

CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA

Calidad de energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de:

- ◆ Tensión o Voltaje constante
- ◆ Forma de onda sinusoidal
- ◆ Frecuencia constante

Las desviaciones respecto a los estándares de calidad ocasiona problemas en los equipos eléctricos.

Actualmente en el Perú se cuenta con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) aprobada en Octubre de 1997, en la que se establecen las disposiciones que fijan los estándares mínimos de calidad que garanticen a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno. La Norma también establece que los usuarios finales de la energía eléctrica están obligados a cumplir ciertos requerimientos mínimos que aseguren un buen empleo de la energía eléctrica y que no ocasionen perturbaciones en las redes eléctricas.

La causa de estas perturbaciones se debe principalmente al auge de la electrónica de potencia que en los últimos años han permitido un uso más eficiente de la energía eléctrica y aumentos considerables en la productividad de los procesos industriales pero, por otra parte, han provocado una situación problemática, a veces grave, donde las corrientes armónicas generadas por los propios equipos electrónicos distorsionan la onda de corriente sinusoidal original y perturban la operación de estos mismos equipos, provocando además, calentamientos excesivos y pérdidas de energía en máquinas eléctricas, conductores y demás equipos del sistema eléctrico. El problema no sólo puede sufrirlo el propio usuario propietario de equipos generadores de armónicas, sino que a través de las líneas de distribución y de transmisión puede propagarlo a otros usuarios de la red eléctrica.

Los parámetros de calidad de producto definidos por la Norma Técnica de Calidad, son los siguientes:

Tensión: Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega, 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.

Frecuencia: Variaciones sostenidas de frecuencia

Perturbaciones:

- a) Tensiones armónicas individuales. El Factor de Distorsión total de tensiones armónicas (THD) no debe superar el 3% para tensiones mayores de 60 kV y 5 % para tensiones menores de 60 kV.
- b) Flicker

Calidad de Energía vs Mala Calidad de Energía

Calidad de energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de:

- **Tensión o voltaje constante**
- **Forma de onda sinusoidal (Armónicos)**
- **Frecuencia constante**

Investigaciones llevadas a cabo en estos últimos años, acerca del correcto desempeño de las instalaciones eléctricas, han permitido establecer este nuevo concepto. Cualquier desviación de estos estándares de calidad que ocasione problemas en los equipos eléctricos instalados, recibe el nombre de Mala Calidad de Energía

¿Dónde puede estar el origen de esta Mala Calidad?

Puede tener 2 orígenes: El primero, en la acometida de la red eléctrica que alimenta la instalación, por deficiencias del suministro. El segundo, en la propia instalación.

Los equipos electrónicos modernos (computadoras, variadores de frecuencia, UPS balastos electrónicos) presentan un comportamiento de carga no lineal a diferencia de otros equipos que presentan carga lineal (iluminación, calefactores eléctricos, motores). Normalmente la energía que requieren los equipos de carga lineal es de 60 Hz, de frecuencia y 220 voltios. Sin embargo los equipos electrónicos requieren de una energía de más eficiencia llamada "switch mode" o Modo de interrupción, que funciona a manera de pulsaciones que no tienen forma de onda de voltaje sinusoidal. Estos modernos equipos necesitan de un dispositivo electrónico que convierte la corriente alterna en corriente directa. Aproximadamente el 50% de la energía eléctrica pasa por este dispositivo antes de ser finalmente aprovechada. No obstante, estos dispositivos tienen efectos secundarios que son los que ocasionan la mala calidad de energía.

¿Cuáles son los Problemas que genera la mala Calidad de Energía?

- **Generación de corrientes armónicas**
- **Fugas de corrientes en la red de tierra**
- **Variaciones de voltaje**

Estos fenómenos técnicos ocurren por dos razones principalmente:

- La instalación de equipo electrónico en un ambiente determinado sin haber hecho las modificaciones necesarias en la instalación eléctrica, de tal manera que no hay un equilibrio entre el consumo de energía y la instalación que soporta este consumo.
- La construcción de edificaciones sin el conocimiento de la carga eléctrica que se requerirá para las necesidades de consumo de energía de los equipos que serán instalados.

Qué es una armónica?

Son frecuencias enteras o múltiplos de números enteros de frecuencias fundamentales. Cuando estas se combinan con las ondas sinusoidales fundamentales, forman una onda distorsionada, repetitiva, no sinusoidal. Equipo de consumo no lineal como televisores o computadoras, generan corrientes armónicas que pueden ocasionar problemas de distorsión y esto se refleja en:

- Operación errática de equipo computarizado
- Sobre calentamiento de equipo y conductores
- Falla prematura de equipos
- Disparo de interruptores
- Mayor consumo de energía Eléctrica.
- Sobrecarga y cortocircuito de los bancos de condensadores.
- Sobrecarga en transformadores de distribución y UPSs sin causa aparente.

¿ Cómo prevenir o solucionar estos problemas?

- Mantener baja la impedancia eléctrica.
- Preparar el circuito para que sea capaz de asimilar el contenido de corrientes armónicas que el equipo instalado va a generar.
- Balancear correctamente las cargas en los conductores / fases (3) del suministro.

Fugas de Corriente en la Red de Tierra

Algunos equipos electrónicos filtran la corriente alterna porque tienen un consumo no lineal. El voltaje filtrado aparece como corrientes en el sistema de tierra que tienen frecuencias muy altas (hasta 100 KHz) y que no están sincronizadas con la fundamental de 60 Hz. Estas corrientes que provienen de diferentes equipos se combinan en su desplazamiento hacia tierra. El resultado de esto son las fugas que se encuentran en las principales puntos de tierra. Originalmente la conexión a tierra tenía un propósito de seguridad, proteger al hombre de recibir una descarga eléctrica. Hoy en día la inclusión de equipo electrónico hace que la conexión a tierra tenga que estar preparada para recibir estas corrientes adicionales. El mal funcionamiento de la conexión a tierra puede ocasionar:

- Shocks eléctricos
- Interferencias con los equipos.

¿ Cómo prevenir o solucionar estos problemas?

- Mantener bajas las impedancias en la ruta a tierra
- Disponer un plano del sistema de tierra detallado de tal manera que establezca claramente el origen, el destino de los cables y si estos pueden ser desconectados.

Variaciones de la Tensión o Voltaje

Las variaciones típicas de voltaje son las siguientes :

- Pico de alto voltaje
- Caídas de voltaje
- Parpadeo de voltaje

Estas distorsiones ocasionan el mal funcionamiento del equipo electrónico. La exposición recurrente a estos problemas definitivamente les reduce el tiempo de vida útil.

¿Cómo prevenir o solucionar estos problemas?

- Circuitos dedicados para equipo electrónico especial con sus correspondientes instalaciones de back up como por ejemplo UPS.
- Un sistema de conexión a tierra con un buen diseño y mantenimiento
- Instalación de eliminaciones de sobretensión para protección de áreas claves.
- Sistemas de filtros para complementar todas las acciones anteriores.

Norma de Calidad de los Servicios Electricos Decreto 020-97-EM y Demás Modificatorias

CALIDAD DE PRODUCTO

1) Tensión

Indicador de Calidad $\Delta V_k = \frac{V_k - V_n}{V_n} \times 100 \%$

En donde:

V_k : media de los valores eficaces (RMS) instantáneos medidos en el punto de entrega

V_n : valor de la tensión nominal en el punto de entrega

La evaluación se hace en intervalos de medición de 15 minutos

Tolerancias:

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 $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales puntos.

La energía es de mala calidad si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias por un tiempo superior al 5 % del período de medición. Como para la tensión el período de medición es de 7 días en intervalos de 15 minutos, lo que hace un total de : 672 intervalos de medición.

Compensaciones: ($C_{\Delta V_k}$)

$$C_{\Delta V_k} = \text{Sum. a. Ap. E (p)}$$

p: Intervalo de medición en el que se violan las tolerancias para la tensión.

a: compensación unitaria por violación de tensiones

2ª etapa: a= 0.01 US\$/Kwhr

3ª etapa: a= 0.05 US\$/Kwhr

Ap: Factor de proporcionalidad definido en las siguientes tablas

Indicador ΔV_k	Todo Servicio Ap	Servicio Rural Ap
5 ; 7.5	1	0
7.5 ; 10	6	1
10; 12.5	12	12
12.5 ; 15.0	24	24
15.0 ; 17.5	48	48
17,5	96	96

E (p) : Energía en Kwhr suministrada durante el intervalo de medición de mala calidad p.

2) FRECUENCIA

Indicador de calidad

♦ Variaciones sostenidas de frecuencia

$$\Delta F_k = \frac{F_k - F_n}{F_n} \times 100 \%$$

En donde :

F_k : media de los valores instantáneos de la frecuencia medidos en un punto cualquiera de la red de corriente alterna no aislado del punto de entrega en cuestión.

F_N : Frecuencia Nominal del sistema (60 Hz)

La evaluación se hace en intervalos de medición de 15 minutos

♦ Variaciones Súbitas de frecuencia (VSF) en intervalos de medición de 1 minuto

$$VSF = \sqrt{\frac{1}{1 \text{ min}} \int_0^1 F^2(t) dt - F_N^2} \quad \text{en Hz}$$

- ◆ Variaciones diarias de frecuencia (IVDF) en intervalos de medición de 24 horas

$$IVDF = r + \int_0^{24 \text{ horas}} (F_{(t)} - F_N) dt \text{ en ciclos}$$

r : suma algebraica de los valores de la integral que aparece como segundo término en el miembro derecho de la fórmula para cada uno de los días del año calendario, anteriores al día en que se evalúa la IVDF.

Tolerancias:

Tolerancias Admisibles de Indicadores de Calidad de Frecuencia y Condiciones de Mala Calidad		
Indicador de Calidad	Tolerancias Admisibles	Condición de Mala Calidad
Variación Sostenida de Frecuencia	± 0.6 %	Fuera del rango por 3% del período de medición
Variaciones Súbitas (VSF)	± 1 Hz	Si en 1 período de medición ocurre más de 1 variación
Variaciones diarias (IVDF)	± 600 ciclos	Si en un período de medición se excede los límites

Compensaciones:

- ◆ Por variaciones sostenidas de frecuencia ($C_{\Delta F_k}$)

$$(C_{\Delta F_k}) = \sum_q x \cdot b \cdot Bq \cdot E(q)$$

q: intervalo de medición de 15 minutos

b: compensación unitaria

2ª etapa = 0.01 US\$ / Kwhr

3ª etapa = 0.05 US\$ / Kwhr

Bq: Factor de proporcionalidad definido en la siguiente tabla:

Fk (%)	Bq
0.6 ; 1.0	1
1.0 ; 1.4	10
1.4 o mas	100

E (q) : Energía en Kwhr suministrada durante el intervalo de mala calidad q.

- ◆ Por variaciones súbitas de frecuencia (C_{vsf})

$$C_{vsf} = b \cdot Bm \cdot Pm$$

b : compensación unitaria por VSF

2ª etapa: b = 0.01 US\$ / Kwhr

3ª etapa: b = 0.05 US\$ / Kwhr

Bm : Factor de proporcionalidad que está definido en función del número de variaciones súbitas de Frecuencia (N vsf) que transgreden las tolerancias durante el período de medición.

N	Bm
1 ; 3	1
3 ; 7	10
7	100

P_m : Potencia máxima suministrada durante el período de medición respectivo (un mes) expresado en Kw.

◆ Por Variaciones Diarias (C_{IVDF})

$$C_{IVDF} = \sum_d b \times B_d \times P_d$$

d : día del mes en consideración en que se violen las tolerancias

b : compensación unitaria

2ª etapa: $b = 0.01$ US\$ / Kwhr

3ª etapa: $b = 0.05$ US\$ / Kwhr

B_d : Factor de proporcionalidad de acuerdo a la siguiente tabla en función de magnitud de la integral de variaciones diarias de frecuencia (M) evaluada por el día d .

M (ciclos)	Bd
(600, 900)	1
(900,1200)	10
(1200 ,inf.)	100

P_d : Potencia máxima suministrada durante el día d , expresada en Kw

3) FLICKERS

Indicador de Calidad: Indice de severidad por flicker de corta duración P

Se evalúan para intervalos de medición de 10 minutos durante un período de medición de 7 días como mínimo.

Tolerancias :

$$P_{st} \leq 1$$

4) ARMONICOS

Indicador de calidad:

◆ Tasa a factor de distorsión individual de cada armónico (V)

$$V_{in} = \frac{V_i}{V_N} \times 100\%$$

V_i = Valor eficaz de la tensión armónica de orden i en voltios

V_N = Valor nominal de la tensión en el punto de medición , en voltios

V_{in} = Factor o tasa individual de la tensión armónica de orden i en %

◆ Tasa o factor de distorsión total por armónicos (THD)

$$THD = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}{V_N^2}}$$

V_i = valor RMS de la tensión armónica de orden i en voltios

V_n = Valor nominal de la tensión en el punto de medición en voltios

THD = Factor de distorsión total por armónicos en %

Estos indicadores se evalúan en intervalos de medición de 10 minutos, durante un período de medición de 7 días.

VALORES MAXIMOS DE PETURBACIONES ELECTRICAS

Orden "n" de Armónicos o THD	Tolerancia %
2	2.0
3	5.0
4	1.0
5	6.0
6	0.5
7	5.0
8	0.5
9	1.5
10	0.5
11	3.5
12	0.2
12	3.0
14	0.2
15	0.3
16	0.2
17	2.0
18	0.2
19	1.5
20	0.2
21	0.2
22	0.2
23	1.5
24	0.2
25	1.5
26	0.2
27	0.2
28	0.2
29	0.6
30	0.2
31	0.6
32	0.2
33	0.2
34	0.2
35	0.6
36	0.2
37	0.5
38	0.2
39	0.2
40	0.2
THD	8.0
Flicker Pst	1.0

STILAR ENERGY SRL
TELFAX: 51-1- 358-4879
Email: stilar@ec-red.com