

## **CASO DE ESTUDIO:**

### ***ESTUDIO DE EVENTOS DE CALIDAD DE ENERGÍA EN UNA CLÍNICA.***

Escrito por José Andrés Rodríguez Vásquez, 2025-06-26.

#### **SINOPSIS**

El presente caso estudia la calidad de energía eléctrica suministrada a una Clínica de Salud, enfocándose en tres fenómenos clave: sags, swells, flickers y armónicas. Estos eventos, si no son mitigados, pueden afectar el funcionamiento de equipos médicos sensibles o ser contraproducentes para el personal. El objetivo es determinar la calidad del suministro eléctrico a la instalación.

#### **SAGS, SWELLS Y ARMÓNICAS**

Las caídas de voltaje (sags) y sobretensiones (swells) son variaciones de corta duración en la magnitud de la tensión RMS. Estas perturbaciones pueden provocar reinicios de equipos, fallos en variadores de frecuencia o daños en sistemas de respaldo si estas se presentan con cierta frecuencia [1].

Las armónicas son componentes de frecuencia múltiple de la fundamental (60 Hz) que distorsionan la forma de onda de tensión y corriente. Son típicamente generadas por cargas no lineales como UPS, variadores y equipos médicos electrónicos [1].

Según la IEEE 519, los límites recomendados de distorsión armónica total (THD) en tensión deben mantenerse por debajo del 5 %, y las corrientes armónicas individuales también deben limitarse según el nivel de tensión del sistema [2].

#### **CASO REAL**

Se realizaron mediciones con ayuda de un equipo FLUKE 430-II, en el punto de acoplamiento común (PCC) de la Clínica, entre el 04 y el 11 de diciembre de 2024. Las observaciones principales fueron:

- Se identificaron cinco Sags de tensión fuera de la curva CBEMA, con una duración entre los 7 y 100 ciclos, y con magnitudes que alcanzan el 35% del valor nominal (0.35 pu), aproximadamente.
- Se registraron dos Swells fuera de la curva CBEMA, con una duración entre los 500 y 600 ciclos, y con magnitudes alrededor del 120 % del valor nominal (1.2 pu).
- Se registraron valores de THD en tensión alrededor del 5%, para las tres líneas, estos se encuentran dentro del rango aceptable.
- Se registraron valores de THD en corriente de hasta 40%, para las tres líneas, estos son bastante elevados y están fuera del rango recomendado.
- Se registraron valores altos de corrientes armónicas (Línea 2), tan altos que distorsionan la onda de voltaje, tal y como se puede apreciar en la Figura 3.

- Se registraron valores de Flickers (Perceptible Short-Term) bastante altos durante varios intervalos del día, incluso magnitudes de hasta 8, cuando estos deberían ser menores a 1 (ver Figura 4).
- De manera general, en la curva CBEMA se observan cinco sags y dos swells fuera de los límites que pueden comprometer seriamente los equipos de la clínica.

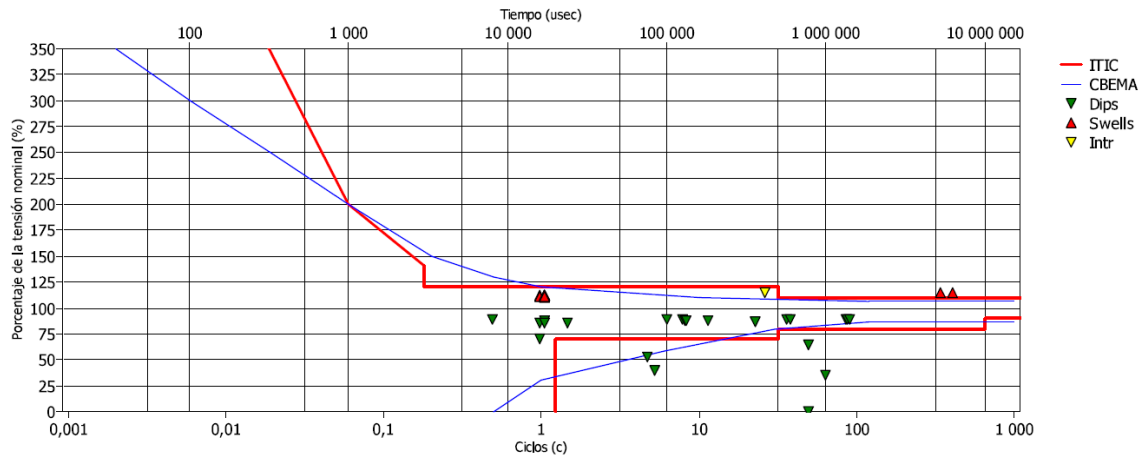


Figura 1. Curva CBEMA de la Clínica.

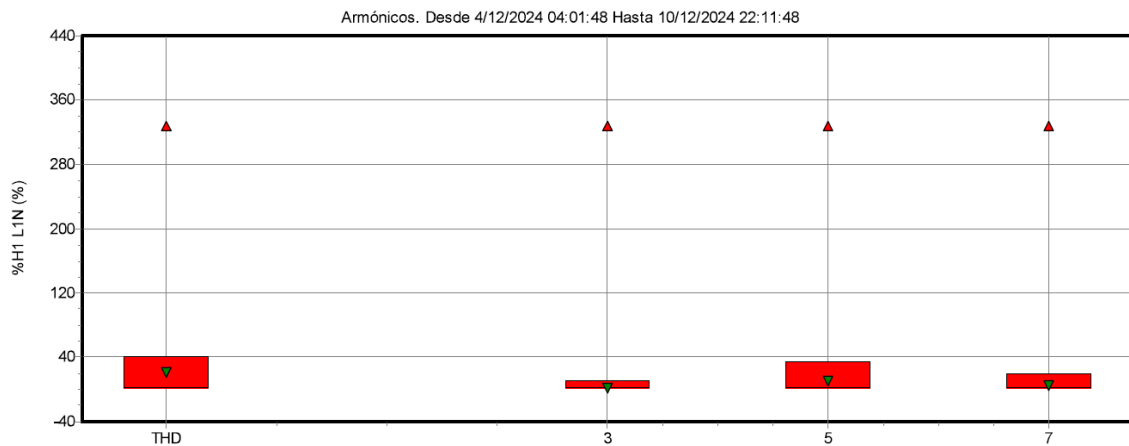


Figura 2. Porcentaje de THD de corriente de la L1.

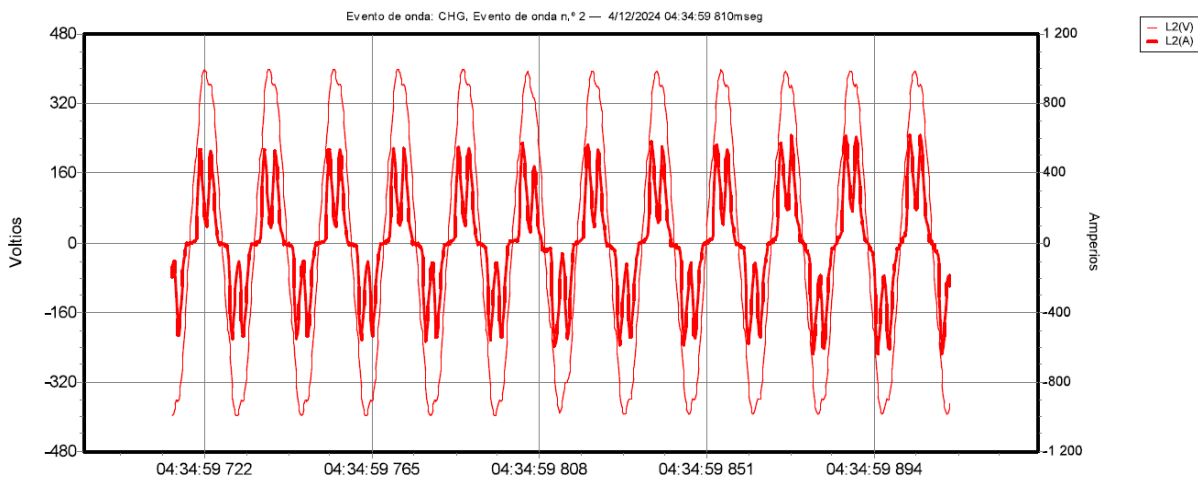


Figura 3. Ondas de tensión y corriente distorsionadas en la L2.

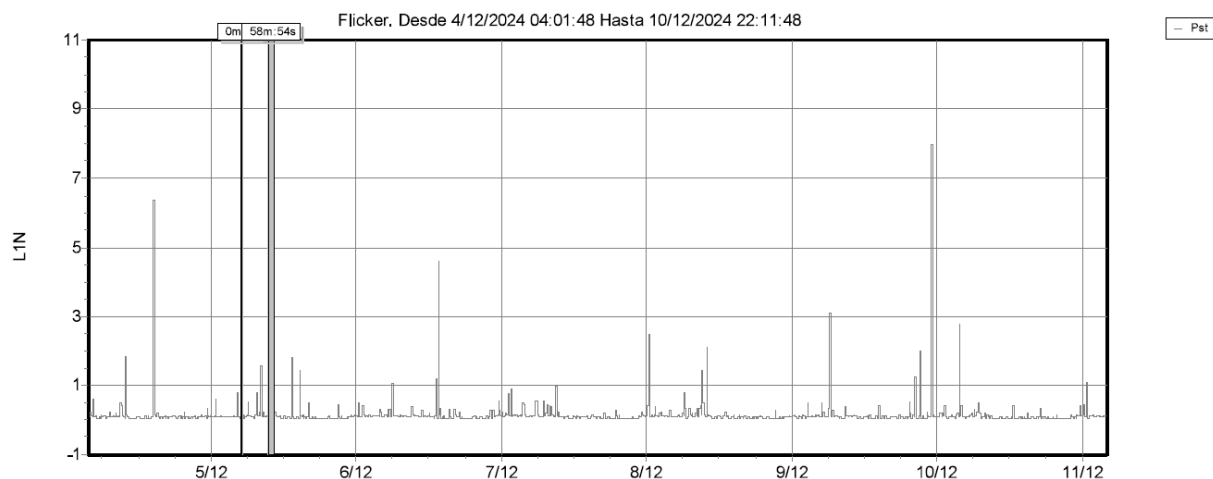


Figura 4. Gráfica de Flickers (Perceptible Short-Term) en la L1.

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

A partir de los eventos obtenidos, puede entenderse que:

- En cuanto a los sags identificados, por su duración y magnitud, se consideran severos ( $V_{\phi\text{severidad}} = 3.25$ ). La ubicación fuera del área azul indica que estos eventos no son tolerables para equipos electrónicos típicos (según CBEMA/ITIC), ya que podrían causar reinicios, fallos de variadores, UPS u otros.
- En cuanto a los swells identificados, por su duración y magnitud, se consideran severos ( $V_{\phi\text{severidad}} = 2$ ). Al ubicarse fuera de los límites (según CBEMA/ITIC), estos son considerados peligrosos para cargas electrónicas sensibles, ya que podrían sobreexcitar transformadores, dañar fuentes conmutadas o incluso disparar protecciones.

- El THD de tensión se mantiene dentro de los márgenes normativos, lo cual indica que la red no está amplificando significativamente las armónicas.
- El THD de corriente supera en gran medida los límites de la IEEE 519, lo cual representa un gran riesgo para las cargas críticas como lo son los equipos médicos de la clínica. Generalmente, un THD de corriente alto se debe a cargas no lineales internas (suelen ser altamente distorsionantes), por lo que es probable que el problema de armónicas provenga de la carga (cliente).
- Los Flickers obtenidos son muy elevados, ya que para que estos no sean perceptibles por el ojo humano deberían estar por debajo de la unidad en magnitud ( $Pst \leq 1$ ), y teniendo en cuenta que la estructura en cuestión es una clínica, se vuelve crítico el que no existan estas molestias visuales por iluminación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- No existe suficiente información para lograr determinar si la causa de los sags es externa (electrificadora) o interna (cliente), sin embargo, los sags registrados son severos y pueden causar daños importantes en los equipos electrónicos.
- No existe suficiente información para lograr determinar si la causa de los swells es externa (electrificadora) o interna (cliente), sin embargo, la larga duración de estos fenómenos podría sugerir que provienen de la red.
- El THD de tensión sugiere que la electrificadora se mantiene dentro de los márgenes y no sería la causante del problema de armónicas.
- El THD de corriente sugiere que probablemente el cliente es el causante del problema de armónicas, debido a las cargas no lineales que pueden ser altamente distorsionantes.
- Para mitigar los sags se recomienda la instalación de UPS y/o transformadores ferroresonantes, que ayudan a mantener la tensión estable en cargas críticas.
- Para mitigar los swells se recomienda el uso de supresores de transientes y/o reguladores de voltaje para limitar el sobrevoltaje momentáneo.
- Para mitigar el efecto de armónicos se recomienda aumentar la corriente de cortocircuito en el disyuntor principal, o bien, implementando filtros de armónicos pasivos o activos.
- Se recomienda tomar acciones correctivas con filtros (activos o pasivos) para reducir la corriente de las armónicas 5 y 7.
- Para mitigar los flickers, se recomienda aumentar la corriente de corto circuito en el disyuntor principal y en los tableros de distribución.

## REFERENCIAS

- [1] R. Sedaghati et al., "A Survey of Voltage Sags and Voltage Swells Phenomena in Power Quality Problems," *Int. J. Sci. Res. Manage.*, vol. 1, no. 9, pp. 458–462, dic. 2013.
- [2] IEEE Standard 519-2014, *IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*, IEEE, 2014.