

**Research Article**

# Caracterización de Parámetros Eléctricos Asociados a Pérdidas Técnicas en una Instalación Eléctrica Trifásica de Baja Tensión

## *Characterization of Electrical Parameters Associated with Technical Losses in a Low-Voltage Three-Phase Electrical Installation*



Gualotuña-Vargas, René Darío <sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-4609-1484>

[rgualotuna@tecnologicosucre.edu.ec](mailto:rgualotuna@tecnologicosucre.edu.ec)



Ecuador, Quito, Instituto Superior Universitario Sucre



Campoverde-Novoa, Bryan Antonio <sup>2</sup>

<https://orcid.org/0009-0009-4309-0759>

[c.campoverdebryan@gmail.com](mailto:c.campoverdebryan@gmail.com)



Ecuador, Quito, Instituto Superior Universitario Sucre



Noquez-Legña, Erik Thomas <sup>3</sup>

<https://orcid.org/0009-0006-2699-3911>

[noquezlegnaerik@gmail.com](mailto:noquezlegnaerik@gmail.com)



Ecuador, Quito, Instituto Superior Universitario Sucre

Autor de correspondencia <sup>1</sup>



DOI / URL: <https://doi.org/10.69484/rcz/v5/n3/225>

**Resumen:** Las instalaciones eléctricas trifásicas de baja tensión con cargas monofásicas y electrónicas pueden presentar distribución desigual de corriente, circulación de corriente por el neutro y distorsión armónica, condiciones relacionadas con el incremento de pérdidas resistivas. El objetivo fue caracterizar los parámetros eléctricos asociados a pérdidas técnicas en una instalación trifásica de baja tensión. Se desarrolló un estudio cuantitativo, no experimental, observacional, longitudinal y de alcance descriptivo, mediante registros continuos obtenidos con un analizador Fluke 1775 durante siete días de operación habitual. La fase B presentó la mayor corriente media, con 42,4 A, y potencia activa media, con 4,67 kW, mientras que el neutro registró 21,9 A. La THD media de corriente varió entre 38,2 % y 51,1 %, frente a valores de THD de tensión entre 1,3 % y 1,9 %. Los resultados evidenciaron una distribución no uniforme de carga acompañada de contenido armónico y circulación de corriente por el neutro. Se concluye que estas condiciones están asociadas con mayores pérdidas resistivas, aunque los datos disponibles no permiten cuantificar directamente la energía disipada.

**Palabras clave:** armónicos, corriente, desequilibrio, distorsión, pérdidas.

**Recibido:** 18/Jul/2026

**Aceptado:** 13/Ago/2026

**Publicado:** 30/Sep/2026

**Cita:** Gualotuña-Vargas, R. D., Campoverde-Novoa, B. A., & Noquez-Legña, E. T. (2026). Caracterización de Parámetros Eléctricos Asociados a Pérdidas Técnicas en una Instalación Eléctrica Trifásica de Baja Tensión. *Revista Científica Zambos*, 5(3), 294-309.

<https://doi.org/10.69484/rcz/v5/n3/225>

Ecuador, Santo Domingo, La Concordia  
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas – Sede Santo Domingo  
Revista Científica Zambos (RCZ)  
<https://revistaczambos.utelvtsd.edu.ec>

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



**Abstract:**

Low-voltage three-phase electrical installations with single-phase and electronic loads may exhibit unequal current distribution, neutral-current circulation, and harmonic distortion, conditions associated with increased resistive losses. This study aimed to characterize the electrical parameters associated with technical losses in a low-voltage three-phase installation. A quantitative, non-experimental, observational, longitudinal, and descriptive study was conducted using continuous measurements recorded with a Fluke 1775 power quality analyzer during seven days of normal operation. Phase B showed the highest mean current, 42.4 A, and mean active power, 4.67 kW, while the neutral conductor recorded a mean current of 21.9 A. Mean current THD ranged from 38.2% to 51.1%, whereas mean voltage THD ranged from 1.3% to 1.9%. The results indicated an uneven load distribution combined with harmonic content and neutral-current circulation. It is concluded that these conditions are associated with higher resistive losses; however, the available data do not allow direct quantification of dissipated energy.

**Keywords:** harmonics, current, imbalance, distortion, losses.

## 1. Introducción

Las instalaciones eléctricas trifásicas de baja tensión alimentan cargas con características y regímenes de operación variables. La incorporación creciente de cargas monofásicas y dispositivos electrónicos puede generar diferencias entre las corrientes de fase, circulación de corriente por el conductor neutro y distorsión armónica. Michalec et al. (2021) señalan que las cargas no lineales pueden modificar significativamente la forma de onda de corriente y afectar los indicadores de calidad de energía en redes de baja tensión. De manera complementaria, Hajjej y Sbita (2024) muestran que cargas electrónicas no lineales pueden producir contenido armónico relevante en sistemas trifásicos de cuatro conductores. Estas condiciones adquieren importancia cuando incrementan la corriente eficaz y el calentamiento de conductores y conexiones. En este contexto, Sadiq et al. (2022) relacionan el comportamiento de las corrientes de carga con las pérdidas técnicas presentes en redes de distribución de baja tensión.

Las pérdidas técnicas corresponden a la energía disipada como consecuencia de fenómenos físicos inherentes a la conducción y transformación de la electricidad (Tirira-Chulde et al., 2026). En los conductores, una parte importante de estas pérdidas se origina por efecto Joule y depende de la resistencia eléctrica y del cuadrado de la corriente eficaz. Krupeneva et al. (2023) indican que la evaluación de pérdidas en redes de distribución requiere considerar tanto las características eléctricas de la infraestructura como las condiciones reales de carga. Neagu et al. (2024) muestran, además, que su estimación en redes de baja tensión exige información suficiente sobre la configuración y los parámetros físicos del sistema.

Huangfu et al. (2024) destacan que las estrategias de reducción de pérdidas deben considerar las características temporales de la carga y la capacidad de ajuste de la red. Por esta razón, el desequilibrio, los armónicos y la distribución desigual de cargas deben interpretarse como factores asociados al incremento de pérdidas resistivas y no como pérdidas energéticas independientes.

La distribución de las cargas entre fases constituye un factor relevante en el comportamiento de una instalación trifásica. Jimenez et al. (2022) analizan la reasignación de fases como estrategia para mejorar el equilibrio de redes de distribución, mientras que Khan y Ali (2023) destacan la importancia del reparto de carga para limitar condiciones de operación asimétricas. Sadiq y Antar (2024) identifican el balance de fases entre las estrategias empleadas para disminuir pérdidas en redes de distribución. Asimismo, Kong et al. (2022) muestran que el desequilibrio de potencia entre fases modifica las condiciones operativas de redes de baja tensión. Estos antecedentes justifican la evaluación conjunta de corriente, potencia y desequilibrio, debido a que una fase persistentemente más cargada puede presentar mayores pérdidas resistivas que otra con menor corriente, aun cuando ambas pertenezcan al mismo sistema eléctrico.

La caracterización de estas condiciones requiere registros suficientemente prolongados para representar la variabilidad normal de la instalación y evitar interpretaciones basadas exclusivamente en valores instantáneos. Ji et al. (2023) muestran que el comportamiento de redes trifásicas desequilibradas puede variar con las condiciones de demanda y requerir estrategias dinámicas de compensación. Zhou et al. (2024) sostienen que el control del desequilibrio depende de identificar adecuadamente la distribución de carga entre las fases, mientras que Zhang y Sun (2024) destacan la utilidad de la reasignación de fases en redes de baja tensión. Nandini et al. (2024) evidencian también que el desequilibrio de tensión puede modificarse con la incorporación y variabilidad de diferentes recursos y cargas. En consecuencia, el análisis simultáneo de corriente, potencia, factor de potencia, distorsión armónica y comportamiento del neutro permite establecer un diagnóstico más completo que la evaluación aislada de una sola magnitud.

Con base en esta problemática, el objetivo del estudio fue caracterizar los parámetros eléctricos asociados a pérdidas técnicas en una instalación eléctrica trifásica de baja tensión mediante el análisis de registros obtenidos durante su operación habitual. Para ello se consideraron la corriente RMS, las potencias activa, aparente y reactiva, el factor de potencia, la distorsión armónica total de corriente y tensión y el comportamiento del conductor neutro. El estudio se orientó a identificar condiciones eléctricas relacionadas con posibles incrementos de pérdidas resistivas, sin atribuir una cuantificación directa de la energía disipada. Esta delimitación responde a que no se dispone de información completa sobre resistencia, longitud, sección y temperatura de los conductores ni de mediciones simultáneas en diferentes puntos de la instalación.

2. Metodología

Enfoque, diseño, alcance y método

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que el análisis se sustentó en mediciones numéricas de parámetros eléctricos obtenidas directamente de la instalación durante su funcionamiento. El diseño fue no experimental y observacional, puesto que no se modificaron deliberadamente las condiciones de operación ni se manipularon las cargas conectadas. Asimismo, el estudio tuvo carácter longitudinal, debido a que las variables fueron registradas de manera continua durante siete días consecutivos. El alcance fue descriptivo, orientado a caracterizar el comportamiento de las magnitudes eléctricas y a identificar condiciones asociadas con posibles pérdidas resistivas, sin establecer relaciones causales. Como método se empleó la medición instrumental directa complementada con análisis descriptivo y comparación de los valores obtenidos entre fases, conductor neutro y magnitudes globales del sistema.

Sistema analizado e instrumentación

El estudio se realizó en el punto principal de alimentación de una instalación eléctrica trifásica de baja tensión, configurada con tres fases y conductor neutro en conexión estrella. La tensión nominal fue de 127 V entre fase y neutro, con una frecuencia de 60 Hz. La medición se mantuvo durante siete días consecutivos bajo las condiciones habituales de funcionamiento, sin realizar modificaciones intencionales en la distribución o conexión de las cargas. Esta condición permitió caracterizar el comportamiento operativo de la instalación durante el periodo evaluado, aunque impide aislar individualmente la influencia de cada carga conectada. Las características generales del sistema analizado se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1  
*Características del sistema analizado*

| Parámetro                   | Descripción                               |
|-----------------------------|-------------------------------------------|
| Configuración eléctrica     | Tres fases y conductor neutro en estrella |
| Tensión nominal             | 127 V fase-neutro                         |
| Frecuencia nominal          | 60 Hz                                     |
| Punto de medición           | Alimentación principal de la instalación  |
| Duración del registro       | Siete días continuos                      |
| Condición de funcionamiento | Operación habitual de la instalación      |

*Nota:* Los datos corresponden a las características nominales de la instalación y a las condiciones establecidas para el registro continuo efectuado en el punto principal de alimentación (Autores, 2026).

La adquisición de datos se efectuó con un analizador de calidad de energía Fluke 1775 con calibración vigente. El instrumento se configuró para una red trifásica de cuatro conductores, donde A, B y C corresponden a las fases y N al conductor neutro. Las corrientes se registraron mediante cuatro sensores flexibles iFlex1500-24, mientras que las tensiones se midieron entre cada fase y el conductor neutro. Las características relevantes del sistema de medición se resumen en la Tabla 2.

**Tabla 2***Características del sistema de medición*

| Parámetro                     | Especificación      |
|-------------------------------|---------------------|
| Analizador                    | Fluke 1775          |
| Estado de calibración         | Vigente             |
| Versión de firmware           | 3.1                 |
| Sensores de corriente         | Cuatro iFlex1500-24 |
| Rango nominal de los sensores | 1500 A              |
| Canales de corriente          | A, B, C y N         |
| Canales de tensión            | A-N, B-N y C-N      |

*Nota:* Las especificaciones corresponden al analizador Fluke 1775 y a los sensores utilizados durante la campaña de medición (Autores, 2026).

**Adquisición y tratamiento de datos**

El analizador registró de manera continua valores de tendencia, demanda y parámetros de calidad de potencia durante los siete días de observación. El intervalo de tendencia se estableció en 10 minutos, el intervalo de demanda en 5 minutos y el intervalo de potencia en 10 minutos. El registro se configuró en modo lineal sin sobrescritura y los armónicos fueron almacenados mediante agrupación subagrupada, de acuerdo con las opciones disponibles en el instrumento. Durante el periodo de adquisición no se realizaron maniobras experimentales ni modificaciones deliberadas de las cargas. La configuración temporal utilizada se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3***Configuración de adquisición de datos*

| Parámetro               | Configuración            |
|-------------------------|--------------------------|
| Duración del registro   | Siete días continuos     |
| Intervalo de tendencia  | 10 minutos               |
| Intervalo de demanda    | 5 minutos                |
| Intervalo de potencia   | 10 minutos               |
| Modo de registro        | Lineal sin sobrescritura |
| Agrupación de armónicos | Subagrupados             |

*Nota:* Los datos corresponden a la configuración temporal y al modo de almacenamiento programados en el analizador Fluke 1775 para los siete días de registro continuo (Autores, 2026).

**Parámetros eléctricos analizados**

Los parámetros eléctricos fueron seleccionados de acuerdo con su utilidad para caracterizar la distribución de carga, la circulación de corriente y las condiciones relacionadas con pérdidas resistivas. Se analizaron la tensión RMS por fase, la corriente RMS de las fases y del conductor neutro, la potencia activa, la potencia aparente, la potencia reactiva, el factor de potencia, la distorsión armónica total de corriente y tensión y las variables disponibles de desequilibrio. Estas magnitudes no fueron consideradas individualmente como pérdidas técnicas, sino como indicadores del comportamiento eléctrico de la instalación. Su organización se presenta en la Tabla 4.

**Tabla 4*****Parámetros eléctricos analizados***

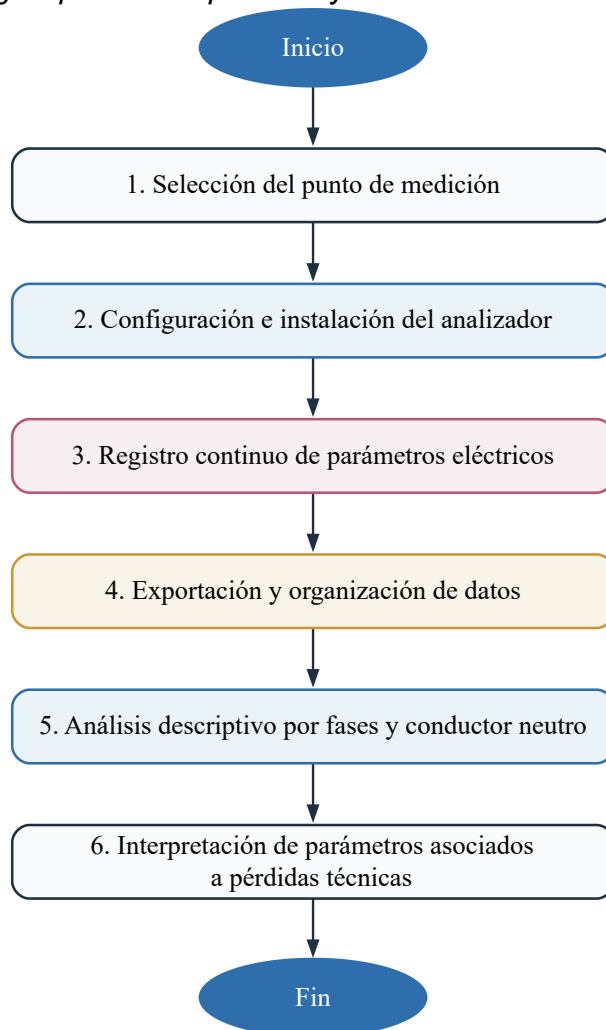
| <b>Grupo de análisis</b> | <b>Parámetros eléctricos</b>                                                      |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Tensión y corriente      | Tensión RMS por fase, corriente RMS por fase y corriente RMS del conductor neutro |
| Potencia y demanda       | Potencia activa, reactiva y aparente, factor de potencia y demanda                |
| Calidad de energía       | Distorsión armónica total de tensión y corriente y eventos de tensión             |
| Equilibrio del sistema   | Desequilibrio de tensión y corriente                                              |

*Nota:* Las variables fueron seleccionadas a partir de los parámetros registrados por el analizador Fluke 1775 y de su relación técnica con el comportamiento de una instalación trifásica de baja tensión (Autores, 2026).

**Organización y tratamiento de datos**

Los registros obtenidos se exportaron desde el software asociado al analizador y se organizaron por fases A, B y C, conductor neutro y magnitudes trifásicas globales, según la disponibilidad de cada variable. Para cada parámetro se examinaron los valores medio, mínimo y máximo correspondientes al periodo de medición. Posteriormente, las corrientes, potencias y variables de calidad de energía se compararon entre fases para identificar diferencias de comportamiento. La corriente del neutro se analizó conjuntamente con las corrientes de fase y la distorsión armónica de corriente, mientras que la distorsión de tensión se examinó de forma independiente debido a su diferente significado físico. El análisis fue descriptivo y no incluyó pruebas inferenciales, modelos causales ni estimaciones de pérdidas energéticas.

La secuencia metodológica comprendió la selección del punto de medición, la configuración e instalación del analizador, el registro continuo de los parámetros eléctricos, la exportación y organización de los datos, el análisis descriptivo por fase y conductor neutro y, finalmente, la interpretación de las variables relacionadas con pérdidas técnicas. Este procedimiento permitió mantener una trazabilidad entre la adquisición instrumental y los resultados presentados posteriormente. La secuencia aplicada para la adquisición, organización e interpretación de los parámetros eléctricos se presenta en la Figura 1.

**Figura 1***Secuencia metodológica para la adquisición y tratamiento de los parámetros eléctricos*

Nota: Autores (2026).

#### Alcance del análisis

El análisis se orientó a caracterizar los parámetros eléctricos registrados en el punto principal de alimentación y a establecer su relación con condiciones que pueden favorecer incrementos de pérdidas resistivas. La interpretación se limitó al comportamiento agregado de la instalación durante los siete días de medición, por lo que los resultados no representan de manera independiente a cada circuito derivado ni permiten identificar qué cargas específicas originaron las variaciones observadas. En consecuencia, los valores de corriente, potencia, factor de potencia y distorsión armónica se utilizaron con fines descriptivos y de diagnóstico, sin establecer relaciones causales entre una variable determinada y las pérdidas técnicas del sistema.

No se calcularon las pérdidas totales de energía de la instalación, debido a que no se dispuso de información completa sobre la resistencia, longitud, sección y temperatura de los alimentadores, ni de mediciones simultáneas en sus extremos. Estas limitaciones impiden determinar de forma directa la potencia disipada por efecto Joule

y separar la contribución individual del desequilibrio, los armónicos y la distribución de carga. Por tanto, el alcance del estudio se circunscribe a la caracterización de parámetros asociados con pérdidas técnicas y no a la cuantificación de la energía perdida ni a la estimación de un porcentaje de reducción.

### 3. Resultados

Los resultados obtenidos durante los siete días de registro muestran diferencias entre las fases en corriente, potencia, factor de potencia y distorsión armónica. La Tabla 5 resume los valores medios de los principales parámetros analizados y permite observar que la fase B concentró la mayor corriente RMS media, con 42,4 A, frente a 37,9 A en C y 24,3 A en A. La diferencia entre B y A fue aproximadamente de 74,5 %, mientras que la potencia activa media presentó un comportamiento similar, con 4,67 kW en B, 4,22 kW en C y 2,77 kW en A. La fase B también registró los mayores valores medios de potencia aparente, potencia reactiva y THD de corriente, mientras que la fase A presentó el mayor factor de potencia medio, con 0,90. En el conductor neutro se obtuvo una corriente media de 21,9 A, equivalente aproximadamente al 51,7 % de la corriente media registrada en la fase B.

**Tabla 5**

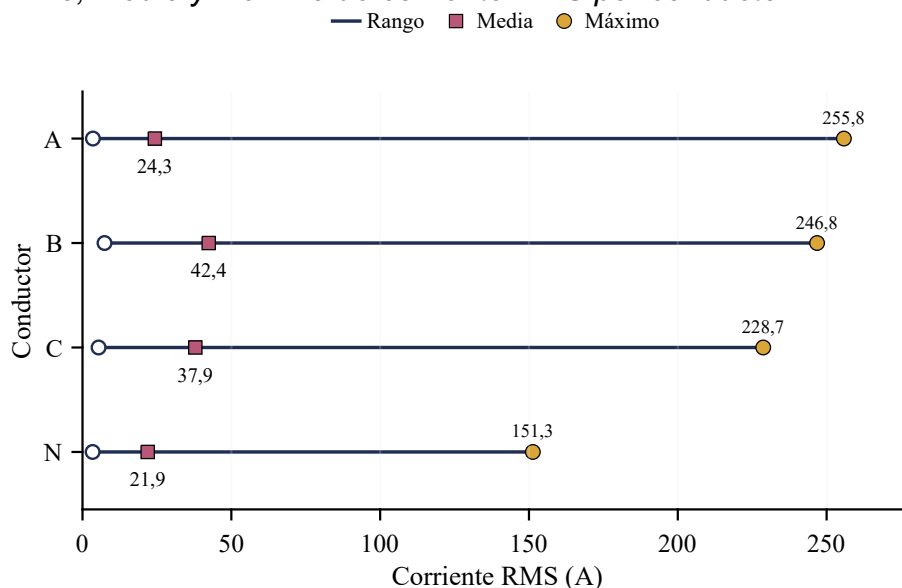
*Resumen estadístico de los parámetros eléctricos analizados*

| Parámetro                | A    | B    | C    | N    | Total |
|--------------------------|------|------|------|------|-------|
| Corriente RMS (A)        | 24,3 | 42,4 | 37,9 | 21,9 | —     |
| THD de corriente (%)     | 42,9 | 51,1 | 38,2 | —    | —     |
| Potencia activa (kW)     | 2,77 | 4,67 | 4,22 | —    | 11,67 |
| Potencia aparente (kVA)  | 3,09 | 5,38 | 4,79 | —    | 14,65 |
| Potencia reactiva (kvar) | 1,32 | 2,63 | 2,23 | —    | 8,76  |
| Factor de potencia       | 0,90 | 0,87 | 0,88 | —    | 0,80  |
| THD de tensión (%)       | 1,3  | 1,9  | 1,3  | —    | —     |

*Nota:* Datos obtenidos del registro realizado con el analizador Fluke 1775 (Autores, 2026).

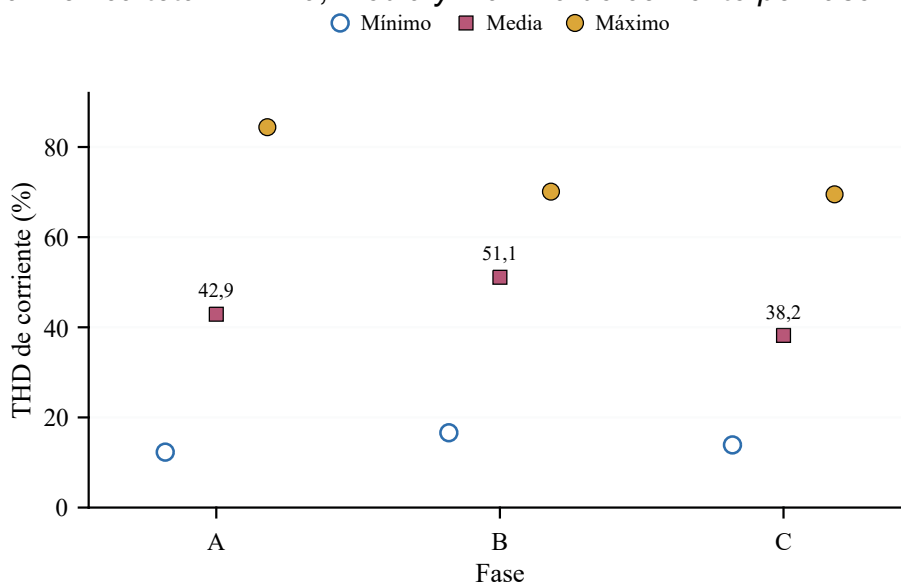
#### 3.1. Corriente RMS y comportamiento del conductor neutro

La distribución de la corriente RMS se presenta en la Figura 2. La fase B registró la mayor corriente media, con 42,4 A, seguida de C con 37,9 A y A con 24,3 A; sin embargo, el mayor valor máximo correspondió a la fase A, con 255,8 A, mientras que B y C alcanzaron 246,8 A y 228,7 A, respectivamente. Esta diferencia entre valores medios y máximos evidencia que la fase A experimentó episodios puntuales de elevada demanda, aunque durante el periodo completo mantuvo la menor corriente media. El conductor neutro presentó 21,9 A de corriente media y un máximo de 151,3 A, valores que evidencian una circulación apreciable de corriente durante la operación de la instalación. No obstante, estos registros no permiten establecer de forma independiente qué proporción corresponde al desequilibrio entre fases y cuál se relaciona con componentes armónicas.

**Figura 2***Valores mínimo, medio y máximo de corriente RMS por conductor*

*Nota:* Elaboración con datos del estudio (Autores, 2026).

La distorsión armónica total de corriente se muestra en la Figura 3. La fase B presentó la mayor THD media, con 51,1 %, seguida de A con 42,9 % y C con 38,2 %, lo que representa una diferencia aproximada de 33,8 % entre B y C. En contraste, el mayor valor máximo se registró en la fase A, con 84,4 %, frente a 70,1 % en B y 69,5 % en C. Este comportamiento confirma que la fase con mayor distorsión promedio no necesariamente presenta los eventos extremos más elevados. La amplitud observada entre los valores mínimos, medios y máximos evidencia además que la distorsión de corriente varió considerablemente durante el periodo de medición, por lo que su interpretación debe realizarse juntamente con la corriente RMS y el comportamiento del conductor neutro.

**Figura 3***Distorsión armónica total mínima, media y máxima de corriente por fase*

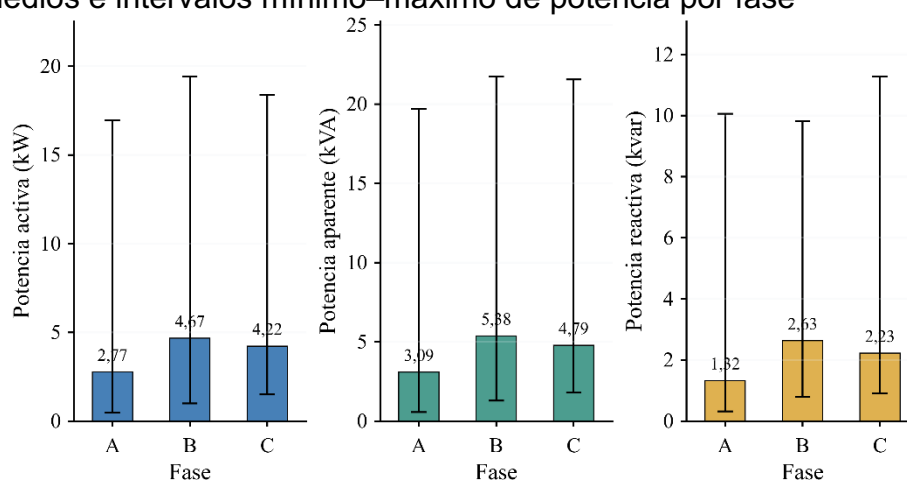
*Nota:* Autores (2026).

### 3.2. Potencias y factor de potencia

La distribución de las potencias por fase se presenta en la Figura 4 y mantiene un patrón consistente con las corrientes medias registradas. La fase B presentó la mayor potencia activa media, con 4,67 kW, seguida de C con 4,22 kW y A con 2,77 kW, por lo que B superó a A aproximadamente en 68,6 %. La potencia aparente mostró el mismo orden, con 5,38 kVA en B, 4,79 kVA en C y 3,09 kVA en A. De igual manera, la potencia reactiva alcanzó 2,63 kvar en B, 2,23 kvar en C y 1,32 kvar en A, siendo el valor de B prácticamente el doble del registrado en A. La coincidencia entre mayor corriente media y mayores niveles de potencia confirma que la fase B soportó la mayor carga promedio durante el periodo evaluado.

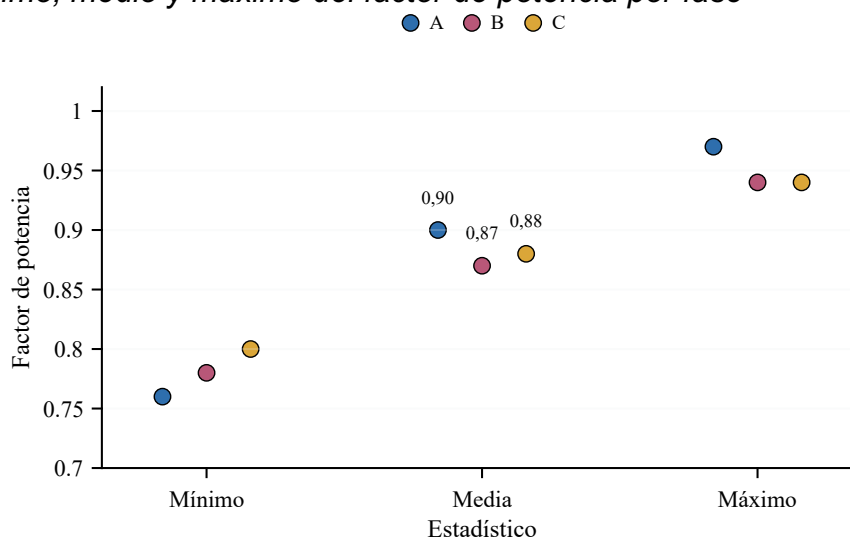
**Figura 4**

Valores medios e intervalos mínimo–máximo de potencia por fase



*Nota:* Autores (2026).

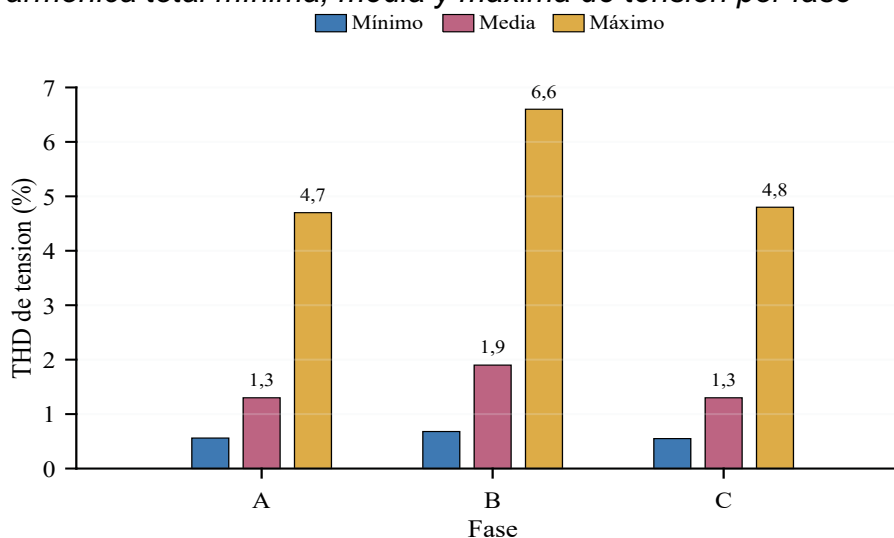
El comportamiento del factor de potencia se muestra en la Figura 5. Los valores medios fueron de 0,90 en A, 0,87 en B y 0,88 en C, con diferencias menores que las observadas en corriente y potencia. Los valores máximos alcanzaron 0,97 en A y 0,94 en B y C, mientras que los mínimos fueron 0,76, 0,78 y 0,80, respectivamente. El valor trifásico medio reportado fue 0,80, inferior a los valores medios individuales de las fases. Esta diferencia evidencia que el comportamiento global del sistema no debe interpretarse mediante un promedio aritmético simple de los factores de potencia por fase, sino a partir de la relación entre las potencias agregadas registradas por el analizador.

**Figura 5***Valores mínimo, medio y máximo del factor de potencia por fase*

*Nota:* Elaboración con datos del estudio (Autores, 2026).

### 3.3. Distorsión armónica de tensión

La Figura 6 presenta la distorsión armónica total de tensión registrada en las tres fases. La fase B presentó la mayor THD media, con 1,9 %, mientras que A y C registraron 1,3 %; asimismo, el máximo más alto correspondió a B con 6,6 %, frente a 4,7 % en A y 4,8 % en C. Los valores mínimos se ubicaron entre 0,55 % y 0,68 %. En comparación con la THD de corriente, cuyos valores medios oscilaron entre 38,2 % y 51,1 %, la distorsión de tensión presentó magnitudes considerablemente menores durante el periodo analizado. Esta diferencia indica que ambos parámetros describen comportamientos distintos del sistema y deben evaluarse de manera independiente, aunque conjuntamente aporten información sobre las condiciones de calidad de energía de la instalación.

**Figura 6***Distorsión armónica total mínima, media y máxima de tensión por fase*

*Nota:* Elaboración con datos del estudio (Autores, 2026).

## 4. Discusión

Los resultados evidencian una distribución no uniforme de carga entre las fases, condición observable en la Tabla 5 y las Figuras 2 y 4. La fase B presentó una corriente media de 42,4 A, aproximadamente 74,5 % superior a la registrada en la fase A, y una potencia activa media de 4,67 kW, cerca de 68,6 % mayor que en A. Este comportamiento coincide con Jimenez et al. (2022), quienes identifican la reasignación de fases como una estrategia para reducir el desequilibrio en redes de baja tensión. Kong et al. (2022) muestran igualmente que el desequilibrio de potencia entre fases puede modificar las condiciones de operación de estas redes. En esta línea, Sadiq y Antar (2024) incluyen el balance de fases entre las medidas utilizadas para reducir pérdidas técnicas. Los resultados obtenidos permiten, por tanto, identificar una asimetría sostenida durante el periodo analizado, aunque no demostrar el efecto cuantitativo que tendría una eventual redistribución de cargas.

La corriente media de 21,9 A registrada en el conductor neutro, mostrada en la Figura 2, coincidió con valores medios de THD de corriente comprendidos entre 38,2 % y 51,1 %, presentados en la Figura 3. Moradi et al. (2021) señalan que las condiciones de carga desequilibrada pueden modificar el contenido armónico en sistemas trifásicos, mientras que Sahoo et al. (2022) destacan la influencia de las corrientes armónicas en sistemas de cuatro conductores. Hajjej y Sbita (2024) también evidencian la relevancia de la mitigación de armónicos en sistemas trifásicos de cuatro hilos. La coexistencia de ambos fenómenos permite considerar que la corriente del neutro está asociada con el comportamiento conjunto del desequilibrio y la distorsión armónica; sin embargo, los registros disponibles no permiten cuantificar por separado la contribución de cada componente ni atribuir la corriente observada a una única causa.

La comparación entre las Figuras 3, 5 y 6 muestra que la instalación presentó una THD media de corriente entre 38,2 % y 51,1 %, frente a una THD media de tensión comprendida entre 1,3 % y 1,9 %. Esta diferencia confirma que ambos indicadores describen fenómenos distintos y que una corriente con elevado contenido armónico no implica una distorsión de tensión de igual magnitud porcentual. Michalec et al. (2021) reportan que las cargas no lineales pueden generar corrientes considerablemente distorsionadas y modificar las condiciones de calidad de energía en redes de baja tensión. Iqbal et al. (2024) advierten, además, que la estimación de armónicos en redes de distribución está sujeta a incertidumbres que deben considerarse al interpretar los indicadores obtenidos. Asimismo, el factor de potencia medio por fase se mantuvo entre 0,87 y 0,90, mientras que el valor trifásico global fue 0,80, como se observa en la Tabla 5 y la Figura 5, lo que refuerza la necesidad de interpretar conjuntamente corriente, potencia y distorsión.

Los parámetros registrados describen condiciones que pueden favorecer un incremento de las pérdidas resistivas, pero no permiten determinar directamente la energía disipada (Masapanta-Masapanta et al., 2025). Li et al. (2023) muestran que

la cuantificación de pérdidas bajo condiciones de armónicos y desequilibrio requiere considerar las características eléctricas y físicas de los conductores, mientras que Yuan et al. (2023) evidencian que el contenido armónico puede incrementar las pérdidas en redes de baja tensión. Nour et al. (2023) señalan también que el desequilibrio en redes de distribución puede asociarse con mayores pérdidas de línea y corrientes en el neutro. En el presente estudio no se dispuso de información completa sobre resistencia, longitud, sección y temperatura de los alimentadores ni de mediciones simultáneas en sus extremos. En consecuencia, los resultados sustentan un diagnóstico técnico de las condiciones asociadas con pérdidas, pero cualquier estimación cuantitativa o evaluación del efecto de una acción correctiva requeriría mediciones adicionales.

## 5. Conclusiones

La instalación presentó una distribución no uniforme de carga durante los siete días de medición. La fase B registró la mayor corriente media, con 42,4 A, y la mayor potencia activa media, con 4,67 kW, mientras que la fase A presentó 24,3 A y 2,77 kW, respectivamente. La diferencia de corriente entre ambas fases fue aproximadamente de 74,5 %, lo que confirma una asimetría operativa relevante durante el periodo analizado. Además, el conductor neutro presentó una corriente media de 21,9 A y un valor máximo de 151,3 A, por lo que su comportamiento constituye un elemento importante para cualquier evaluación posterior de redistribución de carga o análisis de armónicos.

La distorsión armónica de corriente fue considerablemente mayor que la distorsión armónica de tensión. Los valores medios de THD de corriente se situaron entre 38,2 % y 51,1 %, mientras que la THD media de tensión permaneció entre 1,3 % y 1,9 %. El factor de potencia medio por fase osciló entre 0,87 y 0,90, mientras que el valor trifásico global fue de 0,80. Estos resultados muestran que la caracterización del sistema requiere considerar de forma conjunta corriente, potencia, factor de potencia, distorsión armónica y comportamiento del neutro, debido a que ninguna de estas variables, analizada de manera aislada, representa por sí sola el desempeño eléctrico global de la instalación.

El estudio permitió identificar condiciones eléctricas asociadas con posibles incrementos de pérdidas resistivas, principalmente la distribución desigual de carga, la circulación de corriente por el conductor neutro y el elevado contenido armónico de corriente. No obstante, los datos disponibles no permiten cuantificar directamente la energía disipada ni establecer el aporte individual de cada fenómeno sobre las pérdidas técnicas. Para una etapa posterior sería necesario incorporar información completa sobre resistencia, longitud, sección y temperatura de los conductores, así como mediciones simultáneas en diferentes puntos de la instalación, con el fin de calcular las pérdidas y evaluar experimentalmente el efecto de posibles acciones correctivas.

## CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

## DECLARACIÓN SOBRE EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

“Los autores declaran que no utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa en la elaboración de este manuscrito.”

## Referencias Bibliográficas

- Hajjej, M., & Sbita, L. (2024). A new design and implementation of a three-phase four-wire shunt active power filter for mitigating harmonic problems caused by compact fluorescent lamps. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 14(3), 14619–14627. <https://doi.org/10.48084/etasr.7251>
- Huangfu, C., Wang, E., Yi, T., & Qin, L. (2024). Low-voltage distribution network loss-reduction method based on load-timing characteristics and adjustment capabilities. *Energies*, 17(5), Article 1115. <https://doi.org/10.3390/en17051115>
- Iqbal, M. N., Kütt, L., Daniel, K., Shabbir, N., Amjad, A., Awan, A. W., & Ali, M. (2024). Inaccuracies and uncertainties for harmonic estimation in distribution networks. *Sustainability*, 16(15), Article 6523. <https://doi.org/10.3390/su16156523>
- Ji, X., Zhang, X., Ye, P., Zhang, Y., Li, G., & Gong, Z. (2023). Dynamic reconfiguration of three-phase imbalanced distribution networks considering soft open points. *Energy Conversion and Economics*, 4(5), 364–377. <https://doi.org/10.1049/enc2.12099>
- Jimenez, V. A., Will, A. L. E., & Lizondo, D. F. (2022). Phase reassignment for load balance in low-voltage distribution networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 137, Article 107691. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107691>
- Khan, A., & Ali, M. (2023). Three-phase load balancing in distribution systems using load sharing technique. *Engineering Proceedings*, 46(1), Article 18. <https://doi.org/10.3390/engproc2023046018>
- Kong, W., Ma, K., & Li, F. (2022). Probabilistic impact assessment of phase power imbalance in the LV networks with increasing penetrations of low carbon technologies. *Electric Power Systems Research*, 202, Article 107607. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107607>
- Krupeneva, Y. I., Boloev, E. V., & Golub, I. I. (2023). Allocation of power losses and energy in the distribution network. *iPolytech Journal*, 27(4), 727–736. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2023-4-727-736>
- Li, X., Wang, G., & Li, Y. (2023). Line loss calculation model of low-voltage distribution network under harmonic and three-phase unbalance disturbances and its experimental validation. *Journal of Physics: Conference Series*, 2591(1), Article 012036. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2591/1/012036>

- Masapanta-Masapanta, E. A., Pazuña-Naranjo, W. P., & Corrales-Bonilla, J. I. (2025). Análisis de la eficiencia energética de las instalaciones del Edificio Académico del Bloque A de la UTC, Extensión La Maná. *Journal of Economic and Social Science Research*, 5(3), 63–77. <https://doi.org/10.55813/gaeal/jessr/v5/n3/206>
- Michalec, Ł., Jasiński, M., Sikorski, T., Leonowicz, Z., Jasiński, Ł., & Suresh, V. (2021). Impact of harmonic currents of nonlinear loads on power quality of a low-voltage network—Review and case study. *Energies*, 14(12), Article 3665. <https://doi.org/10.3390/en14123665>
- Moradi, A., Yaghoobi, J., Zare, F., & Kumar, D. (2021). Impact of unbalanced-load condition on 0–9 kHz current harmonics in a three-phase power converter. *IEEE Access*, 9, 163105–163118. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3131304>
- Nandini, K. K., Sabhahit, J. N., & Jadoun, V. K. (2024). Voltage unbalance assessment in a distribution system incorporated with renewable-based sources and electric vehicles in an uncertain environment. *IET Renewable Power Generation*, 18(S1), 4288–4307. <https://doi.org/10.1049/rpg2.13009>
- Neagu, B.-C., Grigoras, G., Gavrilas, M., Porumb, R., & Tristiu, I. (2024). Technical losses estimation in low voltage distribution network using deterministic methods. In L. Moldovan & A. Gligor (Eds.), *The 17th International Conference Interdisciplinarity in Engineering: Inter-Eng 2023 conference proceedings—Volume 2* (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 928, pp. 546–560). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-54671-6\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-031-54671-6_41)
- Nour, A. M. M., Helal, A. A., El-Saadawi, M. M., & Hatata, A. Y. (2023). Voltage imbalance mitigation in an active distribution network using decentralized current control. *Protection and Control of Modern Power Systems*, 8, Article 20. <https://doi.org/10.1186/s41601-023-00293-y>
- Sadiq, E. H., & Antar, R. K. (2024). Minimizing power losses in distribution networks: A comprehensive review. *Chinese Journal of Electrical Engineering*, 10(4), 20–36. <https://doi.org/10.23919/CJEE.2024.000093>
- Sadiq, E. H., Antar, R. K., & Ahmed, S. T. (2022). Power losses evaluation in low-voltage distribution network: A case study of 250 kVA, 11/0.416 kV substation. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 25(1), 35–41. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v25.i1.pp35-41>
- Sahoo, B., Alhaider, M. M., & Rout, P. K. (2022). Effective harmonic cancellation technique for a three-phase four-wire system. *Energies*, 15(20), Article 7526. <https://doi.org/10.3390/en15207526>
- Tirira-Chulde, R. D., Rodríguez-Santillán, M. D., Taco-Cabrera, A. G., Merino-Villegas, L. R., & Tejada-Valencia, J. P. (2026). Efectos de los regímenes de conmutación sobre los parámetros eléctricos en lámparas led modulares, lámparas led compactas y lámparas fluorescentes compactas. *Revista Científica Zambos*, 5(1), 214–232. <https://doi.org/10.69484/rcz/v5/n1/162>
- Yuan, W., Yuan, X., Xu, L., Zhang, C., & Ma, X. (2023). Harmonic loss analysis of low-voltage distribution network integrated with distributed photovoltaic. *Sustainability*, 15(5), Article 4334. <https://doi.org/10.3390/su15054334>

- Zhang, Y., & Sun, X. (2024). Phase reassignment strategy and load phase-swapping device for three-phase unbalance in the power distribution area. *Electric Power Systems Research*, 235, Article 110564. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.110564>
- Zhou, F., Chen, X.-D., Shi, H.-R., Yang, C., Zhou, S.-Q., & Hao, T. (2024). Research on three-phase unbalance control of low-voltage distribution network based on load commutation. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 19(7), 4027–4043. <https://doi.org/10.1007/s42835-024-01890-z>