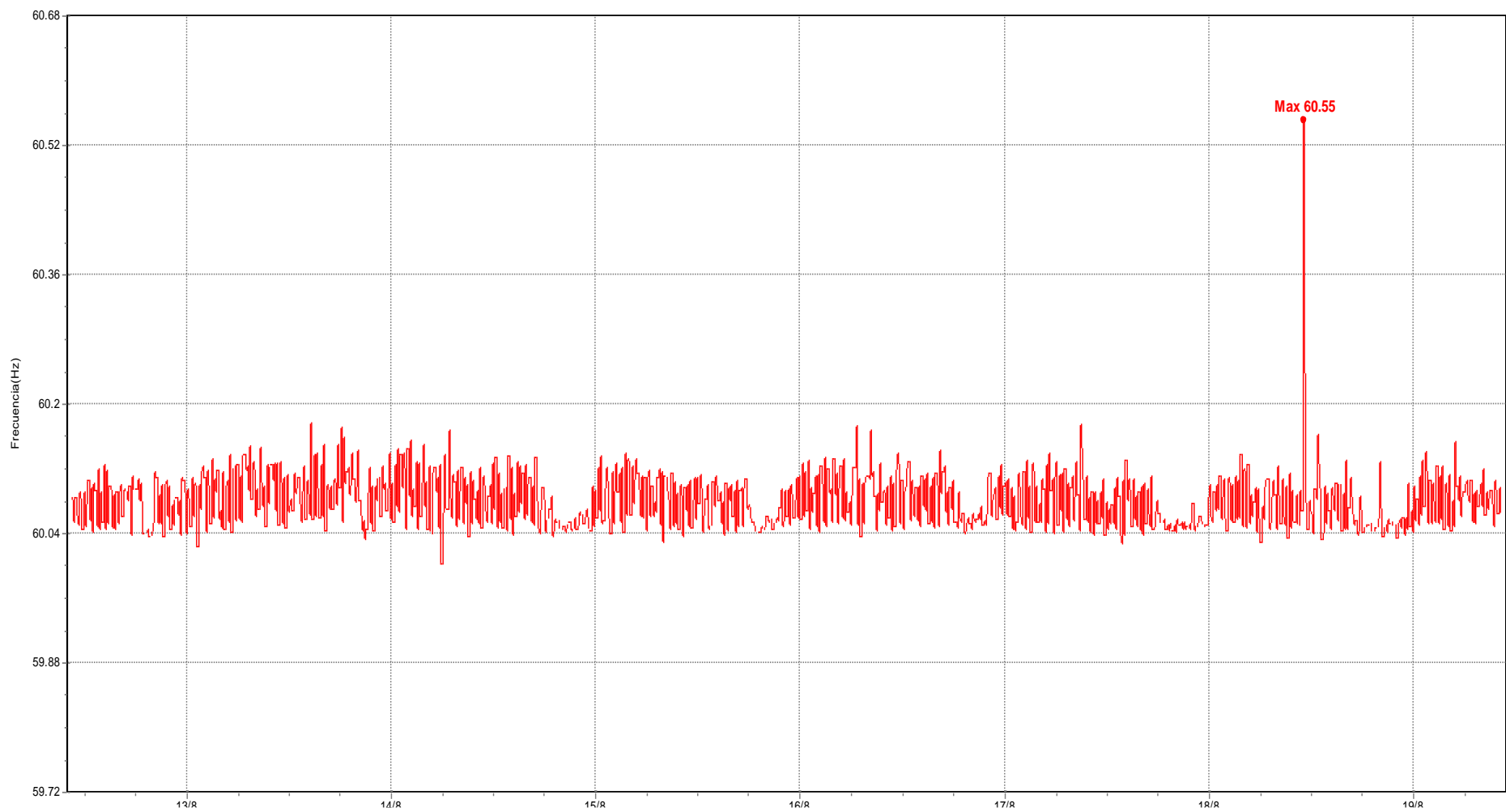


Figura 41, Valor de la Frecuencia en el sistema eléctrico – valor Máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

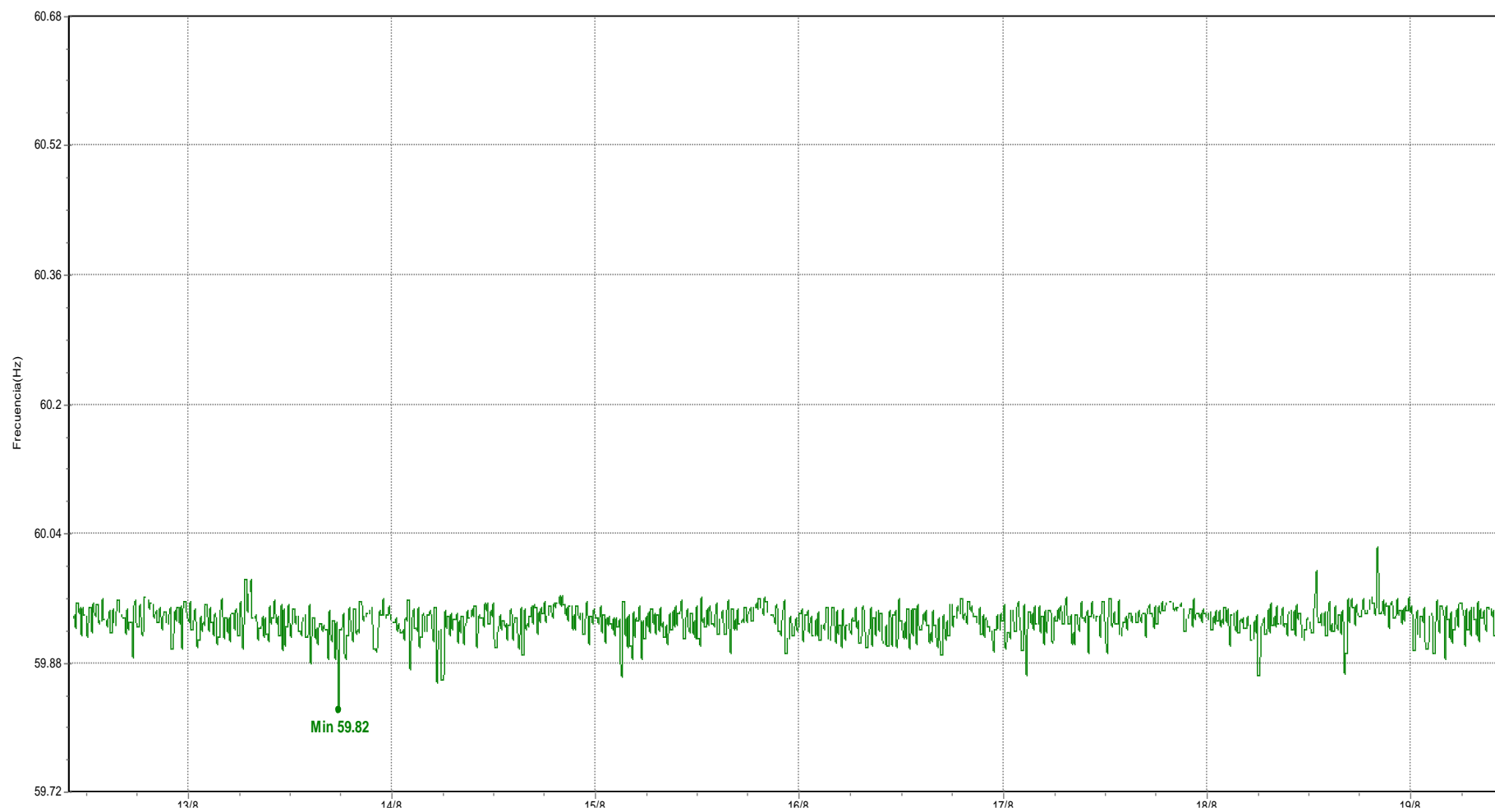


Figura 42, Valor de la Frecuencia en el sistema eléctrico– valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

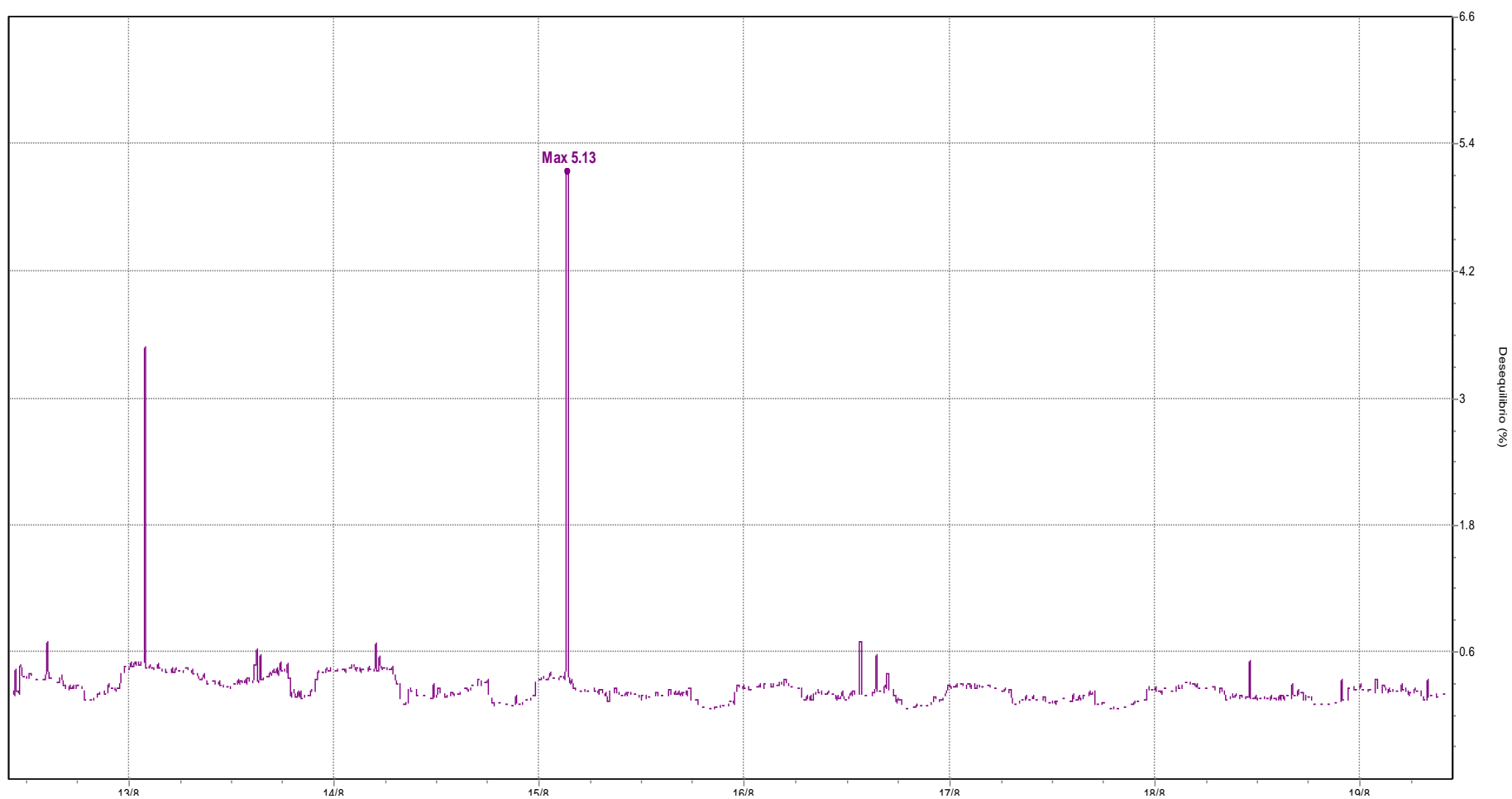


Figura 43, Desbalance del parámetro del voltaje – máximo valor

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

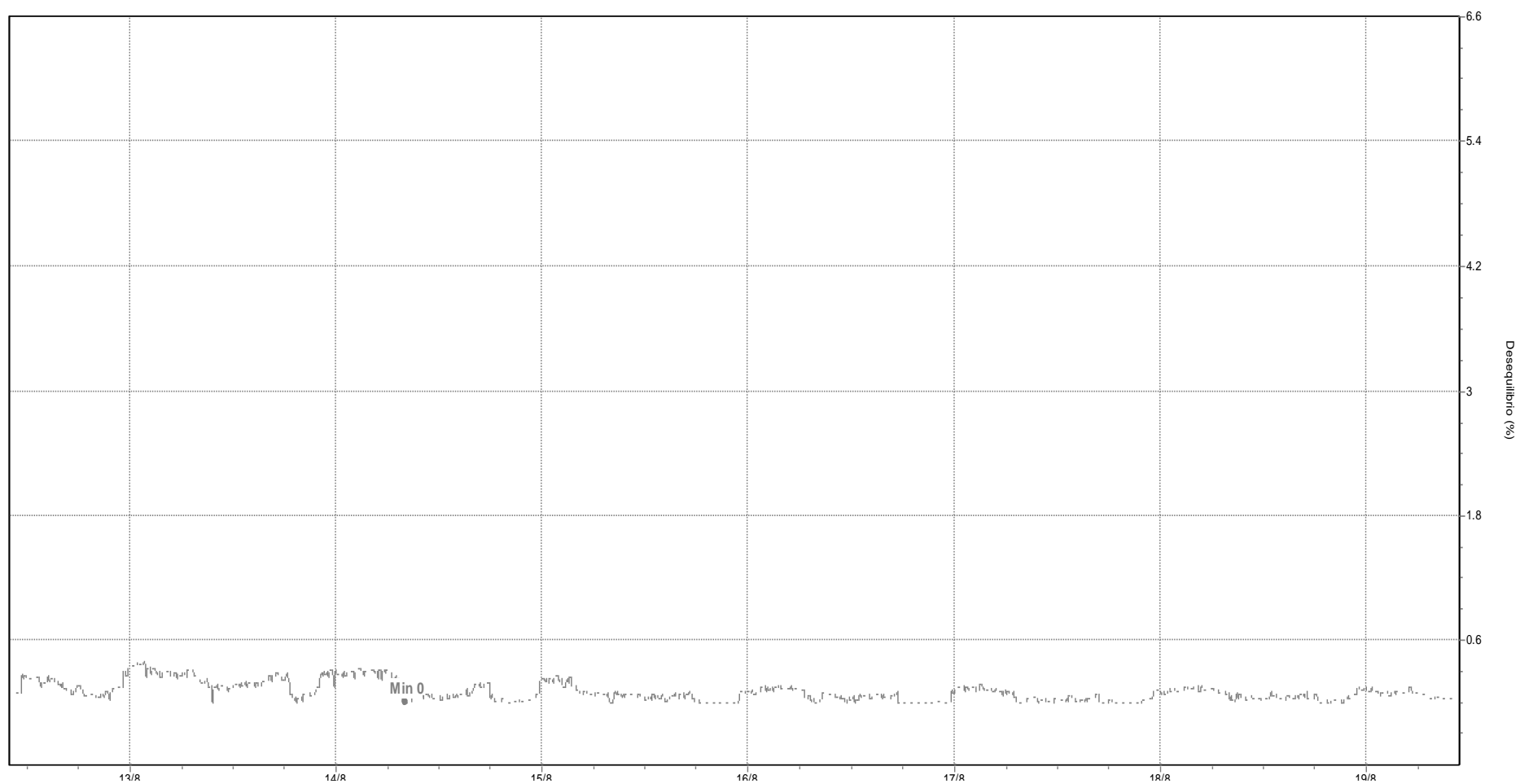


Figura 44, Desbalance del Parámetro del voltaje – valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

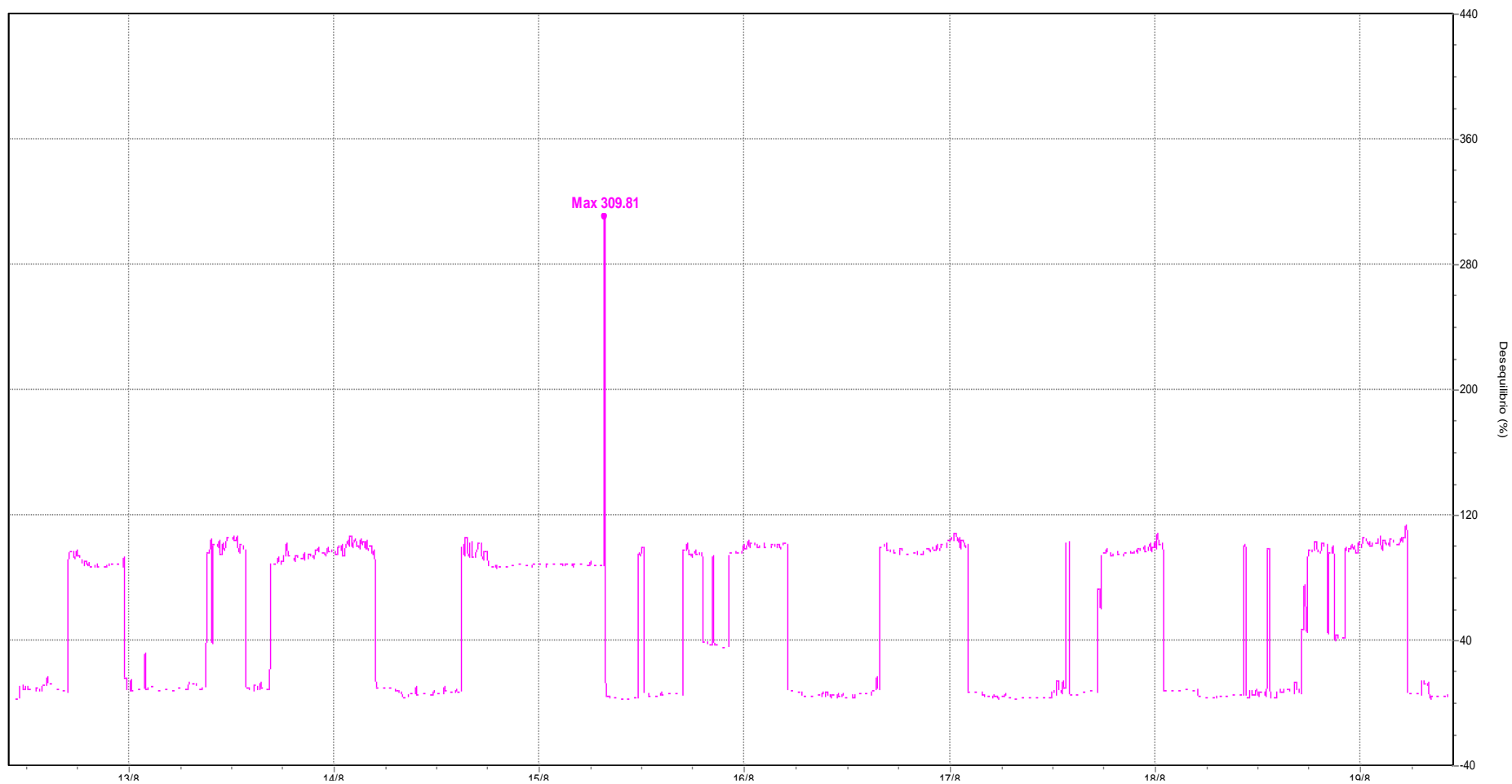


Figura 45, Desbalance del parámetro de corriente – máximo valor

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

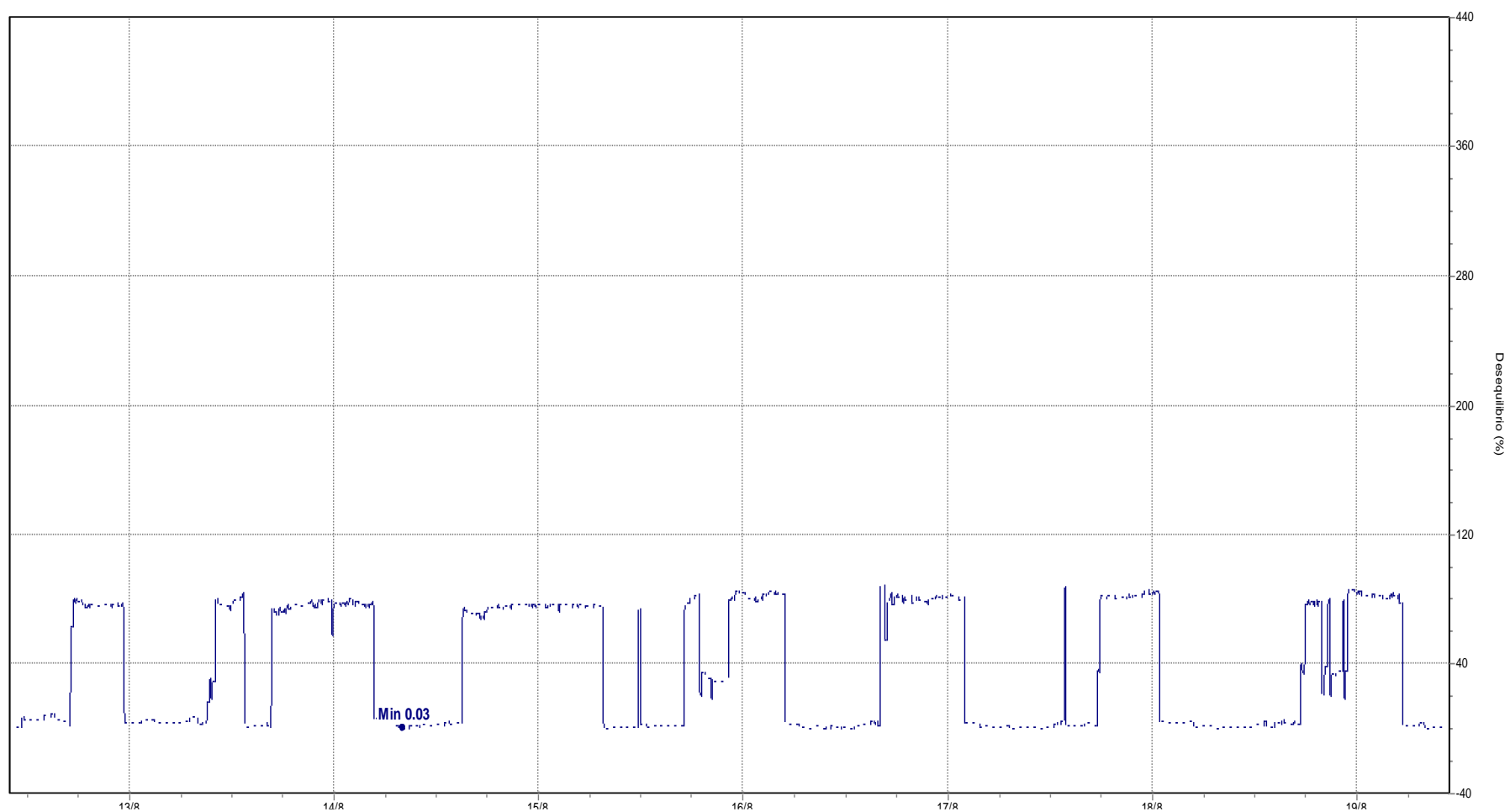


Figura 46, Desbalance del parámetro de la corriente – valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

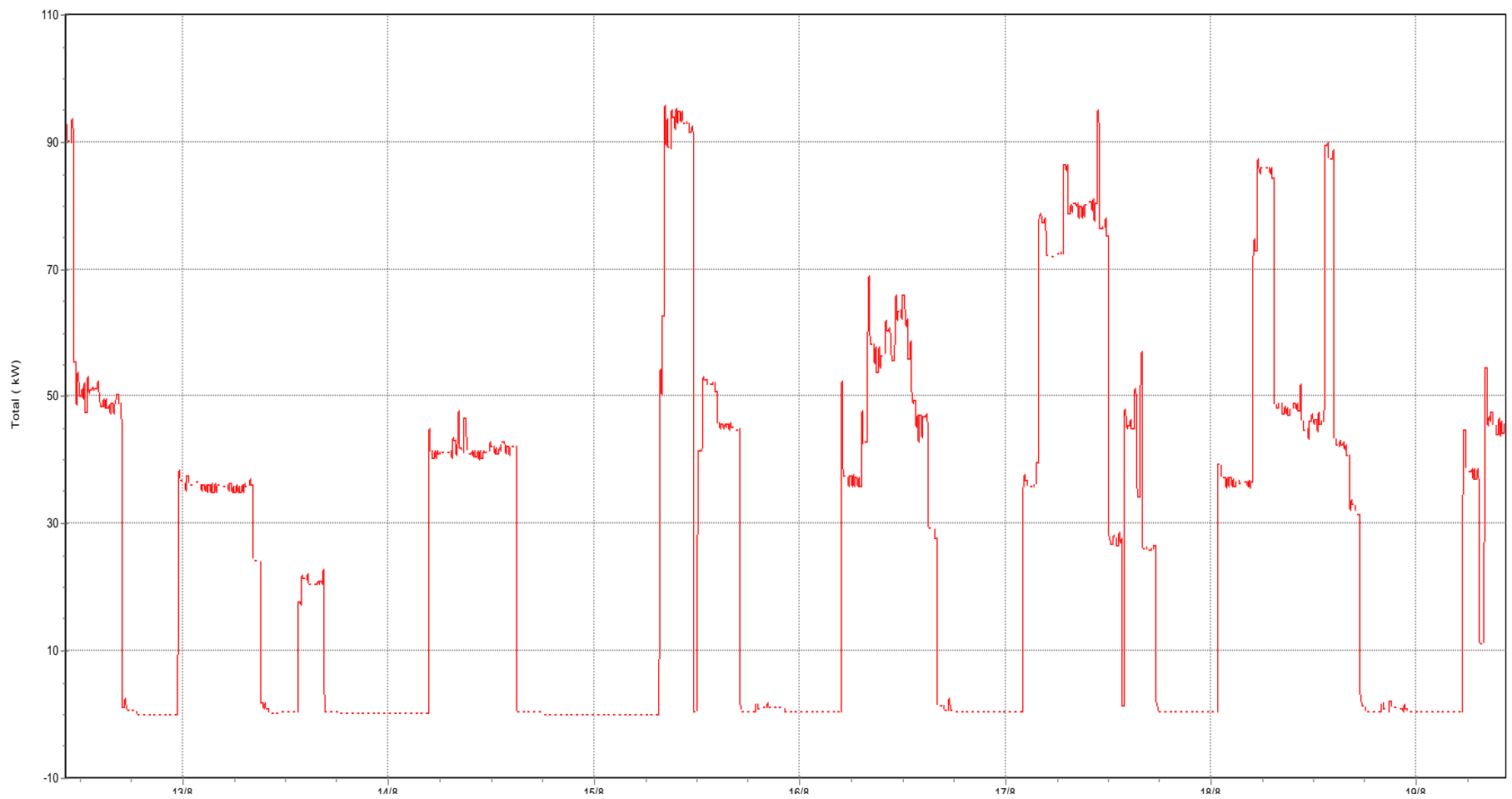


Figura 47, Valor de la Potencia activa total – valor Máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

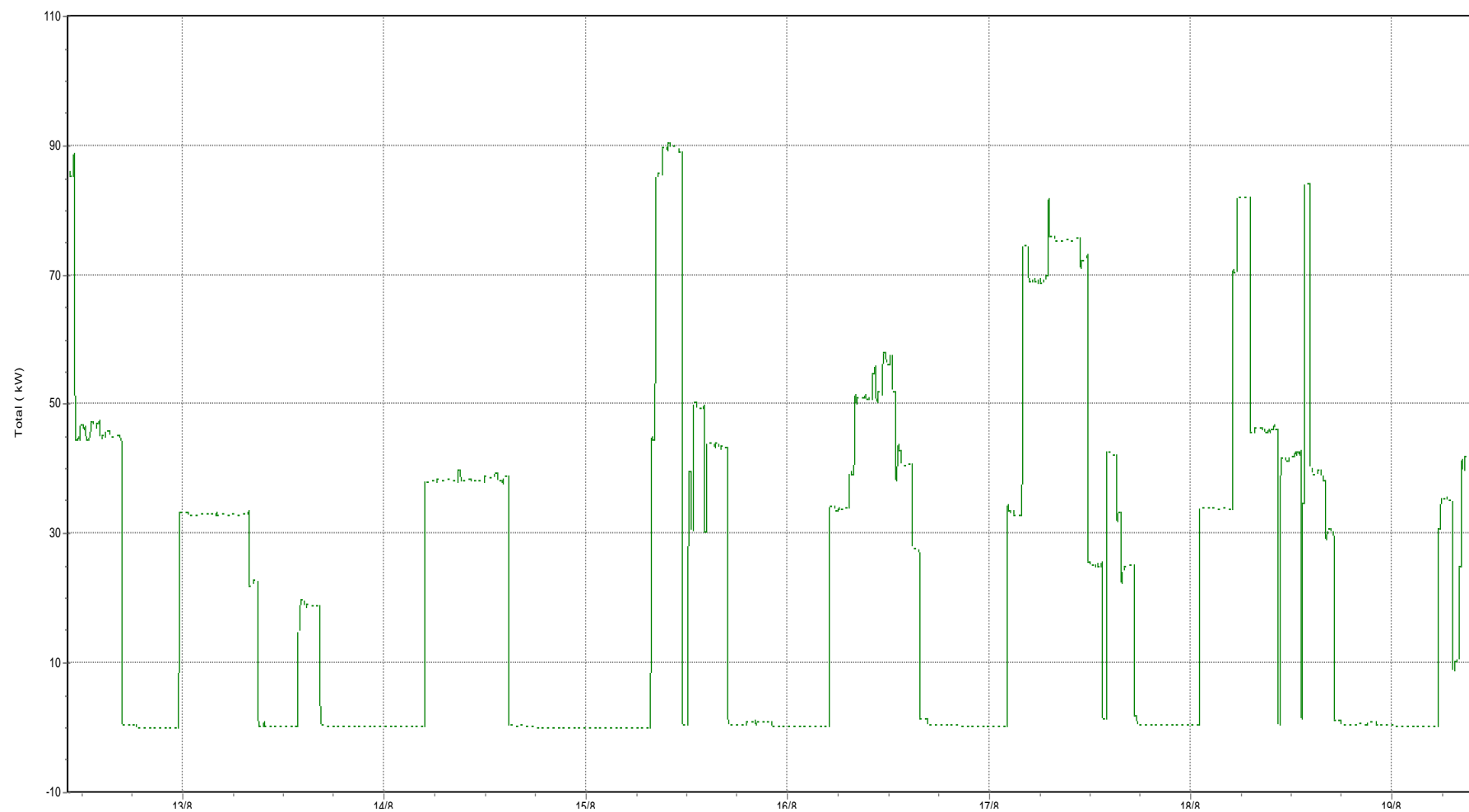


Figura 48, Valor de la Potencia activa total – valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

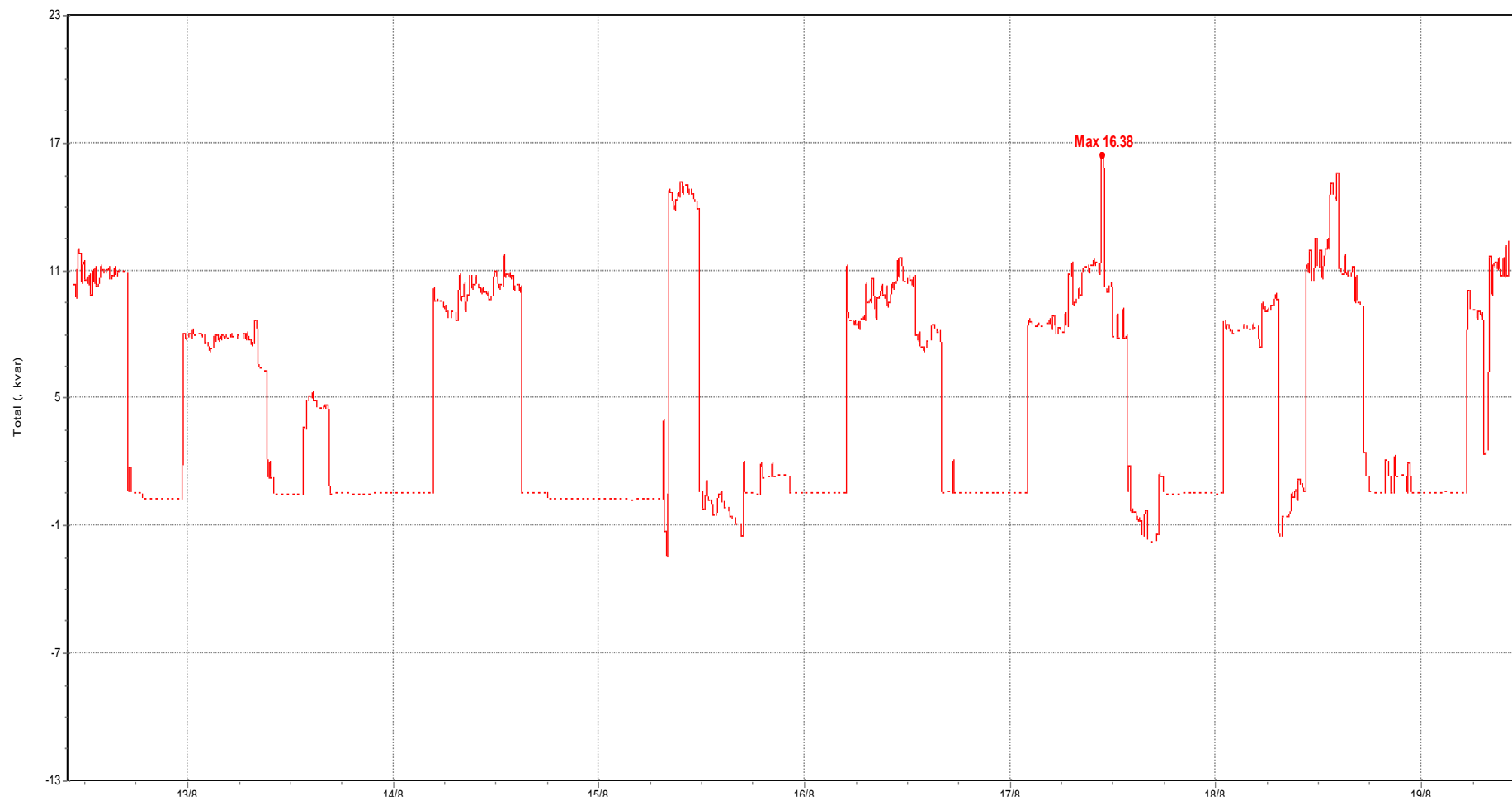


Figura 49, Valor de la Potencia reactiva total – Máximo valor
Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

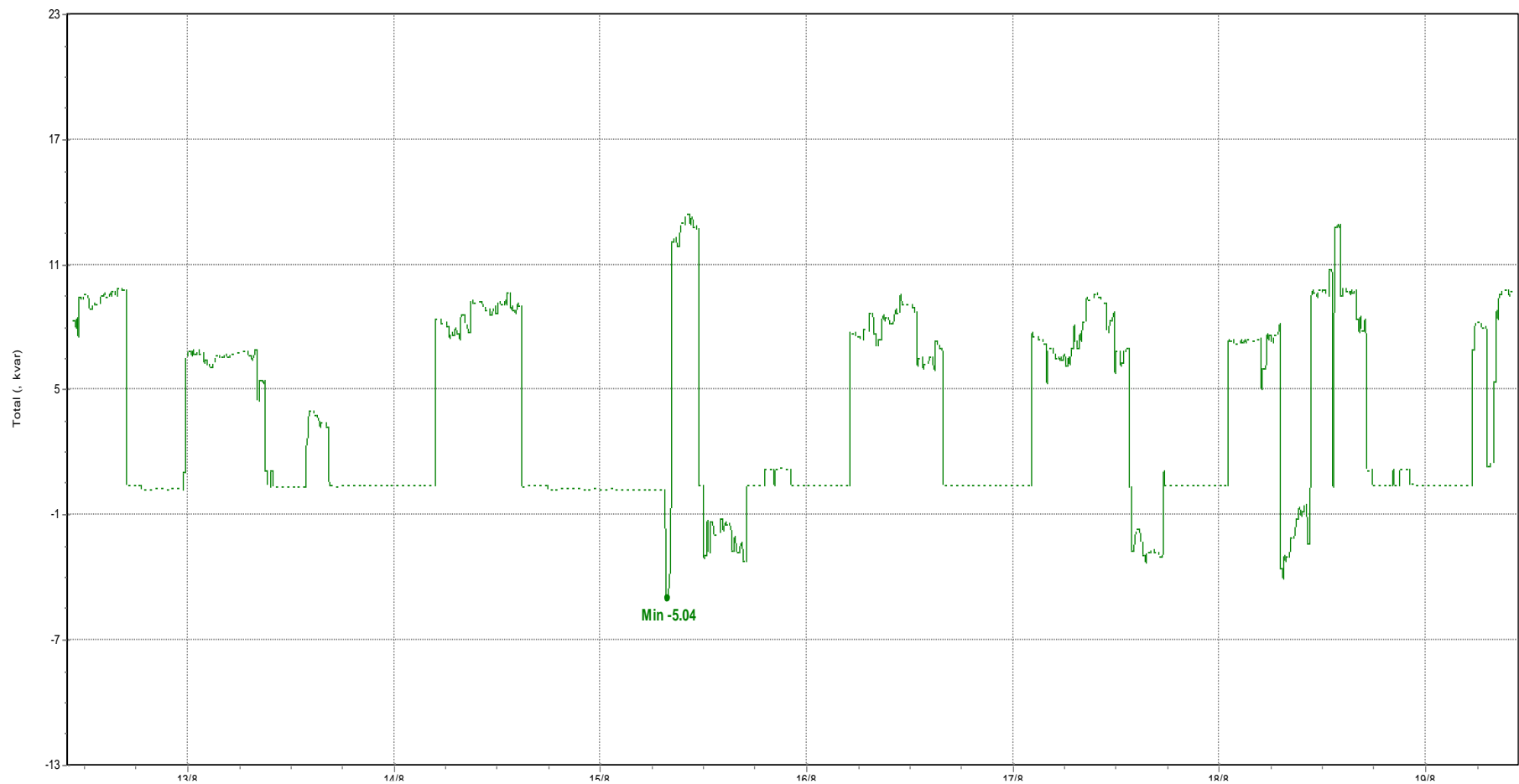


Figura 50, Valor de la Potencia reactiva total – valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

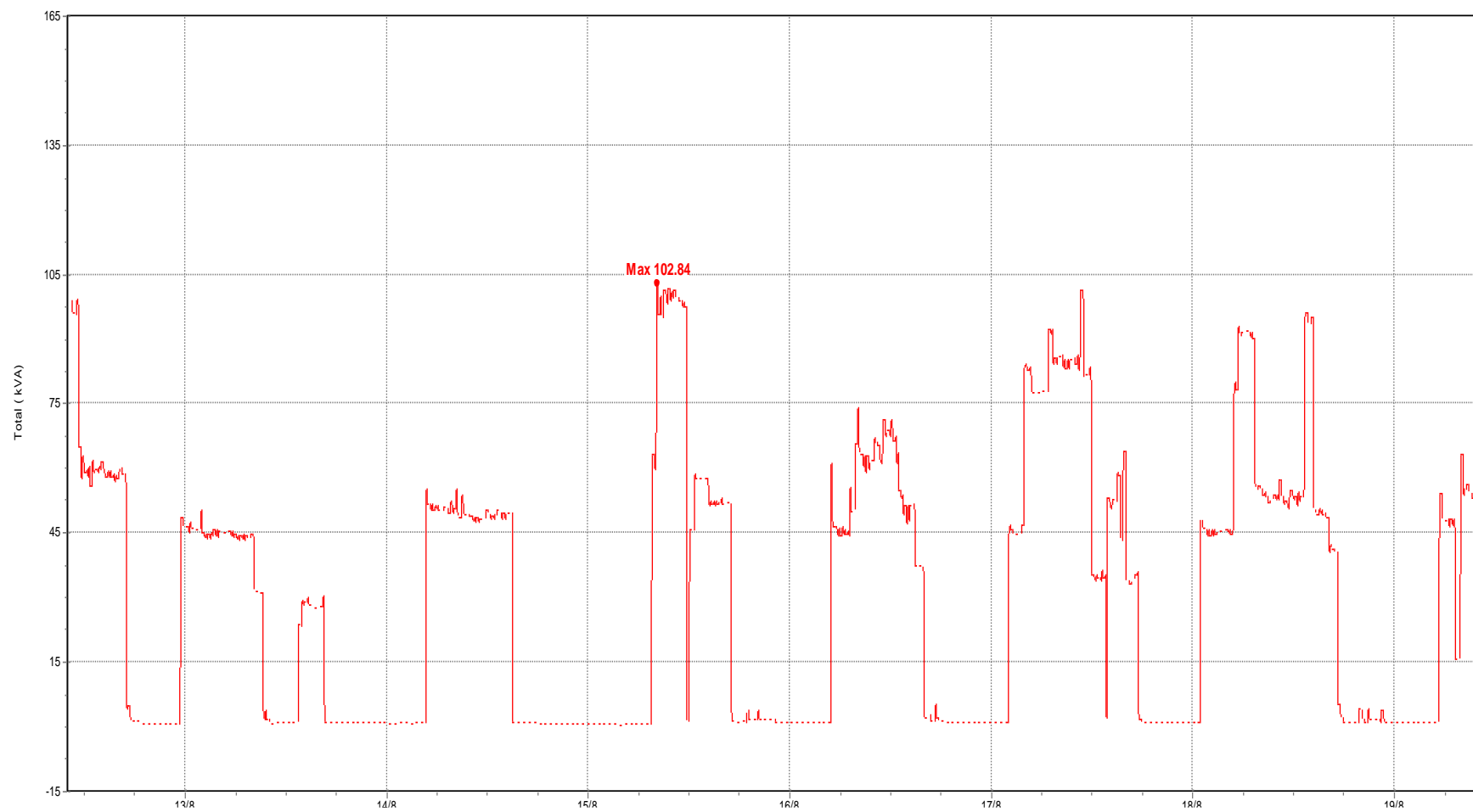


Figura 51, Valor de la Potencia aparente total – máximo valor
Fuente: Analizador Fluke, modelo 435, Series II – Power Log 5,3

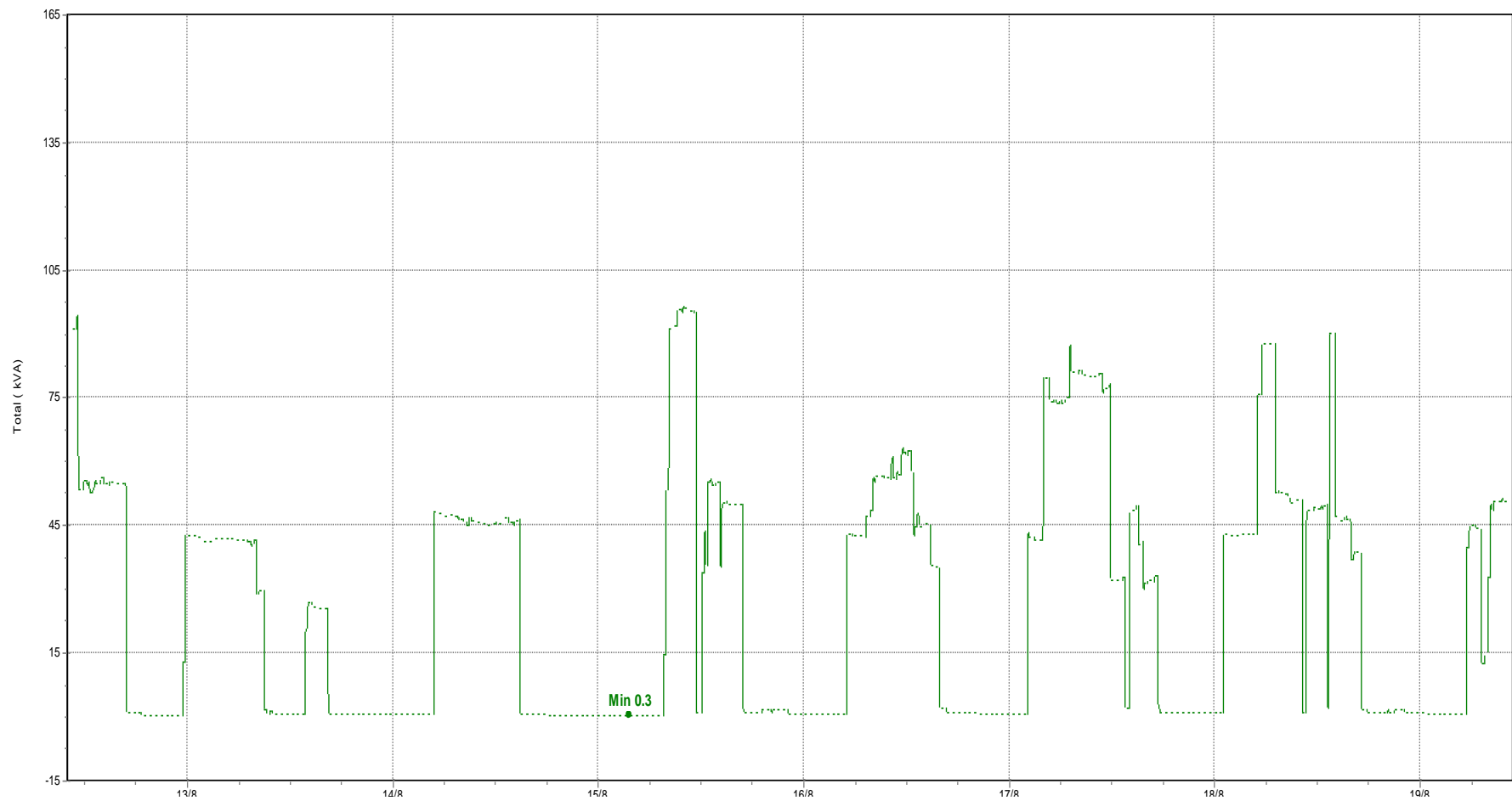


Figura 52, Valor de la Potencia aparente total – valor mínimo
Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

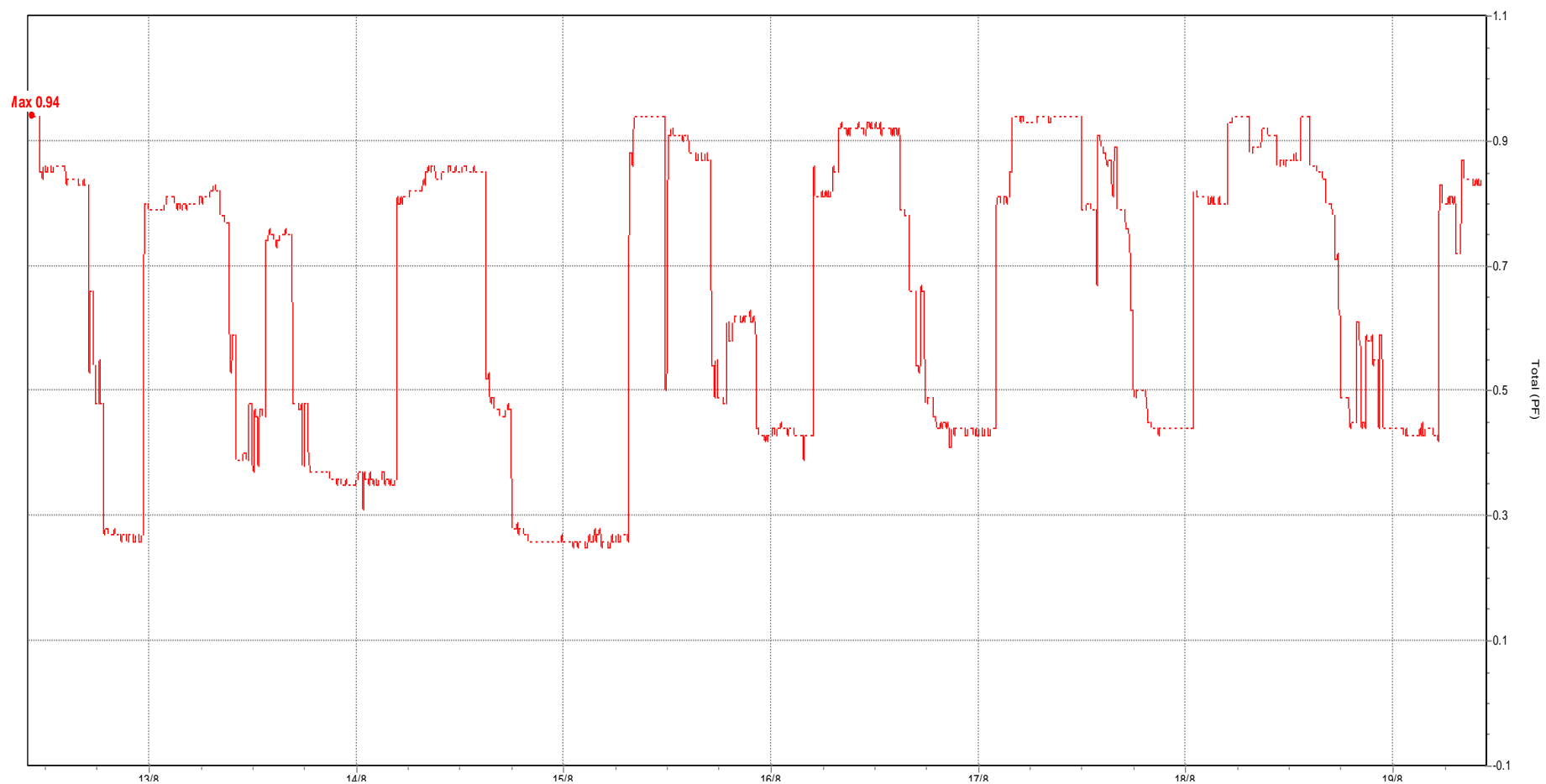


Figura 53, Valor del Factor de potencia total – máximo Valor
Fuente: Analizador Fluke, modelo 435, Series II – Power Log 5,3

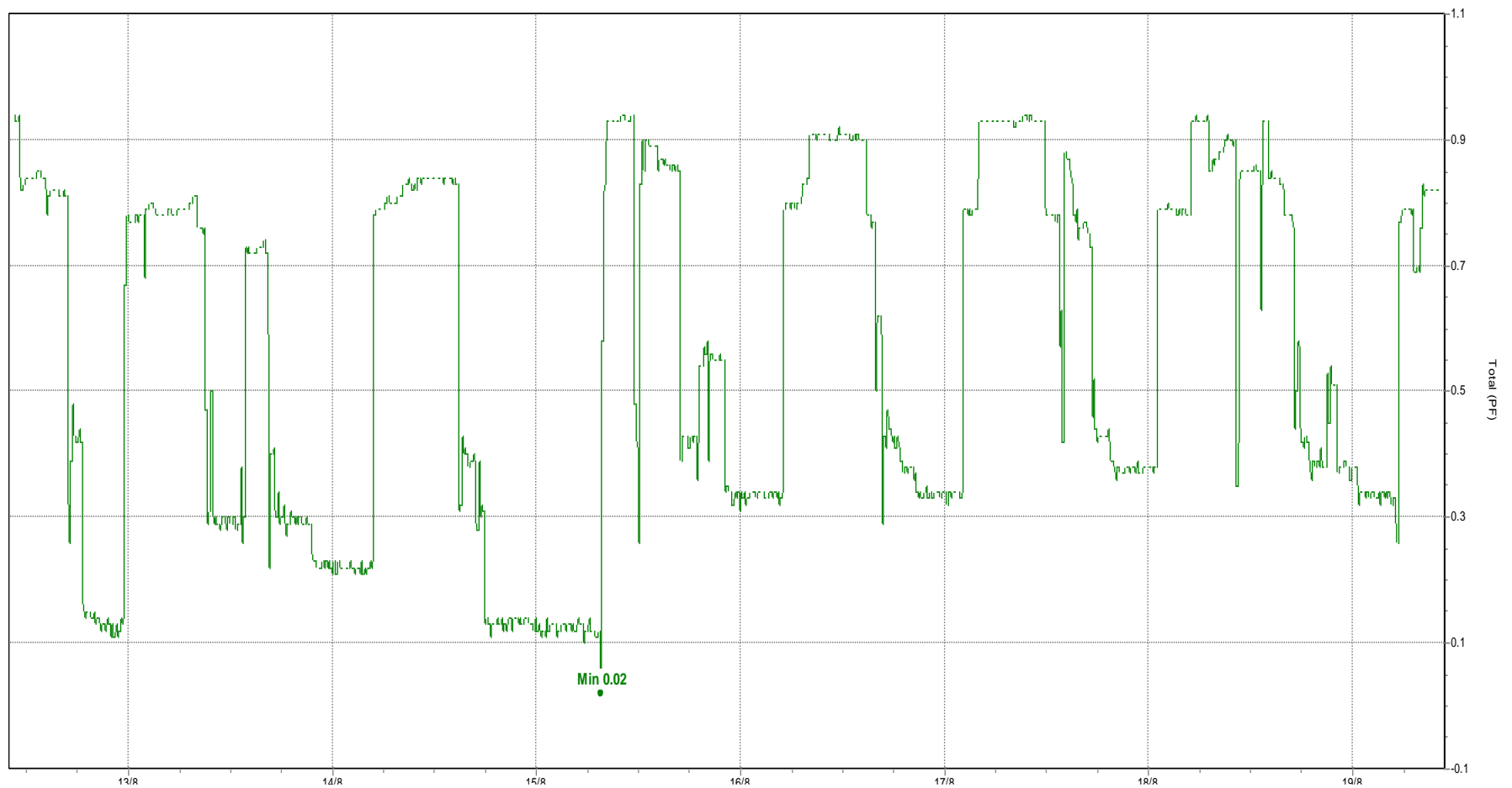


Figura 54, Valor del Factor de la potencia total – valor mínimo
Fuente: Analizador Fluke, modelo 435, Series II – Power Log 5,3

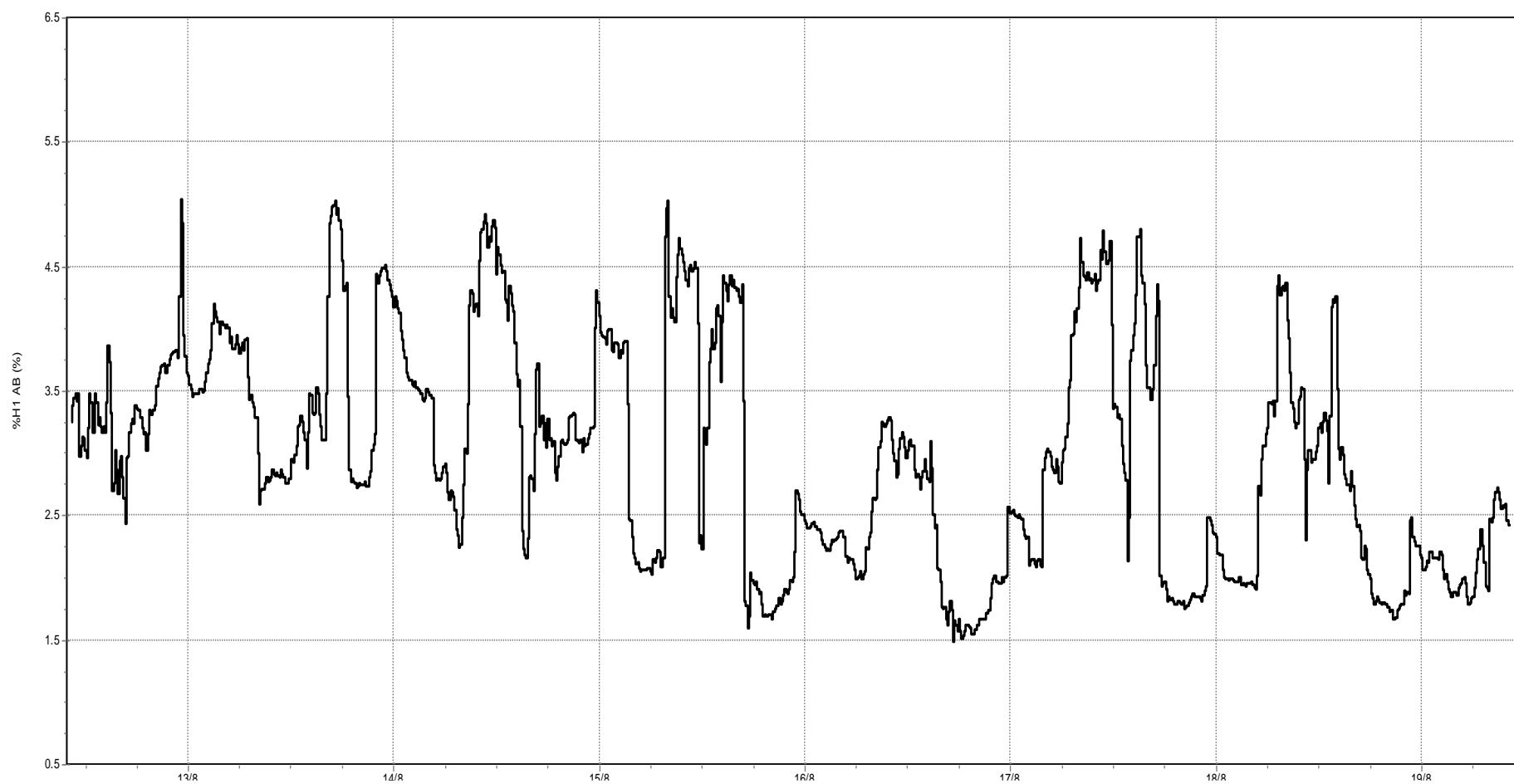


Figura 55, Valor de Distorsión armónica total del voltaje entre las fases AB

Fuente: Analizador Fluke, modelo 435, Series II – Power Log 5,3

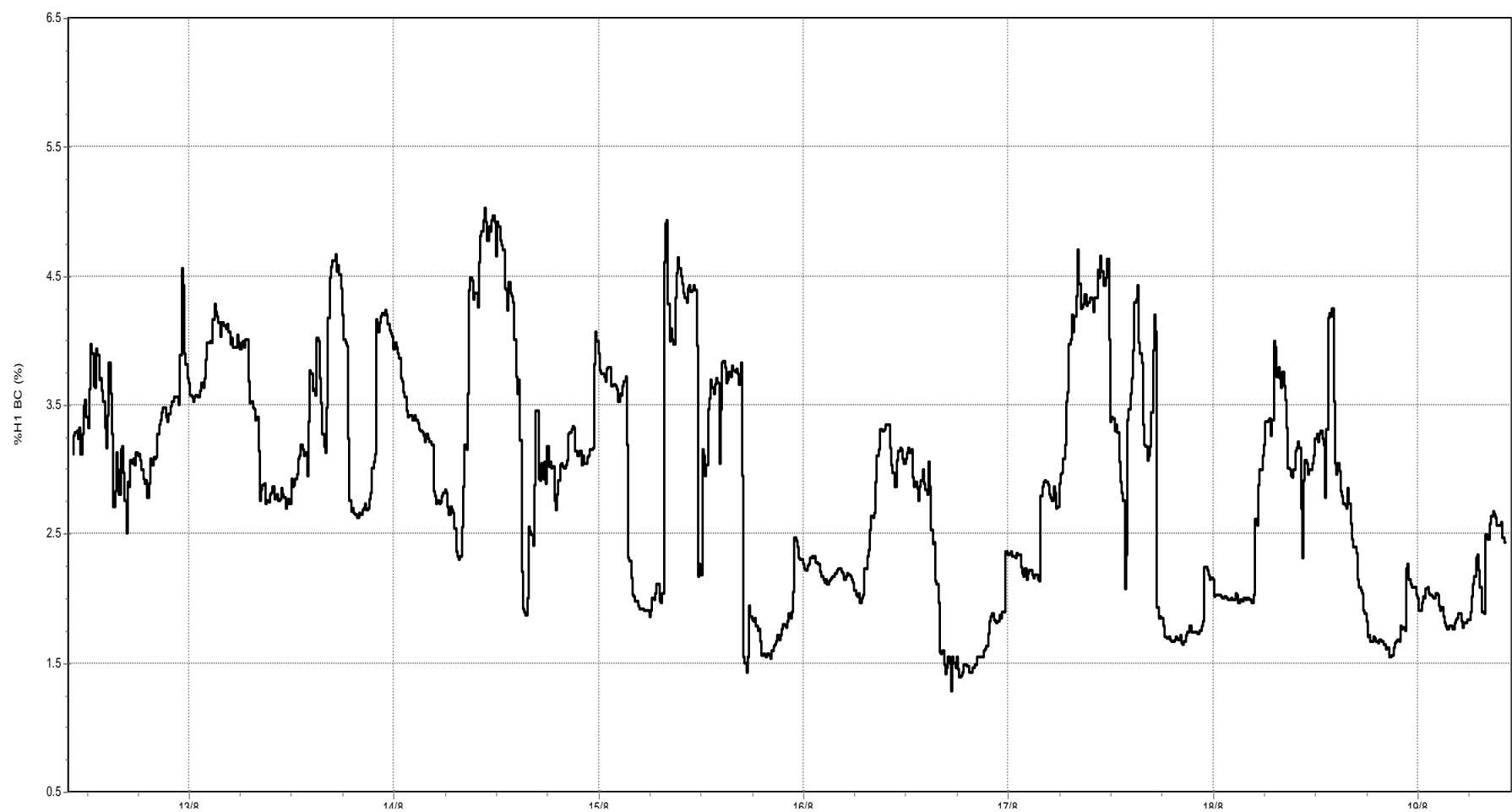


Figura 56, Valor de Distorsión armónica total del voltaje entre las fases BC

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

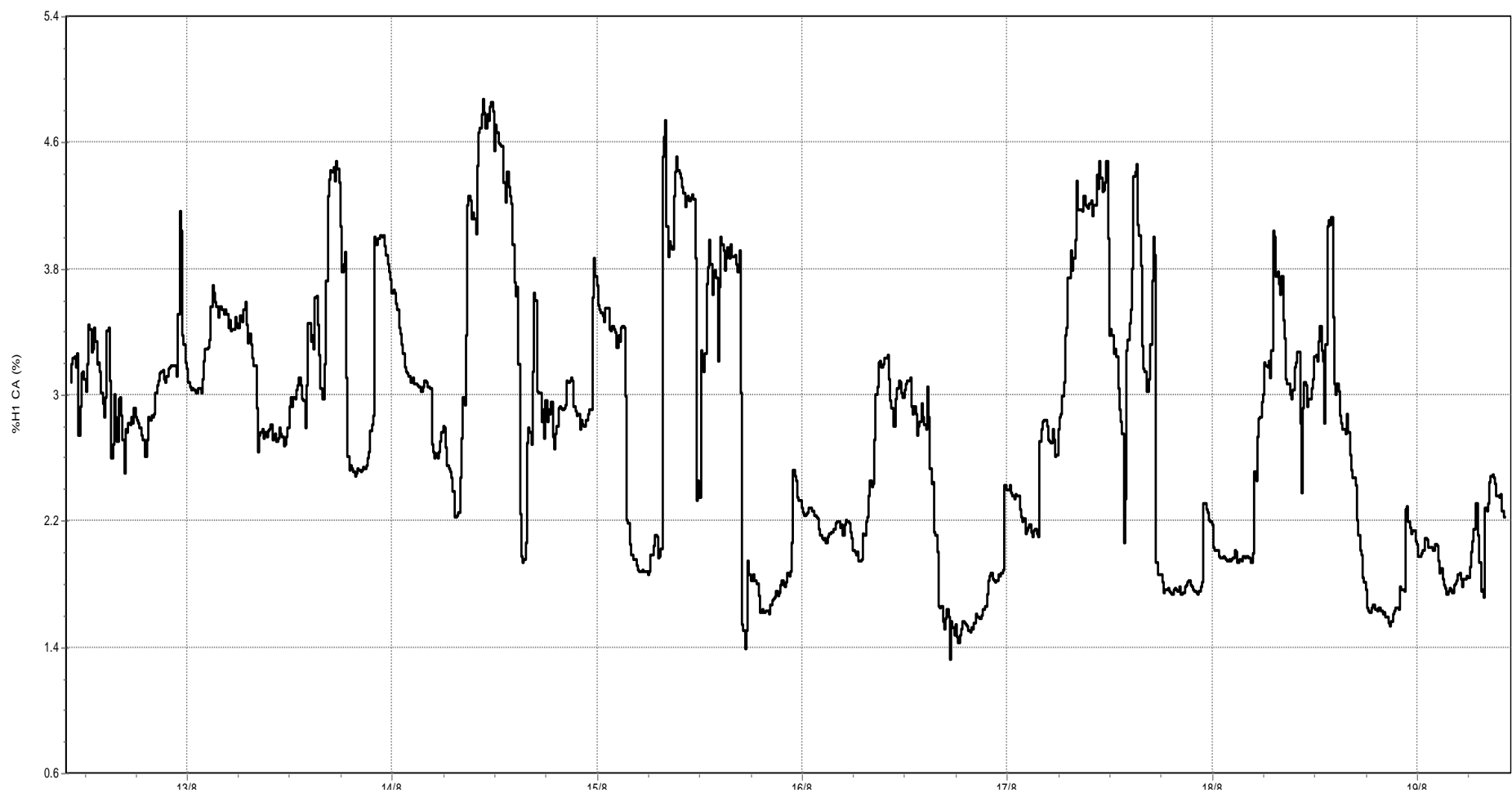


Figura 57, Valor de la Distorsión armónica total del voltaje entre las fases CA

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

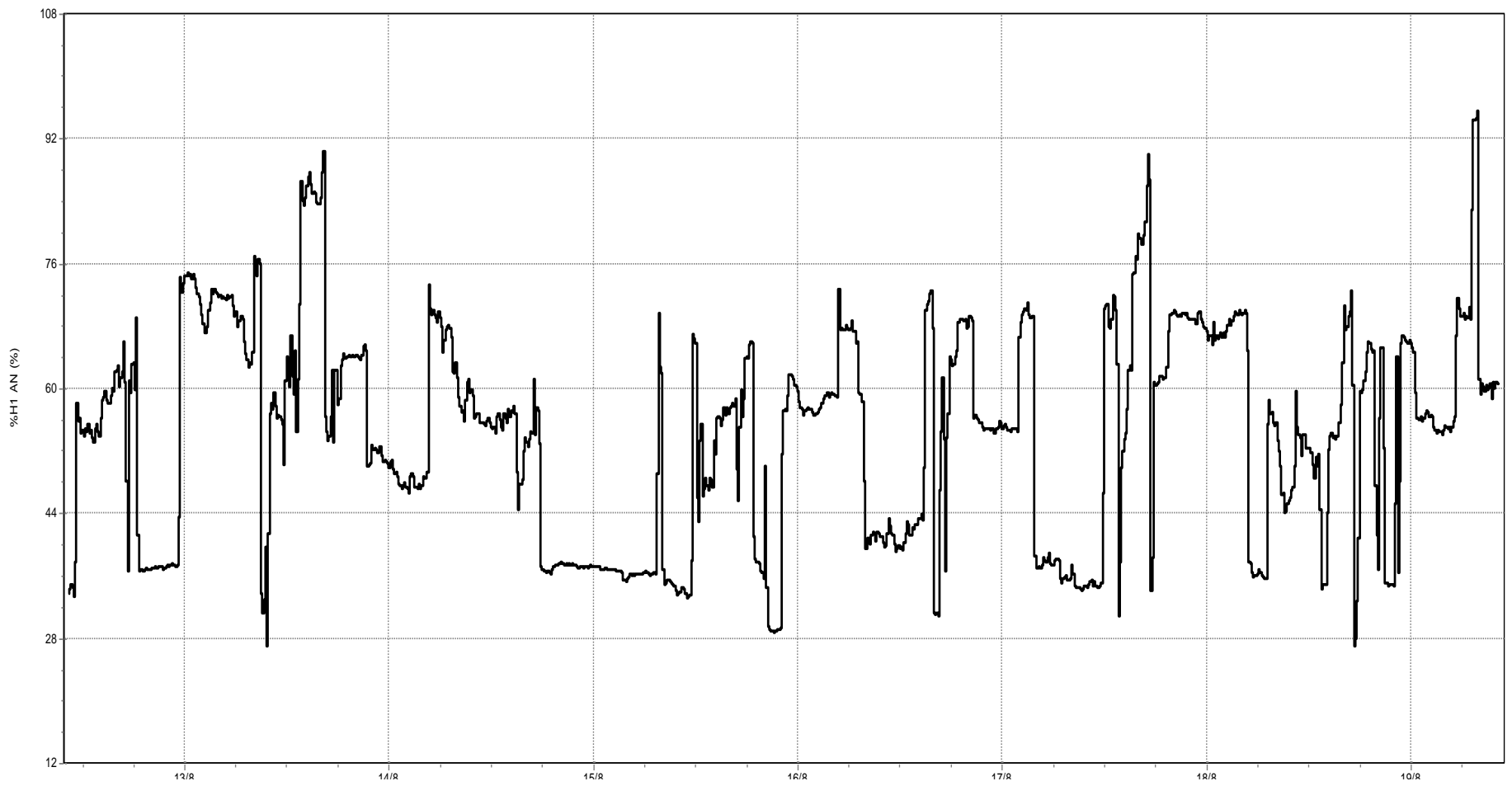


Figura 58, Valor de la Distorsión total de armónicas de la corriente de la fase A

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

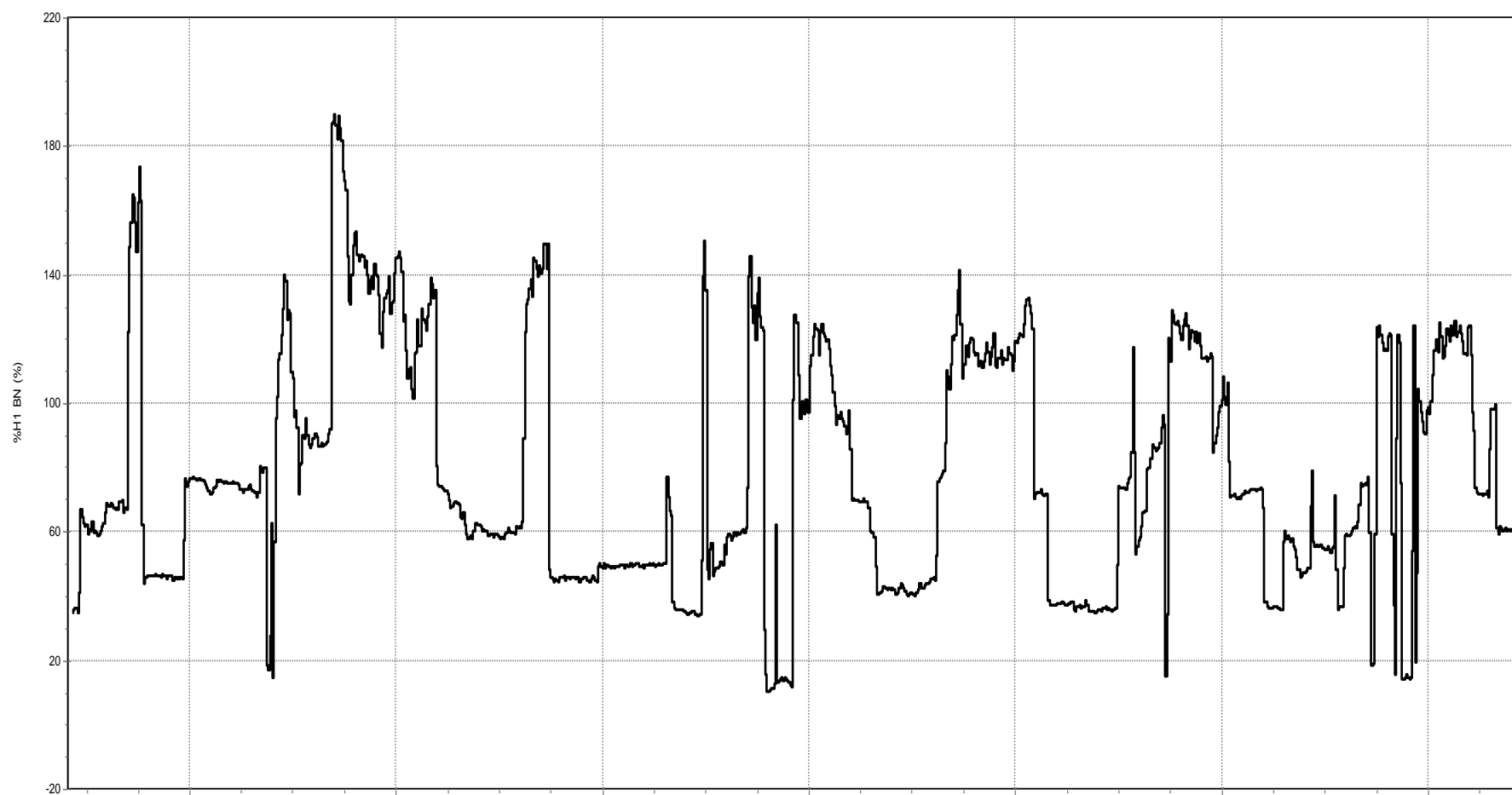


Figura 59, Valor de la Distorsión total de armónicas de la corriente en la fase B

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

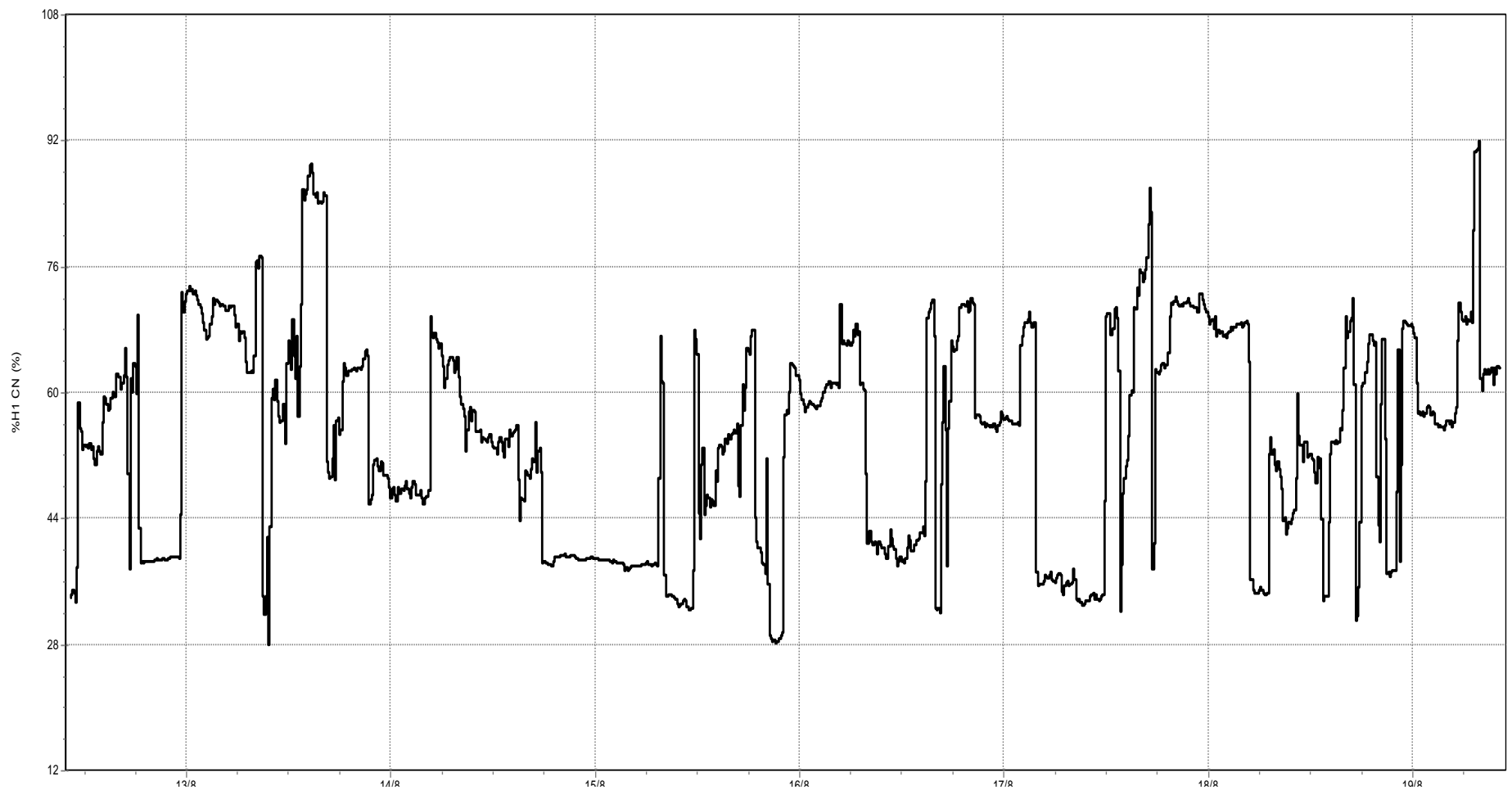


Figura 60, Valor de Distorsión armónica total de la corriente de la fase C

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

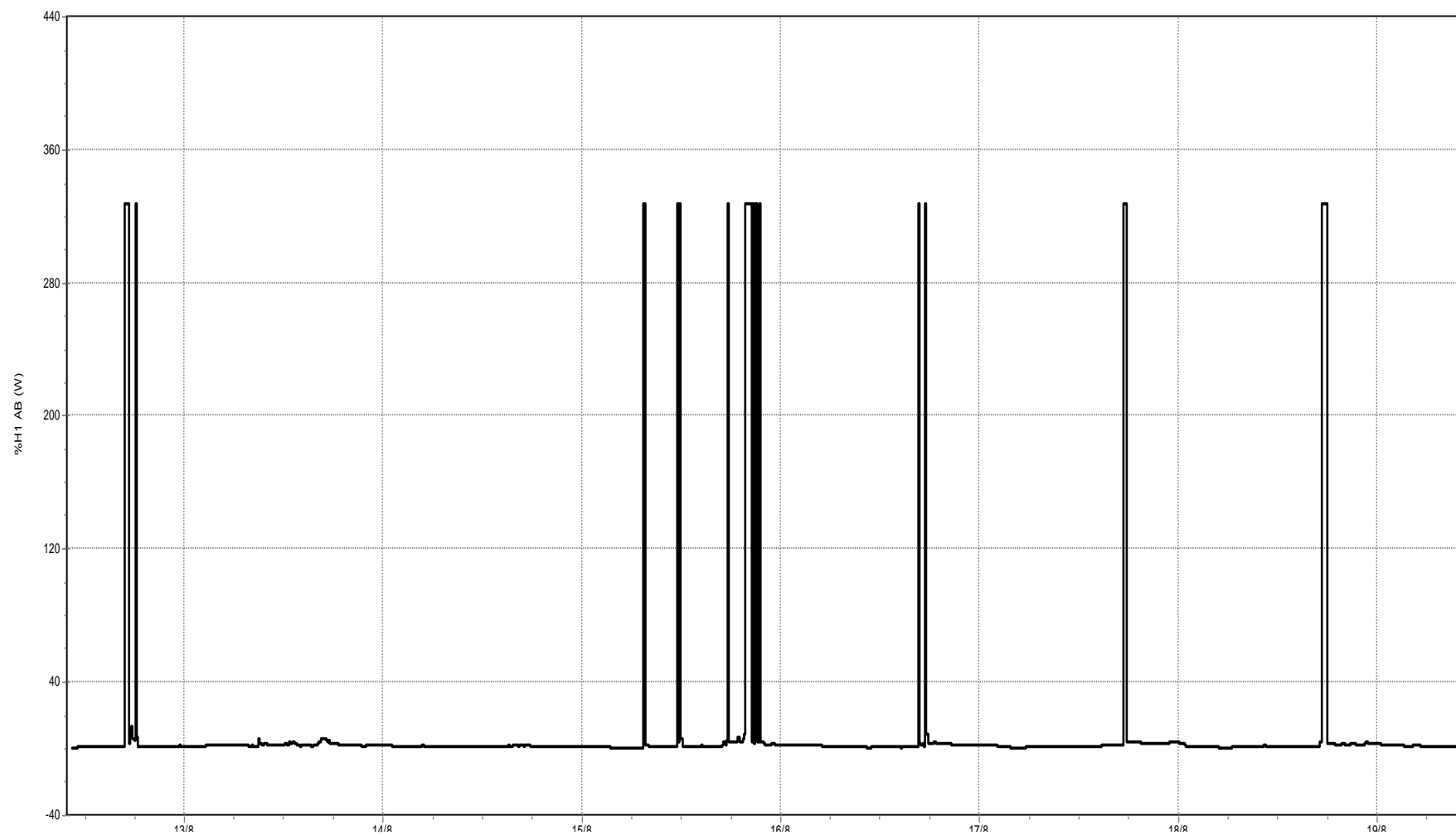


Figura 61 Valor de la Distorsión armónica total de potencia entre las fases AB

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

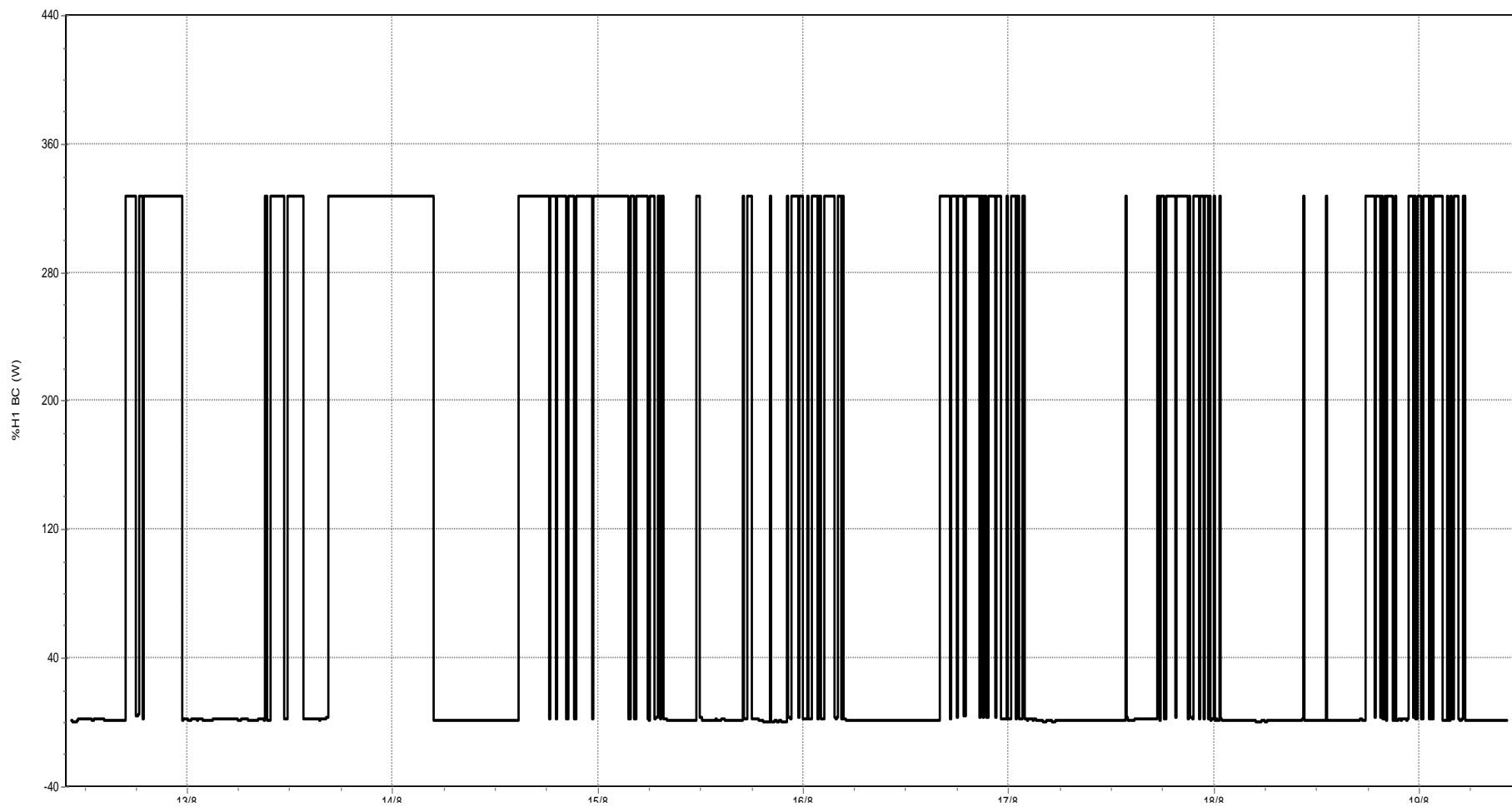


Figura 62, Valor de la Distorsión armónica total de la potencia entre las fases BC

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

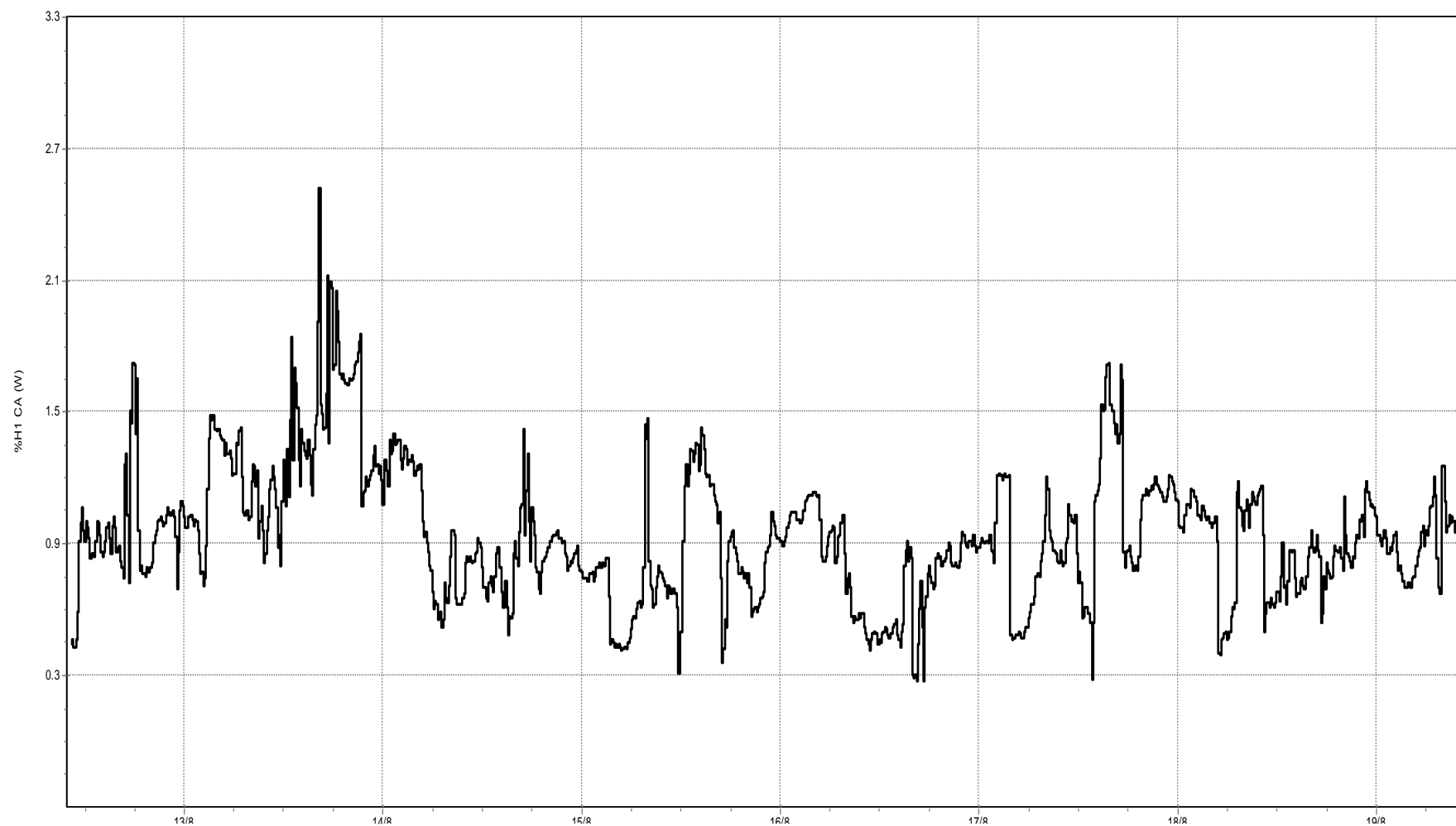


Figura 63, Valor de la Distorsión armónica total de la potencia entre las fases CA

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

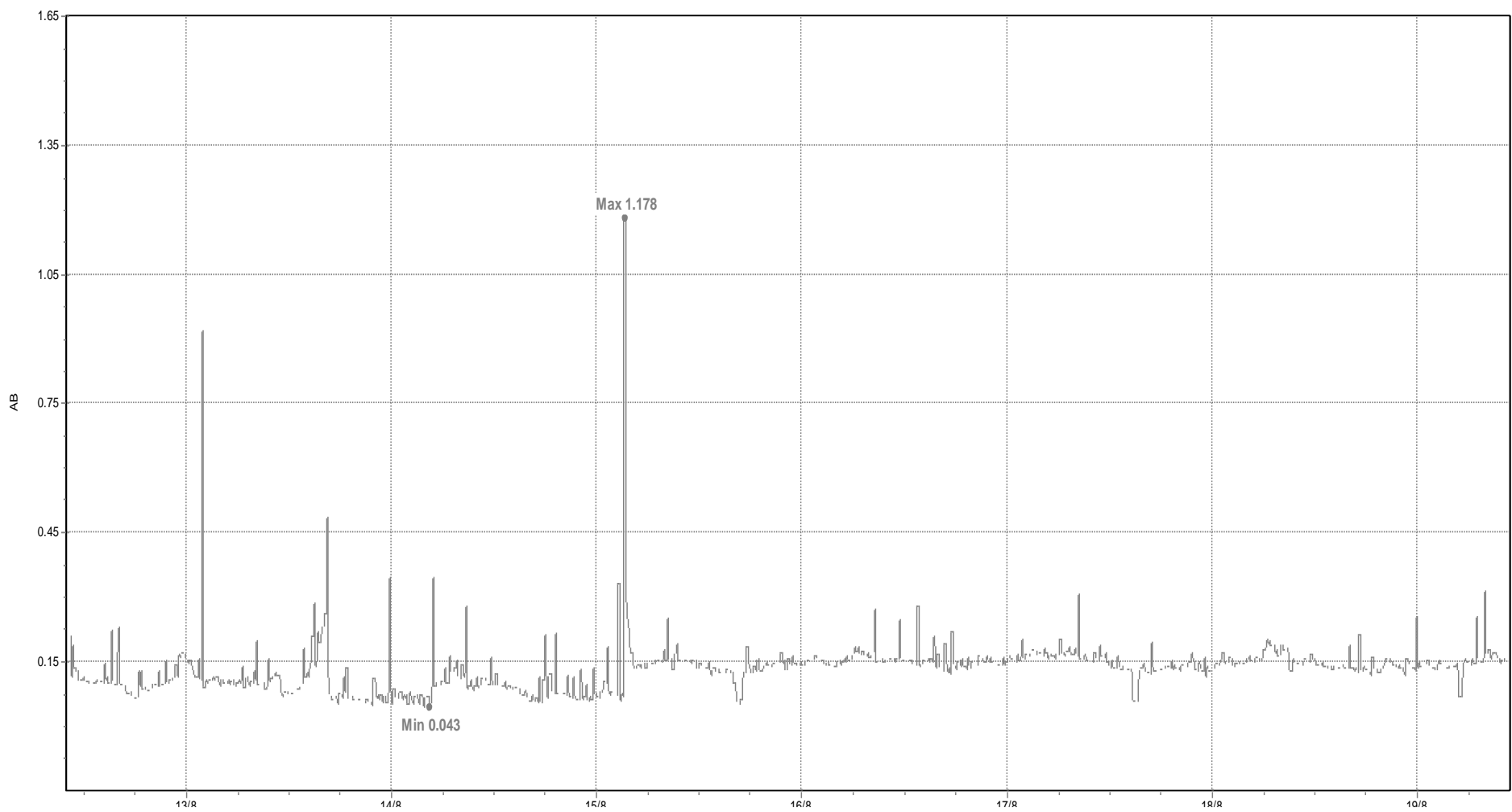


Figura 64, Valor de la Perturbación de corta duración o Pst – de la fase A

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435 Series II – Power Log 5,3

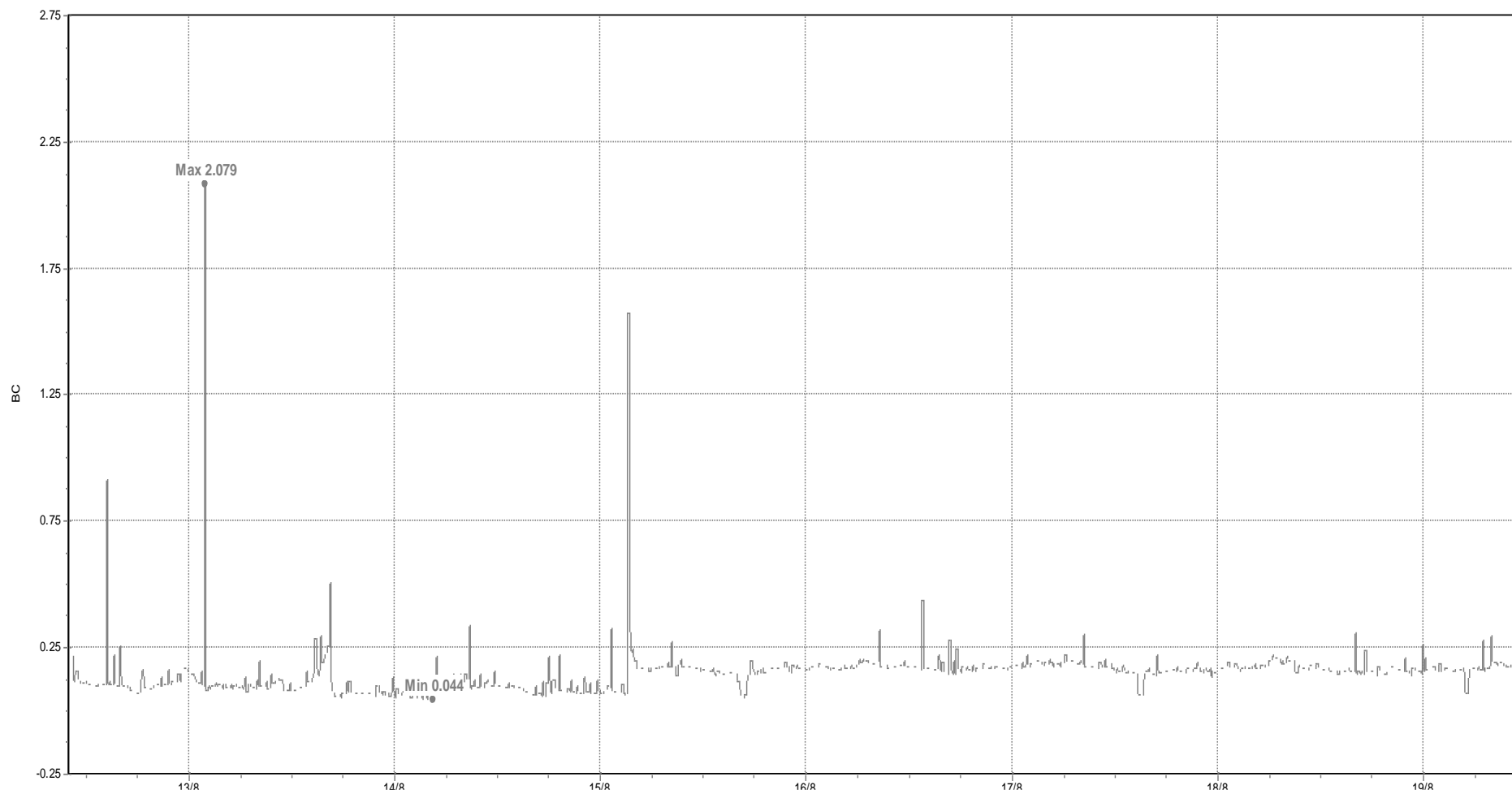


Figura 65, Valor de la Perturbación de corta duración o Pst – de la fase B

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

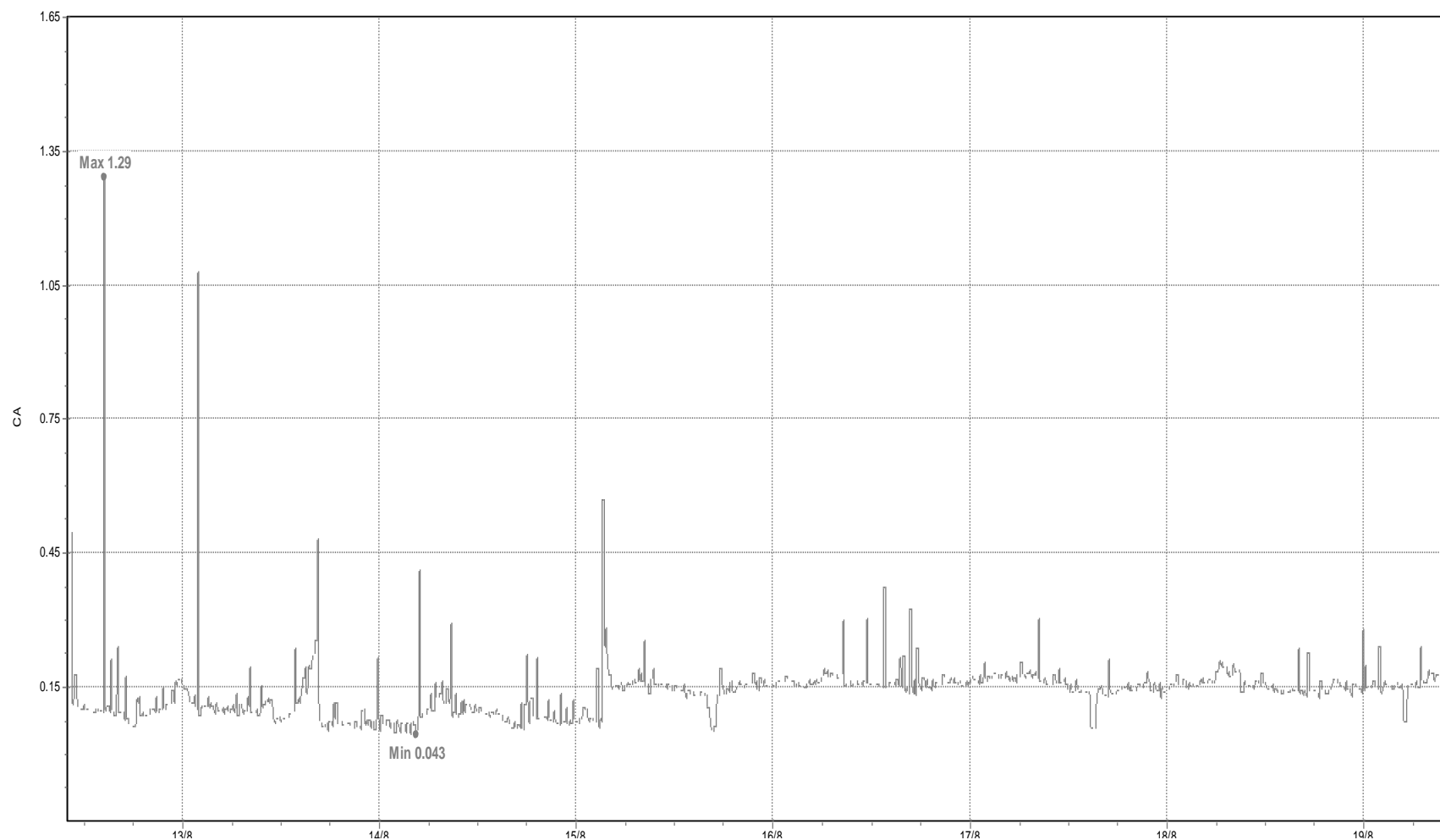


Figura 66, Valor de la Perturbación de corta duración o Pst – de la fase C

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

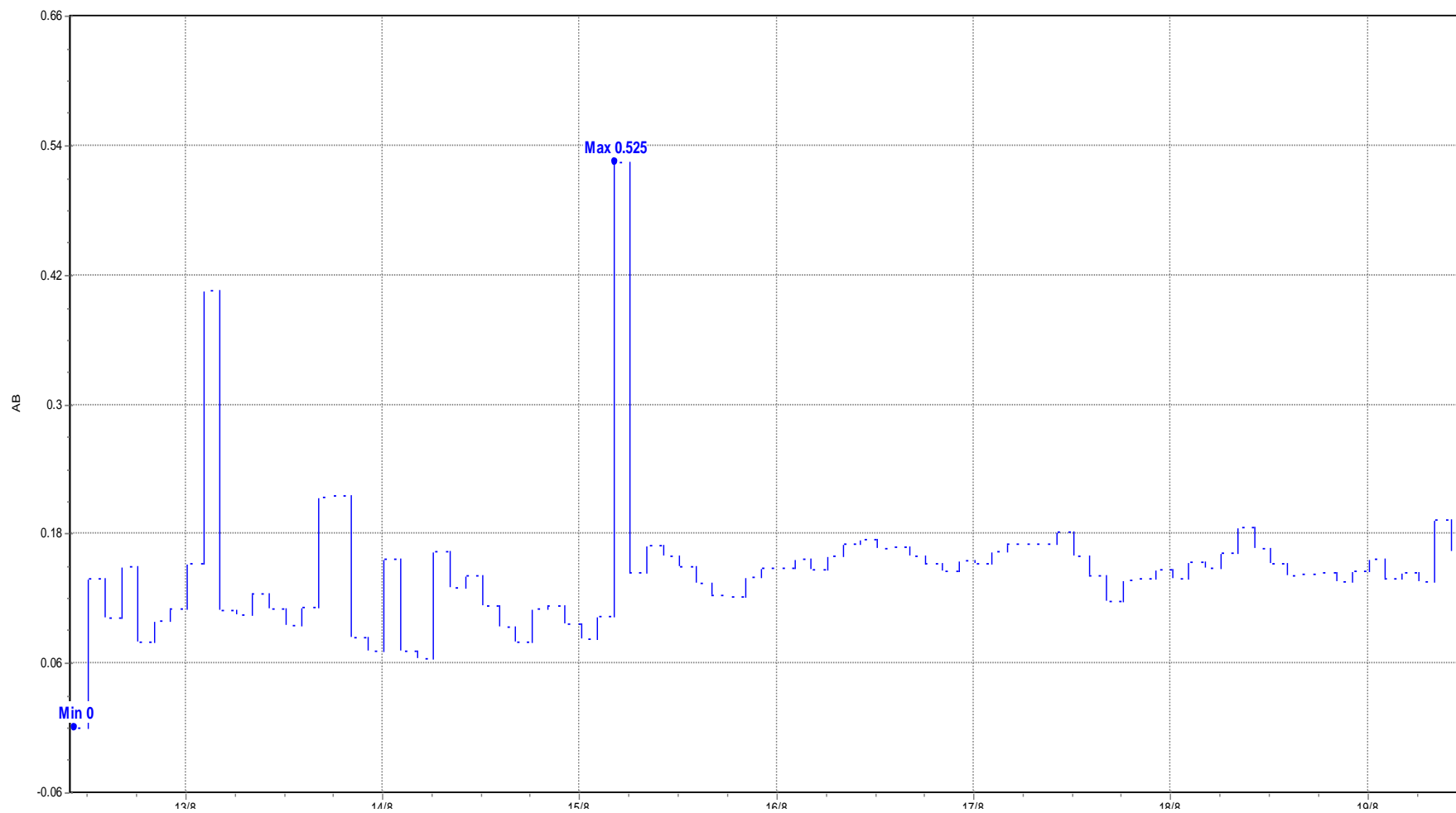


Figura 67, valor de la Perturbación de larga duración o Plt – de la fase A

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

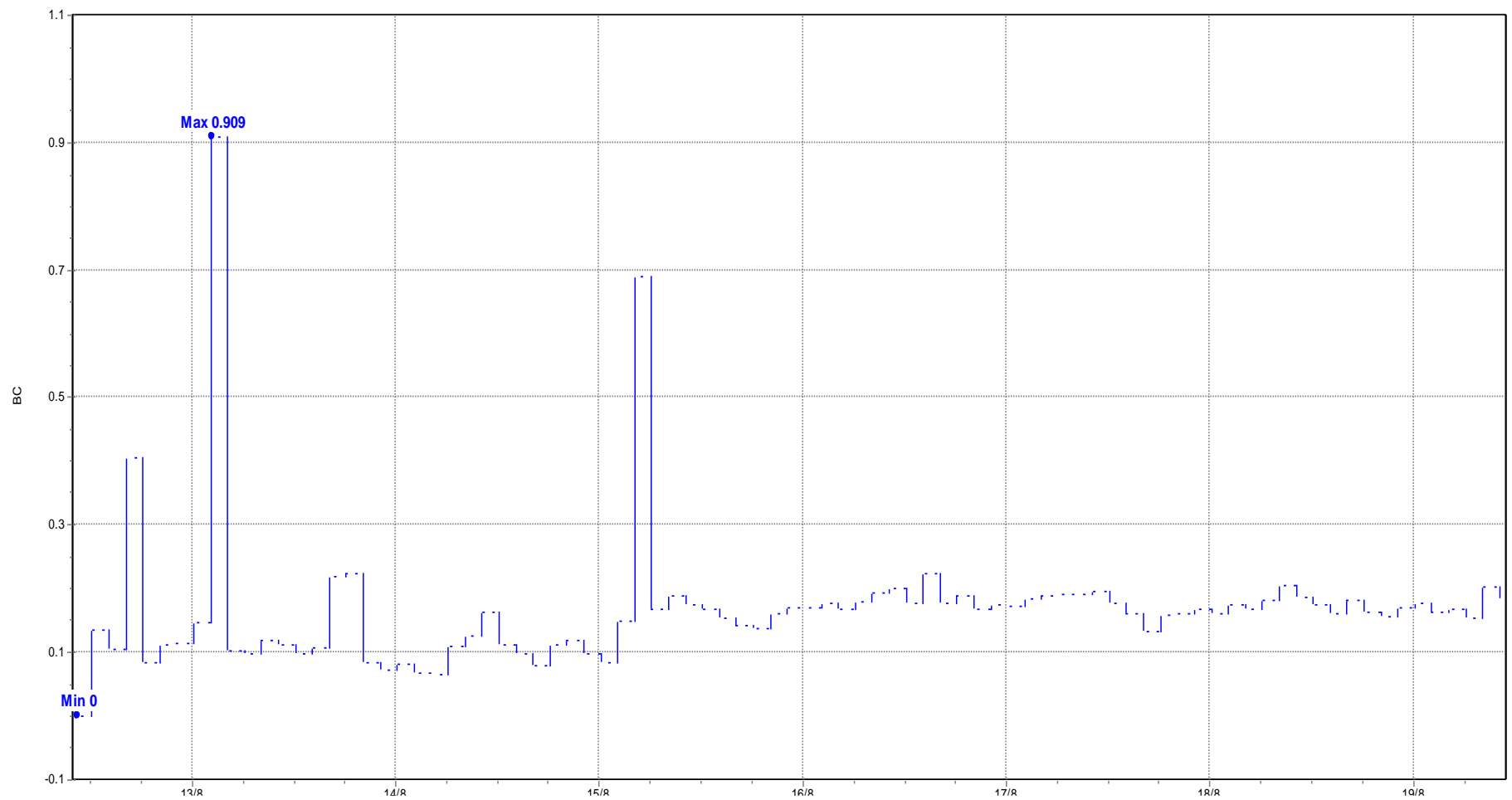


Figura 68, Valor de la Perturbación de larga duración o Plt – en la fase B

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

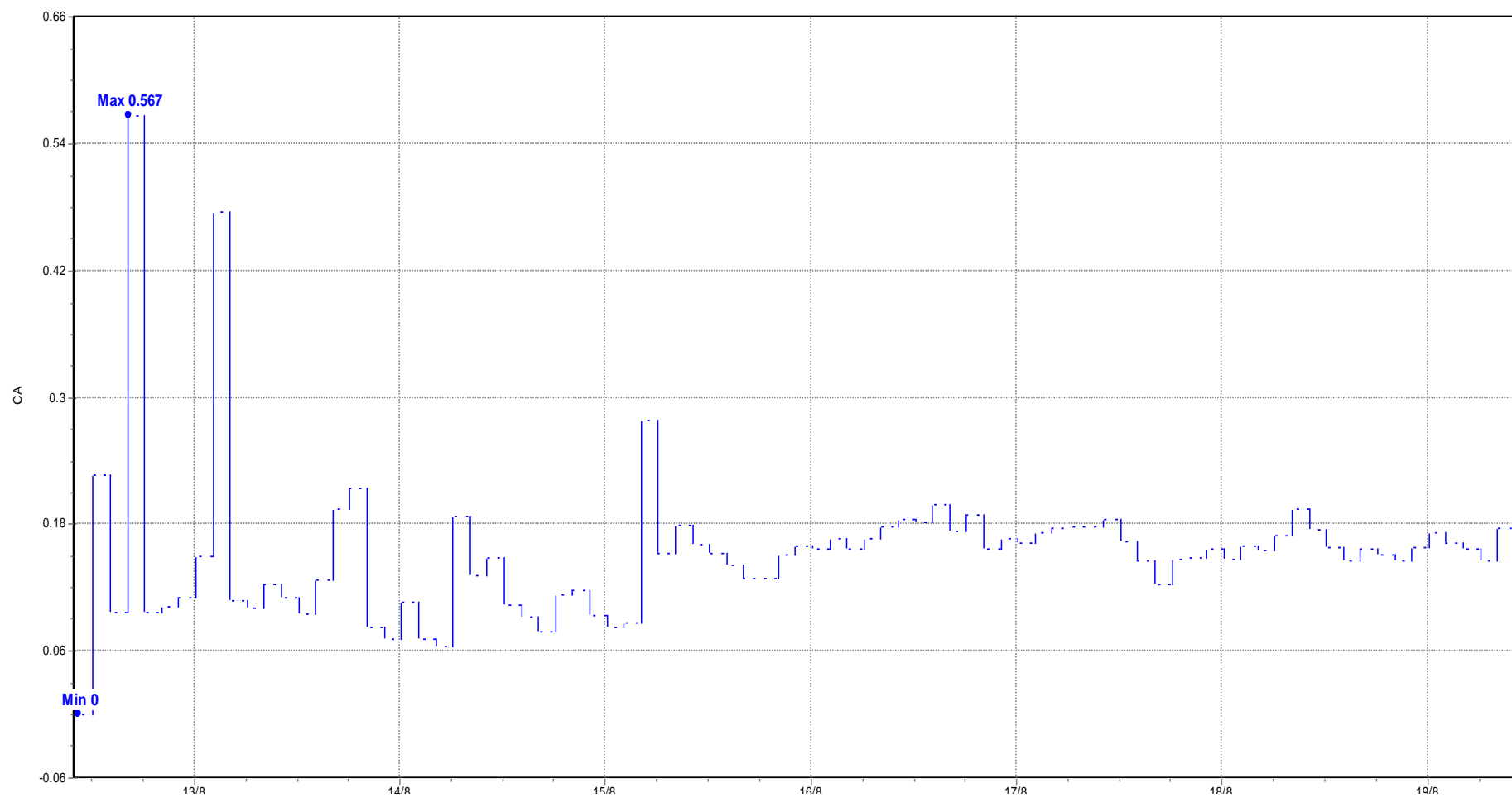


Figura 69, Valor de la Perturbación de larga duración o Plt – en la fase C

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435 Series II – Power Log 5,3

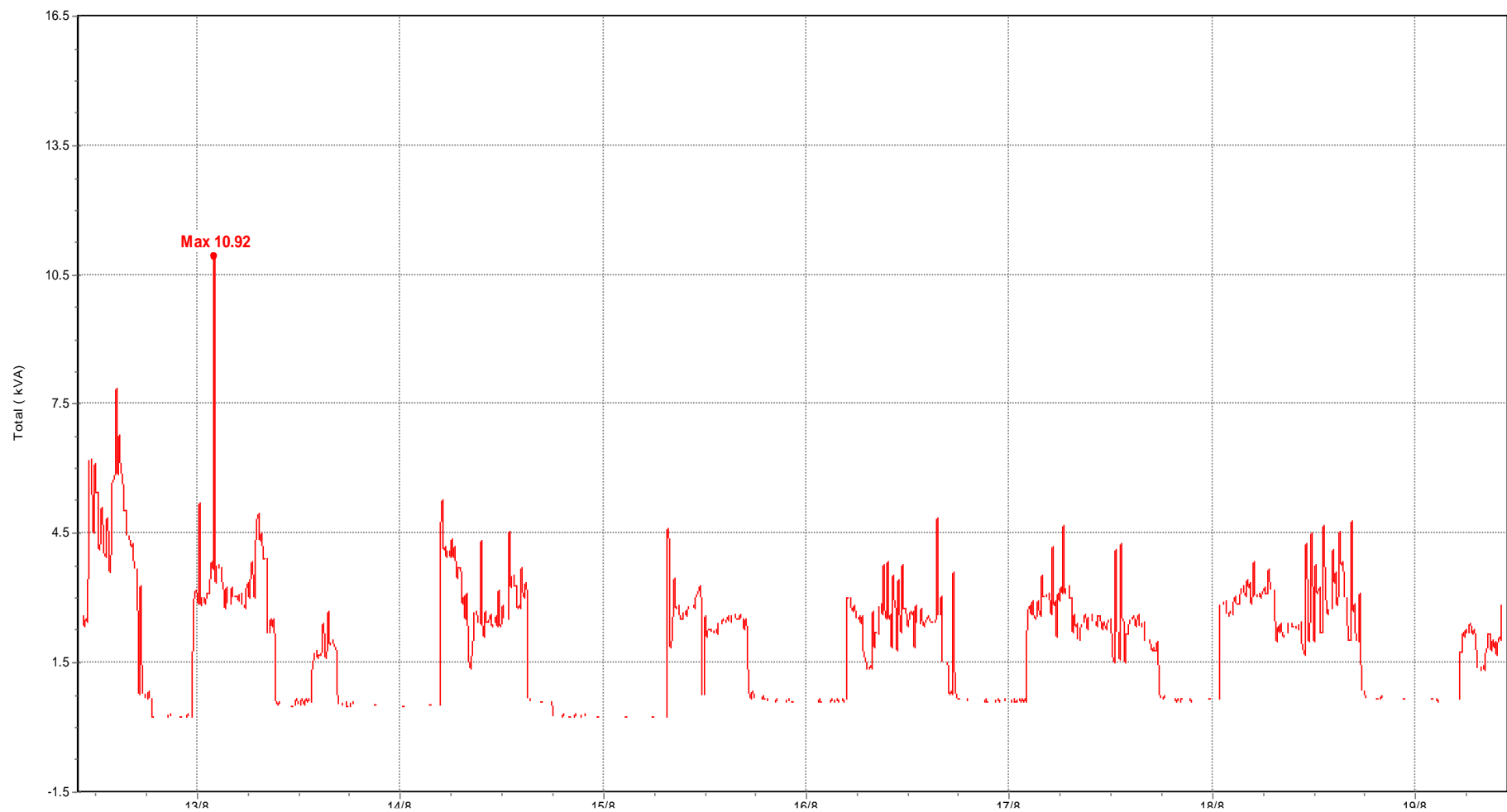


Figura 70, Desequilibrio de la potencia total (Kva) – valor máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

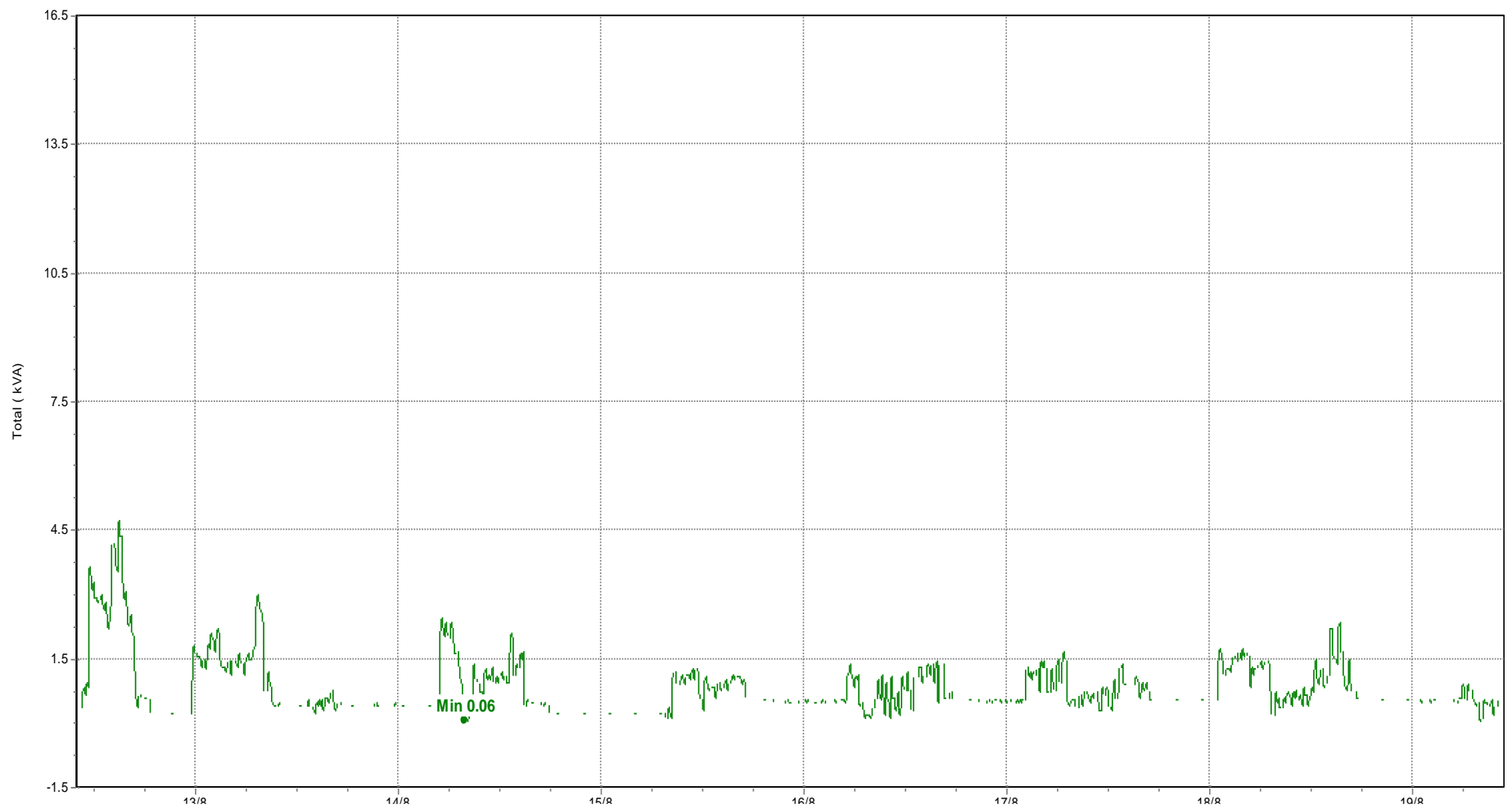


Figura 71, Desequilibrio de la potencia total (Kva) – Valor mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

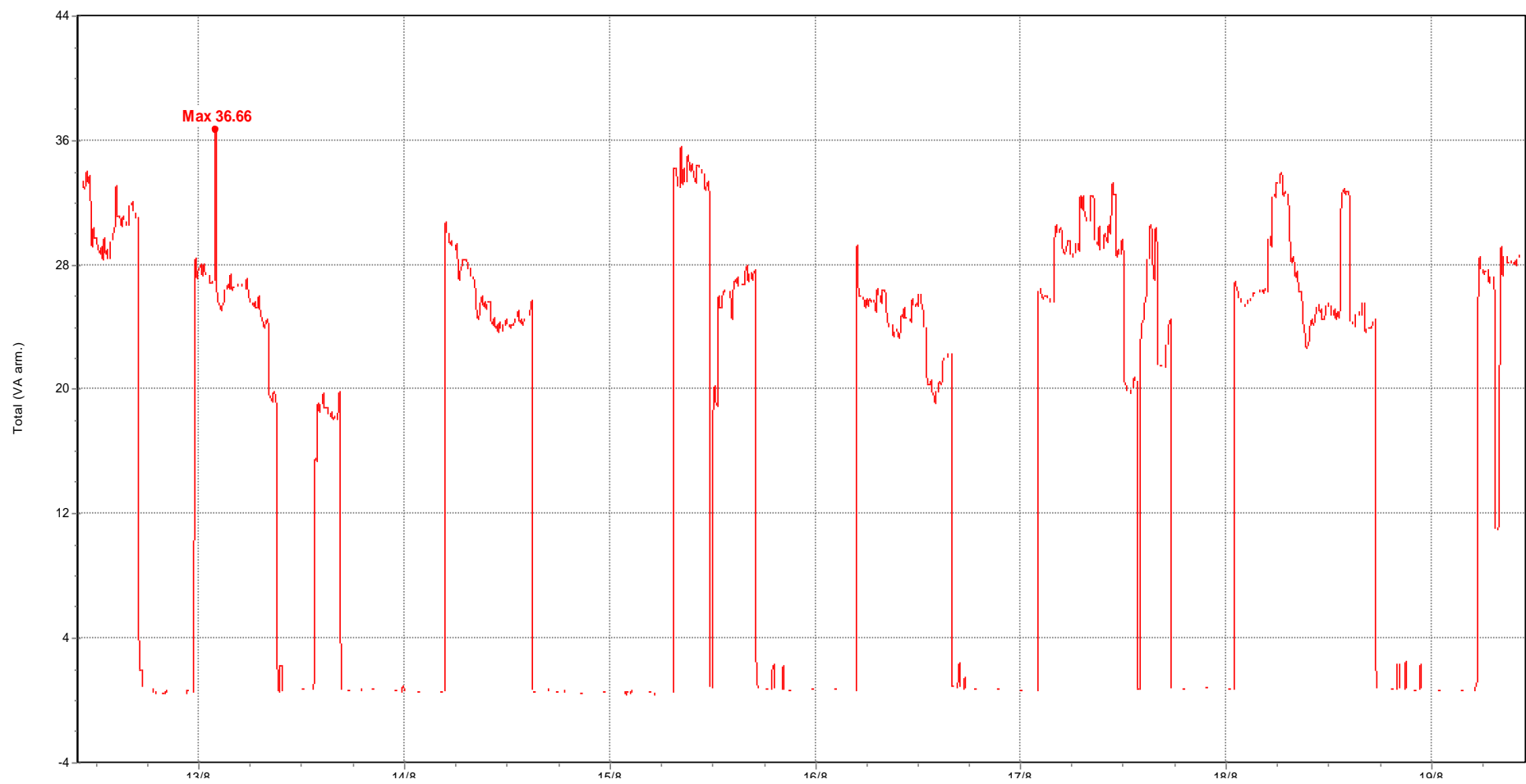


Figura 72, Potencia de armónicos total (VA) – máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

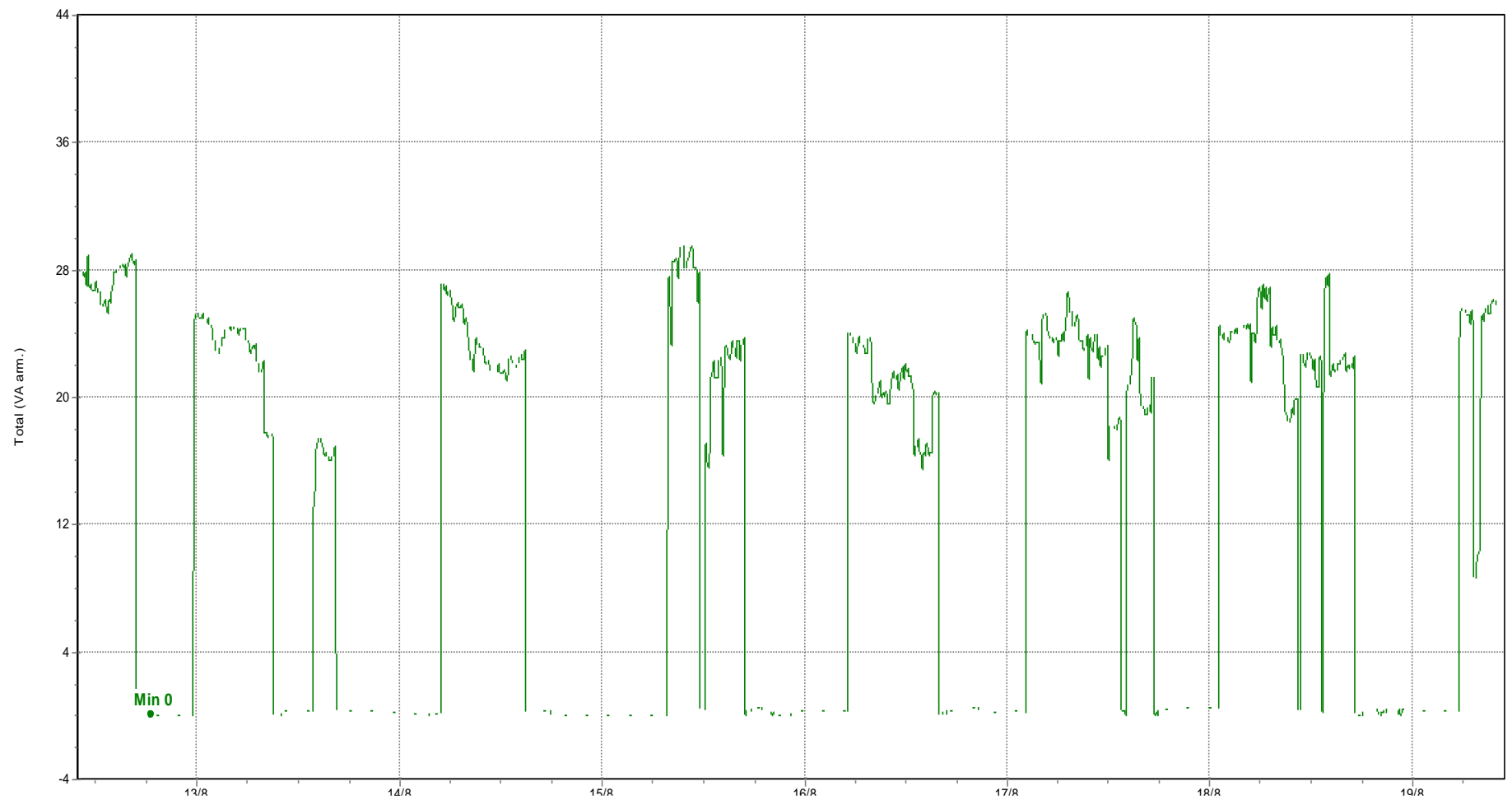


Figura 73 Potencia de armónicos total (VA) – mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

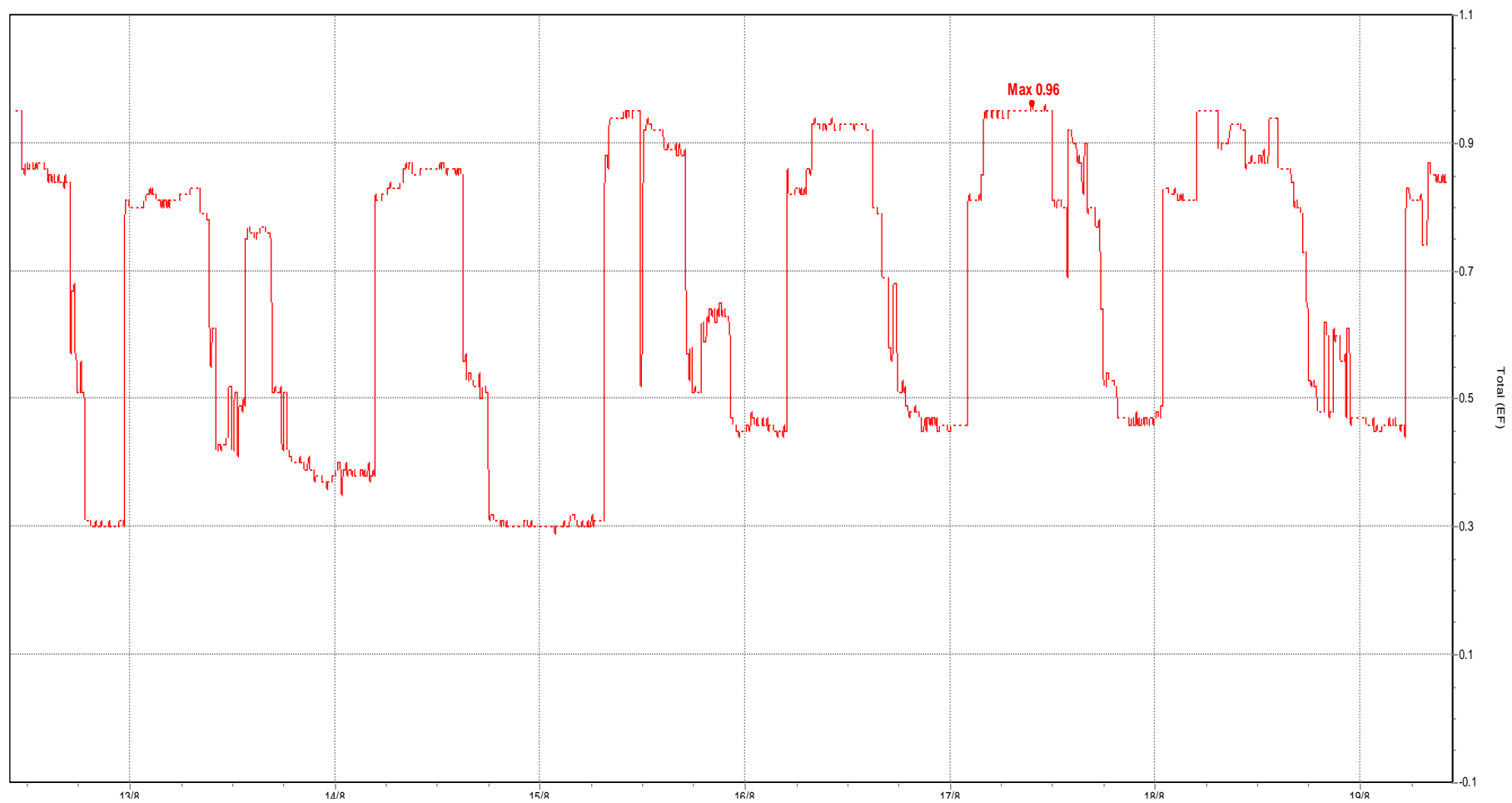


Figura 74, Factor de eficiencia (EF) – máximo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

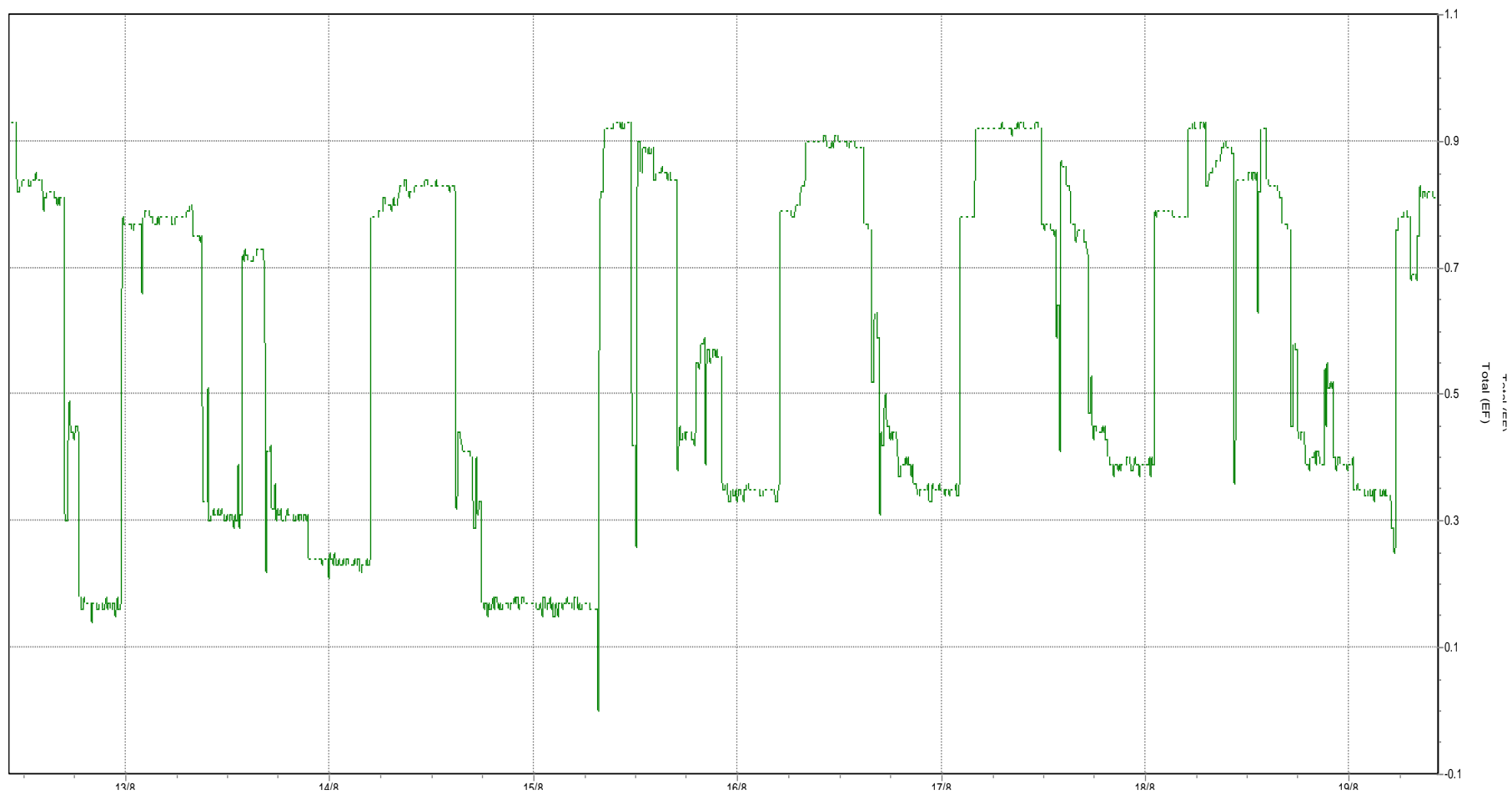


Figura 75, Factor de eficiencia (EF) – mínimo

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

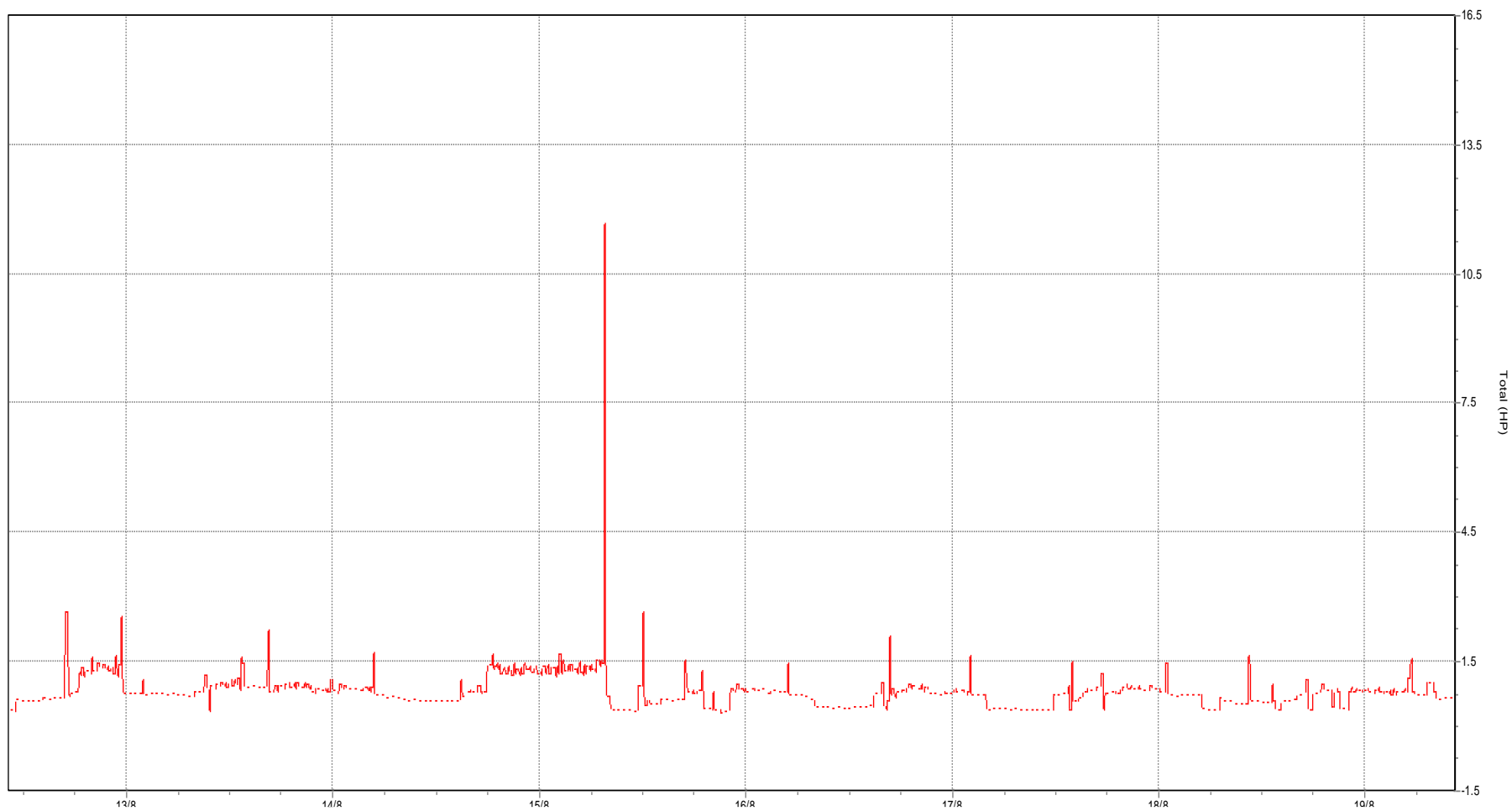


Figura 76, Contaminación de armónicos total (HP) – máximo
Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

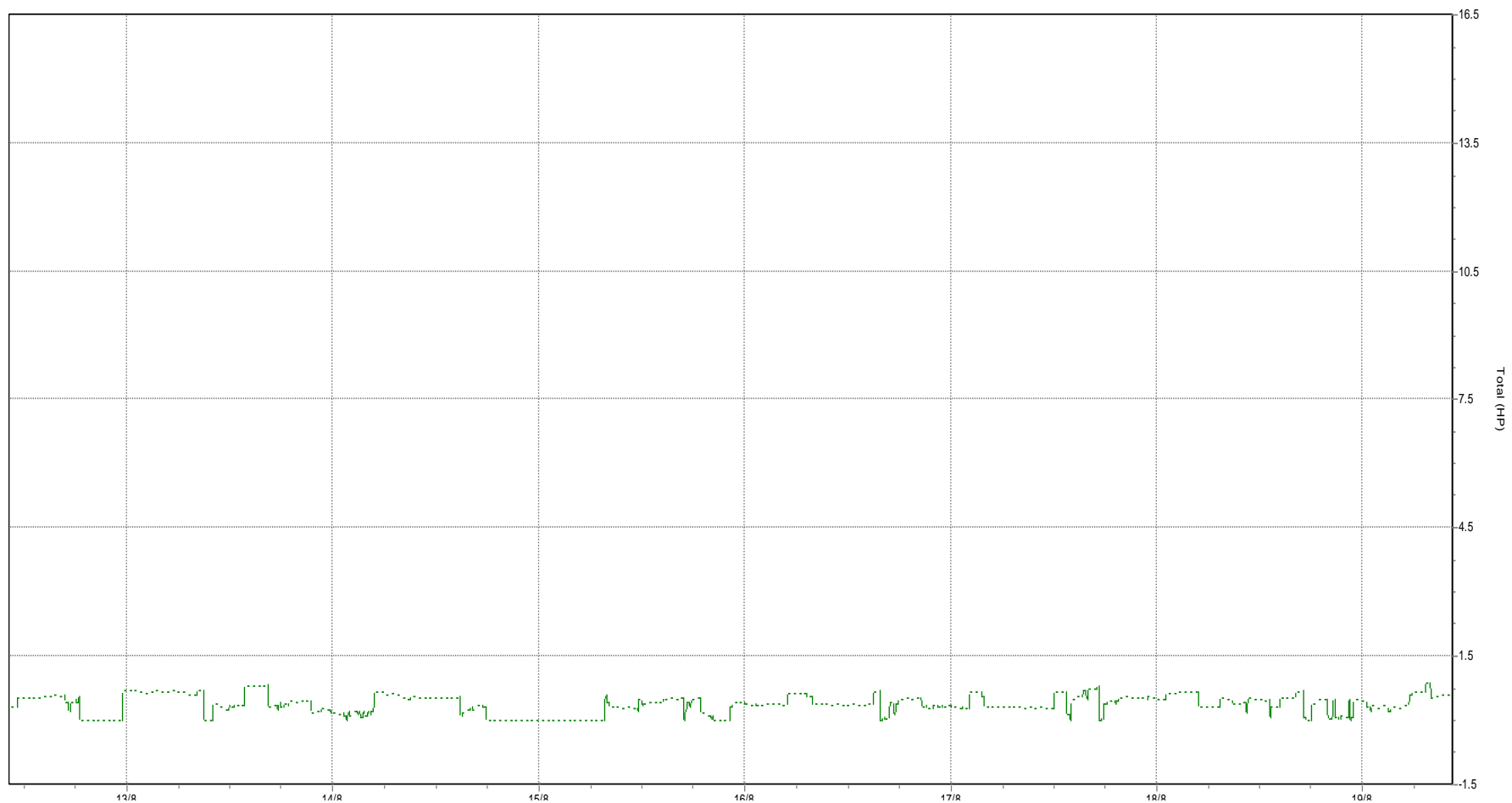


Figura 77, Contaminación de armónicos total (HP) – mínimo
Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

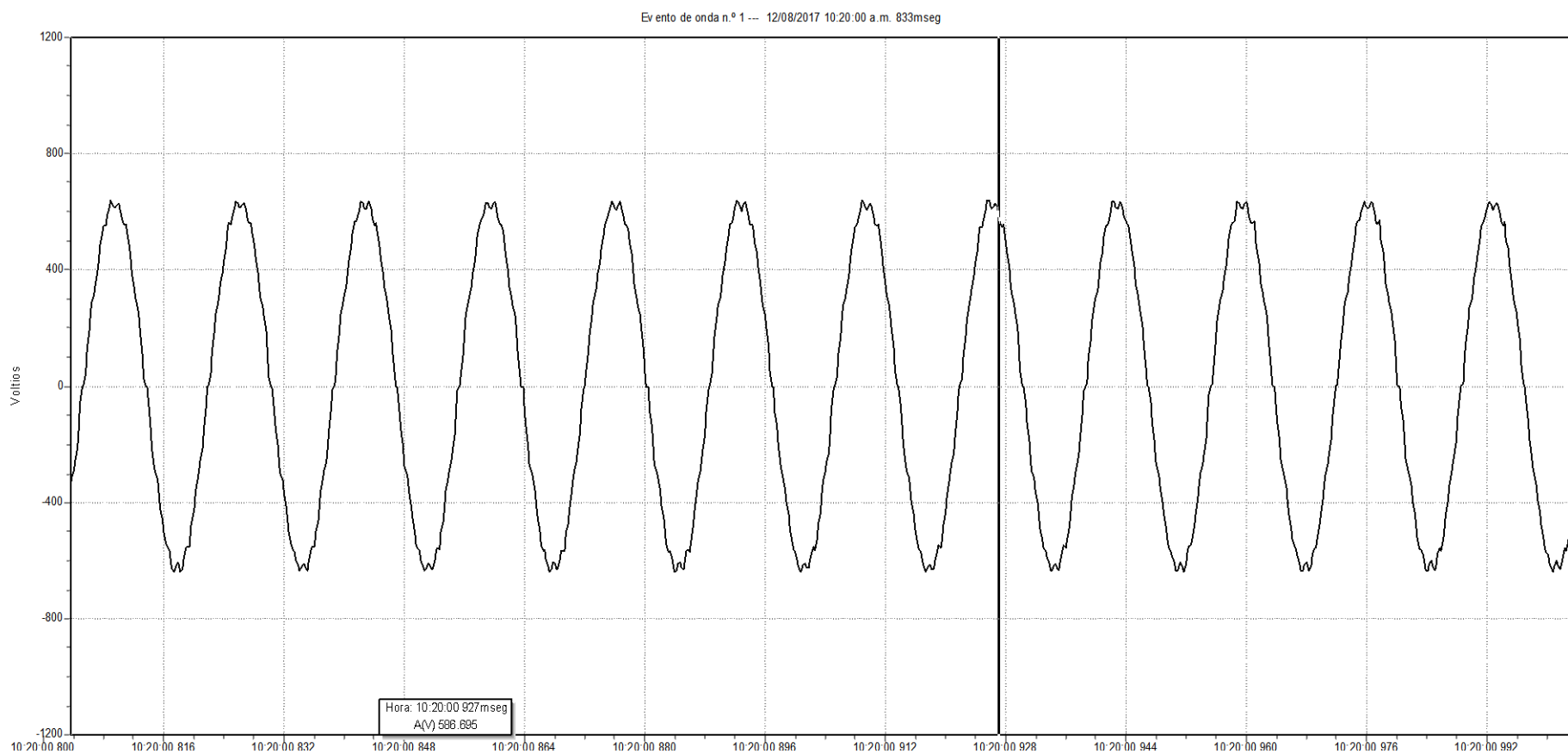


Figura 78, Evento de onda N°01 de Voltaje – Fase A

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

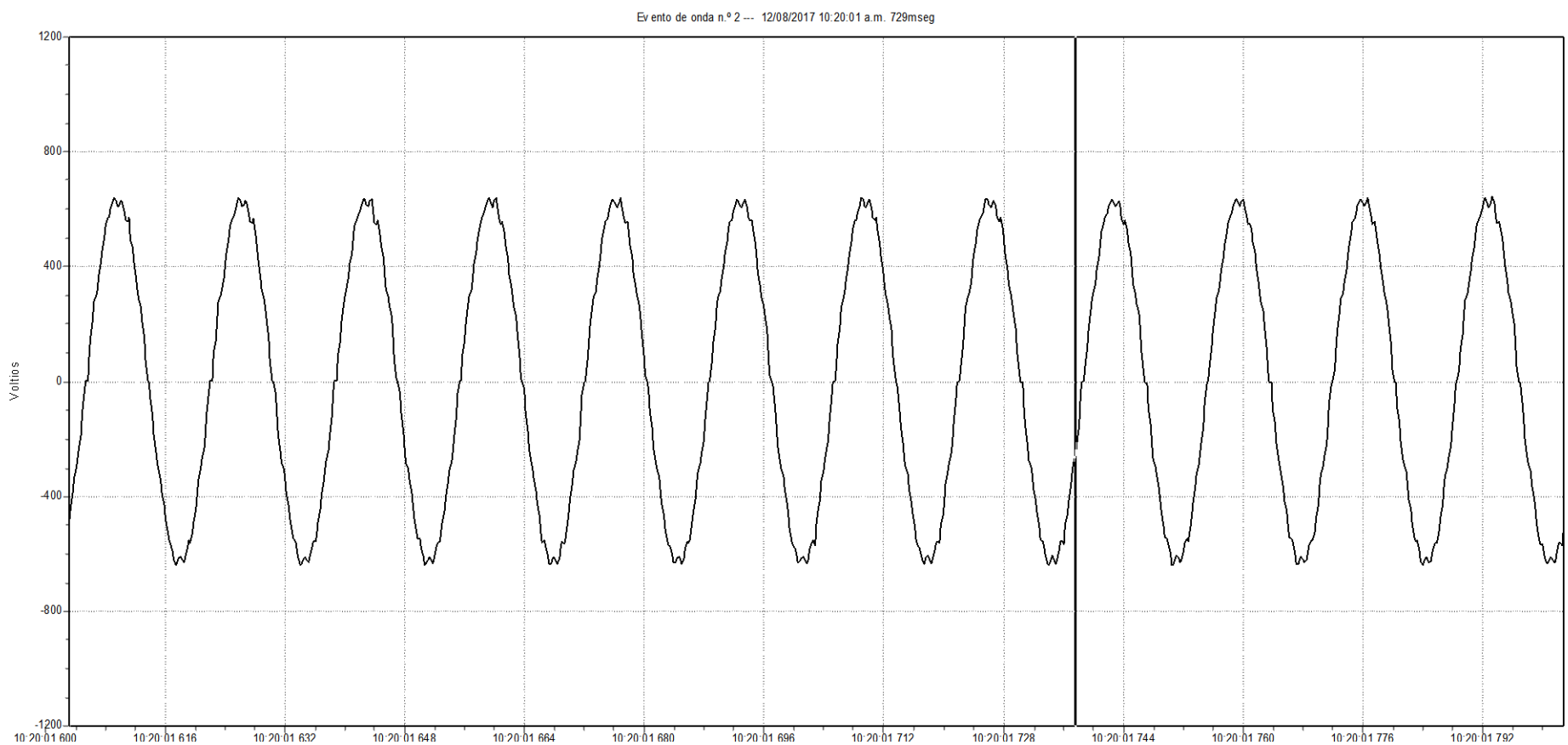


Figura 79, Evento de onda N°02 de Voltaje – Fase A

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

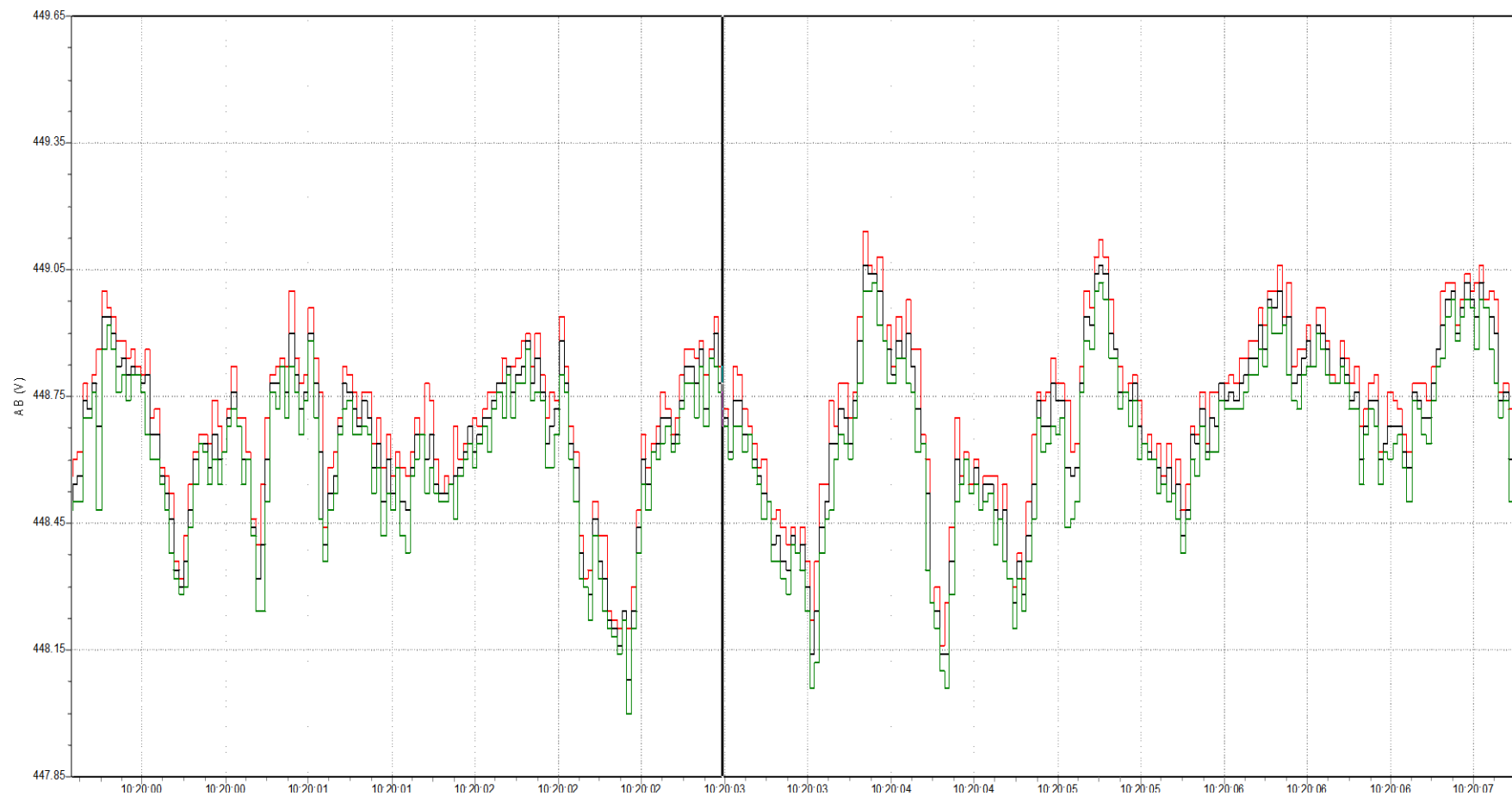


Figura 80, Evento N° 01 RMS – Transitorio Voltaje Fases AB 10:20:00 833 msec

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

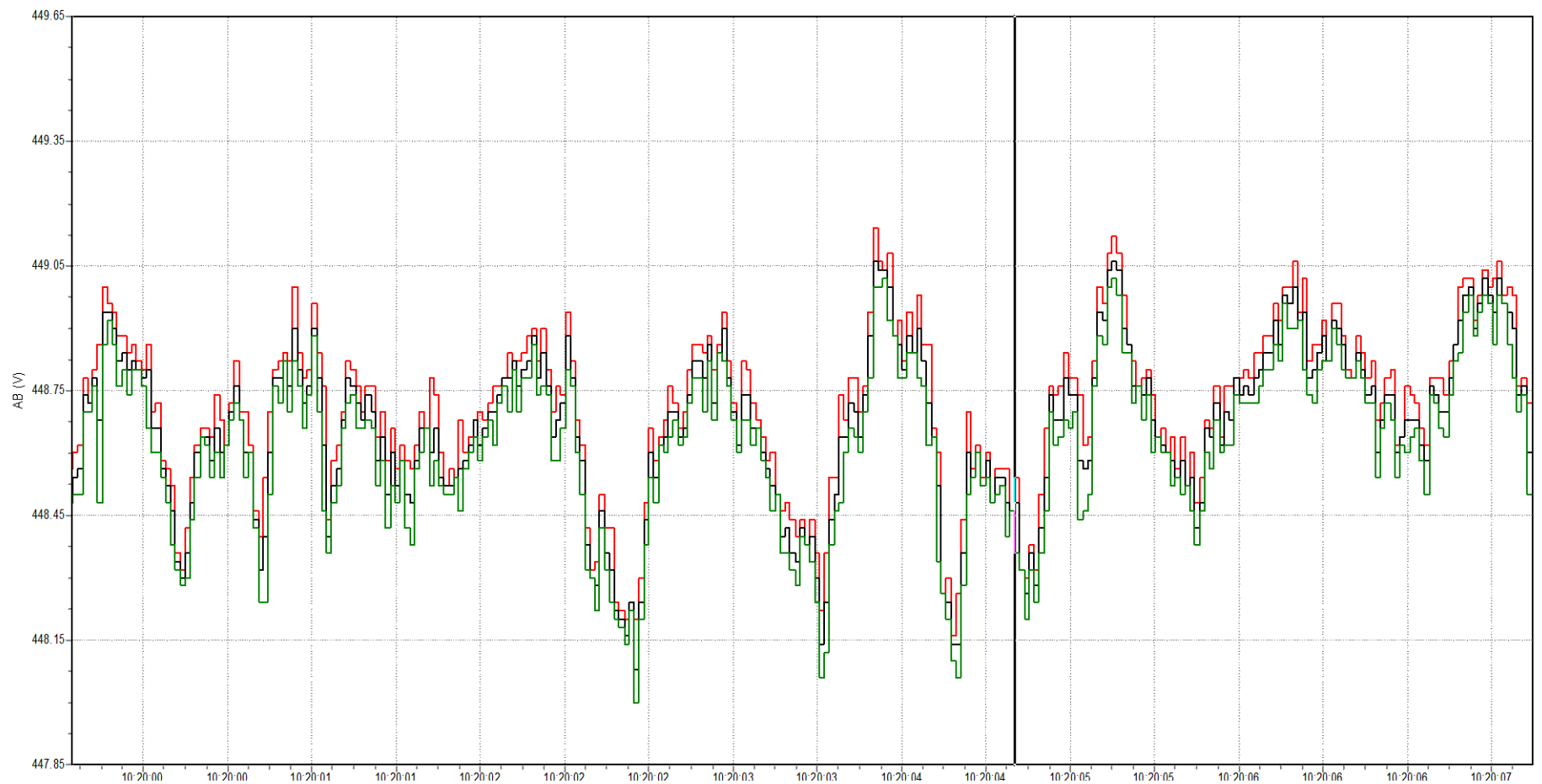


Figura 81, Evento N° 02 RMS – Transitorio Voltaje Fases AB 10:20:01 729 mseg

Fuente: Analizador Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

Tabla 13 Valor máximos, mínimos y promedio aritmético de parámetros eléctricos de Fundo Daosac. Elaboración propia.
Fuente: Datos tomados y registrados en gráficos por un analizador de red de calidad de energía eléctrica marca Fluke, Modelo 435, Series II – Power Log 5,3

Frecuencia del sistema		Tensión rms en Línea AB		Tensión rms en Línea BC		Tensión rms en Línea AC		Desbalance de voltaje DU, V		Desbalance de Intensidad DI, A	
Fmax, Hz	Fmín, Hz	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	DUmax	DUmin	DImax	DImín
60.55	59.32	AB	AB	BC	BC	AC	AC	5.13	0	309.81	0.03
		461.08	414.64	461.32	402.34	461.88	433.12			Promedio:	
Promedio	59.935	437.86		431.83		447.5				154.92	

Corriente RMS línea A		Corriente RMS línea B		Corriente RMS línea B		Distorsión armónica total de Intensidad en fase A, THDi(%)		Distorsión armónica total de Intensidad en fase B, THDi(%)	
Imax	Imin	Imax	Imin	Imax	Imin	THDimax	THDimín	THDimax	THDimín
136.2	0.5	134.8	0	133.5	0.5	96	27	184	16.4
						Promedio:		Promedio:	
						61.5		100.2	

Promedio

Potencia activa total, kw		Potencia reactiva total, kvar		Potencia aparente total, KVA		Factor de Potencia total, KVA		Distorsión armónica total de voltaje entre fases AB, THDv(%)		Distorsión armónica total de voltaje entre fases BC, THDv(%)		Distorsión armónica total de voltaje entre fases AC, THDv(%)	
Pmax	Pmín	Qmax	Qmín	Smax	Smín	Cosj max	Cosj mín	THDmax	THDmín	THDmax	THDmín	THDmax	THDmín
95	90.2	16.38	-6.04	102.84	0.3	0.94	0.02	5.1	1.48	5.12	1.24	4.98	1.28
Promedio:		Promedio:		Promedio:		Promedio:		Promedio:		Promedio:		Promedio:	
92.6		11.21		51.57		0.48		3.29		3.18		3.13	

Distorsión armónica total de Intensidad en fase C, THDi(%)		Distorsión armónica total de potencia entre fase AB, THDp (%)		Distorsión armónica total de potencia entre fase BC, THDp (%)		Distorsión armónica total de potencia entre fase CA, THDp (%)		Desequilibrio de potencia total DS (kVA)		Potencia de armónicos	
THDimax	THDimín	THDpmax	THDpmin	THDpmax	THDpmin	THDpmax	THDpmin	D Smax	D Smin	Máx	Mín
92	28	342.5	0	390	0	2.53	0.28	10.92	0.06	36.66	0
Promedio:						Promedio:		Promedio:			
60						1.405		5.49			

3.2 Análisis de los parámetros eléctricos del registro de datos

3.2.1 Análisis del voltaje:

Según la figura 29, el valor máximo de voltaje en las líneas AB es de 461 voltios, dado en el día 14/08/2017 a las 00.00 horas, con una desviación del 5% de la tensión nominal de líneas, según la norma NTCSE nos indica que estamos al límite del rango permitido para este registro.

Según la figura 30, el voltaje mínimo entre líneas AB del día 15/08/2017 a las 3:10 am fue de 414 Voltios, la desviación con respecto al voltaje nominal es del 6%, esto según la norma NTSCE nos indica que estamos fuera del rango permitido, para ese registro.

Según la figura 32 el voltaje mínimo entre líneas BC del día 15/08/2017 a las 3:10 am fue de 402 Voltios, el error con respecto al voltaje de línea es del 9%, esto según la norma NTSCE nos indica que estamos fuera del rango permitido, por lo que estaríamos fuera del rango permitido para ese registro.

Según lo establecido por la base metodológica de la NTCSE o Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos), solo existen dos intervalos con periodos de tiempos muy cortos, por lo tanto esto no representa una desviación para esta norma, porque no se alcanza las máximas tolerancias superiores al 5% del tiempo del Periodo de Medición.

3.2.2 Análisis de frecuencia:

Según las figuras 41 y la figura 42 se tiene una frecuencia máxima de 60.55 Hz y mínima de 59.82 Hz, estos valores y el tiempo de duración están dentro de los valores permitidos por la NTSCE, tanto para variaciones sostenidas, variaciones súbitas de frecuencia y si nos enfocamos en variaciones diarias de frecuencia.

Según lo dispuesto por la metodología de la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos, Con respecto a la frecuencia no tenemos problemas de calidad de energía según lo establecido por la NTSCE. Por lo tanto estamos dentro de las tolerancias máximas permitidas por esta norma que es:

Para las variaciones sostenidas de la frecuencia (%): la máxima tolerancia es de 0.6% por cada intervalo de medición. Por lo tanto se considera mala calidad de energía si sobrepasa el 1% del tiempo acumulado del tiempo de medición. Con los valores mínimos y máximos de frecuencia registrados estamos dentro de los rangos permitidos.

Para las variaciones súbitas de la frecuencia (VSF): la máxima tolerancia es de 1.0 Hz, por lo tanto se considera mala calidad de energía si se produjera más de una variación súbita pasando las tolerancias permitidas. Los valores indicados en nuestros registros solo existe una variación súbita, por lo que estamos dentro de los rangos permitidos.

Para las variaciones diarias de frecuencia (IVDF): la máxima tolerancia permitida es de 600.00 ciclos por día, por lo que nuestros valores de los registros tomados están dentro de la norma.

3.2.3 Análisis de armónicos de corriente:

Según la figura 58, el día 19/08/2017 durante el intervalo de 7:50 y 8:00 am, el % de armónicos es del 95%, lo cual según lo establecido no cumple con la normativa IEEE 519.

Según la figura 59, el día 13/08/2017 durante el intervalo de 16:50 y 17:00, el % de armónicos es del 190%, lo cual según normativa IEEE 519 no cumple con los estándares de calidad de la energía eléctrica.

Según la figura 60, el día 19/08/2017 en el intervalo de 7:50 y 8:00 horas, el % de armónicos es del 92%, lo cual según normativa IEEE 519 no cumple con los estándares de calidad de la energía eléctrica.

Por lo que según la recomendación de la norma IEEE 519, esta recomienda que el valor máximo de THDi, está en función a la máxima carga tomada en el sistema, que para nuestros casos debe ser el 20% de tolerancia permitida, por lo cual nuestros THDi sobre pasa valores mayores a lo permitido según las gráficas mencionadas y por consiguiente nuestra red se encuentra contaminada.

3.2.4 Análisis de armónicos de voltaje:

Según la figura 55 en las líneas A y B, el día 12/08/2017 durante el intervalo de 23:10 y 23:20 horas, el % de armónicos es del 5%, lo cual según lo establecido está en el rango aceptable del D.S. N° 009-1999-EM.

Según la figura 56 en las líneas B y C, el día 14/08/2017 en el intervalo de 10:40 y 10:50, el % de armónicos es del 5%, lo cual según normativa D.S. N° 009-1999-EM, se encuentra en el rango aceptable de calidad de energía eléctrica.

Según la figura 57, el día 14/08/2017 en el intervalo de 10:40 y 10:50 horas, el % de armónicos es del 4.8 %, lo cual según normativa D.S. N° 009-1999-EM, cumple con los estándares de la calidad de la energía eléctrica.

Por lo que la norma técnica de calidad en los servicios eléctricos reglamenta la máxima tolerancia del THDv del 8% para los sistemas eléctricos en media tensión y de baja tensión, teniendo en nuestros casos valores inferiores por lo cual estamos dentro de las tolerancias permitidas.

3.2.5 Análisis de Flicker:

Según la gráfica 64 en la fase A, el día 15/08/2017, en el intervalo de las 3:10 y 3:20 horas, el registro presenta problema de Flicker superando la unidad, por lo que basándonos en la norma NTSCE, no está cumpliendo con los estándares de una aceptable calidad de energía.

Según la figura 65 en la fase B, el día 13/08/2017, en el intervalo de las 1:50 y 2:00 horas, el registro presenta problema de Flicker superando la unidad, por lo que basándonos en la norma NTSCE, no está cumpliendo con los estándares de una aceptable calidad de energía.

Según la figura 66 en la fase C, el día 12/08/2017, en el intervalo de las 14:20 y 14:30 horas, y el día 13/08/2017, en el intervalo de 1:50 a 2:00 horas, el registro presenta problema de Flicker superando la unidad, por lo que basándonos en la norma NTSCE, no está cumpliendo con los estándares de una aceptable calidad de energía.

Como conclusión en el análisis de Flicker de los registros obtenidos se concluye que no existe problema de Flicker, al no superar el tiempo o periodo superior del 5.00

% del tiempo de medición indicado por la NTCSE, por lo tanto no tenemos mala calidad de energía en este parámetro.

3.3 El análisis de la influencia de la calidad de la energía en la Disponibilidad y Confiabilidad de los motores eléctricos del Fundo Danper Olmos

Con los datos de fallas mensuales en los variadores de velocidad de motores eléctricos y su duración, se determina la disponibilidad anual, % y la confiabilidad en una base de 1000 horas, considerando tasa de fallas constante y que los equipos se encuentran en su período de vida útil, en promedio tienen 5 años, de los 15 de vida útil.

$$\text{Disponibilidad anual}(\%) = \frac{\text{Tiempo útil anual, } \frac{h}{\text{año}}}{\text{Tiempo calendario, } \frac{h}{\text{año}}}$$

$$\text{Confiabilidad}_{\text{Base 1000 h}} = e^{-\lambda * T_{po}} * 100 (\%)$$

Se elaboran las dos hojas de cálculo, que se muestran a continuación:

INFLUENCIA DE LA BAJA CALIDAD DE ENERGÍA EN DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE MOTORES ELECTRICOS EN DANPER 2017 - SIN FILTROS ACTIVOS																																																					
Motores eléctricos	Ene-17		Feb-17		Mar-17		Abr-17		May-17		Jun-17		Jul-17		Ago-17		Set-17		Oct-17		Nov-17		Dic-17		TOTAL		Tpo Calendario	Tpo Manten Prev	Tpo neto de Operación	Disponibilidad	CONFIABILIDAD ACTUAL Ra, 2017																						
	Veces/mes		Veces/mes		Veces/mes		Veces/mes		Veces/mes		Veces/mes		Veces/mes		Veces/mes		Veces/mes		Veces/mes		Veces/mes		Veces/mes		Veces/Año		h/año		h/año		h/año		% anual	MTTF-a, h	T, h/mes	Ra, %																	
	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	Tpo perdido, h/año	h/año	h/año	h/año	h/año	h/año	h/año	h/año	h/año	h/año																			
	ME nr. 1	1	3.2	1	3.3	1	3.15	1	3.5	1	2.5	0	0	1	60	1	3.7	1	2.45	1	2.2	0	0	1	3.5	10	87.5	8760	288	8384.5	95.71%	838.45	1000	30.34%																			
	ME nr. 2	0	0	1	1.25	1	2.65	1	48	2	3.55	1	2.55	1	2.15	1	2.5	0	0	1	2.4	1	2.35	1	3.15	11	74.1	8760	288	8397.9	95.87%	763.45	1000	26.99%																			
	ME nr. 3	1	4.15	1	72	0	0	0	0	1	2.55	0	0	2	3.45	1	2.7	0	0	2	2.2	1	3.25	0	0	9	95.95	8760	288	8376.05	95.62%	930.67	1000	34.15%																			
	ME nr. 4	1	2.4	2	1.45	1	3.35	1	2.5	1	45	2	3.65	1	2.4	1	3.65	0	0	1	2.8	0	0	1	2.9	12	75.2	8760	288	8396.8	95.85%	699.73	1000	23.95%																			
	ME nr. 5	1	3.15	1	2.35	0	0	2	3.5	1	1.8	0	0	0	0	1	2.6	1	168	2	3.7	1	1.65	1	2.55	11	196.5	8760	288	8275.5	94.47%	752.32	1000	26.47%																			
	ME nr. 6	0	0	1	3.15	1	1	2	0.4	0	0	1	1.1	0	0	1	120	1	2.25	1	2.6	0	0	1	3.25	9	134.15	8760	288	8337.85	95.18%	926.43	1000	33.98%																			
																																																				Confiabilidad promedio actual	

Figura 82 Disponibilidad y confiabilidad actual en motores eléctricos, sin filtros de armónicos.

Elaboración propia

INFLUENCIA PROYECTADA DE LA CALIDAD MEJORADA DE ENERGÍA EN DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD DE MOTORES ELECTRICOS DANPER 2019 - CON FILTROS ACTIVOS DE ARMÓNICOS																						
Motores eléctricos	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	TOTAL	Tpo Calendario	Tpo Manto Preventivo	Tpo neto de Operación	Disponibilidad	CONFIABILIDAD PROYECTADA Rp, 2019				
																		MTTFp, h	T, h/periodo	Rp, %		
	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	duración, h/vez	Veces/mes	h/año	h/año	h/año	% anual				
	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/mes	Veces/Año	Tpo periodo, h/año							
ME nr. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8760	288	8472	96.71%	1000	1000	36.79%
ME nr. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8760	288	8472	96.71%	1000	1000	36.79%
ME nr. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8760	288	8472	96.71%	1000	1000	36.79%
ME nr. 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8760	288	8472	96.71%	1000	1000	36.79%
ME nr. 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8760	288	8472	96.71%	1000	1000	36.79%
ME nr. 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8760	288	8472	96.71%	1000	1000	36.79%
																			Confiabilidad promedio proyectada		36.79%	

Figura 83 Disponibilidad y confiabilidad proyectada en ME, con filtros de armónicos.

Elaboración propia

Item	Disponibilidad actual	Disponibilidad proyectada	Variación de D, %
ME nr. 1	95.71	96.71	1
ME nr. 2	95.87	96.71	0.84
ME nr. 3	95.62	96.71	1.09
ME nr. 4	95.85	96.71	0.86
ME nr. 5	94.47	96.71	2.24
ME nr. 6	95.18	96.71	1.53

Figura 84 variación porcentual de la disponibilidad

Item	Confiabilidad actual, en 1000 h	Confiabilidad proyectada, en 1000 h	Variación de R, %
ME nr. 1	30.34%	36.79%	0.06
ME nr. 2	26.99%	36.79%	0.1
ME nr. 3	34.15%	36.79%	0.03
ME nr. 4	23.95%	36.79%	0.13
ME nr. 5	26.47%	36.79%	0.1
ME nr. 6	33.98%	36.79%	0.03

Figura 85 variación porcentual de la confiabilidad

3.4 Equipos Críticos afectados por la mala calidad de energía eléctrica

Según los datos mostrados y basándonos en el funcionamiento de los equipos, Estos equipos están expuestos más expuestos a daños y deterioro por las fallas que ocurren en la red eléctrica, son los que tienen componentes electrónicos en su composición, tal es el caso de:

- Variadores de frecuencia. - Compuesto por componentes electrónicos, el cual contiene una etapa de potencia, una etapa de rectificación y etapa de inversores, el cual se utiliza para el control de las electrobombas de bombeo de agua al campo, los cuales regulan la energía eléctrica y su consumo, así como los picos en corriente y la variación del caudal de este equipo.
- Arrancadores electrónicos. - Compuesto por componentes electrónicos, el cual se utiliza para controlar lo picos de corriente para el riego de los campos con las electrobombas de bombeo.
- Medidores de energía. - Su funcionamiento es para poder obtener los registros de consumo de energía, registros de potencia, y otros parámetros que afectan la calidad de energía eléctrica.
- Controladores o dispositivos PLC.- Su funcionamiento es el control y temporizado de los equipos de riego para evitar el funcionamiento de estos equipos en las horas punta, controlando su encendido y apagado.

3.5 Planteamiento de alternativas de solución

Basándose en los análisis que se realizaron, y verificando los datos de los registros de perturbaciones, se puede llegar a plantear soluciones para amortiguar o compensar esta mala calidad de energía que se debe sobre todo a la presencia de transitorios, los cuales no son penados por Osinergmin, en tal caso las alternativas de solución son la implementación de filtros pasivos o filtros activos, para esta solución se plantea los filtros activos por tener variaciones de armónicos a nivel de voltaje y a nivel de corriente, y como se tiene una carga de demanda de corriente alta y con

cargas que entran y salen del sistema constantemente, se presenta la siguiente alternativa a continuación:

a) Implementación de Filtros Activos en la red (subestación eléctrica), estos filtros activos serán colocados en el punto de cabecera del sistema para compensar las distorsiones de la red que se puedan dar, con esta solución se lograría bajar a gran medida este comportamiento del sistema, conjuntamente con un plan de mantenimiento preventivo de los sistemas de media tensión.

b) Situación actual:

Se toma en consideración los datos actuales de disponibilidad y confiabilidad de los equipos los cuales se requieren mejorar.

Se tomará como ejemplo un variador de frecuencia, con un total de 4 fallas, la primera con duración de 20 minutos hasta solucionarlos, la segunda y tercera con una duración de 40 minutos hasta la solución y la última con una duración de 1 semana hasta la solución.

Se realiza el cálculo del MTTR y el MTBF, de los cuales se pueden obtener la confiabilidad y disponibilidad del sistema.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{tiempo total de fallos}}{\text{número de fallos}} \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3.1)}$$

$$\text{MTTR} = \frac{10180}{4}$$

$$\text{MTTR} = 2545$$

$$\text{MTBF} = \frac{\text{tiempo total}}{\text{número de fallos}} \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3.2)}$$

$$\text{MTBF} = \frac{129600}{4}$$

$$\text{MTBF} = 32400$$

$$\text{MTTF} = \frac{\text{tiempo total de funcionamiento}}{\text{número de fallos}} \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3.3)}$$

$$MTTF = \frac{(129600 - 10180)}{4}$$

$$MTTF = 29855$$

Con estos datos obtenidos se calcula la disponibilidad y Confiabilidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTTF}{(MTTF + MTTR)} \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3.4)}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{29855}{(29855 + 2545)}$$

$$\text{Disponibilidad} = 92.15\%$$

$$\text{Confiabilidad} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3.5)}$$

$$\text{Confiabilidad} = \frac{32400}{(32400 + 2545)}$$

$$\text{Disponibilidad} = 92.72\%$$

Así también los costos iniciales por las fallas de los equipos, se muestran a continuación:

- Costo de reparación de 5 variadores (S/. 20,000 c/u).
- Alquiler de 3 variadores por dos meses (S/. 2,000 c/u).
- Cambio de 10 Fusibles ultrarrápidos (S/.250 c/u)
- Perdidas de riego por dos días (aproximadamente S/. 10,000 diarios en producto).
- Personal de mantenimiento en esta actividad (S/. 2,000 en las fallas).

Diagrama unifilar actual del sistema a implementar la solución actual, se muestra el diagrama unifilar de las cargas conectadas al sistema en situaciones actuales.

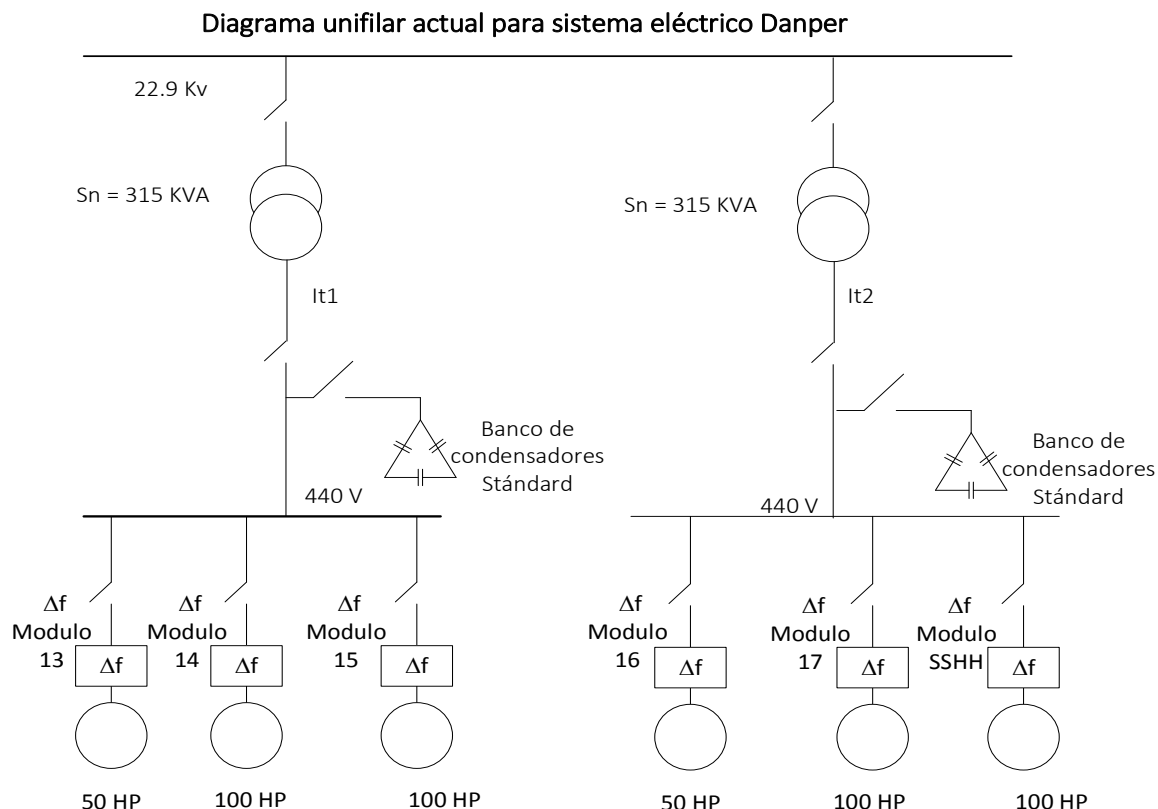


Figura 86 Diagrama Unifilar actual sin filtros.

Fuente: Propia

La implementación y dimensionamiento del filtro para esta solución se realizó con un software de Schneider Electric basada en los valores de corrientes armónicas (THDi), así como el ajuste del factor de potencia a un valor de 0,98 (Figura 81)

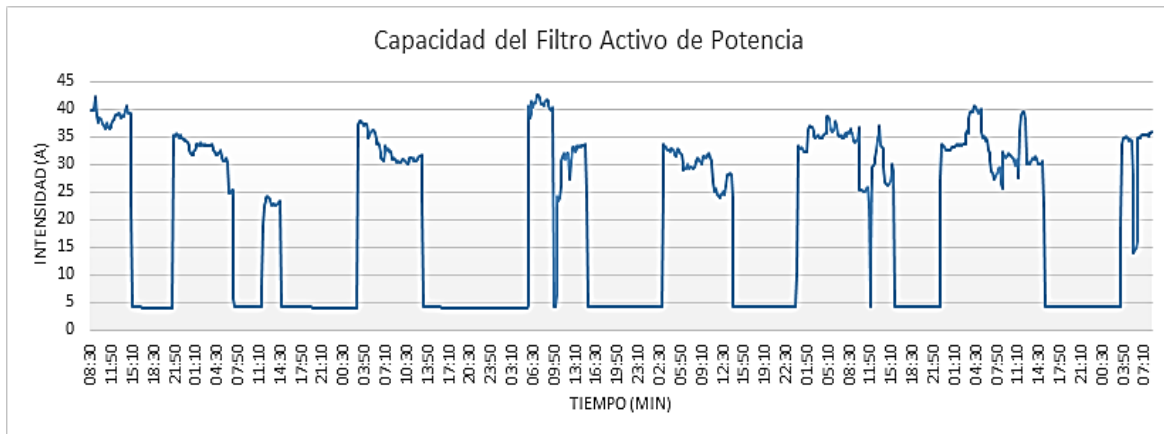


Figura 87 Cálculo de la capacidad del filtro activo de potencia en función de las corrientes armónicas. Fuente: Acussine Selection Tool V3.2017 Schneider Electric

Dimensionamiento de filtros activos de armónicos para cada sub estación.

Se dimensionará y seleccionará los filtros de armónicos para cada sub estación, que tienen la misma capacidad: 215 KVA

1. Datos iniciales

- Potencia nominal del sistema: 315 KVA
- Tensión trifásica salida del transformador: 440 V
- Intensidad promedio que entrega el transformador, $I_{rms} = 330 \text{ A}$
- Tasa de la distorsión de armónicos de corriente, THD-i: 92 (%)
- El factor de la potencia (promedio 0.90)
- El ángulo de desfase entre la tensión y la intensidad: 25.84°
- La potencia promedio de la energía reactiva consumida (absorbida) = 109.82 KVAR
- Potencia activa absorbida: 226.8 Kw.

2. Cálculo de la intensidad de la corriente armónica, I_H :

Se estima que la corriente armónica rms, es decir las componentes efectivas que están relacionadas directamente con las frecuencias que no son fundamentales, se interpreta con la siguiente ecuación:

$$I_H[A] = \frac{I_{RMS}}{\sqrt{\frac{1}{THD_i^2} + 1}} \quad \dots\dots (Ecuación 3.6)$$

Reemplazando y procesando:

$$\rightarrow I_H[A] = \frac{330}{\sqrt{\frac{1}{0.92^2} + 1}} = 223.43 \text{ A}$$

En lo cual:

- I_{RMS} = Corriente completa de carga, A
- $THDi$ = Tasa de distorsión de corrientes armónica en %
- I_H : Corriente armónica efectiva

El filtro activo tiene la peculiaridad de reparar en modo simultáneo los armónicos y los reactivos a través de una inyección dinámica de corriente.

Capacidad neta del filtro de inyección:

$$I_{FILTRO} = \sqrt{I_H^2 + I_R^2} \quad \dots\dots (Ecuación 3.7)$$

En dónde:

I_{Filtro} : Capacidad solicitada del filtro activo, A

I_H : Corriente neta armónica solicitada, A

I_R : Corriente neta reactiva solicitada, A

Se considera que la corriente equivalente requerida para retribuir la potencia reactiva, en Kvar; *absorbe* la carga, asumiendo un $\cos\phi$ objetivo = 1:

$$I_R(A) = \frac{Q_{\text{carga}}}{\sqrt{3} \cdot U_L} \quad \dots \text{(Ecuación 3.8)}$$

Q carga: Potencia reactiva absorbida por el transformador

Reemplazando:

$$\rightarrow I_R(A) = \frac{109820 \text{ VAR}}{\sqrt{3} \cdot 440 \text{ V} \cdot 1} = 144.10 \text{ A}$$

Para finalizar, se mide la capacidad del filtro necesario:

$$I_{\text{FILTRO}} = \sqrt{223.43^2 + 144.10^2} = 265.86 \text{ A} \quad \dots \text{(Ecuación 3.9)}$$

Seguidamente, se opta por el filtro, en base a la intensidad normalizada, Shneider electric, fabricantes de filtros, que ha elaborado este procedimiento.

Tabla 14 Tabla de elección del filtro AccuSine® PCS

Corriente nominal (rms)	Máxima potencia reactiva (kVAR)			Referencia	Encerramiento	Dimensiones	Peso
	208 V	400 V	480 V		Clase	Figura #	Lbs (kg)
50	18	34,8	41,8	PCS050D5N126S	NEMA 12	1	661 (300)
				PCS050D5IP306S	IP 30		
100	38	88,2	83,1	PCS100D5N126S	NEMA 12	2	771 (350)
				PCS100D5IP306S	IP 30		
300	108	207,8	249,4	PCS300D5N126S	NEMA 12	3	1212 (550)
				PCS300D5N126S	IP 30		

Tabla 15 Tabla respecto a la selección de transformadores de corriente

Capacidad en Amp	Catálogo No.	Dimensiones		Peso (lb)	Precisión	Capacidad de carga	Corriente secundaria
		A (ID)	D (OD)				
500	CT500SC	4.0	6.5	3.5	2%	3 VA	5 A
1000	CT1000SC	4.0	6.5	3.5	1%	10 VA	5 A
3000	CT3000SC	6.0	8.5	4.25	1%	45 VA	5 A
5000	CTFCL5000	8.0	10.5	5.5	1%	45 VA	5 A

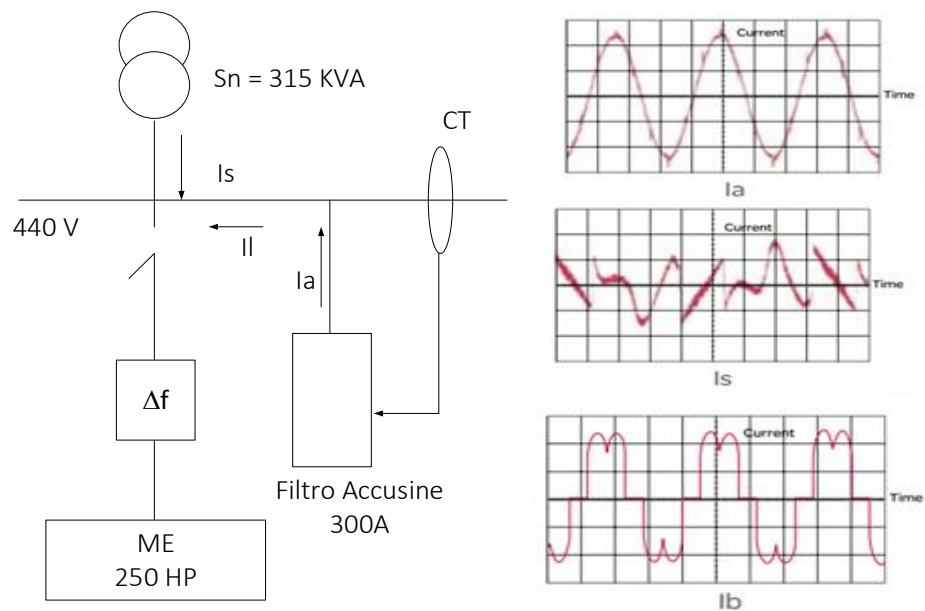
De las tablas mencionadas con anterioridad se opta por el filtro PCS050D5N126S:

Intensidad nominal: 300 A,

Potencia reactiva máxima: $Q_{\text{máx}} = 249.4 \text{ Kvar}$,

El transformador de corriente eléctrica es el de 500 A, serie CT500SC, $I_{\text{sec}} = 5 \text{ A}$,
para cada transformador

Fuente: Schneider electric



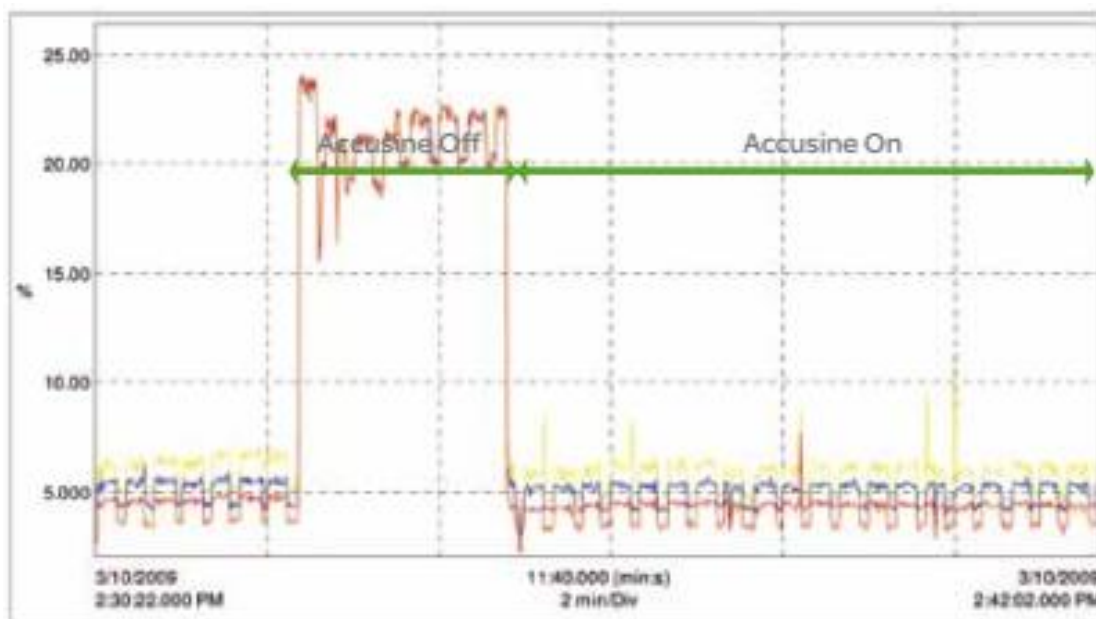
Instalación de filtro activo individual para transformador

Figura 88 Montaje del filtro de armónicos para cada uno de los Motores eléctricos.

Elaboración propia

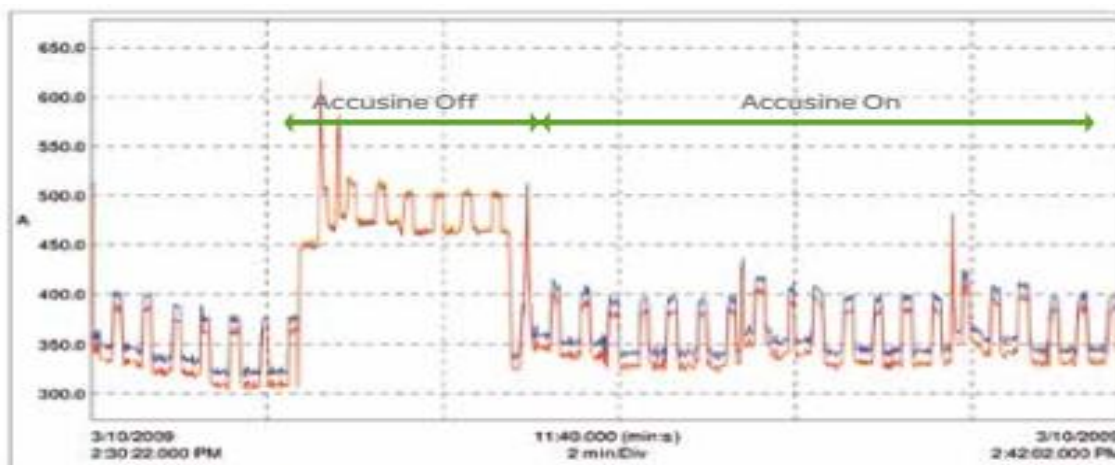
Para poder determinar la eficiencia y beneficio del filtro en actividad, se selecciona ciertas mediciones en el sistema, se detiene su operación en un determinado tiempo y se anotan las modificaciones en el sistema eléctrico y el efecto generado en el filtro de armónicos.

Proyección de resultados a obtener:



Comportamiento de la distorsión en corriente con y sin filtro en operación.

Figura 89, Comportamiento de la distorsión de la corriente con y sin filtro en operación



Comportamiento de la corriente total de carga

Figura 90, Comportamiento de la corriente de la carga total

- La corriente rms en su totalidad reduce de manera drástica, el filtro y descarta el componente agregado que provocan los armónicos. También, merman las pérdidas por provocadas por calentamiento en conductores y bobinados, en el centro del transformador, obteniendo significativas reservas de energía activa y reactiva
- El trabajo del filtro es totalmente independiente de la carga del sistema eléctrico.

Estimación de los parámetros del sistema con montajes de filtros dinámicos

Según hace mención Schneider electric, al establecer un filtro activo de armónicos:

- La THD de potencia disminuye hasta el 5%
- El factor de magnitud se repara hasta 0.96, en modo frecuente.
- La efectiva intensidad, rms disminuye en 33.3% de la inicial.

Por lo que, la nueva intensidad, efectiva de armónicos, sería:

$$I_{H-con Filtro} = \frac{I_{RMS-con Filtro}}{\sqrt{\frac{1}{THD_{CFi}^2} + 1}} = \frac{248.12}{\sqrt{\frac{1}{0.05^2} + 1}} = 12.39 \text{ A} \quad \dots\dots (Ecuación 3.10)$$

La actual magnitud de línea, rms; entonces sería, para THDi con filtro = 5 %

$$I_{H-con Filtro} * \sqrt{\frac{1}{THD_{CFi}^2} + 1} = I_{RMS-con Filtro}$$

$$\rightarrow 35.75 \text{ A} * \sqrt{\frac{1}{0.05^2} + 1} = A = I_{RMS-con Filtro}$$

Por lo cual, la nueva o actual potencia activa del sistema, podrá ser:

$$P_{con Filtro} [kw] = \sqrt{3} * U_L (V) * \cos \phi * I_L (A) * 10^{-3} \quad \dots\dots (Ecuación 3.11)$$

$$P_{con Filtro} [kw] = \sqrt{3} * 440 \text{ V} * 0.96 * 248.12 \text{ A} * 10^{-3} = 181.53 \text{ kw}$$

Rebaja de la potencia activa:

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad \dots\dots (Ecuación 3.12)$$

$$\Delta P = 226.8 - 181.53 = 45.27 \frac{\text{kw}}{\text{Transf}}$$

Nueva potencia reactiva, absorbida:

$$Q_2(\text{Kvar}) = P_2 * \tan \varphi_2 \quad \dots\dots\dots (\text{Ecuación 3.13})$$

$$Q_2(\text{Kvar}) = 45.27 * \tan 16.26 = 13.203 \text{ Kvar}$$

Pérdida de potencia reactiva utilizada, con filtros de armónicos

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 \quad \dots\dots\dots (\text{Ecuación 3.14})$$

$$\Delta Q = 109.82 - 13.203 = 96.617 \text{ Kvar}$$

Siendo 2 los transformadores, se obtiene:

Pérdida completa de potencia activa: $\Delta P_t = 2 \text{ Transf} * 45.27 \text{ kw/Tranf} = 90.54 \text{ kw}$

Pérdida completa de potencia reactiva: $\Delta Q_t = 2 \text{ Transf} * 14.63 \text{ kw/Me} = 204.83 \text{ kw}$

Con estos datos se selecciona un filtro activo de potencia PCS + 60A, 380 – 480 Vac, 60 Hz, 3F, Altitud 1000 m.s.n.m., con la finalidad de un factor de potencia mayor a 0.96, y una calidad de distorsión armónica total menor al 5%, se muestra la figura 3.56 de un filtro Acussine para dichas características.

The Schneider Electric solution for active harmonic filtering in industrial installations.



AccuSine PCS+ Specifications

Technical Specifications

Standard RMS output current ratings	60 A, 120 A, 200 A, 300 A - 380 V AC to 480 V AC 47 A, 94 A, 157 A, 235 A - 480-600 V AC 40 A, 80 A, 133 A, 200 A - 600-690 V AC
-------------------------------------	--

Electrical System Characteristics

Nominal voltage	380-480 V AC; +10%/-15% 480-600 V AC; +10%/-15% 600-690 V AC; +10%/-15%
Nominal Frequency	50/60 Hz, ± 3 Hz auto sensing
Number of phases	3-phase, with or without neutral
Operation with single phase loads	Yes; no effect on neutral current

Technical Product Characteristics

Power electronics	IGBT; 3 level inverter
Topology	Digital harmonic FFT Digital reactive power
Losses	At 480 V AC < 3 %; at 690 V CA < 5 %
Current transformers (CT)	Any ratio with 1 or 5 ampere secondary Type 1 accuracy 50/60 or 400 Hz rated Grounded
Quantity of CT	2 or 3 for 3-wire electrical system 3 required for 4-wire electrical system
CT VA loading	15 mVA
Spectrum cancellation	2 nd to 51 st , discrete; fully selectable per harmonic order (amplitude and on/off)
Control basis	Closed loop for new installations ⁽¹⁾ Open loop compatible for retrofit applications
CT Position	Closed Loop Control: Source sense (at mains) CT or Load sense CT for single unit ⁽²⁾ Open Loop Control: Load sense CT or source sense CT for single unit ⁽³⁾
Harmonic Attenuation	Closed Loop: < 3 % THD(i); max 20:1 THD(i) reduction with load harmonic current above 50 % of AccuSine PCS+ rating Open Loop: < 5 % TDD Requires 3 % or higher inductive impedance per nonlinear load
Harmonic Operational Features	% THDi set point % THDv set point
Harmonic avoidance	Output at specific harmonic order turned off if resonance or lack of impedance detected; or manually turned off

Figura 91. Especificaciones de Accusine PCS. Fuente: Schneider Electric

Para la jugada en el inicio del sistema se necesita la compra de este equipo (PCSP060D5IP54) adicionalmente 2 transformadores de corriente de 500/5 Amperios, y dos interruptores de protección de 250 Amperios cada uno

Con la implementación de este sistema nuestro diagrama unifilar quedaría de la siguiente manera.

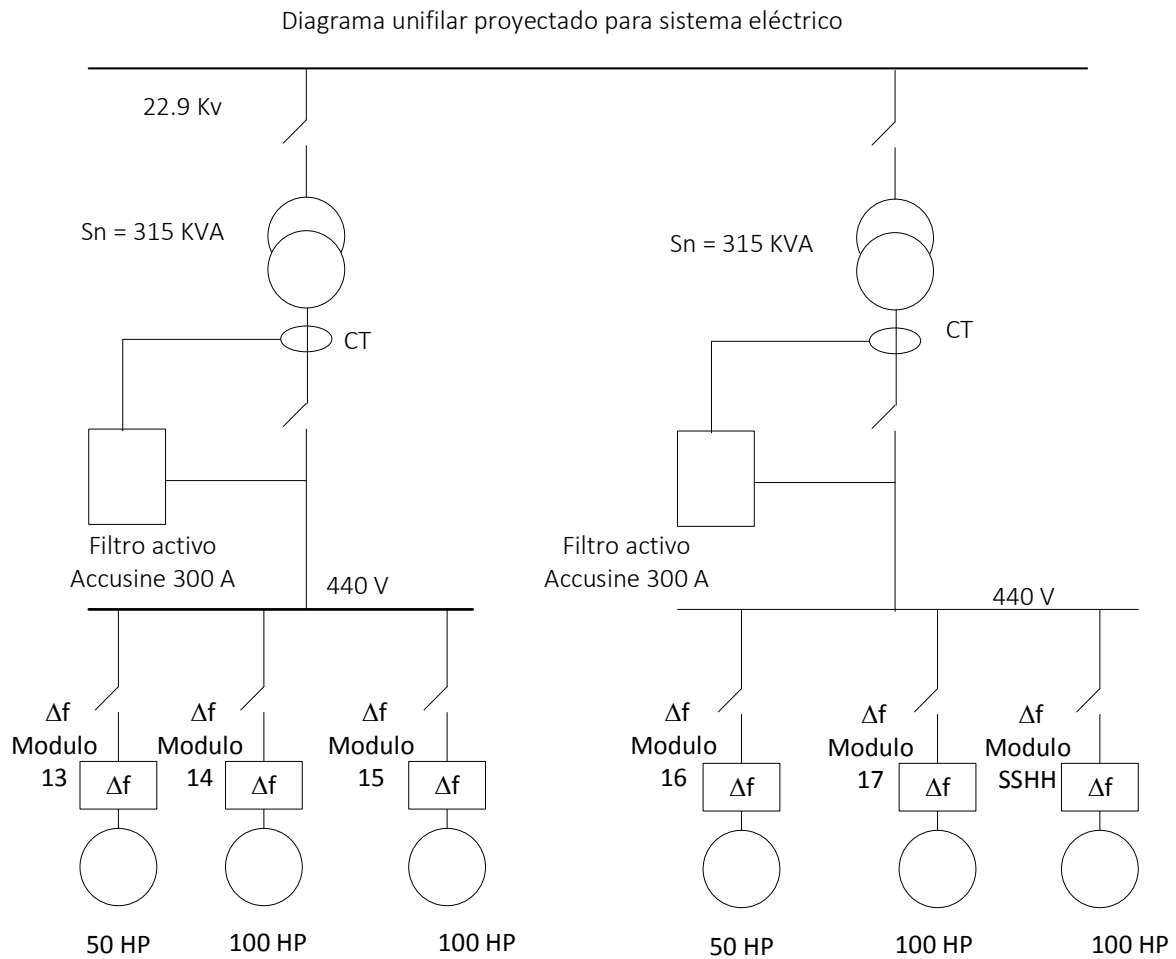


Figura 92, Diagrama unifilar, instalando Filtro Activo. Fuente: Propia

3.6 Evaluación económica

3.6.1. Inversiones

Inversiones en activos, Obras civiles, MO y accesorios eléctricos para aumentar la calidad de la energía eléctrica en DANPER SAC					
Item	Denominación	Cantidad	U. M.	Costo unit.	Sub Total
				Soles/UM	Soles
1	Tableros de distribución, electrostáticos, 120x75x 60 cm	2	Unidades	420	S/840
2	Conductores trifásico tipo NYY, NSY 80, 25 mm ²	150	Metros	38.75	S/5,813
3	Interruptor compactos de caja moldeada 250 A	2	Unidades	1350	S/2,700
4	Contactores trifásicos electromagnéticos de capacidad de 250 A	2	Unidades	1100	S/2,200
6	Filtros activos para armónicos de 300 A	2	Unidades	16000	S/32,000
7	Mano de Obra y montaje e instalación equipos y accesorios eléctricos	1	Global	6500	S/6,500
8	Capacitación al personal en lecturas de circuitos y planos eléctricos	1	Global	3,500.00	S/3,500.00
9	Preparación de los planos unifilares, en programa Auto Cad	1	Global	750	S/750
10	Obras civiles y las instalación de cables	1	Glb	6000	S/6,000
11	Transformador de corriente 500/5 A	2	Piezas	4800	S/9,600
Total					S/69,903

3.6.2. Beneficios.

Por reducción de potencia activa:

$$B_1 \left[\frac{S/.}{kw - h} \right] = \Delta P(kw) * T_{po} \left(\frac{h}{año} \right) * C_{unit-EE} \left(\frac{S/.}{kw - h} \right)$$

$$B_1 \left[\frac{S/.}{kw - h} \right] = 96.167(kw) * 8000 \left(\frac{h}{año} \right) * 0.23 \left(\frac{\frac{S}{.}}{kw - h} \right) = 176947 \frac{soles}{año}$$

Beneficios por eliminación de fallas de los equipos:

- Costo de reparación de 5 variadores (S/. 20,000 c/u).
- Alquiler de 3 variadores por dos meses (S/. 2,000 c/u).
- Cambio de 10 Fusibles ultrarrápidos (S/.250 c/u)

- Perdidas de riego por dos días (aproximadamente S/. 10,000 diarios en producto).
- Personal de mantenimiento en esta actividad (S/. 2,000 en las fallas).

Sub total: $100,000 + 6000 + 2500 + 20,000 + 10000 = 138500$ soles/año

Total beneficios esperados por mejorar la calidad de energía en Danper SAA:

$176947 + 138500 = 315447$ soles/año

3.6.3. Inversión y el financiamiento bancario

Inversión y financiamiento bancario		
Descripción		Monto (S/.)
Equipos, insumos y MO		69,902.50
Otros		–
TOTAL DE COSTOS ESTIMADOS		69,902.50
TOTAL DE INVERSION DEL PROYECTO		S/. 69,902.50
FINANCIAMIENTO		
Descripción		Monto (S/.)
Aporte propio, % Inversión total	0%	S/. –
Financiamiento		S/. 69,902.50
Total inversión		S/. 69,902.50
Condiciones del Financiamiento		
Descripción		Monto (S/.)
Prestamo		S/. 69,902.50
Tasa efectiva anual		14.07%
Tasa efectiva mensual		1.10%
Plazo, meses		18
cuota mensual, Soles/mes		S/. 4,303.06

3.6.4 .Plan de pagos mensuales de empréstito del banco

Plan de Pagos mensuales					
Mes	Préstamo	Interés	Amortización	Cuota	Saldo
1	69,902.50	771.06	3,532	4,303	66,370.50
2	66,370.50	732.10	3,571	4,303	62,799.54
3	62,799.54	692.71	3,610	4,303	59,189.19
4	59,189.19	652.89	3,650	4,303	55,539.02
5	55,539.02	612.63	3,690	4,303	51,848.58
6	51,848.58	571.92	3,731	4,303	48,117.44
7	48,117.44	530.76	3,772	4,303	44,345.14
8	44,345.14	489.15	3,814	4,303	40,531.23
9	40,531.23	447.08	3,856	4,303	36,675.25
10	36,675.25	404.55	3,899	4,303	32,776.73
11	32,776.73	361.55	3,942	4,303	28,835.21
12	28,835.21	318.07	3,985	4,303	24,850.22
13	24,850.22	274.11	4,029	4,303	20,821.27
14	20,821.27	229.67	4,073	4,303	16,747.87
15	16,747.87	184.74	4,118	4,303	12,629.55
16	12,629.55	139.31	4,164	4,303	8,465.80
17	8,465.80	93.38	4,210	4,303	4,256.12
18	4,256.12	46.95	4,256	4,303	-0.00

Adicionalmente se tiene que plantear un plan de mantenimiento preventivo durante ciertos periodos de tiempo al año, esto no garantiza la buena calidad de energía, pero es un factor que influye en el transporte de la energía eléctrica y las posibles perturbaciones que hay entre fases de estas mismas.

Para este análisis se toma en cuenta la tasa de interés de la SBS, según la figura 93.


TASAS DE INTERÉS ACTIVAS DE MERCADO				
Ingrese fecha: 29/05/2018  (dd/mm/aaaa) Consultar Exportar				
Tasa de Interés Activa Promedio de Mercado Efectiva al 29/05/2018				
Moneda Nacional(TAMN)	14.07%	Anual	Factor Diario	0.00037
			*Factor Acumulado ¹	3,962.25328
Moneda Nacional(TAMN + 1)	15.07%	Anual	Factor Diario	0.00039
			*Factor Acumulado ¹	7,333.07693

Figura 93 Tasa de interés actual según SBS

Fuente: (SBS, s.f.)

3.7 El análisis del tipo financiero

Beneficio anual	94,971	S/año
Costos operativos		
Costo de Operación	50,000	S./año
Costo Mantto	46,000	S/año

*VAN y TIR : Con financiamiento del préstamo del banco.

Flujo de Caja Financiero											
	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pago de deuda por servicio											
Préstamo	-69903										
ínteres		7553									
Amortización, S./año		69903									
Costo Operación, S./año		50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000
Costo Mantenimiento, S./año		46000	46000	46000	46000	46000	46000	46000	46000	46000	46000

3.7.1. Indicadores financieros:

COK	14.1%	
VAN	1,003,737	
TIR	236%	
Número de años	10	Años

PRI (Años)	1.83	Años
PRI: Periodo de Retorno de la Inversión		
PRI (Años)= (VA (I ₀))/(VA (B _n)/N)		

3.8 Planteamiento de plan de acción y sostenibilidad

De acuerdo a los datos mostrados y basándonos en estándares de calidad de energía, se puede aplicar un plan de acción y sostenibilidad de la calidad de la energía eléctrica del fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos SAC, esto puede ser como:

a. Transitorios de Voltaje:

Según el análisis y nuestros resultados, se tiene presencia de transitorios en la red, bajo estas circunstancias se tiene que realizar un plan de mantenimiento de redes de media tensión, debido a que esto ocurre por el clima hostil, además del pandeo que sufren los cables de media tensión, provocando este desbalance, además de cargas como hornos que entran en el sistema provocando estos transitorios, para corregir esto se pueden colocar reguladores filtros armónicos que funcionen como filtros pasivos para reducir el impacto de estos transitorios que no son penados por Osinergmin, o en su defecto revisar la instalación del banco de condensadores en la subestación de distribución de la energía, esto con la finalidad de verificar el modo de funcionamiento de este banco de condensadores, lo cual puede ser la presencia de los transitorios en la red y las fallas que se han estado produciendo.

b. Transitorios de corriente:

Esta presencia de transitorios de corriente ocurre por los transitorios de voltaje que sufre el sistema, los cuales pueden provocar que los sistemas de protección se accionen y dañen los equipos en operación, para darle solución se tiene que compensar los transitorios de voltaje.

c. Potencia Reactiva

Se tiene que reducir el consumo de energía reactiva, debido a las variaciones que se visualizan en el perfil de carga de potencia reactiva, esta energía reactiva es penalizada por la distribuidora eléctrica facturando un monto por consumo de exceso

de esta energía reactiva, se tiene que realizar un seteo de los banco de condensadores y de ser el caso una configuración nueva de este sistema.

d. Factor de potencia

Regular los bancos de condensadores, e implementación de sistemas de banco de condensadores, junto con la existencia de filtros armónicos en las redes eléctricas para compensar los transitorios ocasionados por el banco de condensadores, este factor de potencia que se encuentra distorsionado según análisis mostrado.

e. Distorsión armónica de corriente

Para compensar y disminuir las distorsiones armónicas de corriente se debe colocar filtros de armónicos en los equipos electrónicos (variadores de frecuencia), además un filtro activo al punto de alimentación del sistema el cual compensara las fluctuaciones de la onda de corriente distorsionada, formando una onda inversa la cual se compensara con esta onda distorsionada.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Con el registro de perturbaciones obtenidas por el analizador de redes Fluke 435 II se obtuvieron todos los datos que se necesitan para poder realizar el análisis de calidad de energía.

4.2. Con el análisis de los valores o parámetros eléctricos de la calidad de energía (voltaje, armónicos de corriente y voltaje, factor de potencia, etcétera) y haciendo uso del software Power Log 5.3 de la marca Fluke se podrá definir el tipo de problema presentado en el sistema comparando con las normativas de procedencia nacionales e internacionales de la calidad de energía eléctrica.

4.3. Los tiempos de parada y fallas en los equipos electromecánicos y electrónicos dentro del sistema eléctrico son consecuencia de fallas en este sistema, el cual vienen dado por la existente mala calidad de energía reduciendo la disponibilidad y confiabilidad de estos equipos.

Para elevar la confiabilidad y la disponibilidad en los equipos electromecánicos y electrónicos se necesita que el sistema eléctrico tenga una buena calidad de energía mediante soluciones industriales y técnicas definidas para este entorno, lo cual reducirá su índice de fallas y paradas.

4.4. Los valores críticos obtenidos de los registros de armónicos de corriente nos brindan los datos requeridos para seleccionar el tipo y la capacidad de filtro que se requiere para reducir la mala calidad de la energía eléctrica en nuestro sistema.

4.5. Con el análisis económico y financiero se obtendrá la información de los costos económicos de la inversión para el desarrollo de la solución que se quiere implementar para aumentar la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico en estudio y poder definir la viabilidad de la solución propuesta.

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados mostrados y los análisis previos que se realizaron en el desarrollo se llega a concluir que el sistema de red eléctrica de media tensión del Fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos SAC presenta problemas de calidad de energía eléctrica, tal es el caso como:

5.1. Mediante el registro de los parámetros eléctricos se obtuvo el tipo de fallas que se presentaban en nuestro sistema eléctrico, tales como la presencia de transitorios de voltaje, Flicker, y armónicos de corriente, los cuales están ocasionando fallas al sistema eléctrico en mención deteriorando a los componentes electrónicos dentro del sistema como los tiristores, transistor o IGBT (insulated gate bipolar transistor), fuente de corriente alterna y medidores de energía.

5.2. Se realizó el estudio y análisis respectivo de los parámetros obtenidos mediante el Software Power Log 5.3 de la marca Fluke obteniéndose como resultados valores que no se localizan están dentro de los rangos establecido por las normativas NTCSE, IEEE 519, por lo tanto existe una mala calidad de energía eléctrica, con un rango de armónicos de corriente fuera de lo establecido ($THDi > 20\%$), como se aprecia el registro de las Figuras 58, 59 y 60.

5.3. Mejorando la calidad de energía eléctrica del sistema mediante la solución y técnica planteada se aumentara la disponibilidad y confiabilidad de los equipos electromecánicos dentro del sistema, debido a que se reducirá, los tiempos de parada de los equipos por fallas en nuestro sistema eléctrico, el deterioro de sus componentes electrónicos y mejorara la operatividad de dichos equipos, como se muestra estos parámetros proyectados en la figura 73 y 74.

5.4. De acuerdo a los parámetros y valores eléctricos críticos obtenidos, y el análisis de estos mediante el Software Power Log 5.3 se tiene como resultado que hay un problema en la calidad de energía eléctrica por el alto nivel de armónicos de

corriente como se muestra en las figuras 58,59 y 60, por lo cual se propone la solución de la implementación de filtros armónicos activos, el cual se dimensiona en función a los valores de los armónicos de corriente obtenidos en el análisis mediante el software Acussine Selection Tool V3.2017 de la marca Schneider Electric, obteniéndose un Filtro Acussine PCS+60 A como se muestra en la página 146 y 147.

5.5. Según el análisis económico financiero se obtiene que la solución propuesta es viable porque el tiempo de retorno de la inversión propuesta por la implementación de este filtro activo es de 1.83 años según el análisis financiero que se realizó en la página 151.

VI. RECOMENDACIONES

6.1 Se sugiere implementar el sistema de medición en tiempo real (telemetría), para tener un mejor control y reporte de las fallas de los equipos del sistema. Este sistema permitirá distinguir y obtener mejores datos para la contratación de data.

6.2 Se recomienda realizar los mantenimientos preventivos a los sistemas eléctricos de media tensión (transformadores, conexiones, cableado, empalmes y verificación de buen funcionamiento).

6.3 Se sugiere la instauración de filtros activos en el punto cabecera de la subestación eléctrica, como la solución planteada en este documento con el fin de reducir las fluctuaciones de la red, y así no contaminar la red externa y no perjudicar la red interna como son los equipos interconectados a la baja tensión. Con esto se aumenta la confiabilidad y disponibilidad de los equipos dentro del sistema a corregir.

6.4 Se recomienda realizar la desconexión del banco de condensadores después de la instalación del filtro activo, este filtro mejorará con precisión el factor de potencia a valores requeridos.

6.5 Se recomienda la aprobación de esta inversión planteada para solucionar las deficiencias de la calidad de energía eléctrica en este sistema eléctrica de la empresa Danper Agrícola Olmos Sac.

6.6 Se recomienda realizar estos análisis de calidad de energía eléctrica periódicamente por lo menos una vez por año para recoger información del comportamiento de los parámetros eléctricos establecidos.

VII. REFERENCIAS

- AF. (s.f.). *Frecuencia de la corriente alterna*. Obtenido de http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_frec_ca/ke_frec_ca_1.htm.
- Arellano Martinez, A. (2012). *Mejora de la confiabilidad en el edificio Valdes Vallejo de la UNAM*.
- Balcells, J. M. (2010). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*.
- Campos, J. C. (s.f.). *Calidad de la energía eléctrica*.
- Carlos Alain Meléndez León. (2014). *Adquisición de datos para el analisis de armonicos en sistemas electricos usando Labview*.
- Chapman, S. J. (2010). *Maquinas Electricas, Tercera Edición*.
- Concha, P. (s.f.). *Solución al prolema de armonicos*. Obtenido de <http://patricioconcha.ubb.cl/410113/accionamientos/solucion.htm>
- CORPORATION, F. (s.f.). *FLUKE CORPORATION*. Obtenido de www.fluke.com
- EICOR. (s.f.). *Calidad de la energía eléctrica*. Obtenido de <https://www.iecor.com/calidad-de-energia-electrica/>
- electronicos, I. d. (s.f.). *Diagnostico y solución de problemas de voltaje*. Obtenido de www.variacionesdevoltaje.com
- Garcia Tevillo, A. (2012). *Evaluación dielectrica de una subestación aislada en gas*.
- Harper, E. (1989). *El ABC de la energía eléctrica*.
- Harper, E. (1989). *El ABC de las Maquinas electricas; Capitulo Transformadores*.
- Heinemann, L. (2009). *Calidad de la energía*.
- Herrera Dominguez, M. A. (2015). *Estudio de coordinación de las protecciones para mejorar la selectividad en el alimentador de media tensión tsu-016 de Hidrandina S.A, La Libertad 2015*. Trujillo.
- Holguin, M., & Gomez Coello, D. (2010). *Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la universidad politécnica Salesiana*. GUAYAQUIL.
- IEEE. (s.f.). *IEEE.ORG*. Obtenido de www.ieee.org
- Internacional, I. (s.f.). *Calidad de energía*. Obtenido de <https://ingenieriainternacional.wordpress.com/ingenieria-internacional-e-informatica-2/%C2%BFsabias-que/calidad-de-energia/>

- José María Balcells, . A. (2010). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*.
- Marroquín de Jesús, A. (2015). *Calidad de la energía eléctrica en sistemas eléctricos desbalanceados: Factor de Potencia y filtrado de armónicas*.
- Mazorra Soto, J. (2013). *Calidad de la energía eléctrica*.
- ministros, P. d. (s.f.). *Organismos superior de la inversión de energía y mina*. Obtenido de www.osinergmin.gob.pe
- Peres Delgado, R. (2014). *Estudio eléctrico y térmico en transistores IGBT en paralelo con control de reparto de corriente*.
- Peruano, D. O. (2008). *Norma Técnica de Calidad de los servicios eléctricos (NTSCE)*.
- PRODIESA. (s.f.). *Productos de baja tensión, instalaciones eléctricas y ahorro de energía*. Obtenido de <http://www.prodiesa.com.mx/faqsarmonicos.htm>
- SBS. (s.f.). *Superintendencia de Banco y seguros*. Obtenido de <http://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPportal/Paginas/TIActivaMercado.aspx?tip=B>
- Soto, J. M. (2013). *Calidad de la Energía Eléctrica: Incidencia*.
- Tuxtla Gutiérrez, C. (Agosto del 2006). *Estudio de Calidad de Energía SECOVI*.
- Velez, H. A. (2016). *Estudio de causas de falla en variadores de frecuencia bajo ambientes industriales*.
- Zapata Oyarzún, Y. C. (2010). *Análisis electrónico de las soluciones que existen en calidad de energía eléctrica y eficiencia energética*. Valdivia.

VIII. ANEXOS

8.1 Matriz de Consistencia

ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA				
AUTOR: PLASENCIA MARIÑOS GUILLERMO JULIAN		FECHA: 01 / 05 / 2018		
ASESOR: RAÚL PAREDES ROSARIO				
TÍTULO: ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS DEL FUNDO DAOSAC DE LA EMPRESA DANPER AGRÍCOLA OLMOS S.A.C., LAMBAYEQUE.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
1. Problema General:	1. Objetivo General:	1. Hipótesis General:	V. Independiente	1. Tipo de Investigación: Es investigación del tipo aplicada, pues hace uso de técnicas y procedimientos de la ingeniería mecánica eléctrica para analizar y plantear soluciones a un problema, como es aumentar la confiabilidad y disponibilidad de equipos electromecánicos, mejorando la calidad de la energía eléctrica suministrada. 2. Nivel de Investigación Por el alcance de la investigación es descriptiva porque caracteriza un plan de reingeniería de un sistema eléctrico de potencia.
¿Cómo mejorar la calidad de energía eléctrica que permita aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos electromecánicos en el fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos S.A.C.?	Mejorar la calidad de energía eléctrica elaborando una propuesta de reingeniería del sistema eléctrico de potencia, para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos electromecánicos en el fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos S.A.C.	La implementación de una reingeniería del sistema eléctrico de potencia mejorará la calidad de energía eléctrica, permitiendo aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos electromecánicos en el fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos S.A.C.	Calidad de energía electrica	
2. Problemas Específicos:	2. Objetivos Específicos	2. Hipótesis Específicas (opcional):	V. Dependiente:	3. Método: Se empleará el método deductivo porque se particularizará el estudio a una planta industrial, utilizando metodologías generales de reingeniería de sistemas eléctricos de potencia. 4. Diseño de la Investigación: El diseño de investigación es no experimental porque no se manipulará ninguna de las variables; transversal porque el estudio se realizará por única vez en un determinado momento. 5. Población: Sistema eléctrico de potencia y equipos electromecánicos del fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos S.A.C. 6. Muestra: Sistema eléctrico de potencia y equipos electromecánicos del fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos S.A.C. 7. Técnicas: Observación. Análisis documental. 8. Instrumentos: Ficha de registros 9. Indicadores: Nivel de tensión (V) Número de fallas/equipo (unidades) Tiempo entre fallas/equipo (horas)
	a)Determinar los parámetros de calidad de energía eléctrica. b)Determinar la calidad de energía eléctrica actual. c)Identificar las mejoras operativas y técnicas a realizar. d)Elaborar una propuesta de reingeniería del sistema eléctrico de potencia. e)Determinar la factibilidad económica de la propuesta.		Confiabilidad. Disponibilidad.	
			V. Intervinientes:	


TASAS DE INTERÉS ACTIVAS DE MERCADO				
Ingrese fecha: <input type="text" value="29/05/2018"/>  (dd/mm/aaaa) <input type="button" value="Consultar"/> <input type="button" value="Exportar"/>				
Tasa de Interés Activa Promedio de Mercado Efectiva al 29/05/2018				
Moneda Nacional(TAMN)	14.07%	Anual	Factor Diario	0.00037
			*Factor Acumulado ¹	3,962.25328
Moneda Nacional(TAMN + 1)	15.07%	Anual	Factor Diario	0.00039
			*Factor Acumulado ¹	7,333.07693

Figura 94 Tasa de interés actual según SBS

Fuente: (SBS, s.f.)

8.2 Analizadores de la energía y de la calidad eléctrica 435 serie II Fluke

Los Analizadores de energía y calidad eléctrica Fluke 435 Serie II está provisto con funciones avanzadas de calidad de la energía y extensión de monetización de la energía: se puede decir que no existe deficiencia eléctrica que este modelo no pueda arreglar.

Peculiaridades:

- Eficacia de inversores de potencia: calcula conjuntamente la potencia de salida CA y la potencia de entrada CC para estructuras electrónicas de potencia utilizando la pinza CC opcional.
- Retención de datos PowerWave: aísla datos RMS rápidos, presenta medios tiempos y formas de onda para explicar la actividad de los sistemas eléctricos (conmutaciones en SAI, arranques de generadores, etc.).
- Calculo de pérdida de energía: los cálculos de potencia reactiva y activa, armónicos y desequilibrios se cuantifican para establecer un manifiesto en el coste fiscal de las pérdidas de energía.
- Reparación de problemas en tiempo verdadero: examina las tendencias usando cursores y la función zoom.
- La extensa clasificación de la empresa: CAT IV a 600 V y CAT III a 1000 V para su utilización en la entrada del oficio.
- Medir los tres periodos y el neutro: con cuatro puntas de estudio de corriente dúctiles incluidas y un renovado diseño delgado para acoplarse a lugares más estrechos.
- Preferencia automática: cada medida se rastrea siempre de forma automática, sin exigencia necesaria de configuración alguna.
- System-Monitor: los diez parámetros de la estructura eléctrica en solo una pantalla, en base a la norma de calidad eléctrica EN50160.
- Cargo de registrador: encargado de configurar cualquier estado de prueba con memoria para aproximadamente 600 parámetros a intervalos establecidos por el cliente.

- Observa gráficos y obtenga informes: con el software de análisis que se inserta.
- Durabilidad de la batería: siendo siete horas de actividad por cada carga en un conjunto de baterías de ion litio.
- Liberación inalámbrica de apuntes: libera datos a la PC de forma inalámbrica y capta pantallas con el uso de Fluke Connect®.



Figura 95 Analizador de Redes Fluke 430 II

Fuente: (CORPORATION, s.f.)

8.3 RESULTADOS DE ANALISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA 2015 FUNDO COMPOSITAN

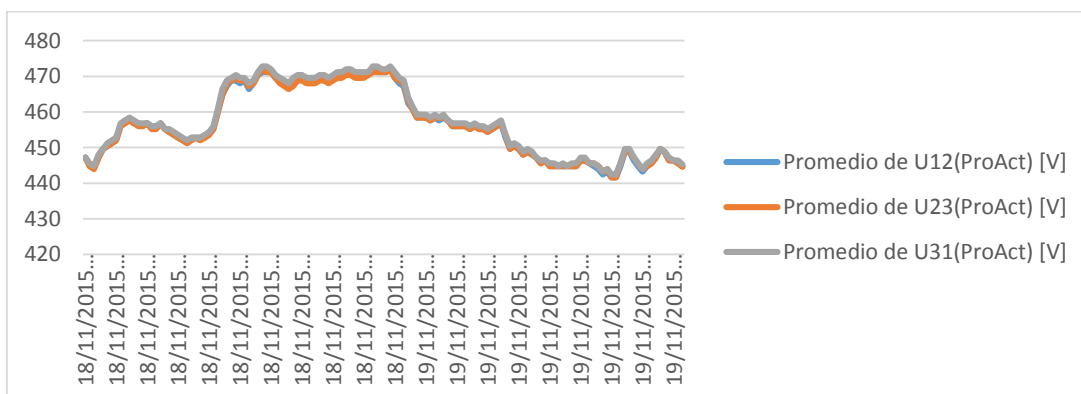


Figura 96 Gráfica de Voltaje por Fases de Subestación Pozo N° 10

Fuente: Propia

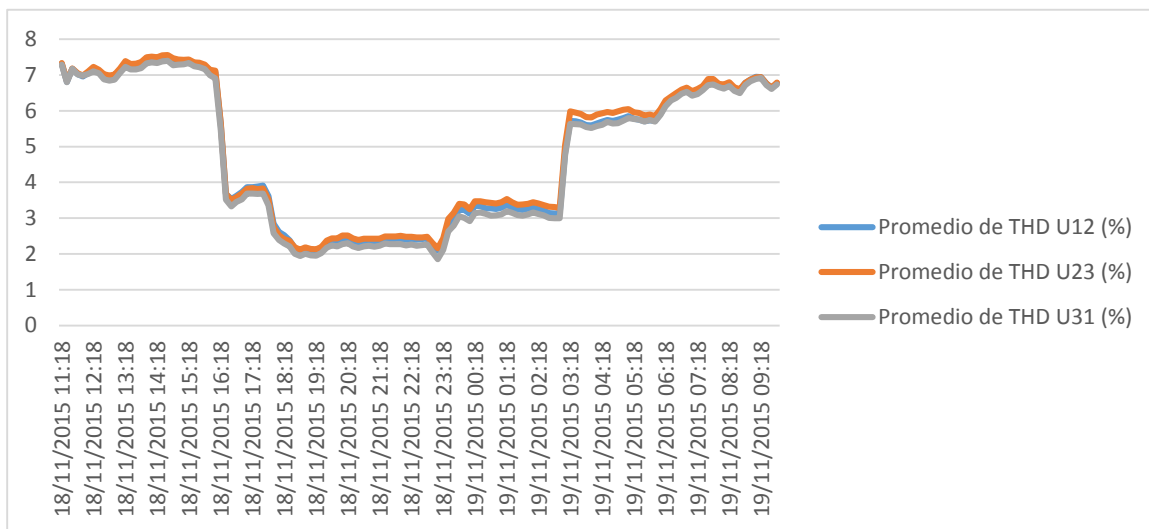


Figura 97 Gráfica de Voltaje THDv de Subestación Pozo N° 10

Fuente: Propia

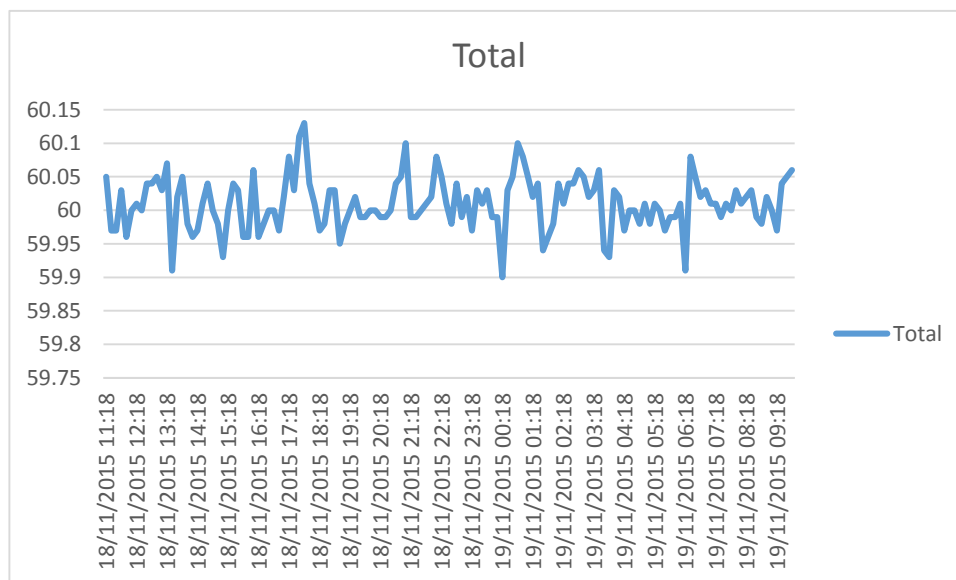


Figura 98 Gráfica de Frecuencias de Subestación Pozo N° 10

Fuente: Propia

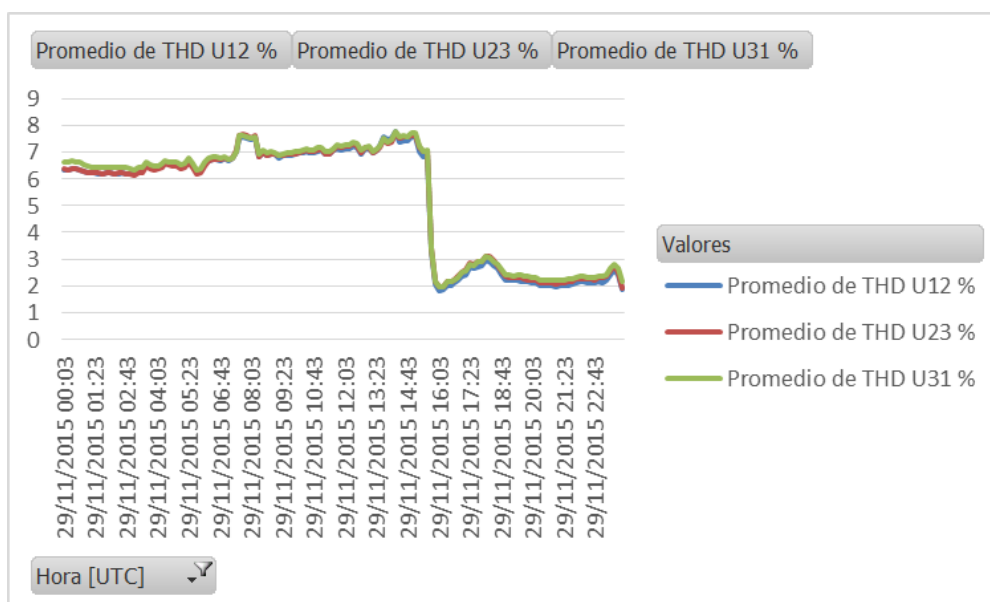


Figura 99 Gráfica de THDv de Subestación Pozo N° 19

Fuente: Propia

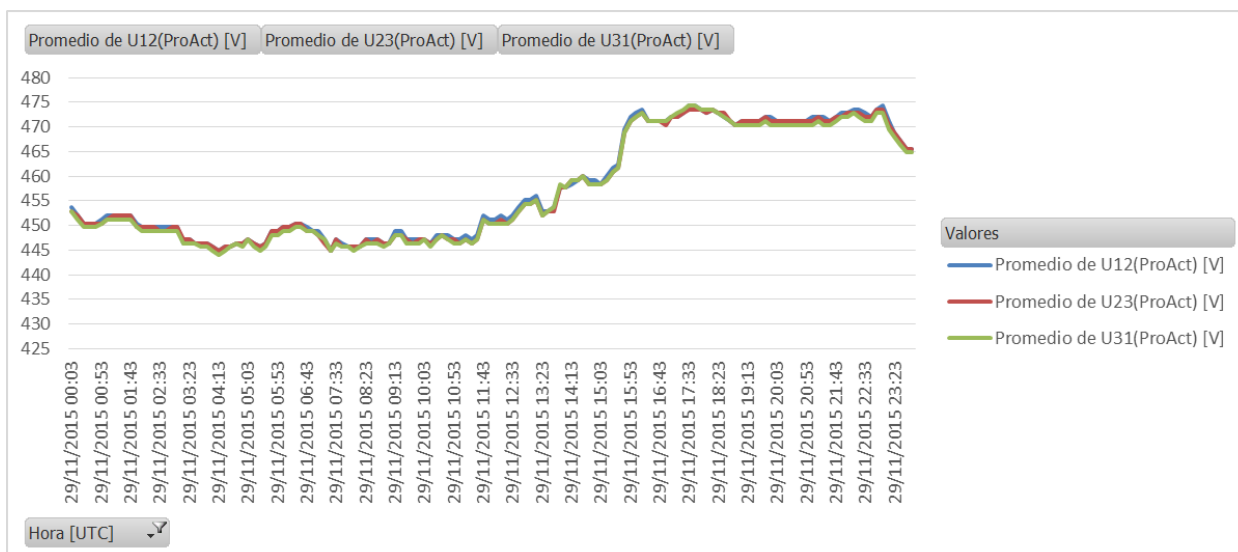


Figura 100 Gráfica de Voltajes por fases de Subestación Pozo N° 19

Fuente: Propia

8.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE SISTEMA DE POTENCIA DE UNA SUBESTACIÓN

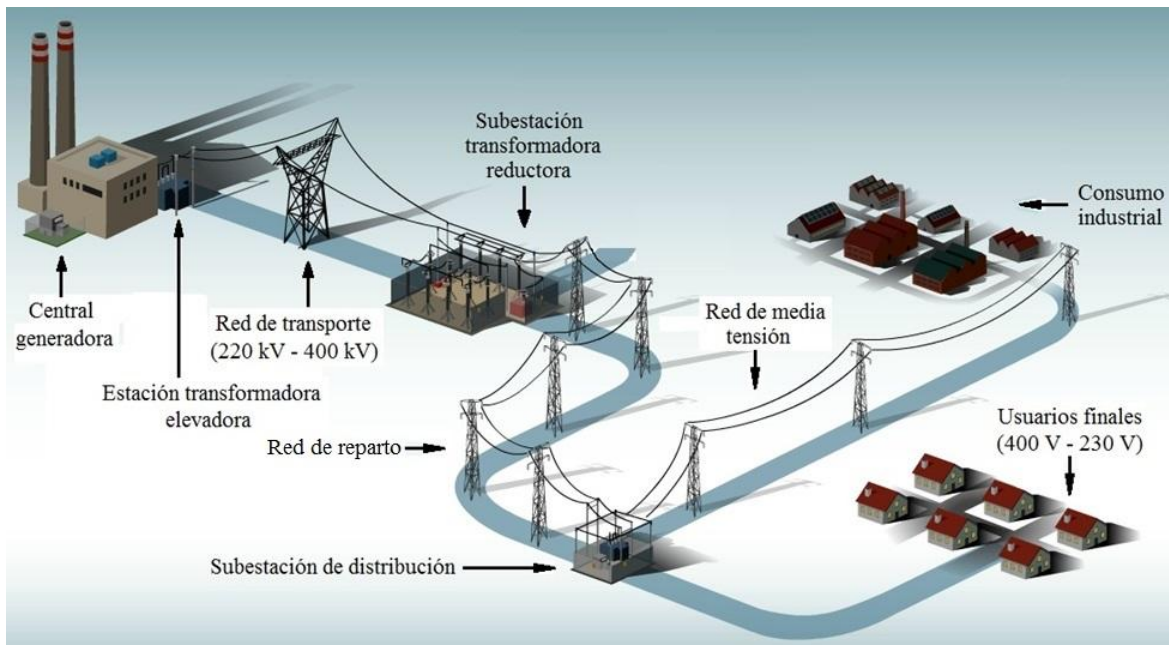


Figura 103 Gráfica de Sistema de Generación de energía eléctrica hasta el usuario final

Fuente: propia

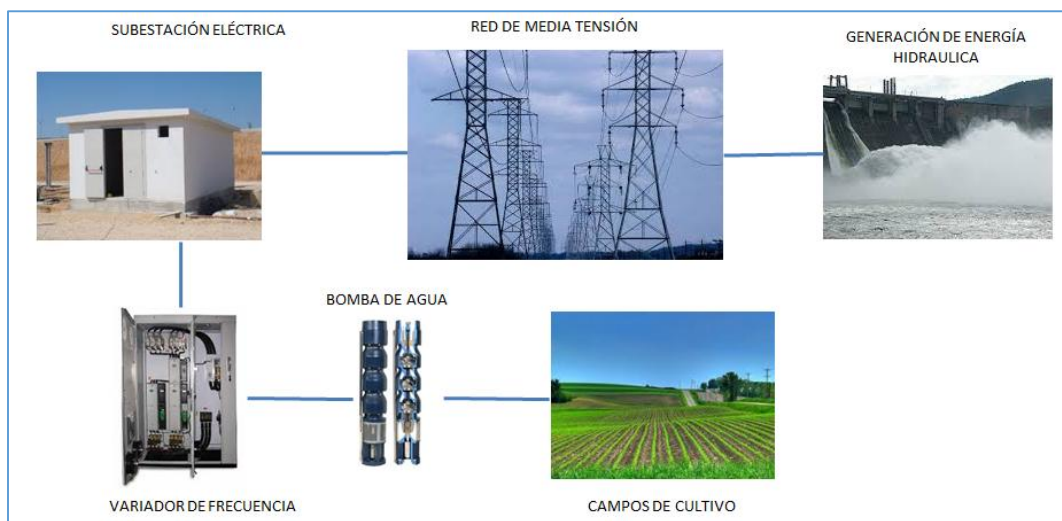


Figura 104 Proceso de generación de energía eléctrica hacia campo de cultivo

Fuente: Propia

Yo Guillermo Julián Plasencia Mariños, identificado con DNI N° 18186569, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado.

"Análisis de la calidad de energía eléctrica para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos electromecánicos del fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos SAC; Lambayeque"

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.


FIRMA

DNI: 18186569

FECHA: 28 de Enero del 2019.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Yo, Dr. Jorge Eduardo Lujan López, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo, revisor de la tesis titulada:

“Análisis de la calidad de energía eléctrica para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos electromecánicos del fundo Daosac de la empresa Danper Agrícola Olmos SAC; Lambayeque”, del estudiante Guillermo Julián Plasencia Mariños, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 22 de Enero del 2019.



 Firma
 DNI: 7897692

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------