

# INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS

INFORMACIÓN DE LA MATERIA INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS PARA ALUMNOS.

[buscar](#)

[INICIO](#) » [PROYECTO](#) » T2.6 – ARMÓNICOS

## T2.6 – Armónicos

[...tema anterior](#)

### Fourier

**Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768–1830)** fue un [matemático](#) y [físico](#) francés conocido por sus trabajos sobre la descomposición de funciones periódicas en series trigonométricas convergentes llamadas [Series de Fourier](#), (1807/1811).

Una **serie de Fourier** es una [serie](#) infinita que converge puntualmente a una [función periódica](#) y [continua](#) a trozos (o por partes).

Las series de Fourier constituyen la herramienta matemática básica del análisis de Fourier empleado para analizar funciones periódicas a través de la descomposición de dicha función en una suma infinita de funciones sinusoidales mucho más simples (como combinación de senos y cosenos con frecuencias enteras).

Esta área de investigación se llama algunas veces [análisis armónico](#).

Es una aplicación usada en muchas ramas de la ingeniería, además de ser una herramienta sumamente útil en la teoría matemática abstracta.

Áreas de aplicación incluyen [análisis vibratorio](#), [acústica](#), [óptica](#), [procesamiento de imágenes](#) y [señales](#), y [compresión de datos](#).

Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies](#).

[Cerrar y aceptar](#)

se puede optimizar el diseño de un sistema para la señal portadora del mismo. Referirse al uso de un analizador de espectros.

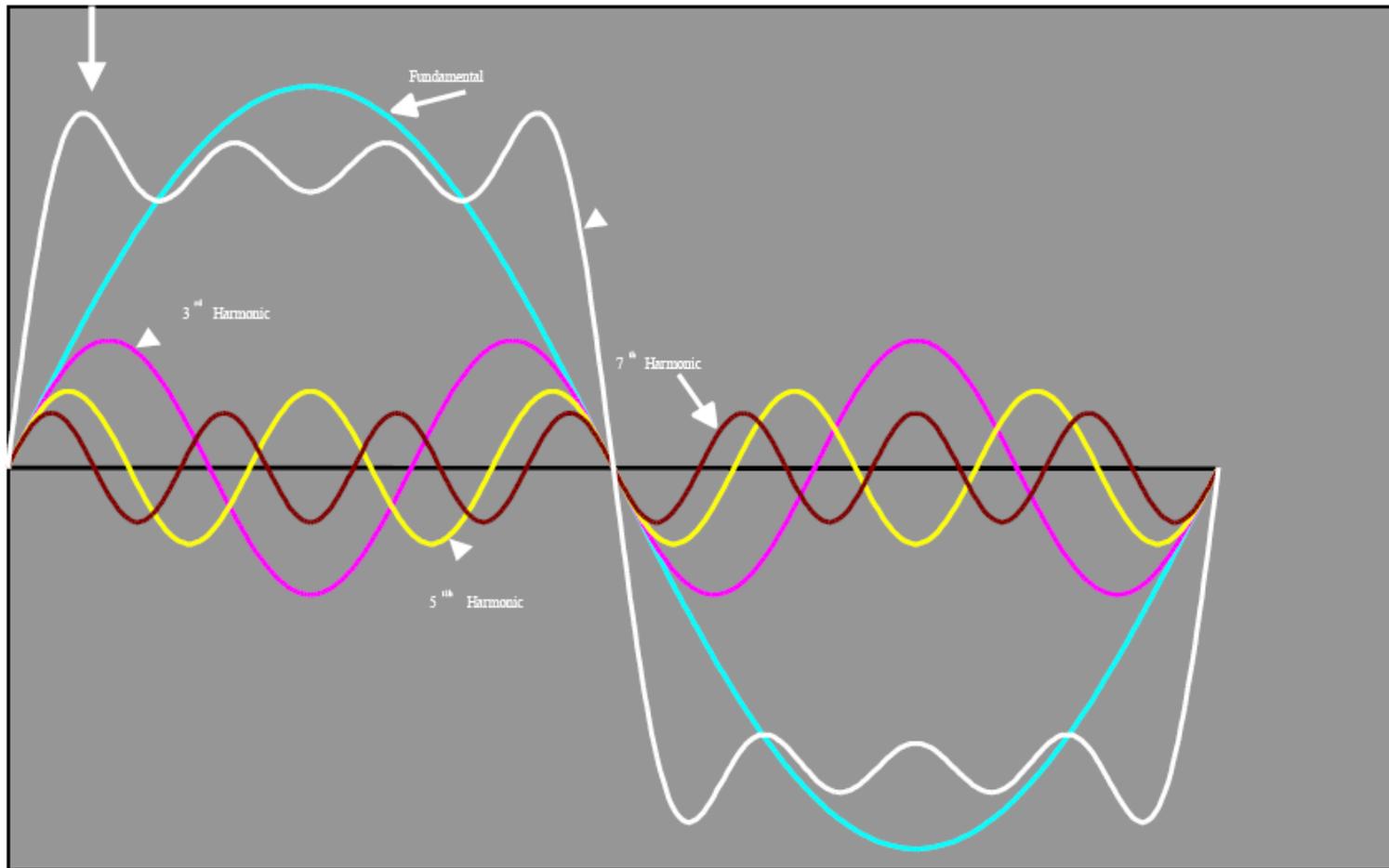
Las series de Fourier tienen la forma:

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[ a_n \cos \frac{2n\pi}{T} t + b_n \sin \frac{2n\pi}{T} t \right]$$

Donde  $a_n$  y  $b_n$  se denominan **coeficientes de Fourier** de la serie de Fourier de la función  $f(t)$

Con esta herramienta podemos descomponer una función periódica en una serie de ondas sinusoidales de distinta amplitud y frecuencia que sumadas dan la señal original.

## Forma de onda vista con osciloscopio



Los equipos electrónicos modernos (computadoras, variadores de frecuencia, UPS, balastos electrónicos) utilizan un dispositivo de electrónica de potencia (diodos, transistores y tiristores) que convierten la corriente alterna en corriente continua y trabajan en un modo de interrupción (switching o

Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies.](#)

Cerrar y aceptar



Con su funcionamiento mucho más alto en frecuencia, no son generalmente audibles por los seres humanos.

El funcionamiento incorrecto de las fuentes conmutadas puede generar sonidos agudos, ya que genera ruido acústico en frecuencia [subarmónico](#) del oscilador.

La corriente en las fuentes conmutadas simples no sigue la forma de onda del voltaje, sino que en forma similar a las fuentes lineales la energía es obtenida solo de la parte más alta de la onda sinusoidal, por lo que su uso cada vez más frecuente en computadoras personales y lámparas fluorescentes se constituyó en un problema creciente para la distribución de energía.

Existen fuentes conmutadas con una etapa previa de corrección del factor de potencia que reduce en gran medida este problema y son de uso obligatorio en algunos países particularmente europeos a partir de determinadas potencias.

Sobre la línea de la alimentación principal puede aparecer ruido electrónico de conmutación que puede causar interferencia con equipos de Audio/Video conectados en la misma fase.

Las fuentes conmutadas bien diseñadas poseen filtros a la entrada que minimizan la interferencia causada en la línea de alimentación.

Funciona en frecuencias típicas de 50 KHz a 1 MHz. La tendencia de diseño es de utilizar frecuencias cada vez más altas mientras los transistores lo permitan para disminuir el tamaño de los componentes pasivos ([condensadores](#), [inductores](#), [transformadores](#)).

Las ventajas de este método incluyen menor tamaño y peso del núcleo, mayor eficiencia y por lo tanto menor calentamiento. Las desventajas comparándolas con fuentes lineales es que son más complejas y generan ruido eléctrico de alta frecuencia que debe ser cuidadosamente minimizado para no causar interferencias a equipos próximos a estas fuentes.

Al resultar corrientes no sinusoidales se produce la distorsión armónica y consumos no lineales.

## Armónicos en sistemas eléctricos

En sistemas eléctricos de corriente alterna —igual que en acústica— los armónicos son frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental de trabajo del sistema y cuya amplitud va decreciendo conforme aumenta el múltiplo.

En el caso de sistemas alimentados por la red de 50 Hz, pueden aparecer armónicos de 100, 150, 200 Hz, etc.

Los armónicos tienen una frecuencia que es múltiplo (2, 3, 4, 5, ... n) de la frecuencia fundamental (50 Hz).

Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies](#).

Cerrar y aceptar

Se denomina armónico del rango n-ésima componente armónica del rango correspondiente a n veces la frecuencia de la red.

Ejemplo: para una frecuencia fundamental de 50 Hz, el armónico de rango 5 presentará una frecuencia de 250 Hz ( $5 \times 50 = 250$ )

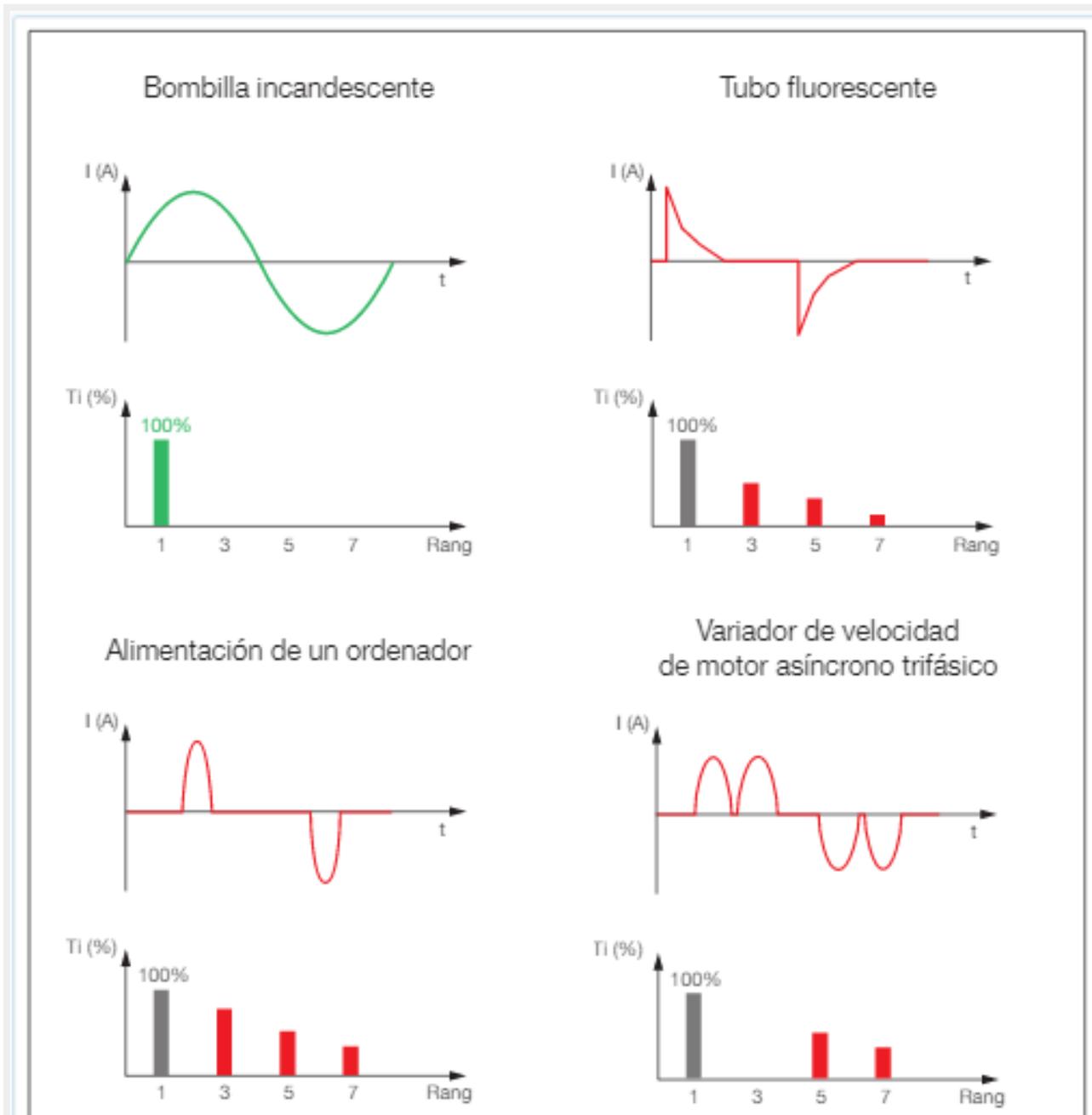
Los armónicos de rango par (2,4, 6, 8...) no suelen estudiarse en los entornos industriales porque se anulan gracias a la simetría de la señal alterna y solo se tienen en cuenta en presencia de una componente continua.

Por contra, las cargas no lineales monofásicas tienen un espectro en componentes armónicas de rango impar (3, 5, 7, 9...), algo que también sucede en las cargas trifásicas conectadas en triángulo, salvo porque estas últimas no tienen componentes de rango 3.

Además del rango, los armónicos se clasifican según su amplitud (indicada en % con respecto a la fundamental) y su paridad (par o impar).

## Espectro de frecuencias armónicas

Un elemento esencial del estudio es el espectro de frecuencias armónicas de la señal; se trata de la representación gráfica que enumera los armónicos presentes, la señal en frecuencia y en amplitud.



Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies.](#)

Cerrar y aceptar

Cuando se habla de los armónicos en las instalaciones de energía, son los armónicos de corriente los más preocupantes, puesto que son corrientes que generan efectos negativos.

Es habitual trabajar únicamente con valores correspondientes a la distorsión armónica total (THD).

Debe tenerse en cuenta que además de los armónicos indicados anteriormente, en las redes también se encuentran otros dos tipos de componentes superpuestos a la onda fundamental:

Los inter-armónicos que se caracterizan por una frecuencia que no es múltiplo de la fundamental (por ejemplo: 175 Hz no es múltiplo de 50 Hz), sólo están presentes en una pequeña cantidad, pueden, por ejemplo, perturbar las señales de control a distancia enviadas por los distribuidores de energía eléctrica y los infra-armónicos los cuales presentan una frecuencia inferior a la de la red que suelen deberse a los convertidores de ciclo, los hornos de arco o los variadores de velocidad.

## Medición de los armónicos presentes en una red

La resultante de los armónicos normalmente se explica por la distorsión armónica total (THD: Total Harmonics Distortion).

El cálculo de THD permite calificar globalmente el nivel de contaminación de una red en tensión o en corriente.



Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies](#).

Cerrar y aceptar

Se define el THDF como la relación (indicada en porcentajes) entre el valor eficaz de las componentes armónicas y la amplitud de la fundamental:

$$\text{THD}_F = \frac{\sqrt{(I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2)}}{I_1}$$

En cuanto al THDR definido según la norma DIN, representa la distorsión armónica en relación al valor eficaz real:

$$\text{THD}_R = \frac{\sqrt{(I_0^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2)}}{\sqrt{(I_0^2 + I_1^2 + \dots + I_n^2)}}$$

Debe tenerse en cuenta que, si bien los valores obtenidos mediante los dos métodos son equivalentes en casos de distorsiones reducidas, difieren mucho cuando los valores son importantes.

## Influencia de los armónicos sobre los parámetros medidos en la red

Tipos de equipos que generan armónicos:

- Fuentes de alimentación de funcionamiento conmutado (SMPS).
- Estabilizadores electrónicos de dispositivos de iluminación fluorescente
- Pequeñas unidades de SAI (sistemas de alimentación ininterrumpida) o UPS
- En cargas trifásicas: motores de velocidad variable y grandes unidades de UPS.

Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies](#).

Cerrar y aceptar

**a) Influencia sobre el factor de potencia**

En presencia de corrientes armónicas importantes, aparece una potencia distorsionante que reduce el factor de potencia.

**b) Influencia sobre el factor de cresta**

Como relación entre el valor de cresta y el valor eficaz, el factor de cresta equivale a la raíz cuadrada de 2 en régimen senoidal.

En presencia de armónicos, puede alcanzar valores muy superiores.

A título de ejemplo, para una computadora equipada de una fuente de alimentación conmutada, el factor de cresta puede llegar a valores de entre 2 y 3.

**Efectos generales de los armónicos sobre las redes eléctricas**

Generados por los consumidores, los armónicos de corriente se propagan en las redes y crean distorsiones de la onda de tensión en las impedancias de las líneas. Estas deformaciones de la tensión se redistribuyen a los usuarios de todo el conjunto de la red del proveedor de energía eléctrica.

El armónico de rango 3 merece especial atención en el caso de las redes trifásicas.

En efecto, las corrientes de armónicos de rango 3 y sus múltiplos están en fase y se suman de forma vectorial en el conductor de neutro ( $I_n = I_1 + I_2 + I_3$ ).

Si los receptores están formados principalmente por cargas informáticas, las corrientes de rango 3 y de rangos múltiplos de 3 se suman en el conductor neutro, lo que genera una corriente de neutro un 130% más elevada que las corrientes de fase.

Es por esto que Cuando se prevea el uso de aparatos utilizadores, monofásicos o trifásicos, que generen distorsión armónica en la forma de onda de la corriente, tales como bancos de iluminación fluorescente, balastos electromagnéticos o electrónicos, fuentes de tensión continua conmutadas, etc., el conductor neutro de un sistema trifásico podría ser sobrecargado.

En estos casos, tanto los conductores de línea como el neutro se deberán dimensionar según el contenido de la tercera armónica presente en los conductores de línea.

Así, para porcentajes de hasta 33 % de tercera armónica en la corriente de línea, el cálculo de la sección de los conductores deberá realizarse en función de los de línea,

los conductores deberá realizarse en función de las corrientes en el neutro corrigiendo la sección de los de línea, todo de acuerdo a los coeficientes de la Tabla

**Tabla 771.16.XIII - Factor de corrección (por reducción de la intensidad de corriente admisible) en los conductores de línea y neutro**

Contenido de tercera armónica en la corriente de línea (%)	Factor de reducción	
	Selección basada en la corriente de línea	Selección basada en la corriente de neutro
(%) ≤ 15	1,00	-
15 < (%) ≤ 33	0,86	-
33 < (%) ≤ 45	-	0,86
(%) > 45	-	1,00

## Efectos de los armónicos sobre los equipos

- **Sobre los transformadores:**

La circulación de corrientes armónicas implica pérdidas por efecto joule y pérdidas magnéticas suplementarias.

- **En máquinas giratorias:**

Además de pérdidas por efecto joule y pérdidas magnéticas suplementarias, la presencia de tensiones armónicas puede provocar pares pulsatorios y, de rebote, vibraciones mecánicas perjudiciales además de una disminución del rendimiento mecánico del motor.

Por norma general, el factor armónico de tensión (HVF) debe ser inferior al 2%. Este factor se calcula con la fórmula siguiente:

$$HVF = \frac{1}{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{V_n}{V_1}\right)^2 \frac{1}{n}}} \leq 2\%$$

- **En baterías de condensadores:**

La instalación de baterías de condensadores en una instalación eléctrica puede implicar una resonancia paralela que amplifique las corrientes armónicas presentes en la instalación.

Este riesgo depende principalmente de la potencia de cortocircuito de la instalación y del valor capacitivo del sistema de compensación. En tal caso, pueden circular corrientes armónicas intensas en los condensadores y provocar el envejecimiento prematuro de sus componentes.

- **En dispositivos de medición:**

Las corrientes armónicas también pueden perturbar la medida de los equipos no inmunizados asociados a equipos de corte y de protección, a controladores permanentes de aislamiento y aparatos de medida.

### Soluciones para controlar la contaminación por armónicos

- 1) Diagnóstico de la instalación en cuestión : campaña de mediciones y determinación del nivel de armónicos.
- 2) Modelizado y caracterización del fenómeno, posterior estudio técnico-económico para recomendar las soluciones y las opciones.
- 3) Puesta en práctica de las soluciones materiales. Verificación de su efecto con las mediciones apropiadas.
- 4) Mantenimiento del rendimiento de la instalación en el tiempo mediante un contrato de mantenimiento y/o de control de calidad de la energía, o incluso del rendimiento energético.

### Algunas soluciones habituales

Cuando la impedancia de origen es débil, la potencia de cortocircuito resulta importante, lo que reduce los problemas debidos a los armónicos. De este

Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies](#).

Cerrar y aceptar

el objetivo es confinarlos lo más cerca posible de las cargas distorsionantes para evitar de este modo que contaminen toda la red. Para eso se utilizan los sistemas de filtrado o de aislamiento (por transformador).

Para proteger las baterías de compensación, los fabricantes insertan una **inductancia** en serie con los condensadores, lo que permite evitar el fenómeno de resonancia origen de los armónicos. Esta inductancia anti-resonancias se ajusta en función del espectro de corrientes armónicas existentes en la instalación.

La incorporación de **filtros pasivos** permite “capturar” las corrientes armónicas presentes en la instalación. Como cada filtro pasivo se dimensiona para una corriente armónica, hay que prever un filtro por cada corriente armónica a filtrar.

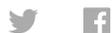
Los filtros activos, con rendimientos y potencias que aumentan con el progreso de la electrónica de potencia, permiten filtrar los armónicos hasta un rango determinado. Debe tenerse en cuenta que estos filtros se han calculado para asegurar la compensación de la energía reactiva de la instalación.

Ver mas detalles en [T2.5 – Calidad de la energía eléctrica](#)

Ver mas detalles en [T2.4 – Factor de potencia](#)

tema siguiente...

Comparte esto:



A un bloguero le gusta esto.

Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies.](#)

Cerrar y aceptar

Maximum harmonic current distortion in percent of $I_L$						
Individual harmonic order (odd harmonics) <sup>a,b</sup>						
$I_{sc}/I_L$	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD
< 20 <sup>c</sup>	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

<sup>a</sup>Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.  
<sup>b</sup>Current distortions that result in a dc offset, e.g., half-wave converters, are not allowed.  
<sup>c</sup>All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual  $I_{sc}/I_L$ , where  
 $I_{sc}$  = maximum short-circuit current at PCC

T2.5 - Calidad de la energía eléctrica  
En «Proyecto»

	0%	0.17	5.8
	25%	0.55	1.52
	50%	0.73	0.94
	75%	0.8	0.75
	100%	0.85	0.62
Motor asincrónico ordinario			
Lámparas de incandescencia		1	0
Lámparas de fluorescencia		0.5	1.73
Lámparas de descarga	0,4 a 0,6		2,29 a 1,33
Hornos de resistencia		1	0
Hornos de inducción		0,85	0,62
Hornos de calefacción dieléctrica		0,85	0,62
Máquinas de soldar por resistencia	0,8 a 0,9		0,75 a 0,48
Centros estáticos monofásicos de soldadura al arco		0,5	1,73
Grupos rotativos de soldadura al arco	0,7 a 0,9		1,02

T2.4 - Factor de potencia  
En «Proyecto»



P41 – 25- Portero Eléctrico  
En «Proyecto»

POR IE2MMO EN PROYECTO EL 29 AGOSTO, 2019.

← T2.5 – CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

T02.01 – FRECUENCIA →

## 2 comentarios



T2.5 – Calidad de la energía eléctrica « instalaciones electromecánicas

29 AGOSTO, 2019 DE 4:15 PM

RESPONDER

[...] tema siguiente... [...]

★ Me gusta



T03 – Cables y su dimensionamiento « instalaciones electromecánicas

29 AGOSTO, 2019 DE 4:23 PM

RESPONDER

[...] ...tema anterior. [...]

Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies.](#)

Cerrar y aceptar

## Responder

Introduce aquí tu comentario...

Blog de WordPress.com. No vendas mi información personal

Seguir instalaciones electromecánicas 5

■ 234.646 visitas

AYUDA A DIFUNDIR



Instalaciones Eléctric...  
81 Me gusta

Me gusta esta página

SÍGUEME EN TWITTER

Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies.](#)

Cerrar y aceptar

## Tweets por @ie4anyone



**ie4anyone**

@ie4anyone

Ver "La historia de la electricidad - BBC - parte 1 de 3" en #Vimeo [vimeo.com/263915117?ref=...](https://vimeo.com/263915117?ref=...)

Insertar

Ver en Twitter

u

Privacidad & Cookies: este sitio usa cookies. Al continuar usando este sitio, estás de acuerdo con su uso. Para saber más, incluyendo como controlar las cookies, mira aquí: [Política de Cookies.](#)

Cerrar y aceptar