

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA MECÁNICA
ELÉCTRICA



**Determinar la calidad de energía eléctrica en baja tensión
SED-CH0011 Urb. El Acero, Chimbote, 2018**

**Tesis para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico Electricista**

Autor : Zavaleta Romero, Luis Alberto

Asesor : Alva Julca, Ruber Gregorio

Chimbote – Perú

2019

Palabras clave:

Tema	Calidad de energía
Especialidad	Electricidad

Keywords:

Topic	Quality of energy
Specialty	Electricity

Línea de Investigación:

Línea de Investigación	Sector Energía
Área	Ingeniería, tecnología
Subárea	Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Informática
Disciplina	Ingeniera Eléctrica y electrónica

Line of research:

Line of research	Energy Sector
Área	Engineering, technology
Subárea	Electrical, Electronic and Computer Engineering
Discipline	Electrical and Electronic Engineer

Titulo

**Determinar la calidad de energía eléctrica en baja tensión SED-CH0011 Urb,
El Acero, Chimbote, 2018**

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo general determinar la calidad de la energía eléctrica en baja tensión de la SED-CH0011, ubicada en la Urb. El Acero, distrito de Chimbote, departamento de Ancash, evaluando los parámetros eléctricos de la tensión, frecuencia y perturbaciones, desarrollando una investigación de tipo descriptivo con un diseño no experimental – longitudinal. La población de interés está conformada por la SED-CH0011 y sus 203 suministros eléctricos; para obtener las muestras, se empleó el método no probabilístico de muestreo discrecional, seleccionándose las más representativas; El monitoreo se realizó con un periodo de siete días continuos con intervalos de medición de 15 minutos para la tensión y frecuencia y de 10 minutos para las perturbaciones. Para recolectar los datos se empleó 16 registradores de tensión monofásicos y un analizador de redes trifásico; la información obtenida se procesó y analizó en el equipo de cómputo mediante el software “Optimus NGC” (sistema integral de gestión comercial) de propiedad de la empresa Hidrandina S.A. Los resultados obtenidos nos permiten constatar las transgresiones a las tolerancias en los niveles de tensión 5.62% y -15%; perturbaciones con respecto a los flicker con 80.85%, superando el $\pm 5\%$ permitidos en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, validándose la mala calidad de la energía eléctrica de la SED-CH0011 en los puntos de entrega a sus suministros, constatándose también que los parámetros de la frecuencia y los armónicos presentan buena calidad.

Abstract

The objective of this research work is to determine the quality of low voltage electrical energy of SED-CH0011, located in Urb. El Acero, Chimbote district, Ancash department, evaluating the electrical parameters of voltage, frequency and disturbances, developing a descriptive research with a non-experimental design-longitudinal. The population of interest is made up of SED-CH0011 and its 203 electrical supplies; to obtain the samples, the non-probabilistic method of discretionary sampling was used, selecting the most representative; the monitoring was carried out with a period of seven continuous days with measurement intervals of 15 minutes for voltage and frequency and 10 minutes for disturbances. To collect the data, 16 single-phase voltage recorders and a three-phase network analyzer were used; the information obtained was processed and analyzed in the computer equipment by means of the software "Optimus NGC" (integral commercial management system) owned by the company Hidrandina S.A. the obtained results allow us to verify the transgressions to the tolerances in the levels of tension 5.62% and -15%; perturbations with respect to the flicker with 80.85 %, exceeding the $\pm 5\%$ allowed in the Technical Standard of Quality of the Electric power of the SED-CH0011 in the delivery points to its supplies, verifying also that the parameters of the frequency and the harmonics have good quality.

Índice

Palabras clave:.....	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract.....	iv
I. Introducción	1
II. Metodología.....	22
III. Resultados.....	24
IV. Análisis y discusión.....	34
V. Conclusiones	72
VI. Recomendaciones	74
VII. Agradecimiento.....	75
VIII. Referencias bibliográficas	76
IX. Anexos y apéndice.....	77

I. Introducción

En el ámbito nacional e internacional existen diversidad de trabajos de investigación relacionados a la calidad de la energía eléctrica, pero con diferentes unidades de análisis y que nos servirán como antecedentes para la presente investigación. En las normas del Ministerio de Energía y Minas del año 1997, denominada “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctrico”. Lima: MINEM. Aprobada mediante Decreto Supremo N° 020-97-EM, se establecen los aspectos, parámetros e indicadores sobre los que se evalúa la calidad del servicio de electricidad. Se especifica la cantidad mínima de puntos y condiciones de medición, se establecen las tolerancias y las compensaciones y/o multas por incumplimiento.

Mediante resolución del Osinergmin publicado el año 2008, denominada “Base Metodológica para la Aplicación de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos” Lima: OSINERGMIN. Aprobada mediante Resolución del Consejo Directivo N° 616-2008-OS/CD, se describen los principios conceptuales y procedimientos para la estructuración de la base de datos que permita la aplicación y control de la NTCSE, las campañas de medición con los respectivos registros y la transferencia de la información a la autoridad competente.

Mediante resolución del Osinergmin publicado el año 2008, denominado “Procedimiento para la Supervisión de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos y su Base Metodológica”. Lima: OSINERGMIN. Aprobada mediante Resolución de Consejo Directivo N° 686-2008-OS/CD. Se establecen los criterios para la supervisión de la NTCSE y su Base Metodológica y poder lograr un control eficaz.

En el trabajo de investigación desarrollado por la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia y el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, denominado “Calidad de la Energía Eléctrica”. Colombia: UPME y COLCIENCIAS. Definen a la calidad de la energía eléctrica como una ausencia de interrupciones y deformaciones producidas por perturbaciones en la red; esto referido a

la forma de onda y la estabilidad del voltaje, la frecuencia, armónicos y la continuidad del servicio eléctrico. Asimismo, han determinado que las pérdidas de energía eléctrica en las empresas, es debido a la mala calidad de esta, ya que influye en la eficiencia de los equipos eléctricos y electrónicos. Este documento contiene información de las características típicas de los fenómenos electromagnéticos influyentes en la calidad de la energía eléctrica que serán de gran utilidad para iniciar un estudio más profundo de los fenómenos de la calidad de la energía eléctrica.

En el trabajo de investigación de la empresa Secovi S.A. efectuado en el año 2006, denominado “Estudio de Calidad de Energía”. México: SECOVI. Estudio realizado en ARNECOM (Planta Tuxtla Gutiérrez) con la finalidad de conocer el comportamiento actual del sistema eléctrico y recomendar soluciones a los problemas de calidad de energía. Se realizaron y analizaron monitoreos de parámetros de estado estable (perfil de voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, distorsión armónica en corriente), con un período de medición de 72 horas continuas en el transformador de 13.8 KV/220V tomando muestras cada 10 segundos obteniendo un muestreo total de 25,920 muestras para cada parámetro eléctrico, obteniéndose una variación para la tensión de 4.50% sobre la tensión nominal y de -2.65% abajo del valor nominal, no superando el 5% recomendado por el estándar IEEE 1100-1999 tabla 4-3; la distorsión armónica total máxima fue de 1.87% y el promedio 1.26% los cuales se encontraban dentro del porcentaje del 5% recomendado por el estándar IEEE 519-1992, también se hicieron mediciones en otros cinco puntos cuyas maquinarias funcionaban con una tensión nominal de 208V, concluyendo que las mediciones tenían comportamientos diferentes que transgredían la normativa vigente de los parámetros medidos, se pudo concluir también que los eventos transitorios de voltaje provenían de la red de distribución de la concesionaria pero también se generaban en el interior de la planta.

En la tesis de Saucedo, D. y Taxis, J. publicado en el 2008, denominado “Factores que Afectan la Calidad de la Energía y su Solución”. Determinan que la calidad de la energía eléctrica depende de varios parámetros de la fuente de electricidad,

tales como la tensión, frecuencia, perturbaciones, etc., indicando también que el 90% de los problemas en la calidad de la energía eléctrica ocurren dentro de las edificaciones por problemas como violación de normas y generación de disturbios en la energía eléctrica interna, resaltando su importancia para poder identificar y solucionar problemas de sistemas de potencia, y que si la normativa vigente fuese de carácter obligatorio se tendría menos problemas de calidad de energía eléctrica beneficiando a la población.

En la tesis de Machaca, J. y Coila, A. publicado en el 2017, denominado “Estudio y Análisis Experimental de la Calidad del Suministro Eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, Utilizando un Analizador de Redes-2016”, se monitorean y analizan las siete subestaciones con que cuenta la Universidad Nacional del Altiplano, evaluando parámetros como la tensión, frecuencia, corriente potencia, energía y perturbaciones, obteniendo valores promedios diarios de 60 Hz para la frecuencia, obteniendo el 0.00% de mala calidad, muy inferior al 0.6% máximo aceptable por la NTCSE; para la tensión se obtuvo una variación del 0.16% al 1.55%, menor al $\pm 5\%$ como máximo permitido por la NTCSE; para los flicker hubieron variaciones entre 0.25 y 0.46, siendo inferiores al ≤ 1 como máximo permitido por la NTCSE; para la distorsión armónica total de tensión (THD) hubieron valores entre el 2.17% y 2.49% estando por debajo de $\leq 5\%$ como máximo permitido por la NTCSE; determinando que parámetros como la frecuencia, tensión y perturbaciones se encuentran dentro de las tolerancias establecidas por la NTCSE, encontrándose también otros parámetros como el factor de potencia y la presencia de armónicos de corriente que ocasionan la mala calidad del suministro eléctrico.

En la tesis de Holguín, M. y Gomezcoello, D. publicado el 2010, denominado “Análisis de la Calidad de la Energía Eléctrica en el Nuevo Campus de la Universidad Politécnica Salesiana”, cuyo objetivo es evaluar los niveles de tensión, perturbaciones de tensión y el factor de potencia, utilizando un analizador de redes Fluke 435, cuyas mediciones se efectuaron en tres días distintos con aproximadamente 13 horas por día, en donde concluyen que los niveles de tensión se encuentran dentro de los límites

admisibles por la NTC 1340 (Norma Técnica Colombiana) encontrándose entre los rangos +5% y 10% y por consiguiente aceptables, del mismo modo los parámetros de corriente potencia y frecuencia también aceptables en condiciones normales de operación, lo cual refleja un buen estado de la universidad Politécnica Salesiana en las instalaciones eléctricas.

En la tesis de Carrera Sánchez, E. y Ordoñez Sanclemente, F. publicado el 2011, denominado “Análisis de la Calidad de Energía en Tagsa”, con la ayuda de un analizador de redes Fluke 435, se midieron y analizaron parámetros eléctricos como el factor de potencia, tensión, frecuencia, armónicos de tensión, flicker y potencia reactiva, en un período de medición de 72 horas con intervalos de tres minutos, concluyendo que el factor de potencia se encuentra fuera del régimen establecido dando como promedio 0.091, los valores de la frecuencia y tensión se encuentran dentro de los parámetros permitidos del $\pm 10\%$ y la distorsión total armónica de tensión y corriente supera el 8% establecido en la norma EN50160 debido a que cuenta con una mala conexión a tierra provocando fugas de corrientes parasitas, los flicker también se encuentran dentro de permitido por la normativa con un valor de 0.35 para el Pst y 0.31 para el Plt, ocasionando la presencia de fallas tales como sobrecalentamientos en los breakers y los conductores del sistema de bandas de transporte del aeropuerto.

La fundamentación científica en el presente estudio, busca las causas del porque se producen determinados fenómenos que influyen en la calidad de la energía eléctrica explicando los conceptos relacionados a ellas.

Estudiando la Evolución de las cargas, verificamos que por muchos años las cargas de los usuarios han permanecido lineales. De modo que cuando se les aplicaba una tensión sinusoidal a las mismas, estas originaban una corriente sinusoidal debido a que esta operación en estado estable, presenta una impedancia de carga constante durante el ciclo de voltaje aplicado, esto ocurría típicamente en aplicaciones como la iluminación, calefacción y motores de inducción (Carrera Sanchez E. & Ordoñez Sanclemente F, 2011, págs. 48,49). Este tipo de carga que ha sido muy habitual, cuya

principal característica es que utiliza directamente la potencia eléctrica para realizar sus funciones, no eran muy sensibles a las variaciones momentáneas en la tensión de alimentación, tales como sobre tensiones y sub tensiones.

Entonces diremos que la linealidad de las cargas ocurre “cuando la carga posee elementos, como resistencias, inductancias y condensadores de valores fijos. Con estas características en el sistema se tiene un voltaje sinusoidal, y una corriente sinusoidal que por lo general existe un desfase entre ellos” (Holguin M. & Gomezcoello D, 2010)

Calidad de la energía, es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro eléctrico de corriente alterna en función de: Tensión constante, forma de onda sinusoidal y frecuencia constante; este término no debe usarse para expresar un grado de excelencia en un modo comparativo, sino en un modo cuantitativo para las evaluaciones técnicas. Entonces podemos definir a la calidad de la energía como “una ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje rms suministrado al usuario; esto concerniente a la estabilidad de voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico” (Enríquez Harper G, 2001)

El presente estudio tomará a consideración solo el aspecto de calidad de producto, ya que la NTCSE regula los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, incluido el alumbrado público y que además es de aplicación obligatoria para el suministro del servicio de electricidad, cuyo control se realiza por la autoridad competente en los siguientes aspectos:

- **Calidad de producto:**
 - ✓ Tensión
 - ✓ Frecuencia
 - ✓ Perturbaciones (Flicker y Tensiones Armónicas)
- **Calidad de suministro:**
 - ✓ Interrupciones

- **Calidad de servicio comercial:**
 - ✓ Trato al cliente
 - ✓ Medios de atención
 - ✓ Precisión de la medida
- **Calidad de alumbrado público:**
 - ✓ Deficiencias de alumbrado

Calidad de producto viene a ser un conjunto de parámetros eléctricos, físicos y técnicos cuyas características deben cumplir las empresas eléctricas, relacionadas al suministro eléctrico, por tanto exigibles por los clientes y por los organismos que lo regulan, para garantizar la correcta operación de los sistemas eléctricos. La legislación vigente utiliza el termino Calidad de Producto para referirse a la calidad de energía, por lo que puede utilizarse indistintamente. La NTCSE, en su título quinto determina que “la calidad de producto suministrado al cliente se evalúa por las transgresiones en los niveles de: Tensión, Frecuencia y Perturbaciones en los puntos de entrega” (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 10). También nos dice que,

De acuerdo a lo especificado en cada caso, con los equipos de uso múltiple o individual, llevan a cabo las mediciones independientes de cada parámetro de Calidad de Producto. El lapso mínimo de medición de un parámetro es de 7 días calendarios continuos, con excepción de la frecuencia cuya medición es permanente durante el periodo de control. A estos periodos se les denomina Periodos de Medición. (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 10).

Otro punto importante que nos indica esta normativa es que,

Si en un intervalo de medición, los valores instantáneos de los parámetros de la calidad de producto son medidos y promediados por intervalos de 15 minutos para la tensión y frecuencia, y 10 minutos para las perturbaciones. Estos periodos se denominan “Intervalos de Medición”. En el caso de variaciones instantáneas

de frecuencia, los “Intervalos de Medición” son de 1 minuto. (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 10).

Esta normativa también nos precisa que “si en un intervalo de medición se comprueba que el indicador es un determinado parámetro que esta fuera de los rangos tolerables, entonces la energía o potencia entregada durante ese intervalo se considera de mala calidad” (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 10). Los indicadores de calidad de producto, nos van a permitir comprobar si un determinado parámetro esta fuera de los rangos tolerables, en función de ello la energía entregada durante ese intervalo se considera de mala calidad, dichos indicadores son los siguientes: tensión, frecuencia y perturbaciones.

El indicador para evaluar la tensión en un intervalo de medición de 15 minutos “es la diferencia (ΔV_K) entre la media de los valores eficaces (RMS) instantáneos medidos en el punto de entrega (V_K) y el valor de la tensión nominal (V_N) del mismo punto” (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 11). Siendo este expresado como un porcentaje de la tensión nominal del punto.

$$\frac{(\Delta V_K)}{V_N} \quad (1)$$

Esta misma norma reglamenta la variaciones mínimas y máximas permitidas en los intervalos de tensión durante el período de medición, indicando que “las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las etapas y en todos los niveles de tensión es de hasta el $\pm 5.0\%$ de las tensiones nominales de tales puntos” (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 11). Reglamentando también la cantidad de intervalos de medición de mala calidad permitidos, indicando que “la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas en este literal, por un tiempo superior al cinco por ciento (5%) del periodo de medición” (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 11).

El indicador principal para evaluar la frecuencia, en un intervalo de medición de 15 minutos de duración, “es la diferencia (Δf_K) entre la media (f_K) de los valores instantáneos de la frecuencia medidos en un punto cualquiera de la red del punto de entrega en cuestión, y el valor de la frecuencia nominal (f_N) del sistema” (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 14). Este indicador, denominado variaciones sostenidas de frecuencia, está expresado como un porcentaje de la frecuencia nominal.

$$(\%) = \frac{(\Delta f_K)}{f_N} \quad (2)$$

Las tolerancias admitidas para variaciones sobre la frecuencia nominal, en todo nivel de tensión son:

- Variaciones sostenidas (Δf_k (%)): $\pm 0.6 \%$
- Variaciones súbitas (VSF): ± 1.0 Hz
- Variaciones diarias (IVDF): ± 600.0 ciclos

En las perturbaciones, se considera los indicadores para flicker y los indicadores para armónicas, ambas por separado y que a continuación se describen:

Para los flicker, el indicador de calidad viene a ser el “índice de severidad por Flicker de corta duración (Pst) definido de acuerdo a las normas IEC” (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 20). La tolerancia permitida según la NTCSE nos indica que “el índice de severidad por flicker (Pst) no debe superar la unidad ($Pst \leq 1$) en alta, media ni baja tensión (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 20)

Para las armónicas, el indicador de calidad son “las tensiones armónicas individuales (V_i) y el Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD)” (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 20), también especifica que “estos indicadores se evalúan separadamente para cada intervalo de medición de 10 minutos durante el periodo de medición de perturbaciones, que como mínimo será 7 días calendarios continuos” (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 20). La NTCSE precisa que “la energía eléctrica será de mala calidad, si los

indicadores de las perturbaciones medidas se encuentran fuera del rango por un tiempo superior al 5 % del periodo de medición. Cada tipo de perturbación se considera por separado” (D.S.020-97-EM, 1997, pág. 22).

Las perturbaciones en los sistema eléctricos de potencia son aquellos eventos o fenómenos que afectan las características de los parámetros del suministro eléctrico; técnicamente la confiabilidad del servicio está relacionada con el tipo y la cantidad de disturbios que se presentan en la red eléctrica de corriente alterna, que pueden ser generados por diversas causas provocando desviaciones de algunos parámetros de la onda senoidal como son su amplitud, frecuencia, forma y simetría. A estos fenómenos se les conoce como perturbaciones eléctricas, tal como a continuación se describen.

Transitorio impulsivo, “es un cambio repentino de potencia a una frecuencia distinta de la fundamental, es unidireccional en su polaridad es decir que puede ser positiva o negativa” (Enríquez Harper G, 2001, pág. 45). Los transitorios impulsivos normalmente son caracterizados por sus tiempos de elevación y decaimiento, siendo la causa más común las descargas atmosféricas. Este disturbio puede causar fallas inmediatas en el aislamiento de los equipos y dispositivos electrónicos. En la figura 1, se muestra el transitorio impulsivo causado por una descarga eléctrica.

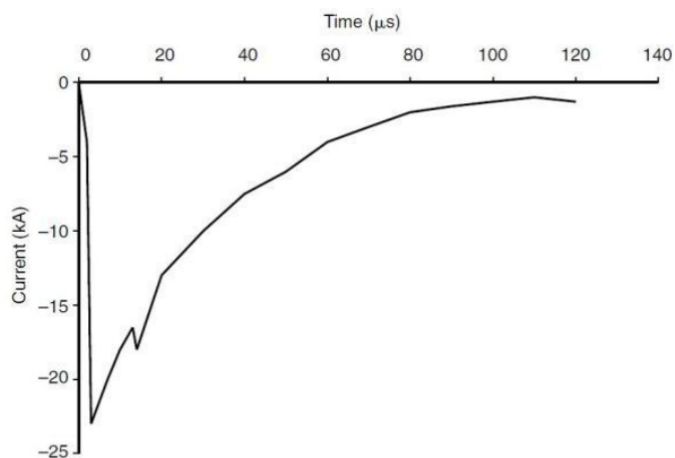


Figura 1. Corriente producida por una descarga eléctrica
Fuente. Tomada del libro el ABC de la calidad de la energía.
Enríquez Harper G, 2001.

Transitorio oscilatorio, viene a ser la “variación de la tensión y corriente cuyo valor instantáneo cambia rápidamente de polaridad” (Enríquez Harper G, 2001, pág. 46). Generalmente son producidas por los cambios de estado del sistema eléctrico producto de la de desconexión de líneas, enclavamiento de bancos de capacitores.

Este fenómeno tiene efectos destructivos debido a que involucra grandes cantidades de energía. En la figura 2, se puede apreciar el perfil de un transitorio oscilatorio causado por la energización de un Banco de Capacitores.

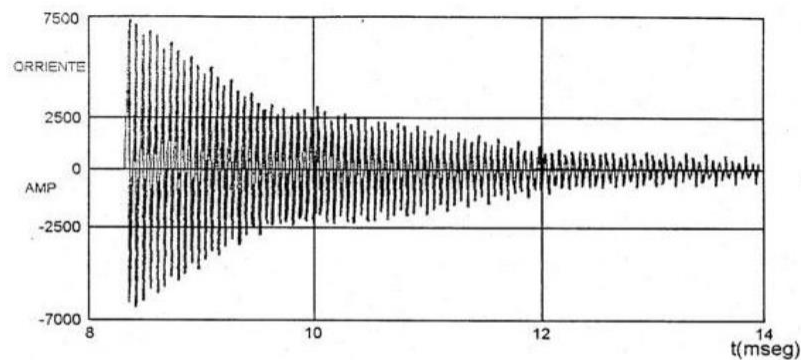


Figura 2. Transitorio oscilatorio

Fuente. Tomada del libro el ABC de la calidad de la energía.
Enríquez Harper G, 2001.

Las interrupciones sostenidas son eventos que pueden ser consideradas como la “reducción de la tensión al valor de cero por un periodo de tiempo que excede a 1 minuto, regularmente son fallas de naturaleza permanente, que es necesario la intervención manual para su restauración” (Enríquez Harper G, 2001, pág. 47). Por su origen se pueden clasificar en dos grandes grupos como: las interrupciones programadas en las que se avisa con suficiente anticipación a los clientes de acuerdo a los marcos regulatorios y las interrupciones imprevistas, estas interrupciones pueden causar trastornos, daños y tiempo de inactividad en los suministros comunes e industriales como pérdidas de datos, interrupciones en los procesos industriales, etc. La figura 3, nos muestra el perfil de una interrupción.

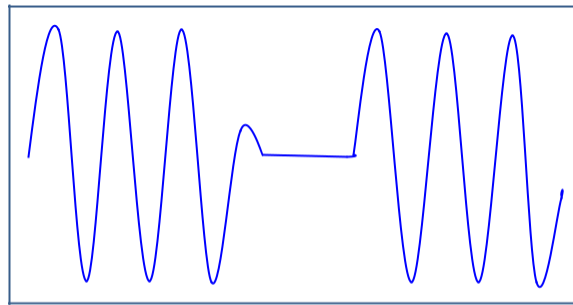


Figura 3, Perfil de una interrupción
Fuente. Elaboración propia.

Desbalance de Tensión ocurre cuando los sistemas eléctricos trifásicos, operan con cargas monofásicas y trifásicas, provocando un estado de carga en el sistema trifásico que no está equilibrado entre fases, ocasionando el desbalance del sistema eléctrico dando por resultado niveles de tensión desiguales entre fases, originándose de este modo el calentamiento de una de sus fases, el aumento de pérdidas internas, elevación de temperatura y la reducción de la vida útil de los conductores, equipos eléctricos y electrónicos.

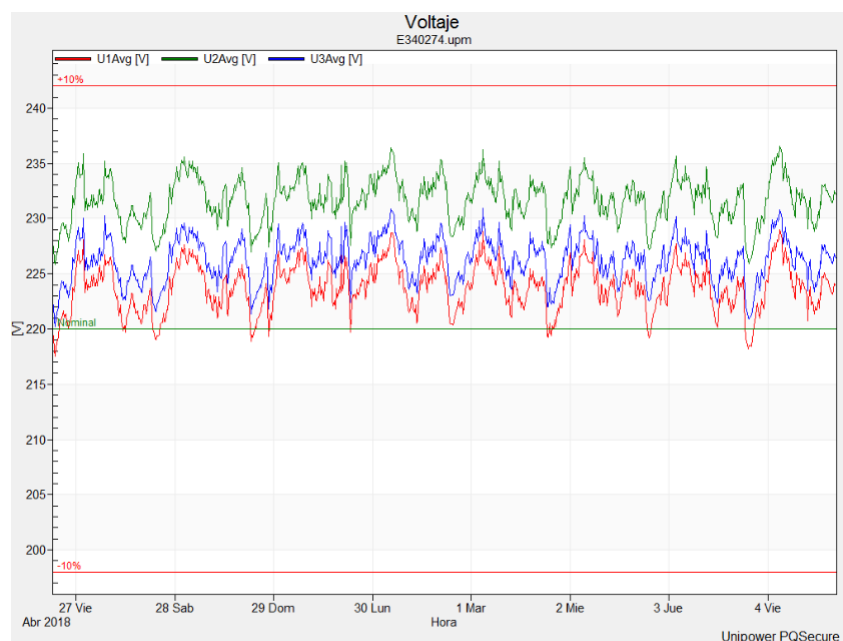


Figura 4. Perfil del desbalance de tensión
Fuente. Elaboración propia mediante software Unipower PQSecure

En la figura 4, podemos apreciar los desfases y el perfil de las tensiones ocasionadas por un desbalance de las mismas. Técnicamente se le define “como la razón entre la componente de secuencia negativa y la componente de la secuencia positiva” (Enríquez Harper G, 2001, pág. 47). La tensión de secuencia cero o negativa es el resultado del desequilibrio de carga lo cual causa un flujo de corriente de secuencia negativa.

El fenómeno de la distorsión en la forma de onda, consiste en la distorsión de la onda sinusoidal en régimen permanente, de la onda de corriente o tensión en relación a la señal sinusoidal pura. Pueden ser ocasionados por varios tipos de disturbios, como los que a continuación se detallan para mejor entendimiento de este estudio.

Las armónicas; son las sinusoidales cuyas frecuencias tensiones o corrientes son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental a la cual está diseñado para operar, estas ondas distorsionadas se combinan con la frecuencia fundamental y provocan la distorsión de la onda, debido a las características no lineales de los equipos y cargas de un sistema de potencia. Los armónicos se miden con una magnitud conocida como Tasa de Distorsión Armónica (THD). Su presencia en una instalación o red de distribución eléctrica ocasiona: Sobrecalentamientos en los conductores por el efecto joule especialmente en el neutro; disminución del factor de potencia; deterioro de la forma de onda de tensión y por consiguiente el mal funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos; calentamientos y pérdidas en el aislamiento, embalamientos y frenados en los motores asíncronos; en los transformadores provoca la pérdida de potencia. En la figura 5, podemos observar las señales armónicas en un sistema trifásico obtenido de una subestación de distribución que suministra energía eléctrica a clientes comunes, apreciándose el tercero y quinto armónico.

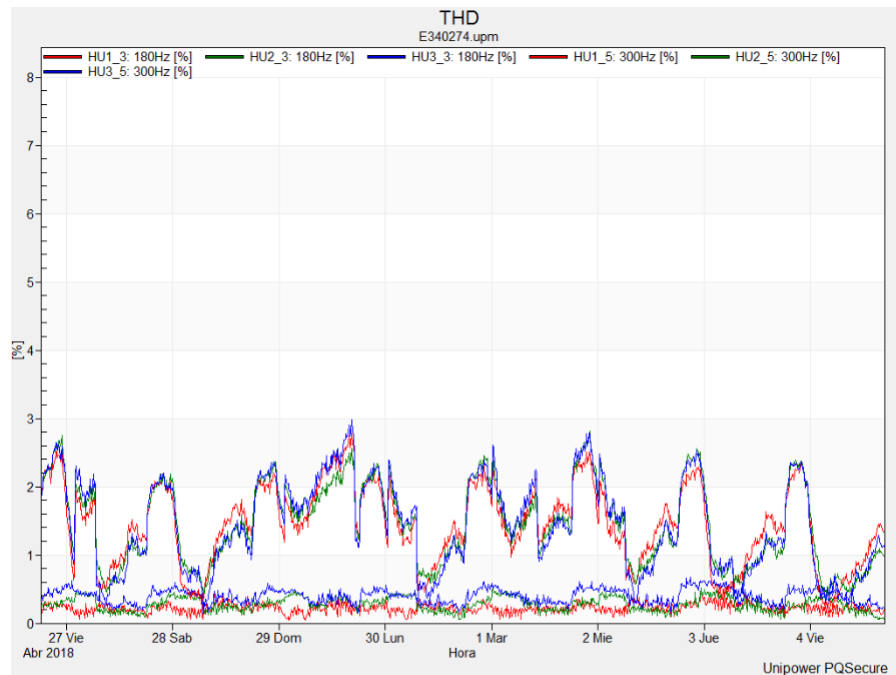


Figura 5. Perfil de una onda armónica

Fuente. Elaboración propia mediante software Unipower PQSecure

Desplazamiento por corriente directa, puede definirse como “la presencia de corriente directa en un sistema de corriente alterna” (Enríquez Harper G, 2001, pág. 48), este fenómeno ocurre cuando la corriente directa se introduce en el sistema de distribución de corriente alterna, comúnmente a consecuencia de fallas de rectificadores que es de uso común en los equipos modernos, agregando corriente indeseada a los dispositivos que se encuentran funcionando a nivel nominal. Este fenómeno ocasiona el deterioro del aislamiento de los dispositivos debido al sobrecalentamiento que se produce, también ocasiona el sobrecalentamiento y la saturación de los transformadores, perdiendo potencia de entrega a la carga.

En la figura 6, se puede apreciar el perfil de una onda de corriente alterna con un desplazamiento debido a que la corriente directa se filtró en dicho sistema, dando origen al mencionado disturbio.

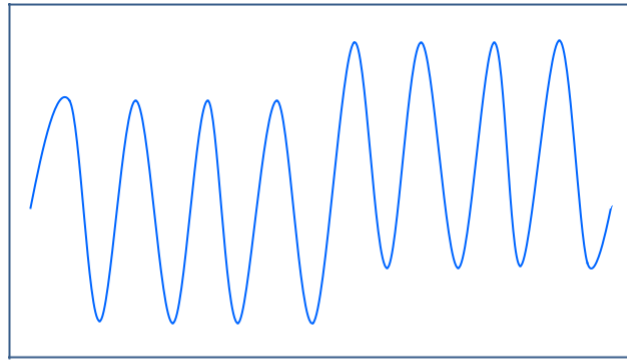


Figura 6. Perfil de una onda con desplazamiento por CD.
Fuente. Elaboración propia

El corte se puede definir como “un disturbio periódico de la tensión causada por dispositivos electrónicos durante su funcionamiento normal, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra” (Enríquez Harper G, 2001, pág. 49). Durante este periodo ocurre un corto circuito entre las dos fases. La principal causa de que ocurra este fenómeno son los convertidores trifásicos. En la figura 7, podemos apreciar el perfil de la curva de corte originado por el funcionamiento de un convertidor.

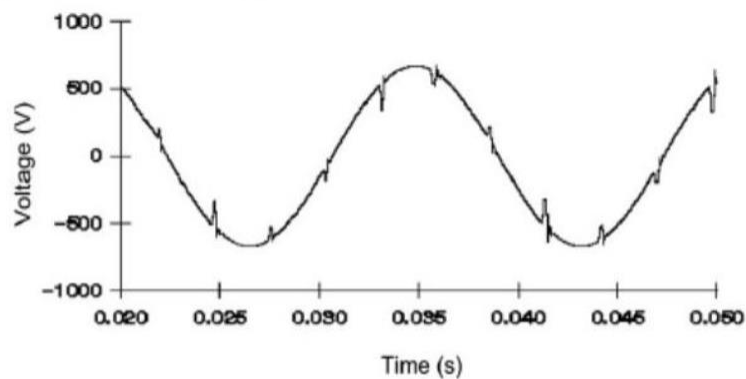


Figura 7. Curva de espectro de corte causado por la operación de un convertidor Fuente.
Tomada del libro el ABC de la calidad de la energía. Enríquez Harper G, 2001.

Ruido es un disturbio electromagnético indeseado que afecta a los circuitos digitales, definiéndolos como “señales eléctricas en un ancho de banda menor a 200

KHz superpuestas a la señal fundamental de corriente o voltaje del sistema” (Enríquez Harper G, 2001, pág. 49), puede ser generado por dispositivos electrónicos alimentados eléctricamente y en los sitios con conexiones de puesta a tierra deficientes hacen que el sistema sea más susceptible al ruido. Puede ser conducido, si se transmite por conductores y componentes del propio circuito si se acopla a través de campos magnéticos, eléctricos o electromagnéticos, causando problemas de errores de datos, monitoreos con videos distorsionados, falla de componentes, fallas en los discos duros de las computadoras, etc. La figura 8, nos muestra la curva del espectro del ruido.

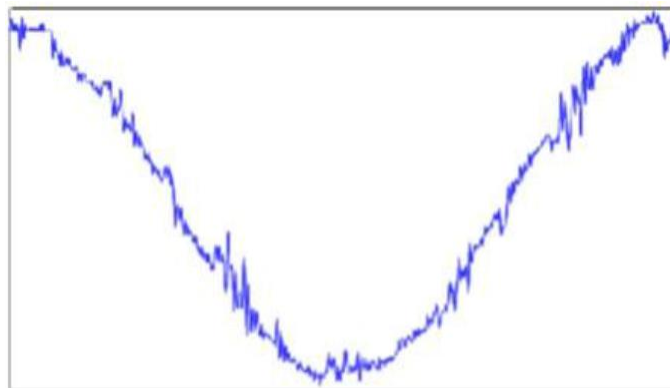
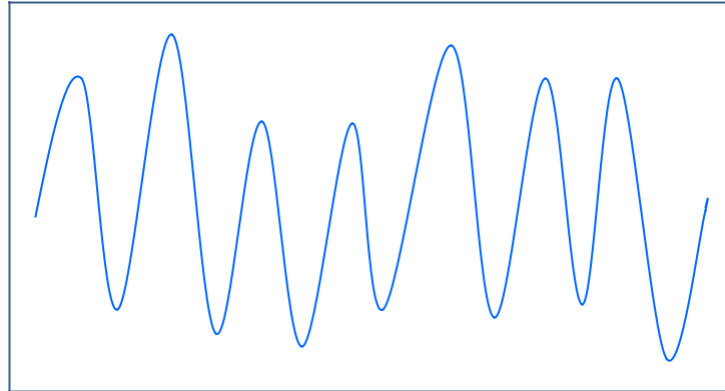


Figura 8. Curva de espectro de ruido
Fuente. Tomada del libro el ABC de la calidad de la energía.
Enríquez Harper G, 2001.

Las Fluctuaciones de tensión se definen como las “variaciones sistemáticas de la tensión, o bien, una serie de cambios aleatorios en el voltaje, los cuales regularmente no exceden el rango de 0.95 – 1.05 pu. Comúnmente se expresa como un porcentaje del valor de la fundamental” (Enríquez Harper G, 2001, pág. 49), su duración oscila entre varios milisegundos hasta los 10 segundos, generalmente son provocados por las cargas que presentan variaciones súbitas y significativas de la corriente, las conexiones flojas o corroídas, originándose así las fluctuaciones de tensión en los sistemas eléctricos. Un síntoma de este problema es el parpadeo de luces incandescentes, como también pueden

ocasionar que otros procesos se apaguen o funcionen mal. En la figura 9, se puede apreciar el perfil de una fluctuación de tensión.



*Figura 9. Curva de espectro de la fluctuación de tensión
Fuente. Elaboración propia.*

Flicker es un disturbio en la amplitud de la tensión, provocado por la variación rápida y cíclica de la tensión propia del suministro eléctrico en un rango menor al 10 % del valor nominal en forma repetitiva, produciendo en las lámparas un parpadeo en la luminosidad que es percibida por el ojo humano, causando molestia visual que produce cansancio. Este fenómeno también puede ocasionar el parpadeo en los televisores o pantallas de las computadoras, variación de velocidad en los motores y el desgaste prematuro en fuentes de alimentación y elementos eléctricos y electrónicos. Pueden ser causadas por maniobra de grandes cargas cuya demanda de potencia activa o reactiva fluctúan rápidamente, como por ejemplo en el funcionamiento de hornos de arco, motores con carga pulsante y equipos de soldadura.

El flicker depende fundamentalmente de la amplitud, frecuencia y duración de las variaciones de tensión, ocurre en un rango de frecuencias que va desde 0.5 a 25 Hz, los flicker son medidos a través de dos índices: Pst, que viene a ser el índice de severidad de fluctuaciones rápidas de tensión de corta duración, que evalúa la severidad del flicker en periodos cortos de tiempo, con intervalos de observación de 10 minutos; Plt, que viene a ser el índice de severidad de fluctuaciones rápidas de tensión de larga

duración, que evalúa la severidad del flicker en periodos largos de tiempo, con intervalos de dos horas. En la figura 10 podemos apreciar el perfil del flicker.

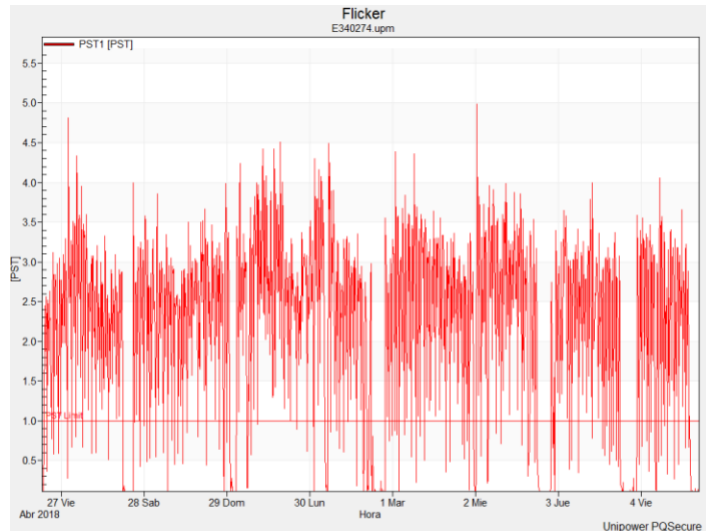


Figura 10. Fluctuaciones de tensión que originan flicker
Fuente. Elaboración propia mediante software Unipower PQSecure

Para las variaciones en la frecuencia, se puede mencionar que “La frecuencia del sistema, en cualquier instante, está definida por la relación entre la carga y la capacidad disponible de generación, si este balance dinámico cambia se presentan pequeños cambios en la frecuencia” (Enríquez Harper G, 2001, pág. 50). En condiciones normales de funcionamiento la capacidad de generación de las centrales es superior a la carga, manteniéndose un equilibrio y margen de seguridad para compensar las variaciones bruscas de la carga, manteniendo la frecuencia en los márgenes de tolerancia permitidos. Pero si el valor frecuencia excede los límites permitidos se produce una disminución en la capacidad de generación de la central para adecuarla a la carga. Cuando el consumo de la carga es superior a la capacidad de generación se produce una alteración negativa en la frecuencia y si sobrepasa los valores permitidos se produce un colapso en el sistema y la desconexión temporal y selectiva de las cargas.

Para una mayor comprensión de las definiciones se está considerando un glosario de términos básicos utilizados en el presente estudio.

Tensión o voltaje: También denominada diferencia de potencial, es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial entre dos puntos.

Frecuencia: Es el número de veces que una onda sinusoidal se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo.

Perturbaciones: Son fenómenos transitorios o permanentes que originan las alteraciones de la onda de tensión.

Flicker o parpadeo: Es una variación rápida de la tensión que se produce de forma repetitiva, ocasionando en las lámparas un parpadeo visible y molesto.

Pst: Siglas en inglés de la Perceptibilidad en Tiempos Cortos, es un parámetro del índice de severidad del flicker; evalúa la severidad del flicker en periodos cortos de tiempo con intervalos de observación de 10 minutos.

Armónico: Componente sinusoidal de una onda periódica a una frecuencia múltiplo entero de la fundamental.

T.H.D: Siglas en inglés de la Distorsión Armónica Total, viene a ser la deformación relativamente baja de la onda de tensión o corriente con una frecuencia que es múltiplo entero de la fundamental.

Circuito: Trayecto o ruta de una corriente eléctrica, formado por conductores que transportan energía eléctrica.

Disturbio: Es la alteración de las condiciones normales del Sistema Eléctrico Nacional o en una de sus partes, originada por caso fortuito o fuerza mayor que ocasiona una interrupción o disminuye la confiabilidad de la operación.

NTCSE: Siglas correspondientes a la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, aprobada por D.S.020-97-EM.

Usuario: Es el consumidor de la energía eléctrica, con quien la empresa de servicio público de electricidad suscribe un contrato de suministro.

Intervalo de medición: Según NTCSE numeral 5.0.3, se define como el intervalo de tiempo donde se mide la tensión.

La justificación de la investigación nos va a permitir validar la realización del presente trabajo de investigación que se justifica por el beneficio que aportaría el

identificar los parámetros que perturban la calidad de producto de la energía eléctrica en los suministros de la población ya que permitirá corregirlos para entregar una energía de calidad dentro de los rangos establecidos por la NTCSE, mejorando la vida útil de los equipos eléctricos y electrónicos que se encuentran conectados a la mencionada SED y con ello el confort de los usuarios.

Por lo tanto los resultados de este estudio permitirán conocer las transgresiones de las tolerancias de la Calidad de Producto en los niveles de: Tensión, Frecuencia y Perturbaciones, las que una vez identificados permitirán tomar las acciones necesarias en la instalación eléctrica a fin de evitar daños a los equipos y la paralización de actividades, estableciendo técnicas que permitan resolver el problema de la mala calidad en la SED en estudio.

Por esta razón este trabajo de investigación busca demostrar la mala calidad de la energía eléctrica para desarrollar habilidades y actitudes, en las normas y método de calidad de la energía eléctrica, así como también la manera de corregir las transgresiones, que posteriormente permitirán el estudio y análisis de otras subestaciones.

El problema característico de los sistemas eléctricos es que están expuestos a interrupciones y mala calidad de energía, ocasionando serios trastornos. Haciendo un recorrido por los circuitos de la SED CH0011 se puede notar a simple vista que los elementos del sistema eléctrico se encuentran en mal estado debido al tiempo de vida útil y por los trabajos mal ejecutados que se reflejan en la cantidad de empalmes que presentan y que pueden ocasionar perturbaciones como las interrupciones, caídas de tensión, armónicas, sobretensiones, variaciones de la frecuencia, etc., siendo un potencial peligro para los equipos que se encuentran conectados y operando con la electricidad del suministro, por lo tanto los equipos eléctricos no podrán funcionar adecuadamente y en su operación, afectarán su rendimiento, su vida útil y productividad, causando pérdidas económicas, daños a los equipos, problemas que afectan a la instalación eléctrica, disminución de la confiabilidad, de la disponibilidad y del confort.

Los efectos que ocasionarán estas perturbaciones pueden ser inmediatos y también pueden ser a mediano y largo plazo.

Por todo esto surge la necesidad de determinar la calidad de la energía eléctrica que distribuye la SED en estudio, originándose la siguiente interrogante:

¿Cuál es la calidad de energía eléctrica en baja tensión SED CH0011 Urb. El Acero, Chimbote 2018?

Para la conceptualización y operacionalización de las variables, empezaremos indicando que la NTCSE regula la Calidad de Producto, Calidad de Suministro, Calidad de Servicio Comercial y Calidad de Alumbrado Público. Para el presente estudio nos interesa la dimensión de la Calidad de Producto con sus tres indicadores como son la Tensión, Frecuencia y las Perturbaciones.

Tabla 1

Conceptualización y operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad	Escala de medición
Calidad de Energía Eléctrica	Calidad de Producto	Tensión	Voltios	1. Dentro de normativa \leq 5% del periodo de medición
		Frecuencia	Hertz	
		Perturbación	% de UN	2. Fuera de normativa > 5 % del periodo de medición

Nota. La tabla nos representa la dimensión de la calidad de producto con sus tres indicadores como son la tensión, frecuencia y perturbaciones, considerados para el presente estudio. Fuente: Elaboración propia.

Estos tres fenómenos de origen físico, se presentan en todo conductor eléctrico que es atravesado por un flujo de corriente eléctrica, obteniéndose ciertas características bajo ciertas condiciones que podrían conllevar a las transgresiones de ciertos parámetros al sobrepasar los límites permitidos por la NTCSE, van a determinar calidad del producto de la energía eléctrica a la que denominaremos Calidad de la Energía Eléctrica.

La hipótesis del presente trabajo de investigación es: La calidad de energía eléctrica en baja tensión de la SED-CH0011 Urb. El Acero, Chimbote 2018 es mala.

El objetivo General consiste en: Determinar la calidad de la energía eléctrica en baja tensión SED-CH0011 Urb. El Acero, Chimbote 2018.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Analizar los parámetros eléctricos de la tensión de la calidad de energía eléctrica en baja tensión de la SED-CH0011 Urb. El Acero, Chimbote 2018.
- Analizar los parámetros eléctricos de la frecuencia de la calidad de energía eléctrica en baja tensión de la SED-CH0011 Urb. El Acero, Chimbote 2018.
- Analizar los parámetros eléctricos de las perturbaciones de la calidad de energía eléctrica en baja tensión de la SED-CH0011 Urb. El Acero, Chimbote 2018.

II. Metodología

Tipo y diseño de investigación.

La presente investigación será de tipo descriptivo, ya que se busca desarrollar una descripción del fenómeno estudiado a partir de sus características existentes; en este caso la calidad de la energía eléctrica de baja tensión.

Además, se aplicará el diseño de investigación no experimental – longitudinal. Es decir, se observa al fenómeno (los parámetros de calidad de producto) tal y como se da en su contexto natural para después analizarlo y determinar a partir del registro de datos de los equipos de medición que se encuentran instalados en el tablero de distribución de la subestación y en la cabecera y cola de cada circuito de la subestación.

Población – muestra.

La población de interés estará conformada por la SED CH0011 y los 203 suministros eléctricos que se encuentran conectados a ella, ubicada en la Urb. El Acero del distrito de Chimbote.

Para las muestras de tensión, frecuencia y perturbación se empleará el método no probabilístico, tomando muestras no representativas; para la factibilidad del estudio y considerando que la SED en estudio está conformada por 3 circuitos, se seleccionarán 16 suministros para la tensión, el primer circuito está conformado por 75 suministros y cuatro subcircuitos de donde se tomarán 8 muestras, el segundo circuito está conformado por 63 suministros y dos subcircuitos de donde se tomarán cuatro muestras, el tercer circuito está conformado por 65 suministros y dos subcircuitos de donde se tomarán cuatro muestras (cabecera, y cola), considerando a la cabecera y cola indispensables debido a que los suministros que se encuentran en la cabecera del circuito generalmente tienen problemas de sobretensión y los suministros que se encuentran en la cola del circuito tienen problemas de subtensión. El monitoreo se realizará con un periodo de

medición de siete días, con intervalos de medición de 15 minutos, obteniendo una muestra total de 672 mediciones por equipo de medición para la tensión.

Para las perturbaciones, el monitoreo se realizará con un periodo de medición de siete días con intervalos de medición de 10 minutos, obteniendo una muestra total de 1008 mediciones. Para la obtención de estas muestras, la medición se efectuará en el tablero de distribución de la SED CH0011, en donde también se registrará las muestras para la frecuencia con intervalos de medición de 15 minutos obteniéndose 672 mediciones para el análisis de la frecuencia. Las muestras obtenidas tanto en los intervalos de 15 minutos para las tensiones y frecuencia, como también en los intervalos de 10 minutos para las perturbaciones serán los promedios de las mediciones en cada uno de los intervalos de medición registrados por los equipos de medición.

Técnicas e instrumentos de investigación.

Se utilizará un formato electrónico de registro de datos obtenidos del equipo de medición con su propia extensión. En la que quedarán registrados los valores de las tensiones en voltios, la frecuencia en Hertz, y para las perturbaciones como: la distorsión armónica total (THD) en porcentaje (%) y el índice de severidad por Flicker (Pst) en porcentaje (%). La técnica a emplear es el monitoreo y la observación sistemática porque se controlaran todos los registros de las mediciones eléctricas.

Procesamiento y análisis de la información.

Toda la información recolectada por los equipos de medición en campo, será procesada a través de un software “Optimus NGC” (sistema integral de gestión comercial) de propiedad de la empresa Hidrandina S.A., para el análisis correspondiente.

Este software nos permitirá determinar la calidad de la energía en función de los registros obtenidos por los equipos de medición comparándolos con los valores de las tolerancias establecidas por la NTCSE., mediante algoritmos matemáticos determinará la calidad de producto de la energía eléctrica.

III. Resultados

Los resultados obtenidos en el presente estudio para determinar la calidad de energía eléctrica en baja tensión de la subestación de distribución CH0011, Chimbote 2018, se logró tras haber efectuado la instalación y monitoreo de los equipos de medición y posteriormente la evaluación de las mediciones obtenidas en los niveles de tensión, frecuencia y perturbaciones, conforme a las exigencias de la NTCSE. Siendo necesario para ello la utilización de un analizador de redes trifásico y 16 registradores de tensión monofásicos

Calidad del parámetro de la Tensión. Para obtener el registro de resultados de la tensión se seleccionaron 16 puntos de medición, considerando la cabecera y cola de cada circuito y sub circuito, a fin de que las mediciones sean representativas, utilizando para ello 16 registradores de tensión monofásicos marca: Circutor, modelo: Cava 251. El registro se efectuó en un periodo no menor de 7 días continuos, con intervalos de medición de 15 minutos, según lo estipulado en la normativa vigente, obteniendo 672 intervalos medidos como mínimo en cada punto de medición seleccionado y que a continuación se detallan.

Circuito “A”.

Punto de medición N° 1 – suministro 48784190

N° serie del equipo de medición: 300444002

Tabla 2

Resultados obtenidos en el punto N°1 (cabecera)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	672	100.00
Mala calidad	0	0.00
Diagnostico	Buena calidad de tensión	

Nota. Suministro dentro de normativa por tener 0.0 % intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 2 – suministro 48784313

N° serie del equipo de medición: 300444007

Tabla 3

Resultados obtenidos en el punto N°2 (cola)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	614	91.37
Mala calidad	58	8.63
Diagnostico	Mala calidad de tensión	

Nota. Suministro fuera de normativa por tener 8.63% de intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 3 – suministro 48784144

N° serie del equipo de medición: 300444015

Tabla 4

Resultados obtenidos en el punto N°3 (cabecera)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	672	100.00
Mala calidad	0	0.00
Diagnostico	Buena calidad de tensión	

Nota. Suministro dentro de normativa por tener el 0.0 % intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 4 – suministro 48784322

N° serie del equipo de medición: 300444019

Tabla 5

Resultados obtenidos en el punto N°4 (cola)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	672	100.00
Mala calidad	0	0.00
Diagnostico	Buena calidad de tensión	

Nota. Suministro dentro de normativa por tener 0.0 % intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 5 – suministro 48783906

N° serie del equipo de medición: 300444020

Tabla 6

Resultados obtenidos en el punto N°5 (cabecera)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	672	100.00
Mala calidad	0	0.00
Diagnostico	Buena calidad de tensión	

Nota. Suministro dentro de normativa por tener 0.0 % intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 6 – suministro 48784028

N° serie del equipo de medición: 300444065

Tabla 7

Resultados obtenidos en el punto N°6 (cola)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	636	94.64
Mala calidad	36	5.36
Diagnostico	Mala calidad de tensión	

Nota. Suministro fuera de normativa por tener 5.36 % de intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 7 – suministro 48784171

N° serie del equipo de medición: 300444069

Tabla 8

Resultados obtenidos en el punto N°7 (cabecera)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	672	100.00
Mala calidad	0	0.00
Diagnostico	Buena calidad de tensión	

Nota. Suministro dentro de normativa por tener 0.0 % de intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 8 – suministro 48783693

N° serie del equipo de medición: 300520068

Tabla 9

Resultados obtenidos en el punto N°8 (cola)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	672	100.00
Mala calidad	0	0.00
Diagnostico	Buena calidad de tensión	

Nota. Suministro dentro de normativa por tener 0.0 % de intervalos de mala calidad.

La tabla 10, nos muestra el resumen de los resultados de las mediciones de tensión efectuadas en os ocho puntos de medición del circuito “A” de la SED-CH0011. Cabe señalar que el número total de intervalos registrados por los equipos de medición, son superiores a lo requerido para su análisis, esto debido a que se dio tolerancia de un día para el retiro de los equipos de medición y poder cumplir con la mínima cantidad de intervalos para el análisis estipulado por la NTCSE. Las mediciones en los puntos P1 y P2, corresponden a un ramal (cabecera y cola respectivamente) del circuito “A”, del mismo modo P5 y P6, observándose que son las mediciones de las colas P2 con 8.63% por subtensión y P6 con 5.36% por sobretensión como se aprecia en las tablas 3 y 7

Tabla 10

Resumen de resultados de las mediciones de tensión en el circuito "A"

Intervalos	Puntos de medición								Total
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	
Registrados	729	769	729	769	765	727	793	795	6,076
Evaluados	672	672	672	672	672	672	672	672	5,376
Buena Calidad	672	614	672	672	672	636	672	672	5,282
Mala Calidad	0	58	0	0	0	36	0	0	94

Nota: La tabla nos muestra que el circuito “A” tiene mala calidad de tensión en dos puntos de medición, que son P1 y P2. Dónde: P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7=P8=Puntos de medición.

Circuito “B”.

Punto de medición N° 9 – suministro 48785132

N° serie del equipo de medición: 300405012

Tabla 11

Resultados obtenidos en el punto N°9 (cabecera)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	672	100.00
Mala calidad	0	0.00
Diagnostico	Buena calidad de tensión	

Nota. Suministro dentro de normativa por tener 0.0 % de intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 10 – suministro 48785105

N° serie del equipo de medición: 300444046

Tabla 12

Resultados obtenidos en el punto N°10 (cola)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	636	94.64
Mala calidad	36	5.36
Diagnostico	Mala calidad de tensión	

Nota. Suministro fuera de normativa por tener 5.36 % intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 11 – suministro 48784940

N° serie del equipo de medición: 300444055

Tabla 13

Resultados obtenidos en el punto N°11 (cabecera)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	396	58.93
Mala calidad	276	41.07
Diagnostico	Mala calidad de tensión	

Nota. Suministro fuera de normativa por tener el 41.07 % de intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 12 – suministro 58564860

N° serie del equipo de medición: 300444068

Tabla 14

Resultados obtenidos en el punto N°12 (cola)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	280	41.67
Mala calidad	392	58.33
Diagnostico	Mala calidad de tensión	

Nota. Suministro fuera de normativa por tener el 58.33 % de intervalos de mala calidad.

La tabla 15, nos muestra el resultado de las mediciones de tensión efectuadas en el circuito “B” de la SED-CH0011. Cabe señalar que el número total de intervalos registrados por el equipo de medición, que en este caso son superiores a lo requerido para su análisis, debido a que se dio tolerancia de un día para el retiro de los equipos de medición y poder cumplir con la mínima cantidad de intervalos para el análisis estipulado por la NTCSE. Podemos observar también que tres de los cuatro puntos de medición presentan mala calidad de tensión, siendo los puntos de medición P10 con 5.36% por sobretensión, P11 y P12 con 5.36%, 41.07% y 58.33% por subtensión respectivamente, tal como se aprecia en las tablas 12, 13 y 14.

Tabla 15

Resumen de resultados de las mediciones de tensión en el circuito "B"

Intervalos	Puntos de medición				Total
	P9	P10	P11	P12	
Registrados	793	727	768	742	3,030
Evaluados	672	672	672	672	2,688
Buena calidad	672	636	396	280	1,984
Mala calidad	0	36	276	392	704

Nota: La tabla muestra que el circuito “B” tiene tres puntos de medición con mala calidad.

Dónde: P9=P10=P11=P12=Puntos de medición.

Circuito “C”.

Punto de medición N° 13 – suministro 48785123

N° serie del equipo de medición: 300503001

Tabla 16

Resultados obtenidos en el punto N°13 (cabecera)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	672	100.00
Mala calidad	0	0.00
Diagnostico	Buena calidad de tensión	

Nota. Suministro dentro de normativa por tener 0.0 % intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 14 – suministro 48784387

N° serie del equipo de medición: 300503012

Tabla 17

Resultados obtenidos en el punto N°14 (cola)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	636	94.64
Mala calidad	36	5.36
Diagnostico	Mala calidad de tensión	

Nota. Suministro fuera de normativa por tener el 5.36 % intervalos de mala calidad.

Punto de medición N° 15 – suministro 48785566

N° serie del equipo de medición: 300503039

Tabla 18

Resultados obtenidos en el punto N°15 (cabecera)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	672	100.00
Mala calidad	0	0.00
Diagnostico	Buena calidad de tensión	

Nota. Suministro dentro de normativa por tener 0.0 % intervalos de mala calidad.

Punto de medición 16 – suministro 49574526

Nº serie del equipo de medición: 300503075

Tabla 19

Resultados obtenidos en el punto N°16 (cola)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	636	94.64
Mala calidad	36	5.36
Diagnostico	Mala calidad de tensión	

Nota. Suministro fuera de normativa por tener 5.36 % intervalos de mala calidad.

La tabla 20, nos muestra el resumen de las mediciones de tensión efectuadas en el circuito “C” de la SED-CH0011. Cabe señalar que el número total de intervalos registrados por el equipo de medición, que en este caso son superiores a lo requerido para su análisis, es debido a que se dio tolerancia de un día para el retiro de los equipos de medición y poder cumplir con la mínima cantidad de intervalos para el análisis estipulado por la NTCSE. Podemos observar también que dos de los cuatro puntos de medición presentan mala calidad de tensión siendo los puntos de medición P14 y P16 ambos con 5.36% de sobretensión, tal como se puede apreciar en las tablas 17 y 19.

Tabla 20

Resumen de resultados de las mediciones de tensión en el circuito "C"

Intervalos	Puntos de medición				Total
	P13	P14	P15	P16	
Registrados	771	727	765	791	3,054
Evaluados	672	672	672	672	2,688
Buena calidad	672	636	672	636	2,616
Mala calidad	0	36	0	36	72

Nota: La tabla muestra que el circuito “C” tiene mala calidad de tensión y que además se han registrado 13.62 % de intervalos, más de lo necesario para la evaluación.

La tabla 21, nos muestra las cantidades totales de los resultados de las mediciones por circuito de la SED-CH0011, indicándonos también el número de

intervalos registrados por los equipos de medición así también como la cantidad de intervalos evaluados para determinar la mala calidad de la tensión en la mencionada SED.

Tabla 21

Resumen de resultados de las mediciones de tensión por circuitos.

Intervalos	C-A	C-B	C-C
Registrados	6,076	3,030	3,054
Evaluados	5,376	2,688	2,688
Buena Calidad	5,282	1,984	2,616
Mala Calidad	94	704	72

Nota. La tabla muestra las cantidades totales por circuito de las mediciones efectuadas en la SED-CH0011. Dónde: C-A = circuito "A", C-B = circuito "B", C-C circuito "C"

Calidad del parámetro de la frecuencia. Para obtener este registro y dada las características de este fenómeno, es suficiente con un solo punto de medición en el cual se registre permanentemente la frecuencia del sistema, dicho registro se efectuó en el tablero de distribución de la CH0011, con un analizador de redes trifásico marca: Unipower, modelo: Unilyzer 902, N° de serie: 25004008, en un periodo no menor de 7 días continuos con intervalos de medición de 15 minutos, según lo estipulado en la normativa vigente, obteniéndose 672 mediciones en dicho punto de medición seleccionado y que a continuación se detallan.

Tabla 22

Resultados obtenidos de la frecuencia

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	672	100.00
Mala calidad	0	0.00
Diagnostico	Buena calidad de frecuencia	

Nota. Suministro de energía dentro de normativa por tener 0.0% intervalos con mala calidad.

Calidad del parámetro de las perturbaciones. Esta medición se realizó en el punto de medición N° 17, ubicado en el tablero de distribución de la CH0011; para obtener este registro, las mediciones se efectuaron con un analizador de redes trifásico marca: Unipower, modelo: Unilyzer, en un periodo no menor de 7 días continuos con intervalos de medición de 10 minutos, obteniéndose 1008 mediciones, cada una por separado y de manera simultánea para los flicker y para los armónicos, los mismos que a continuación se detallan.

Tabla 23

Resultados obtenidos de las perturbaciones en flicker (Pst)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	193	19.15
Mala calidad	815	80.85
Diagnostico	Mala calidad perturbación por flicker	

Nota. Suministro de energía fuera de normativa por tener el 80.85 % intervalos de mala calidad, superando el ≤ 5 % del periodo de medición estipulado por la NTCSE.

Tabla 24

Resultados obtenidos de las perturbaciones en armónicos (THD)

Intervalos	Cantidad	%
Buena calidad	1008	100.00
Mala calidad	0	0.00
Total	Buena calidad perturbación por armónicos	

Nota. Suministro dentro de normativa por tener 0.0 % intervalos de mala calidad, siendo inferior al ≤ 5 % del periodo de medición estipulado por la NTCSE.

IV. Análisis y discusión

El presente estudio de calidad de la energía eléctrica, cumple con lo estipulado por la NTCSE y su base metodológica; para efecto del análisis y tener una simultaneidad en los días y horas se consideró el análisis desde el día 26 de abril del 2018 desde las 00:00:00 horas, en los 17 puntos de medición seleccionados, utilizándose para cada uno de ellos equipos homologados por el Osinergmin, debidamente calibrados y certificados por una institución también homologada por el Osinergmin, cumpliéndose con lo estipulado por la NTCSE en su capítulo quinto y su base metodológica.

Análisis de la tensión

Para el análisis de la tensión, se ha considerado el registro de los 672 primeros intervalos válidos, establecidas por la NTCSE en su título quinto, numeral 5.1.2, donde también especifica que las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega, es de hasta el $\pm 5\%$ de la tensión nominal en tales puntos y que el total de intervalos de mala calidad no deben superar el 5% del total del período de medición para que la medición sea considerada de buena calidad. Los gráficos para el análisis de la tensión, nos muestran los valores obtenidos de cada punto de medición en un periodo no menor de 7 días continuos, con intervalos de medición de 15 minutos.

El porcentaje de variación de la tensión se calculó con la siguiente ecuación:

$$() \frac{()}{()} \quad (1)$$

Dónde:

Vk: Tensión medida máxima o mínima (V)

Vn: Tensión nominal

Lo que nos ayudará a determinar si las mediciones se encuentran dentro del rango establecido por la NTCSE.

Circuito “A”

Punto de medición N° 1, Suministro: 48784190, Titular: Briones Vigo Carlos,
Dirección: Mz. O 13 Urb. El Acero.

En la figura 11, podemos apreciar el perfil de la tensión verificándose que ningún valor de la medición transgrede los valores mínimos y máximos determinados por la NTCSE.

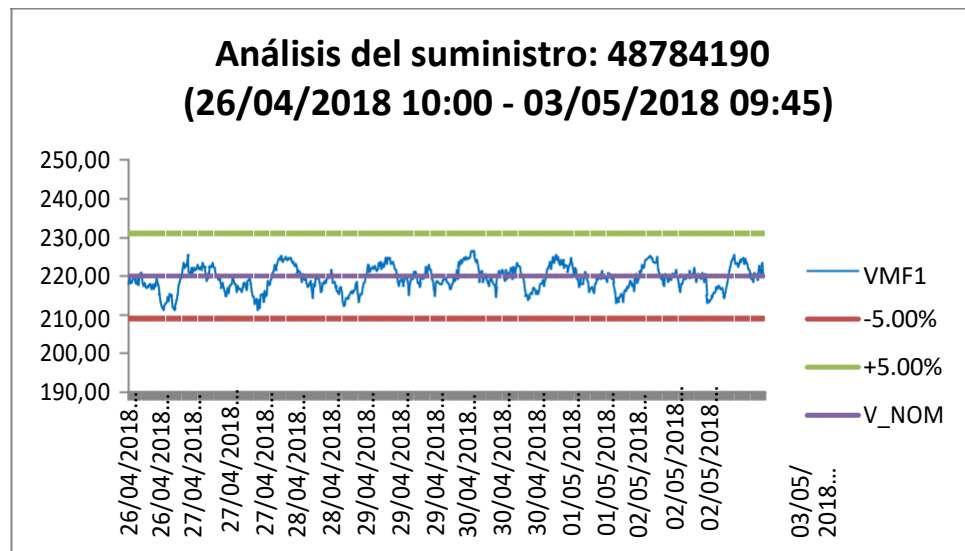


Figura 11. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 1.
Fuente: Elaboración propia mediante software Cirvava.

En la tabla 25, podemos apreciar el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 729 registrados por el equipo de medición, apreciándose que la variación de los valores extremos se encuentra entre el 2.91% y el -4.12% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema, esto nos está indicando que no hay ningún valor de la medición que este con mala calidad.

En consecuencia al no haber intervalos que superaran el $\pm 5\%$ estipulado por la NTCSE, se puede diagnosticar que el suministro presenta buena calidad de tensión.

Tabla 25*Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 1*

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	729	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluated	672	30/04/2018 04:30:00	Valor máximo	226.60
BQ	672	26/04/2018 19:15:00	Valor mínimo	211.30
MQ	0	Promedio		219.45
Tolerancia NTCSE		Max Δ%		2.91
$V_N < \pm 5.0\%$		Min Δ%		-4.12

Nota. Los valores máximos y mínimos de la tensión no superan el $\pm 5\%$ (231V y 209V) de la tensión nominal, por lo tanto se considera al suministro con buena calidad de tensión. BQ = Buena calidad, MQ = Mala calidad.

Punto de medición N°2, Suministro: 48784313, Titular: Castro Arteaga Juana Sabina, Dirección: Mz. O 22Urb. El Acero.

En la figura 12, podemos apreciar el perfil de la tensión verificándose que existen valores de la medición que se encuentran transgrediendo por sub tensión los valores mínimos permitidos por la NTCSE.

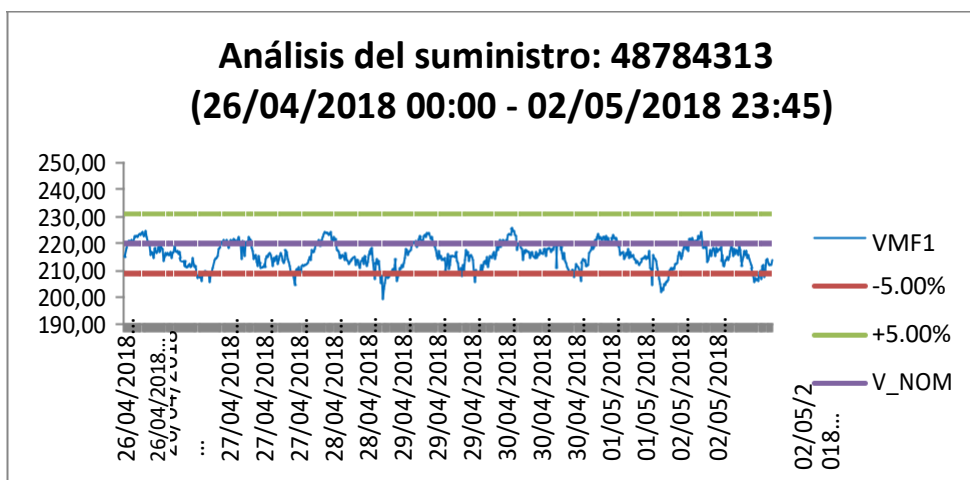


Figura 12. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 2 Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

La tabla 26, nos muestra el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos validos de un total de 769 registrados por el equipo de medición, donde 58 intervalos superan las tolerancias por sub tensión, los que equivalen a un 8.63% del periodo de medición que se encuentran transgrediendo los rangos permitidos; que según la NTCSE, es de hasta 5% del periodo de medición, cuyas variaciones son aceptadas hasta $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos, es decir que la variación de la tensión estaría entre 231V como máximo y 209V como mínimo, pero como podemos apreciar el valor mínimo de la tensión está por debajo de las tolerancias permitidas.

Al haber variaciones de tensión, cuyos valores extremos oscilan entre el 2.48% y el -10.28% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema, se puede diagnosticar que el suministro presenta mala calidad de tensión. Esto debido al mal estado de las redes de baja tensión en este circuito, ya que presentan empalmes que al ser mal ejecutados y al estar expuestos a la agresividad del clima provocan su deterioro ocasionando caídas de tensión y falsos contactos.

Tabla 26
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 2

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	769	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	30/04/2018 04:30:00	Valor máximo	225.60
BQ	614	28/04/2018 19:00:00	Valor mínimo	199.50
MQ	58		Promedio	215.50
Tolerancia NTCSE			Max $\Delta\%$	2.48
$V_N < \pm 5.0\%$			Min $\Delta\%$	-10.28

Nota. Algunos registros de la tensión están por debajo del -5% (209V) estipulado por la NTCSE y superan el 5% del periodo de medición con intervalos de mala calidad (MQ).

Punto de medición N°3, Suministro: 48784144, Titular: Aranda de la Cruz Julio,
Dirección: Mz. O 9 Urb. El Acero.

La figura 13, muestra el perfil de la tensión verificándose que sus valores no transgredan las tolerancias permitidos por la NTCSE.

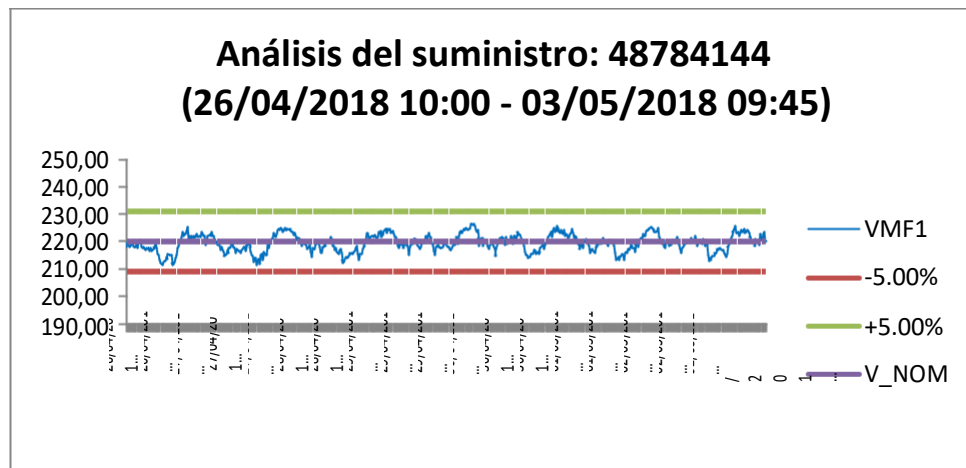


Figura 13. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 3
Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

En la tabla 27, podemos apreciar el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 729 intervalos registrados por el equipo de medición, los cuales no superan los rangos permitidos; que según la NTCSE, es de hasta $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos. Por lo que se puede apreciar, dichos valores se encuentran dentro de los rangos permitidos, siendo la variación de sus valores extremos de 2.91% y el -4.12% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema.

En consecuencia al no existir intervalos que superen los rangos permitidos por la NTCSE para ser considerados de mala calidad, podemos diagnosticar que el suministro presenta buena calidad de tensión, a pesar de que existen intervalos muy próximos a los valores mínimos permitidos.

Tabla 27
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 3

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	729	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	30/04/2018 04:30:00	Valor máximo	226.60
BQ	672	26/04/2018 19:15:00	Valor mínimo	211.30
MQ	0		Promedio	219.40
Tolerancia NTCSE			Max Δ%	2.91
$V_N < \pm 5.0\%$			Min Δ%	-4.12

Nota. Los valores registrados no superan las tolerancias permitidas por la NTCSE. BQ = Buena calidad, MQ = Mala calidad.

Punto de medición N°4, Suministro: 48784322, Titular: Siccha de Sánchez Asunción, Dirección: Mz. 0 23 Urb. El Acero.

La figura 14, nos muestra el perfil de la tensión verificándose que ningún valor de la medición transgrede los valores mínimos y máximos permitidos por la NTCSE.

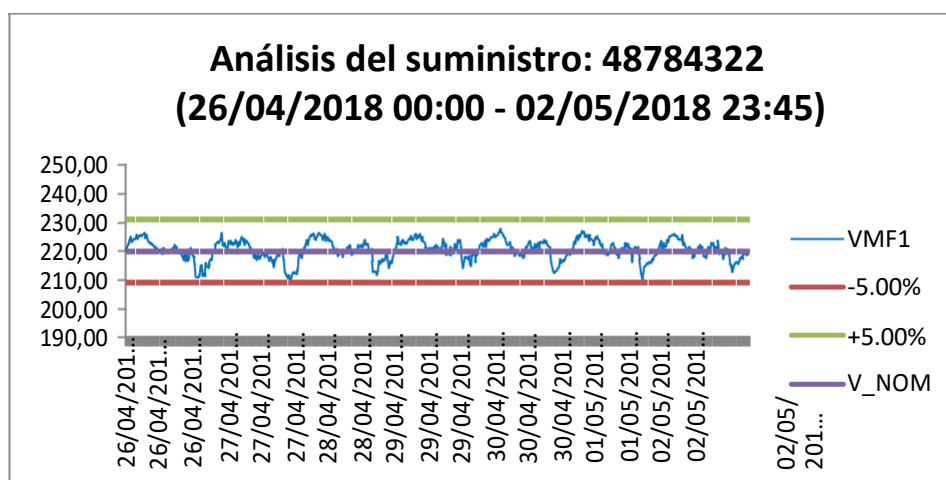


Figura 14. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 4
Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

En la tabla 28, podemos apreciar el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 769 registrados por el equipo de medición, los cuales no

superan los rangos permitidos por la NTCSE, es decir $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos, encontrándose dentro de los rangos permitidos, siendo la variación de sus valores extremos de 3.30% y el -4.71% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema, por lo que se puede diagnosticar que el suministro presenta buena calidad de tensión.

Tabla 28
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 4

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	769	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	30/04/2018 04:45:00	Valor máximo	227.50
BQ	672	27/04/2018 20:00:00	Valor mínimo	210.10
MQ	0		Promedio	220.49
Tolerancia NTCSE			Max $\Delta\%$	3.30
$V_N < \pm 5.0\%$			Min $\Delta\%$	-4.71

Nota. Los valores registrados no superan las tolerancias permitidas por la NTCSE.

Punto de medición N°5, Suministro: 48783906, Titular: Araujo Vera, Bertha Olivia, Dirección: Mz. N 15 Urb. El Acero

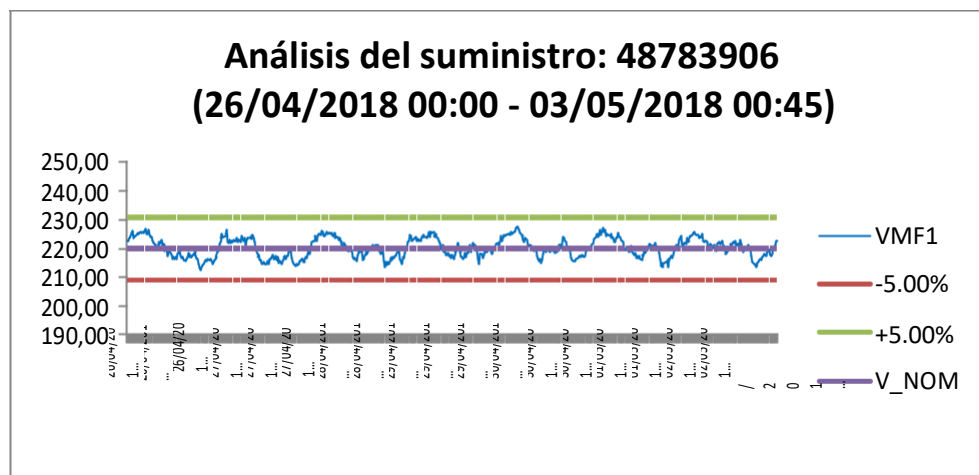


Figura 15. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 5 Fuente: Elaboración propia mediante software Circava

La figura 15, nos muestra el perfil de la tensión verificándose que ningún valor de la medición transgrede los valores mínimos y máximos permitidos por la NTCSE.

En la tabla 29, podemos apreciar el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 765 registrados por el equipo de medición, donde se puede apreciar claramente que los valores de las mediciones no superan los rangos permitidos; que según la NTCSE, es de hasta $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos, verificándose que dichos valores se encuentran dentro de los rangos permitidos, teniendo sus valores extremos una variación entre el 3.30% y el -3.58% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema, por lo que se puede diagnosticar que el suministro presenta buena calidad de tensión.

Tabla 29

Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 5

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	765	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	30/04/2018 04:45:00	Valor máximo	227.50
BQ	672	26/04/2018 19:00:00	Valor mínimo	212.40
MQ	0		Promedio	219.95
Tolerancia NTCSE			Max $\Delta\%$	3.30
$V_N < \pm 5.0\%$			Min $\Delta\%$	-3.58

Nota. Los valores registrados no superan las tolerancias permitidas por la NTCSE.

Punto de medición N° 6, Suministro: 48784028, Titular: Zavaleta Sebastián Juanita B., Dirección: Mz. N 27 Urb. El Acero.

La figura 16, nos muestra el perfil de la tensión, verificándose que existen valores que se encuentran transgrediendo las tolerancias permitidas por la NTCSE.

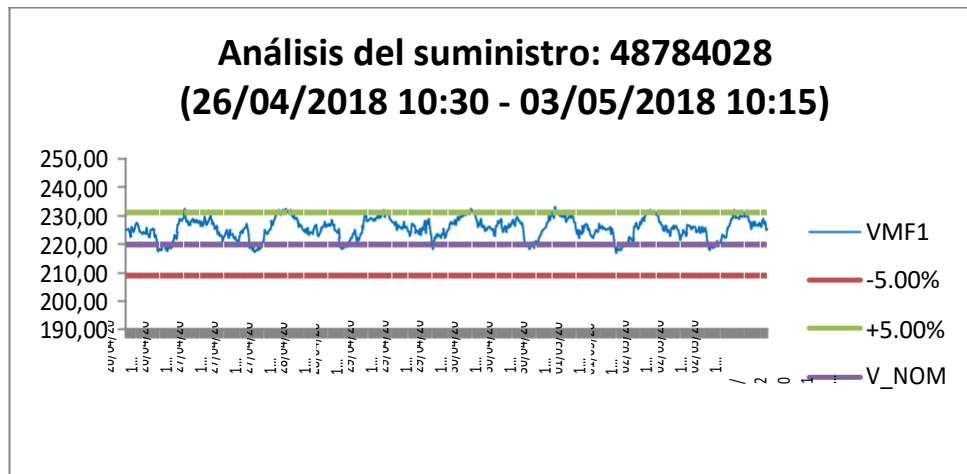


Figura 16. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 6 Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

La tabla 30, nos muestra el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 727 registrados por el equipo de medición, donde 36 intervalos superan las tolerancias por sobretensión, equivalente al 5.36% del periodo de medición que se encuentran transgrediendo los rangos permitidos, que según la NTCSE, es de hasta 5% del periodo de medición, cuyas variaciones son aceptadas hasta $\pm 5\%$ de la tensión nominal, es decir que la variación de tensión estaría entre 231V como máximo y 209V como mínimo, pero se aprecia que el valor máximo de la tensión transgrede las tolerancias permitidas.

Al haber variaciones de tensión, cuyos valores extremos oscilan entre el 5.62% y el -1.43% con respecto a la tensión nominal de 220 V, haciendo un total de 36 intervalos con mala calidad equivalentes al 5.36% del período de medición evaluado, superando el 5% permitido por la NTCSE podemos diagnosticar que el suministro presenta mala calidad de tensión por sobretensión.

Tabla 30
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 6

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	727	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	01/05/2018 02:45:00	Valor máximo	233.10
BQ	636	01/05/2015 18:45:00	Valor mínimo	216.90
MQ	36	Promedio		225.57
Tolerancia NTCSE		Max Δ%		5.62
$V_N < \pm 5.0\%$		Min Δ%		-1.43

Nota. Algunos registros de la tensión superan el +5% (231V) estipulado por la NTCSE superando también el 5% del periodo de medición., con intervalos de mala calidad. BQ = Buena calidad, MQ = Mala calidad.

Punto de medición N° 7, Suministro: 48784171, Titular: Ángeles Obregón, Moisés David, Dirección: Mz. O 11 Urb. El Acero.

La figura 17, nos muestra el perfil de la tensión, verificándose que ningún valor de la medición transgrede los valores mínimos y máximos permitidos por la NTCSE.

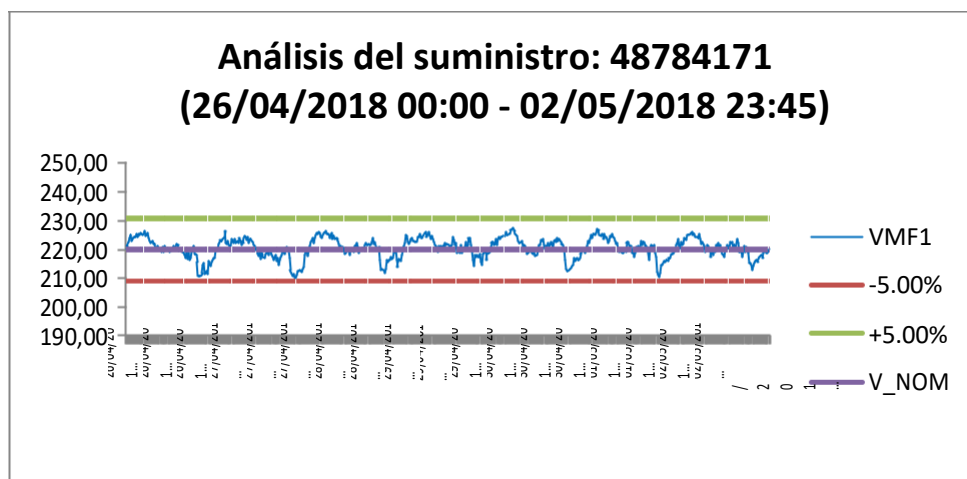


Figura 17. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 7
Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

En la tabla 31, podemos apreciar el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 793 registrados por el equipo de medición, verificándose que los intervalos no superan los rangos de tensión permitidos que según la NTCSE, de hasta $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos, apreciándose también que la variación de los valores extremos se encuentran entre el 3.30% y el -4.71% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema. En consecuencia al no haber intervalos que superan el $\pm 5\%$ estipulado por la NTCSE, podemos diagnosticar que el suministro presenta buena calidad de tensión.

Tabla 31
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 7

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	793	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	30/04/2018 04:45:00	Valor máximo	227.50
BQ	672	27/04/2018 20:00:00	Valor mínimo	210.10
MQ	0	Promedio		220.49
Tolerancia NTCSE		Max $\Delta\%$		3.30
$V_N < \pm 5.0\%$		Min $\Delta\%$		-4.71

Nota. Los valores registrados no superan las tolerancias permitidas por la NTCSE.

Punto de medición N° 8, Suministro: 48783693, Titular: Rodríguez S. Miguel,
Dirección: Mz. N 1 Urb. El Acero.

La figura 18, nos muestra el perfil de la tensión verificándose que sus valores no transgreden los valores permitidos por la NTCSE.

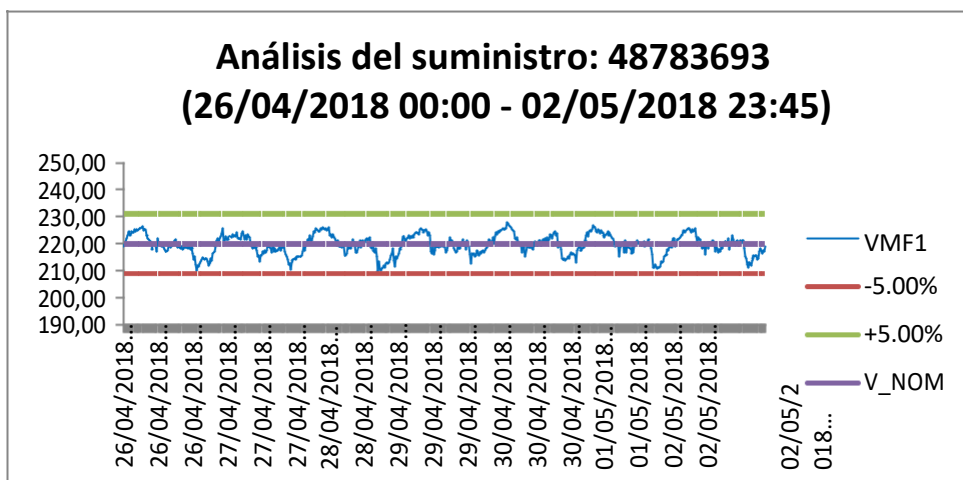


Figura 18. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 8
Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

En la tabla 32, podemos apreciar el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 795 registrados por el equipo de medición, verificándose que todos los intervalos analizados no superan los rangos de tensión permitidos, que según la NTCSE, es de hasta $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos, apreciándose también que la variación de los valores extremos se encuentran entre el 3.42% y el -5.06% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema. En consecuencia al no haber intervalos de mala calidad que superan el $\pm 5\%$ estipulado por la NTCSE, podemos diagnosticar que el suministro presenta buena calidad de tensión.

Tabla 32

Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 8

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	795	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	30/04/2018 04:15:00	Valor máximo	227.80
BQ	672	28/04/2018 18:30:00	Valor mínimo	209.40
MQ	0		Promedio	219.58
Tolerancia NTCSE			Max $\Delta\%$	3.42
	$V_N < \pm 5.0\%$		Min $\Delta\%$	-5.06

Nota. Los valores registrados no superan las tolerancias permitidas por la NTCSE.

La tabla 33, nos muestra el resumen del análisis de las mediciones efectuadas en el circuito “A” de la CH0011. Donde se puede apreciar que hay dos puntos de medición con mala calidad que son: P2 con una variación por subtensión de hasta -10.28% y P6 con una variación por sobretensión de hasta 5.62% sobrepasando los límites del $\pm 5\%$ permitido por la normativa. También se puede observar que la tendencia a la subtensión de este circuito está muy cerca del -5% máximo permitido, lo que en cualquier momento podrían estar superando las tolerancias, esto debido a que los conductores de la red de baja tensión de este circuito se encuentran en mal estado de conservación, si bien es cierto que la mayoría no sobrepasa las tolerancias permitidas estos podrían ocasionar un lento deterioro de los equipos eléctricos y electrónicos. La figura 19, nos muestra la tendencia de estas variaciones de tensión.

Tabla 33

Resumen de mediciones efectuadas en el circuito "A"

Intervalos	Puntos de medición del circuito “A”							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Registrados	729	769	729	769	765	727	793	795
Evaluados	672	672	672	672	672	672	672	672
BQ	672	614	672	672	672	636	672	672
MQ	0	58	0	0	0	36	0	0
Valor Max.	226.60	225.60	226.60	227.50	227.50	233.10	227.50	227.80
Valor Min.	211.30	199.50	211.30	210.10	212.40	216.90	210.10	209.40
Promedio.	219.45	215.50	219.40	220.49	219.95	225.57	220.49	219.58
Max. Δ%	2.91	2.48	2.91	3.30	3.30	5.62	3.30	3.42
Min. Δ%	-4.12	-10.28	-4.12	-4.71	-3.58	-1.43	-4.71	-5.06
Diagnostico	BQ	MQ	BQ	BQ	BQ	MQ	BQ	BQ

Nota: El circuito “A” tiene dos puntos de medición con mala calidad y por eso la CH0011 tiene mala calidad de tensión. Dónde: BQ=Buena calidad, MQ=Mala calidad.

Según la NTCSE, para determinar que una SED tiene mala calidad, basta solamente con un punto de medición con mala calidad en cualquier circuito de la SED para ser considerada de mala calidad. Por lo tanto, en el presente estudio al tener dos puntos de medición con mala calidad de tensión, se concluye que el circuito “A” tiene mala calidad de tensión; por lo tanto la SED-CH0011 tiene mala calidad de tensión. La

figura 20 nos muestra el comportamiento de la calidad de las tensiones en los ocho puntos de medición del circuito “A”

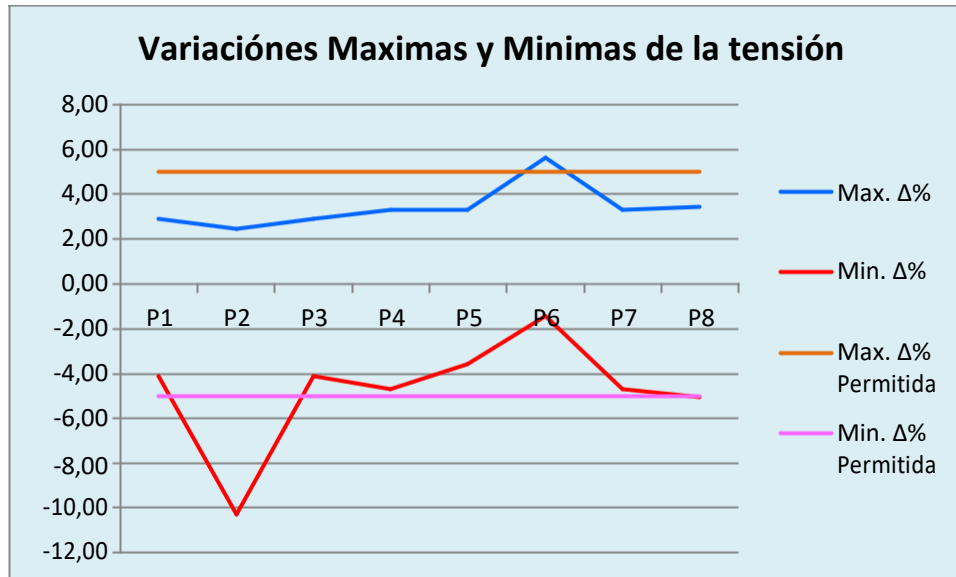


Figura 19. Variaciones Máximas y Mínimas de las tensiones del circuito A.
Fuente: Elaboración propia.

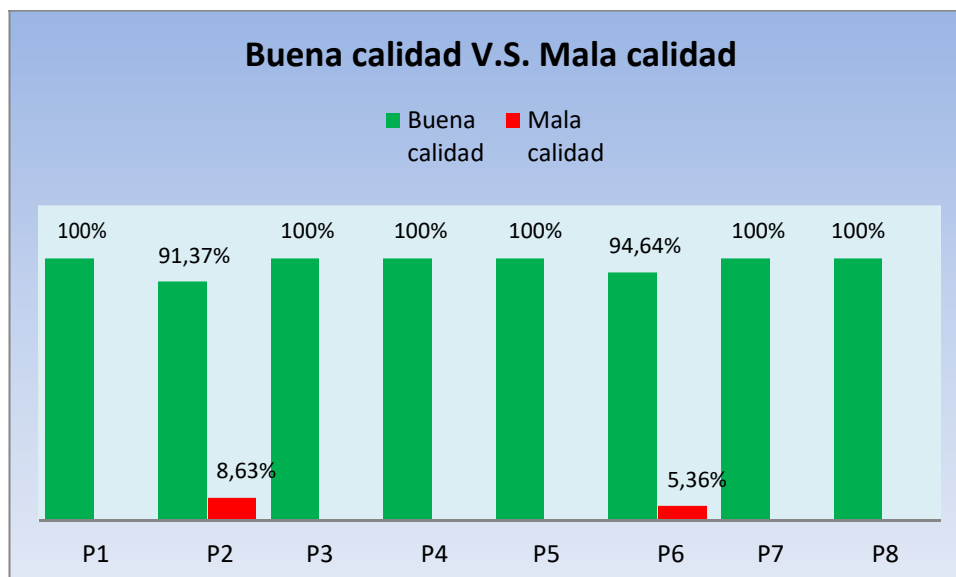


Figura 20. Comportamiento de la calidad de la tensión.
Fuente: Elaboración propia.

Circuito “B”

Punto de medición N° 9, Suministro: 48785132, Titular: Carhuajulca Álvarez, Segundo Manuel, Dirección: Mz. R 2 Urb. El Acero

La figura 19, nos muestra el perfil de la tensión, verificándose que sus valores no transgreden los valores permitidos por la NTCSE.

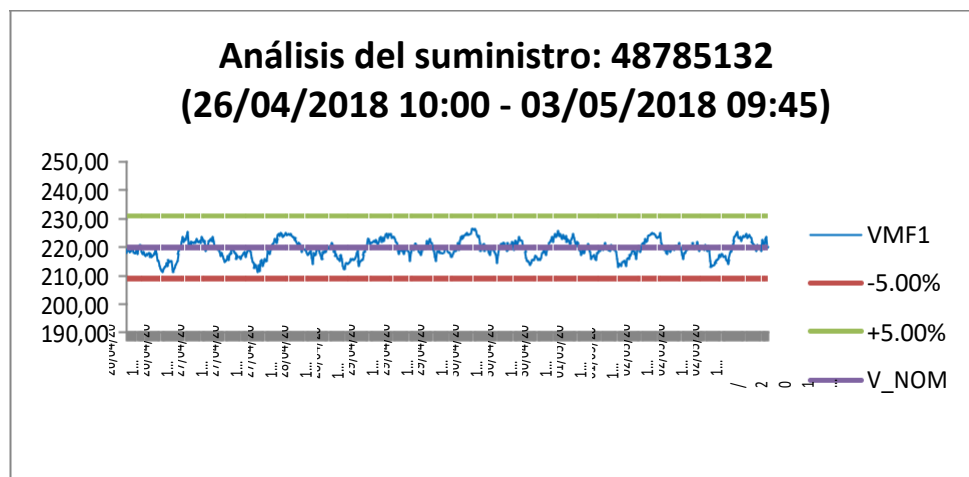


Figura 21. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 9
Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

En la tabla 34, podemos apreciar el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 793 registrados por el equipo de medición, verificándose que todos los intervalos analizados no superan los rangos de tensión permitidos, que según la NTCSE, es de hasta $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos, apreciándose también que la variación de los valores extremos se encuentra entre 2.91% y el -4.12% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema. En consecuencia, podemos diagnosticar que el suministro presenta buena calidad de tensión.

Tabla 34
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 9

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	793	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	30/04/2018 04:30:00	Valor máximo	226.60
BQ	672	26/04/2018 19:15:00	Valor mínimo	211.30
MQ	0	Promedio		219.45
Tolerancia NTCSE		Max Δ%		2.91
$V_N < \pm 5.0\%$		Min Δ%		-4.12

Nota. Los valores registrados no superan las tolerancias permitidas por la NTCSE.

Punto de medición N° 10, Suministro: 48785105, Titular: Castillo Márquez, Adela Berena, Dirección: Mz. Q 22 Urb. El Acero

La figura 22, nos muestra el perfil de la tensión verificándose que algunos valores de la medición se encuentran transgrediendo por sobretensión los valores máximos permitidos por la NTCSE.

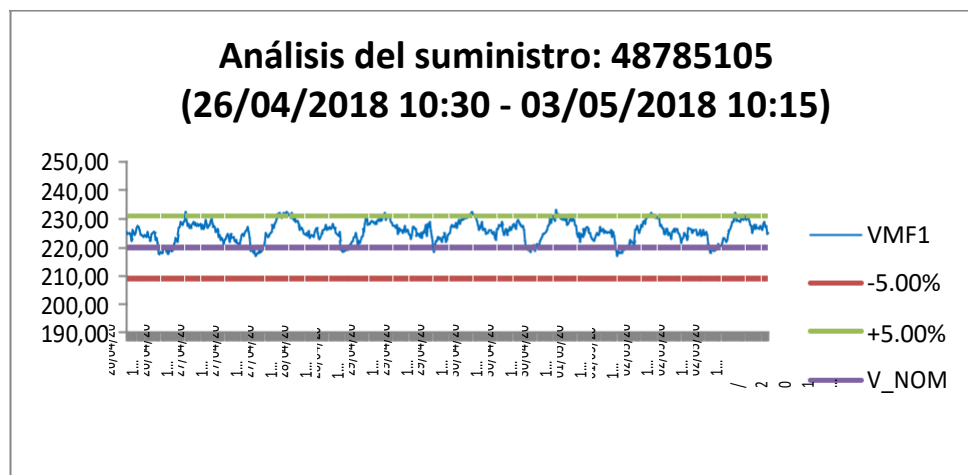


Figura 22. Perfil de la tensión en el punto de medición N°10
Fuente: Elaboración propia mediante software Circava

La tabla 35, nos muestra el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 727 registrados por el equipo de medición, donde 36 intervalos

superan las tolerancias por sobretensión, los que equivalen al 5.36% del periodo de medición que se encuentran transgrediendo los rangos permitidos, que según la NTCSE, es de hasta 5% del periodo de medición, es decir que hay intervalos de medición que se encuentran superando la tensión que debería estar comprendida entre 231V como máximo y 209V como mínimo, transgrediendo de esta manera las tolerancias permitidas por la NTCSE.

En consecuencia al haber variaciones de tensión, cuyos valores extremos oscilan entre 5.62% y el -1.43% respecto a la tensión nominal de 220V del sistema, en donde además el 5.36% del total de intervalos analizados se encuentran transgrediendo las tolerancias permitidas, podemos diagnosticar que el suministro presenta mala calidad de tensión.

Tabla 35
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 10

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	727	Fecha/hora	Descripción	Voltaje
Evaluados	672	01/05/2018 02:45:00	Valor máximo	233.10
BQ	636	01/05/2018 18:45:00	Valor mínimo	216.90
MQ	36		Promedio	225.57
Tolerancia NTCSE			Max Δ%	5.62
V _N < ±5.0%			Min Δ%	-1.43

Nota. Algunos registros de la tensión superan el +5% (231V) estipulado por la NTCSE, superando también el 5% del periodo de medición con intervalos de mala calidad (MQ).

Punto de medición N° 11, Suministro: 48784940, Titular: López Ybañez Teodoro Andrés, Dirección: Mz. Q 12 Urb. El Acero

La figura 23, muestra el perfil de la tensión verificándose que algunos registros se encuentran transgrediendo las tolerancias permitidas.

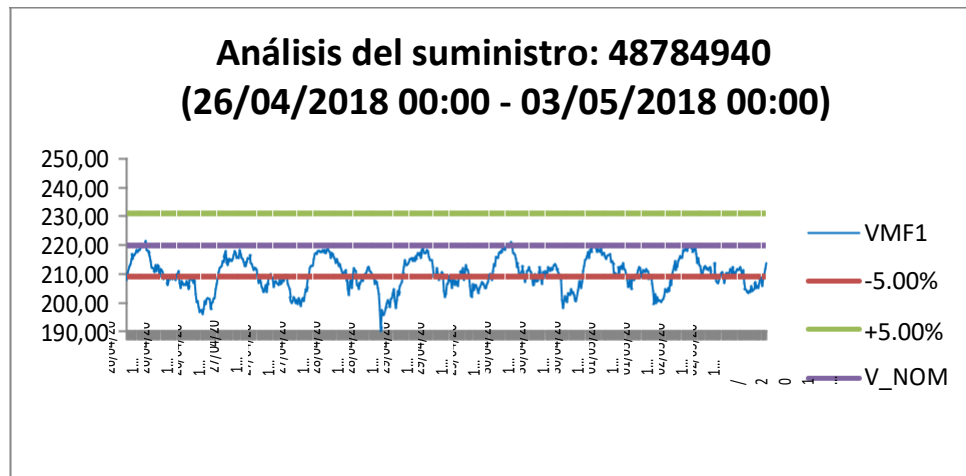


Figura 23. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 11 *Fuente:* Elaboración propia mediante software Circava.

La tabla 36, nos muestra el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos validos de un total de 768 registrados por el equipo de medición, donde 276 intervalos superan las tolerancias por sub tensión los que equivalen a un 41.07% del periodo de medición que se encuentran transgrediendo los rangos permitidos; que según la NTCSE, es de hasta 5% del periodo de medición, cuyas variaciones son aceptadas hasta $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos, es decir que la variación estaría entre 231V como máximo y 209V como mínimo, pero como podemos apreciar el valor mínimo de la tensión está por debajo de las tolerancias permitidas.

Al haber variaciones de tensión, cuyos valores extremos oscilan entre el 0.68% y el -15.60% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema, se puede diagnosticar que el suministro presenta mala calidad de tensión. Esto debido al mal estado de las redes de baja tensión en este circuito, ya que presentan numerosos empalmes que al ser mal ejecutados y al estar expuestos a la agresividad del clima provocan su deterioro ocasionando caídas de tensión y falsos contactos.

Tabla 36
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 11

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	768	Fecha/hora	Descripción	Voltaje
Evaluados	672	26/04/2018 04:45:00	Valor máximo	221.50
BQ	396	28/04/2018 18:45:00	Valor mínimo	190.30
MQ	276	Promedio		209.94
Tolerancia NTCSE		Max Δ%		0.68
$V_N < \pm 5.0\%$		Min Δ%		-15.60

Nota. Algunos registros de la tensión están por debajo del -5% (209V), estipulado por la NTCSE y superan el 5% del periodo de medición con intervalos de mala calidad (MQ).

Punto de medición N°12, Suministro: 58564860, Titular: Moreno Zavaleta Javier Heber, Dirección: Mz. Q 2 Int. 1 Urb. El Acero.

La figura 24, nos muestra el perfil de la tensión verificándose que algunos registros se encuentran transgrediendo las tolerancias permitidas.

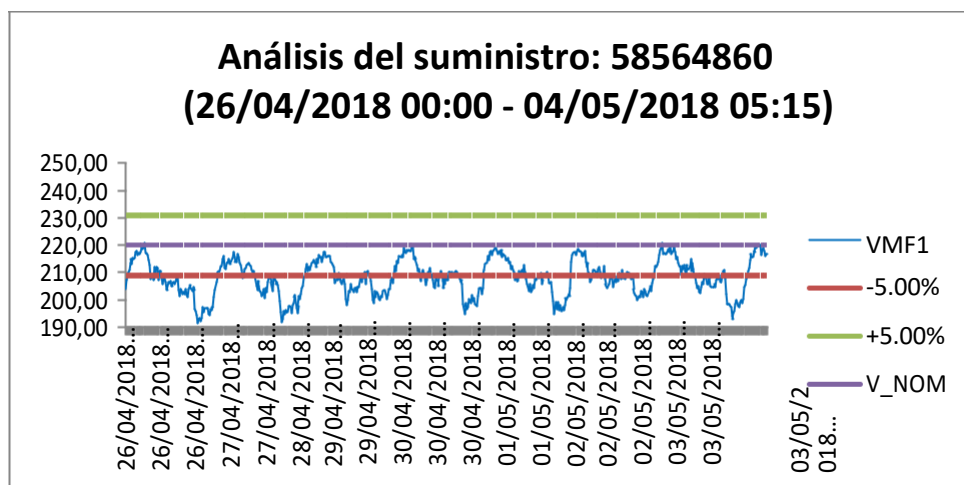


Figura 24. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 12 Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

La tabla 37 nos muestra el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos validos de un total de 742 registrados por el equipo de medición, donde 371 intervalos

superan las tolerancias por sub tensión, los que equivalen a un 58.33% del periodo de medición que se encuentran transgrediendo los rangos permitidos, que según la NTCSE, es de hasta 5% del periodo de medición, cuyas variaciones son aceptadas hasta $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos, es decir que la variación de la tensión estaría entre 231V como máximo y 209V como mínimo, pero como se puede apreciar el valor mínimo de la tensión está por debajo de las tolerancias permitidas.

Al existir variaciones de la tensión, cuyos valores extremos oscilan entre el 0.32% y el -15.00% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema, podemos diagnosticar que el suministro presenta mala calidad de tensión. Esto debido al mal estado de las redes de baja tensión en este circuito, ya que presentan diversos empalmes que al ser mal ejecutados y al estar expuestos a la agresividad del clima provocan su deterioro ocasionando caídas de tensión y falsos contactos.

Tabla 37

Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 12

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	742	Fecha/hora	Descripción	Voltaje
Evaluados	672	26/04/2018 04:45:00	Valor máximo	220.70
BQ	280	26/04/2018 19:00:00	Valor mínimo	191.30
MQ	392		Promedio	207.45
Tolerancia NTCSE			Max $\Delta\%$	0.32
	$V_N < \pm 5.0\%$		Min $\Delta\%$	-15.00

Nota. Algunos registro de la tensión están por debajo del -5% (209V), estipulado por la NTCSE y superan el 5% del periodo de medición con intervalos de mala calidad (MQ).

La tabla 38, nos muestra el resumen del análisis de las mediciones efectuadas en el circuito “B” de la CH0011. Donde se aprecia que hay tres puntos de medición con mala calidad que son P10 con una variación por sobretensión de hasta 5.62%, P11 con una variación por subtensión de hasta -15.60% y P12 con una variación por subtensión de hasta 15.00%. Sobrepasando los límites del $\pm 5\%$ permitido por la NTCSE.

Tabla 38
Resumen de mediciones efectuadas en el circuito B.

Intervalos	Puntos de medición del circuito B			
	P9	P10	P11	P12
Registrados	793	727	768	742
Evaluados	672	672	672	672
BQ	672	636	396	280
MQ	0	36	276	392
Valor Max. (V)	226.60	233.10	221.50	220.70
Valor Min. (V)	211.30	216.90	190.30	191.30
Promedio (V)	219.45	225.57	209.94	207.45
Max. $\Delta\%$	2.91	5.62	0.68	0.32
Min. $\Delta\%$	-4.12	-1.43	-15.60	-15.00
Diagnostico	BQ	MQ	MQ	MQ

Nota: El circuito B tiene tres puntos de medición con mala calidad por lo tanto la CH0011 es considerada con mala calidad de tensión. Donde BQ= Buena calidad, MQ= Mala calidad.

Por lo tanto se concluye que el circuito “B tiene mala calidad de tensión, por lo tanto la SED-CH0011 será considerada de mala calidad de tensión. La figura 25 nos muestra la tendencia de las variaciones de la tensión en el circuito B.

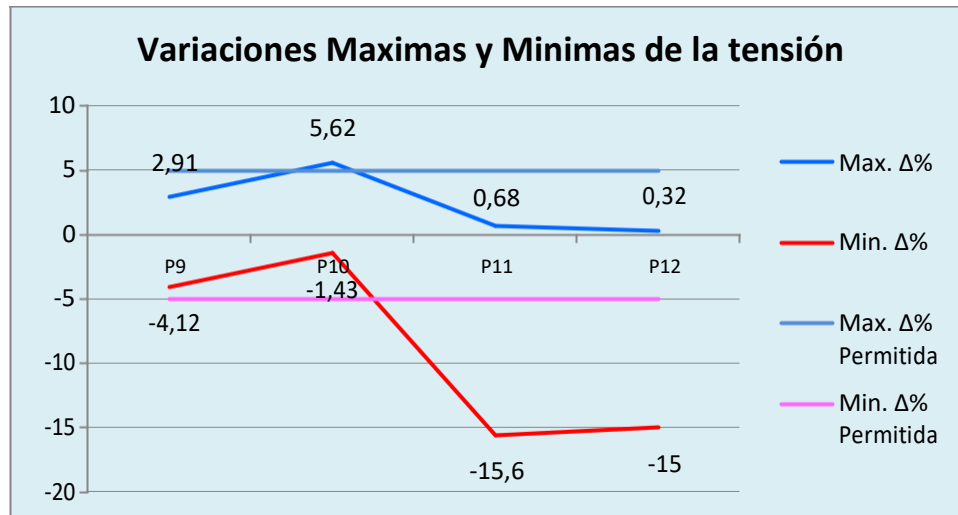


Figura 25. Variaciones máximas y mínimas de las tensiones en el circuito B.
Fuente: Elaboración propia.

La figura 26, nos muestra el comportamiento de la calidad en los cuatro puntos de medición del circuito B.

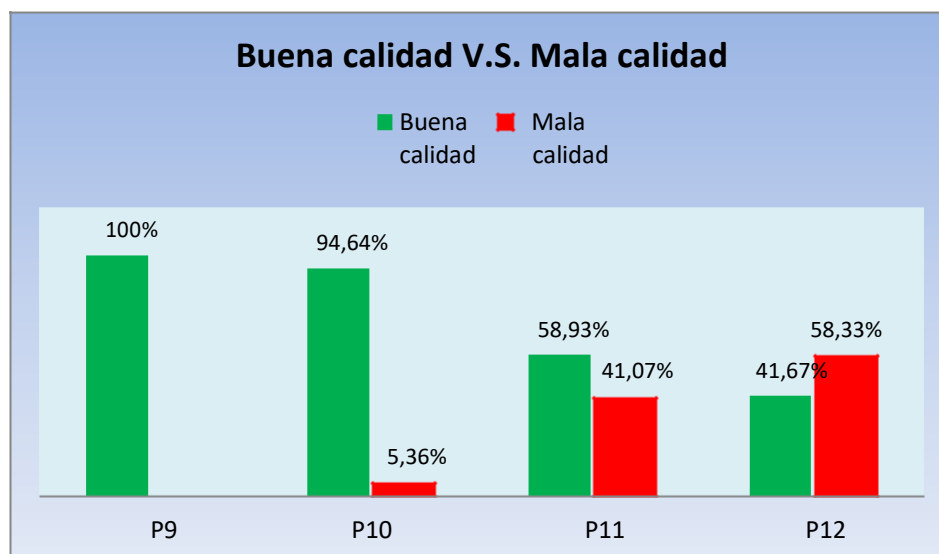


Figura 26. Comportamiento de la calidad de la tensión.
Fuente: Elaboración propia.

Circuito “C”

Punto de medición N° 13, Suministro: 48785123, Titular: Siccha Zavaleta Víctor
Dirección: Mz. R 1 Urb. El Acero.

La figura 27, nos muestra el perfil de la tensión verificándose que ningún valor de la medición transgrede las tolerancias permitidas por la NTCSE.

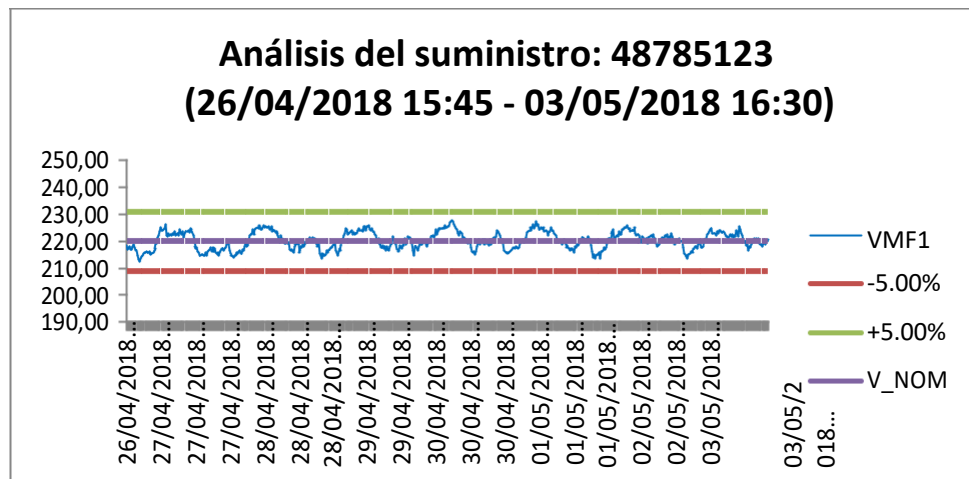


Figura 27. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 13 Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

En la tabla 39, podemos apreciar el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 771 registrados por el equipo de medición, verificándose que todos los intervalos analizados no superan los rangos de tensión permitidos, que según la NTCSE, es de hasta 5% del periodo de medición; se puede apreciar también que la variación de los valores extremos se encuentra entre el 3.30% y el -3.58% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema.

En consecuencia, al no existir parámetros que se encuentran transgrediendo las tolerancias permitidas, podemos diagnosticar que el suministro presenta buena calidad de tensión.

Tabla 39
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 13

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	771	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	30/04/2018 04:45:00	Valor máximo	227.50
BQ	672	26/04/2018 19:00:00	Valor mínimo	212.40
MQ	0	Promedio		220.20
Tolerancia NTCSE		Max Δ%		3.30
$V_N < \pm 5.0\%$		Min Δ%		-3.58

Nota. Los valores registrados no superan las tolerancias permitidas por la NTCSE.

Punto de medición N° 14, Suministro: 48784387, Titular: Muguerza Castillo J.

Dirección: Mz. P 2 Urb. El Acero.

La figura 28, nos muestra el perfil de la tensión verificándose que algunos registros de la medición se encuentran transgrediendo por sobretensión los valores máximos permitidos por la NTCSE.

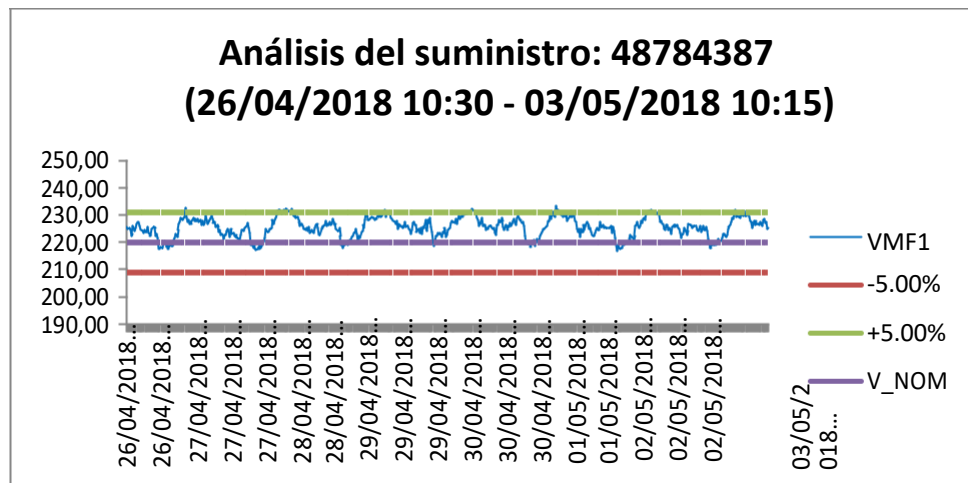


Figura 28. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 14
Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

La tabla 40, nos muestra el resultado del análisis de los primeros 672 intervalos validos de un total de 727 registrados por el equipo de medición, donde 36 intervalos superan las tolerancias por sobretensión, los que equivalen al 5.36% del periodo de medición que se encuentran transgrediendo los rangos permitidos, que según la NTCSE, es de hasta 5% del periodo de medición, es decir que hay intervalos de medición que se encuentran superando la tensión que debería estar comprendida entre 231V como máximo y 209V como mínimo, transgrediendo de esta manera las tolerancias permitidas por la NTCSE.

En consecuencia al haber variaciones de tensión, cuyos valores extremos oscilan entre 5.62% y el -1.43% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema, en donde además el 5.36% del total de intervalos analizados se encuentran transgrediendo las tolerancias permitidas, podemos diagnosticar que el suministro presenta mala calidad de tensión.

Tabla 40
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 14

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	727	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	01/05/2018 02:45:00	Valor máximo	233.10
MQ	636	01/05/2018 18:45:00	Valor mínimo	216.90
BQ	36		Promedio	225.57
Tolerancia NTSE			Max $\Delta\%$	5.62
$V_N < \pm 5.0\%$			Min $\Delta\%$	-1.43

Nota. Algunos registros de la tensión superan el +5% (231V) estipulado por la NTCSE, superando también el 5% del periodo de medición, con intervalos de mala calidad (MQ).

Punto de medición N° 15, Suministro: 48785366, Titular: Becerra G. Irene,
Dirección: Mz. R 19 Urb. El Acero.

La figura 29, nos muestra el perfil de la tensión verificándose que sus valores no transgreden las tolerancias permitidos por la NTCSE.

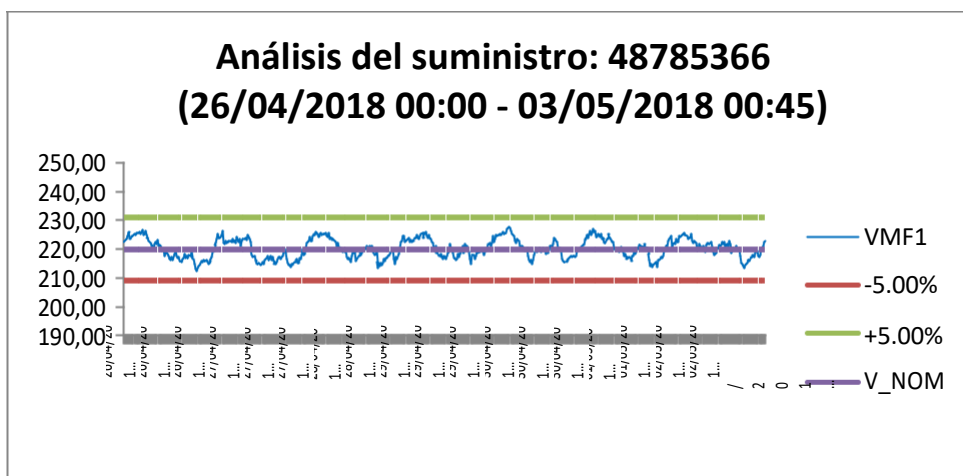


Figura 29. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 15 Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

En la tabla 41, podemos apreciar el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos de un total de 765 registrados por el equipo de medición, verificándose que todos los intervalos analizados no superan los rangos de tensión permitidos que según la NTCSE, es de hasta $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos, apreciándose también que la variación de los valores extremos se encuentra entre el 3.30% y el -3.58% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema.

Tabla 41

Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 15

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	765	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	30/04/2018 04:45:00	Valor máximo	227.50
BQ	672	26/04/2018 19:00:00	Valor mínimo	212.40
MQ	0		Promedio	220.20
Tolerancia NTCSE			Max $\Delta\%$	3.30
$V_N < \pm 5.0\%$			Min $\Delta\%$	-3.58

Nota. Los valores registrados no superan las tolerancias permitidas por la NTCSE.

En consecuencia al no haber intervalos de medición que se encuentran transgrediendo el $\pm 5\%$ estipulado por la NTCSE, se puede diagnosticar que el suministro presenta buena calidad de tensión.

Punto de medición N° 16, Suministro: 49574526, Titular: Pulido Cueva Marleny
Dirección: Mz. P 27A Urb. El Acero.

La figura 30, nos muestra el perfil de la tensión verificándose que hay registros de la medición que se encuentran transgrediendo las tolerancias permitidas por la NTCSE.

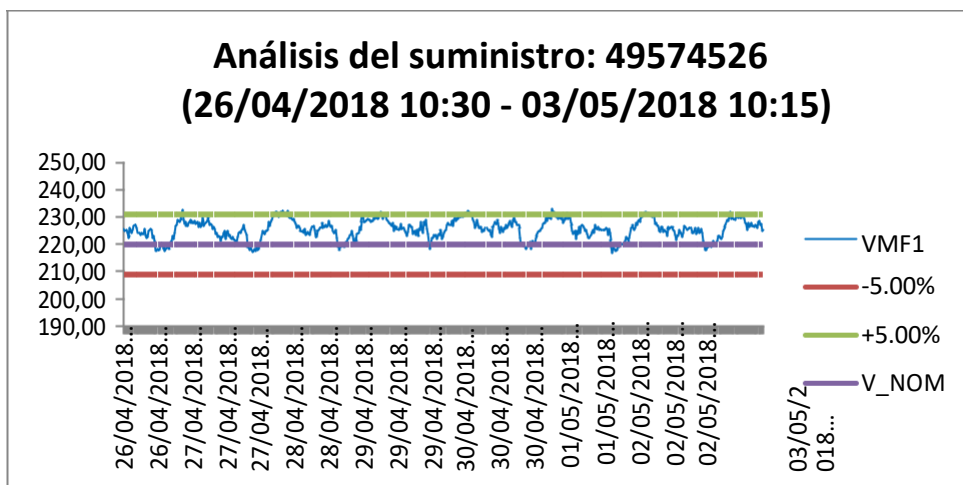


Figura 30. Perfil de la tensión en el punto de medición N° 16
Fuente: Elaboración propia mediante software Circava.

La tabla 42, nos muestra el resultado el análisis de los primeros 672 intervalos validos de un total de 791 registrados por el equipo de medición, donde 36 intervalos superan las tolerancias por sobretensión, los que equivalen al 5.36% del periodo de medición que se encuentran transgrediendo los rangos permitidos, que según la NTCSE, es de hasta 5% del periodo de medición, es decir hay intervalos de medición que se encuentran superando la tensión que debería estar comprendida entre 231V como máximo y 209V como mínimo, transgrediendo de esta manera las tolerancias permitidas por la NTCSE.

En consecuencia al haber variaciones de tensión, cuyos valores extremos oscilan entre 5.62% y el -1.43% con respecto a la tensión nominal de 220 V del sistema, en donde además el 5.36% del total de intervalos analizados se encuentran transgrediendo las tolerancias permitidas, podemos diagnosticar que el suministro presenta mala calidad de tensión.

Tabla 42
Evaluación de la tensión en el punto de medición N° 16

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados	791	Fecha/hora	Descripción	Tensión
Evaluados	672	01/05/2018 02:45:00	Valor máximo	233.10
BQ	636	01/05/2018 18:45:00	Valor mínimo	216.90
MQ	36		Promedio	225.57
Tolerancia NTCSE			Max $\Delta\%$	5.62
	$V_N < \pm 5.0\%$		Min $\Delta\%$	-1.43

Nota. Algunos registros de la tensión superan el +5% (231V) estipulado por la NTCSE, superando también el 5% del periodo de medición con intervalos de mala calidad (MQ).

La tabla 43, nos muestra el resumen del análisis de las mediciones efectuadas en el circuito "C" de la SED-CH0011, donde se puede apreciar que hay dos puntos de medición con mala calidad que son P14 y P16 con una variación de hasta 5.62% por sobretensión, sobrepasando los límites del $\pm 5\%$ permitidos por la NTCSE. Por lo que se concluye que el circuito "C" tiene mala calidad de tensión en consecuencia la SED-CH0011 tiene mala calidad de tensión. La figura 31 nos muestra la tendencia de las variaciones de las tensiones en el circuito C.

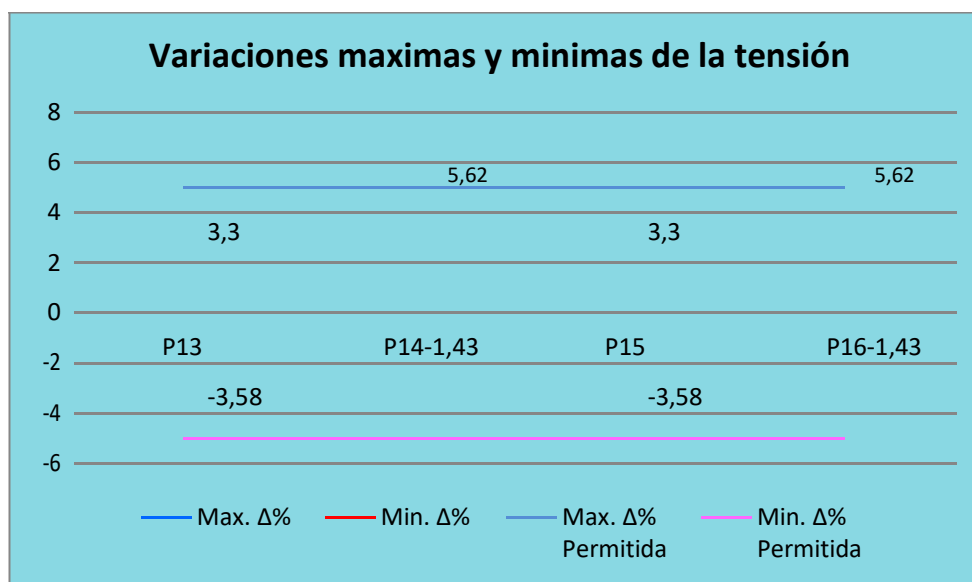
Tabla 43

Resumen de las mediciones efectuadas en el circuito C.

Intervalos	Puntos de medición del circuito C			
	P13	P14	P15	P16
Registrados	771	727	765	791
Evalutados	672	672	672	672
Buena calidad	672	636	672	636
Mala calidad	0	36	0	36
Valor Max (V)	227.50	233.10	227.50	233.10
Valor Min. (V)	212.40	216.90	212.40	216.10
Promedio (V)	220.20	225.57	220.20	225.57
Max. Δ%	3.30	5.62	3.30	5.62
Min. Δ%	-3.58	-1.43	-3.58	-1.43
Diagnostico	BQ	MQ	BQ	MQ

Nota: El circuito C tiene dos puntos de medición con mala calidad, por lo tanto la CH0011 es considerada con mala calidad de tensión. Dónde: BQ= Buena calidad, MQ=Mala calidad.

La figura 31, nos muestra la tendencia de las variaciones de la tensión en el circuito C.



*Figura . Variaciones máximas y mínimas de las tensiones en el circuito C.
Fuente: Elaboración propia.*

La figura 32, nos muestra el comportamiento de la calidad en los cuatro puntos de medición del circuito C.

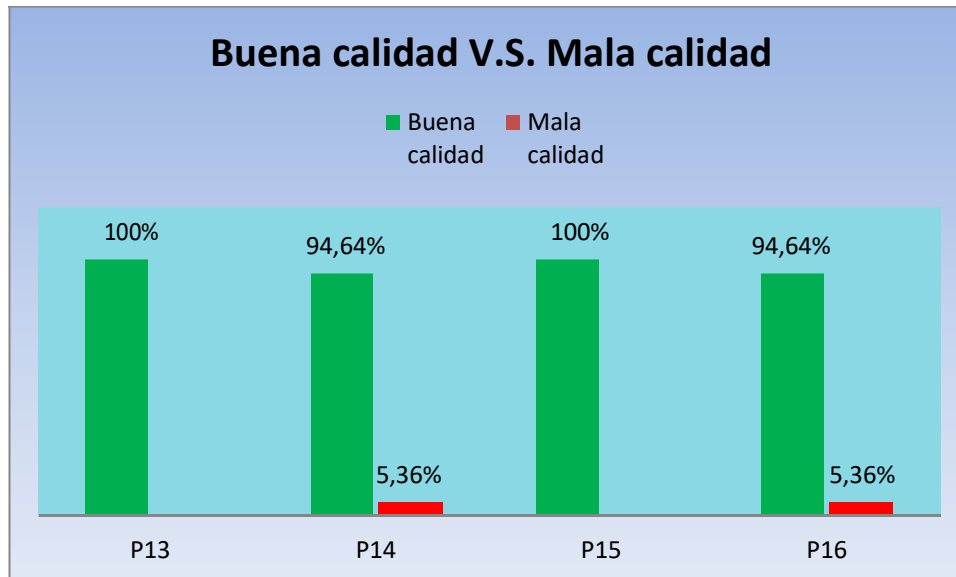


Figura 31. Comportamiento de la calidad de la tensión
Fuente: Elaboración propia

Análisis de la frecuencia

Por las características de este fenómeno es suficiente con un solo punto de medición en el cual se registre permanentemente la frecuencia del sistema, en este caso se tomó del punto de medición N° 17, cuya ubicación se encuentra en el tablero de distribución de la SED-CH0011 que tiene como código de suministro E340274. Para calcular el porcentaje de error se utilizara la ecuación (2), que nos ayudara a determinar si las mediciones se encuentran dentro de las tolerancias permitidas por la NTCSE.

La figura 27, nos muestra el perfil de la frecuencia obtenida en un periodo de medición de 7 días continuos con intervalos de 15 minutos, podemos apreciar también que ningún registro de la medición transgrede las tolerancias permitidos por la NTCSE en su título quinto, numeral 5.2.3.

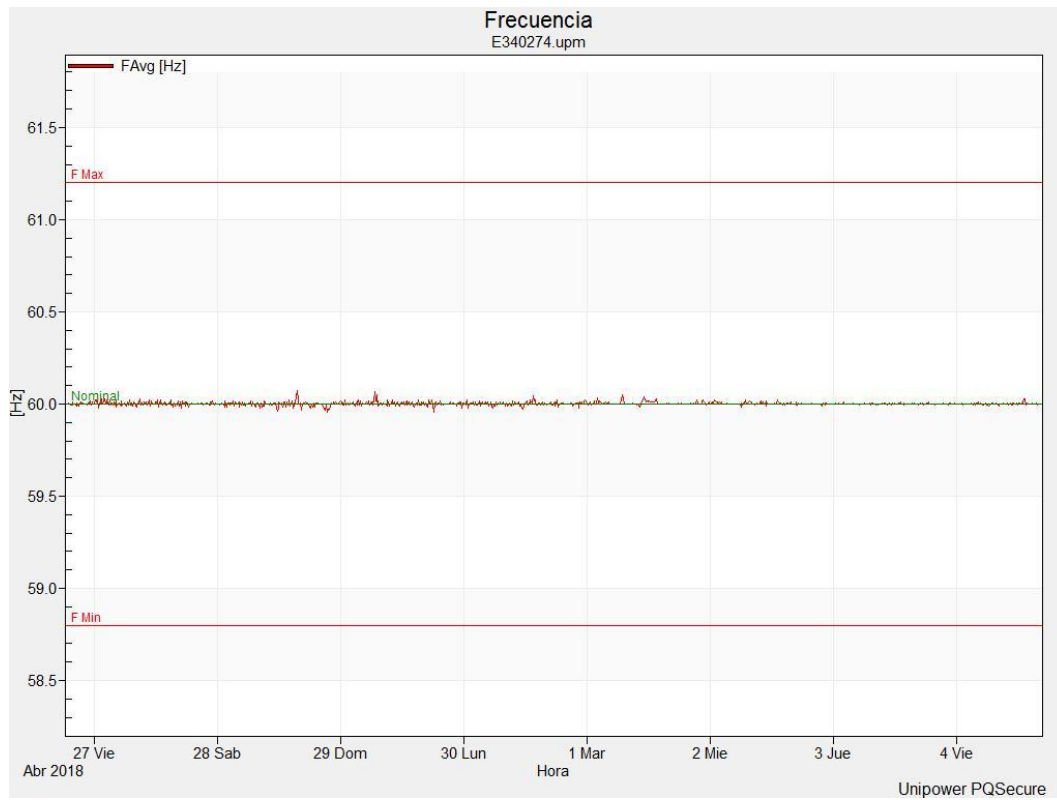


Figura 32. Perfil de la frecuencia en el punto de medición N° 17 Fuente: Elaboración propia mediante software

La tabla 44, nos muestra el resultado del análisis de los 672 primeros intervalos válidos, los cuales no superan las tolerancias permitidas; que según la NTCSE, las tolerancias admitidas para las variaciones sostenidas no deberían superar el rango de $\pm 0.6\%$ y las variaciones súbitas hasta ± 1.0 Hz.

Podemos apreciar también que las variaciones de sus valores extremos se encuentran entre 0.13% y -0.07% con respecto a la frecuencia nominal de 60 Hz. En consecuencia al no haber intervalos que superan $\pm 0.6\%$ ni tampoco de ± 1 Hz. se puede diagnosticar que no existen variaciones súbitas ni variaciones sostenidas por lo tanto el suministro es de buena calidad en la frecuencia.

Tabla 44
Evaluación de la frecuencia

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis
Registrados		Fecha/hora	Descripción	Frecuencia
Evaluados	672	28/04/2018 13:45	Valor máximo	60.08
BQ	672	28/04/2018 21:45	Valor mínimo	59.96
MQ	0		Promedio	60.02
Tolerancia NTCSE			Max $\Delta\%$	0.13
$\Delta f = \pm 0.6\%$	$VSF = \pm 1 \text{ Hz}$		Min $\Delta\%$	-0.07

Nota. Los valores registrados no superan las tolerancias permitidas por la NTCSE. BQ = Buena calidad, MQ = Mala calidad.

Análisis de las perturbaciones

En la actualidad el Osinergmin no aplica sanciones ni compensaciones si es que se incurriera en mala calidad de perturbaciones tanto para el índice de severidad por flicker (Pst) como también para la distorsión total de las armónicas (THD) ya que se tiene evidencias de que algunos indicadores no reflejan los estándares establecidos en la normativa.

Para el análisis de las perturbaciones se han considerado el registro de los 1008 primeros intervalos validos en un periodo no menor de 7 días continuos con intervalos de 10 minutos, comparándolas con las tolerancias establecidas por la NTCSE en su título quinto, numeral 5.3.3 párrafos a y b, para tal efecto se instaló un analizador de redes trifásico, marca: Unipower, modelo: Unilyzer 902, en el punto de medición N° 17 cuya ubicación se encuentra en el tablero de distribución de la SED – CH0011.

Análisis de flicker. Para efectos de la evaluación de la calidad de la energía, en cuanto al flicker, la NTCSE considera el índice de severidad por flicker de corta duración (Pst) el cual no debe superar la unidad ($Pst \leq 1$) en muy alta, media ni baja tensión. Se considera el límite $Pst = 1$ como el umbral de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada sin molestia por una muestra específica de población.

La figura 33, nos muestra el perfil de los flicker de cada una de las fases verificándose que una gran parte de los intervalos de medición se encuentran transgrediendo los valores permitidos por la NTCSE.

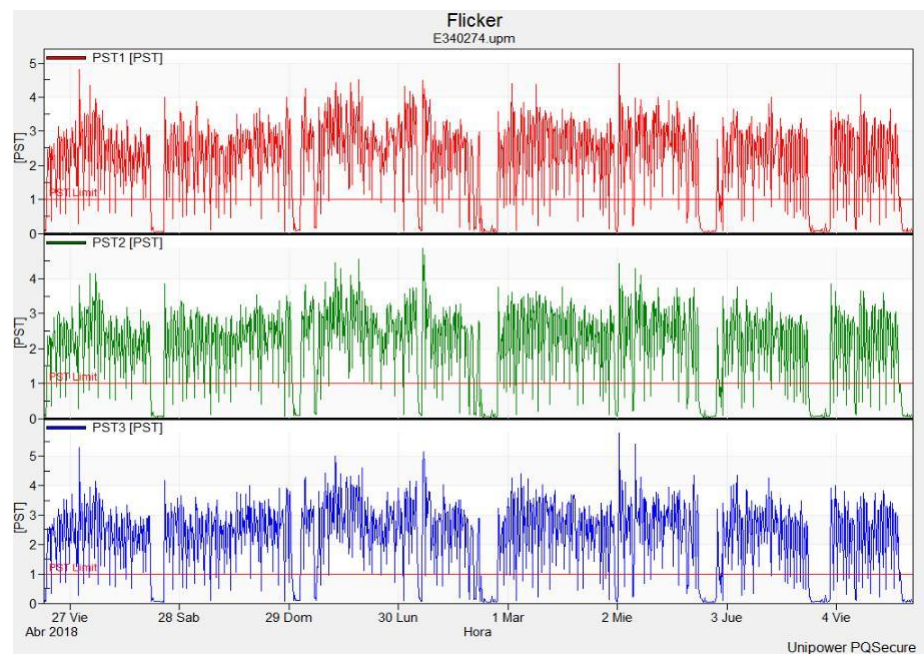


Figura 33. Perfil del flicker por fase en el punto de medición N° 17 *Fuente:* Elaboración propia mediante software

La tabla 45 nos muestra el resultado del análisis de los primeros 1008 intervalos válidos registrados, donde 815 intervalos superan las tolerancias permitidas, los que equivalen al 80.85% del periodo de medición que se encuentran transgrediendo los rangos permitidos por la NTCSE.

Claramente podemos observar en el cuadro que los valores máximos que presentan Pst₁, Pst₂ y Pst₃, se encuentran por encima de los rangos permitidos por el índice de severidad por flicker de corta duración, en consecuencia como hay 815 intervalos superando el Pst ≤ 1 , podemos diagnosticar que el servicio presenta mala calidad en las perturbaciones respecto al flicker.

Tabla 45
Evaluación del flicker

Intervalos		Medidas de tendencia		Análisis flicker		
Registrados	1142	Fecha/hora	Descripción	Pst1	Pst2	Pst3
Evaluados	1008	02/05/18 00:20	Valor máx.	4.99	4.89	5.80
Prom. BQ	193	30/04/18 18:30	Valor mín.	0.04	0.03	0.03
Prom. MQ	815	Promedio		2.52	2.46	2.92

Nota: Las perturbaciones respecto al flicker superan las tolerancias permitidas, en 815 intervalos de mala calidad, superando el 5% del total del periodo de medición. Donde: Prom. BQ = Promedio de buena calidad, Prom. MQ = Promedio de mala calidad.

Análisis de armónicos. Para efectos de poder evaluar la calidad de la energía con respecto a los armónicos, la NTCSE, considera al factor de distorsión total por armónicas (THD) de mala calidad, si se encuentran fuera del rango de tolerancias establecidas por un tiempo superior al 5% del periodo de medición.

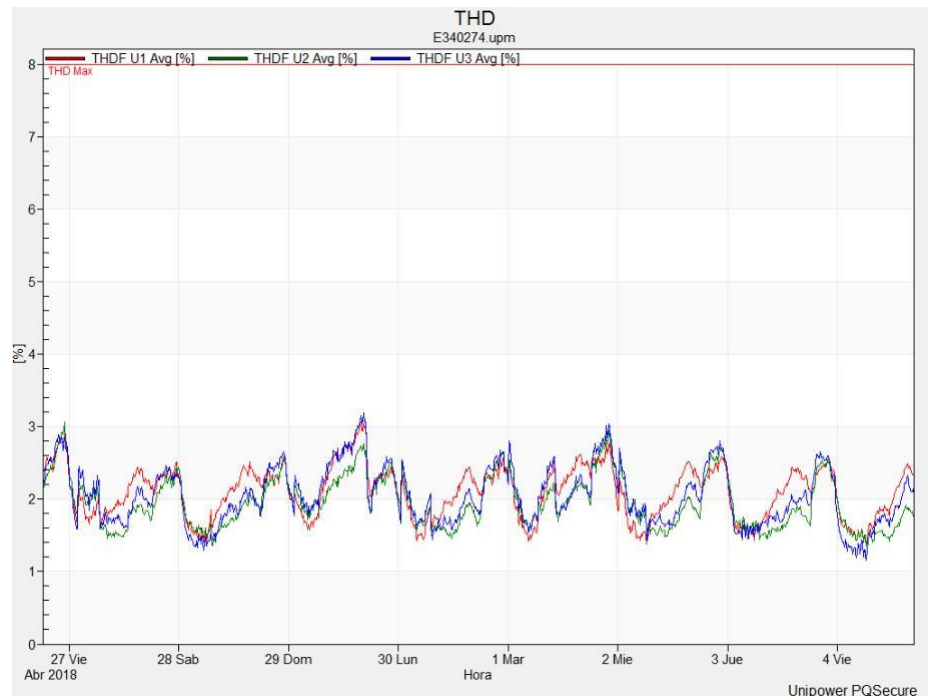


Figura 34. Perfil de la distorsión total armónica (THD)

Fuente: Elaboración propia mediante software

La figura 34, nos muestra el perfil de los armónicos de las tres fases verificándose que ningún intervalo de medición de las tres armónicas se encuentran transgrediendo

La tabla 46, muestra los valores máximos y mínimos obtenidos de la THD de tensión, de cada uno de las fases de la SED – CH0011, y que además se encuentran dentro de los rangos permitidos ya que ninguna de las fases supera el 5% del periodo de medición con intervalos de mala calidad, establecido por la NTCSE.

Finalmente podemos diagnosticar que el servicio se encuentra con buena calidad en las perturbaciones con respecto a los armónicos.

Tabla 46
Evaluación de la distorsión armónica total

Intervalos		Medidas de tolerancia	Análisis THD (%)		
Registrados	1142	Descripcion	THD₁	THD₂	THD₃
Evaluados	1008	Valor maximo	3.65	3.07	3.20
Tolerancia NTCSE		Valor minimo	1.38	1.36	1.16
$\leq 5\%$		Promedio	2.52	2.21	2.18

Nota: La tabla nos muestra que los valores obtenidos en cada fase se encuentran dentro de lo establecido en la normativa. THD₁ = Distorsión armónica total en la fase 1, THD₂ = Distorsión armónica total en la fase 2, THD₃ = Distorsión armónica total en la fase 3.

Discusión:

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis del presente trabajo de investigación que establece que la calidad de energía eléctrica en baja tensión de la SED-CH0011 Urb. El Acero, Chimbote 2018, es mala.

Estos resultados no guardan relación con lo que sostiene Secovi (2006), Saucedo D. y Taxis, J. (2008), Machaca J. y Coila A. (2017), Holguin M. y Gomezcoello D. (2010) y Carrera Sanchez E. y Ordoñez Sanclemente F. (2011), quienes concluyen que sus mediciones tiene comportamientos diferentes que algunos parámetros transgreden la normativa vigente pero en terminos generales se encuentran dentro de las normativas vigentes.

En lo que respecta a la calidad de la tensión no se guarda relación con lo que sostiene Secovi (2006), quien determina que la tensión se encuentra dentro de las tolerancias permitidas según IEEE 1000-01999, con variaciones de 4.50% y -2.65%, pero en nuestro caso se determino que la calidad de la tensión es mala transgrediendo las tolerancias con variaciones de 5.62% y -15%; tampoco se guarda relación con Machaca J. y Coila A. (2017), quienes tambien determinan que la tensión se encuentra dentro de

las tolerancias permitidas en la NTCSE, teniendo variaciones de 0.16% y 1.55%; del mismo modo tampoco hay relación con lo que sostienen Holguin M. y Gomezcoello D. (2010), quienes determinan que la tensión es de buena calidad según NTC(Norma Técnica Colombiana) 1340, encontrándose dentro del 5% permitido; con Carrera Sanchez E. y Ordoñez Sanclemente F. (2011), tampoco hay relación porque determinan que la tensión se encuentra dentro de las tolerancias permitidas por la normativa EN 50160, encontrándose dentro del 5%.

Con respecto a la calidad de la frecuencia estos resultados si guardan relación con lo que sostiene Machaca J. y Coila A. (2017), Holguin M. y Gomezcoello D. (2010), Carrera Sanchez E. y Ordoñez Sanclemente F. (2011), quienes coincidieron que la frecuencia se encuentra dentro de las tolerancias permitidas y por lo tanto de buena calidad, en nuestro caso la frecuencia también fue de buena calidad.

En lo que respecta a la calidad de las perturbaciones no hay relación con lo que sostiene Secovi (2006) que obtiene un THD promedio de 1.26% analizado con la normativa IEEE 1100 – 1999 determinándose que es de buena calidad, pero no analiza el Pst, para nuestro caso se obtuvo un valor promedio del THD de 2.52% siendo esto de buena calidad pero el Pst obtuvo un valor promedio de 2.92 siendo muy superior a 1 (uno) que es la tolerancia máxima permitida por la NTCSE y por lo tanto de mala calidad. Tampoco hay relación con lo que sostiene Machaca J y Coila A. (2017) que obtiene variaciones del THD entre 2.17 % y 2.49%, obteniéndose también variaciones del Pst entre 0.25 y 0.46 ambas perturbaciones de buena calidad según la NTCSE, para nuestro caso los valores obtenidos fueron de 2.52% y 3.65% para el THD por lo tanto de buena calidad y de 0.03 a 4.99 para el Pst por lo tanto de mala calidad.

Para efectos de comparación, la NTCSE emitida por el Ministerio de Energía y Minas, la Base Metodológica para la aplicación de la NTCSE y el Procedimiento para la Supervisión de la NTCSE, emitidas por el Osinergmin y el trabajo de investigación denominado Calidad de la Energía Eléctrica desarrollado por la UPME y COLCIENCIAS, nos han servido para reforzar los principios conceptuales y poder

regirnos en la cantidad, condiciones, procedimientos, tiempos y monitoreos, en que se deben realizar las mediciones siguiendo de esta manera lo estipulado por las normativas.

De acuerdo al objetivo general de este trabajo de investigación que es el de determinar la calidad de la energía eléctrica en baja tensión SED-CH0011 Urb. El Acero, Chimbote 2018, se ha tenido que investigar el comportamiento de los parámetros de tensión, frecuencia y perturbaciones, mediante la instalación de equipos de medición y el monitoreo de los mismos para poder obtener muestras que mediante el análisis nos permitieron determinar la calidad de la energía en la SED en estudio.

El metodo empleado es aceptable ya que nos ha permitido obtener resultados con alto grado de confiabilidad, debido a que dicho estudio se realizó de acuerdo a lo exigido por la NTCSE, inclusive con más puntos de medición, ya que la norma técnica solo contempla un punto de medición para determinar la buena o mala calidad de la energía en una SED, pero el estudio se realizó con 16 puntos de medición para la tensión y un punto de medición para la frecuencia y perturbaciones. Cabe mencionar que para la obtención de las muestras se encontraron inconvenientes como: la incomodidad de los usuarios para permitirnos el acceso a sus viviendas tanto en la instalación, monitoreo y retiro de los equipos de medición, problema que se solucionó con un poco de paciencia y un trato amable con los clientes; encontrándose también en dichos monitoreos cortes de energía que generaban intervalos de medición no válidos para el análisis obligándonos a dejar por más tiempo los equipos de medición para poder completar los intervalos de medición.

Los resultados encontrados en esta investigación, en este contexto con esta población y muestra, no se podrían generalizar o aplicar en otro contexto con otra población y muestra, porque las condiciones físicas y técnicas de las redes eléctricas, así también el factor climático, económico y social de la población, van a diferir ocasionando que nos encontremos en realidades totalmente distintas.

V. Conclusiones

A manera de colofon podemos expresar que los objetivos propuestos en la elaboración y desarrollo de la presente tesis se han cumplido en su totalidad.

1. Se concluye que la SED-CH0011, suministra mala calidad de energía en los puntos de entrega de los suministros conectados a ella, en los parámetros eléctricos de tensión y perturbaciones con respecto a los flicker.
2. Para los niveles de tensión la subestación presenta variaciones en el orden de 190.3V hasta 233.1V equivalentes a -15.60% hasta 5.62%, los cuales superan las tolerancias de $\pm 5\%$ permitidas por la NTCSE, esto debido al mal estado en que se encuentran las redes de distribución de baja tensión y por el desbalance de las fases al distribuir cargas. En las tablas que se muestran en el capítulo de resultados nos permiten concluir que la SED-CH0011 presenta mala calidad de la energía con respecto al parámetro eléctrico de la tensión.
3. Con respecto a los valores de la frecuencia, podemos apreciar en la tabla 44, que presenta una variación del orden de 59.96 Hz hasta 60.08 Hz, valores que no superan el $\pm 0.6\%$ ni tampoco de ± 1 Hz, que es la tolerancia permitida por la NTCSE, por lo tanto podemos concluir que la SED-CH0011 presenta buena calidad de la energía con respecto al parámetro eléctrico de la frecuencia.
4. Para el estudio de las perturbaciones se consideraron dos parámetros por separado que son los flicker y los armónicos de las mediciones obtenidas para los flicker, específicamente para el índice de severidad por flicker de corta duración, concluimos que sus valores se encuentran fuera de las tolerancias permitidas por la NTCSE, ya que superan ampliamente el límite $P_{st} = 1$, como podemos apreciar en la tabla 45, 815 intervalos (el 80.85%) del período de medición son intervalos de mala calidad, en consecuencia la SED-CH0011 suministra mala calidad de energía en perturbaciones con respecto al flicker.

5. Para el estudio de los armónicos se ha considerado la THD de tensión determinándose que los valores obtenidos se encuentran dentro de las tolerancias permitidas, observándose en la tabla 46, un valor máximo de 3.65% que está por debajo del 5% determinado por la NTCSE, concluyéndose que la SED-CH0011 presenta buena calidad de la energía en perturbación respecto al parámetro de las armónicas.

VI. Recomendaciones

Considerando la importancia que tiene esta investigación y en función de los resultados obtenidos, su solución implica verificar que todos los componentes del sistema eléctrico se encuentren operando así también dimensionados en forma correcta, razón por la cual se formulan algunas recomendaciones:

1. Es necesario la remodelación de las redes de baja tensión de la SED-CH0011, ya que el escaso mantenimiento, la agresividad del clima y los malos trabajos en las reparaciones han contribuido a su deterioro.
2. Se recomienda verificar periódicamente el balanceo de cargas, para obtener los valores de las tensiones muy aproximadas entre ellas.
3. Es indispensable uniformizar el uso de cables de acometida de aluminio o en su defecto el uso de conectores bimetálicos para evitar el efecto galvánico, que ocasionan el deterioro de las redes de baja tensión.
4. Supervisar los trabajos por reparaciones, cortes y reconexiones, para que sean efectuados de manera correcta.

VII. Agradecimiento

Primeramente agradecer a Dios por permitirme vivir este momento y por darme la fortaleza física y espiritual para culminar este gran objetivo, a mis profesores y asesores que supieron guiarme a través de sus conocimientos y consejos para poder culminar de manera exitosa este trabajo de investigación y que también sirvieron para afianzarme y crecer profesionalmente.

A mi esposa Yrma y a mis hijas Greysi y Ariana, por su cariño, paciencia y comprensión, por ser mis grandes amores, mi fuente de inspiración y motivación para superarme cada día para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mis padres, especialmente a mi madre que a pesar que Dios la tiene en su gloria le agradezco todo el cariño, amor, abnegación y el haberme enseñado a través de sus sabios consejos a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar. Agradecer también a mis hermanos, mis suegros, amigos y compañeros de trabajo que se dignaron en acompañarme durante esta etapa de mi vida, por la confianza que me brindaron y por su invaluable apoyo para poder culminar este trabajo de investigación.

VIII. Referencias bibliográficas

- Carrera Sanchez E. & Ordoñez Sanclemente F. (2011). *Análisis de la Calidad de la Energía en Tagsa*. Guayaquil, Ecuador: (tesis de pregrado), Universidad Politécnica Salesiana.
- D, H. M. (2010). *Análisis de la Calidad de la Energía Eléctrica en el "Nuevo Campus" de la Universidad Politécnica Salesiana*. Guayaquil, Ecuador: (tesis de pregrado), Universidad Politécnica Salesiana.
- D.S.020-97-EM. (1997). *"Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos"*. Lima, Perú.
- Enríquez Harper G. (2001). *El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica*. Mexico: Limusa.
- Machaca Vilca J. & Coila Delgado A. (2017). *Estudio y Análisis Experimental de la Calidad de Suministro Eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano*. Puno, Peru: (tesis de pregrado) Universidad Nacional del Altiplano.
- Osinermin. (2008). *Base Metodológica para la Aplicación de la Norma Técnica de la Calidad de los Servicios Eléctricos*. Lima, Peru.
- Osinermin. (2008). *Procedimiento para la Supervisión de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos y su Base Metodológica*. Lima, Peru.
- Sanchez Cortés M. (2009). *Calidad de la Energía Eléctrica*. Puebla, Mexico.
- Saucedo Martinez D. & Taxis Villagran J. (2008). *Factores que afectan la Calidad de la Energía y su Solución*. Mexico, D.F: (tesis de pregrado), Instituto Politécnico Nacional.
- Secovi. (2006). *Estudio de la calidad de Energía*. Monterrey, Mexico.
- Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia y el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología. (s.f.). *"Calidad de la Energía Eléctrica"*. Colombia: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/calidad.pdf>.

IX. Anexos y apéndice

Anexo 1
Carta a Hidrandina S.A. Solicitando autorización para el uso de la información.

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Chimbote, 15 de mayo del 2019

Señor.

Ing. Cesar Marcelo Cashpa

Jefe de Unidad de la Unidad de Negocios Chimbote.

Hidrandina S.A.

Presente.-




Asunto: Solicita autorización del uso de la información para elaboración de tesis.

Me dirijo a usted para hacerle llegar mi cordial saludo y al mismo tiempo hacer de su conocimiento que con la finalidad de elaborar la tesis titulada "Determinar la calidad de energía eléctrica en baja tensión SED-CH0011 Urb. El Acero, Chimbote 2018", tesis que será presentada y sustentada en la Universidad San Pedro, solicitarle la autorización para el uso de la información de las mediciones de monitoreo y análisis de las mismas, efectuadas en la mencionada SED durante el periodo de abril del 2018, en el área de Mediciones de Calidad.

Agradeciendo su buena acogida y pronta respuesta, le saluda

Atentamente.


Luis Alberto Zavaleta Romero

DNI: 32907274

Anexo 2

Carta respuesta de Hidrandina autorizando en uso de la información.

**Hidrandina**

Chimbote, 21 MAYO 2019

CH - 1394 - 2019

Señor:

Zavaleta Romero Luis Alberto

Jr. Junín N° 100 – 2 de Mayo

Presente.-

Asunto : **Autorización del uso de la información para elaboración de tesis.**Ref. : **Carta s/n, Reg. 761 del 16/05/2019**


De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y a la vez, dar respuesta al documento de la referencia, en la cual nos solicita la autorización para el uso de la información de las mediciones de monitoreo y análisis de las mismas, efectuadas en la SED – CH0011 durante el periodo de Abril del 2018, ubicada en la Urb. El Acero, distrito de Chimbote, provincia del Santa, departamento de Ancash, para ser usadas en la elaboración y sustentación de la tesis "Determinar la calidad de la energía eléctrica en baja tensión SED-CH0011 Urb. El Acero, Chimbote 2018".

Al respecto, le manifiesto que en coordinación con la Jefatura Técnica, se ha dispuesto que se le proporcione la información requerida y la autorización para el uso de dicha información para los fines solicitados.

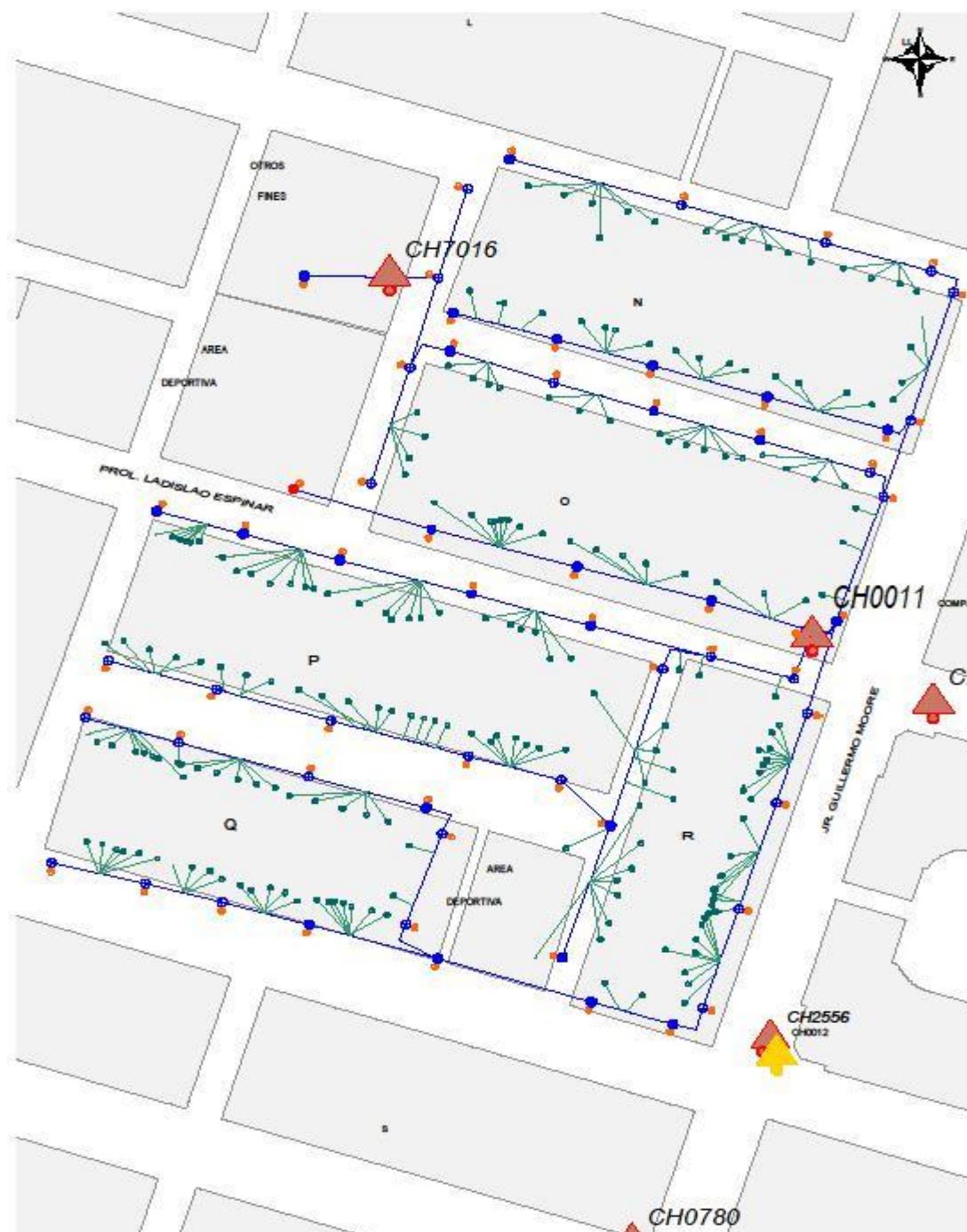
Sin otro particular me despido de usted, reiterándole las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

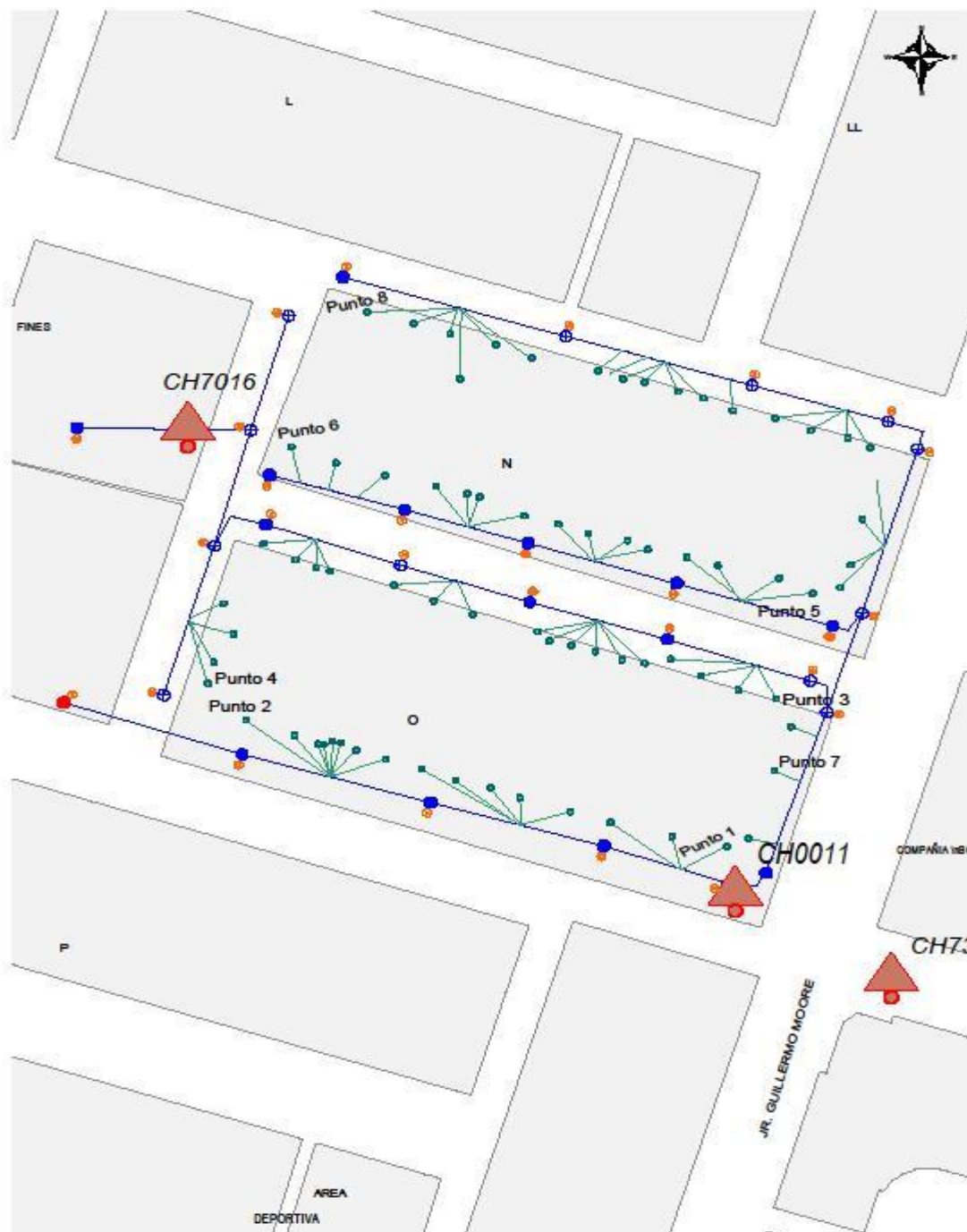

Ing. César Marcelo Cashpa
Jefe de Unidad de Negocio (e)
Chimbote



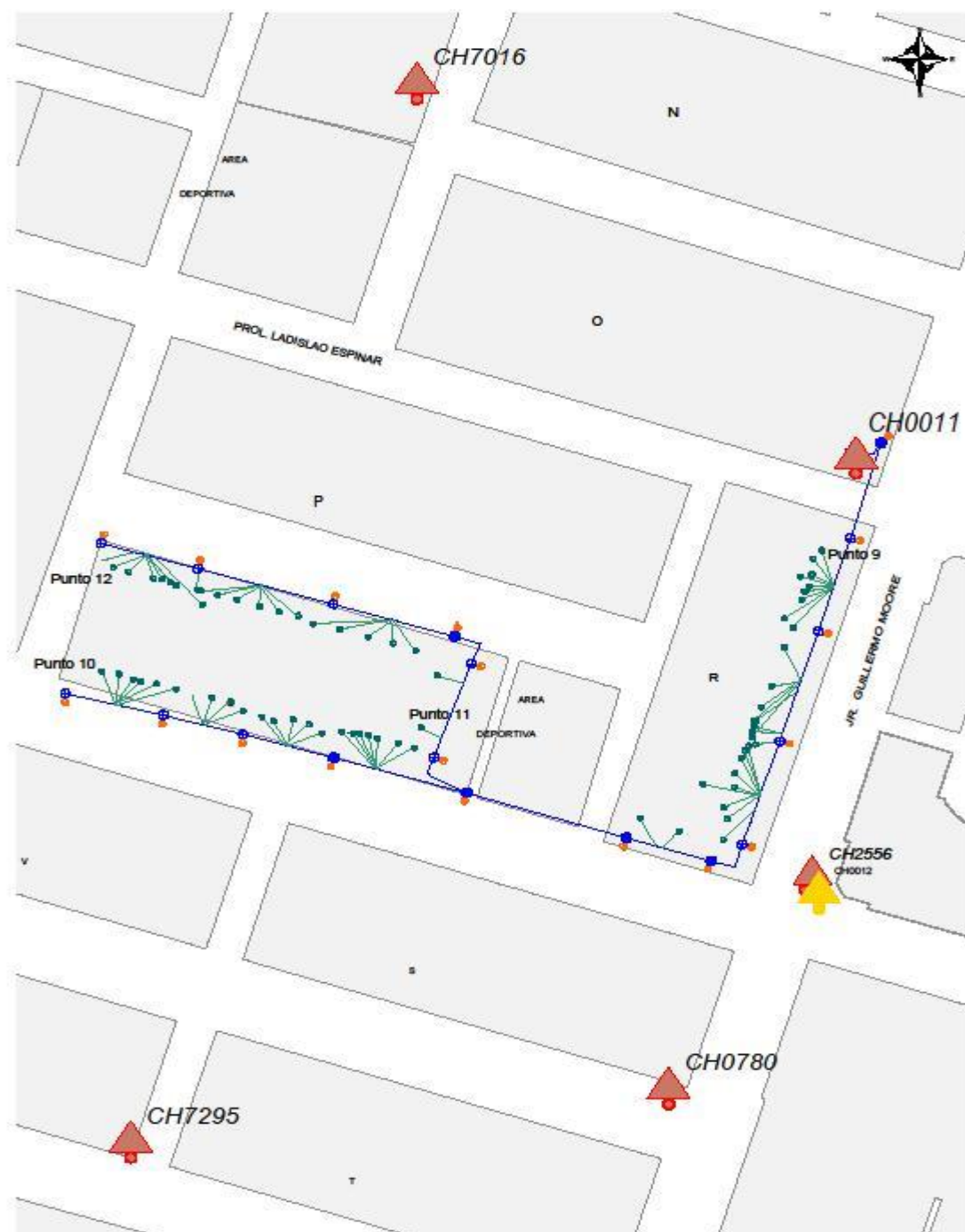
Anexo 3
SED-CH0011 con sus tres circuitos.



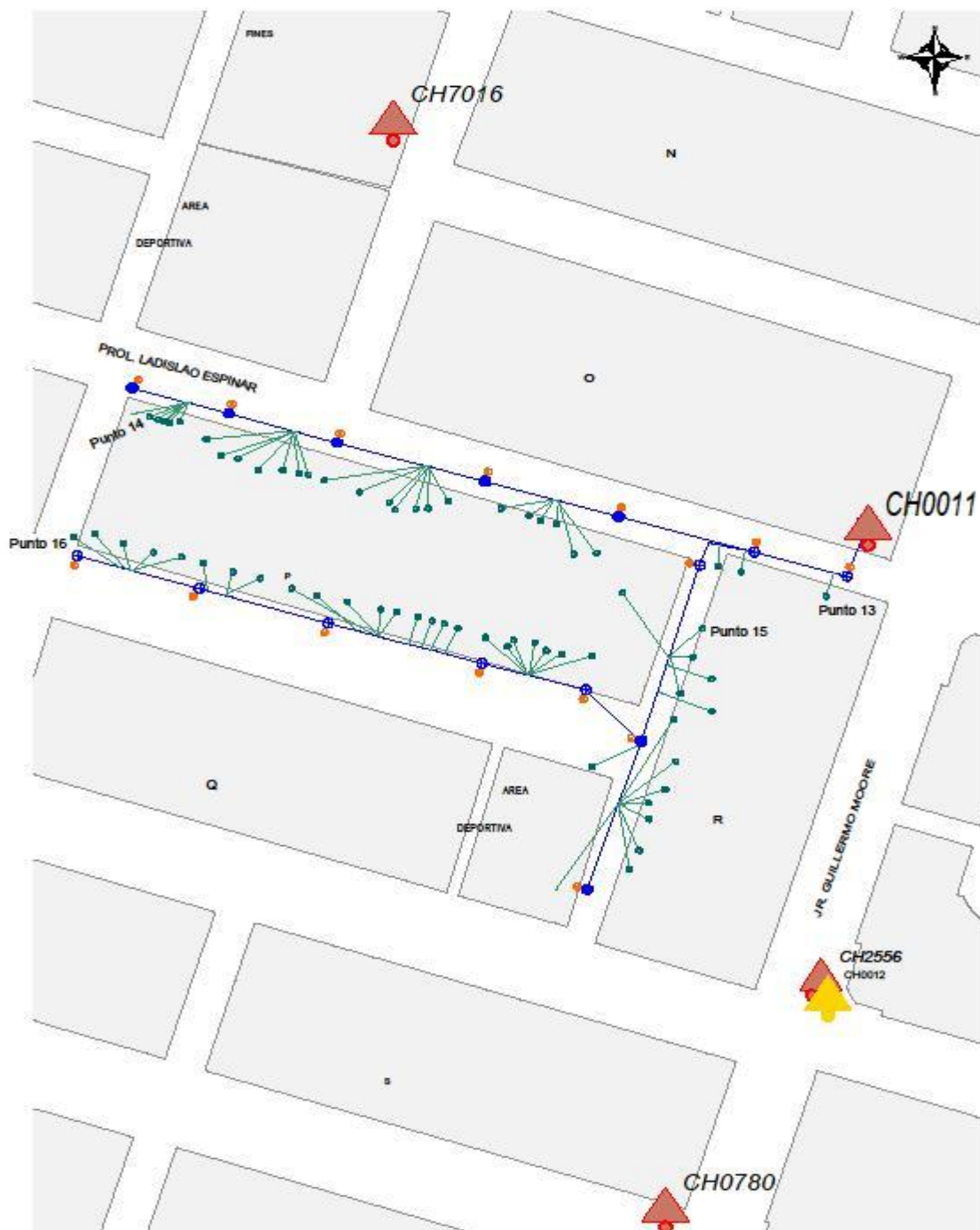
Anexo 4
SED-CH0011 circuito "A" con los puntos donde se efectuaron las mediciones.



Anexo 5
SED-CH0011 circuito "B" con los puntos donde se efectuaron las mediciones.



Anexo 6
SED-CH0011 circuito "C" con los puntos donde se efectuaron las mediciones.



Anexo 7
Tomas fotográficas de la instalación del analizador de redes.



Programando Analizador de redes



Aperturando el tablero de distribución SED-CH0011



Instalando el analizador de redes



Analizador de redes instalado en el tablero de distribución SED-CH0011

Anexo 8
Tomas fotográficas de la instalación de los registradores de tensión monofásicos.



Registrador de tensión instalado en la llave térmica del cliente



Registrador de tensión instalado en la llave térmica del cliente



Registrador de tensión instalado en un tomacorriente del cliente



Registrador de tensión instalado en un tomacorriente del cliente



Registrador de tensión instalado en la llave térmica del cliente



Registrador de tensión instalado en la llave térmica del cliente



Registrador de tensión instalado en la llave térmica del cliente



Registrador de tensión instalado en la llave térmica del cliente

Apéndice 1
Certificados de calibración de los 16 equipos registradores de tensión.



17EEA-055-001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-001

Fecha : 04.04.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300444002
Vigencia : Desde el 04.04.17 al 04.04.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
 Marca : OMICRON
 Modelo : CMC353
 N° de serie : FC732Y
 Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-001

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-001-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.



2 de 3



17EEA-055-001

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-001-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	200.1	0.05
210	210.0	0.00
215	215.0	0.00
220	220.0	0.00
230	230.1	0.04
240	240.1	0.04

3 de 3



17EEA-055-002

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-002

Fecha : 04.04.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300444007
Vigencia : Desde el 04.04.17 al 04.04.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca : OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-002

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-002-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.



2 de 3



17EEA-055-002

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-002-01

1. **Lecturas de la escala de TENSIÓN:**
Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	200.1	0.05
210	210.0	0.00
215	215.0	0.00
220	220.1	0.05
230	230.1	0.04
240	240.1	0.04

3 de 3



17EEA-055-003

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-003

Fecha : 04.04.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300444015
Vigencia : Desde el 04.04.17 al 04.04.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca :OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-003

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-003-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.



2 de 3



17EEA-055-003

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-003-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	200.1	0.05
210	210.1	0.05
215	215.1	0.05
220	220.1	0.05
230	230.1	0.04
240	240.1	0.04

3 de 3



17EEA-055-004

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-004

Fecha : 04.04.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300444019
Vigencia : Desde el 04.04.17 al 04.04.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca : OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-004

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-004-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.



2 de 3



17EEA-055-004

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-004-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.8	-0.10
210	210.1	0.05
215	215.0	0.00
220	220.1	0.05
230	230.1	0.04
240	240.0	0.00

3 de 3



17EEA-055-005

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-005

Fecha : 04.04.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300444020
Vigencia : Desde el 04.04.17 al 04.04.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca : OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-005

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-005-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.



2 de 3



17EEA-055-005

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-005-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.9	-0.05
210	210.1	0.05
215	215.1	0.05
220	220.1	0.05
230	230.1	0.04
240	240.2	0.08

3 de 3



17EEA-055-006

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-006

Fecha : 04.04.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300444065
Vigencia : Desde el 04.04.17 al 04.04.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca :OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-006

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-006-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standard

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.

GESCEL
 Gestión y Sistemas de Calidad Eléctrica S.A.C.
 Ing. Oscar Bustillo Santos
 Eficiencia Energética y Automatización

2 de 3



17EEA-055-006

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-006-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.9	-0.05
210	209.8	-0.10
215	214.8	-0.09
220	220.1	0.05
230	230.1	0.04
240	240.1	0.04

3 de 3



17EEA-055-007

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-007

Fecha : 04.04.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300444069
Vigencia : Desde el 04.04.17 al 04.04.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca : OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-007

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-007-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standard

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.

GESCEL
GESTIÓN Y SISTEMAS DE CALIDAD ELÉCTRICA S.A.C.
Ing. Oscar Bujico Santos
Eficiencia Energética y Automatización

2 de 3



17EEA-055-007

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-007-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.9	-0.05
210	209.8	-0.10
215	214.8	-0.09
220	219.8	-0.09
230	230.1	0.04
240	240.1	0.04

3 de 3



17EEA-055-008

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-008

Fecha : 04.04.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300520068
Vigencia : Desde el 04.04.17 al 04.04.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca : OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-008

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-008-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.

A rectangular stamp with the Gescel logo at the top, followed by a signature and the text "Ing. Oscar Bustico Santos" and "Eficiencia Energética y Automatización".

GESCEL
EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AUTOMATIZACIÓN
Ing. Oscar Bustico Santos
Eficiencia Energética y Automatización

2 de 3



17EEA-055-008

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-008-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.9	-0.05
210	209.8	-0.10
215	215.1	0.05
220	220.1	0.05
230	230.1	0.04
240	240.2	0.08

3 de 3



17EEA-055-009

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-009

Fecha : 24.05.17
 Cliente : HIDRANDINA S.A.
 Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
 Marca : CIRCUTOR
 Modelo : CAVA 251
 N° de Serie : 300405012
 Vigencia : Desde el 24.05.17 al 24.05.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
 Marca : OMICRON
 Modelo : CMC353
 N° de serie : FC732Y
 Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-009

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-009-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.



2 de 3



17EEA-055-009

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-009-01

1. **Lecturas de la escala de TENSIÓN:**

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.9	-0.05
210	209.8	-0.10
215	215.1	0.05
220	220.1	0.05
230	230.2	0.09
240	240.2	0.08

3 de 3



17EEA-055-010

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-010

Fecha : 24.05.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300444046
Vigencia : Desde el 24.05.17 al 24.05.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca : OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-010

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-010-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.



2 de 3



17EEA-055-010

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-010-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.9	-0.05
210	209.9	-0.05
215	215.1	0.05
220	220.2	0.09
230	230.2	0.09
240	240.2	0.08

3 de 3



17EEA-055-011

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-011

Fecha : 24.05.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
 Marca : CIRCUTOR
 Modelo : CAVA 251
 N° de Serie : 300444055
Vigencia : Desde el 24.05.17 al 24.05.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
 Marca : OMICRON
 Modelo : CMC353
 N° de serie : FC732Y
 Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-011

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-011-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.

A rectangular stamp with the Gescel logo at the top, followed by the text "GESCCEL" and "GESTIÓN Y SISTEMAS DE CALIDAD ELÉCTRICA S.A.C.". Below this is a handwritten signature and the printed name "Ing. Oscar Bujico Santos" and "Eficiencia Energética y Automatización".

GESCCEL
GESTIÓN Y SISTEMAS DE CALIDAD ELÉCTRICA S.A.C.
Ing. Oscar Bujico Santos
Eficiencia Energética y Automatización

2 de 3



17EEA-055-011

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-011-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.9	-0.05
210	209.9	-0.05
215	215.1	0.05
220	220.1	0.05
230	230.1	0.04
240	240.2	0.08

3 de 3



17EEA-055-012

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-012

Fecha : 24.05.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300444068
Vigencia : Desde el 24.05.17 al 24.05.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca : OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-012

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-012-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.



2 de 3



17EEA-055-012

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-012-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.9	-0.05
210	209.9	-0.05
215	215.1	0.05
220	220.1	0.05
230	230.2	0.09
240	240.2	0.08

3 de 3



17EEA-055-013

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-013

Fecha : 24.05.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300503001
Vigencia : Desde el 24.05.17 al 24.05.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca :OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-013

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-013-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standard

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.



2 de 3



17EEA-055-013

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-013-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.8	-0.10
210	209.8	-0.10
215	215.2	0.09
220	220.1	0.05
230	230.2	0.09
240	240.2	0.08

3 de 3



17EEA-055-014

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-014

Fecha : 24.05.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300503012
Vigencia : Desde el 24.05.17 al 24.05.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca :OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.

Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**

Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-014

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-014-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standrad

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.



2 de 3



17EEA-055-014

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-014-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.8	-0.10
210	209.8	-0.10
215	215.1	0.05
220	220.1	0.05
230	230.1	0.04
240	240.1	0.04

3 de 3



17EEA-055-015

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-015

Fecha : 24.05.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300503039
Vigencia : Desde el 24.05.17 al 24.05.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
 Marca : OMICRON
 Modelo : CMC353
 N° de serie : FC732Y
 Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-015

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-015-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standard

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.

GESCEL
GESTIÓN Y SISTEMAS DE CALIDAD ELÉCTRICA S.A.C.
Ing. Oscar Bujico Santos
Eficiencia Energética y Automatización

2 de 3



17EEA-055-015

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-015-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.8	-0.10
210	209.9	-0.05
215	215.1	0.05
220	220.1	0.05
230	230.1	0.04
240	240.2	0.08

3 de 3



17EEA-055-016

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-016

Fecha : 24.05.17
Cliente : HIDRANDINA S.A.
Objeto : Calibración de un (01) Registrador Monofásico de redes eléctricas.
Marca : CIRCUTOR
Modelo : CAVA 251
N° de Serie : 300503075
Vigencia : Desde el 24.05.17 al 24.05.19

1. Resumen.

Se recibe el equipo en condiciones operativas. Se procedió con la calibración del equipo. Una vez calibrado se hizo el contraste, cuyos resultados nos muestran que se encuentran dentro del rango de precisión establecidos por el fabricante.

2. Características del equipo a calibrar.

Tensión de alimentación/medida : 230V (+/- 15%).
 Frecuencia : 50...60Hz.
 Consumo : 7VA.
 Clase de precisión en tensión : 0.5% de la lectura.

3. Equipos utilizados para la calibración:

Un (01) instrumento patrón.
Marca : OMICRON
Modelo : CMC353
N° de serie : FC732Y
Clase de precisión : 0.02
 Incluye fuente de tensión y corriente independientes.
 Mayor detalles ver catalogo técnico.
Trazabilidad: Patrones Primarios Standares de **Nationally Recognized Testing Laboratories**
Certificado de calibración: Cert N°: AT08/0046

1 de 3



17EEA-055-016

4. Circuito de prueba.

La fuente de tensión del patrón se conectó en paralelo con la entrada del registrador monofásico (CAVA) simultáneamente.

5. Resultados de la calibración.

Los resultados de la calibración, se encuentran en los cuadros N° 17EEA-055-016-01 que acompañan a éste documento.

6. Observaciones.

Ninguna.

7. Incertidumbre.

La incertidumbre indicada en el resultado de la medida (incertidumbre expandida) se basan en aproximadamente un intervalo de la confianza del 95%, usando el factor de cobertura numérico $k=2$ que se multiplica a la incertidumbre Standard

8. Conclusiones.

Los resultados de la calibración se encuentran dentro de los rangos de precisión establecidos por el fabricante.

A rectangular stamp with the Gescel logo at the top. Below the logo, the text reads 'Ing. Oscar Bustico Santos' and 'Eficiencia Energética y Automatización'. There is a handwritten signature over the text.

GESCEL
Eficiencia Energética y Automatización
Ing. Oscar Bustico Santos
Eficiencia Energética y Automatización

2 de 3



17EEA-055-016

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
N° 17EEA-055-016-01

1. Lecturas de la escala de TENSIÓN:

Frecuencia : 60Hz

Lectura Patrón (Voltios)	Lectura Cava 251	
	(Voltios)	%ERROR
200	199.8	-0.10
210	210.1	0.05
215	215.1	0.05
220	220.1	0.05
230	230.1	0.04
240	240.2	0.08

3 de 3

Apéndice 2
Certificado de calibración del equipo analizador de redes.



Certificado de Calibración

Descripción: Analizador de Redes	Número de Certificado: UNI-0136017
Fabricante: UNIPOWER	Fecha del Certificado: 22/11/2017
Modelo: U902	Fecha de Calibración: 21/11/2017
Número de Serie: 25004008	Fecha de Re-Calibra.: 21/11/2018
Exactitud: 0.1% (Sin pinzas)	Tipo de Datos: Como se dejó
Cliente: Hidrandina	Temperatura: 23.9°C ± 1°C
Ciudad: Chimbote	Humedad Relativa: 66% ± 5%RH (40% a 80%)

Instrumento de Referencia: FLUKE 5500A	Número de Serie: 7155004
Fecha de Calibración: 10-05-2014	Número de Certificado: 27528

El instrumento ha sido calibrado acorde con el procedimiento de calibración de Unipower. El instrumento de referencia fue calibrado por Fluke Corporation, USA que mantiene la acreditación A2LA para la ISO/IEC 17025 trazable al Instituto Nacional Estándar y Tecnología (NIST).

Los resultados que se presentan abajo como referencia patrón, lectura registro, error e incertidumbre de medición expandida. La incertidumbre de medición expandida esta indicado como la incertidumbre estándar multiplicado por el factor de cobertura $k=2$, para una nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre estándar ha sido determinado acorde con la **Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición de INDECOPI, (2001)**. Lima, Perú.

1. Resultados de Voltajes:

VOLTAJE - FASE R					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (± V)	
1	3	2.9989	-0.0371	0.00987	
2	30	29.9889	-0.0371	0.00142	
3	300	300.0275	0.0092	0.01553	

VOLTAJE - FASE S					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (± V)	
1	3	3.0140	0.4657	0.0061	
2	30	29.9889	-0.0371	0.0014	
3	300	300.0365	0.0122	0.0134	

VOLTAJE - FASE T					
Ensayo	Referencia Patrón (V)	Lectura Registro (V)	Error (%)	Incertidumbre (± V)	
1	3	3.0743	2.4770	0.0061	
2	30	29.9889	-0.0371	0.0014	
3	300	300.0365	0.0122	0.0134	





2. Resultados de Corrientes (Incluido pinzas de Corriente de 1000A, exactitud de las pinzas, $\pm 0.5\%R \pm 0.5A$):

CORRIENTE - FASE R				
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (A)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)
1	16.45	16.4143	-0.2170	1.46305
2	109.50	109.4507	-0.0450	0.67734
3	500.00	499.8773	-0.0245	0.63354

CORRIENTE - FASE S				
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (A)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)
1	16.45	16.4803	0.1842	0.00582
2	109.50	109.5544	0.0497	0.01769
3	500.00	500.3770	0.0754	0.00590

CORRIENTE - FASE T				
Ensayo	Referencia Patrón (A)	Lectura Registro (A)	Error (%)	Incertidumbre ($\pm A$)
1	16.45	16.4049	-0.2743	1.46293
2	109.50	109.4801	-0.0364	0.67708
3	500.00	499.9716	-0.0057	0.62094

Jorge Pool Arancivia
Gerente General