

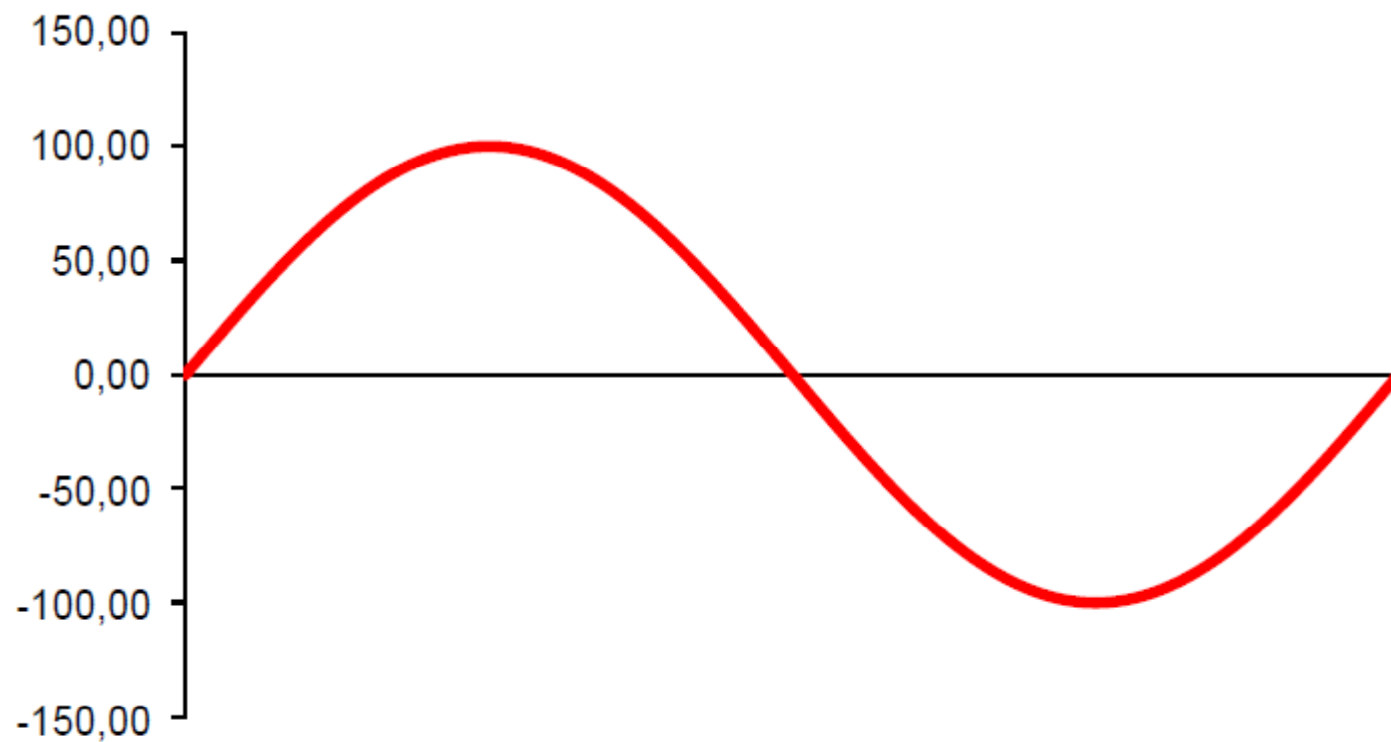
CALIDAD DE LA ENERGIA ELECTRICA



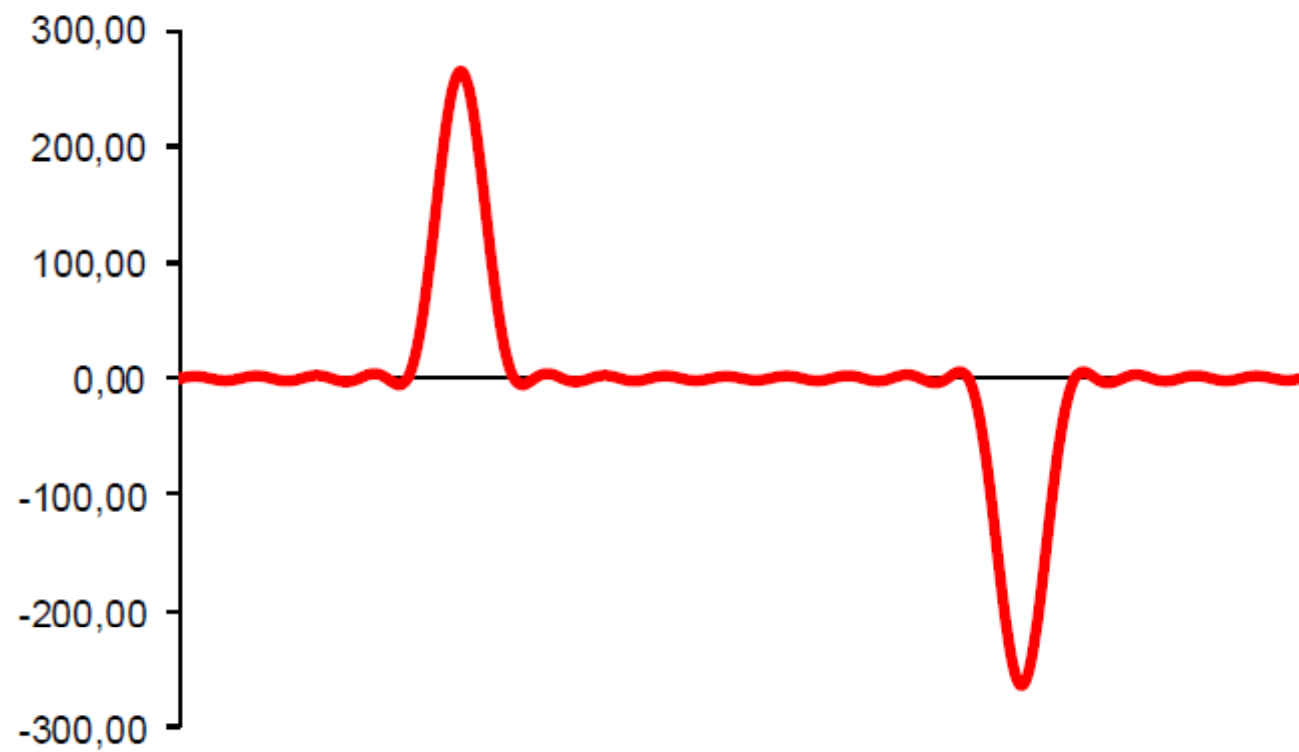
Ing. Eduardo Tiravanti Zapata CIP 67938

CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

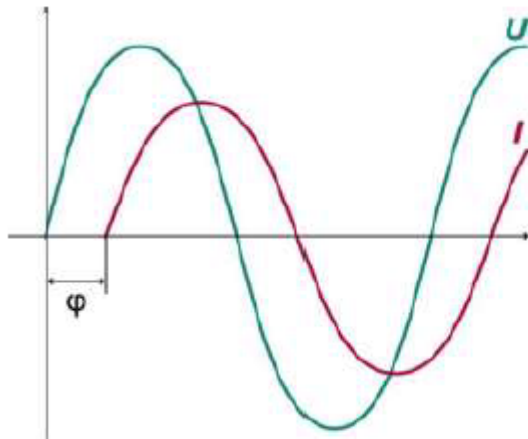
Onda Ideal



Onda distorsionada

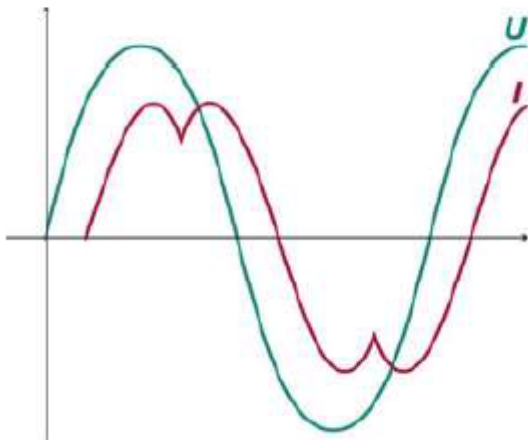


Tipo de cargas



Carga lineal:

- Intensidad absorbida es con forma de onda senoidal .
- Ej.: resistencias, cargas inductivas en régimen permanente y no saturadas. (motores, transformadores...).

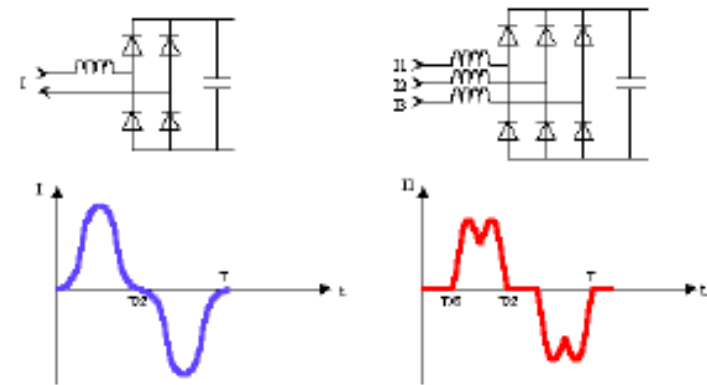
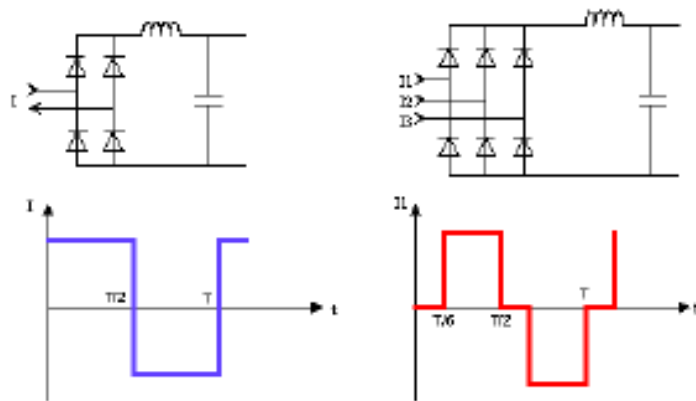
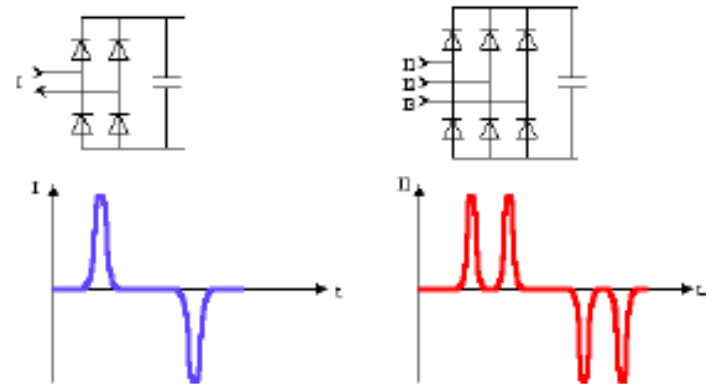


Carga no lineal o deformante:

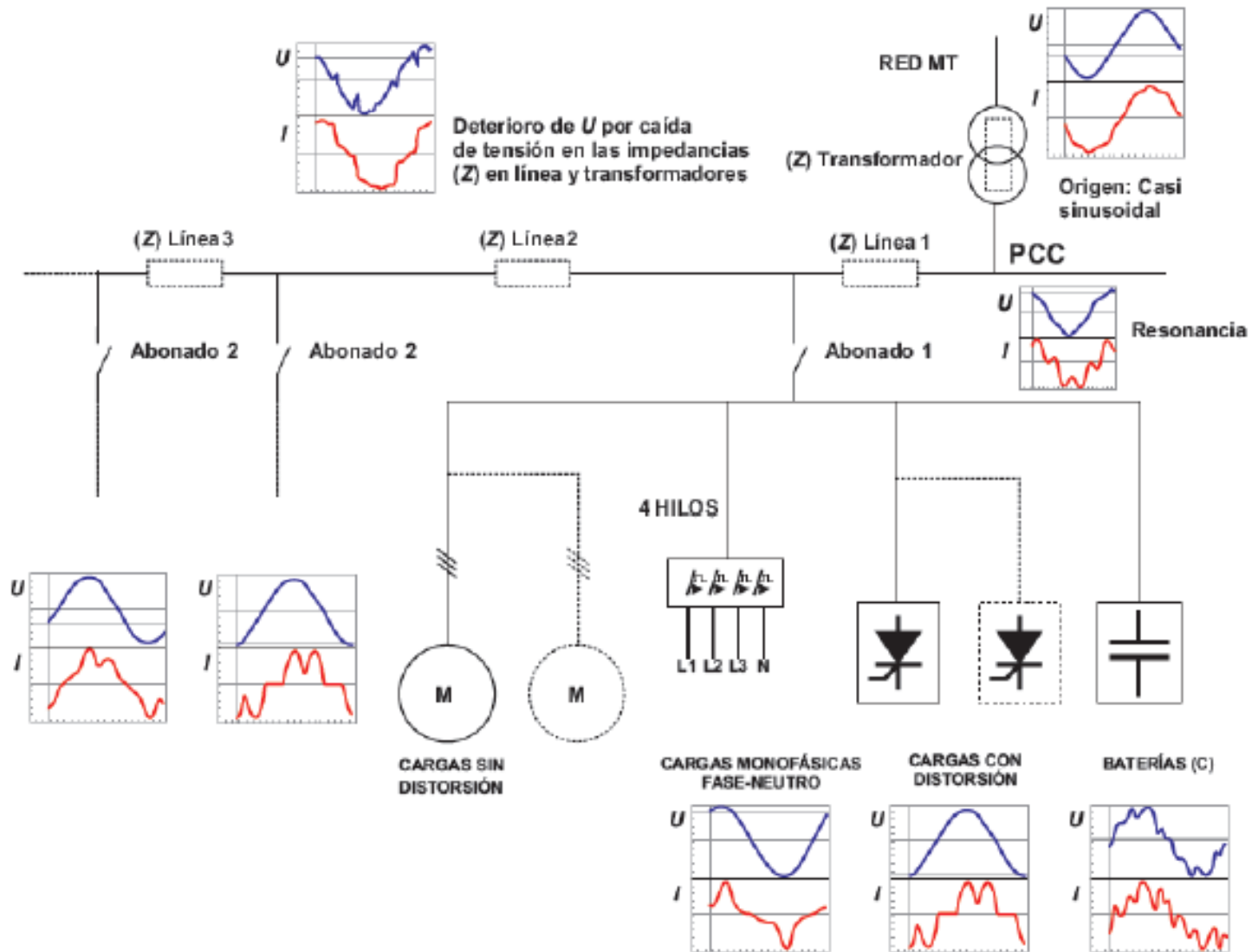
- Intensidad absorbida es con forma de onda no senoidal. Existencia de armónicos.
- Ej.: Arrancadores, variadores de velocidad...

Fuentes típicas de armónicos

- Rectificadores sin inductancia de filtrado
- Rectificadores con inductancia de filtrado en el lado de continua
- Rectificadores con inductancia de filtrado en el lado de alterna



Que distorsiona la tensión?

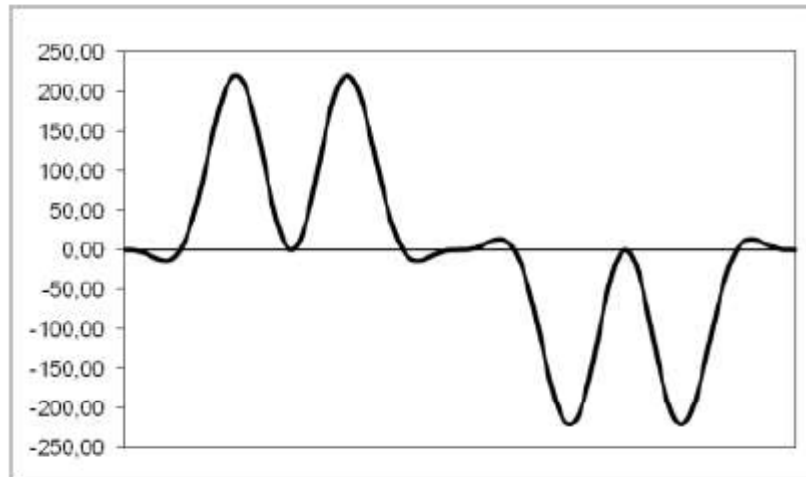


¿Que hacen los armónicos?



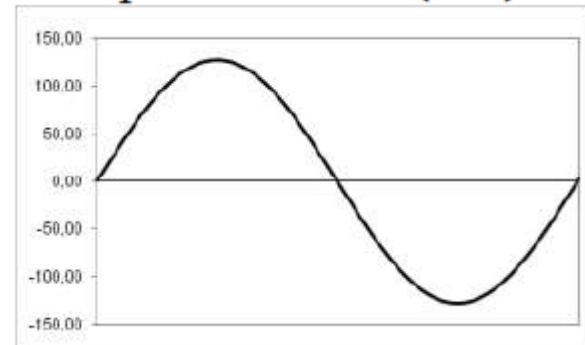
Armónicos

El armónico de una onda es un componente en frecuencia de la señal que es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.

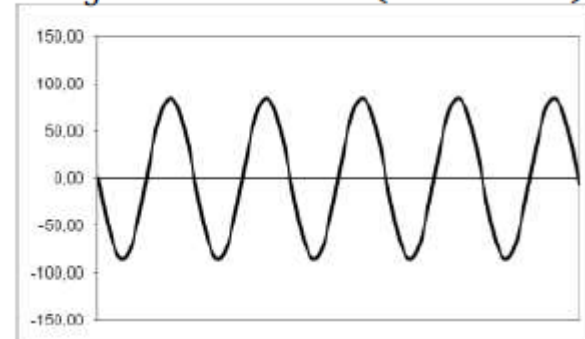


$$X(t) = X_1 + X_5 + X_7$$

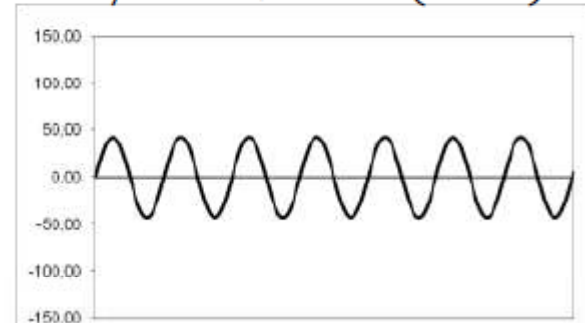
$$X_1 = 90\sqrt{2} \cdot \sin(2\pi t)$$



$$X_5 = 60\sqrt{2} \cdot \sin(2\pi 5t + \pi)$$

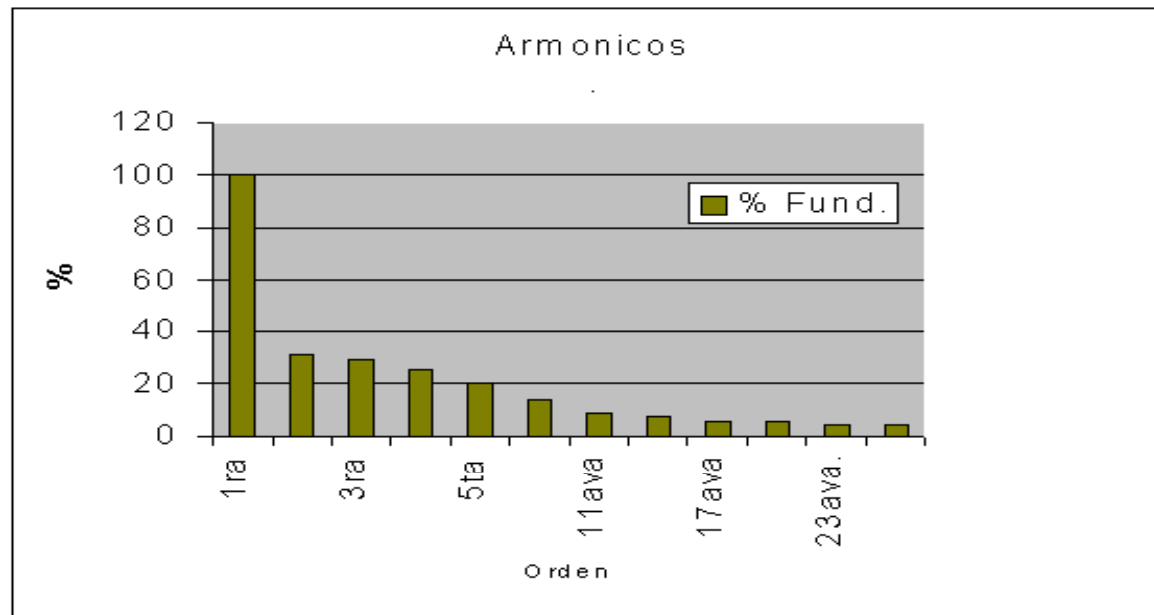


$$X_7 = 30\sqrt{2} \cdot \sin(2\pi 7t)$$



DISTORSIÓN ARMÓNICA

- La distorsión armónica se debe a la presencia de **cargas no lineales**, las que generan componentes de frecuencias múltiplos de la fundamental.
- Las armónicas son simplemente múltiplos de la frecuencia fundamental (60 Hz, 50 Hz en otros países). Valores típicos para las armónicas en un sistema eléctrico real corresponden a la: 5^a (300 Hz), 7^a (420 Hz) y 11^a (660 Hz) armónicas, etc.
- Sus magnitudes se expresan como porcentaje de la magnitud fundamental.
- Los armónicos se calculan según el estándar internacional IEC1000-4-7



FACTORES DE EVALUACIÓN PARA ARMÓNICAS DE TENSIÓN

Factor de distorsión individual de cada armónico (Vli):

$$V_{ln} = V_n / V_N * 100 \%$$

V_n : Valor eficaz de la tensión armónica de orden “n” en voltios

V_N : Valor nominal de la tensión en el punto de medición en voltios

Factor de distorsión total por armónicas (THD):

$$THD = \sqrt{(V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_{40}^2)} / V_N$$

V_i : Valor TRMS de la tensión armónica de orden “i” en voltios

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

FACTORES DE EVALUACIÓN PARA ARMÓNICAS DE CORRIENTE

Factor individual de corriente armónica (A_i):

$$A_{In} = A_n / A_N * 100 \%$$

Donde:

A_n : Valor eficaz de la corriente armónica de orden “n” en amperios

A_N : Valor nominal de la tensión en el punto de medición en amperios

Factor de distorsión total por corrientes armónicas (THD):

$$THD = \sqrt{(A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_{40}^2)} / A_N$$

Donde:

A_i : Valor TRMS de la corriente armónica de orden “i” en amperios

A_N : Valor nominal de la corriente en el punto de medición, en amperios

NORMA TÉCNICA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELÉCTRICOS- NTCS DS 020-97-EM

OBJETIVO

- El objetivo de la norma es establecer los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, incluido el alumbrado público, las obligaciones de las empresas de electricidad y los clientes que operan bajo el régimen de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844.
- Norma el desarrollo de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica.
- Establece los niveles **mínimos de calidad** de los servicios eléctricos incluido el alumbrado publico y las obligaciones de las empresas de electricidad y los clientes.

PERTURBACIONES

- **INDICADORES: Índice de severidad por Flícker Corta Duración (PST)**
- **Tensiones armónicas individuales (V_i ; $i = 2 \dots 40$)**
$$V_i(\%) = V_i / V_N * 100$$
- **Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD)**
$$THD(\%) = \sqrt{(V^2_1 + V^2_2 + \dots + V^2_{40})} / V^2_N$$
- **Se evalúa para cada Intervalo de medición de 10 o 15 minutos.**

TECNOLOGÍA MODERNA: MEDICIÓN Y ANÁLISIS

¿Qué parámetros son relevantes y cómo deben ser ellos medidos?

Analizadores portátiles y/o fijos deben medir la calidad de servicio eléctrico en relación a las normas internacionales (IEC 1000-4-7, IEC 1000-4-15 - antes IEC 818), que son la base de la norma Peruana NTCSE.

El equipo de medición debe cumplir con los requerimientos mínimos de medición dados por las normas internacionales antes indicadas y tener un software aplicativo de fácil uso.

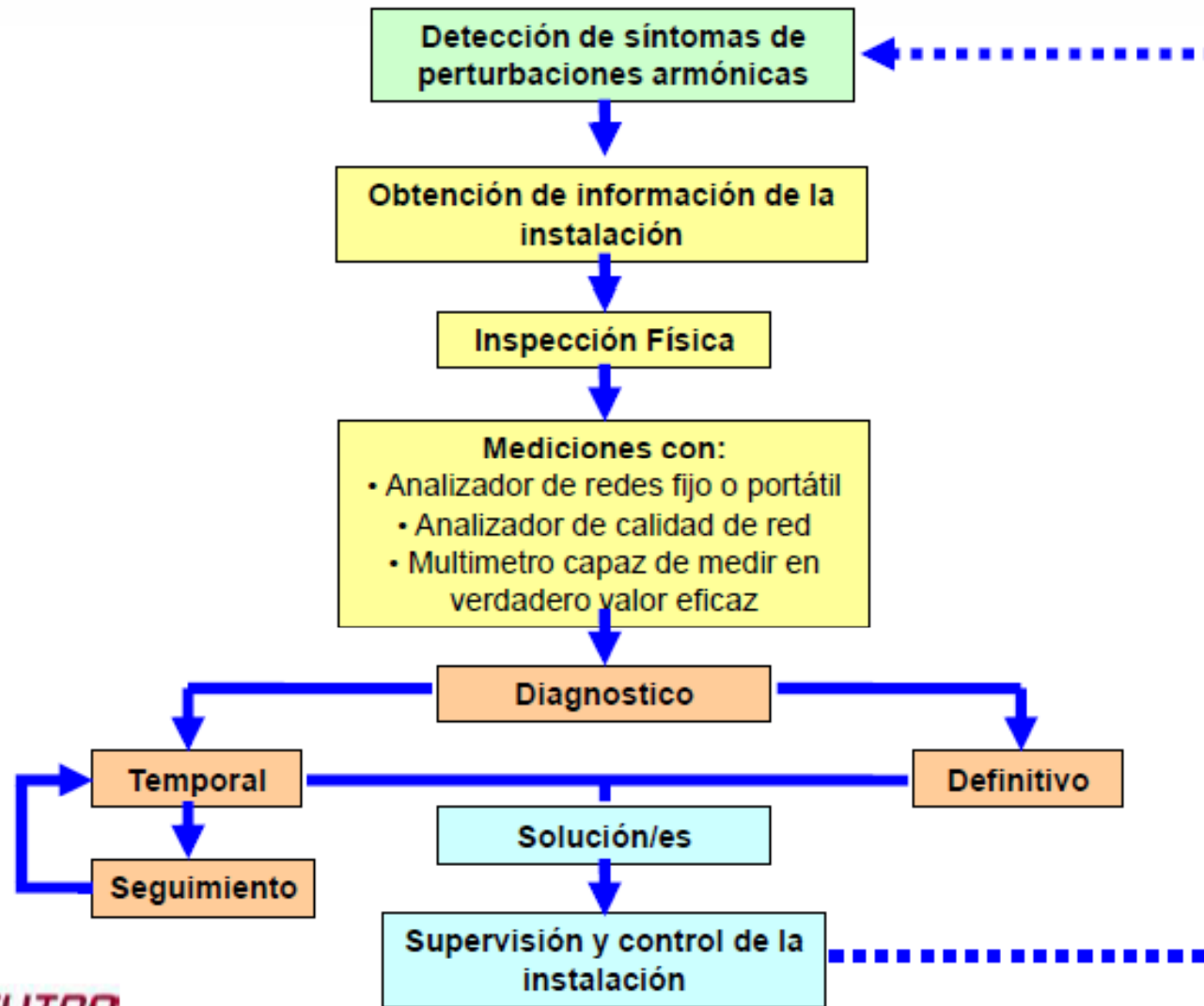
TECNOLOGÍA MODERNA: MEDICIÓN Y ANÁLISIS

¿Qué parámetros son relevantes y cómo deben ser ellos medidos?

Es imprescindible que pueda medir los armónicos individuales hasta el 40 como mínimo. Así mismo debe registrar en simultáneo las distorsiones armónicas THD, Flícker PST y las demás variables de corriente alterna. Esto permitirá un análisis exhaustivo que conlleve a conocer exactamente el estado de nuestra red eléctrica.

Es necesario hacer un estudio de calidad de energía por lo menos una vez al año, sea con el propio equipo de medición o en su defecto contratando el servicio a profesionales especializados.

Protocolo de actuación





CONSECUENCIA DE LOS ARMÓNICOS

| ELEMENTO | PROBLEMA | EFECTO |
|-----------------------------|---|--|
| Conductor | <ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la corriente • Aumento de pérdidas térmicas (efecto Joule) | <ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento cables (deterioro) • Disparo de protecciones |
| Conductor de Neutro | <ul style="list-style-type: none"> • Circulación armónicos múltiplos de 3 • Retorno por el conductor de neutro | <ul style="list-style-type: none"> • Sobreintensidad por el neutro • Calentamiento del neutro • Degradación prematura • Disparo de protecciones |
| Condensador | <ul style="list-style-type: none"> • Resonancia paralelo con el sistema • Amplificación de los armónicos | <ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento condensadores • Envejecimiento prematuro de condensadores • Destrucción de condensadores |
| Maquinas Eléctricas | <ul style="list-style-type: none"> • Circulación de corrientes armónicas por los devanados y tensiones armónicas en bornes | <ul style="list-style-type: none"> • Sobrecalentamiento y pérdida de aislamiento térmico (efecto Joule) • Aumento pérdidas magnéticas (por Histéresis y Foucault) • Desclasificación (Transformador) • Vibraciones en el eje, desgaste mecánico en rodamientos y excentricidades (motores) |
| Equipos de Medida y Control | <ul style="list-style-type: none"> • Medidas no válidas • Errores en procesos de control | <ul style="list-style-type: none"> • Valores de magnitudes incorrectas • Interferencias con sistemas de comunicación y control • Error en los instantes de disparo de tiristores |

¿CÓMO PREVENIR O SOLUCIONAR PROBLEMAS DE CALIDAD ELÉCTRICA?

- 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.
- Mantener bajas las impedancias en la ruta a tierra.
- Preparar el circuito para que sea capaz de asimilar el contenido de corrientes armónicas que los equipos instalados vayan a generar.

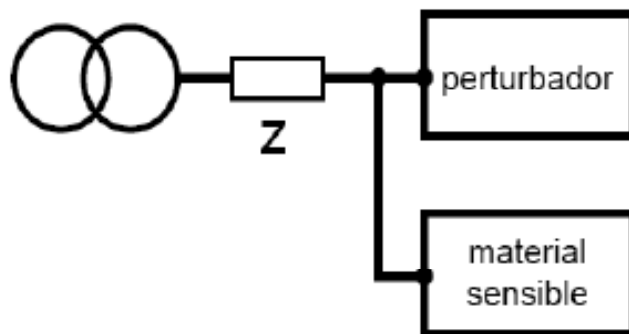
¿CÓMO PREVENIR O SOLUCIONAR PROBLEMAS DE CALIDAD ELÉCTRICA?

- Balancear correctamente las cargas en los conductores/fases (3) del suministro.
- Disponer un plano detallado del sistema a tierra, de tal manera que establezca claramente el origen, el destino de los cables y si estos pueden ser desconectados.
- Sistemas de filtros específicos para complementar todas las acciones anteriores, el objetivo de un filtro de armónicos es proporcionar una trayectoria a tierra de baja impedancia para los armónicos de tensión o corriente, con el fin de facilitar su circulación a tierra y prevenir su propagación en el resto del sistema.

Estructura de la instalación

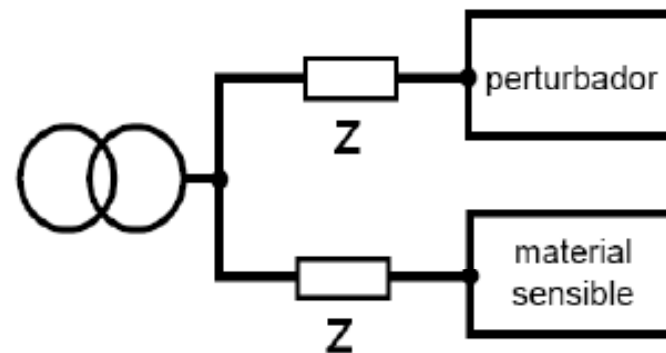
Separar las líneas de alimentación de los equipos que generan armónicos de las que alimentan equipos sensibles

a) Solución a evitar



Los armónicos afectan mas al material sensible que a la red general.

b) Solución preferible



Los armónicos afectan mas a la red general que al material sensible.

Soluciones FR y FRE

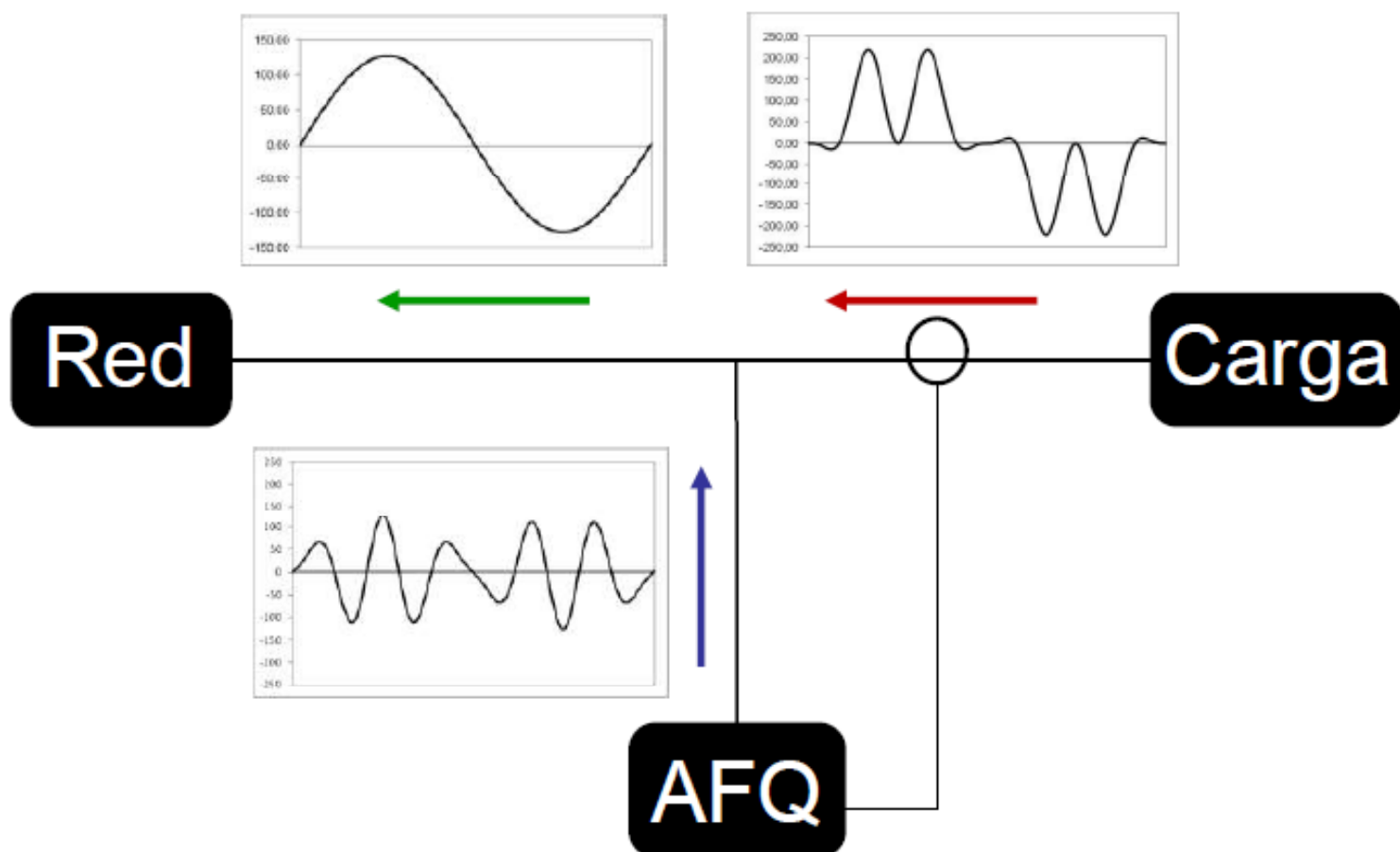


Solución para redes polucionadas y con alto riesgo de resonancia

Reactancia de filtrado RB

Condensador CF diseñado para filtros de rechazo

FILTRO ACTIVO AFQ DE CIRCUTOR



CONCLUSIONES

- Los **clientes** o usuarios finales consumen energía, pero a la vez, **generan disturbios, los cuales no deben superar los índices indicados en la norma** esto con el fin que ellos no sean los que paguen las compensaciones a otros clientes que se vean afectados por las perturbaciones que ellos generen.
- Una vez identificado el problema se procederá a un estudio minucioso para la correcta solución del problema. Estos estudios de evaluación y diagnóstico deben realizarse por lo menos una vez al año.



STILAR ENERGY

Especialistas en Eficiencia Energética

Correo: etiravanti@stilar.net

Celular: 998663749