

Conociendo los armónicos eléctricos



Víctor Castrillo

Responsable de Producto Reactiva BT y
Filtardo de armónicos

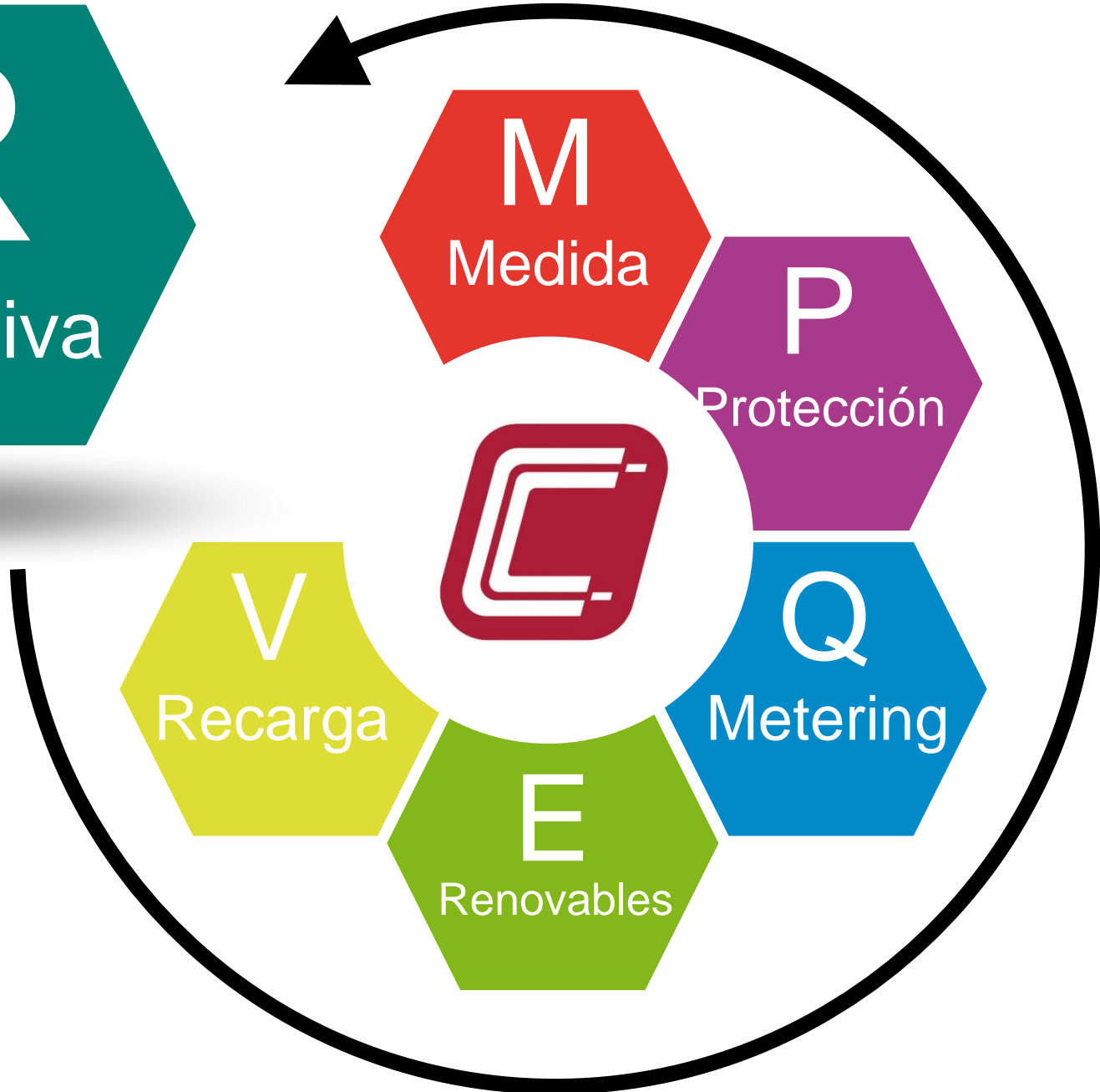
División Calidad de la Red



@Circutor
#reactiva

vcastrillo@circutor.com





Costes de en una instalación



Costes económicos

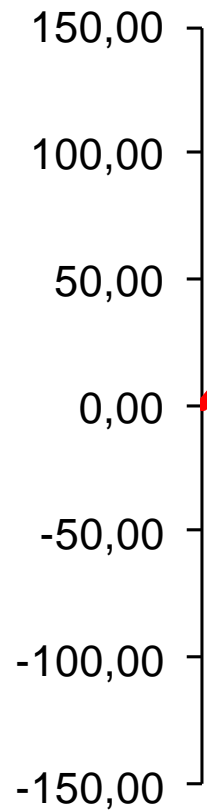
Los costes económicos son a menudo difíciles de cuantificar, ya que se componen por unos costes visibles (factura electricidad) y ocultos.

Estos costes económicos ocultos, vienen normalmente, de unos costes técnicos previos, y que se cuantifican cuando ya es tarde.

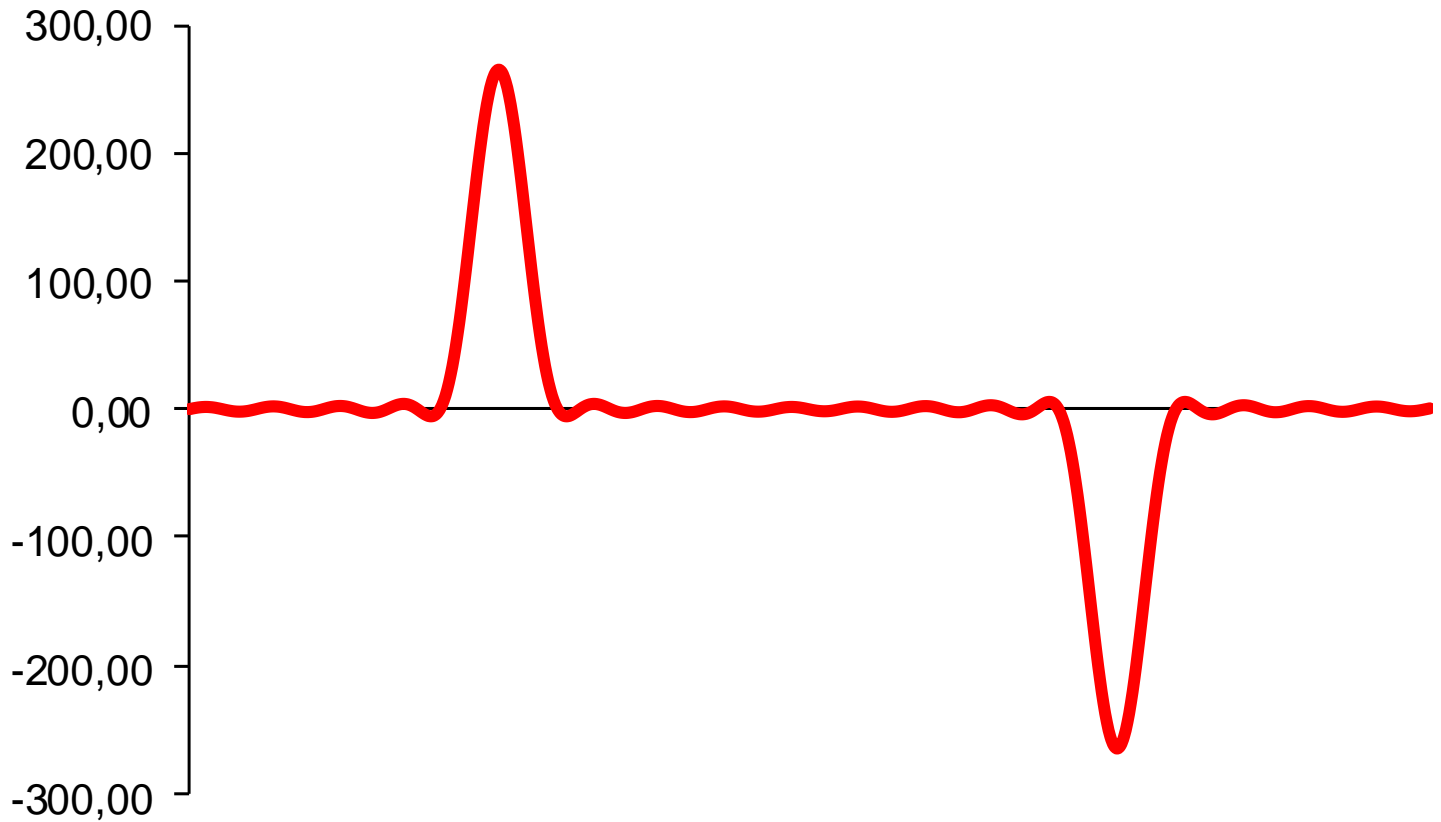
Industry	Typical financial loss per event (€)	
Semiconductor production	3,800,000	
Financial trading	6,000,000	per hour
Computer centre	750,000	
Telecommunications	30,000	per minute
Steel works	350,000	
Glass industry	250,000	

**¿Qué son los
armónicos?**

Onda Ideal

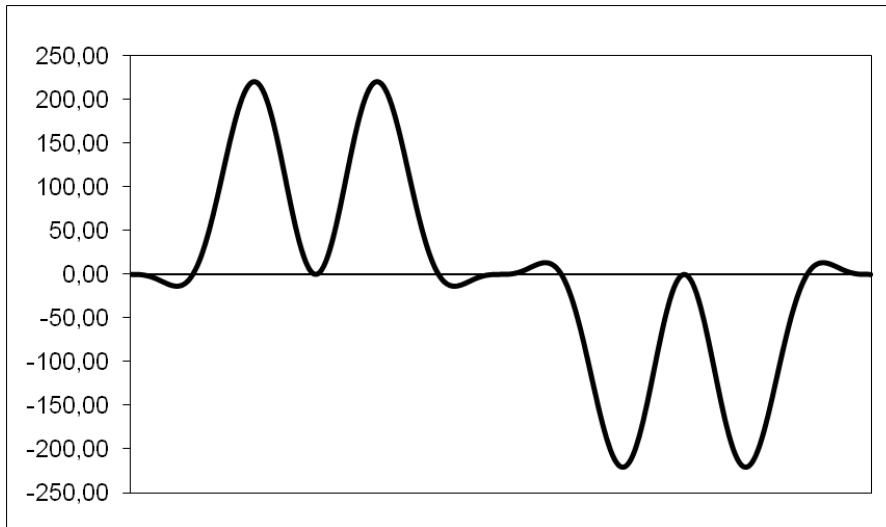


Onda distorsionada



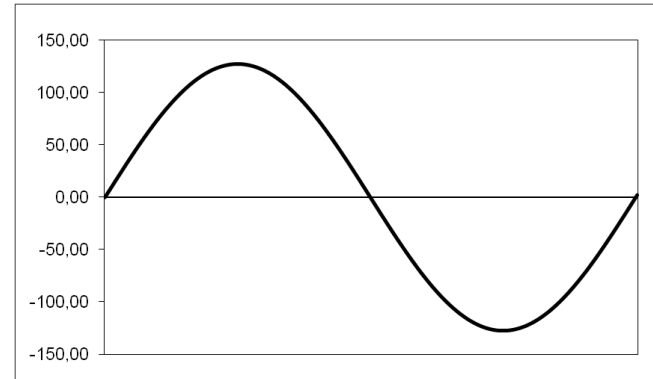
Armónicos

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

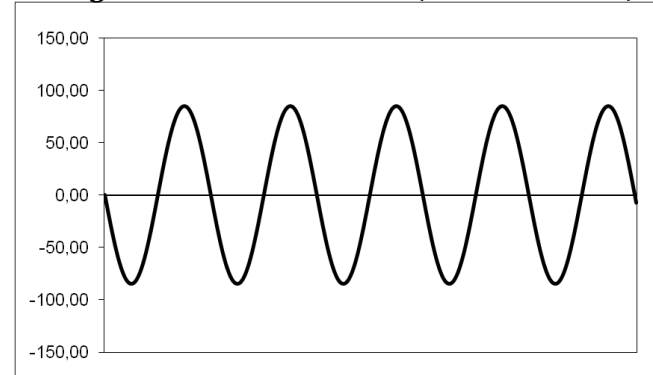


$$X(t) = X_1 + X_5 + X_7$$

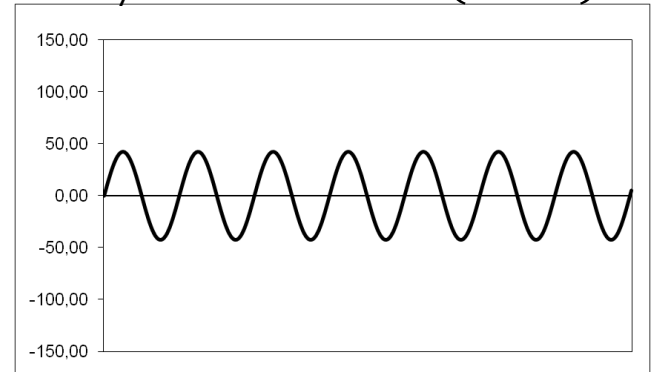
$$X_1 = 90\sqrt{2} \cdot \sin(2\pi t)$$



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

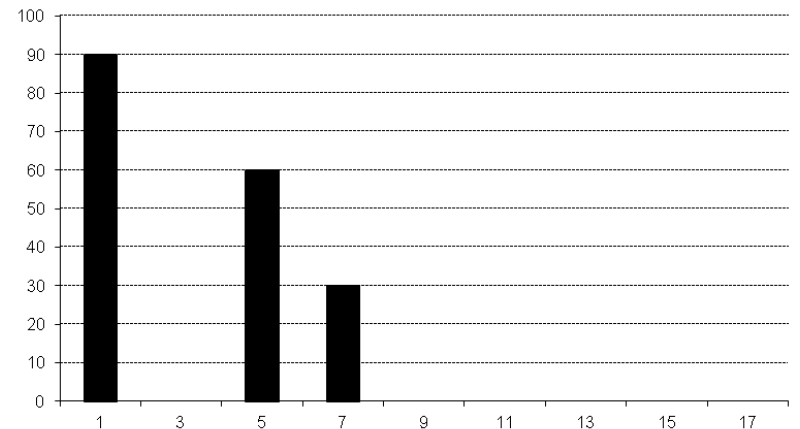
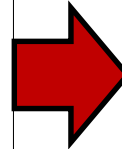
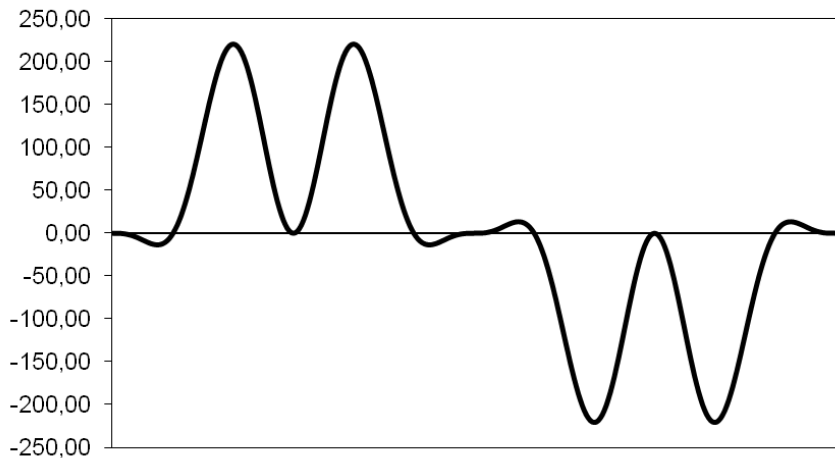


$$X_7 = 30\sqrt{2} \cdot \sin(2\pi 7t)$$



Armónicos

La forma de mostrar la cantidad de armónicos es mediante el **espectro**.

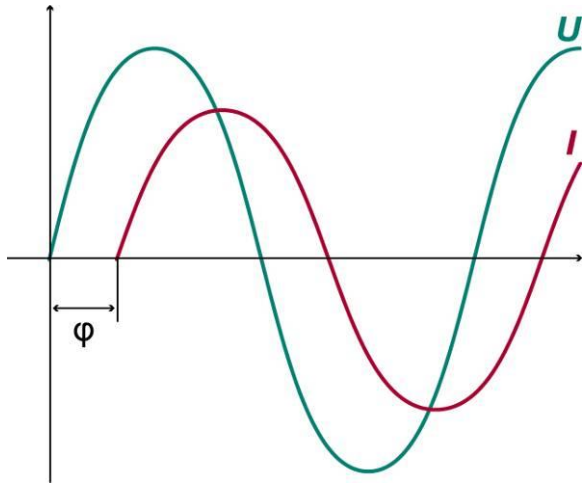


Dominio del tiempo

Dominio de la frecuencia
(Espectro)

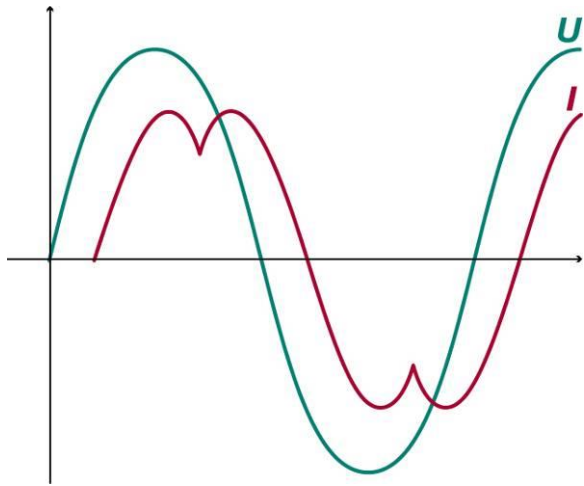
¿Quién genera los armónicos?

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...).

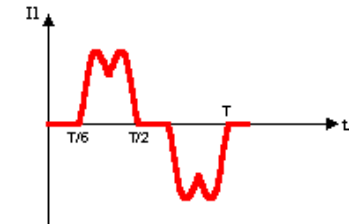
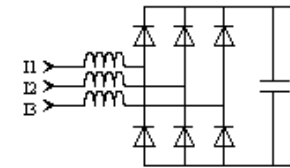
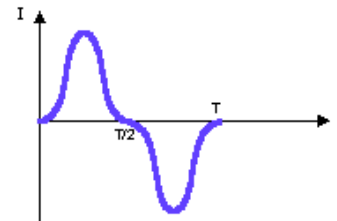
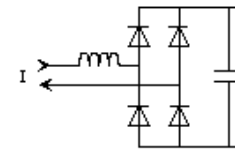
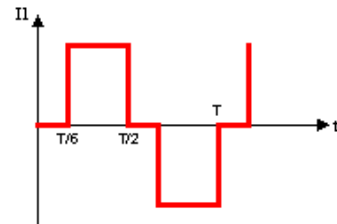
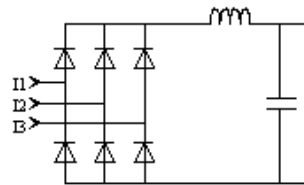
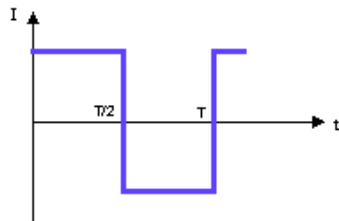
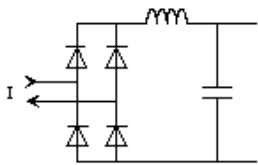
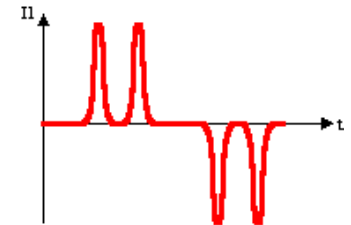
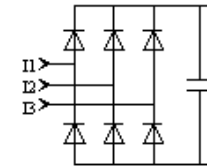
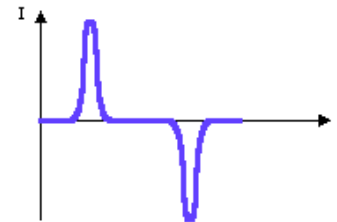
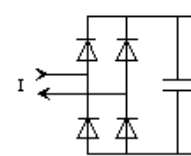


Carga no lineal o deformante:

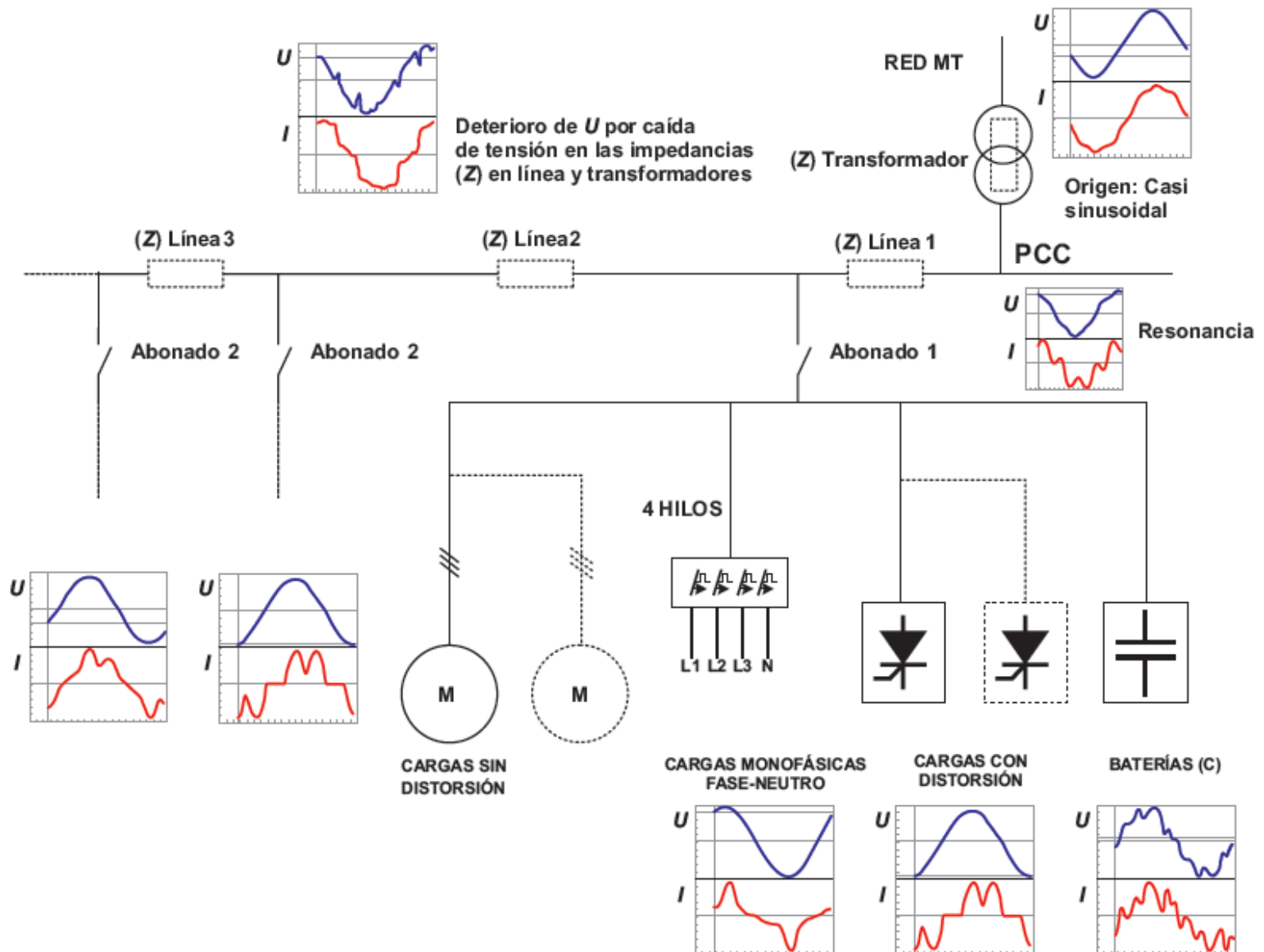
- Intensidad absorbida es con forma de onda no senoidal. Existencia de armónicos.
- Ej.: Arrancadores, variadores de velocidad...

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?



**¿Cómo medimos
los armónicos?**

Parámetros básicos

- Valor eficaz/RMS:

$$I_{RMS} = \sqrt{\sum_{1}^n I_d^2}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\sum_{1}^n V_d^2}$$

- Distorsión individual:

$$I_n(\%) = \frac{I_n}{I_1} \cdot 100$$

$$V_n(\%) = \frac{V_n}{V_1} \cdot 100$$

- Tasa de distorsión armónica:

$$THDI(\%) = \frac{\sqrt{\left(\sum_{2}^{40} I_n^2\right)}}{I_1} \cdot 100$$

$$THDU(\%) = \frac{\sqrt{\left(\sum_{2}^{40} U_n^2\right)}}{U_1} \cdot 100$$

¿Qué aumento de sueldo prefieres?



50%



0,5%

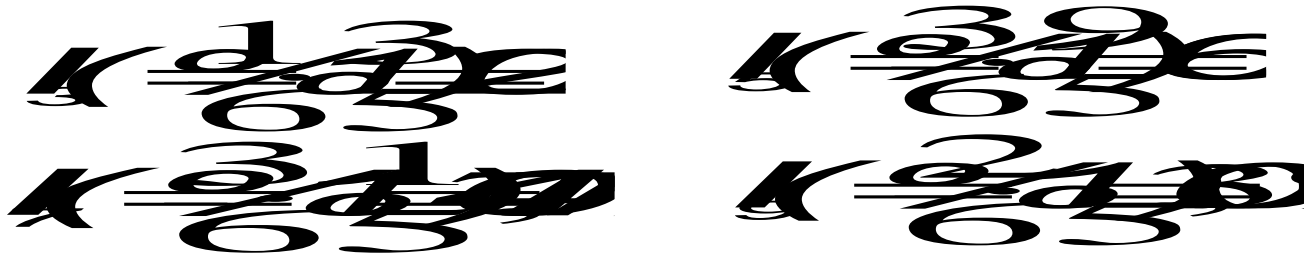
Ejemplo de medidas fundamentales

$I_1=65A$; $I_3=13A$; $I_5=39A$; $I_7=31A$; $I_9=2A$

- *Valor Eficaz:*



- *Distorsión Individual:*

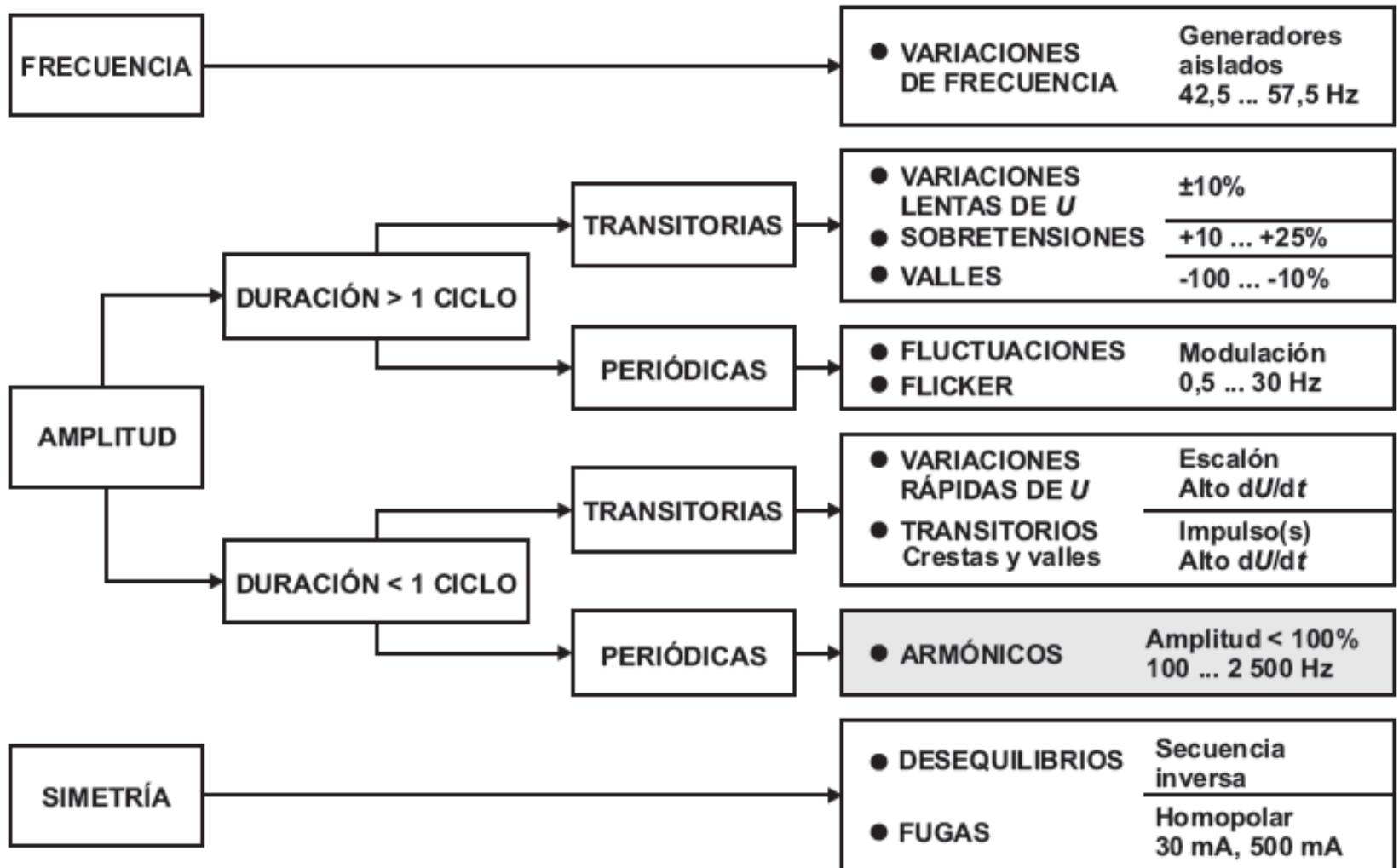


- *Tasa de Distorsión Armónica:*



¿Qué hacen los armónicos?

¿Los armónicos son culpables de todos los problemas?



¿Que hacen los armónicos?

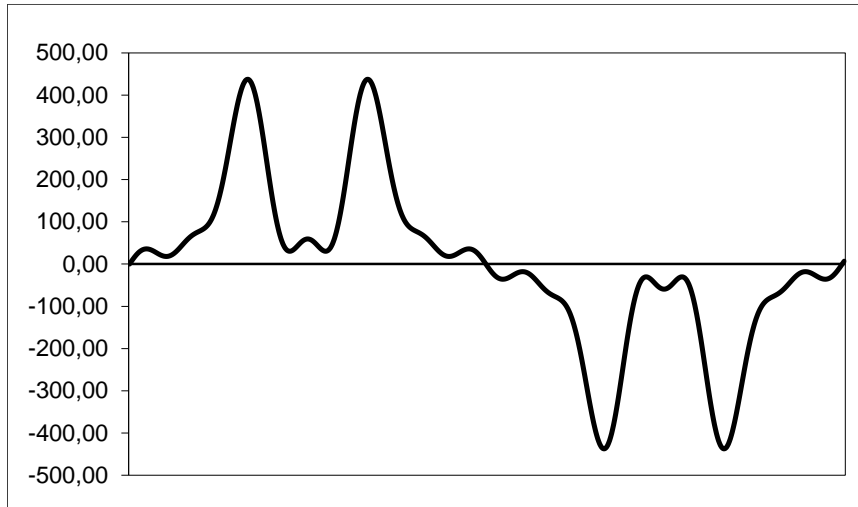


Efecto de los armónicos

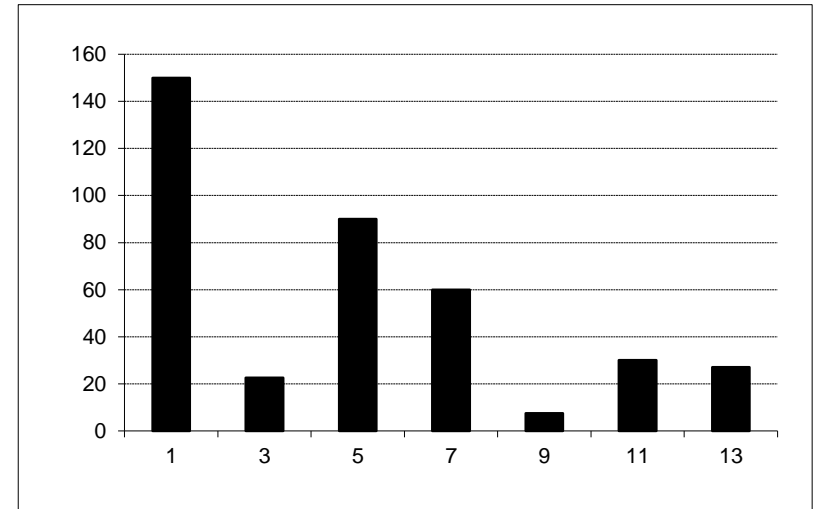
ELEMENTO	PROBLEMA	EFECTO
Conductor	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la corriente • Aumento de pérdidas térmicas (efecto Joule) 	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento cables (deterioro) • Disparo de protecciones
Conductor de Neutro	<ul style="list-style-type: none"> • Circulación 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

Efecto de los armónicos

Forma de onda distorsionada



Espectro en frecuencia



Armónico	Frecuencia (Hz)	I (A)
1º	50	150
3º	150	22,5
5º	250	90
7º	350	60
9º	450	7,5
11º	550	30
13º	650	27

Incremento Corriente	21,37%
----------------------	--------

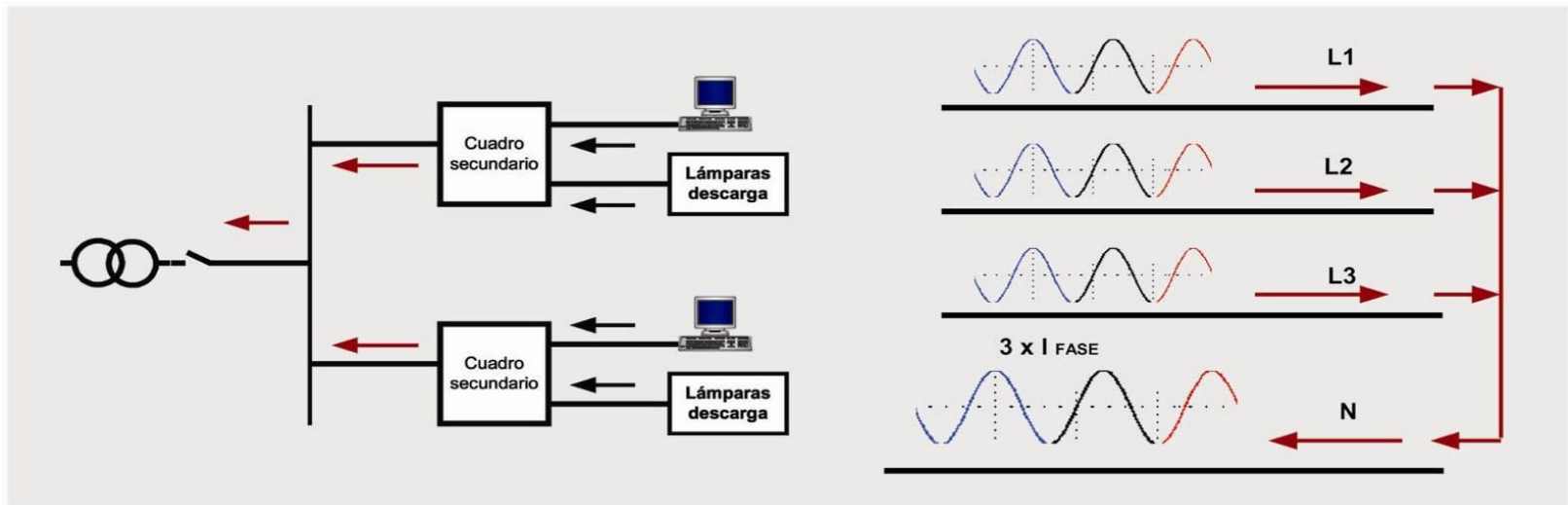
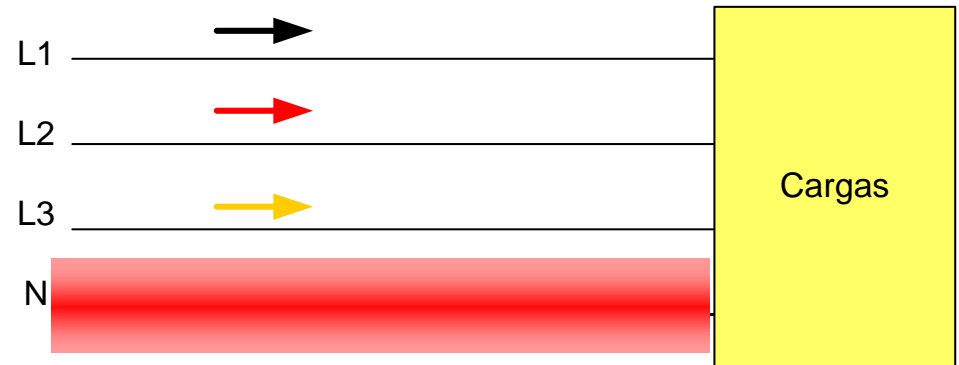
Incremento Perdidas	38,17%
---------------------	--------

THDI%	79%
-------	-----

Efecto de los armónicos

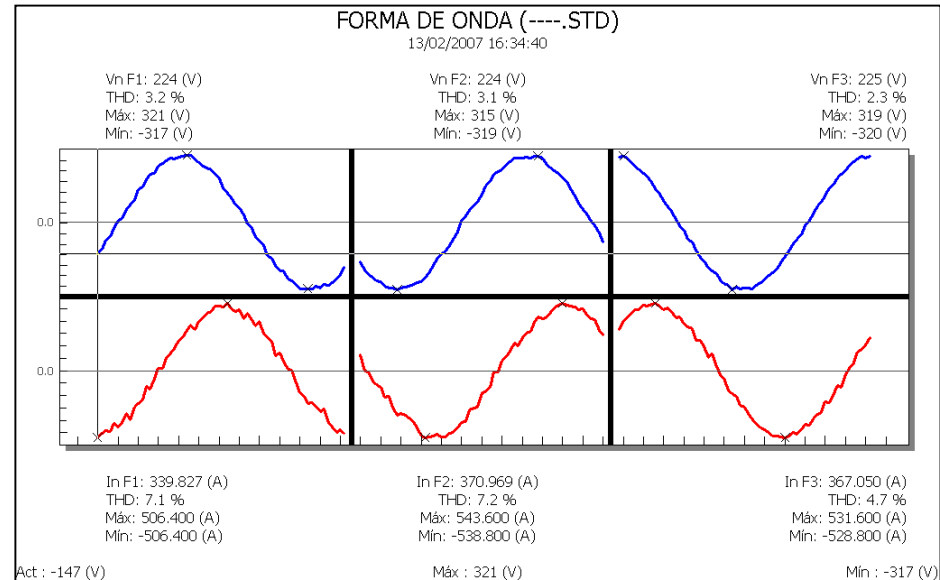
- **Conductor de Neutro**

Retorno de las corrientes homopolares (armónicos 3K)

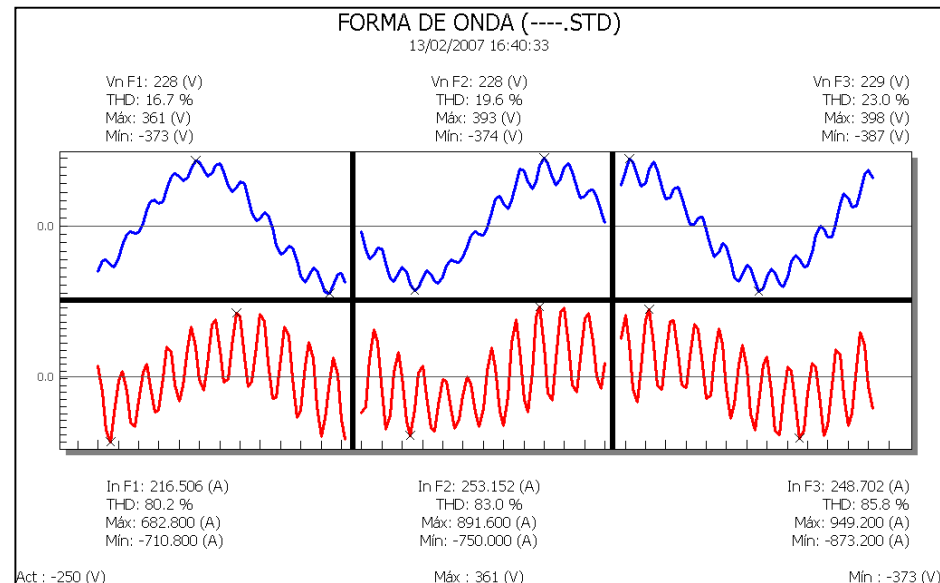


Efecto de los armónicos en baterías de condensadores

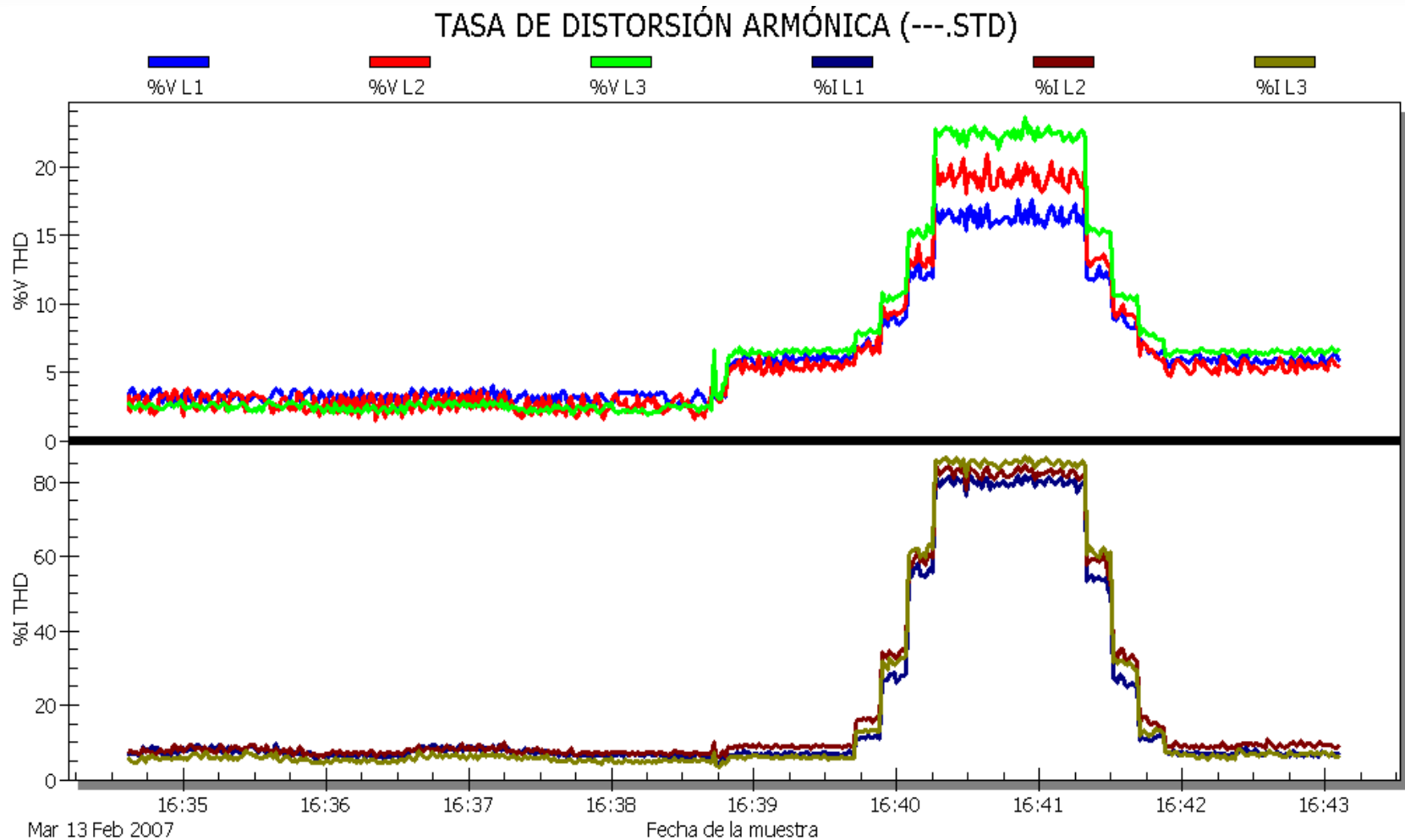
**Batería condensadores
desconectada**



**Batería condensadores
conectada**



Efecto de los armónicos



Act : 13/02/2007 16:34:37
Act : 3.1 (%V THD)

Variable Seleccionada: %V L1
Desde : 13/02/2007 16:34:37
Máx : 17.6 (%V THD)

Hasta : 13/02/2007 16:43:06
Mín : 2.4 (%V THD)

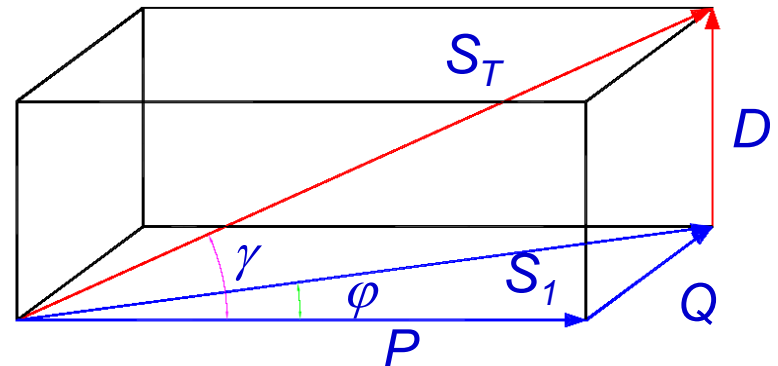
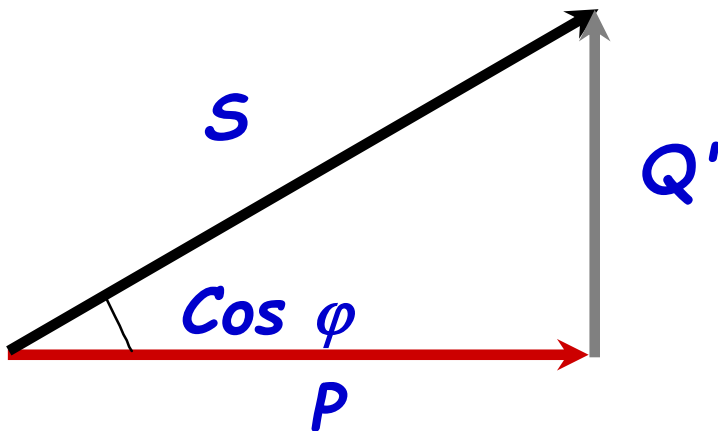
Factor de potencia no es igual a cos phi

□ Sin armónicos:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

□ Con armónicos:

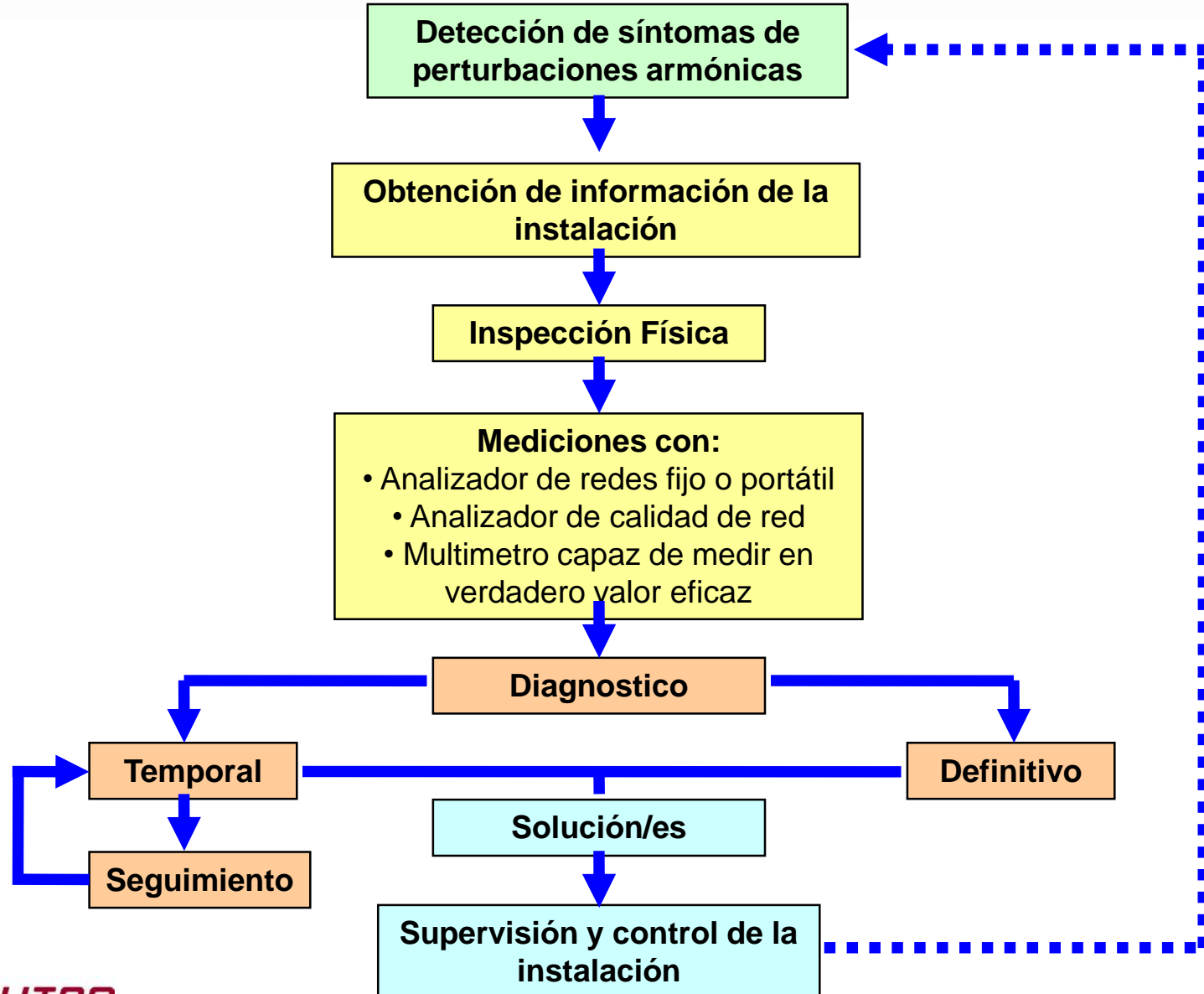
$$PF = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}$$



$\cos \varphi \neq PF$

¿Cómo medimos?

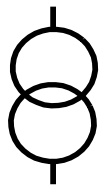
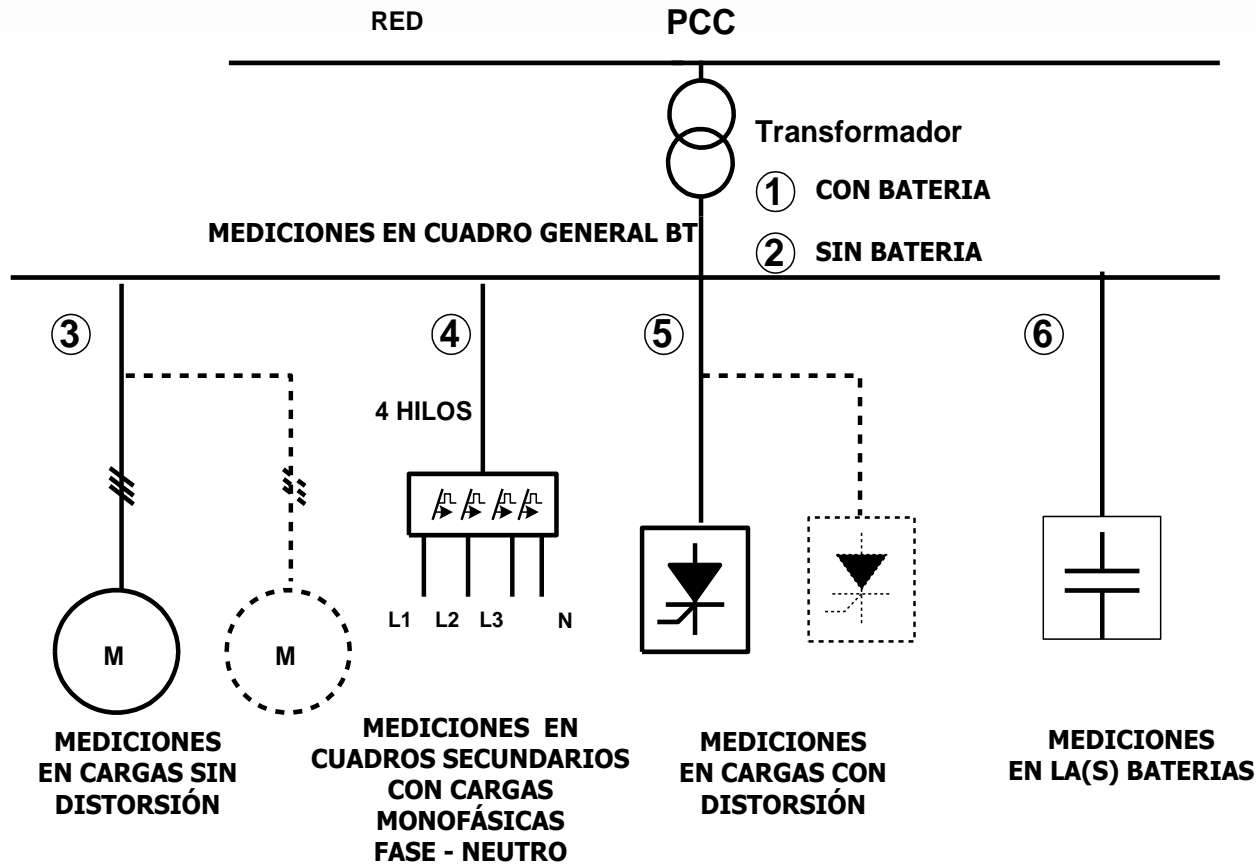
Protocolo de actuación



¿Qué vemos?



Información de la instalación



Transformador

Sn (Potencia Transformador):	kVA
U2 (Tensión Nominal):	V
Ucc (Tensión de cortocircuito):	%

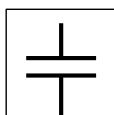
Información de la instalación

Datos para pre-estudio armónico

Puntos de medida: 1,2,3,4,5,6

Nº ARMONICOS	1	3	5	7	11	13	Σ THD
THD (V)							
THD (I)							
In(A)							

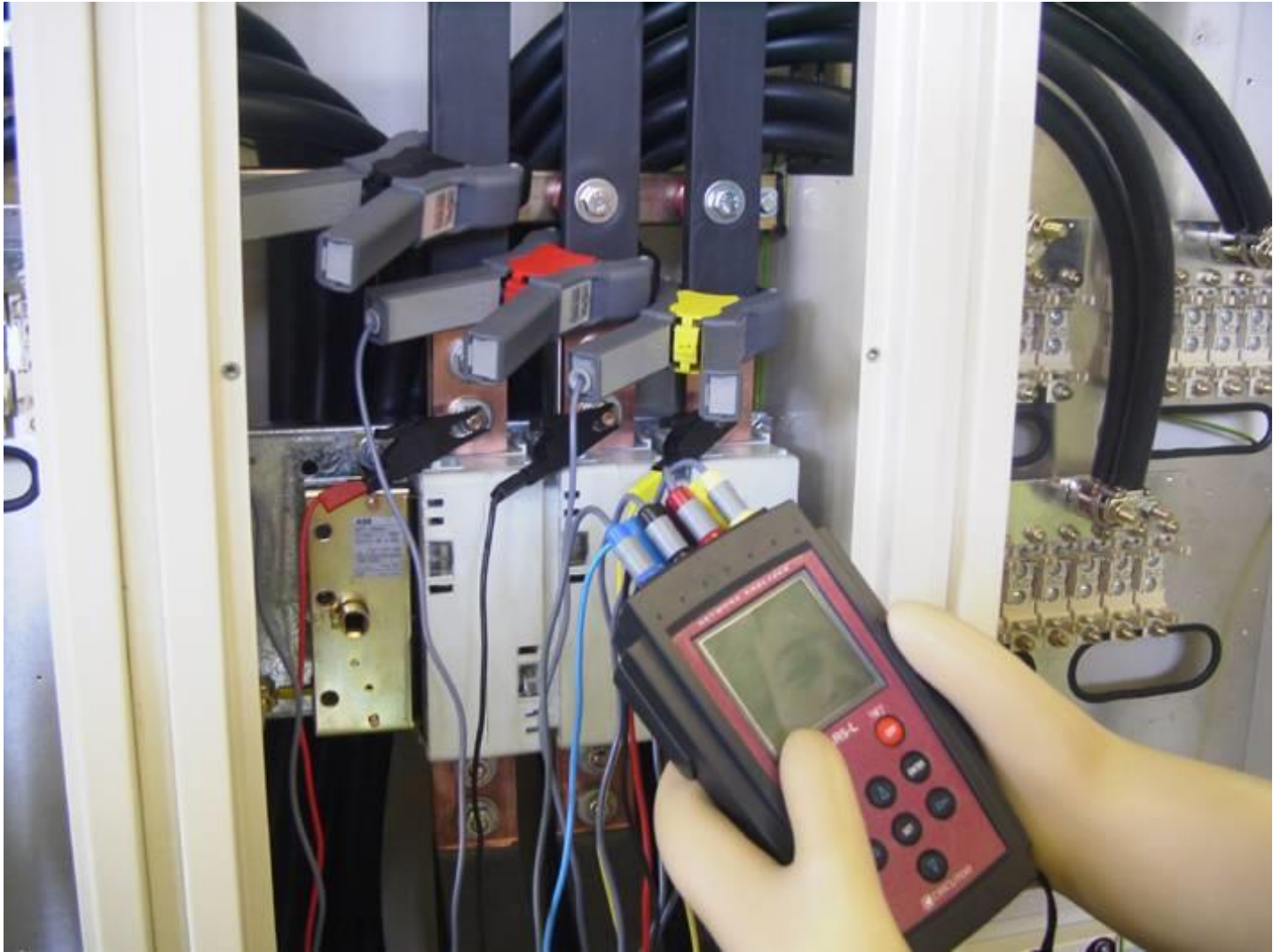
Si existe batería de armónicos



Baterías de condensadores

CON BATERIA CONECTADO		CON BATERIA DESCONECTADA	
THD(I)	%	THD(I)	%
THD(U)	%	THD(U)	%
Q(batería)		kvar	
P(Instalación)		kW	

Información de la instalación

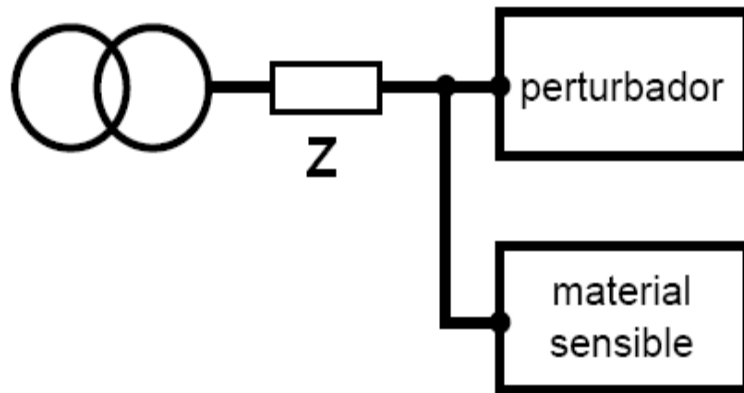


Soluciones

Estructura de la instalación

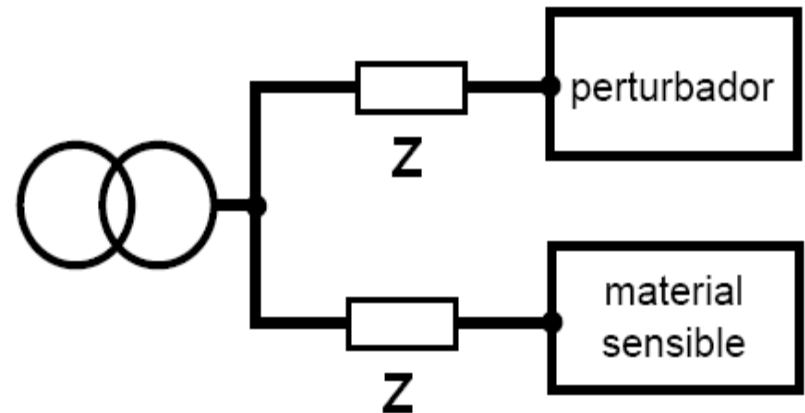
Separar las líneas de alimentación de los equipos que generan armónicos de las que alimentan equipos sensibles

a) Solución a evitar



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

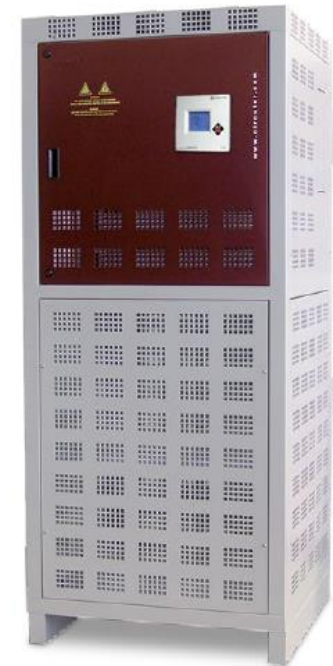
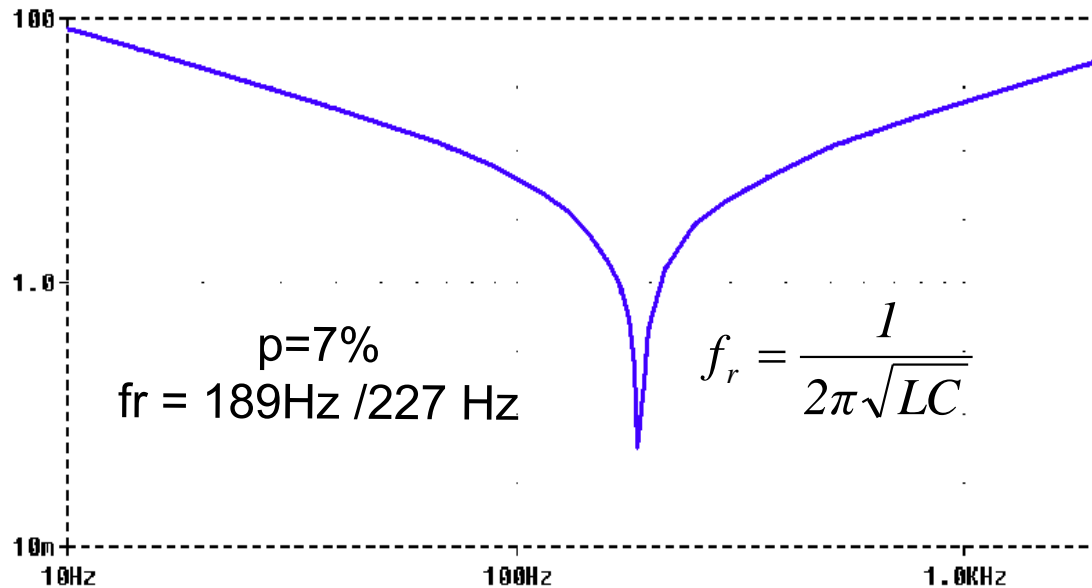
b) Solución preferible



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

Soluciones FR y FRE

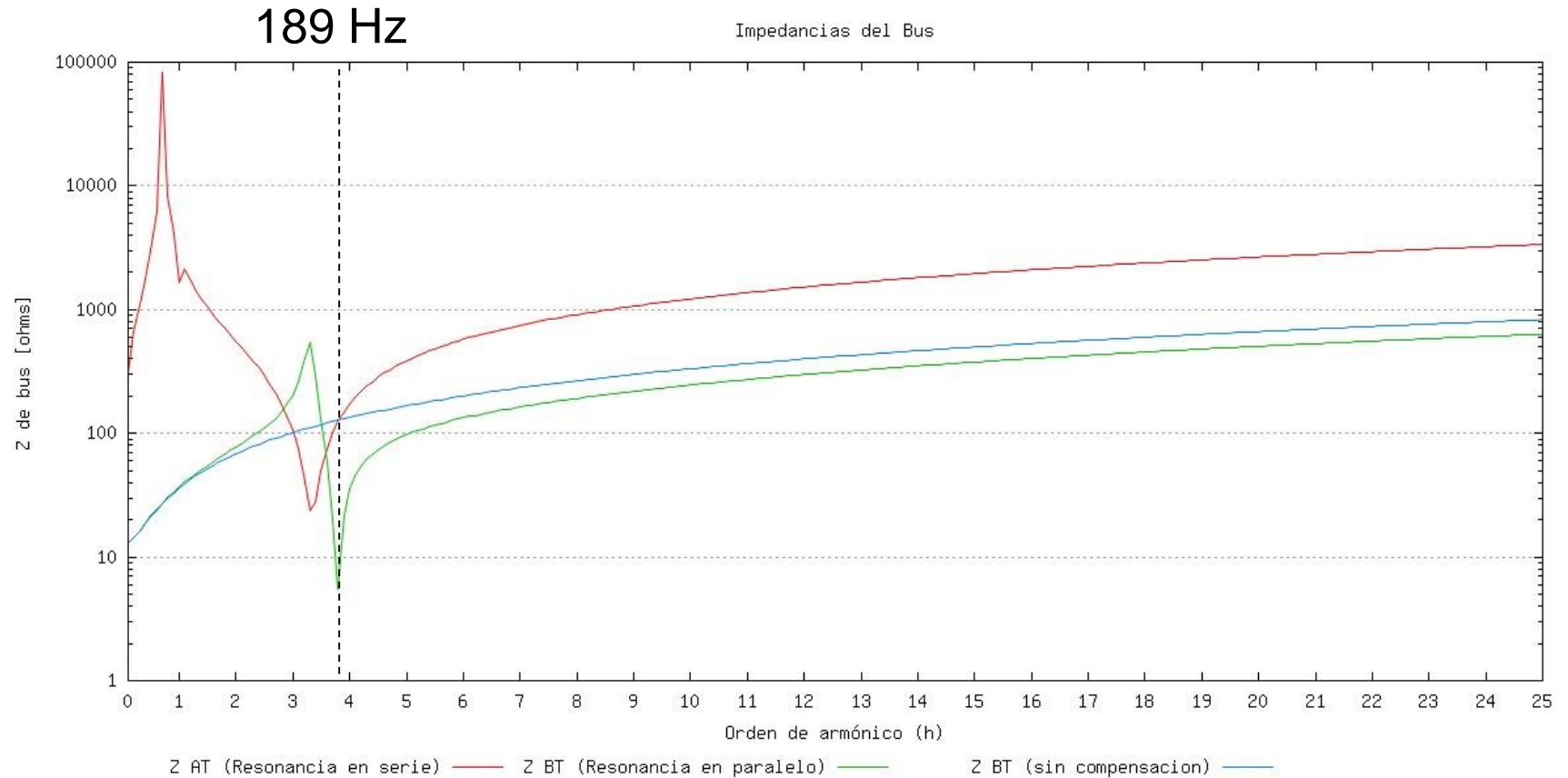
Eliminación del riesgo de resonancia, batería con filtros modelo FR.



$$p(\%) = 100 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_r} \right)^2$$

p%	fr	Armónico rechazado
7%	189 Hz / 227 Hz	h>5°, f > 250 Hz/300 Hz
14%	134 Hz / 160 Hz	h>3°, f > 150 Hz / 180 Hz

Soluciones FR y FRE



Soluciones FR y FRE



Solución para redes polucionadas y con alto riesgo de resonancia

Reactancia de filtrado RB

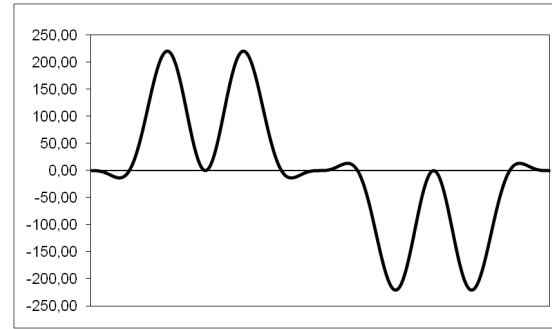
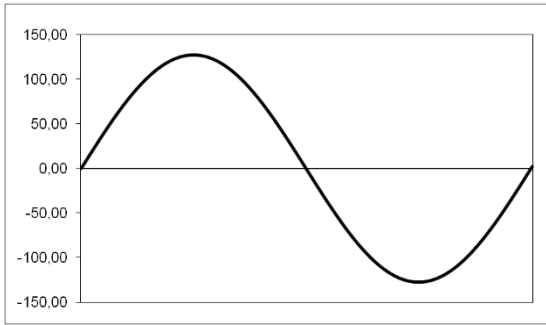
Condensador CF diseñado para filtros de rechazo

Filtro activo

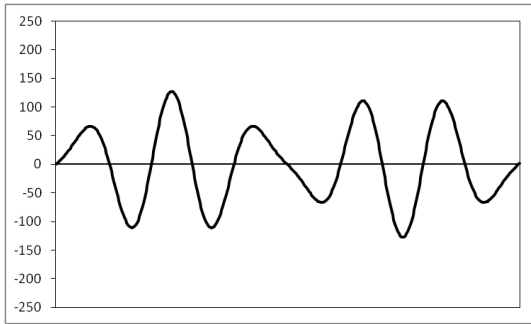
AFAQ

**MÁS ALLÁ
DEL FILTRADO**

Red



Carga



AFQ

Amplio rango de corrientes disponibles



Para sistemas de 4 hilos, 400 V $\pm 10\%$;
50/60 Hz

Multifunción:



Filtrado armónico



Equilibrado de corriente



Compensación de potencia reactiva
Inductiva o capacitiva



Método optimizado de filtrado



Modo temporal

Filtrado de la gama completa de armónicos desde el 2º al orden 50º

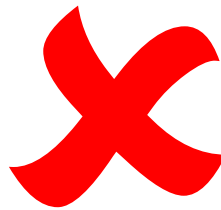
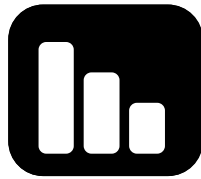


Modo frecuencial

Seleccionable cada armónico impar desde el 3º al 25º



Selecciona funciones y Prioridad



11 combinaciones



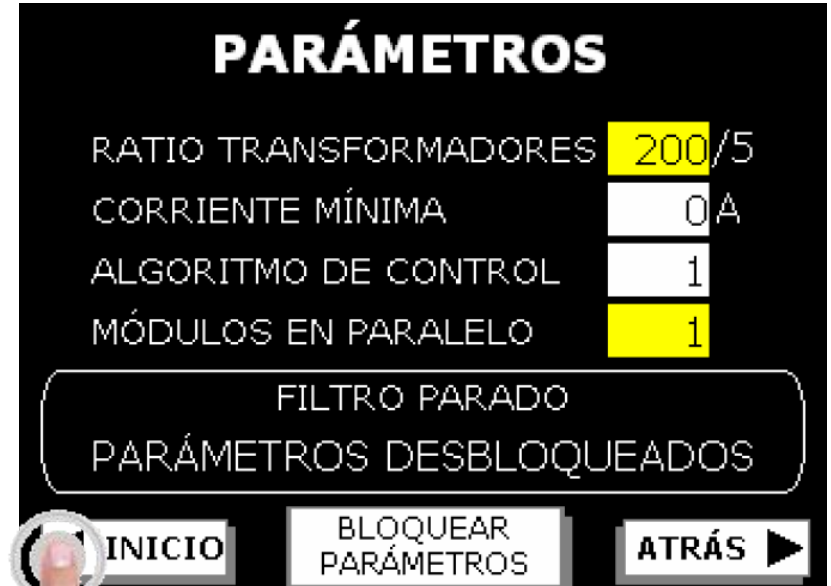
Expandible



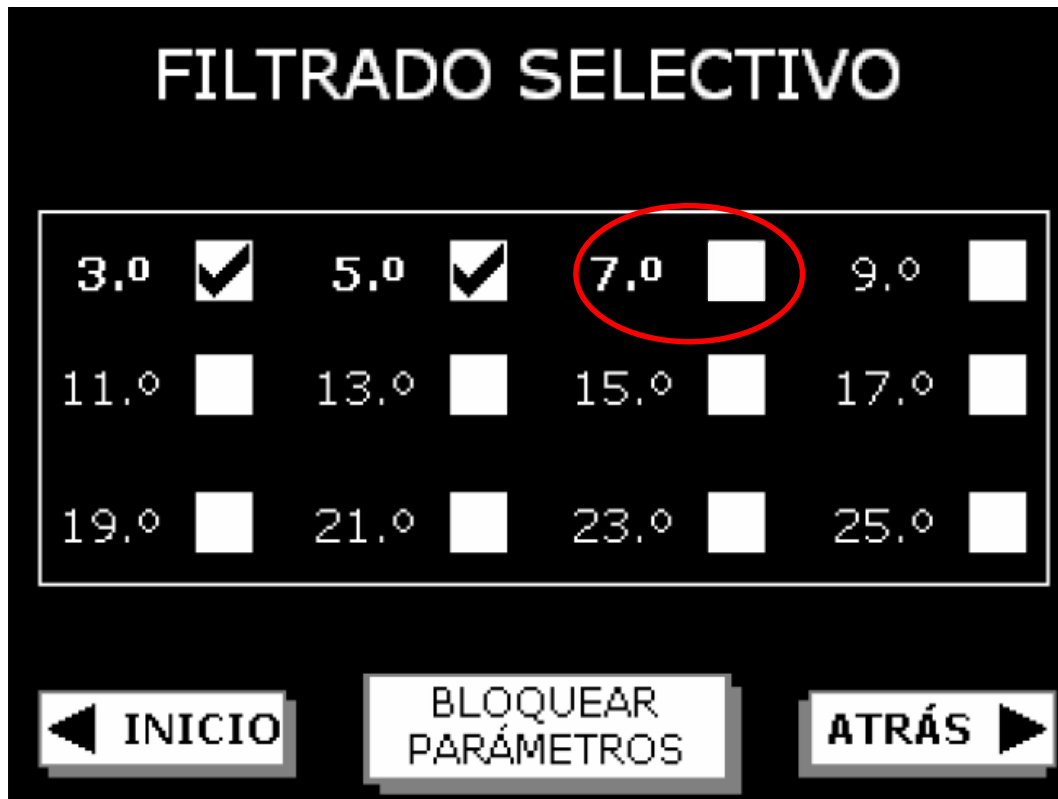
Hasta 8 módulos de
Rango distinto

Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

- Fácil interacción mediante pantalla táctil
- Puesta en marcha intuitiva
- Muestra más de 35 parámetros eléctricos y eventos
- Con contraseña que bloquea las teclas



Auto-protección contra resonancia



1. Detecta una resonancia con cierto orden armónico que se ha seleccionado
2. Deshabilita el armónico que produce la resonancia y da una alarma

Aplicaciones

Optimización de instalaciones

Evitar pérdidas de información

Incrementar la fiabilidad del sistema

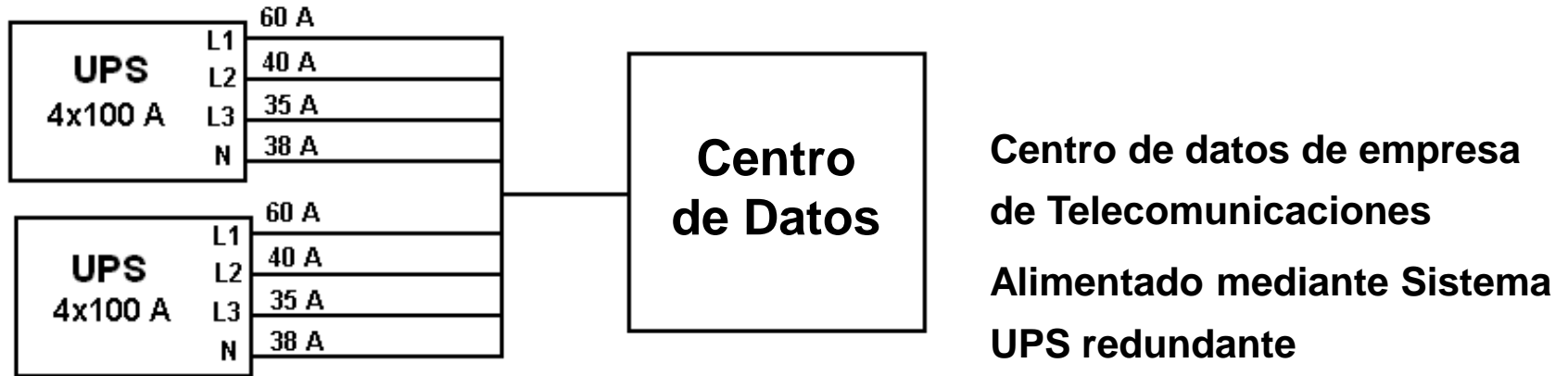
Industria pesada

Telecomunicaciones

Centros comerciales

Oficinas
Centros de Datos

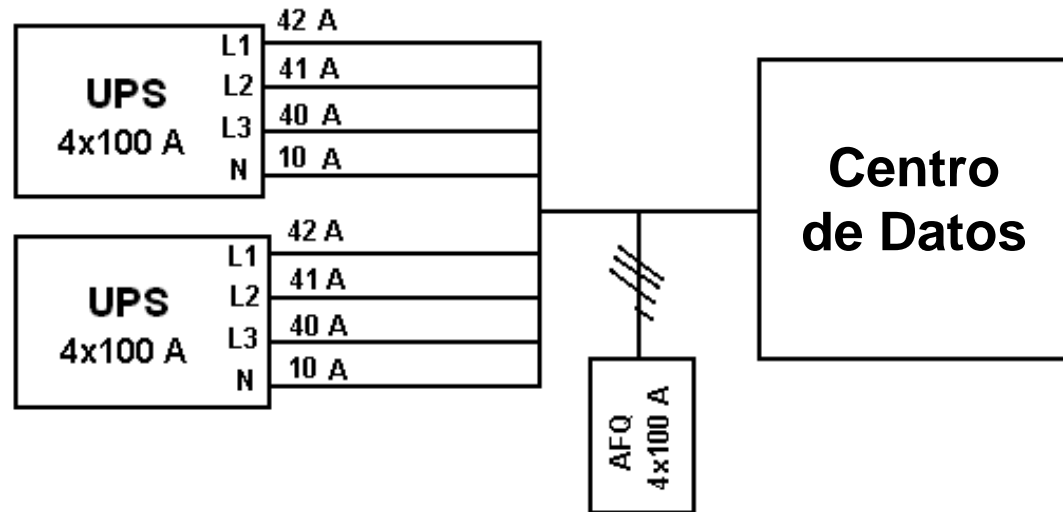
Filtros Activos AFQ-4W: Caso de estudio (I)



Situación Inicial:

- El desequilibrio de fases causa sobrecarga en una de las fases del UPS cuando está operativa una sola unidad, por lo que se pierde la redundancia.
- El $\cos \varphi$ de las cargas es 0,88 capacitivo, lo que causa un notable decremento de la capacidad de la UPS y de su eficiencia (la UPS no puede suministrar a su capacidad nominal)
- El fallo de una de las UPS colapsa la red.

Filtros Activos AFQ-4W: Caso de estudio (I)



Nueva situación tras instalar un AFQ-4x100A:

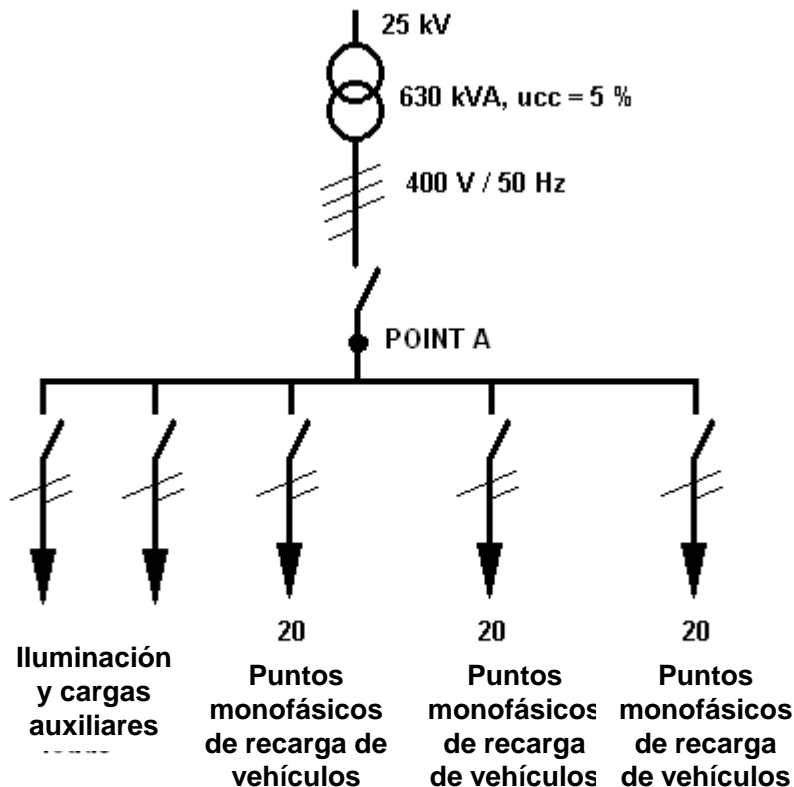
- El equilibrado de cargas garantiza que ninguna de las fases exceda la corriente admisible, incluso cuándo sólo haya una UPS operativa (se garantiza la redundancia).
- Los filtros pueden llevar el $\cos \varphi$ a 1. Así se puede obtener la potencia y eficiencia máximas de las unidades UPS.
- En caso de fallo de una de las UPS, la UPS que queda puede suministrar toda la potencia al centro de datos sin sufrir sobrecargas.

Filtros Activos AFQ-4W: Caso de estudio (II)

Instalación dedicada a la recarga de vehículos eléctricos.
(Flota de vehículos de limpieza en una gran ciudad).

PROBLEMAS:

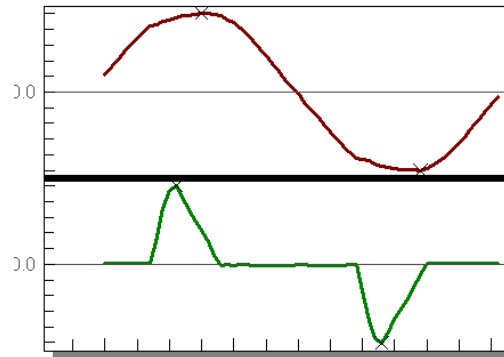
- Debido al desequilibrio y al 3er armónico, la sección del neutro no es suficiente para soportar la corriente que se le solicita.
- Los cables de neutro tienen $\frac{1}{2}$ de la sección de las fases.
- Y por tanto los cables de neutro se sobrecalientan y hay riesgo de incendio.



Filtros Activos AFQ-4W: Caso de estudio (II)

Formas de onda de tensión y corriente en un cargador monofásico

Vn F1: 225 (V)
THD: 3.5 %

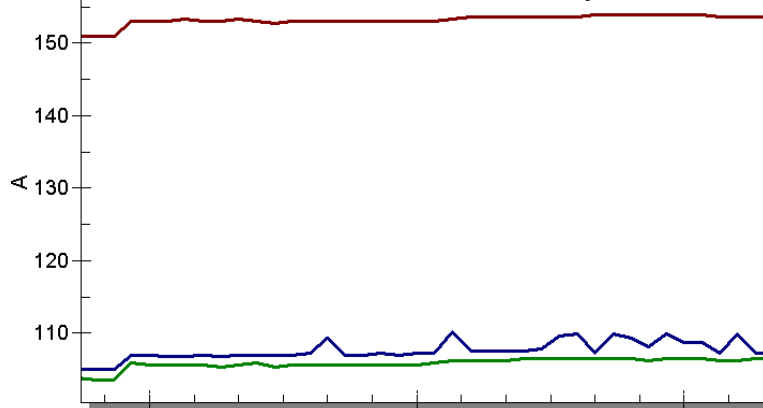


In F1: 9.210 (A)
THD: 71.4 %

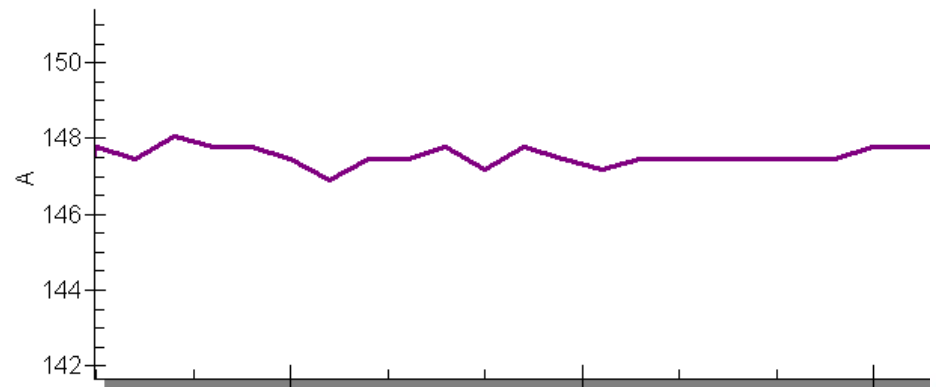
Armónicos de corriente en un cargador monofásico

Harmonic	Amplitude (%)
2 (-)	0.260
3 (-)	81.076
4 (-)	0.392
5 (+)	51.618
6 (-)	0.123
7 (+)	25.641
8 (-)	0.252
9 (+)	13.865
10 (+)	0.157
11 (-)	13.590

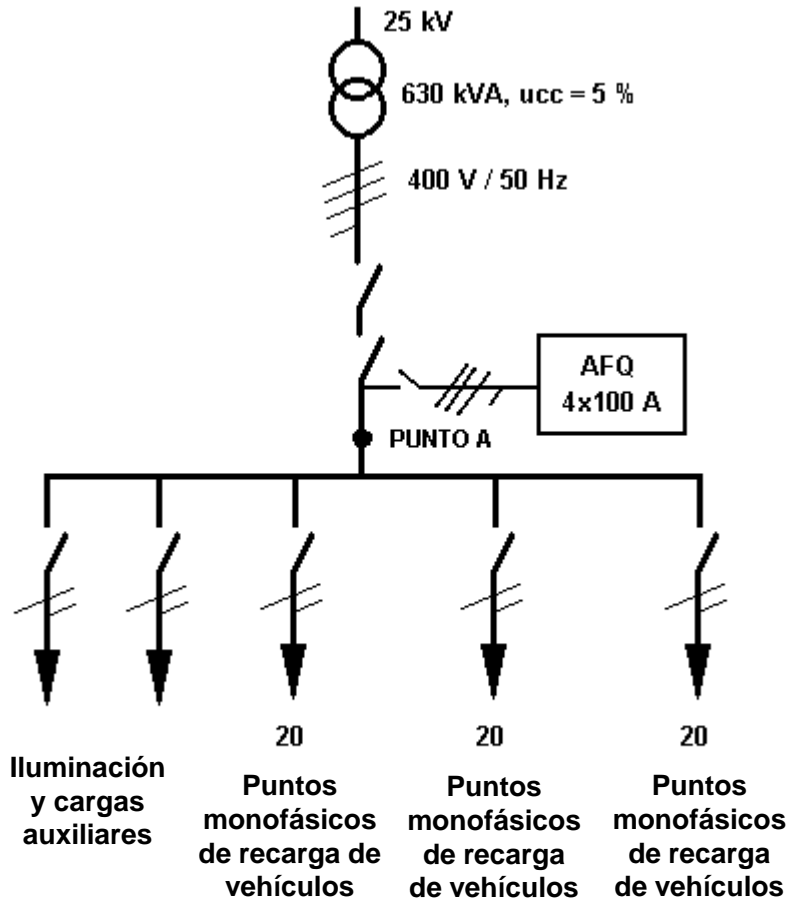
Corriente de fase en el punto A



Corriente de neutro en el punto A



Filtros Activos AFQ-4W: Caso de estudio (II)



Instalación de un filtro activo AFQ-4W-100-400 en el punto de suministro de cabecera (Punto A).

- Se programa el filtro para absorber solo la corriente del tercer armónico

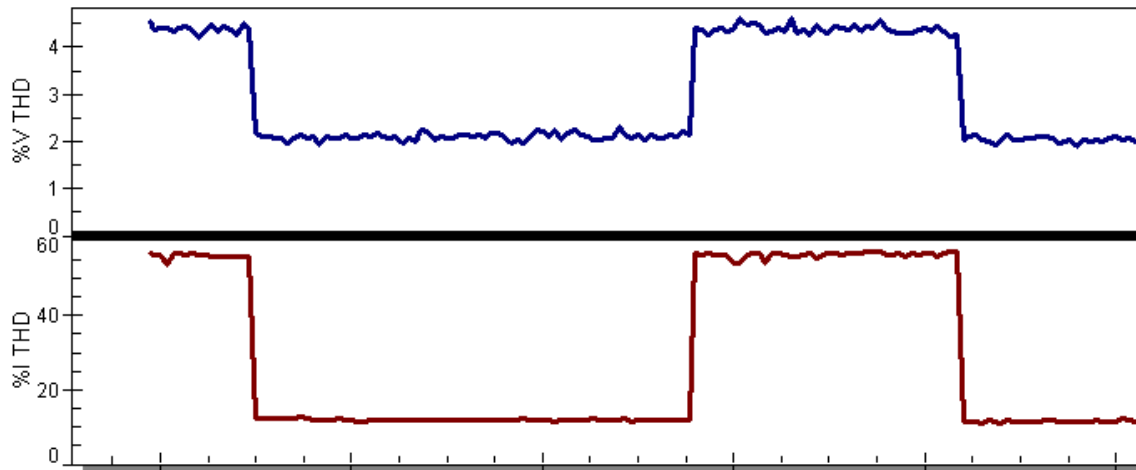
TRAS LA INSTALACIÓN DEL FILTRO:

- Reducción drástica del **tercer armónico** hacia el transformador
- **Reducción de la corriente de neutro** gracias a la eliminación del 3er armónico.
- Reducción de las corrientes de fase gracias a la función de equilibrado del filtro

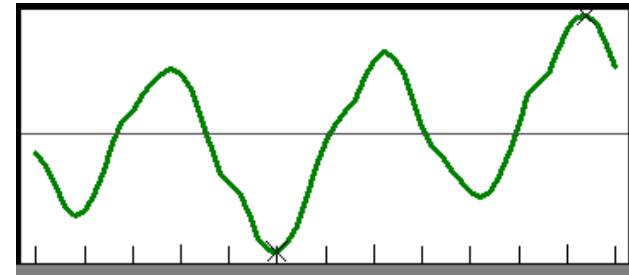
Filtros Activos AFQ-4W: Caso de estudio (II)

THD(U) y THD(I) en el punto A:

Sin filtro (arriba) y con filtro (abajo)



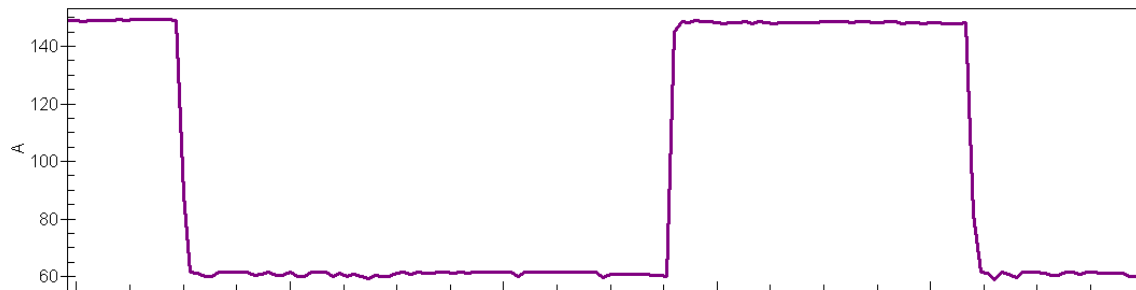
Forma de onda en el punto A sin filtro



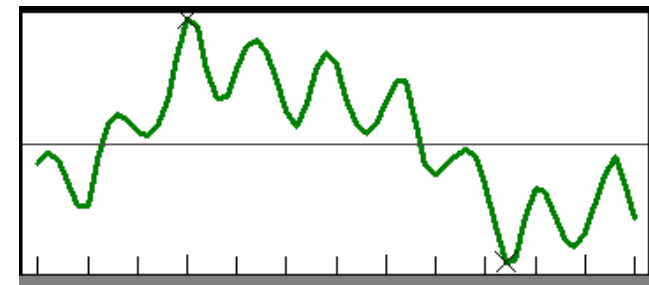
Fundamental An: 52.686 (A)
THD: 93.4 %

Corriente de neutro en el punto A:

Sin filtro (arriba) y con filtro (abajo)



Forma de onda en el punto A con filtro



Fundamental An: 53.558 (A)
THD: 47.2 %

LCL

GAMA

LCL FILTRADO DE ARMÓNICOS



Filtros Pasivos
para
corrección de
armónicos
individuales en
convertidores
de potencia
trifásicos de 6
pulsos



Gama

Posibilidad de diseñar
filtros para tensiones
distintas de 400 V / 50 Hz
(Hasta 1000 VAC).



Filtrado de Armónicos

Reducción esperada del
THD(I) a un valor por
debajo del 10 %

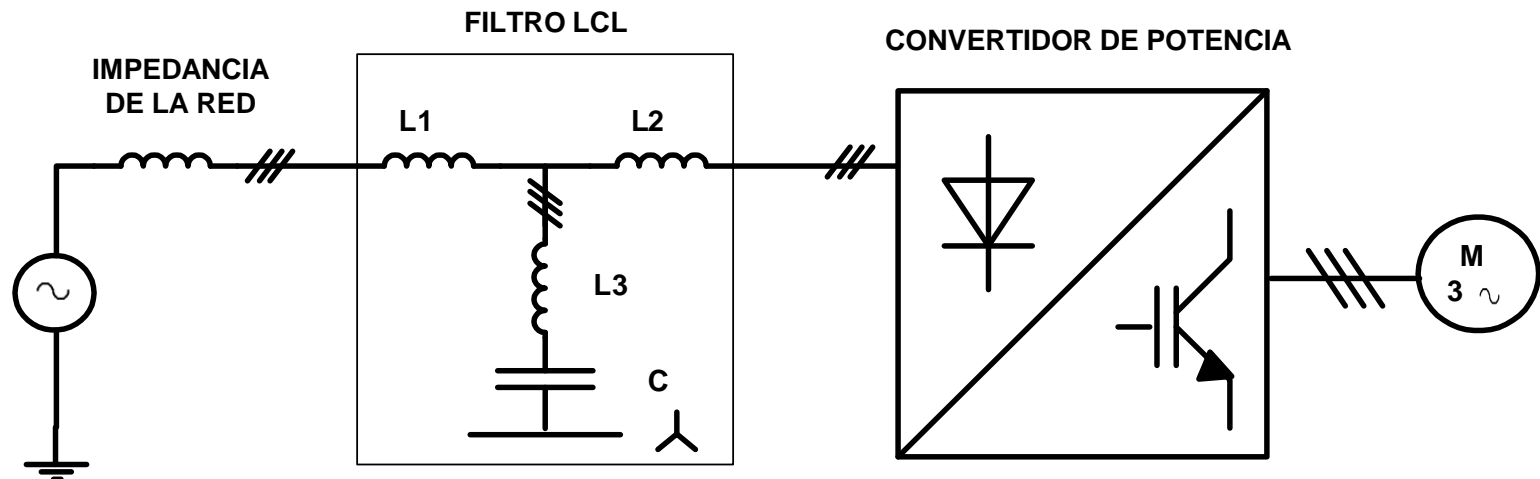
Filtro armónico pasivo Gama LCL



Mejora de la calidad en tensión en el lado de entrada del LCL, no sólo debido a la reducción de la corriente armónica, sino también de los picos de tensión causados por la conmutación de tiristores



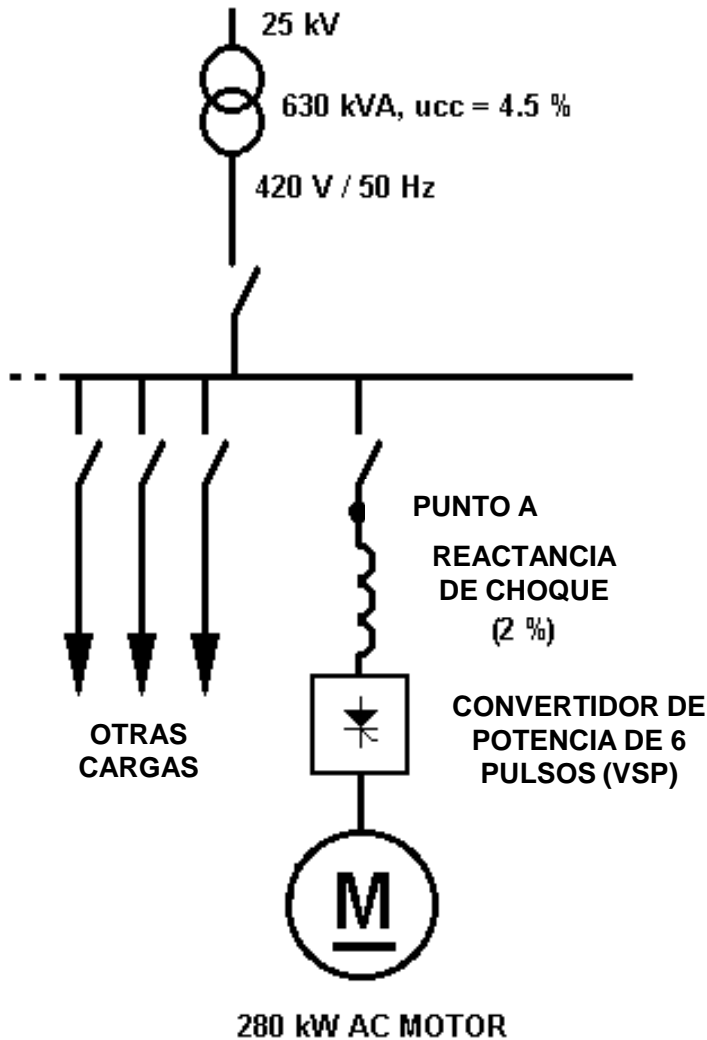
Aproximación ideal para conseguir la reducción total y efectiva en costes de corrientes armónicas causadas por convertidores de potencia de 6 pulsos. Resultados probados en muchos entornos industriales duros.



Filtro armónico pasivo Gama LCL

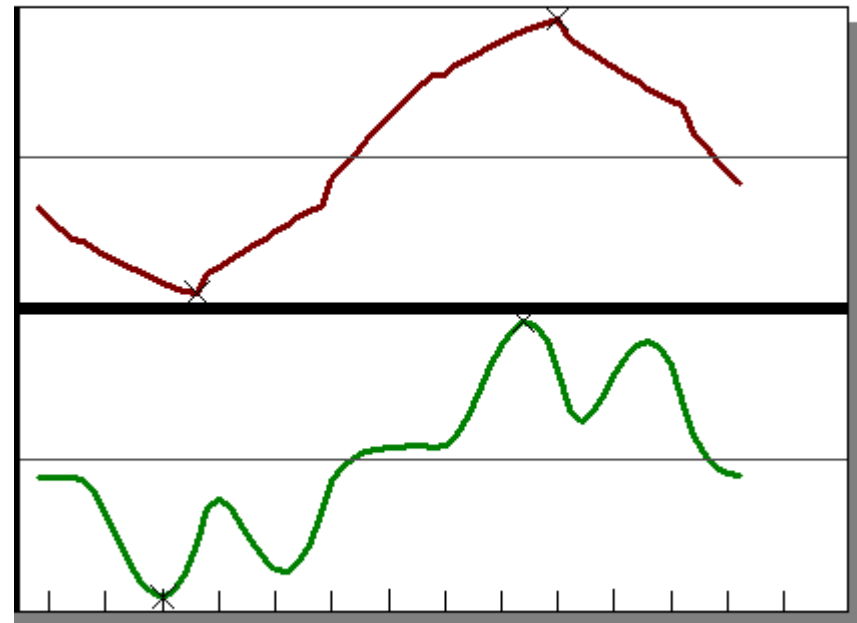
Caso de Estudio (1/2)

Molino de papel



Formas de onda en tensión y corriente en el Punto A

V_n F3: 238 (V)
THD: 6.5 %

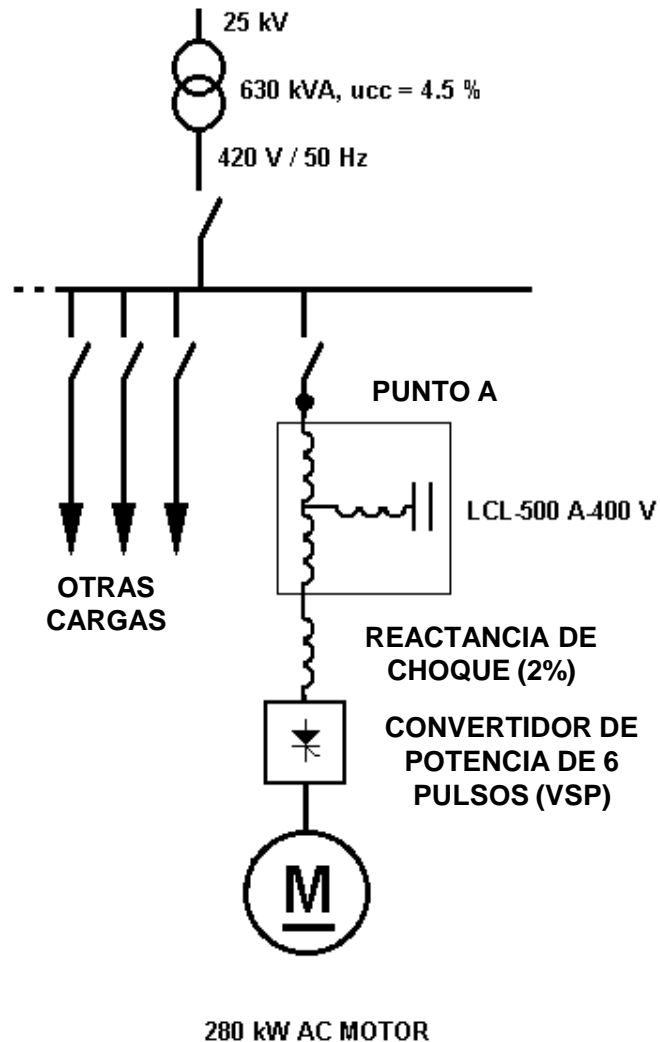


I_n F3: 328 (A)
THD: 39.2 %

Filtro armónico pasivo Gama LCL

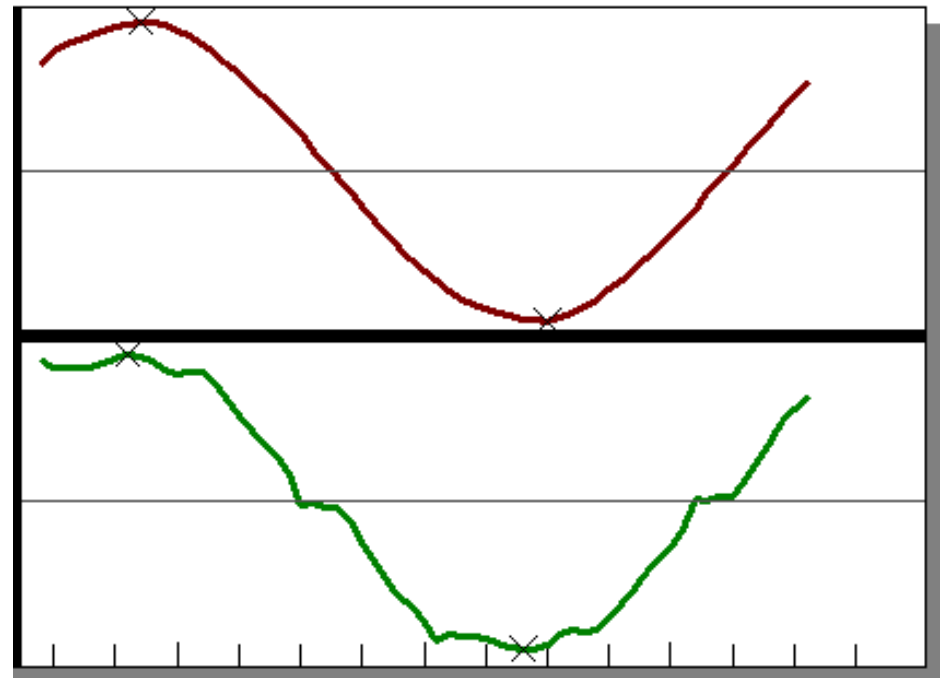
Caso de Estudio (2/2)

Molino de papel



Formas de onda en tensión y corriente en el Punto A

V_n F3: 232 (V)
THD: 2.4 %



I_n F3: 332 (A)
THD: 8.3 %

Cómo te podemos ayudar



Atención Técnica y Comercial
+34 937 452 900



Garantía Circutor



Entrega inmediata

Invitación a nuestros webinarios

Descubra más en nuestros próximos webinarios

Tendencias



Técnicas



Soluciones



CIRCUTOR CONTACTO | PT | EN | ES | FR | DE

Inicio Sectores Productos **Formación** Documentación Empresa Cómo comprar

FORMACIÓN - SEMINARIOS Y CONFERENCIAS

Seminarios y conferencias

Próximos eventos [1/23]

- 25 Sep 20 14** MEDIDA Y CONTROL
Analizador de redes AR.6 (Viladecavalls)
Descripción: Seminario destinado a personas que han adquirido o
- 30 Sep 20 14** MEDIDA Y CONTROL
Analizador de redes AR.5 y CIRE-3 (Viladecavalls)
Descripción: Seminario destinado a personas que han adquirido o
- 03 Oct 20 14** COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA Y FILTRADO DE ARMÓNICOS
Compensación de energía reactiva en B.T. (Viladecavalls)
Descripción: El seminario ofrece una solución amplia y flexible al problema
- 15 Oct 20 14** COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA Y FILTRADO DE ARMÓNICOS
Webinario COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA EN BT
Descripción: El seminario ofrece una solución amplia y flexible al problema
- 17 Oct 20 14** COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA Y FILTRADO DE ARMÓNICOS
Armónicos y soluciones de filtrado (Viladecavalls)
Descripción: El seminario trata por objetivos mostrando y evaluando la viabilidad de las
- 21 Oct 20 14** COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA Y FILTRADO DE ARMÓNICOS
Webinario ARMÓNICOS Y SOLUCIONES DE FILTRADO
Descripción: El seminario trata por objetivos mostrando y evaluando la viabilidad de las
- 22 Oct 20 14** PROTECCIÓN Y CONTROL
Webinario ENTENDER LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL ES FÁCIL
Descripción: El webinar pretende explicar de forma clara y sencilla los principios de
- 28 Oct 20 14** MEDIDA Y CONTROL
Software POWERSTUDIO / POWERSTUDIO SCADA Iniciación (Viladecavalls)
Descripción: El seminario ofrece una solución global del

[1/23]



Tecnología para la eficiencia energética



Tel. (+34) 93 745 29 00

Fax: (+34) 93 745 29 14

central@circutor.es

Vial Sant Jordi, s/n 08232 Viladecavalls (Barcelona) Spain



[@circutor](https://twitter.com/circutor)



youtube.com/circutoroficial



[circutor](https://in.circutor)