

ANÁLISIS DE CAUSAS DEL EFECTO FLICKER EN ARRANQUE DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN CON LABVIEW

ANALYSIS OF CAUSES OF THE FLICKER EFFECT DURING INDUCTION MOTOR START-UP USING LABVIEW

Edgar Eduardo Bautista Valdez

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán, México
edgar.bv@cdguzman.tecnm.mx

Jaime Jalomo Cuevas

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán, México
jaime.jc@cdguzman.tecnm.mx

Sergio Sandoval Pérez

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán, México
sergio.sp@cdguzman.tecnm.mx

Recepción: 25/noviembre/2025

Aceptación: 5/octubre/2026

Resumen

En este trabajo se presenta el análisis de efecto *flicker* el cual es generado por un motor de inducción. Se muestra el experimento para dos tipos de casos, el primero está basado sobre el motor de inducción, en el cual se inicializa con un variador de velocidad, libre de carga y en para el segundo caso, volvemos a usar el variador de velocidad, pero se le añade una carga. Los experimentos demostraron que el arranque del motor si afecta, en ambas configuraciones, dando como resultado la generación de fluctuaciones de voltaje. La fluctuación de voltaje es el factor más importante que genera el fenómeno *flicker*. Dicho fenómeno, tienen efectos significativos en la calidad de la energía de la línea de suministro, se manifiesta como variaciones perceptibles en la intensidad luminosa y de voltaje, generando interferencia en los equipos conectados a la red eléctrica. Estudios recientes demuestran que el efecto *flicker* genera problemas en la vista del ser humano, problemas operativos en equipos sensibles a los cambios bruscos, generados por la demanda de potencia del motor, arranques frecuentes o ajustes dinámicos en la velocidad. En referencia a la calidad de la energía debemos hacer

caso a la norma mexicana NMX-J-610/4-3-ANCE-2015, la cual busca garantizar el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos, aun con perturbaciones, evitando que las variaciones aparezcan y afecten a los sistemas de iluminación. La norma NMX-J-610/4-30-ANCE-2018 es más específica y establece los métodos de medición e interpretación de los resultados relativos a los parámetros de calidad de la potencia eléctrica. Ambas están basadas en la norma internacional IEC 61000-4-30 la cual nos muestra los métodos de medición de parámetros de calidad de energía. Con este trabajo se busca aportar un método de medición de *flicker* en base del análisis del cambio de voltaje generado por cargas no lineales.

Palabras Clave: Calidad de energía, *flicker*, motor.

Abstract

This paper presents an analysis of the flicker effect generated by an induction motor. The experiment is carried out under two operating conditions. The first case is based on the induction motor starting through a variable frequency drive, operating without load. In the second case, the same variable frequency drive is used, but a mechanical load is added to the motor. The experimental results show that motor starting affects both configurations, producing voltage fluctuations. Voltage fluctuation is one of the main factors responsible for the generation of the flicker phenomenon. This phenomenon has significant effects on the power quality of the supply line, as it appears as perceptible variations in luminous intensity and voltage, causing interference in equipment connected to the electrical network. Recent studies have shown that the flicker effect can cause visual discomfort in humans, as well as operational problems in equipment sensitive to sudden voltage changes. These disturbances may be produced by the power demand of the motor, frequent starting events, or dynamic speed adjustments. Regarding power quality, the Mexican standard NMX-J-610/4-3-ANCE-2015 must be considered, since it seeks to ensure the proper operation of electrical equipment even under disturbance conditions, preventing voltage variations from affecting lighting systems. The standard NMX-J-610/4-30-ANCE-2018 is more specific, as it establishes the methods for measuring and interpreting results related to electrical power quality

parameters. Both standards are based on the international standard IEC 61000-4-30, which describes measurement methods for power quality parameters. This work aims to contribute to a flicker measurement method based on the analysis of voltage variations generated by nonlinear loads.

Keywords: *Flicker effect, induction motor, power quality.*

1. Introducción

La sociedad actual se moderniza más rápido y hay un aumento de esfuerzos en generar y aplicar una cultura medio ambiental, así la calidad de la energía se vuelve necesaria para contribuir al adecuado uso de energías. La calidad de energía está definida como un conjunto de variables, la tensión, la corriente, la frecuencia, la forma de onda y la continuidad de suministro, al realizar el control de estas variables la energía proporcionada al sistema es adecuada para el funcionamiento correcto de los equipos eléctricos [Aguilar, 2021]. Una de las normas internacionales que rigen la calidad de la energía es la norma IEEE 1159, “La práctica recomendada para el monitoreo de la calidad de la energía eléctrica”, nos indica como monitorear estas características eléctricas en sistemas de potencia de AC. Esta norma analiza las variaciones RMS, los transitorios (impulsivos y oscilatorios), la distorsión armónica y el efecto *flicker*, por lo tanto, unifica terminología y criterios para el análisis y la toma de decisiones [IEEE, 2016]. Los sistemas modernos presentan en su mayoría cargas no lineales (como variadores de velocidad, fuentes conmutadas, iluminación con lámparas fluorescentes, led, inversores solares etc.), que generan armónicos, Inter armónicos y sub armónicos, los cuales distorsionan la forma de onda ideal tanto de voltaje como de corriente [Arranz, 2021]. Por todo esto, es de suma importancia el estudio y el análisis de calidad de energía, que en la actualidad sigue adquiriendo una gran relevancia a nivel mundial.

En reportes recientes, se reconoce que la baja calidad en la energía eléctrica en los procesos de generación es debida a los motores de inducción ya que tienen componentes dinámicos no lineales presentando Inter armónicos, estos se intensifican durante el arranque del motor y cuando hay variaciones en la carga mecánica, esta presencia es debido a que el sistema está experimentando

variaciones dinámicas que son traducidas en fluctuaciones de voltaje, perceptibles en sistemas sensibles (como en la iluminación o la electrónica de precisión) [Mireles, 2022]. Cuando trabajamos con motores de inducción, estos se ven afectados por diversas perturbaciones de calidad de energía, presentes en los sistemas de energía (variaciones de voltaje, distorsión de forma de onda), relacionados con armónicos, que generan vibraciones en el motor, si se presentan sub armónicos y variaciones de voltaje, el uso del motor se limita bastante [Gnaciński, 2024]. Un equipo que analizar relacionado a la calidad de la energía, son los variadores de frecuencia utilizados para un control más preciso de velocidad y par de torsión del motor, estos generan ahorros sustanciales de energía, pero presentan ciertos inconvenientes, la generación de armónicos, afectando la calidad de la energía, generando un aumento en el voltaje en los devanados y afectando el embobinado de los motores de inducción [Vivekanandan, 2024]. Estas variaciones de voltaje y armónicos generan un efecto en la red eléctrica llamado efecto *flicker*, es una variación rápida y continua en la magnitud del voltaje, generado por varios factores como conexiones de cargas de alto consumo, variaciones en la demanda de energía, condiciones de infraestructura eléctrica deficiente y la presencia de cargas no lineales (variadores de velocidad, fuentes conmutadas o iluminación led de baja calidad), incluyendo los armónicos e inter-armónicos. Todos estos factores generan distorsiones armónicas que amplifican el efecto *flicker*. Otra razón de importancia para detectar y analizar el fenómeno *flicker* es que provocar el mal funcionamiento de los equipos electrónicos (como televisiones, computadoras o sistemas de control), la reducción de la vida útil de las luminarias (especialmente las que no se diseñaron para soportar este tipo de fluctuaciones) [Camacho, 2023]. Para esto la Norma IEC 61000-4-15 define al "*flicker*" de la siguiente manera: no es el parpadeo rápido que se ve en una pantalla, sino la percepción de inestabilidad en la iluminación causada por fluctuaciones en la tensión eléctrica de la red. Estas fluctuaciones son generadas, típicamente, por cargas variables que consumen mucha potencia de manera irregular [IEC, 2010]. Existen dos normas mexicanas que dan guía sobre este fenómeno, la norma NMX-J-610/4-3-ANCE-2015, hace referencia a garantizar que los equipos eléctricos mantengan su funcionamiento

adecuado, aún ante perturbaciones como fluctuaciones de voltaje [ANCE, 2015], la norma NMX-J-610/4-30-ANCE-2018 la cual establece los métodos de medición e interpretación de resultados de los parámetros de la calidad de la potencia eléctrica, ambas apoyadas en la norma internacional IEC 61000-4-15.

Para este análisis se empleó un método de investigación cuantitativo y experimental, basado en la adquisición de datos eléctricos de voltaje usando el software LabVIEW 2020, con una tarjeta DAQ NI USB 6008 y el sensor de voltaje ZMPT101B. Se realizaron mediciones en condiciones controladas durante el arranque del motor, sin carga y con carga, con el objetivo de analizar la presencia del efecto *flicker* en el motor ABB conectado mecánicamente al Generador Georgii Kobol, al analizar los datos obtenidos del sensor, se observó la presencia de este fenómeno, con un pico de sobrevoltaje al arranque del motor, así como cuando se activó la carga al motor. Con este par de fenómenos eléctricos corroboramos lo mencionado en los diferentes estudios realizados, por lo tanto, esto nos increpa a estandarizar la calidad de energía a través de nuevas herramientas de detección, después crear herramientas y/o dispositivos que mitiguen los efectos indeseados contribuyendo a mejorar la vida útil de los dispositivos electrónicos y la calidad de la energía eléctrica.

2. Métodos

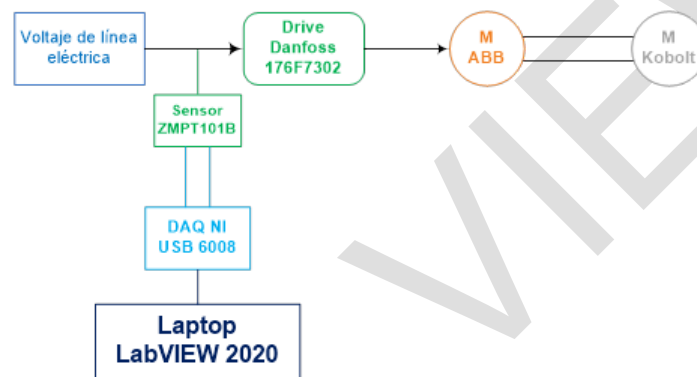
En este trabajo se propuso una metodología para la detección y el análisis de fluctuaciones rápidas de tensión asociadas al efecto *flicker* bajo unas condiciones de generación específicas, relacionadas a las cargas inductivas incluidas en los motores de inducción, donde el arranque del motor y cambios en la carga manifiesta el efecto *flicker*. Este puede presentarse bajo diferentes condiciones, por ejemplo, en sistemas de lámparas led conectadas con sistemas de conversión de generación de AC/DC, o en sistemas de conversión de DC/AC en equipos de generación de energía eléctrica renovable, es un resultado intermedio en donde se propone a futuro validar que mediante la reducción de armónicos se puede reducir el efecto *flicker*. El equipo utilizado y sus características, lo podemos ver en la Tabla 1.

Tabla 1 Características de los equipos.

Equipo	Tipo	Especificaciones
DAQ NI USB-6008	Dispositivo DAQ	Tipo: Dispositivo de adquisición de datos (DAQ) multifunción. Entradas analógicas: 8 canales (12 bits), hasta 10 kb/s. Salidas analógicas: 2 canales (12 bits), frecuencia máx. 150 Hz. Entradas/salidas digitales: 12 líneas TTL/CMOS. Contador: 1 contador de 32 bits, 5 MHz. Rango de entrada analógica: ± 10 V. Alimentación: Bus USB (portátil).
ZMPT101B	Sensor de voltaje AC	Rango de medición: Hasta 250 V AC. Voltaje de alimentación: 3.3 – 5 VDC (algunos modelos hasta 30 VDC). Salida: Señal analógica proporcional (onda senoidal), máx. 5 V. Precisión: $\pm 0.2\%$, linealidad 1%. Aislamiento eléctrico: Hasta 3000 V. Transformador interno: Ratio 1000:1000, corriente nominal 2 mA. Circuito integrado: amplificador operacional LM385 para acondicionamiento y offset.
Danfoss 176F7302	Variador de frecuencia	Potencia: 10.5 kW (≈ 2 HP). Voltaje de entrada: 200 – 240 V AC (monofásico o trifásico). Frecuencia: 50/60 Hz. Corriente de salida: Máx. 7 A. Rango de frecuencia de salida: 0.1 – 400 Hz. Protección: IP20, funciones contra sobrecarga, sobrevoltaje y cortocircuito. Comunicación: RS – 485 (Modbus RTU), soporta copy-settings. Funciones adicionales: Control vectorial, auto-ajuste, reinicio tras falla. Temperatura de operación: -10 °C a 50 °C.
ABB MBT ARM 71 A	Motor asíncrono trifásico	Tamaño de carcasa: 71. Potencia típica: 0.18 kW (dependiendo de la variante). Voltaje: 230/400 V (50 Hz) o 460 V (60 Hz). Velocidad: 885 – 1110 rpm (6 polos). Clase de eficiencia: IE2. Protección: IP55. Clase de aislamiento: F. Montaje: IMB5 (brida grande).
Georgii Kobold KPG 506.30 S59	Tacogenerador / motor auxiliar	Velocidad nominal: 3000 rpm. Salida típica: 200 mV (para taco generador). Diseño: Rotor de jaula de ardilla, construcción robusta. Aplicaciones: Sistemas de control de velocidad, servomecanismos, maquinaria industrial. Características adicionales: Alta precisión, estabilidad a largo plazo, protección contra polaridad inversa y sobrevoltaje.

Fuente: elaboración propia.

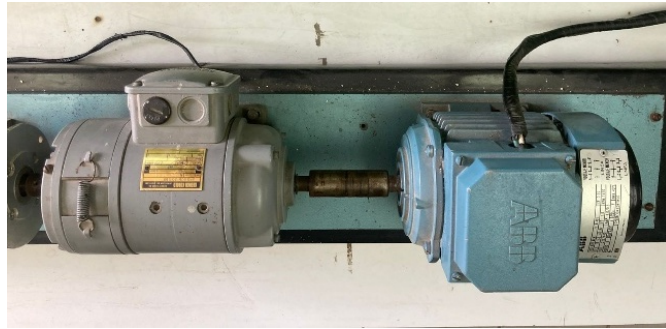
Medimos el voltaje en las fases de un *driver* Danfoss 176F7302, conectado a un motor ABB MBT ARM 71 A, y acoplado mecánicamente a un motor eléctrico de la marca Georgin Kobold Modelo KPG 509.30 S59. Este tacogenerador es la carga para el motor, se realizaron las mediciones de voltaje sin y con la carga del motor, se usó un sensor de voltaje ZMPT101B, conectado una tarjeta de adquisición de datos NI modelo USB 6008, en modo diferencial, el instrumento virtual que se encargó de procesar y almacenar los datos obtenidos fue generado en LabVIEW 2020, la conexión física de estos elementos se puede apreciar en la Figura 1.



Fuente: elaboración propia.

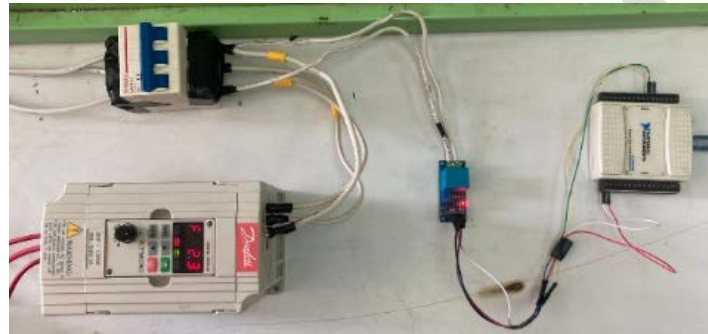
Figura 1 Diagrama de conexiones.

En la Figura 2 vemos el motor ABB y el generador Georgii Kobold utilizados en el experimento, en la Figura 3 se puede observar el variador de velocidad, el sensor de voltaje ZMPT101B y la tarjeta de adquisición de datos NI USB 6008 utilizados, con esta configuración obtuvo la señal original sin transformaciones previas, usando un canal diferencial para eliminar el ruido, también se usó una frecuencia de muestreo adecuado en la DAQ (10 kHz) sobre la base de la norma mexicana MNX-J-610/4-3-ANCE-2015 que establece los métodos normalizados para medir los parámetros de calidad de energía en las redes eléctricas, basada a su vez en la norma internacional IEC 61000-4-15 (estándar de medición de *flicker*), el proceso de medición se enfocó a medir los sistemas eléctricos de baja y media tensión usando un instrumento virtual construido en LabVIEW, buscando que sea *clase S* para monitoreo general y diagnóstico, esto servirá de base para el estudio de calidad de energía.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2 Motor ABB y generador Georgii Kobolt.

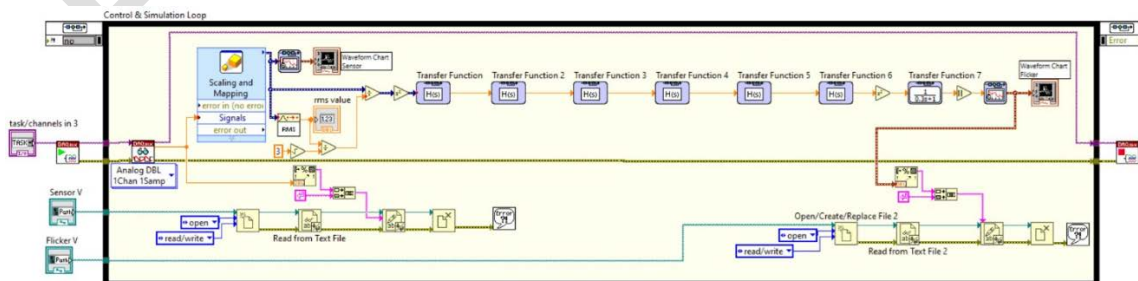


Fuente: elaboración propia.

Figura 3 Variador de velocidad, sensor de voltaje.

Parámetro monitoreado

Con el instrumento virtual de LabVIEW (Figura 4) se monitoreó y obtuvieron los datos del voltaje en el variador de velocidad, a través del sensor de voltaje ZMPT101B, estos fueron almacenados en un archivo de texto (TXT) para ser procesados y mostrar el efecto *flicker* presente en el motor debido a la carga que presenta el generador.



Fuente: elaboración propia.

Figura 4 Instrumento virtual utilizado para la obtención de datos.

3. Resultados

Mediante el instrumento virtual, la DAQ y el sensor se obtuvo lo siguiente: partimos de transformar los datos del sensor a voltaje de línea a través de la relación de transformación k , como lo expresa la Ecuación 1:

$$k = \frac{V_{\text{línea de entrada}}}{V_{\text{sensor de salida}}} \quad (1)$$

Al sustituir en la Ecuación 1 los datos de voltaje de línea de entrada de 215 V y el voltaje de sensor de salida de 0.4570 V nos da un valor de $k \approx 470.46 \text{ V}$. Usando el valor obtenido de k y el voltaje de línea en cada punto de tiempo, se obtiene la Ecuación 2 que nos dará el valor real del voltaje de línea.

$$V_{\text{línea}} = V_{\text{sensor}} \times k \quad (2)$$

Debido a que los datos obtenidos son del sensor ZMPT101B de una señal analógica que representa una onda de voltaje de AC. La norma NMX-J-610/4-30-ANCE-2018 (que es equivalente a la IEC 61000-4-30) establece los métodos de medición para los parámetros de la calidad de energía, incluido el *flicker*. La tasa de muestreo fue de 10 kHz . Para obtener el tiempo de muestreo usado aplicaremos la Ecuación 3, la cual arroja el valor de $\Delta t = 0.1 \text{ ms}$.

El análisis de *flicker* se basa en los cambios en la tensión eficaz (*RMS*) de la onda. Se obtuvo la onda instantánea $V_{\text{línea}}$ muestreada a 10 kHz , debo de calcular el valor *RMS* por ventana de tiempo (típicamente $T = 1/2$ ciclo, es decir, 8.33 ms para 60 Hz) usando la Ecuación 4.

$$\Delta t = \frac{1}{f} \quad (3)$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} (V_{\text{línea}})^2 dt} \quad (4)$$

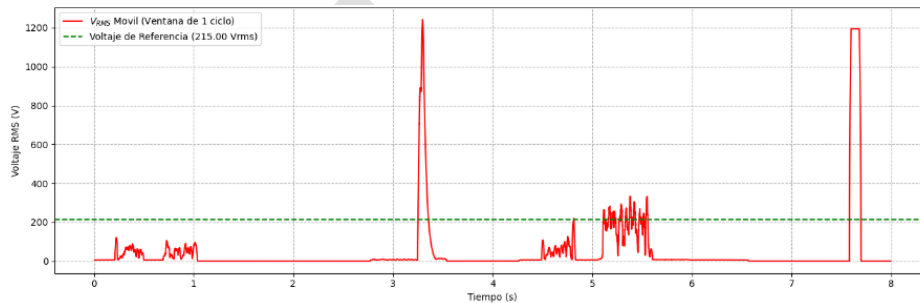
Al realizar los cálculos, los parámetros de calibración que se usaron son los mostrados en la Tabla 2. Mediante el programa elaborado en Python se muestran los resultados de fluctuación de voltaje *RMS*, donde se aprecian las variaciones o saltos debido al encendido y la anexión de carga al motor.

Tabla 2 Valores que se requieren para graficar el voltaje RMS .

Parámetro	Valor
Frecuencia de Muestreo ($Rate$)	10 000 Hz
Voltaje de Entrada (V_{linea})	215 V
Voltaje de Salida Sensor (V_{sens})	0.4750 V
Factor de Transformación (k)	470.46 V

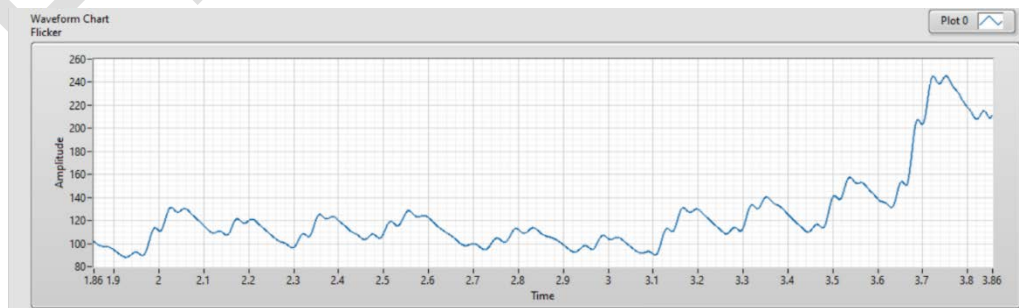
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5 en el segundo tres y cuatro observamos el pico de voltaje generado por el encendido del motor con el V_{RMS} , sobrepasando el voltaje de la red de 215 V , la norma NMX-J-610/4-3-ANCE-2015 [ANCE, 2015], evalúa la tensión RMS , variaciones, huecos y sobretensiones, esta nos enseña el efecto Flicker, la Figura 6 muestra el efecto *flicker* cuando se activa la carga al motor. En la figura 5, observamos que en el segundo 7 y 8, muestra otro pico de sobretensión; observamos en la Figura 7, presente esta sensación de *flicker*, la norma NMX-J-610/4-30-ANCE-2018 [ANCE, 2018], define la medición de los parámetros de calidad de potencia y variaciones rápidas de tensión que afectan la iluminación.



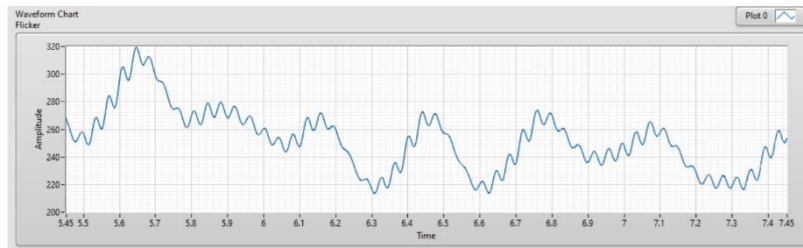
Fuente: elaboración propia

Figura 5 Valores del voltaje RMS en el arranque y en la activación de la carga del motor.



Fuente: elaboración propia

Figura 6 Sensación de efecto *flicker* en el arranque del motor.



Fuente: elaboración propia.

Figura 7 Sensación de efecto *flicker* en la activación de la carga al motor.

4. Discusión

El análisis realizado sobre la señal de voltaje adquirida mediante el sensor ZMPT101B, que fue muestreada a 10 kHz con la DAQ, permitió evaluar la estabilidad del suministro eléctrico y su relación con el fenómeno de *flicker*. Se calculó la magnitud RMS de la tensión en ventanas temporales sincronizadas con la frecuencia de la red (60 Hz), con el objetivo de identificar variaciones rápidas y lentas en el voltaje eficaz.

Los resultados obtenidos mostraron que el valor *RMS* promedio se mantuvo cercano al nominal de 215 V , con algunas fluctuaciones menores al $\pm 1\%$ en la mayoría de los intervalos analizados. Estas variaciones se visualizaron en las gráficas de *RMS* por ventana, donde se aprecia una señal estable con dos picos altos transitorios. De acuerdo con la norma IEC 61000-4-15, cambios de esta magnitud son posibles de generar el *flicker*, sin olvidar que el umbral de sensibilidad humana se incrementa cuando las variaciones son inferiores al 1% y ocurren a frecuencias bajas.

Estos hallazgos son indicativos del suministro analizado, presenta un comportamiento fluctuante y genera molestias visuales en los usuarios, esto es una mala calidad de energía. Sin embargo, en estudios futuros, recomiendo usar un tiempo de muestreo más largo, con la incorporación del cálculo de P_{lt} utilizando la norma IEC 61000-4-15 que nos dice como construir un medidor de efecto *flicker*, y realizar pruebas bajo condiciones de carga variable para ver su variabilidad.

5. Conclusiones

En este trabajo se presentaron diferentes experimentos con diferentes condiciones que confirman hipótesis relacionadas a las causas de la generación del

efecto *flicker* en sistemas con un motor de inducción trifásico. Se observó como las condiciones de arranque usando el variador de frecuencia tienden a generar el efecto *flicker*, el cual visualizamos con la herramienta virtual, la red es afectada por las condiciones de cambio de carga cuando el motor se encuentra en estado estable de funcionamiento a velocidad nominal generado por el cambio de voltaje presente en el motor y generado por el arranque y la carga. Se propone como trabajo futuro hacer experimentos para reducir la incidencia del efecto *flicker* mediante modificación de la configuración del variador de velocidad para tener un arranque aún más suave, así también se propone realizar pruebas del motor conectado directamente a la línea de suministro mediante interruptor para conocer hasta donde puede aumentar el efecto *flicker*. Además, se propone el trabajar con bancos de filtros para reducir la incidencia de los armónicos e inter armónicos pues se tiene la hipótesis de que los armónicos también son causantes del efecto *flicker*.

6. Referencias y Bibliografía

- [1] Aguilar R. (2021) Calidad de la energía eléctrica en sistemas industriales. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Volumen 18, Número 2, páginas 145–154. SciELO México.
- [2] Arranz-Gimon, Ángel; Duque-Perez, Oscar; Morinigo-Sotelo, Daniel; Zorita-Lamadrid, Ángel. 2021. A Review of Total Harmonic Distortion Factors for the Measurement of Harmonic and Interharmonic Pollution in Modern Power Systems. Energies, Volumen 14, artículo 6467. MDPI.
- [3] Asociación de Normalización y Certificación A.C. (ANCE). (2015). NMX-J-610/4-3-ANCE-2015 Compatibilidad Electromagnética (EMC) Parte 4-3: Técnicas de Prueba y Medición – Pruebas de Inmunidad a Campos Electromagnéticos Radiados por Señales de Radiofrecuencia. Ciudad de México: ANCE.
- [4] Asociación de Normalización y Certificación A.C. (ANCE). (2018). NMX-J-610/4-30-ANCE-2018 Compatibilidad Electromagnética (EMC) Parte 4-30: Técnicas de Medición – Métodos de Medición de Parámetros de Calidad de Potencia. Ciudad de México: ANCE.

- [5] Camacho Díaz, Janine Nicole; Francis Quinde, Franklin Rafael; Gresely Santi, Francisco Abel; González Quiñonez, Luis Adrián; Quiñonez Álava, Mayer Santiago; Vergara Estacio, Giuseppe Ibrahin. 2023. Análisis de las causas del efecto *flicker* sobre una red eléctrica doméstica en el barrio 24 de Mayo Codesa. Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies, volumen 3, número 1. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.604>.
- [6] Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2019). IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality (IEEE Std 1159-2019). IEEE Standards Association.
- [7] International Electrotechnical Commission. (2010). IEC 61000-4-15: Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications. Geneva, Switzerland: IEC.
- [8] Mireles Santillán, Sofía; Chávez Bracamontes, Ramón; Cuevas, Jaime Jalomo; Lúa Madrigal, Fernando; Sandoval Pérez, Sergio. 2022. Estudio de la calidad de energía para la identificación de interarmónicos en motores de inducción, utilizando programas de simulación. Revista Ingeniantes, Instituto Tecnológico Superior de Misantla, páginas 3–10.
- [9] P. Gnaciński, M. Pepliński, A. Muc, and D. Hallmann, "Induction Motors Under Voltage Unbalance Combined with Voltage Subharmonics," *Energies*, vol. 17, no. 24, p. 6324, Dec. 2024, doi: 10.3390/en17246324.
- [10] T. Vivekanandan, "High Speed Electrical Drives Harmonic Impact and Mitigation in Induction Motor Winding Insulation: A Perspective of VFD," Sep. 2024, doi: 10.5281/zenod.18137326.