

# GUÍA TÉCNICA

de eficiencia energética eléctrica



gestión y optimización de la contratación de energía • mejora de la demanda • mejora de la productividad



Jordi Serra

# GUÍA TÉCNICA

## de eficiencia energética eléctrica



Primera edición, Octubre 2007  
Segunda edición, Mayo 2008  
Tercera edición, Setiembre 2009

© **CIRCUTOR**, S.A. 2008

AE Yb(Æà[ ^A] •^EÆÆ AEJH HÆa^~aa, à{(cA)à•â~[] [ àDÆc~ à" à

AE W\*DEI í DE AE í AKÆFAÆÀ LÆI í DE AE í AKÆI

e-mail: central@circutor.es

AE ç ç Dabç ] •DcÆÆ LÆÆ tab[ àà~[ ~•@~"lààDabç ] •Dc

Autor: Jordi Serra

Colaboradores: Áreas de márketing de producto

Edición: Dpto. Comunicación e Imagen, **CIRCUTOR** S.A.

Diseño de la cubierta: Alberto Pedrosa

ISBN-13: 978-84-612-0421-2

Impreso en España

## Un bien para todos

La guía de la eficiencia energética eléctrica ( $e^3$ ), que hoy les ofrecemos, es el resultado de 35 años de dedicación al control de la calidad y al uso racional de la energía eléctrica. Durante estos años, los cambios que se han producido en nuestro sector han sido de una gran trascendencia.

En los años setenta la principal preocupación del usuario era la continuidad del servicio y las fluctuaciones de tensión. Esta situación mejoró como consecuencia del gran desarrollo de las infraestructuras eléctricas en la mayoría de los países.

Actualmente, la difícil disponibilidad de recursos energéticos y la situación medioambiental han tomado, desafortunadamente, un protagonismo sin precedentes.

Sin lugar a dudas, la calidad y el uso racional de la energía es un factor determinante en la competitividad de las empresas. Pero además, la reducción del coste ecológico asociado, es ya un concepto clave y necesario para garantizar el futuro del planeta.

Desde nuestros inicios, en **CIRCUTOR**, hemos sido conscientes de este hecho. Hace muchos años que empezamos a hablar de conceptos como: uso racional de la energía eléctrica, ahorro energético, control energético y, hoy en día eficiencia energética eléctrica.

Esta visión, junto con el gran avance que ha experimentado la electrónica, la experiencia acumulada, y una constante vocación innovadora, nos han permitido ofrecer tecnología capaz de medir, gestionar y racionalizar tanto la calidad como la demanda de la energía.

El mundo ha cambiado y las necesidades son muy diferentes, pero, ahora más que nunca, nuestra misión ha sido, es y seguirá siendo la misma:

“Ayudar a nuestros clientes a realizar un uso racional y eficiente de la energía eléctrica”.

Lograrlo será nuestra recompensa, y sin duda alguna, será un bien para todos.



Ramón Comellas  
PresidentedeCIRCUTOR,S.A.



Ramón Pons  
PresidentedeCIRCUTOR,S.A.



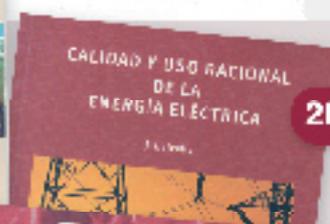
# la eficiencia y el control energético

... hasta 2008 **Compensación de energía reactiva en Media Tensión, analizadores de calidad de suministro, contadores electrónicos para facturación, protección diferencial inteligente, analizador de redes de perfil DIN, ...**



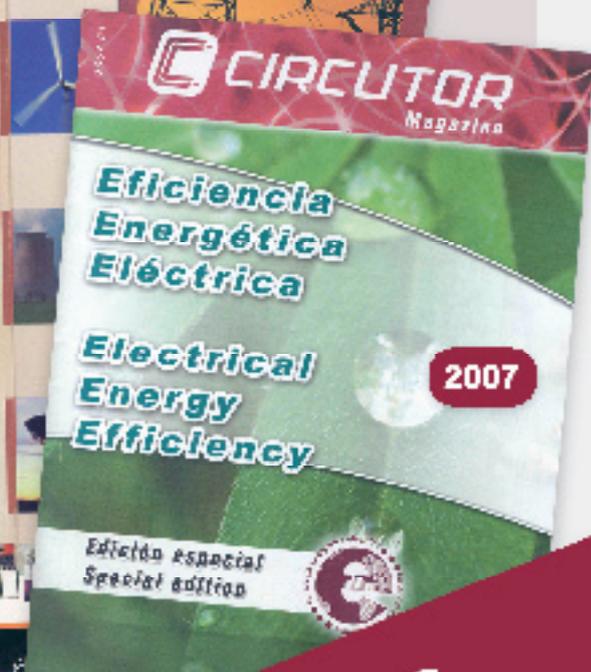
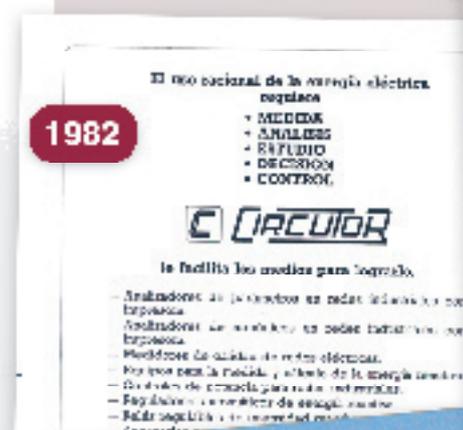
... y seguimos

1998



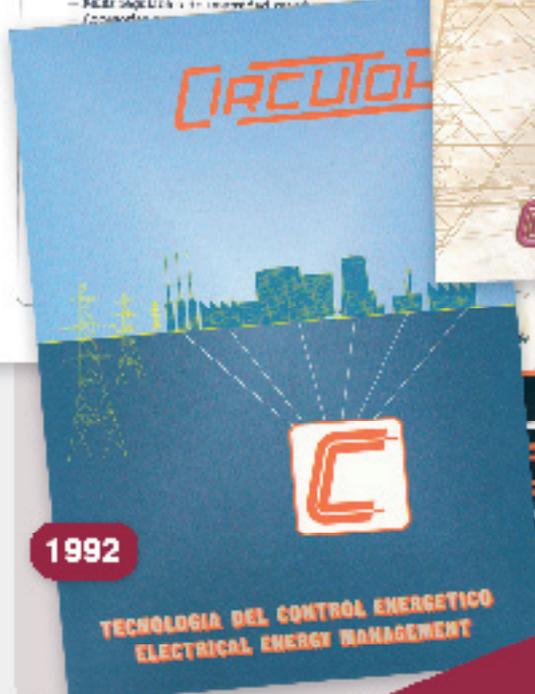
2000

1982



2007

1992



1984



**EL TIEMPO NOS HA DADO LA RAZÓN**





# Contenido

Introducción GUIA EFICIENCIA .....	15
1. Definición de Eficiencia Energética Eléctrica (e <sup>3</sup> ) .....	17
1.1 Qué es la e <sup>3</sup> .....	17
1.2 Cuestiones básicas sobre la e <sup>3</sup> .....	18
1.3 Planteamiento de un estudio de eficiencia energética .....	18
2. Relación entre eficiencia energética, calidad de suministro y calidad de onda .....	21
3. Costes de una instalación eléctrica .....	23
3.1 Costes técnicos .....	23
3.2 Costes económicos .....	24
3.3 Costes ecológicos .....	25
4. Conceptos básicos energéticos .....	27
4.1 Potencias y energías .....	27
4.2 Curva de demanda .....	28
4.3 Máxima demanda .....	29
4.4 Armónicos y potencia de distorsión .....	29
4.5 Pérdidas .....	32
4.6 Desequilibrio .....	33
5. Conceptos básicos de comunicaciones .....	35
5.1 Introducción .....	35
5.2 Equipos de campo .....	35
5.3 Sistema de control .....	35
5.4 Clientes de la aplicación de control .....	35
5.5 Red de comunicaciones .....	36
6. Esquema general Eficiencia Energética Eléctrica .....	44
7. Gestión y optimización de la contratación .....	47
7.1 Contadores electrónicos CIRWATT .....	48
7.2 Analizador de la calidad de suministro QNA .....	52
8. Sistemas de medida y supervisión de la energía .....	55
8.1 <i>Software</i> de gestión energética PowerStudio Scada .....	56
8.2 Analizadores de redes CVM .....	58
8.3 Contadores de energía para consumo parcial o <i>Submetering</i> .....	61
8.4 Centralizadores de impulsos LM .....	63
8.5 Indicadores digitales de proceso DH96 .....	65
8.6 Transformadores de corriente para medida .....	68
8.7. Analizadores de redes portátiles AR5-L/CIR-e3 .....	72
9. Gestión de la demanda .....	75
9.1 Objetivos de la gestión de la demanda .....	75
9.2 Control de la máxima demanda .....	78
9.3 Compensación de Energía Reactiva .....	81
9.4 Filtrado .....	92
10. Mejora de la productividad .....	93
10.1 Equipos de filtrado .....	94
10.2 Protección diferencial inteligente .....	100
10.3 Sistemas de reconexión automática inteligente .....	104
11. Notas aplicación .....	113
11.1 Esquemas tipo de instalaciones .....	113
11.2 Ejemplo de e <sup>3</sup> en una empresa .....	122
11.3 Ejemplo de e <sup>3</sup> en una red de distribución de Media Tensión .....	136
12. Ficha técnica de aplicación PowerStudio Scada .....	140
12.1 Aplicación Sector Infraestructura: Aigües de Terrassa .....	140
12.2 Aplicación Sector Industria: NUPIK .....	142
12.3 Aplicación Sector Edificios: Universidad Pablo de Olavide .....	144
12.4 Aplicación Sector Edificios: ZURICH .....	146
12.5 Aplicación Sector Edificios: CIRCUTOR .....	148



electrical energy efficiency



## Introducción

Actualmente el gran aumento de demanda de energía, así como las previsiones existentes a corto plazo, muestran una serie de grandes problemas a escala mundial:

- ▶ Afectación grave al medio ambiente
- ▶ Encarecimiento progresivo de las energías fósiles
- ▶ Repercusiones sobre las economías
- ▶ Falta de modelo energético

Las razones que llevan a este análisis son básicamente dos. Por un lado, la dependencia en un porcentaje muy elevado de los combustibles fósiles, tal y como se describe a continuación:

- ▶ 80 % combustibles fósiles.
- ▶ 10 % biomasa tradicional
- ▶ 6 % energía nuclear
- ▶ 2 % hidráulica
- ▶ 2 % energías renovables

Por otro lado, el 15 % de la población mundial consume el 53 % de la energía generada. Este hecho es especialmente importante en un momento en que existen economías emergentes en proceso de desarrollo, lo que está implicando un gran incremento de sus consumos de energía.

Por tanto, para poder compatibilizar las necesidades de energías actuales y futuras, con el medio ambiente y las economías, existen dos líneas de trabajo muy importantes:

- ▶ La implantación de energías renovables
- ▶ Un uso racional y consciente de la energía, o lo que es lo mismo, **la necesidad de fuertes políticas de Eficiencia Energética**

**CIRCUTOR** le va a dar los consejos necesarios para que usted consiga tener una instalación eléctrica energéticamente eficiente.

electrical energy efficiency



# 1. Definición de Eficiencia Energética Eléctrica (e<sup>3</sup>)

## 1.1 Qué es la e<sup>3</sup>

Se entiende por eficiencia energética eléctrica, la reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o cualquier proceso de transformación.

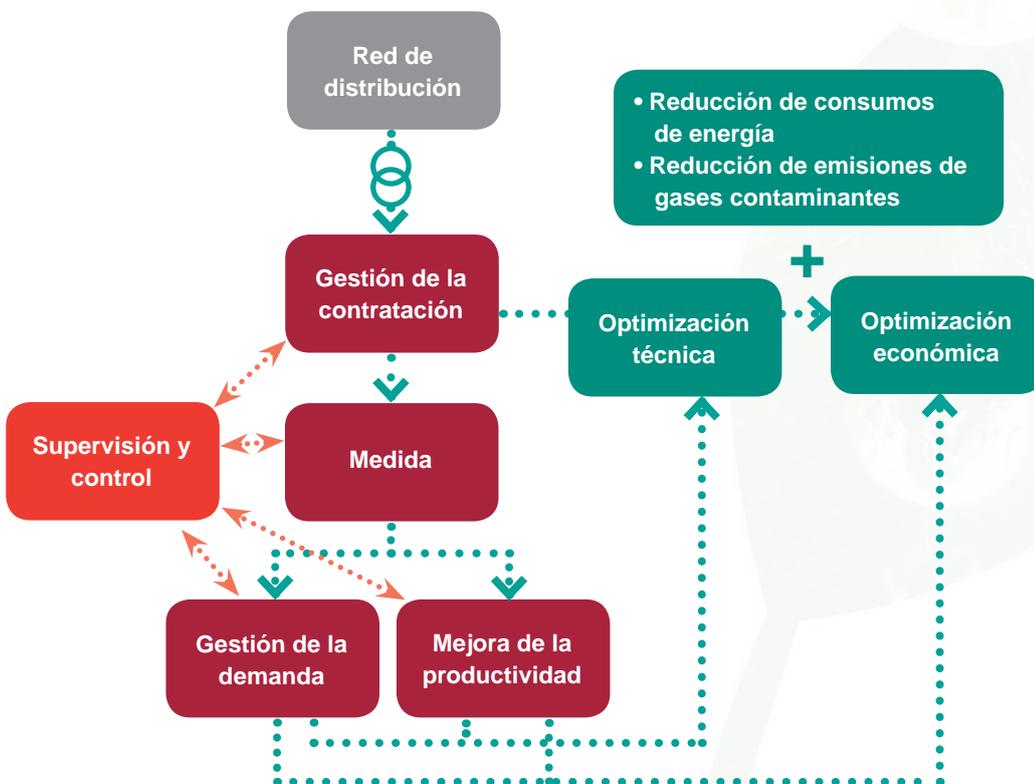
Además, una instalación eléctricamente eficiente permite su optimización técnica y económica. Es decir, la reducción de sus costes técnicos y económicos de explotación.

En definitiva, un estudio de ahorro y eficiencia energética comporta tres puntos básicos:

- ▶ Ayudar a la sostenibilidad del sistema y medio ambiente mediante la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> al reducir la demanda de energía
- ▶ Mejorar la gestión técnica de las instalaciones aumentando su rendimiento y evitando paradas de procesos y averías
- ▶ Reducción, tanto del coste económico de la energía como del de explotación de las instalaciones

Desde un punto de vista técnico, para la realización de una instalación eléctrica eficiente se plantean cuatro puntos básicos:

- ▶ Gestión y optimización de la contratación
- ▶ Gestión interna de la energía mediante sistemas de medida y supervisión
- ▶ Gestión de la demanda
- ▶ Mejoras de la productividad mediante el control y eliminación de perturbaciones



## 1.2 Cuestiones básicas sobre la e<sup>3</sup>

Una vez explicados los cuatro puntos básicos, se plantea para cada uno de ellos una serie de preguntas. Éstas pretenden identificar los objetivos a trabajar para tener una instalación eléctricamente eficiente.

### Gestión y optimización de la contratación

- ¿Es su contratación eléctrica la más adecuada a sus necesidades?
- ¿Sabe que una mala calidad de onda eléctrica puede afectar a sus procesos productivos?

### Medida

- ¿Es consciente de cómo, cuándo y dónde consume la energía?
- ¿Está seguro de que toda la energía que está consumiendo es necesaria?

### Gestión de la demanda

- ¿Puede reducir sus consumos de energía eléctrica sin afectar a los procesos o actividades realizadas?
- ¿Es posible una mejora del rendimiento de las instalaciones?

### Mejora de la productividad

- ¿Existe una forma de evitar las paradas y averías de sus equipos eléctricos?
- ¿Puede entonces mejorar la productividad de sus procesos?

## 1.3 Planteamiento de un estudio de eficiencia energética

El primer paso a realizar en un proceso de eficiencia energética eléctrica es la diagnosis y auditoría de energía eléctrica. En ella, se va a proceder a tomar e interpretar mediciones de potencia y energía, así como de todas las variables necesarias para la posterior toma de decisiones.

Para ello, existen dos puntos claves a tener en cuenta:

- ▶ Qué se pretende obtener de las medidas
- ▶ Qué puntos de medida son los idóneos

No obstante, hay dos formas de realizar la auditoría, que depende de la instalación objeto de estudio:

#### ▲ Instalaciones sin sistema de medida y supervisión

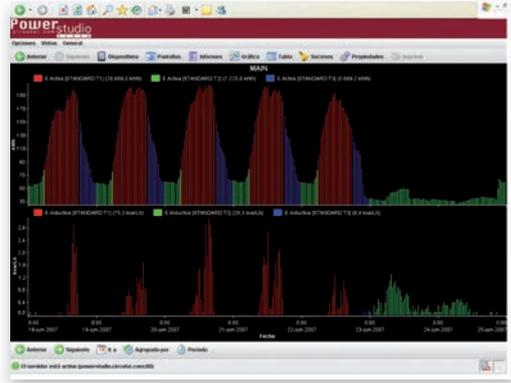
En este caso, se tiene que realizar una campaña de mediciones mediante equipos portátiles de medida **AR5-L/CIR-e3**. Estos equipos permiten el almacenamiento, en su memoria, de todas las variables seleccionadas (potencias, energías, THD, corriente, etc.).



Se realizan tantas medidas como puntos se hayan considerado críticos o necesarios.

En función del tipo de proceso, se determina la duración de cada una de las medidas, con el fin de que sea representativa del estado del punto medido. Los equipos portátiles de medida aportan una gran flexibilidad, pero, por contra, no permiten la realización de un seguimiento del consumo de energía una vez se han tomado las decisiones oportunas.

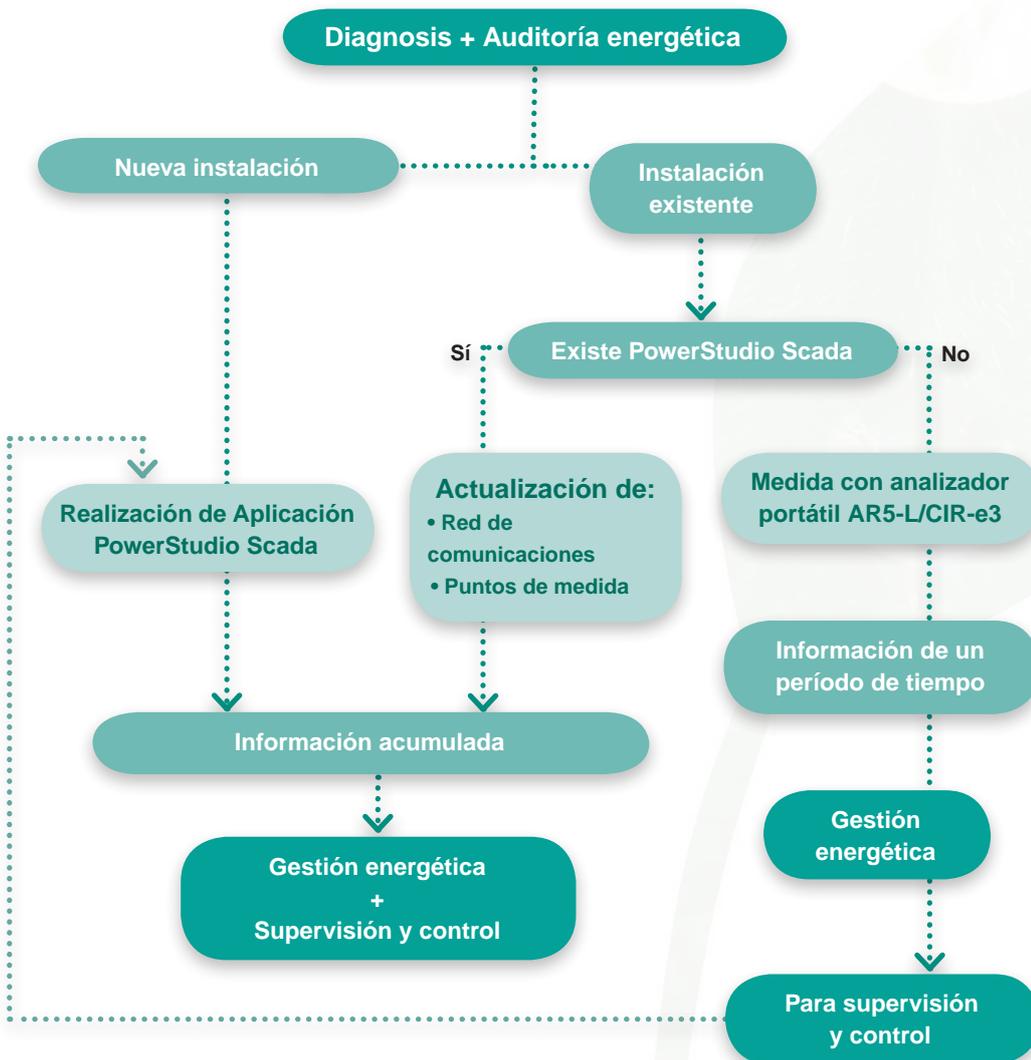
Se aconseja el examen de los puntos donde se han realizado las medidas para la posterior instalación de un equipo de medida fijo y comunicado con un software de supervisión y control **PowerStudio Scada**. En este caso, el equipo de medida portátil realiza una función de soporte en aquellos lugares donde no se mida con equipos fijos.



#### ▲ Instalaciones con sistema de medida y supervisión PowerStudio Scada

Obtención de la información del sistema de medida y supervisión **PowerStudio Scada** existente en la instalación, mediante los datos almacenados en los históricos. De esta forma, además de la rapidez en la obtención de la información, se puede realizar, posteriormente, un seguimiento de las variables críticas.

#### ▲ Esquema general de un proyecto de eficiencia energética eléctrica



electrical energy efficiency



## 2. Relación entre eficiencia energética, calidad de suministro y calidad de onda

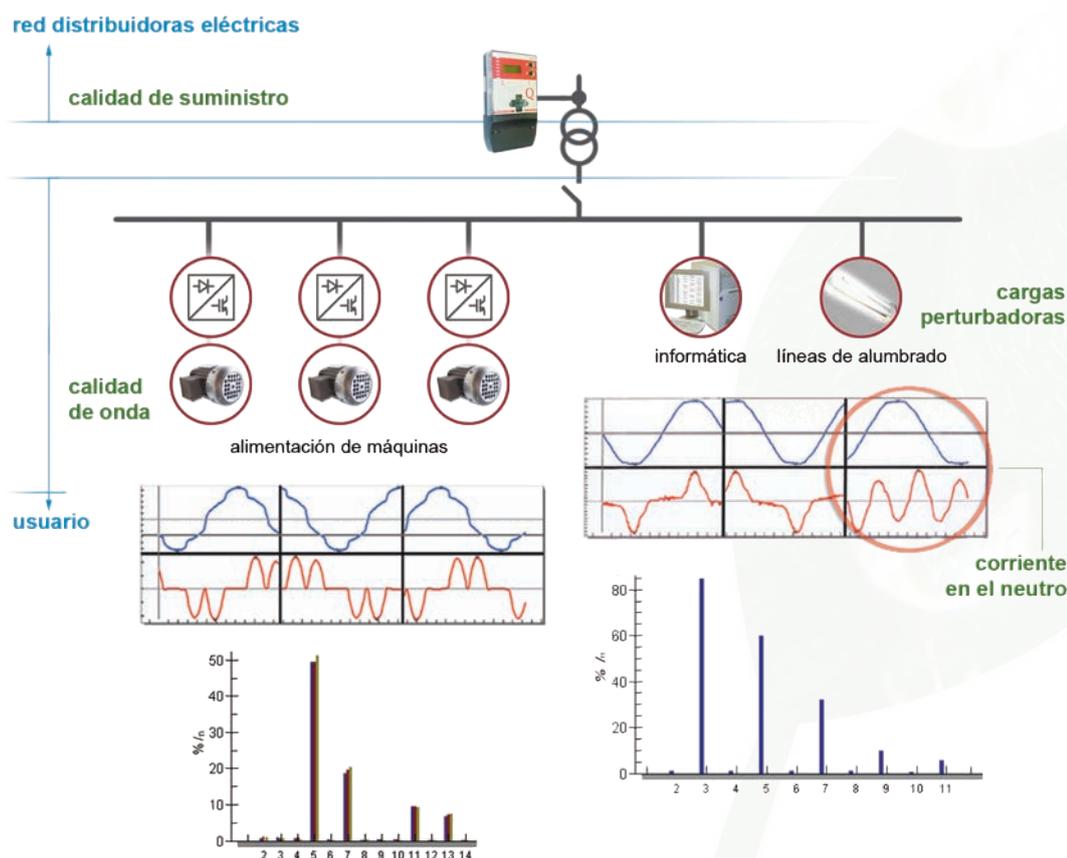
La incorporación de equipos de electrónica de potencia es una realidad por las ventajas que presentan a nivel de ahorro energético y facilidad de regulación, es decir, confort.

Entre estos equipos cabe destacar todos aquellos que regulen o conviertan algún tipo de magnitud eléctrica como SAI, variadores de velocidad, arrancadores, dimmers, etc., además de los ordenadores.

Pero, la utilización de estos equipos, con todas sus ventajas energéticas, comporta la generación tanto de fugas a tierra, como de mala calidad de onda. Es decir, corrientes armónicas y de altas frecuencias.

No obstante, es importante la distinción entre calidad de suministro eléctrico y calidad de onda, lo que permite conocer el origen de las perturbaciones.

- ▶ El primer concepto hace referencia a cómo la compañía suministradora entrega la tensión (interrupciones, huecos, sobretensiones, etc.)
- ▶ El segundo concepto, calidad de onda, se refiere a cómo el usuario utiliza la corriente que, posteriormente, afecta a la tensión. Es en este concepto donde aparecen los problemas derivados de corrientes armónicas y altas frecuencias generados por los equipos ya mencionados



electrical energy efficiency



### 3. Costes de una instalación eléctrica

Tal y como se ha comentado anteriormente, una instalación eficiente, además de la reducción del consumo eléctrico, comporta una reducción de los costes de explotación de la instalación. Para facilitar su comprensión se explica cada uno de ellos de forma detallada.

#### 3.1 Costes técnicos



##### ▲ Qué son

Se entiende como coste técnico la pérdida de capacidad de transporte y distribución, así como calentamientos (pérdidas por efecto Joule), perturbaciones y caídas de tensión en instalaciones y sistemas eléctricos.

##### ▲ Quién los produce

Las causas responsables de esta saturación de las instalaciones son las siguientes:

- ▶ Puntas de máxima demanda de energía
- ▶ Existencia de potencia reactiva
- ▶ Existencia de corrientes armónicas
- ▶ Líneas con cargas desequilibradas
- ▶ Utilización de receptores no eficientes

##### ▲ Cómo se reducen

La reducción de los costes técnicos se realizan mediante:

- ▶ Compensación de energía reactiva
- ▶ Filtrado de armónicos
- ▶ Equilibrado de fases
- ▶ Amortiguación de las puntas de máxima demanda y, en la medida de lo posible, su reubicación
- ▶ Utilizando receptores eficientes

##### ▲ Qué aporta la mejora de los costes técnicos

- ▶ Menor consumo de energía
- ▶ Mayor rendimiento de las instalaciones mediante un mejor aprovechamiento de las líneas de distribución y transformadores
- ▶ Reducción de pérdidas y calentamientos en líneas y equipos
- ▶ Reducción del número de averías
- ▶ Continuidad del servicio eléctrico
- ▶ Reducción de los costes económicos de explotación

Concepte	Càlculs
Potència	382,5 kW x 1 x 2,271
Consum	96.071 kWh x 0,07
Terme de reactiva	8.389,83 eur x
Recarrec consum punta	22.869 kWh y
Impost sobre Electricitat	8.710,57 ei

## 3.2 Costes económicos

### ▲ Qué son

Los propios de una factura no optimizada y el importe consecuencia de los costes técnicos generados. Se pueden clasificar en dos tipos:

- ▶ Costes visibles
- ▶ Costes ocultos

### Costes visibles

Aquellos que se deducen de la interpretación de la factura eléctrica:

- ▶ Potencia contratada no adecuada
- ▶ Tarifa eléctrica no adecuada
- ▶ Consumo horario de energía
- ▶ Puntas de demanda
- ▶ Consumo de energía reactiva

### ▲ Cómo se reducen

Mediante un estudio de la factura eléctrica pueden definirse las acciones adecuadas para reducir el coste global.

- ▶ Ajuste de potencia contratada y, si procede, cambio de tarifa. Esta acción no presenta prácticamente coste alguno. No obstante, antes de realizar un reajuste de potencia contratada o de tarifa, se recomienda estudiar los procesos y los consumos de energía para ver si la demanda se ajusta a las necesidades reales
- ▶ Eliminación del recargo o coste de la energía reactiva mediante su compensación. Para ello, se instala una batería de condensadores que, en la mayoría de los casos, queda amortizada a los pocos meses de su montaje
- ▶ Amortiguamiento de las puntas de máxima demanda. Consiste en no sobrepasar el máximo de potencia permisible por la compañía suministradora y, cuando sea posible, reubicar las cargas en momentos en las que la demanda de energía sea menor

### Costes ocultos

#### ▲ Qué son

- ▶ Todo aquel consumo de energía no necesario. El coste que representa tanto en término de potencia, como de energía, de todos aquellos consumos no realmente necesarios o que pueden ser prescindibles durante un cierto tiempo
- ▶ Todos aquellos que tienen su origen en los costes técnicos y en la utilización de receptores que generen perturbaciones. Estos, no siendo evidentes, pueden representar un gasto importante para la empresa. Se dividen, a su vez, en dos tipos:

#### Costes en instalaciones eléctricas

- ▶ Ampliación de instalaciones como consecuencia de:
  - ▶ Sobrecarga de líneas
  - ▶ Sobrecarga de transformadores
- ▶ Pérdidas económicas por efecto Joule en distribución. Este concepto es especialmente importante en distribución eléctrica y en industrias con grandes distancias de líneas
- ▶ Averías en máquinas (motores, transformadores, variadores de velocidad, etc.) y equipos de control (ordenadores, PLC)

## Costes en procesos productivos

- ▶ Paradas de instalaciones
- ▶ Pérdidas de producto no finalizado
- ▶ Costes adicionales en horas de mano de obra

### ▲ Cómo se reducen

- ▶ Realizando un estudio de eficiencia de la empresa o industria
- ▶ Mediante la corrección de los costes técnicos detallados en el punto anterior

### ▲ Qué aporta la mejora de los costes económicos visibles y ocultos

- ▶ Menor consumo de energía
- ▶ Disminución de la factura eléctrica
- ▶ La no necesidad de invertir en instalaciones por falta de capacidad, debido a un mal rendimiento
- ▶ Mejora de la productividad al tener menor número de averías y paradas

## 3.3 Costes ecológicos



### ▲ Qué son

Las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por el consumo de energía no necesaria o prescindible. Si hablamos de energía eléctrica mixta generada por energías primarias fósiles y renovables el ratio es de aproximadamente 0,6 toneladas de CO<sub>2</sub> por cada kWh consumido.

### ▲ Cómo se reducen

Mediante un planteamiento general del consumo de energía global de una industria o empresa. Por tanto, lleva asociado una auditoría previa que determine los siguientes puntos:

- ▶ Hábitos de consumo de energía
- ▶ Estado de las instalaciones
- ▶ Instalación de equipos que permitan el control y la supervisión del consumo energético de las instalaciones
- ▶ Consumo de energía por cada planta o área de trabajo
- ▶ Qué consumos de energía pueden ser disminuidos
- ▶ Qué receptores deben de ser sustituidos por otros más eficientes

### ▲ Qué aporta la mejora de los costes ecológicos

- ▶ Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero
- ▶ Disminución de costes técnicos y económicos



electrical energy efficiency



## 4. Conceptos básicos energéticos

Los siguientes puntos definen y agrupan todos aquellos conceptos previos relacionados con la eficiencia energética eléctrica.

### 4.1 Potencias y energías

#### ▲ Potencia activa (kW)

La potencia que demanda un receptor o conjunto de receptores que es transformada en trabajo o calor.

#### ▲ Potencia reactiva (kvar)

La potencia reactiva es aquella que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos (como motores, transformadores, reactancias, etc.).

Esta potencia no se convierte en trabajo útil, aumenta la potencia total a transportar y distribuir por las compañías suministradoras, así como las pérdidas en distribución.

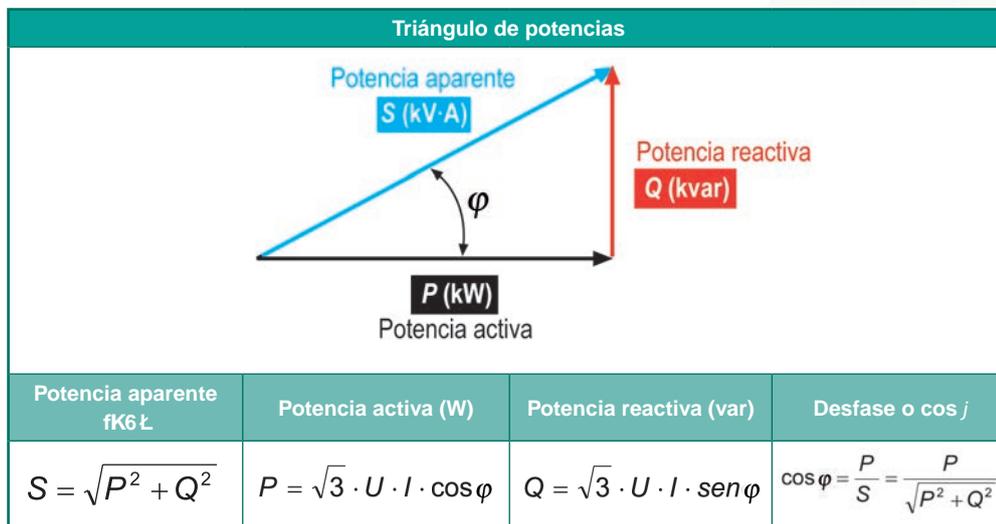
#### ▲ Potencia aparente (kVA)

Es el valor real demandado a la red y que es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva. Es importante destacar que es la energía real generada y transportada por las líneas de transporte y distribución.

#### ▲ Desfase o $\cos \phi$

Es la proporción existente entre la potencia activa y la potencia aparente, o el coseno del ángulo de desfase entre potencia activa y potencia aparente.

En el siguiente gráfico se observan los conceptos explicados así como su forma de cálculo.



#### ▲ Potencia contratada (kW)

Valor de potencia activa contractual solicitada a la compañía distribuidora

#### ▲ Potencia consumida (kW)

Valor real de potencia activa consumida. Este puede ser mayor o menor que el valor de potencia contratada.

#### ▲ Potencia eficiente (kW)

Es la potencia optimizada una vez realizadas las medidas adoptadas en el plan de eficiencia.

#### ▲ : cZg VVXi kVfi L ] Ł

Es la potencia activa consumida por unidad de tiempo

#### ▲ : cZg VgZVXi kVfi kVg Ł

Es la potencia reactiva consumida por unidad de tiempo.

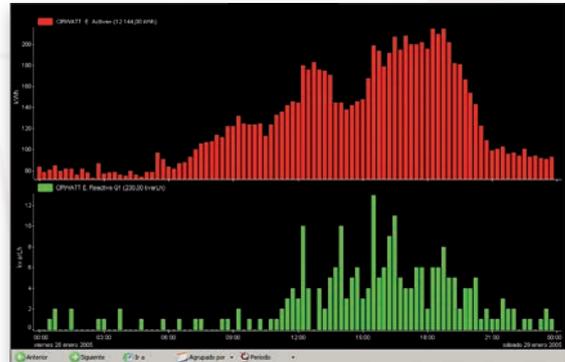
## 4.2 Curva de demanda

Evolución gráfica de las potencias y energías demandadas a la red de suministro eléctrico. El análisis de estas dos curvas es el punto de inicio de la auditoría energética eléctrica.

#### ▲ Curva de demanda de energías

En esta curva se observa la evolución de la demanda de energía media en períodos de tiempo, que van de una hora a medias diarias, semanales o mensuales.

Esta curva permite estudiar las posibles discriminaciones horarias del consumo de la energía y, por tanto, decidir si las condiciones contratadas son las actuales. La figura adjunta muestra la curva de demanda semanal obtenida por un contador electrónico CIRWATT.

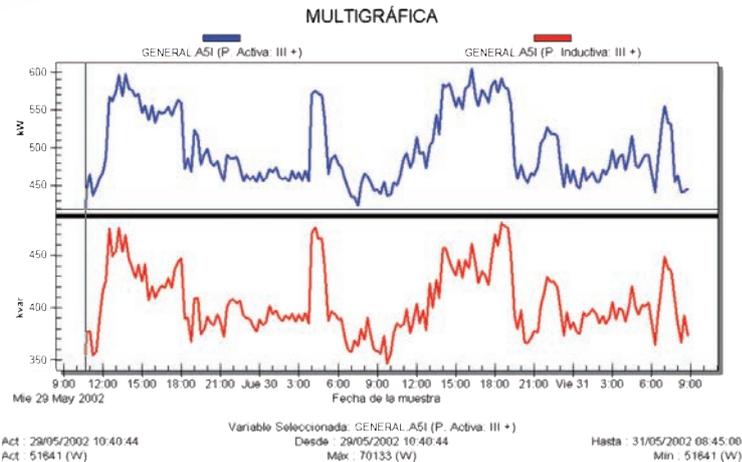


#### ▲ Curva de demanda de potencia

Estas curvas muestran la evolución tanto de potencia activa como de potencia reactiva. Esto va a permitir:

- ▶ Ver si la potencia contratada es la más adecuada
- ▶ Si hay puntas de potencia y en que horas se producen
- ▶ Observar los niveles consumidos de potencia reactiva, por tanto, la información para realizar su correcta compensación

En la figura se observa una curva de demanda de potencia, medida por un analizador de redes portátil AR5-L/CIR-e3.



### 4.3 Máxima demanda

Las tarifas eléctricas suelen contemplar fórmulas que, en un momento de necesidad, permiten demandar más potencia que la contratada sin tener un corte de suministro debido a la actuación del interruptor de control de potencia.

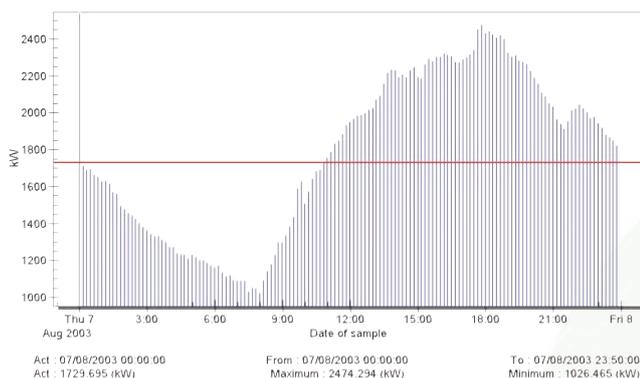
Se entiende como máxima demanda el valor de potencia máximo solicitado por una instalación acumulada en un período de integración, que normalmente es de 15 minutos. El registro de esta potencia lo realiza la función de máxímetro de los contadores **CIRWATT**, registrando el valor máximo medido en un mes.

Por tanto, una acción a llevar a cabo en un estudio de eficiencia es la amortiguación de las puntas de potencia, lo que va a permitir:

- ▶ La ayuda a la gestión técnica del sistema de transporte y distribución de energía eléctrica y, además, una ayuda a la gestión ecológica en la generación de energía
- ▶ La reducción del término de potencia de la factura eléctrica
- ▶ Optimización de la instalación objeto de estudio y una reducción del nivel de pérdidas

Un ejemplo de aplicación del valor registrado es la aplicación de la tarifa regulada y la tarifa de M.T. de 3 períodos del mercado libre, con un solo máxímetro, del sistema de tarificación español.

$$P_{facturada} = MD + 2(MD - 1,05 * P_{contratada})$$



- ▶ donde MD es el valor máximo medido por el máxímetro en 1 mes

### 4.4 Armónicos y potencia de distorsión

Las cargas no lineales tales como: rectificadores, variadores de velocidad, hornos e inversores, etc., absorben de la red corrientes periódicas no sinusoidales. Estas corrientes están formadas por una componente fundamental de 50 ó 60 Hz, más una serie de corrientes superpuestas, de frecuencias múltiples de la fundamental, que denominamos armónicos. El resultado es una deformación de la corriente y de la tensión que conlleva una serie de efectos secundarios asociados.

Para la interpretación de los análisis y las medidas realizadas en instalaciones con armónicos se definen una serie de parámetros.

#### ▲ Orden de un armónico (n)

Relación entre la frecuencia del armónico ( $f_n$ ) y la frecuencia fundamental ( $f_1$ ). Considerando la frecuencia fundamental de 50 ó 60 Hz.

n (orden armónico)	Frecuencia de red	
	50 Hz	60 Hz
5	250 Hz	300 Hz
7	350 Hz	420 Hz
11	550 Hz	660 Hz

#### ▲ Tasa de distorsión individual

Relación, expresada en tanto por ciento, entre el valor eficaz de un armónico de tensión o corriente ( $U_n$  o  $I_n$ ) y el valor eficaz de la correspondiente componente fundamental.

$$U_n(\%) = \frac{U_n}{U_1} \cdot 100 \quad I_n(\%) = \frac{I_n}{I_1} \cdot 100$$

Tensión red	I nominal fundamental	I del 5º armónico	U del 5º armónico
400 V	327 A	53 A	18 V
Tasa individual de corriente		Tasa individual de tensión	
$I_5(\%) = \frac{I_5}{I_1} \cdot 100 = \frac{53}{327} = 16\%$		$U_5(\%) = \frac{U_5}{U_1} \cdot 100 = \frac{18}{400} = 4,5\%$	

Ejemplo:

#### Cuantificación global

#### ▲ Tasa de distorsión total

Relación, en tanto por ciento, entre el valor eficaz del residuo armónico en tensión o corriente y el correspondiente valor eficaz de la componente fundamental. Para ello se define la Tasa

Tasa de distorsión global en corriente THD I	Tasa de distorsión global en tensión THD U
$THD I(\%) = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \cdot 100$	$THD U(\%) = \frac{\sqrt{U_3^2 + U_5^2 + U_7^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} \cdot 100$

de distorsión total o THD.

Como ejemplo, se propone la misma medida anterior pero con el rango completo de tensiones

	Fundamental	5º	7º	11º	13º	THD (%)
I	327 A	224 A	159 A	33,17 A	9 A	84,6 %
U	400 V	20 V	17 V	6 V	2 V	6,7 %

y corrientes armónicas.

#### ▲ Verdadero valor eficaz de tensión y corriente

En una instalación donde las tasas de distorsión armónica sean elevadas, el valor real de corriente y tensión, puede ser aumentado de manera importante respecto a la fundamental, generando sobrecargas y, consecuentemente, calentamientos.

Para entender esta anomalía, se define el verdadero valor eficaz de una señal teniendo en

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2} \quad U = \sqrt{U_1^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}$$

cuenta las componentes fundamental y armónicas existentes.

Por tanto, una consecuencia evidente del aumento del verdadero valor eficaz en corriente es el aumento del nivel de pérdidas, que son de dos tipos:

- ▶ Pérdidas por efecto Joule
- ▶ Pérdidas magnéticas por histéresis y Foucault

#### ▲ Residuo armónico

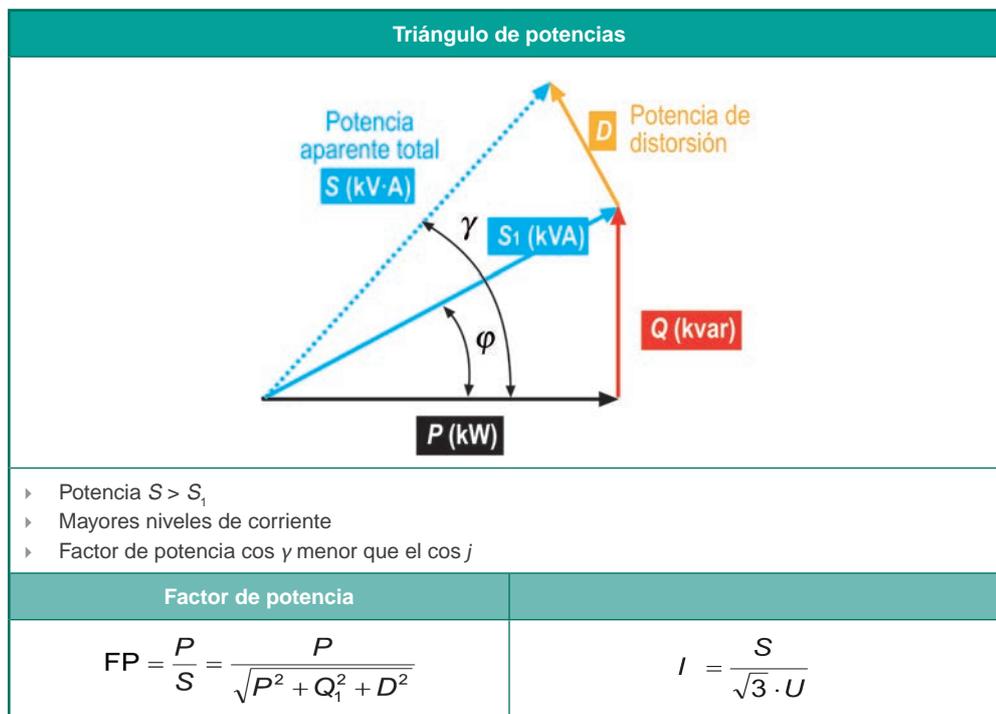
$$I_{\text{res}} = \sqrt{I^2 - I_1^2} \quad U_{\text{res}} = \sqrt{U^2 - U_1^2}$$

Diferencia entre la tensión o corriente total y el correspondiente valor fundamental.

#### ▲ Potencia de distorsión

Cuando la instalación cuenta con cargas que producen armónicos, aparece una componente más a tener en cuenta en el cálculo de la potencia aparente. Esta potencia adicional se

$$S^2 = U_1^2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2 = U_1^2 \cdot I_1^2 + U_1^2 \cdot \sum_{n=2}^{\infty} I_n^2 = S_1^2 + D^2$$



denomina potencia de distorsión ( $D$ ).

Es importante destacar que, a  $\cos j$  constante, a mayor potencia de distorsión  $D$ , el factor de potencia  $\cos \gamma$  es más bajo.

#### ▲ Factor de sobrecarga

Es la relación existente entre el valor eficaz de corriente y la corriente fundamental, o entre la potencia aparente total  $S$  y la potencia aparente  $S_1$

$$F_c = \frac{S}{S_1} = \frac{I}{I_1}$$

#### ▲ Factor $K$ de transformadores

El factor  $K$  es un coeficiente que calcula, de forma aproximada, la pérdida de potencia útil de un transformador como consecuencia de la existencia de corrientes armónicas.

El cálculo tiene en cuenta:

- ▶ Sobrecarga por las propias corrientes armónicas
- ▶ La disminución de potencia útil para mantener la temperatura del núcleo en valores aceptables, dado el sobrecalentamiento debido a las frecuencias armónicas. Es decir, al

$$K = \sqrt{1 + \frac{e}{1+e} \left(\frac{I_1}{I}\right)^2 \sum_{n=2}^{40} n^q \left(\frac{I_n}{I_1}\right)^2}$$

aumento de las pérdidas por histéresis y Foucault

- ▶  $e$ : es el factor que representa la relación entre pérdidas en el cobre y en el hierro del transformador. Se obtiene de los datos de ensayo del transformador, o en su defecto se toma como valor aproximado 0,1
- ▶  $q$ : suele tomarse de 1,7 a 1,8

Por tanto, una vez determinado el factor  $K$ , se calcula la potencia útil, reducida, del transformador.

$$S_{\text{útil}} = \frac{S_{\text{transf}}}{K}$$

## 4.5 Pérdidas

Pérdidas de potencia y energía como consecuencia de las impedancias existentes en toda instalación eléctrica.

### Tipos de pérdidas

#### ▲ Pérdidas por efecto Joule o en el cobre

Pérdidas debidas al nivel de corriente circulante en la instalación y a la resistencia eléctrica. La mayor parte se encuentran en:

- ▶ Líneas eléctricas
- ▶ Devanados de motores y transformadores

$$P_J = R \cdot I^2$$

#### ▲ Pérdidas en el hierro o magnéticas

Pérdidas debidas a la corriente circulante, y en su mayor parte a las frecuencias de las corrientes existentes en la instalación, es decir, de las corrientes armónicas existentes.

Hay dos tipos de pérdidas en el hierro: Histéresis y Foucault. Las primeras corresponden a la

$$P_h = K_h \cdot \sum n \cdot I^2$$

energía necesaria para la magnetización de las planchas magnéticas de los núcleos.

$$P_F = K_h \cdot \sum n^2 \cdot I^2$$

Las segundas, corresponden a las generadas por la aparición de corrientes inducidas.

Las pérdidas de Foucault se ven más incrementadas, en función cuadrática, por efecto de las

frecuencias existentes.

Se localizan en todos aquellos receptores que contengan planchas magnéticas, como:

- ▶ Máquinas eléctricas rotativas
- ▶ Transformadores
- ▶ Reactancias

## Reducción de pérdidas

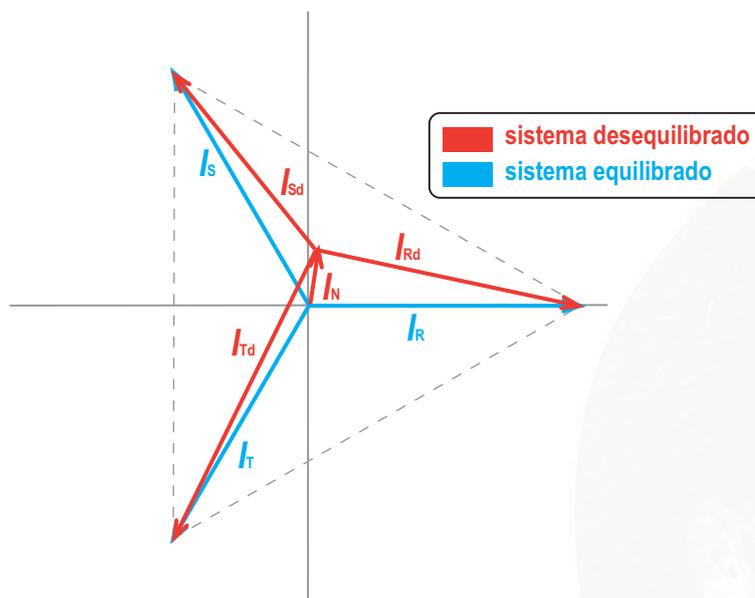
Uno de los puntos importantes en un estudio de eficiencia es la minimización de las pérdidas.

Para ello, hay que disminuir los valores de corriente circulante (pérdidas por efecto Joule) y eliminar las frecuencias armónicas, o múltiples de la fundamental (pérdidas magnéticas). Además, la reducción de pérdidas comporta:

- ▶ Reducción de calentamientos
- ▶ Menor consumo en sistemas de refrigeración
- ▶ Sensible reducción de la factura eléctrica

## 4.6 Desequilibrio

Las cargas monofásicas y cargas trifásicas desequilibradas provocan desequilibrios en las líneas eléctricas y comportan la circulación de corriente por el neutro. Consecuentemente, un



mal reparto de la energía en las tres fases del sistema de distribución eléctrico.

El problema de la corriente de neutro se agrava si existen cargas generadoras de tercer

$$I_{ef} = \sqrt{I_d^2 + I_3^2}$$

armónico, ya que aumentará el valor de esta corriente.

Estos desequilibrios van a provocar una mala eficiencia del sistema eléctrico, es decir, una infrutilización y sobrecarga de redes y transformadores de distribución.

Este hecho provoca un aumento de los niveles de pérdidas y de caídas de tensión de las líneas y transformadores. Como ejemplo se estudia el reparto de cargas en un transformador

Cargas desequilibradas (lado 400 V)	Cargas equilibradas (lado 400 V)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Carga desequilibrada</li> <li>▶ Carga desequilibrada</li> <li>▶ Carga desequilibrada</li> <li>▶ <math>\sum I_n \neq 0</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Carga equilibrada</li> <li>▶ Carga equilibrada</li> <li>▶ Carga equilibrada</li> <li>▶ <math>\sum I_n = 0</math></li> </ul>
Conclusiones	Conclusiones
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Se producirá disparo de las protecciones del transformador por sobrecarga de la fase T</li> <li>▶ Infratilización de las fases R y S</li> <li>▶ Sobrecarga de conductores de fase T y neutro</li> <li>▶ Mayor nivel de pérdidas por efecto Joule</li> <li>▶ Mayor caída de tensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Transformadores trabajando en condiciones nominales de cargas</li> <li>▶ Conductores trabajando en condiciones normales de trabajo</li> <li>▶ Neutro descargado</li> <li>▶ Menor nivel de pérdidas por efecto Joule</li> <li>▶ Menor caída de tensión</li> </ul>

Por tanto, para reducir los desequilibrios existentes, existen diferentes posibilidades:

Por tanto, para reducir los desequilibrios existentes, existen diferentes posibilidades:

- ▶ Equilibrado de cargas. Nuevo reparto de cargas en la instalación.
- ▶ Equipos de equilibrado de cargas, bien sea de potencia reactiva (Compensación eficiente fase a fase) o de potencia aparente (Compensador activo multifunción)

## 5. Conceptos básicos de comunicaciones

### 5.1 Introducción

Los sistemas de comunicaciones constituyen una herramienta básica para cualquier sistema de eficiencia energética y control de proceso. Para ello monitorizan y registran de forma remota todos los parámetros necesarios para la optimización de los recursos energéticos y productivos.

Un sistema de monitorización incluye principalmente cuatro componentes:

- ▶ Equipos de campo
- ▶ Sistema de control
- ▶ Clientes de la aplicación de control
- ▶ Red de comunicaciones

A continuación, se detalla cuál es la misión de cada uno de estos componentes.

### 5.2 Equipos de campo

Son los equipos de monitorización encargados de realizar las medidas de parámetros eléctricos o de parámetros analógicos y digitales. Se dividen en los siguientes niveles:

#### ▲ Nivel de conexión a red de distribución

- ▶ Contadores de energía **CIRWATT**
- ▶ Analizadores de la calidad de suministro **QNA**

#### ▲ Nivel de cuadro general

- ▶ Analizadores de redes **CVM**
- ▶ Protección diferencial inteligente **RGU-10** y **CBS**
- ▶ Equipos para la regulación de baterías de condensadores **computer**

#### ▲ Nivel de cuadros secundarios y control de Proceso

- ▶ Contadores parciales de energía **EDMk**
- ▶ Módulos de entradas digitales **LM**
- ▶ Convertidores
- ▶ Indicador digital de proceso **DH96**

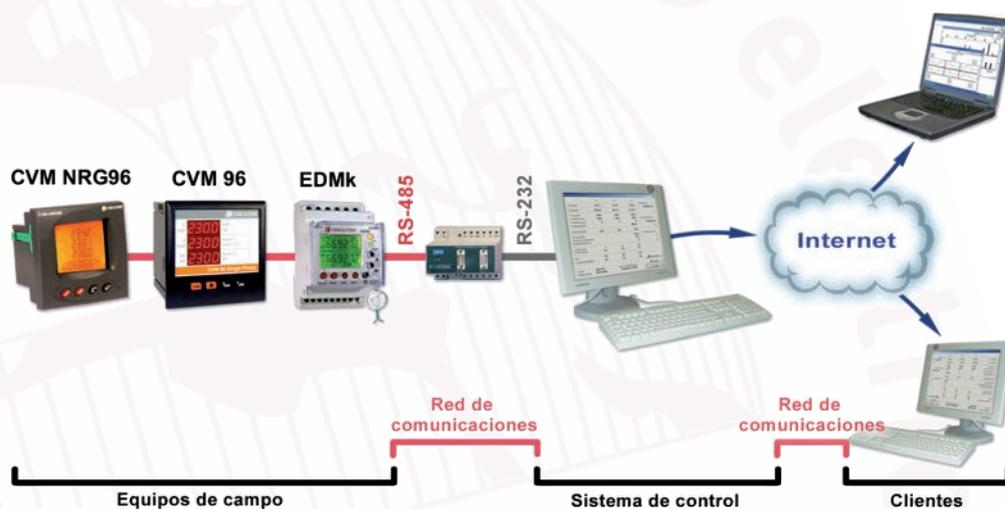
### 5.3 Sistema de control

Constituido generalmente por un PC o por un autómata. Éste actúa como centro de almacenaje de todos los datos del sistema, y tiene generalmente la capacidad de poner toda esta información a la disposición de otros usuarios (clientes de la aplicación de control). Además, puede actuar como pasarela de comunicaciones.

Este sistema de control es realizado por el *software* **PowerStudio Scada**.

### 5.4 Clientes de la aplicación de control

Todos aquellos equipos (ordenadores, PLC, máquinas, etc.) que aprovechan la información almacenada por el sistema de control, ya sea para actuar sobre maquinaria, para efectuar estadísticas de consumo energético, o para otras aplicaciones.



## 5.5 Red de comunicaciones

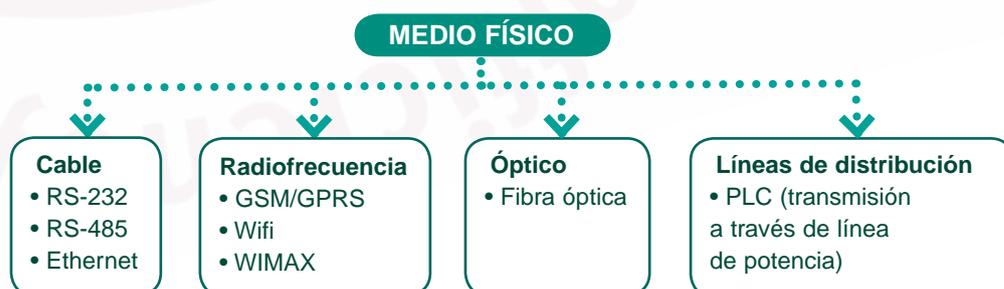
Uno de los puntos claves para la obtención de una instalación eléctrica eficiente es la obtención de la información necesaria y su centralización para una posterior gestión. Esto se consigue mediante la implementación de una red de comunicaciones. Esta consta de:

- ▶ Medio físico y método de acceso a red
- ▶ Protocolos de comunicaciones
- ▶ Topología de la red de comunicaciones

### Medio físico y método de acceso a red

Se entiende por medio físico el que se utiliza para llevar a cabo el transporte físico de la información.

A su vez, este soporte físico determina el protocolo de comunicación que debe utilizarse. En el siguiente esquema se facilitan los medios físicos más habituales en redes de comunicaciones.



#### ▲ Factores para la determinación del medio físico

- ▶ Existencia de red de comunicaciones
- ▶ Topología de la red (Interna, externa, multipunto, etc.)
- ▶ Tipo de medio físico que debe utilizarse en función de las características de la instalación y del lugar (cable, radio, etc.)
- ▶ Número de equipos a conectar en red
- ▶ Distancia física entre los equipos, y entre equipos y el sistema de control
- ▶ Velocidad de transmisión necesaria

## Cable

### ▲ Comparativa entre los diferentes medios físicos

Medio	N.º equipos a conectar (Máx.)	Distancia máxima	Velocidad transmisión	Tipo cable
RS-232	1	10 metros	2 400 / 4 800 / 9 600 / 19 200 / 38 400 baudios	Trenzado con malla de apantallamiento de 3 x 1,5 mm <sup>2</sup>
RS-485	32	1 200 metros Mayores distancias con amplificador <b>CAR485</b>	2 400 / 4 800 / 9 600 / 19 200 / 38 400 baudios	Trenzado con malla de apantallamiento de 3 x 1,5 mm <sup>2</sup>
Ethernet	Según diseño de red	200 metros Distancias mayores con amplificadores. ( <i>Switch, Hubs, etc.</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Red LAN de 10-100 Mbaudios a 1-10 Gbaudios</li> <li>▶ Red WAN. Depende tecnología (Módem, ADSL, etc.)</li> </ul>	Mínimo cable UTP categoría 5
PLC	1 600	Según diseño de red y número de repetidores	1 200 baudios	Utiliza el mismo cable de la conexión eléctrica

RS-232	<b>Utilidades</b>	Conexión entre un único equipo o convertidor con un ordenador
	<b>Consideraciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Distancias cortas</li> <li>▶ Baja velocidad de transmisión</li> </ul>
RS-485	<b>Utilidades</b>	Redes internas para la comunicación entre equipos de medida y un ordenador
	<b>Consideraciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sistema habitual para la conexión de los equipos de campo a red de comunicaciones</li> <li>▶ Sistema muy estandarizado y fácilmente interconectable a otros niveles físicos superiores</li> <li>▶ Baja velocidad de transmisión</li> </ul>
Ethernet	<b>Utilidades</b>	Redes internas (LAN) y externas (WAN)
	<b>Consideraciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Se suele utilizar en instalaciones en las que existe una red de comunicación estructurada</li> <li>▶ Existencia de equipos de campo equipados con puerto Ethernet</li> <li>▶ Fácil inclusión de redes existentes con otros niveles físicos (RS-232, RS-485, etc.) mediante convertidores o pasarelas</li> <li>▶ Facilidad de implantación, instalación y ampliación de la red</li> <li>▶ Conexión directa entre cada equipo Ethernet y el HUB o <i>switch</i></li> </ul>
PLC	<b>Utilidades</b>	Transmisión de datos mediante la utilización de la línea eléctrica de potencia
	<b>Consideraciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Utiliza la red eléctrica como medio físico de comunicación</li> <li>▶ Sistema con alta fiabilidad de transmisión. Filtra las interferencias y evita cambios de impedancias debido a maniobra de cargas y cambios de sección de cables</li> <li>▶ Baja velocidad de transmisión</li> </ul>

#### ▲ Ejemplo de conexionado en RS-485 y RS-232

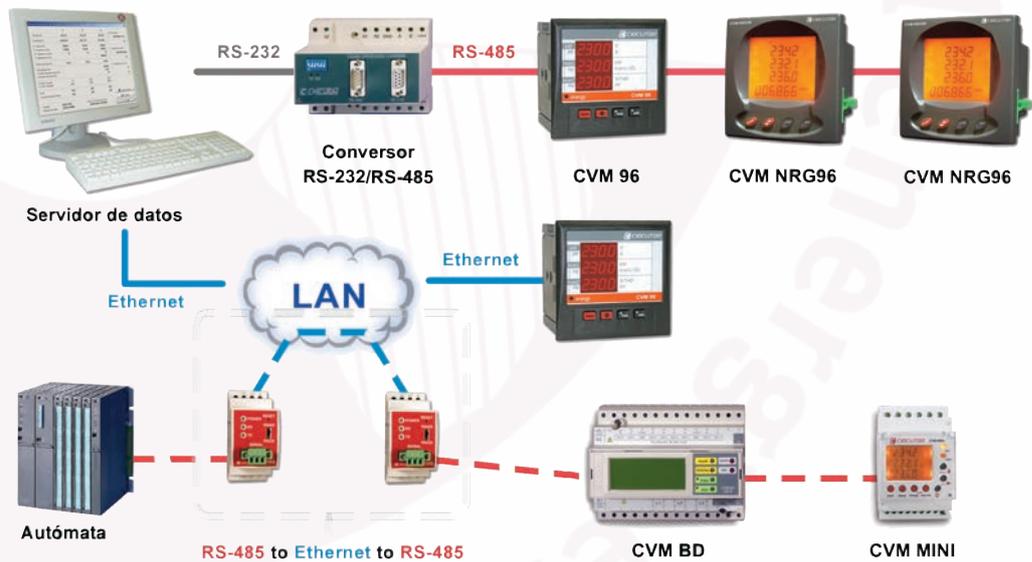
En este esquema se puede observar la conexión típica de equipos de medida en redes RS-485, y su conexión a un sistema de control mediante un convertor RS-232/RS-485.



#### ▲ Ejemplo de conexionado de protocolos RS-485 y ETHERNET

En el siguiente esquema se observa la combinación de:

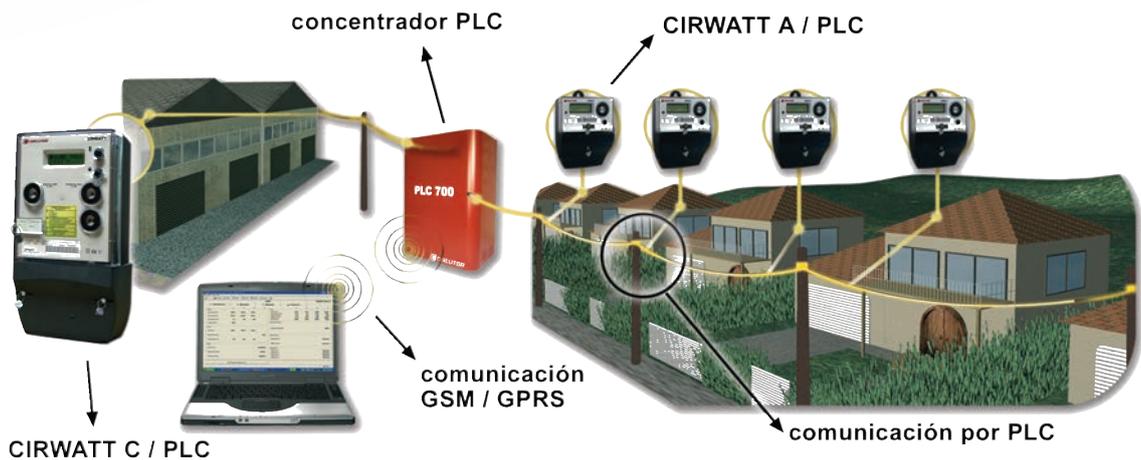
- ▶ Bus RS-485 para el conexionado en red de los equipos de medida **CVM**
- ▶ Tecnología Ethernet para monitorizar los analizadores utilizando la infraestructura existente (red de área local, LAN)



#### ▲ Ejemplo de sistema PLC

El sistema PLC, como se observa en la figura, consta de:

- ▶ Contadores **CIRWATT PLC**
- ▶ Concentrador. Lee y manda al centro de control (normalmente vía GSM/GPRS), toda la información de los contadores que tiene conectados aguas abajo. Normalmente se instala un concentrador en la salida de cada transformador de distribución.



## Aire

Medio	N.º equipos a conectar (Máx.)	Distancia máxima	Velocidad transmisión
GSM / GPRS	En función de la red	En función de la cobertura del operador de telecomunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ GSM Velocidad lenta del orden de 12 kbps</li> <li>▸ GPRS Del orden de 56 kbps</li> </ul>
WIFI	En función de la topología de la red	100 m. Depende de la arquitectura del edificio o nave (paredes, obstáculos, etc.) y de la topología de la red.	20 Mbps
WIMAX	En función de la topología de la red	De 30 a 40 km. Depende de la arquitectura del edificio o nave (paredes, obstáculos, etc.) y de la topología de la red.	100 - 300 Mbps



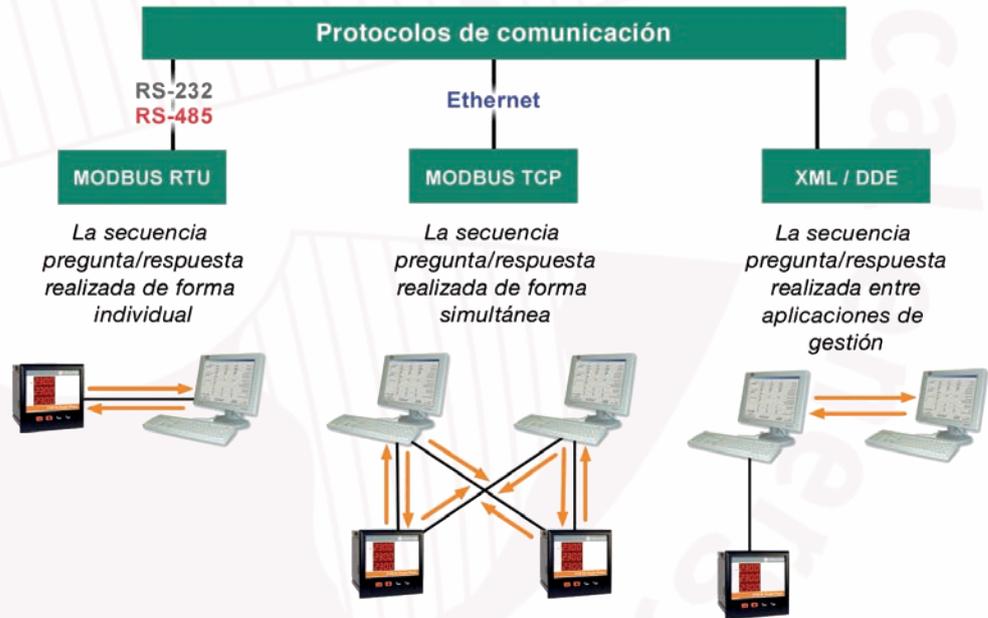
<b>GSM / GPRS</b>	<b>Utilidades</b>
	Redes externas WAN
	<b>Consideraciones</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Se utiliza habitualmente en lugares de difícil acceso o en los cuales no es rentable instalar una red de cableado</li> <li>▸ Permite aprovechar la infraestructura de los operadores de telefonía móvil, ofreciendo cobertura prácticamente en cualquier lugar</li> </ul>
<b>WIFI</b>	<b>Utilidades</b>
	Redes internas LAN
	<b>Consideraciones</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Permite el aprovechamiento de una red informática existente (típicamente Ethernet), ya sea para comunicaciones internas (LAN) o para comunicar con el exterior (WAN)</li> <li>▸ Itinerancia dentro de un entorno interno (edificio, nave industrial, etc.)</li> </ul>
<b>WIMAX</b>	<b>Utilidades</b>
	Redes externas WAN
	<b>Consideraciones</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Permite utilizar topologías inalámbricas para grandes distancias</li> <li>▸ Cobertura de exteriores, con elevada velocidad de transmisión</li> <li>▸ Alta fiabilidad</li> </ul>

## Protocolos de comunicaciones

Como se ha comentado, el siguiente parámetro más importante en una red de comunicaciones es el protocolo de comunicaciones.

El protocolo, es un conjunto de convenciones para la transferencia de información entre dispositivos. Los protocolos más simples definen solamente la configuración del *hardware*. Protocolos más complejos incluyen sincronización, formato de datos, detección de errores y técnicas de corrección. En determinadas ocasiones es el medio físico el que limita una red a un protocolo u otro.

A continuación, se mencionan los protocolos más habituales en redes industriales, y cuáles son los medios físicos que suelen acompañar a cada uno de ellos.



En cuanto a protocolos de comunicación podemos distinguir entre:

- ▶ Protocolos bajo nivel: son los que se utilizan entre equipos de campo y sistemas de control (PC, autómatas, etc.) en aplicaciones básicas. Modbus/RTU, Modbus/TCP, Profibus, etc.
- ▶ Protocolos alto nivel: son aquellos que además de transportar la información proporcionan fiabilidad y seguridad a la comunicación: Ethernet - TCP/IP (nivel de red y transporte), XML y DDE (nivel de aplicación), etc.

## Topología de Redes de comunicación

La topología de una red de comunicaciones define tanto el ámbito de la red (interna o externa) como la forma en que los equipos se interconectan dentro de la red. A continuación, se describen cuales son las configuraciones más habituales en redes de comunicaciones industriales de control energético.

### Redes internas o LAN (Local Area Network)

Se entiende por red interna aquella que permite monitorizar y gestionar equipos instalados en el entorno de un edificio o nave, y por tanto, no se comunican con el exterior.

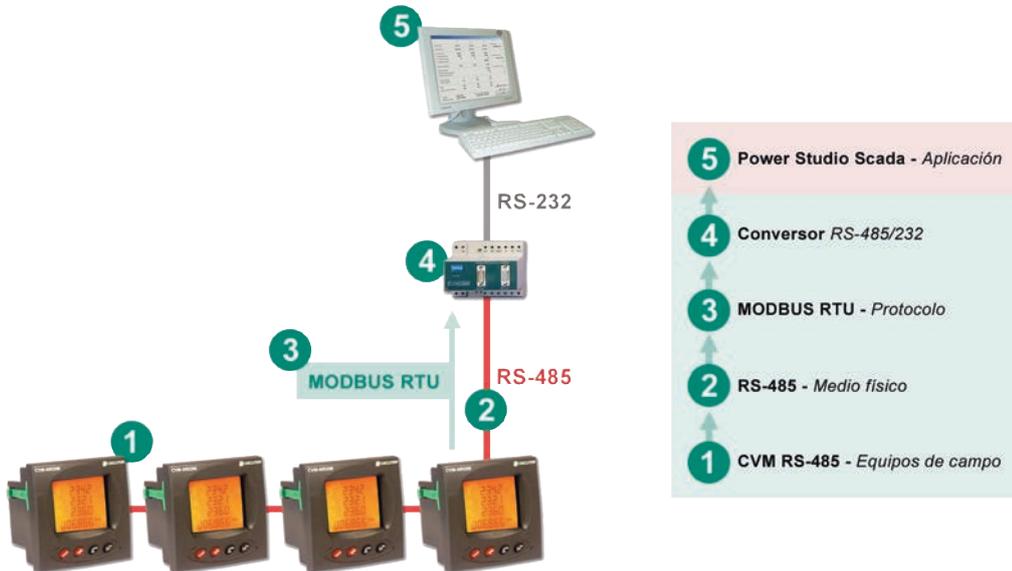
De manera esquemática, se adjuntan dos diagramas de principio de lo que pueden ser dos tipos de redes internas, una red interna básica y una red interna avanzada.

La diferencia entre ambas radica en los medios físicos utilizados en cada una de ellas, y por tanto, los protocolos de comunicación que pueden utilizarse en cada una. En una red interna básica se utilizan protocolos industriales (Modbus, Profibus, etc.), mientras que en una red avanzada se encapsula todos estos datos en tramas Ethernet y/o comandos XML.

En la realidad estos tipos de redes suelen estar combinados en función de como están realizadas las instalaciones en el edificio objeto de estudio.

### ▲ Red interna básica

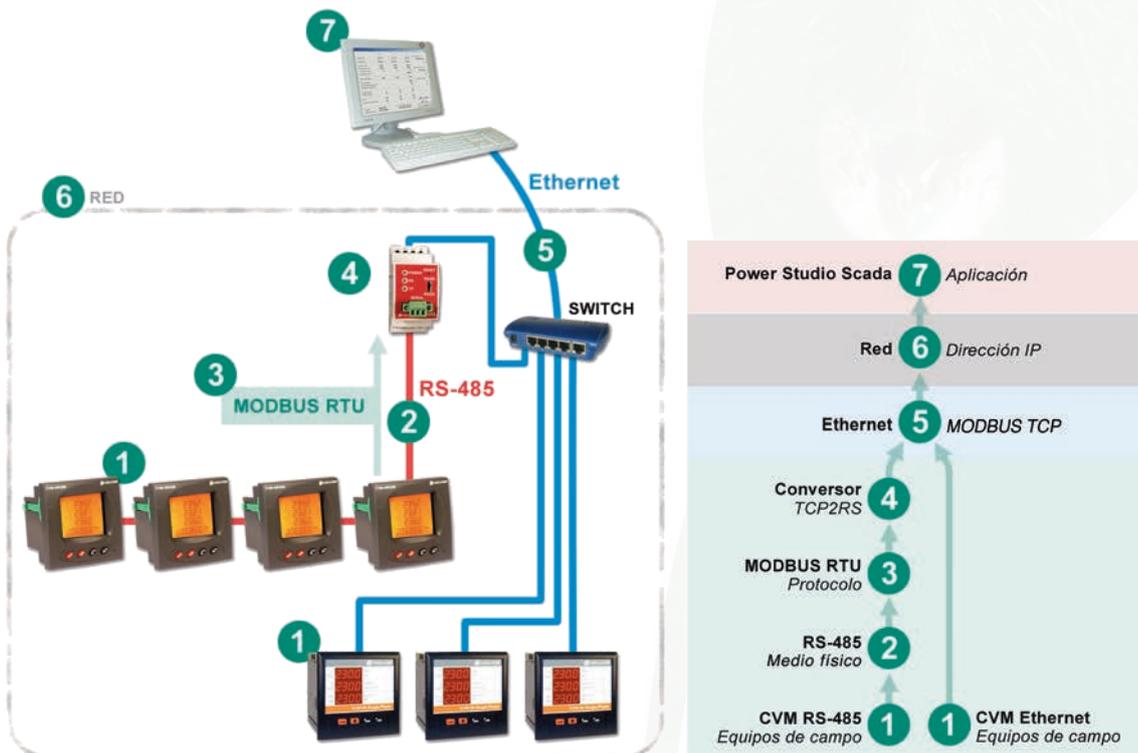
Red clásica mediante transmisión de datos entre equipos de medida **CIRCUTOR** y aplicación *software* vía RS-485 y RS-232.



### ▲ Red interna avanzada

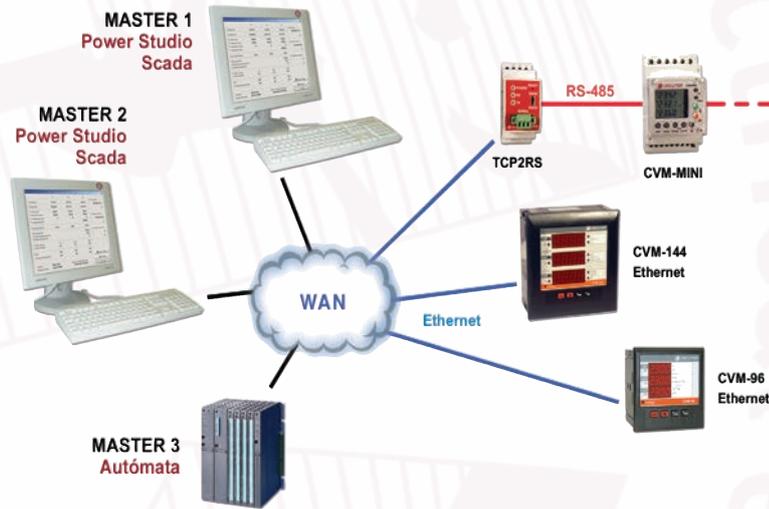
Aprovechando un conversor de comunicaciones serie RS-485 a Ethernet, se incluye la red básica de comunicaciones industriales en una red de cableado estructurado (Ethernet) ya existente en el edificio o industria. Esto implica la utilización de protocolos de más alto nivel, como son TCP/IP.

Esta configuración permite la conexión de otro *bus* de una manera fácil, mediante la utilización de un *switch* o de un *hub* (en el caso de trabajar en una red interna), o bien con el uso de un *router* (en el caso de necesitar comunicaciones con el exterior).



## Red externa o WAN (Wide Area Network)

Es aquella en la que se pretende la conexión de diferentes redes o diferentes puntos de medida de forma remota o con el exterior. Esta aplicación es típica cuando se requiere poder controlar una o diversas instalaciones a distancia, desde un único punto de control, o cuando se necesita poder monitorizar una instalación a través de Internet.

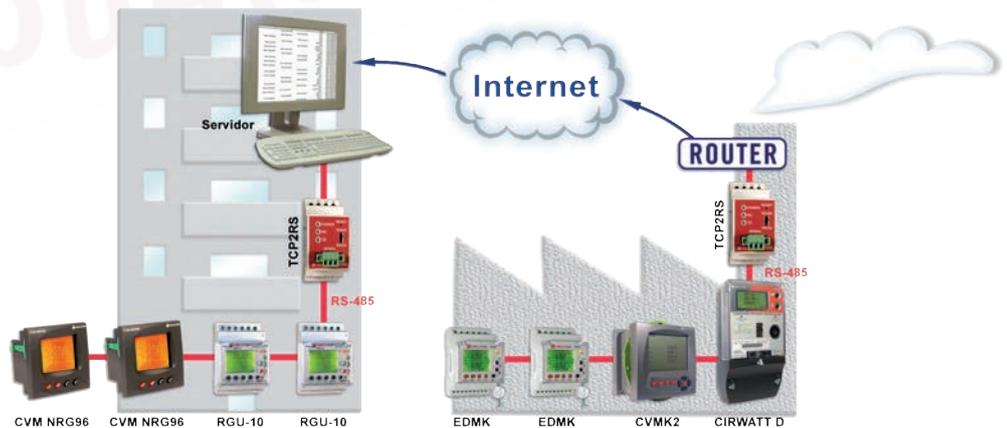


Este tipo de aplicaciones se conoce también por aplicaciones multipunto. En este ámbito también se encuentran las aplicaciones en las que uno o varios equipos de medida o sistemas de control, ponen a disposición de los denominados “clientes de la aplicación” toda la información o parámetros de medida. Cuando esta información sirve a varios usuarios simultáneamente, se dice que es una aplicación tipo cliente-servidor.

### ▲ Esquemas de redes externas o WAN

Las aplicaciones más habituales son:

- ▶ Conexión de diferentes redes internas. Esta aplicación es habitual en un centro industrial con varios edificios a supervisar desde un único o varios puntos
- ▶ Conexión de redes industriales en zonas de difícil acceso, en las que se utiliza la infraestructura de un operador de telecomunicaciones existente
- ▶ Obtención remota de información de equipos de medida, caso habitual de contadores de energía **CIRWATT** y analizadores de calidad de suministro **QNA**





## 6. Esquema general Eficiencia Energética Eléctrica

**Power**studio  
circutor.com  
SCADA

- Centralización de la información
- Supervisión energética
- Inputación correcta de costes
- Ayuda a la planificación del mantenimiento preventivo

### GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA CONTRATACIÓN

- Obtención de la curva de demanda
- Análisis de las condiciones de contratación
- Diagnóstico de la calidad de onda

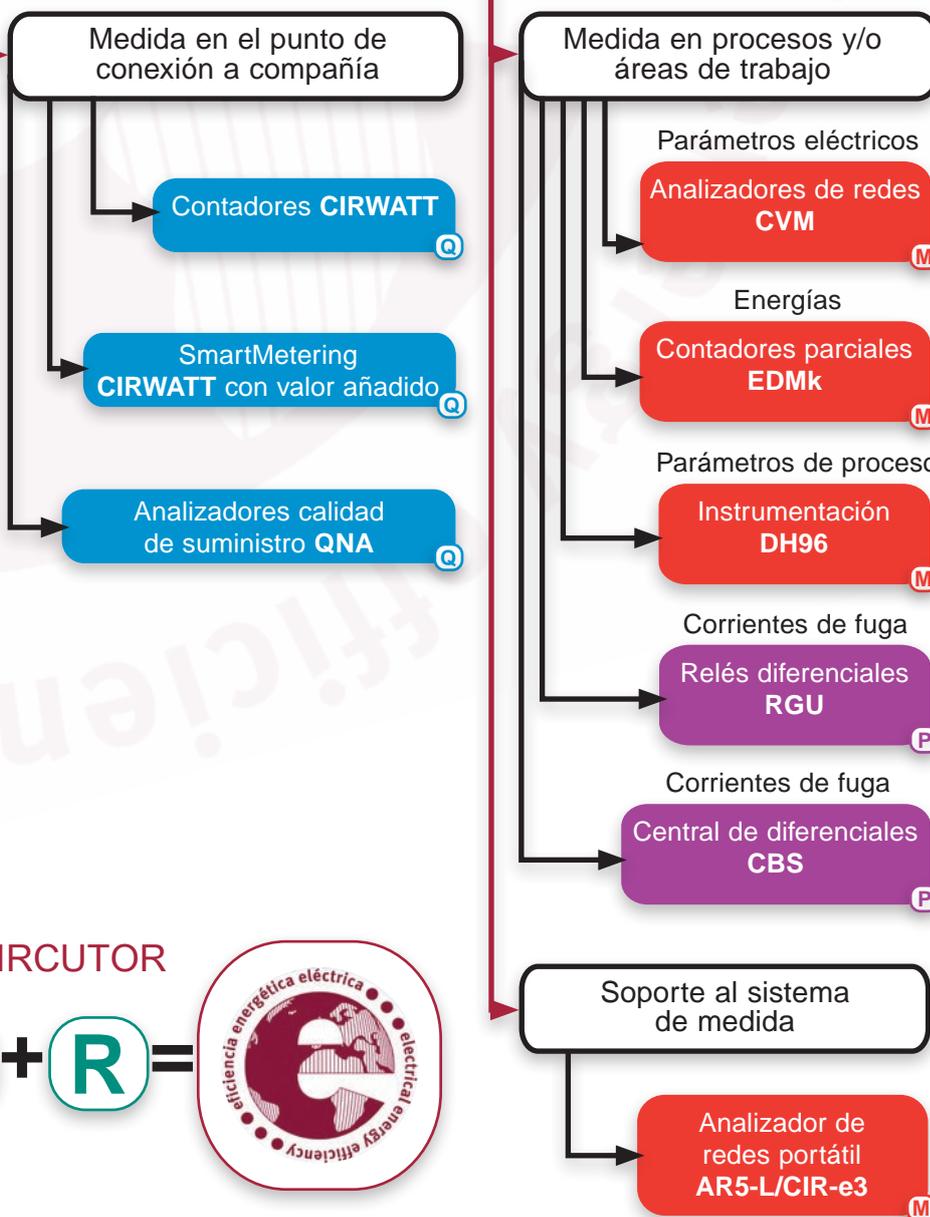
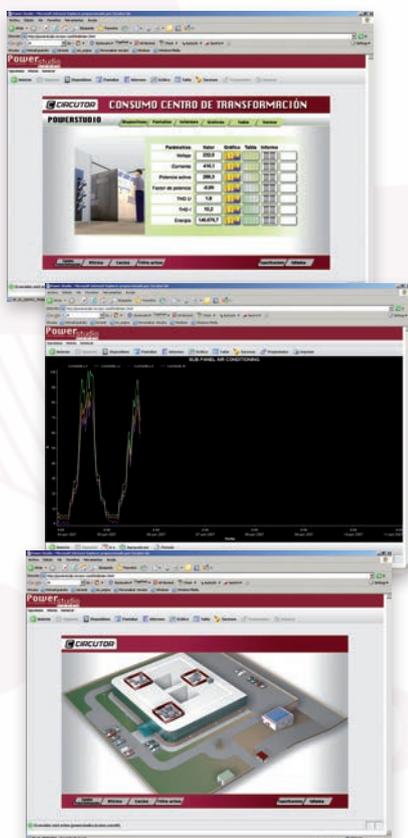


### MEDIDA

- Dónde, cómo y cuándo se consume la energía
- Medición de parámetros eléctricos
- Visualización de corrientes de fuga



Guía Técnica Eficiencia Energética Eléctrica



✓ Fórmula Eficiente CIRCUTOR

$$M + P + Q + R = \text{Logo}$$



## GESTIÓN DE LA DEMANDA

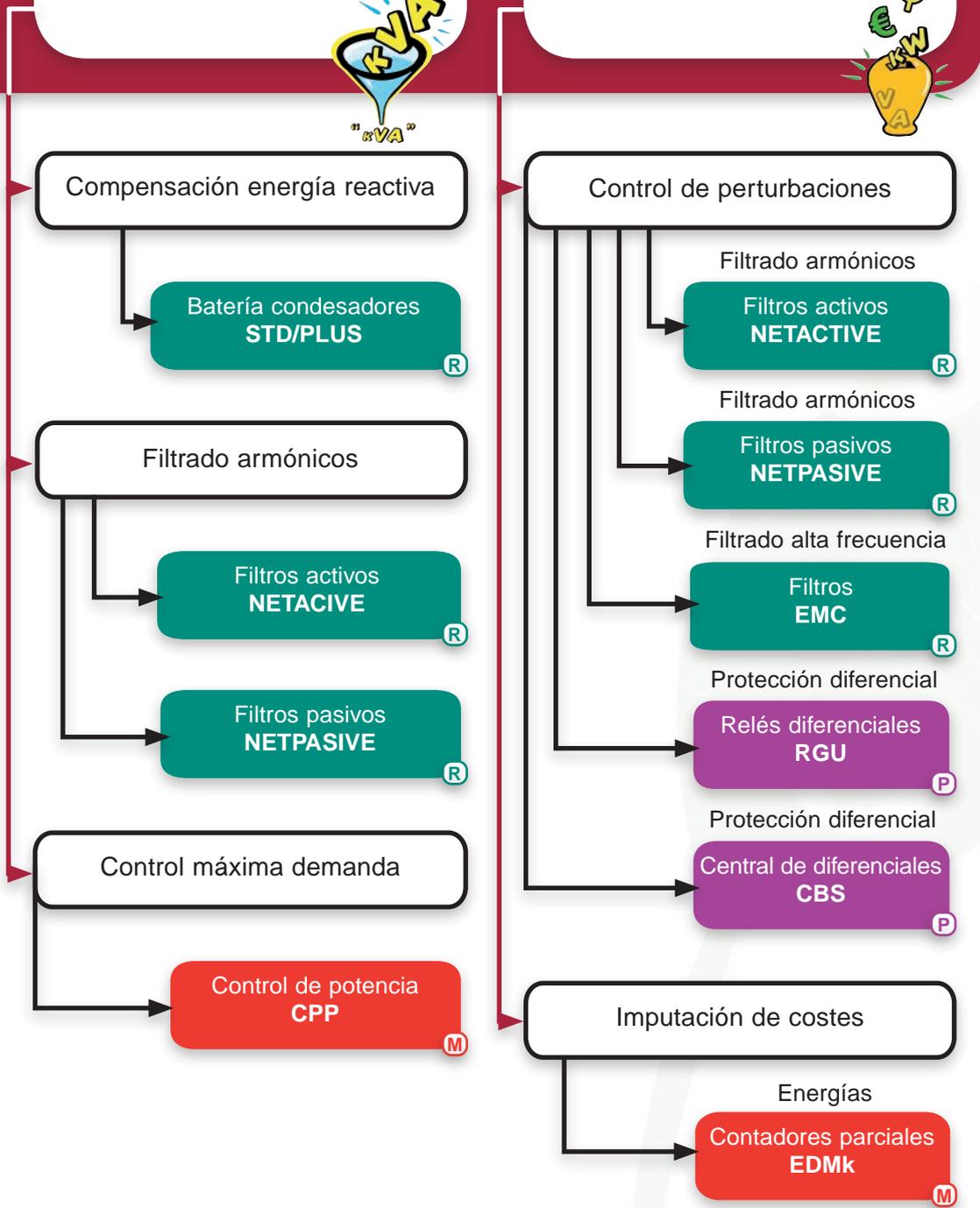
f(0) q ç ab [ E~EYÓE (abà^] c

- Amortiguación de puntas de demanda
- Reducción de pérdidas
- Descarga de instalaciones



## MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD

- Continuidad de servicio en las instalaciones
- Reducción de paradas
- Reducción del número de averías



electrical energy efficiency



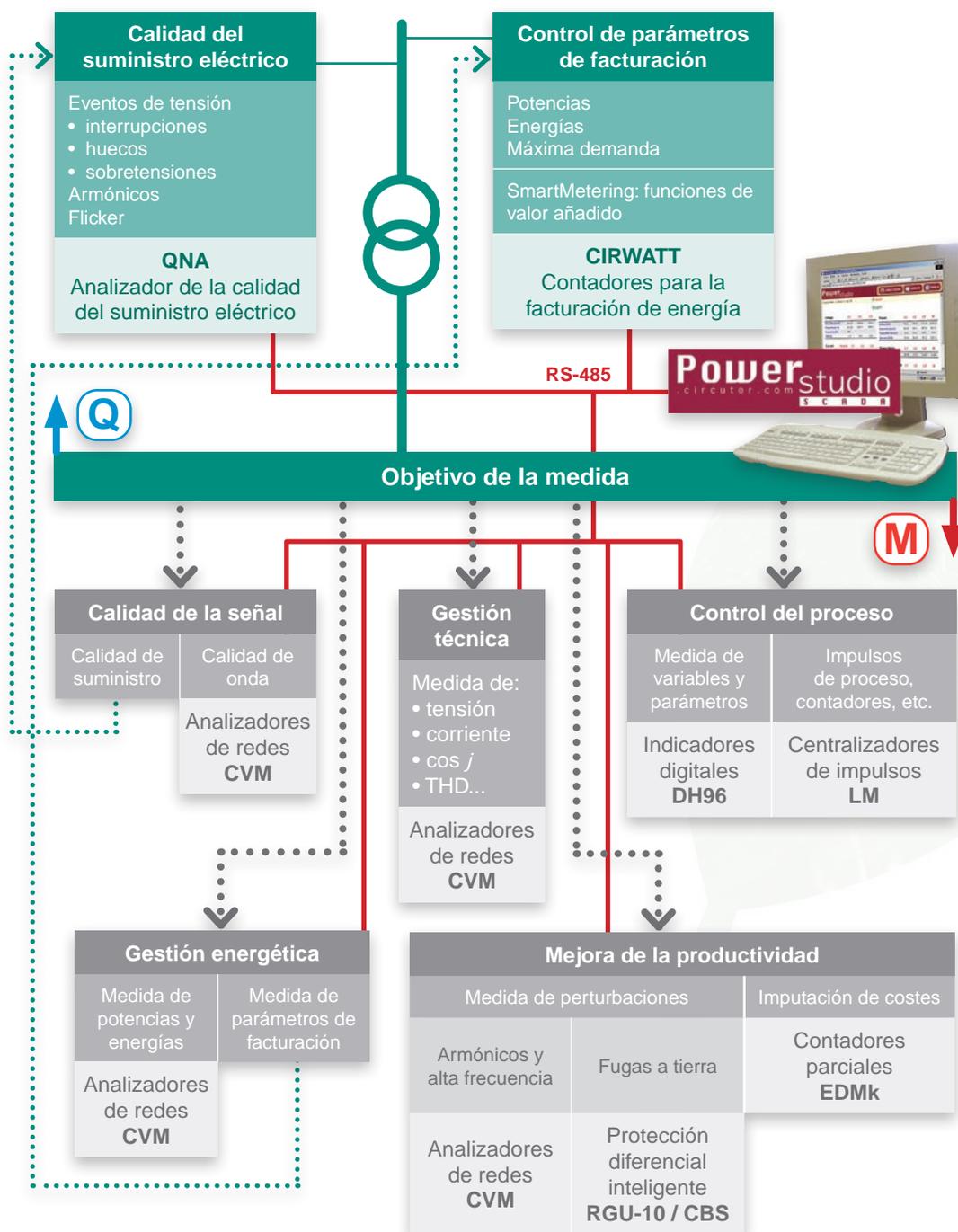


## 7. Gestión y optimización de la contratación

Tal y como se ha detallado en el esquema general de la e<sup>3</sup>, con la gestión y optimización de la contratación se pretende:

- ▶ Controlar los parámetros de facturación, mediante contadores electrónicos **CIRWATT** para:
  - Obtener las curvas de demanda de potencia y energía eléctrica
  - Poder analizar las condiciones de contratación
- ▶ Control de la calidad del suministro eléctrico mediante analizadores de la calidad de suministro **QNA**

Esta información es la inicial necesaria para empezar a analizar cuándo y cuánta energía se está consumiendo en la empresa. Es decir, es el inicio de un estudio de eficiencia energética.



## 7.1 Contadores electrónicos CIRWATT

### Qué es un contador electrónico de energía CIRWATT

Son equipos de medida multifunción de alta precisión que integran en un solo equipo todos los elementos necesarios para la facturación de energía eléctrica.

Características de los contadores **CIRWATT**:

- ▶ Han sido diseñados para medir, tanto en sistemas de medida directa como indirecta, a través de transformadores de medida
- ▶ El rango de contadores **CIRWATT**, cubre las necesidades de todos los tipos de clientes, ya sean en mercado libre, en mercado regulado, en consumo o en generación
- ▶ Los contadores **CIRWATT** incorporan varios sistemas de comunicaciones como, por ejemplo, RS-232, RS-485, módem o Ethernet, así como algunos de los sistemas más avanzados e innovadores como puede ser la comunicación PLC (Power Line Carrier)



### Qué aportan los contadores CIRWATT

#### ▲ Reducción del espacio de montaje

- ▶ Integra en un solo contador todos los equipos de medida clásicos, como el contador de activa, el contador de reactiva, el reloj horario, el máxímetro, etc.

#### ▲ Almacenamiento y registro de datos

- ▶ Registro de todos los parámetros medidos
- ▶ Por tanto, obtención de las curvas de demanda de la instalación (potencias y energías) en el punto de conexión a la compañía suministradora. Punto de partida de un estudio de eficiencia energética

#### ▲ Comunicaciones

- ▶ Comunicación de la información de forma remota a un puesto centralizado de control. Para ello, se utilizan diferentes tipos de comunicaciones en función de la infraestructura existente en la instalación (RS-485, Ethernet, GPRS, etc.)
- ▶ Realización de sistemas de medida multipunto

#### ▲ Gestión energética

- ▶ Gestión de la información de uno o de un grupo de contadores mediante el *software* de telemedida y gestión **POWERWATT**
- ▶ Integración en **PowerStudio Scada**

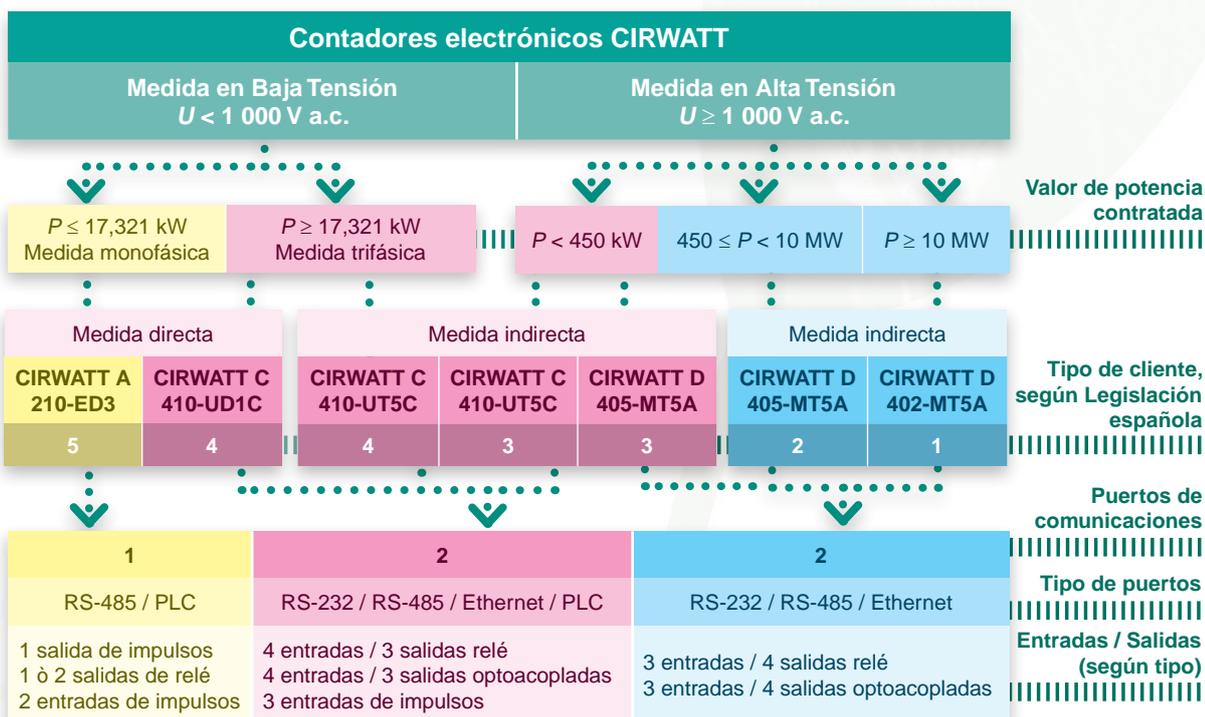


## Cómo escoger un contador electrónico CIRWATT

### Pasos para la elección de un contador CIRWATT

1	Nivel de tensión de la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta tensión</li> <li>Baja Tensión</li> </ul>	Previsión de transformadores de medida
2	Determinación de la clase de precisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>0,2S activa / 0,5 reactiva</li> <li>0,5S activa / 1,0 reactiva</li> <li>1,0 activa / 2,0 reactiva</li> </ul>	
3	Tipo de medida de corriente	Indirecta: <ul style="list-style-type: none"> <li>Transformadores externos .../5 A, medida 5(10) A</li> <li>Transformadores externos .../1 A, medida 1(2) A</li> </ul> Directa: <ul style="list-style-type: none"> <li>Corriente base 10 A</li> <li>Corriente máxima 100 A</li> </ul>	
4	Tensión de medida de red	indirecta: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tensión de secundario transformador de medida 3 x 63,5/110 V c.a.</li> </ul> Directa: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tensión de medida 3 x 230/400 ó 3 x 133/230 V c.a.</li> </ul>	
<b>Características propias del tipo de CIRWATT</b>			
5	Variables de medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensión, corriente y frecuencia</li> <li>Potencia activa, reactiva y aparente</li> <li>Energía activa y reactiva</li> <li>Medida en 2 ó 4 cuadrantes</li> </ul>	
6	Funciones de gestión energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>Curvas de carga configurable de potencia y energía</li> <li>Establecimiento de cierres de facturación</li> <li>Registro y control de modificaciones de la programación</li> </ul>	
7	Comunicaciones	Tipo de puerto <ul style="list-style-type: none"> <li>RS-232, RS-485, Ethernet, PLC</li> </ul>	
<b>Consideraciones</b>			
7	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Software de gestión <b>POWERWATT</b></li> <li>Transformadores de corriente <b>TRMC</b> para redes de Baja Tensión</li> <li>Convertidores RS-232/RS-485 <b>TC2PRS</b>,...</li> </ul>	

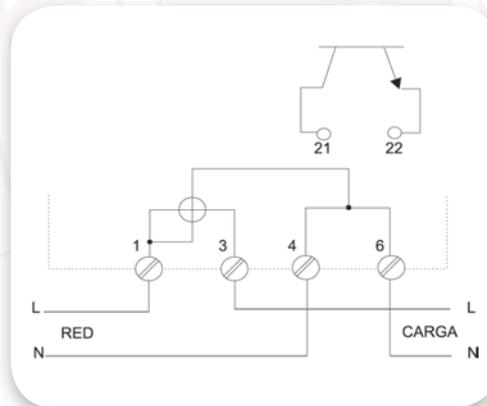
### Esquema de elección de un contador CIRWATT



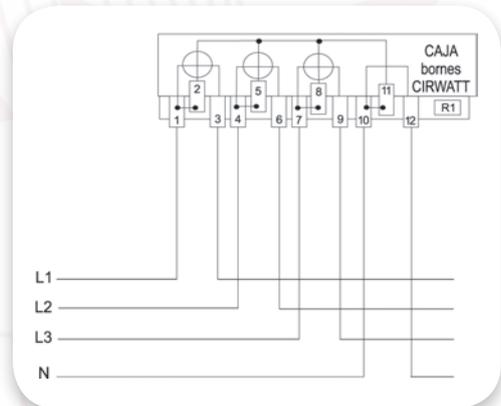
## Esquema de conexionado de un contador CIRWATT

- ▶ Es muy importante realizar el montaje del transformador de corriente seleccionado manteniendo la polaridad de las conexiones (P1 - lado red, y P2 - lado carga a medir), así como mantener la correspondencia entre la línea de tensión y la de corriente
- ▶ En los contadores trifásicos no es necesario mantener la secuencia de fases
- ▶ En un contador monofásico no es necesario tener en cuenta el sentido de la corriente, ya que éste acumula la energía en un solo contador (con la excepción del equipo con lectura en 4 cuadrantes)

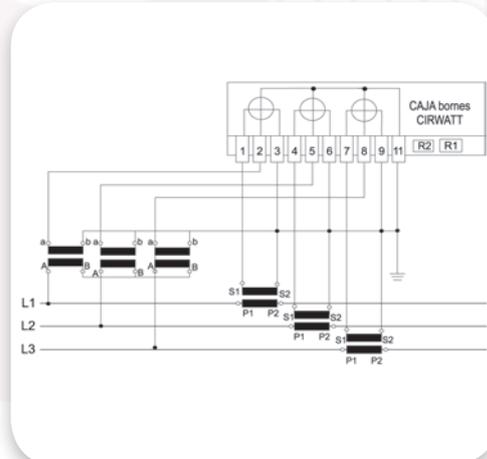
### ▲ CIRWATT monofásico



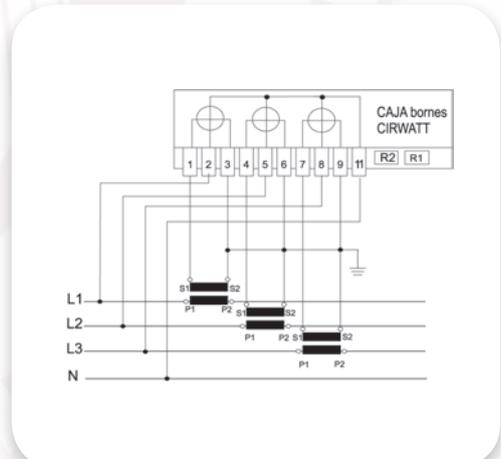
### ▲ CIRWATT trifásico directo



### ▲ CIRWATT trifásico conexión MT



### ▲ CIRWATT trifásico conexión BT



## Consideraciones

Para la elección de un contador es muy importante también definir parámetros como la tarifa a contratar, la relación de transformación de transformadores de medida y la compañía distribuidora, entre otros.

### ▲ *SmartMetering* o contadores con valor añadido

Tradicionalmente, los contadores de energía han servido para la medición de la energía. En cambio, en la actualidad disponen de dispositivos incorporados que hacen del contador una de las herramientas principales en el control de la energía. Estos dispositivos han dado lugar a la denominación de "Contadores de valor añadido" o *SmartMetering*.

### Contadores con sistemas de Gestión de Demanda

- ▶ El contador trifásico **CIRWATT C** con control de máxima demanda (opcional), analiza la demanda real, y es capaz de desconectar y reconectar servicios no prioritarios, para evitar excesos de potencia. Dispone de 3 salidas, dos de las cuales, son para controlar dos



cargas, siendo la tercera una salida a modo de alarma. Esta se activa cuando ya se han activado las otras dos salidas, y aún la tendencia es a sobrepasar la potencia contratada.

- ▶ El contador trifásico **CIRWATT C** dispone de la función de Reloj Atrónómico (opcional) con tres salidas programables. Cada una de ellas a su vez con posibilidad de programación de tres tipos de maniobras (orto, ocaso y horas fijas). En función de la localización geográfica y la fecha, el orto y el ocaso va variando, de forma que se puede programar el contador para que de forma automática active y desactive los relés y así reducir el consumo de energía. Ideal para aplicaciones de alumbrado público, tiendas con escaparates, etc.

### Contadores con sistemas de gestión de redes y suministros eléctricos

- ▶ Contador **CIRWATT** con elemento de corte incorporado. Mediante la simulación de la curva magnética de un ICP permite la limitación de consumo, así como su ajuste a distancia
- ▶ Contador **CIRWATT PLC**. Con la utilización del sistema PLC, la información leída y registrada por el contador se envía, a través de la línea eléctrica de potencia, a un concentrador, situado normalmente en el centro de transformación. A partir de este punto, vía GSM/GPRS u otro sistema, se envía toda la información al centro de control

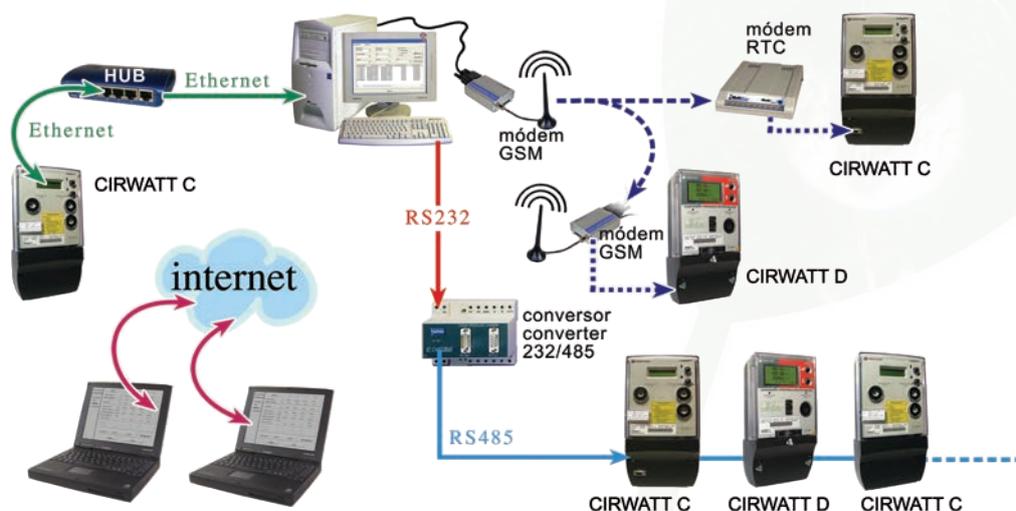
### Contadores con sistemas multisuministro

- ▶ **CIRWATT A** y **CIRWATT C** disponen de entradas de impulsos que opcionalmente, permiten realizar lecturas de diferentes tipos de consumos de forma simultánea en el mismo contador (electricidad, agua y gas). Para ello utilizan las salidas de impulsos de los otros contadores.
- ▶ Se realiza la descarga de datos, a través de un terminal portátil de lectura, por comunicaciones serie, PLC o módem.

### ▲ Contadores con sistemas de comunicación

La elección del tipo de comunicaciones es un punto clave, ya que determina la aplicación a desarrollar. Un caso habitual son las redes multipunto.

- ▶ De especial aplicación en empresas con centros distribuidos, tales como supermercados, bancos, oficinas, cadenas hoteleras, etc.
- ▶ Existen diferentes soluciones, pero las más habituales son la comunicación a través de módem, GSM/GPRS o bien Ethernet
- ▶ Lo más común es una solución que combina los distintos sistemas de comunicaciones



## 7.2 Analizador de la calidad de suministro QNA

### Qué es un analizador de la calidad de suministro

Un **QNA** es un analizador de calidad de suministro eléctrico de gama alta que mide y registra cualquier evento que se produzca en la red eléctrica.

#### ▲ Consideraciones de los analizadores QNA

- ▶ Han sido diseñados para medir en redes de BT, MT o AT con alta precisión y para ser instalados en los puntos frontera en los propios cuadros destinados a la instalación de los contadores
- ▶ En función del nivel de tensión de la red, los analizadores **QNA** necesitan transformadores de tensión y de corriente (AT, MT) o tan solo de corriente (BT)
- ▶ Los **QNA** han sido diseñados y certificados con la norma Internacional **IEC 61000-4-30** que especifica los métodos de medida que deben tener este tipo de equipos. En esa norma se definen los equipos de clase A, como aquellos que por su precisión son equipos patrón, y por tanto, válidos para litigio. Los analizadores **QNA** son de clase A según la citada norma
- ▶ Los analizadores **QNA** permiten diferentes funciones según el tipo de equipo:
  - Medida de la calidad de suministro eléctrico
  - Medida de la calidad de suministro eléctrico y parámetros energéticos



### Qué aportan los analizadores de calidad de suministro

- ▶ Registro y seguimiento de todos los eventos habidos en una instalación eléctrica
- ▶ Determinación del origen de los eventos para su prevención y posterior corrección
- ▶ Envío de la información de forma remota a un puesto centralizado de control. Para ello, se utilizan diferentes tipos de comunicaciones en función de la infraestructura existente en la instalación (RS-485, Ethernet, GPRS, etc.)
- ▶ Confección de sistemas mutipunto



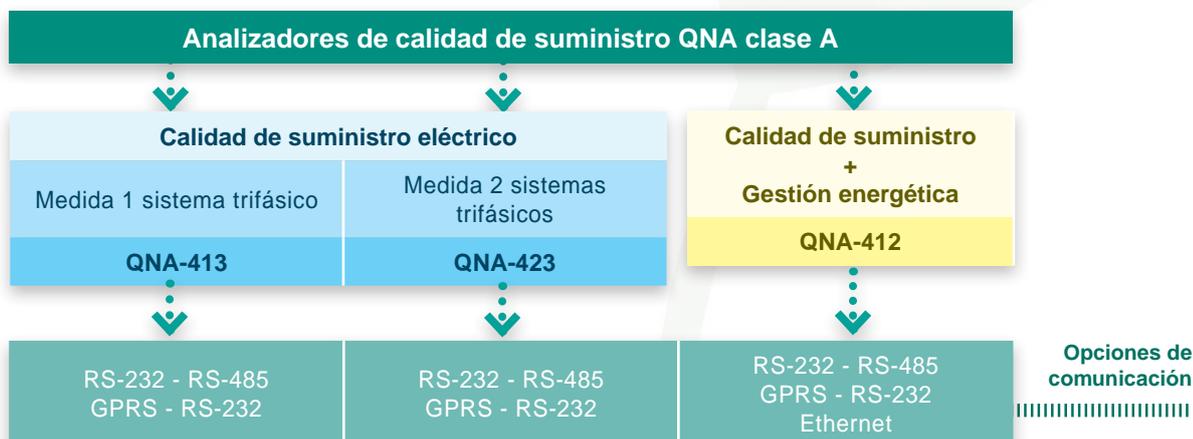


## Cómo escoger un analizador de calidad de suministro.

### Pasos para la elección de un analizador QNA

1	Nivel de tensión de la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta tensión</li> <li>Media Tensión</li> <li>Baja Tensión</li> </ul>	Previsión de transformadores de medida
2	Tipo de análisis necesario	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad de suministro eléctrico</li> <li>Calidad de suministro y gestión energética (potencias, factor de potencia y energías)</li> </ul>	
3	Número de medidas simultáneas	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 sistema trifásico</li> <li>2 sistemas trifásicos</li> </ul>	
<b>Funciones acordes al tipo de QNA</b>			
4	Variables de calidad de suministro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensión, corriente y frecuencia</li> <li>Corriente de neutro</li> <li>Tensión neutro-tierra</li> <li>Tasa de distorsión armónica en tensión THD <i>U</i></li> <li>Tasa de distorsión armónica en corriente THD <i>I</i></li> <li>Flicker</li> <li>Desequilibrios y asimetrías de tensiones</li> <li>Eventos: Sobretensiones, huecos, interrupciones</li> <li>Eventos acorde EN 50160</li> </ul>	
5	Gestión de energía	Medida de energía <ul style="list-style-type: none"> <li>activa y reactiva</li> <li>precisión 0,2S</li> <li>4 cuadrantes</li> </ul> Medida de potencias <ul style="list-style-type: none"> <li>activa, reactiva y aparente</li> <li>precisión 0,2%</li> <li>Factor de potencia</li> </ul>	
6	Comunicaciones	Tipo de puerto <ul style="list-style-type: none"> <li>RS-232, RS-485</li> <li>Ethernet</li> <li>GPRS/GSM incorporado</li> </ul> Protocolo de comunicaciones <ul style="list-style-type: none"> <li>Modbus/RTU</li> <li>CIRBUS</li> <li>ZMODEM</li> </ul>	
<b>Consideraciones</b>			
7	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transformadores de corriente <b>TRMC</b> (aplicaciones de Baja Tensión)</li> <li>Convertidores RS-232/RS-485, <b>TC2PRS</b>, etc.</li> </ul>	

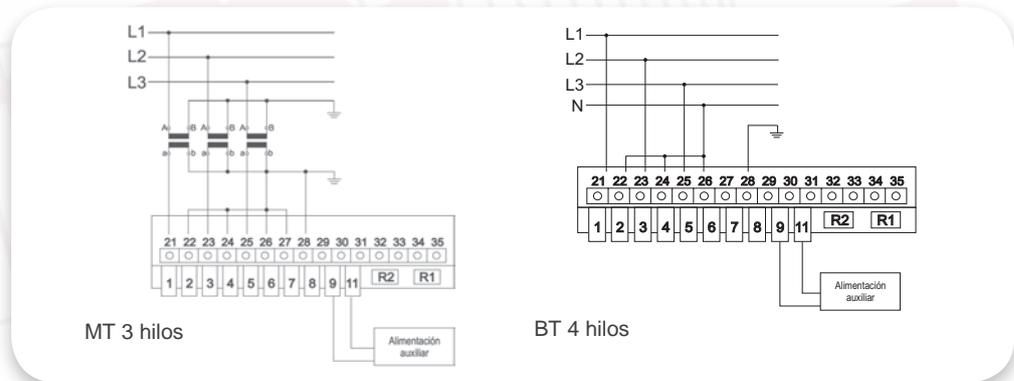
### Esquema de elección de un analizador QNA



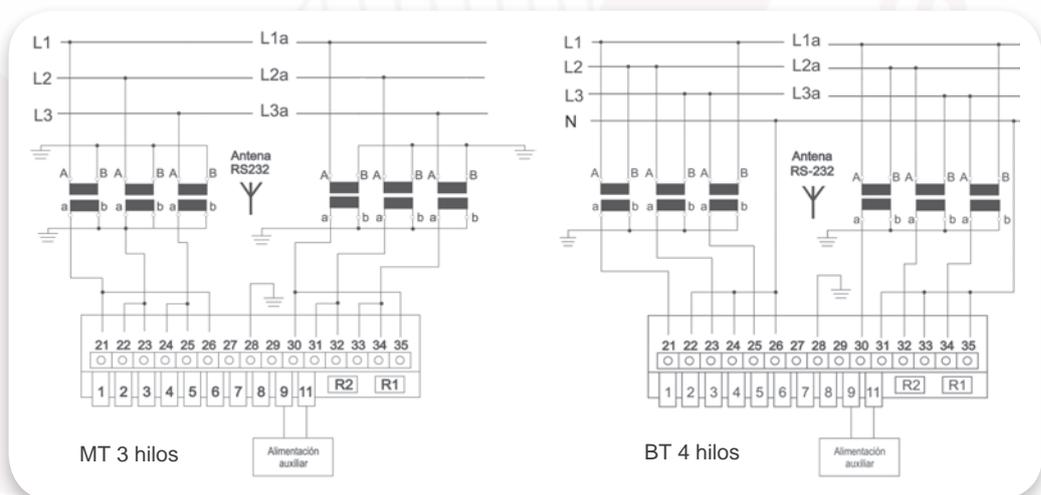
## Esquema de conexionado de un analizador de la calidad de suministro

- ▶ La conexión de los **QNA** se realiza siempre de forma indirecta a través de transformadores de corriente y, en caso necesario, de transformadores de tensión
- ▶ Es muy importante realizar el montaje del transformador de corriente seleccionado manteniendo la polaridad de las conexiones (P1 - lado red y P2 - lado carga a medir). Ver apartado 8.6 sobre transformadores de corriente

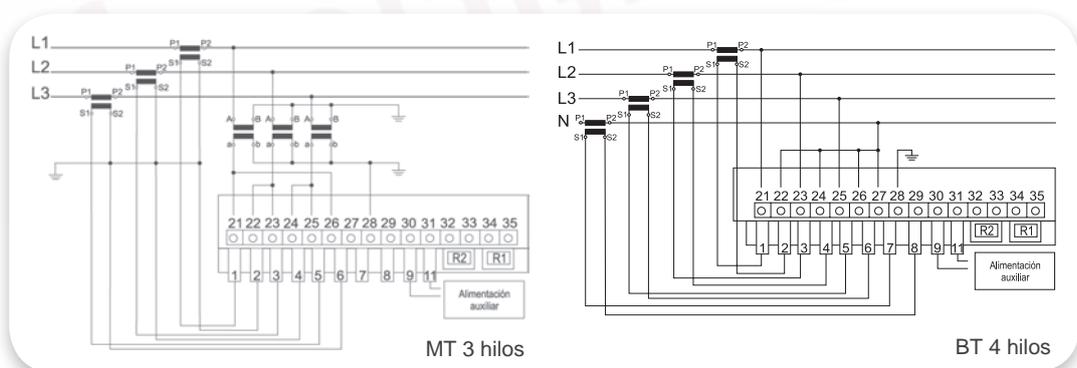
### ▲ QNA 413



### ▲ QNA 423



### ▲ QNA 412



## Consideraciones

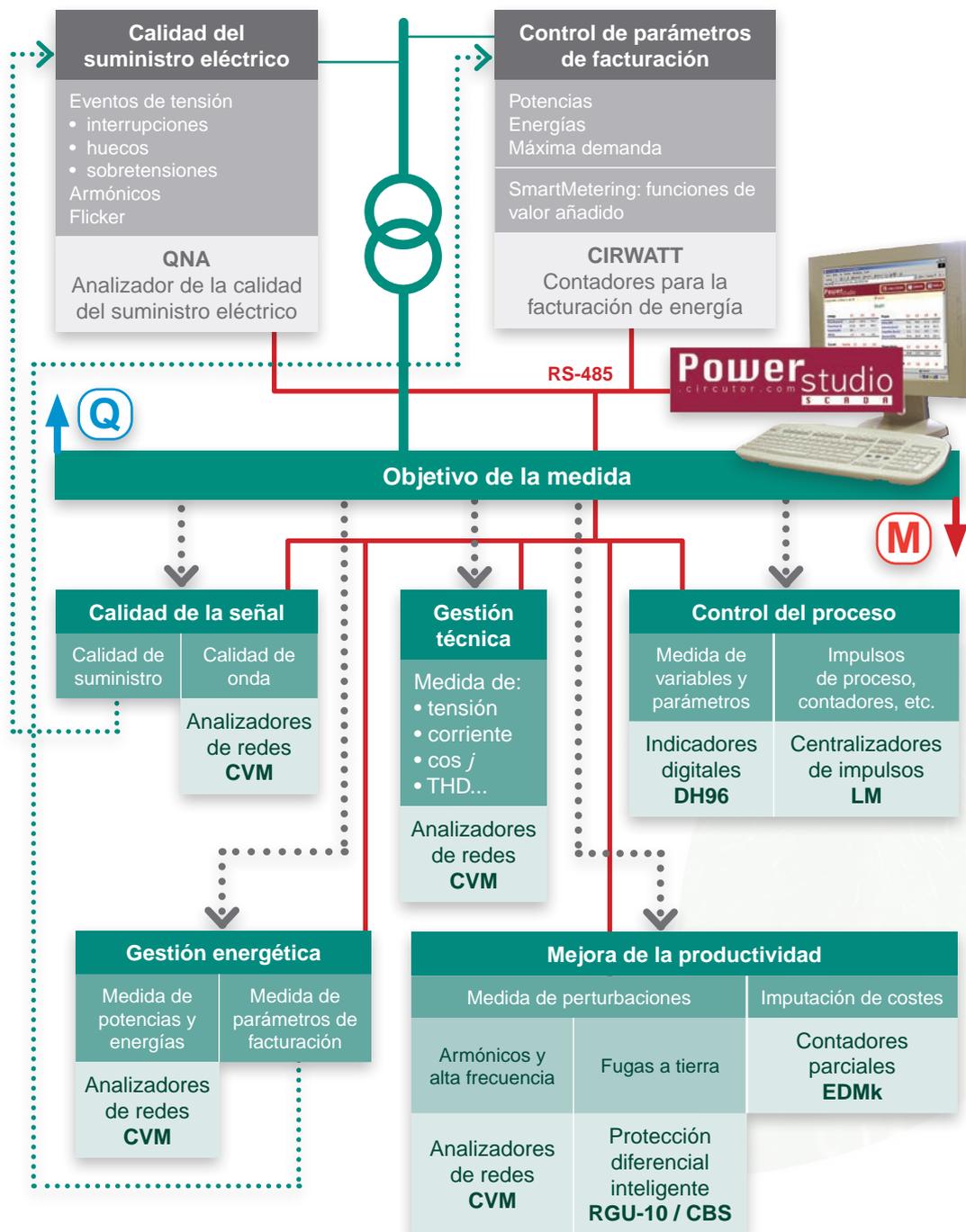
- ▶ La medida en 4 cuadrantes permite la instalación de **QNA** en centrales de generación.





## 8. Sistemas de medida y supervisión de la energía

Se entiende por un sistema de medida y supervisión de energía el conjunto formado por equipos de medida, red de comunicación y *software* de aplicación, de forma que permite la gestión y tratamiento de información. Es el elemento de base para la realización de un estudio de eficiencia energética.



Medida



## 8.1 Software de gestión energética PowerStudio Scada

### Qué es PowerStudio Scada

**PowerStudio Scada** es un *software* o aplicación de control que permite la realización de un sistema centralizado de recogida de datos. El posterior procesamiento de los datos permite la elaboración de informes que ayudan a la toma de decisiones sobre acciones preventivas o correctivas de la instalación.

### Qué aporta PowerStudio Scada

**PowerStudio Scada** nos aporta las siguientes prestaciones.

#### ▲ Facilitar la relación y adaptación entre la instalación y el usuario:

- ▶ Parametrización remota de equipos
- ▶ Diseño de pantallas personalizadas según el proceso

#### ▲ Centralización y tratamiento de la información:

- ▶ Visualización de parámetros en tiempo real
- ▶ Registro de históricos
- ▶ Visualización de históricos mediante tablas y gráficos

#### ▲ Funciones de relación cliente-servidor:

- ▶ Función de servidor WEB
- ▶ Capacidad de ser preguntado por otro sistema Scada mediante la función de servidor XML y DDE integradas

#### ▲ Ayuda a la gestión técnica y energética de la instalación:

- ▶ Realización de módulos de alarmas
- ▶ Realización de informes y simulación de facturas de energía
- ▶ Telecontrol de equipos

### Acciones a realizar con la información registrada en PowerStudio Scada

#### Gestión energética

- ▶ Seguimiento de los parámetros básicos de facturación, potencias, energías, puntas de demanda y consumos horarios
- ▶ Obtención de curvas de demanda de potencias y energía
- ▶ Realización de informes de consumos de energía. Simulación de facturas
- ▶ Por tanto, permite la adecuación de la factura de energía eléctrica a las necesidades reales

#### Gestión técnica

Seguimiento de la evolución de las cargas en las instalaciones con la finalidad de controlar:

- ▶ Capacidades disponibles de transformadores y líneas, mediante control de parámetros básicos tales como THD  $I$ ,  $\cos \phi$ , corriente, etc.
- ▶ En caso de grandes instalaciones, seguimiento de los valores de tensión en salidas de cuadro y finales de línea
- ▶ Todo tipo de variable eléctrica, mecánica o térmica que se haya integrado y sea necesario su seguimiento





## Mejoras de la productividad

### ▲ Ayuda a la correcta imputación de costes

- ▶ Coste del consumo energético en procesos productivos o áreas de trabajo mediante equipos de contaje parciales (*Submetering*)
- ▶ Ayuda al cálculo correcto de costes marginales de productos
- ▶ Control de tiempos de funcionamiento de maquinaria para imputaciones de primas, etc.
- ▶ Informes de energía consumida por línea de fabricación y unidades producidas

### ▲ Ayuda al mantenimiento preventivo

Con la supervisión de variables y el establecimiento de alarmas, se reduce el número de paradas y averías dado que se puede realizar una correcta planificación y programación de las actuaciones de mantenimiento. Ejemplos:

- ▶ La monitorización de las fugas a tierra de las protecciones diferenciales inteligentes
- ▶ Control de las variaciones de diferentes parámetros eléctricos tales como niveles de tensión y corrientes elevadas
- ▶ Control del estado de las protecciones eléctricas
- ▶ Establecimiento de señalizaciones y alarmas

## Control de proceso

Integración de variables de proceso en **PowerStudio Scada**. De esta forma, se puede realizar un seguimiento conjunto de parámetros críticos de proceso con la energía eléctrica consumida.

## Pasos para la elección de un sistema de medida y supervisión

1	Definición de objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Control de seguimiento de consumos de potencias y energías</li> <li>▶ Control de costes</li> <li>▶ Control de parámetros eléctricos</li> <li>▶ Control de parámetros de proceso</li> <li>▶ Otros</li> </ul>
2	Puntos de medida	Determinación de los puntos de medida
3	Elección de equipos para la facturación de energía	Definición de equipos para el punto de conexión a red eléctrica. <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Contadores de energía para facturación <b>CIRWATT</b></li> <li>▶ Analizadores de calidad de suministro <b>QNA</b></li> </ul>
4	Elección de equipos para medida y protección principal	Definición de equipos para cuadro general BT <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Analizadores de redes tipo <b>CVMk2</b> y <b>CVM NRG96</b></li> <li>▶ Protección diferencial inteligente <b>RGU-10 C</b></li> <li>▶ Reguladores de energía reactiva <b>computer</b></li> </ul>
5	Elección de equipos para áreas de trabajo y de proceso	Definición de equipos para cuadros secundarios <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <b>Medida y protección:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Analizadores de redes tipo <b>CVM MINI</b></li> <li>▶ Contadores parciales <b>EDMK</b></li> <li>▶ Protección diferencial inteligente <b>CBS</b></li> </ul> </li> <li>▶ <b>Proceso:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Dispositivos de entradas digitales <b>LM</b></li> <li>▶ Indicadores de proceso <b>DH96</b></li> </ul> </li> </ul>
6	Transformadores	Definición de relaciones de transformación y tamaños de: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Transformadores de corriente para medida</li> <li>▶ Transformadores de corriente, toroidales, para la protección diferencial</li> </ul>
7	Red de comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Diseño de la red de comunicaciones (ver apart. 5)</li> <li>▶ Selección, en caso necesario, de los convertidores o pasarelas</li> </ul>
8	Adaptación del software	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Creación de pantallas con esquemas unifilares, fondos, etc.</li> <li>▶ Identificación, parametrización y comunicación de dispositivos</li> <li>▶ Implantación de las funciones deseadas:               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Generación de informes</li> <li>▶ Cuadros de alarmas, etc.</li> </ul> </li> </ul>

## Consideraciones

El sistema consta de diferentes partidas a tener en cuenta, tales como:

- ▶ Equipos de medida de protección y proceso
- ▶ Ordenador y *software*
- ▶ Adaptación del *software* si procede
- ▶ Instalación de los equipos de medida
- ▶ Red de comunicaciones. El tipo de red de comunicaciones depende de las infraestructuras existentes y de los puntos que queremos comunicar (Ver punto 5)
- ▶ Comunicación de los equipos

**+i** M.3 / M.5 / M.6 / M.7 / M.9

## 8.2 Analizadores de redes CVM

### Qué son los analizadores de redes CVM

Los analizadores de redes serie **CVM** son centrales de medida de alta precisión, cuyo fin es el control y la supervisión de los principales parámetros eléctricos en redes trifásicas (tanto en BT como en MT, 50 ó 60 Hz), de tres o cuatro hilos.

### Qué aportan los analizadores de redes

La gama de equipos **CVM** facilitan la medida, dado que en un mismo equipo se puede realizar la función de muchos indicadores analógicos, minimizando el espacio de montaje en un cuadro eléctrico. La integración de los parámetros medidos en el sistema **PowerStudio Scada** permite la posterior gestión de la información.

Los analizadores de redes **CVM** miden magnitudes relacionadas con:

- ▶ Gestión energética: potencias, energías, máximas demandas, etc.
- ▶ Parámetros eléctricos: Tensión, corriente,  $\cos \phi$ , etc.
- ▶ Calidad de onda: THD, armónicos
- ▶ Parámetros de proceso, mediante la utilización de las entradas analógicas



### Cómo escoger un analizador de redes CVM

#### Conceptos básicos

Se detalla la nomenclatura utilizada para la definición de los tipos de **CVM**.

- ▶ Equipos con denominación **ITF**. Aislamiento galvánico de los circuitos de corriente mediante transformadores montados en el interior del equipo, en cada una de las fases de medida, etc. Se recomienda su utilización en aquellas redes en que los transformadores estén referenciados a tierras o cuando se prevé un nivel de eventos o perturbaciones importante (Ej. **CVM NRG96-ITF**)
- ▶ Equipos con denominación **HAR**. Estos equipos miden las corrientes armónicas, expresando su valor en A (Ej: **CVM NRG96-ITF-HAR**)
- ▶ Equipos con indicación de protocolo. Indican el tipo de puerto de comunicaciones y/o protocolo existente en el equipo (Ej: **CVM NRG96-ITF-HAR-RS485**)



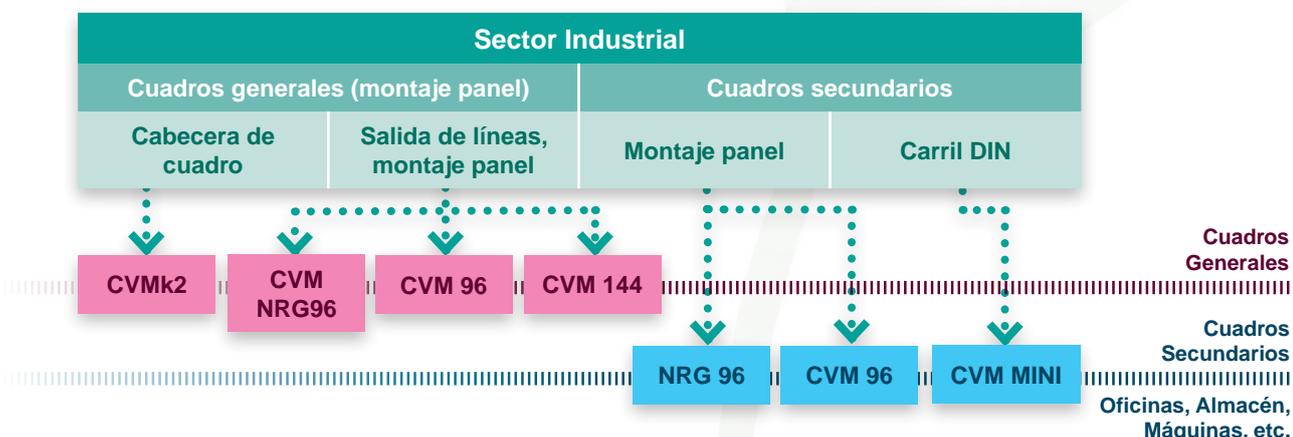
- ▶ Número de salidas existentes de relés **C**. Se indica el número de salidas digitales (existen tipos con salida de relé). Si hubiese una cifra a continuación, ésta detalla el número de salidas distintas a la unidad (Ej: **CVM NRG96-ITF-HAR-RS485 C**)
- ▶ Número de salidas analógicas **A**. Número de salidas existentes en el equipo (Ej: **CVM 144-ITF-RS485-A4**)
- ▶ Equipos "Current" o  $I_N$ . Miden la corriente de neutro (Ej: **CVM 96-ITF-RS485-C2-HAR-IN**)

### Pasos para la elección de un analizador CVM

1	Lugar del <b>CVM</b> en la instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Cabecera de cuadro general</li> <li>▶ Salidas de línea de cuadro general</li> <li>▶ Cuadros secundarios</li> <li>▶ Máquinas</li> </ul>
2	Características constructivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tamaño del equipo</li> <li>▶ Tipo de montaje</li> <li>▶ Tipo de entradas de corriente</li> </ul>
3	Parámetros básicos de la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tensión de medida</li> <li>▶ Tensión auxiliar</li> </ul>
<b>Características propias del tipo de CVM</b>		
4	Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tipo de puerto</li> <li>▶ Protocolo de comunicaciones</li> </ul>
5	Funciones de gestión de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Medida de energía</li> <li>▶ Máxima demanda</li> <li>▶ 2 ó 4 cuadrantes de medida</li> <li>▶ Parámetros eléctricos</li> </ul>
6	Funciones de calidad de onda	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Representación gráfica de la onda</li> <li>▶ Medida de armónicos</li> <li>▶ Medida de THD <math>U</math> y THD <math>I</math></li> </ul>
7	Entradas y salidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Mediante tarjetas de expansión en equipos modulares</li> <li>▶ Equipos compactos incorporados en el mismo</li> </ul>
<b>Consideraciones</b>		
8	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Transformadores de corriente <b>TC</b>, <b>TP</b>, etc.</li> <li>▶ Conversores RS-232/RS-485, <b>TC2PRS</b>, etc.</li> <li>▶ Centralizadores de impulsos tipo <b>LM</b></li> </ul>

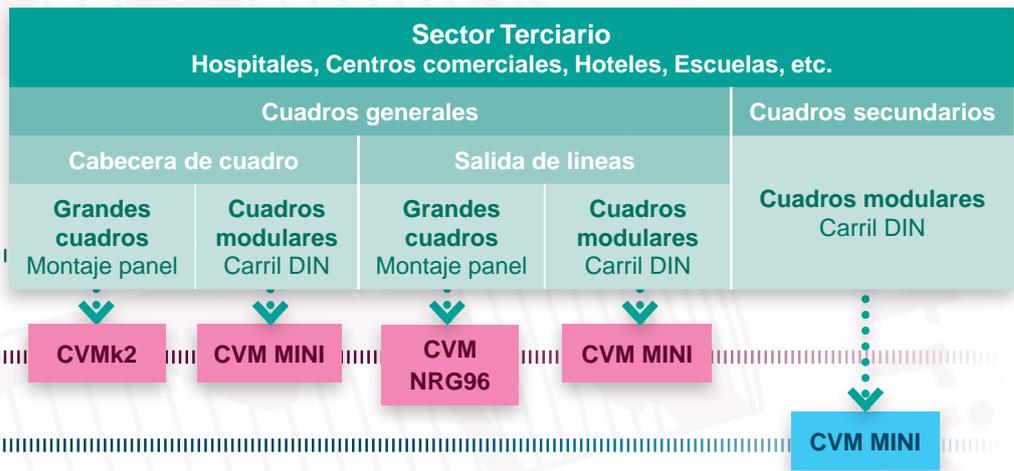
### Esquemas de elección de un CVM según el lugar de montaje

La definición según este concepto depende básicamente del tipo de cuadro y dimensiones a montar en cada una de las zonas a medir. Por tanto, en el siguiente cuadro se recomienda el tipo de **CVM** según el sector en el que se sitúa.

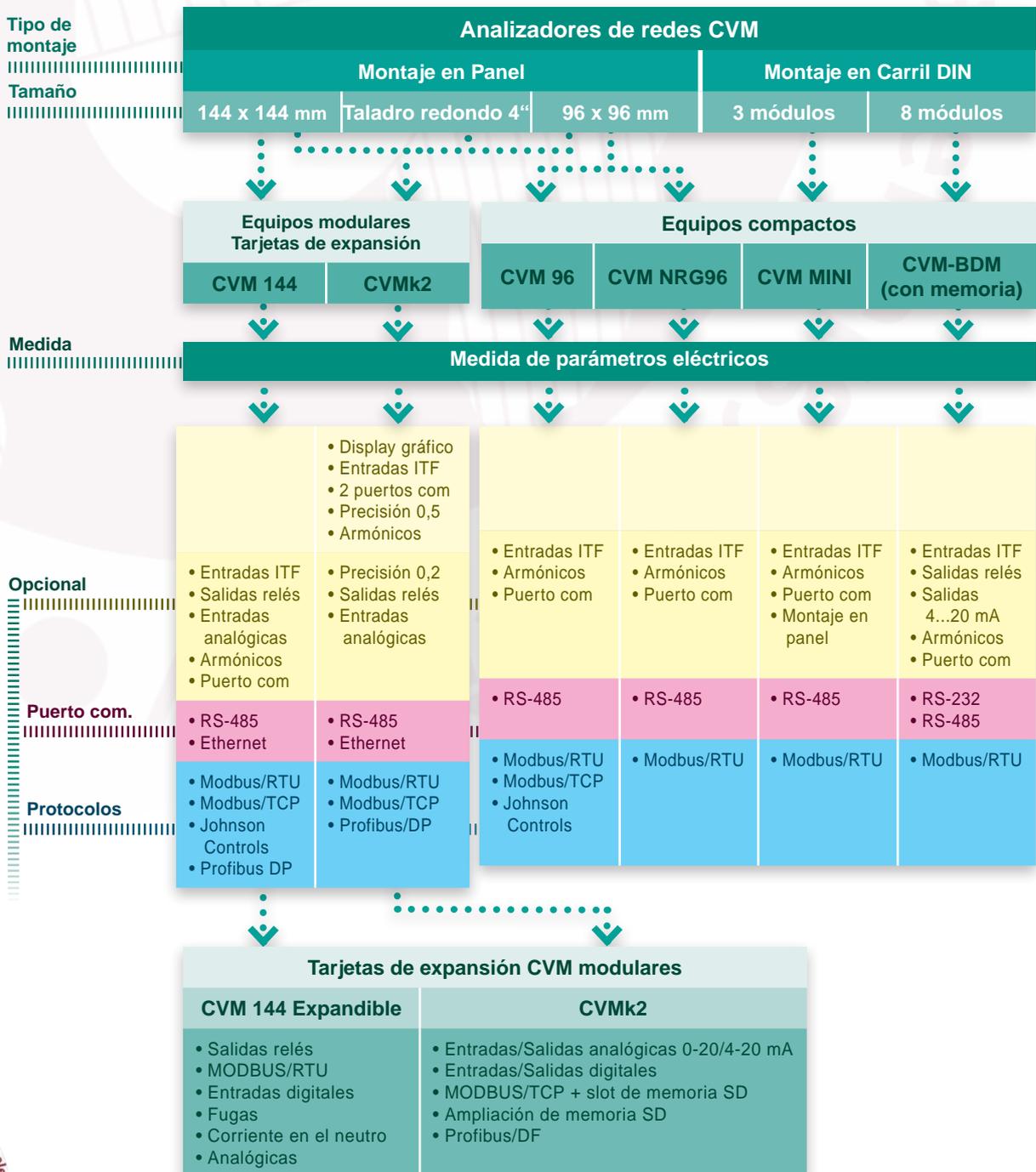


Medida





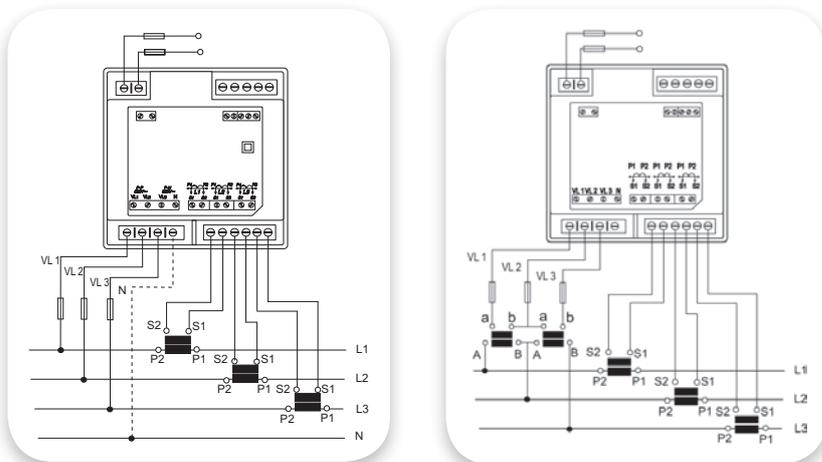
Esquema de elección de un CVM según sus características





## Esquema de conexionado de un analizador de redes

- ▶ La conexión de los **CVM** se realiza siempre de forma indirecta a través de transformadores de corriente y, en caso necesario, de transformadores de tensión
- ▶ Es necesario realizar el montaje del transformador de corriente manteniendo la polaridad de las conexiones (P1 - lado red, y P2 - lado carga a medir) (ver apartado 6.4 sobre transformadores de corriente)



← Dirección de la carga a medir

## Consideraciones

- ▶ La precisión final de un conjunto de medida (transformador más equipo de medida) es la suma de las precisiones de ambos.
- ▶ En función de la topología de red de comunicación se debe escoger el tipo de **CVM** con el puerto de comunicaciones adecuado o prever el conversor adecuado

## +i M.5/M.7

## 8.3 Contadores de energía para consumo parcial o *Submetering*.

### Qué son los contadores para consumo parcial

Los contadores de energía para el control de consumos parciales son equipos destinados a la lectura interna de los consumos parciales con el objetivo de:

- ▶ Imputar los costes energéticos por departamentos, secciones o cargas
- ▶ Realizar un seguimiento de los consumos internos
- ▶ Obtener las curvas de demanda de las diferentes zonas



A este tipo de contadores parciales se les denomina "**Submetering**".

## Qué aportan los contadores para consumo parcial

Como ya se ha definido, el objetivo claro es la imputación de costes en áreas de trabajo y en proceso, o en determinadas instalaciones donde es clave el reparto del coste de energía eléctrica.

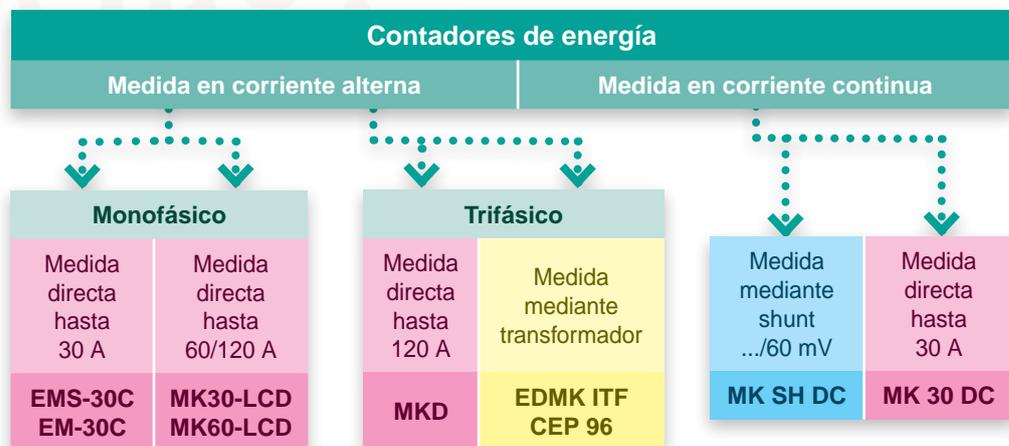
- ▶ Amarres de puertos deportivos
- ▶ Locales comerciales de grandes superficies como centros comerciales, aeropuertos, etc.
- ▶ Residencias y apartamentos
- ▶ Campings
- ▶ Ferias, etc.

## Cómo escoger un contador para consumo parcial

### Pasos para la elección de un contador para consumo parcial

1	Tipo de red	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Corriente alterna trifásica</li> <li>▶ Corriente alterna monofásica</li> <li>▶ Corriente continua</li> </ul>
2	Tipo de medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Directa</li> <li>▶ Indirecta</li> </ul>
3	Parámetros básicos de la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tensión de medida</li> <li>▶ Tensión auxiliar 400 ó 230 V c.a.</li> </ul>
4	Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Con puerto de comunicaciones</li> <li>▶ Sin puerto de comunicaciones</li> </ul>
<b>Características propias del tipo de contador de <i>submetering</i></b>		
5	Funciones de gestión de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Contaje de energía: activa o reactiva</li> <li>▶ Cuadrantes de medida: 2 ó 4 cuadrantes</li> <li>▶ Desfase: <math>\cos j</math></li> </ul>
6	Salidas	Salidas digitales, optoacopladas, de impulsos, incorporadas en el equipo <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <math>\overline{G}</math> <math>\overline{F}</math> <math>\overline{A}</math> <math>\overline{c}</math> <math>\overline{c}</math> <math>\overline{A}</math> <math>\overline{E}</math> <math>\overline{Y}</math> <math>\overline{a}</math></li> <li>▶ <math>\overline{G}</math> <math>\overline{F}</math> <math>\overline{A}</math> <math>\overline{c}</math> <math>\overline{c}</math> <math>\overline{A}</math> <math>\overline{E}</math> <math>\overline{Y}</math> <math>\overline{a}</math></li> </ul>
<b>Consideraciones</b>		
7	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Transformadores de corriente <b>TRMC, TA, TC</b></li> <li>▶ <b>Shunts</b> para la medida en corriente continua</li> <li>▶ Centralizadores de impulsos tipo <b>LM</b></li> </ul>

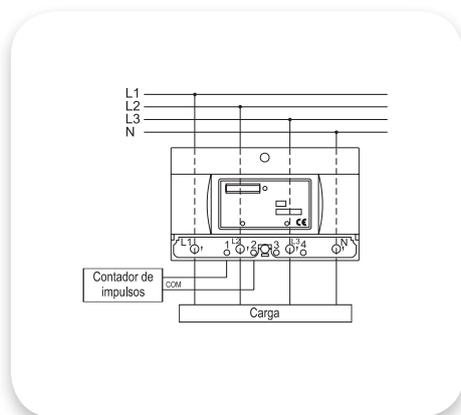
### Esquema de elección de un contador para consumo parcial



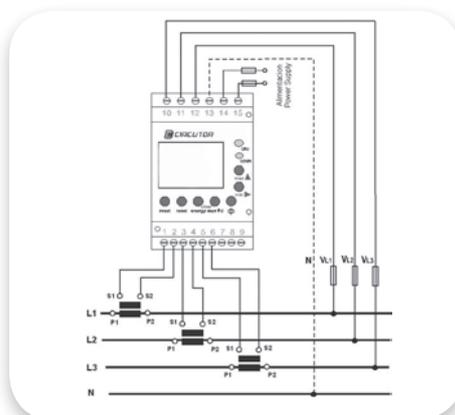


## Esquema de conexionado de un contador de *Submetering*

### ▲ Medida directa C.A.



### ▲ Medida indirecta C.A.



## Consideraciones

- ▶ Los contadores *Submetering* en corriente continua están especialmente diseñados para la aplicación en huertas solares
- ▶ En el caso de medida indirecta, la precisión final de un conjunto de medida es la suma de las precisiones de ambos
- ▶ Por este motivo, es muy importante la selección más idónea tanto de relación del transformador como de la clase de precisión

## +i M.3

## 8.4 Centralizadores de impulsos LM

### Qué son los centralizadores de impulsos

Son equipos capaces de agrupar y leer señales de impulsos y estados digitales (0/1), para, posteriormente, disponer de esta información en un puerto de comunicaciones. A través de este, el centralizador puede integrarse en el sistema **PowerStudio Scada**.

### Qué aportan los centralizadores de impulsos LM

Los centralizadores de impulsos nos permiten integrar en el sistema de supervisión diferentes tipos de parámetros de medida, ya sean de energía o de proceso.

#### ▲ Centralización de alarmas mediante entradas digitales

- ▶ Monitorización del estado de las protecciones eléctricas
- ▶ Estados de alarmas de incendios, presencia, apertura de puertas, etc.
- ▶ Equipos de proceso, finales de carrera, detectores inductivos o capacitivos
- ▶ etc.



#### ▲ Centralización de señales de impulsos

- ▶ Salida de impulsos de contadores de energía eléctrica parciales o *submetering*. Lectura y acumulación de impulsos, para una posterior lectura de las energías acumuladas desde otro sistema, vía comunicaciones

#### ▲ Centralización de señales de impulsos, procedentes de otros contadores no necesariamente eléctricos

- ▶ Lectura de Gas: El contador de gas debe disponer de una salida digital proporcional a la lectura
- ▶ Lectura de Agua: Los contadores de agua, deben disponer de la salida de impulsos correspondiente para poder ser leídos

#### ▲ Equipos de proceso

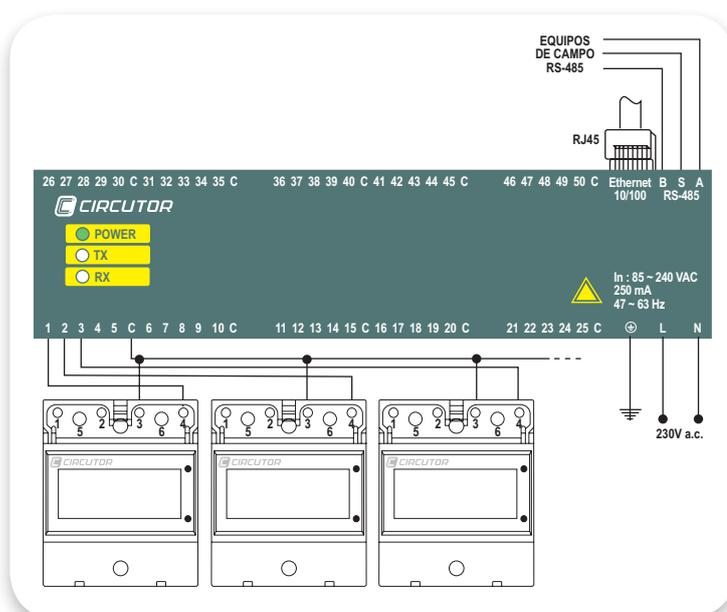
- ▶ Lectura de cualquier sensor o dispositivo con salida de impulsos:
  - ▶ Caudalímetros con salidas de impulsos
  - ▶ Contador de piezas fabricadas
  - ▶ Contador de maniobras de una máquina, etc.
- ▶ Lectura de señales procedentes de temporizadores:
  - ▶ Tiempos de trabajo de la maquinaria. Aplicación para mantenimiento preventivo
  - ▶ Tiempos de trabajo del personal. Aplicación para asignación de primas y rendimientos

### Pasos para la elección de un centralizador de impulsos

1	N.º entradas	Entradas optoacopladas, libres de potencial: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 24 entradas: <b>LM24-M</b></li> <li>▶ 50 entradas: <b>LM50-TCP</b></li> </ul>
2	Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Modbus/RTU: <b>LM24-M</b></li> <li>▶ Modbus/TCP: <b>LM50-TCP</b></li> </ul>
<b>Características propias del tipo de LM</b>		
3	Parámetros básicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tensión auxiliar <b>LM-24</b>: 230 V c.a.</li> <li>▶ Tensión auxiliar <b>LM-50</b>: 85 - 265 V c.a. / 95 - 300 V c.c.</li> </ul>
4	Salidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Puerto serie RS-485</li> <li>▶ Puerto Ethernet</li> </ul>
5	Tipo de conector	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ DB-9: <b>LM24-M</b></li> <li>▶ RJ45: <b>LM50-TCP</b></li> </ul>
<b>Consideraciones</b>		
6	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Conversores RS-232/RS-485</li> <li>▶ <b>TCP2RS</b>. Conversor RS-232/485 a ETHERNET. Protocolo Modbus/TCP</li> </ul>



## Esquema de conexionado de un centralizador LM



### Consideraciones

- ▶ Las entradas de los módulos son libres de tensión
- ▶ En caso de ausencia de tensión auxiliar, el equipo guarda en memoria los valores acumulados procedentes de los contadores



## 8.5 Indicadores digitales de proceso DH96

### Qué son los indicadores digitales

Son indicadores digitales programables, que permiten leer variables eléctricas (tensión, corriente y frecuencia) y de proceso (impulsos, pesos, temperatura, presión, etc.).

Además, mediante módulos opcionales realizan funciones adicionales como contactos para alarmas y maniobras, comunicaciones o salidas analógicas.

### Qué aportan los indicadores digitales

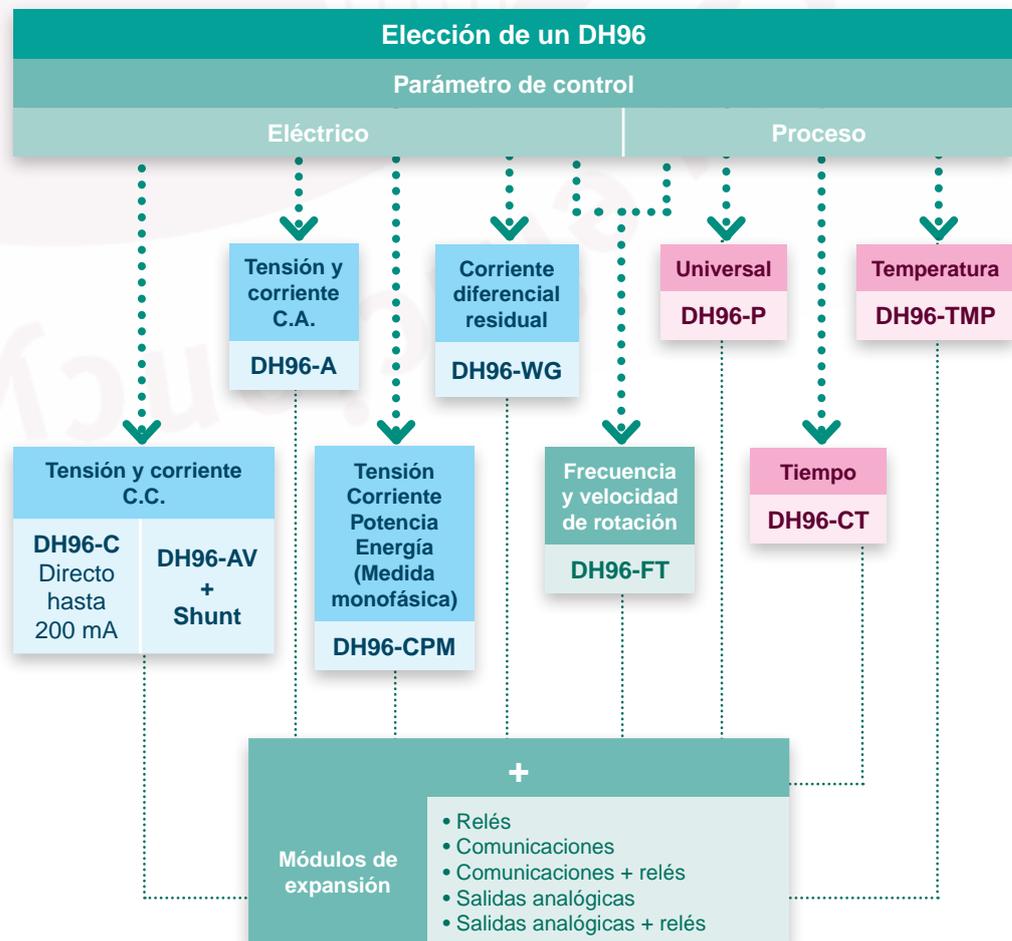
- ▶ Integración de variables físicas y/o de proceso en **PowerStudio Scada**
- ▶ Establecimiento de ratios entre energía consumida y parámetros controlados (kW/m<sup>3</sup>, kW/unidad producida, etc.)
- ▶ Información del proceso productivo



## Pasos para la elección de un indicador DH96

1	Qué se pretende controlar	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Magnitudes eléctricas (tensión, corriente, frecuencia)</li> <li>▸ Magnitudes eléctricas en corriente continua (tensión y corriente)</li> <li>▸ Tiempo. Función de cronómetro</li> <li>▸ Velocidades de rotación</li> <li>▸ Temperatura</li> <li>▸ Señales analógicas de proceso</li> <li>▸ Corriente diferencial</li> </ul>
2	Parámetros básicos del equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Tensión auxiliar</li> <li>▸ Medida directa o indirecta, según valor de corriente</li> </ul>
3	Módulos de opciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Relés de salidas</li> <li>▸ Comunicaciones</li> <li>▸ Comunicaciones y relés de salida</li> <li>▸ Salidas analógicas</li> <li>▸ Salidas analógicas y relés de salida</li> </ul>
<b>Características propias del tipo de DH96</b>		
4	Características de medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Precisión 0,1, 0,2, 0,5 % (<math>\pm 1</math> dígito)</li> <li>▸ Medida de C.C. o C.A.</li> <li>▸ Escala de tensiones de medida 50,100,150, 200, 300, 600 V</li> <li>▸ Escala de tensiones de proceso 120, 500 mV, 1 y 10 V</li> <li>▸ Escala de corrientes de medida 10 A, .../5 A</li> <li>▸ Escala de corrientes de proceso 1...20 mA</li> </ul>
<b>Consideraciones</b>		
5	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Transformadores de corriente <b>TC,TCB, TCM</b>, etc.</li> <li>▸ Transformadores toroidales diferenciales <b>WG</b></li> <li>▸ Sensores externos (encoders, sondas de temperatura <b>TP100</b>, termopares, tacómetros, detectores <b>NPN</b> o <b>PNP</b>, etc.)</li> </ul>

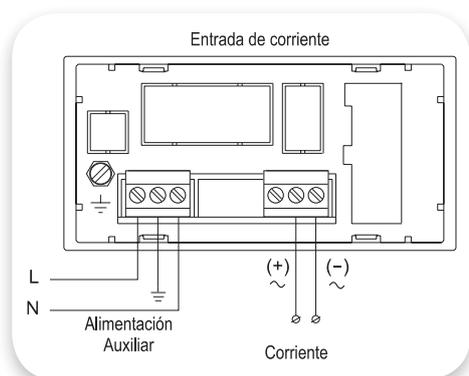
## Esquema de elección de un indicador DH96



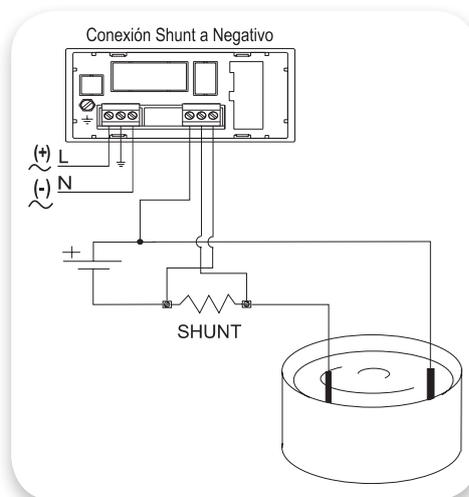
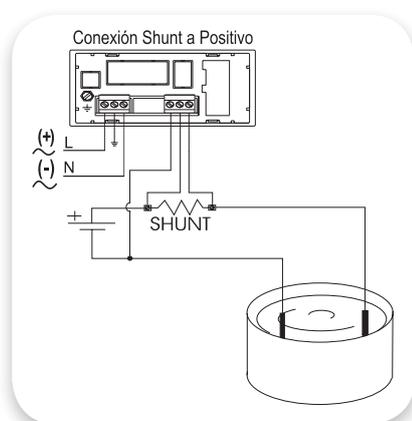


## Esquema de conexionado de un indicador digital de proceso

### ▲ DH96 A - C - P



### ▲ DH96 AV / CPM / BG



### Consideraciones

- ▶ Para la integración en **PowerStudio Scada** se necesita siempre la opción de módulo de comunicaciones
- ▶ Todos los sensores de medida de parámetros de proceso son externos al indicador **DH96**

**+i** M.2/M.5/M.7

## 8.6 Transformadores de corriente para medida

### Qué son los transformadores de corrientes para medida

Los transformadores de corriente para medida son instrumentos que transforman una elevada corriente en otra corriente proporcional pero inferior, la cual es más fácil de trabajar y reduce el tamaño de los equipos de medida.



### Qué aportan los transformadores de medida

Los transformadores de medida son necesarios por diferentes motivos:

- ▶ Permiten que los aparatos realicen una medida fiable y con precisión
- ▶ Aislan galvánicamente los equipos de medida de la red eléctrica
- ▶ Evitan perturbaciones generadas por el transporte de elevadas corrientes

### Cómo escoger un transformador de corriente

#### Características principales

##### ▲ Relación de Transformación

Es la relación entre la corriente nominal de primario y secundario, por ejemplo: 100/5 A. Se aconseja escoger un valor de primario del transformador acorde al calibre del interruptor automático existente. En cuanto al secundario el más utilizado es el .../5 A. Se recomienda la utilización del .../1 A para largas distancias de cable, con la finalidad de reducir la carga de precisión.

##### ▲ Carga de Precisión

Valor de la potencia aparente para la clase de precisión nominal especificada. Esta viene dada por la suma de la potencia del receptor más la consumida por el cableado del circuito secundario del transformador.

##### ▲ Clase de precisión

Designación aplicada a un transformador de corriente cuyos errores permanecen dentro de los límites especificados para las condiciones nominales.

##### ▲ Tamaño de la ventana

Superficie útil para el paso de cable o pletinas (primario del transformador).

### Cálculo de la potencia del transformador

La potencia total a medir es la suma de la potencia del aparato de medida más la potencia consumida en el cableado del circuito secundario.

$$P_{\text{total}} = P_{\text{aparato}} + P_{\text{cable}}$$

##### ▲ Potencias de aparatos de medida

Se facilita la siguiente tabla con los valores más habituales de potencias de equipos de medida.

Aparatos	Consumos Típicos
Instrumentos de hierro móvil	0,3 ... 15 V·A
Instrumentos de bobina móvil	0,5 V·A
Vatímetros analógicos	0,2 ... 2,5 V·A
Indicadores de máxima demanda	2,5 ... 5,0 V·A
Instrumentos digitales	0,5 ... 1,0 V·A
Contadores electrónicos	0,2 ... 1 V·A
Instrumentos registradores	2,0 ... 5,0 V·A



## ▲ Potencia consumida por el cable en función de la sección y de la distancia

### Ejemplo de cálculo

<p>▶ Resistencia del cable del circuito secundario:</p> $R_L = \rho \cdot \frac{L}{s}$ <p>▶ Resistividad del cobre:</p> $\rho = 0,0172 \cdot \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ <p>L: Longitud del circuito (Tener en cuenta ida y vuelta) s: Sección del cable en mm<sup>2</sup></p>	
<p>▶ Potencia del cableado</p> $P_{\text{Línea}} = R_L \cdot I^2$ <p>R<sub>L</sub>: Resistencia del circuito secundario I: Corriente del secundario</p>	<p><b>Ejemplo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Relación 2000 / 5 A</li> <li>▶ Longitud entre transformador y carga L = 10 m</li> <li>▶ Cable de 2,5 mm<sup>2</sup></li> <li>▶ Útil para relaciones de 2000/1 A</li> </ul> $R_L = \rho \cdot \frac{L}{s} = 0,0172 \cdot \frac{2 \cdot 10}{2,5} = 0,14 \Omega$ $P_{\text{Línea}} = R_L \cdot I^2 = 0,14 \cdot 5^2 = 3,4 \text{ V}\cdot\text{A}$ <p>Si el transformador fuera de 2000/1 A</p> $P_{\text{Línea}} = R \cdot I^2 = 0,14 \cdot 1^2 = 0,14 \text{ V}\cdot\text{A}$
<b>Conclusión</b>	
<p>▶ En caso de largas distancias se recomienda la utilización de relaciones ... /1 A para disminuir las potencias</p>	

### Tablas de valores

Longitud (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Sección (mm <sup>2</sup> )										
1,5	2,9	5,7	8,8	11,5	14,3	17,2	20,1	22,9	25,8	28,7
2,5	1,7	3,4	5,2	6,9	8,6	10,3	12,0	13,8	15,5	17,2
4	1,1	2,2	3,2	4,3	5,4	6,5	7,5	8,6	9,7	10,8
6	0,7	1,4	2,2	2,9	3,6	4,3	5,0	5,7	6,5	7,2
10	0,4	0,9	1,3	1,7	2,2	2,6	3,0	3,4	3,9	4,3

Longitud (m)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Sección (mm <sup>2</sup> )										
1,5	0,2	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3
2,5	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4
4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
6	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6
10	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3

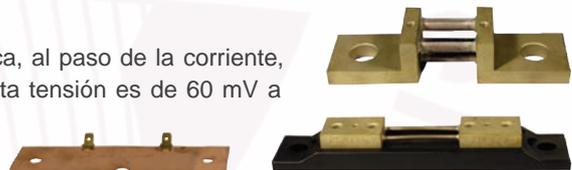


## Características constructivas

<b>Barra Pasante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ El conductor de la carga (cable o embarrado) pasa a través del núcleo del transformador</li> <li>▸ Amplio rango de medida, desde 40 A hasta 5000 A</li> </ul>	
<b>Primario Bobinado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ El conductor de carga (primario) está bobinado en el núcleo del transformador</li> <li>▸ Son transformadores muy precisos a corrientes bajas</li> <li>▸ Recomendados para la medida en cargas inferiores a 100 A</li> <li>▸ Proporcionan mucha potencia de carga a corrientes bajas</li> </ul>	
<b>Núcleo Partido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Transformadores de barra pasante con la particularidad de que el núcleo está partido y es desmontable, posibilitando el montaje sin interrumpir el suministro eléctrico y sin necesidad de desmontar los embarrados</li> <li>▸ Muy práctico de montar</li> <li>▸ Amplios rangos de medida</li> </ul>	

### ▲ Shunt

Un shunt es una resistencia que provoca, al paso de la corriente, una caída de tensión. Normalmente, esta tensión es de 60 mV a la corriente nominal. Se utiliza para la medida indirecta en corriente continua.

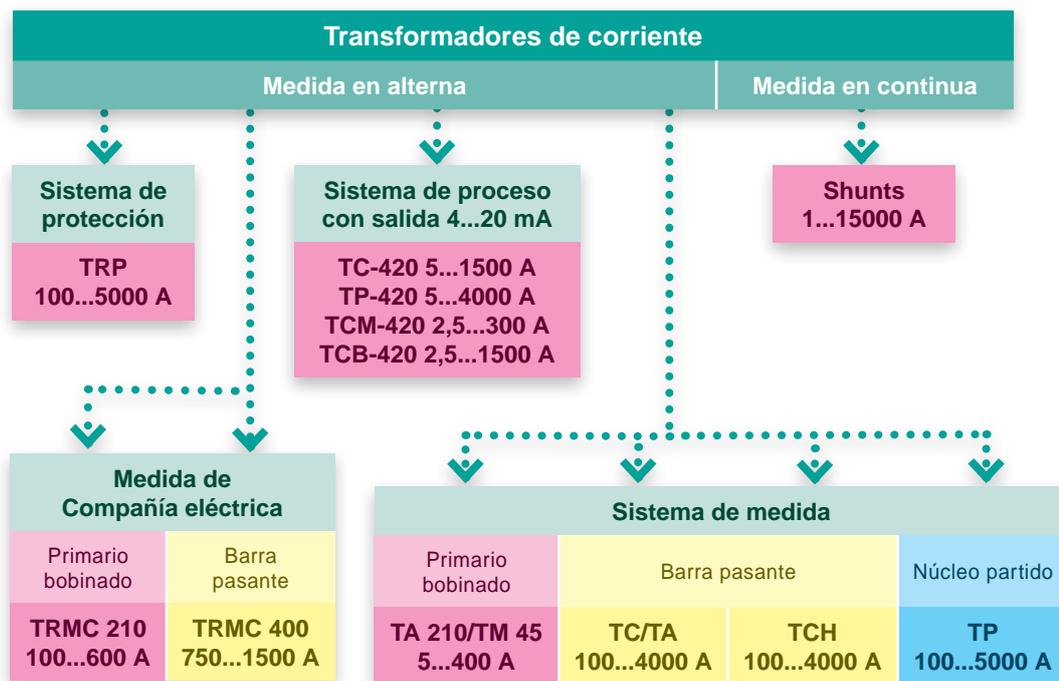


## Pasos para la elección de un transformador

1	Tipo de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Punto de medida de Compañía</li> <li>▸ Sistema de medida</li> <li>▸ Sistema de proceso</li> <li>▸ Protección</li> </ul>
2	Relación de transformación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Primario de 5 ... 5000 A, según tipo</li> <li>▸ Secundario .../5 A ó .../1 A</li> </ul>
3	Potencia y clase de precisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Precisión: 0,5S (solo TRMC y TCH), 0,5, 1 y 3</li> <li>▸ Potencia: Depende del tipo de transformador y de la precisión necesaria</li> </ul>
4	Tamaño de la ventana	▸ Superficie útil para el cable o la pletina
<b>Características propias del tipo de transformador</b>		
5	Características constructivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Primario bobinado</li> <li>▸ Barra pasante</li> <li>▸ Núcleo partido</li> </ul>
6	Características eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ <b>Factor de Seguridad, FS:</b> Es la relación entre la corriente máxima secundaria y la corriente nominal secundaria</li> <li>▸ <b>Corriente Térmica:</b> Valor eficaz de la corriente primaria máxima que el transformador debe soportar durante un determinado tiempo sin sufrir desperfectos</li> <li>▸ <b>Corriente Dinámica:</b> Valor de cresta de la corriente primaria máxima que el transformador debe soportar, sin que sea dañado eléctrica o mecánicamente por las fuerzas electromagnéticas resultantes</li> <li>▸ <b>Clase Térmica:</b> Máxima temperatura de funcionamiento del transformador</li> <li>▸ <b>Gama extendida:</b> Indica la sobrecarga admisible permanente del transformador, manteniendo la precisión de medida y cumpliendo la clase térmica</li> <li>▸ <b>Tensión de servicio:</b> La máxima tensión de la instalación a la que puede trabajar el transformador</li> </ul>

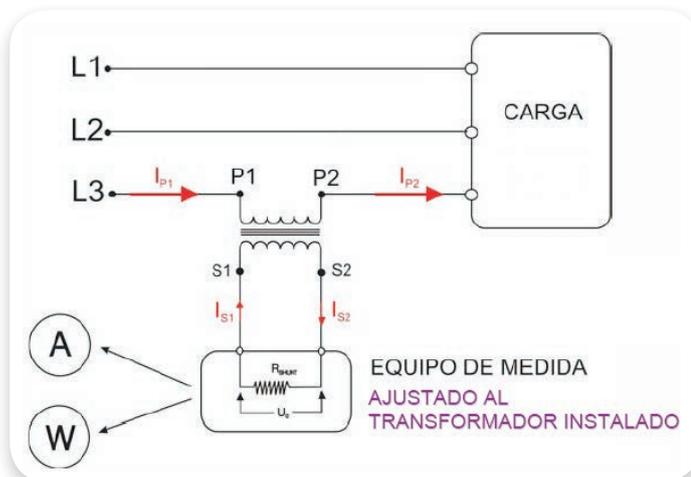


## Esquema de elección de un transformador de corriente



## Esquema de conexionado de un transformador de corriente

- ▶ 1 transformador en cada línea,
- ▶ 3 transformadores en total, en un sistema trifásico con neutro



## Consideraciones

- ▶ La precisión final de un conjunto de medida es la suma de las precisiones de sus componentes
- ▶ Por este motivo, es muy importante la selección más idónea tanto de relación de transformación como de clase de precisión



## 8.7. Analizadores de redes portátiles AR5-L/CIR-e<sup>3</sup>

### Qué son los analizadores de redes portátiles AR5-L/CIR-e<sup>3</sup>

Los analizadores de redes portátiles **AR5-L/CIR-e<sup>3</sup>** son equipos de medida de diferentes parámetros eléctricos y energéticos que tienen cuatro aplicaciones básicas:

- ▶ Realización de diagnósticos energéticos en instalaciones que no estén equipadas con una aplicación **PowerStudio Scada**
- ▶ Medida de parámetros eléctricos y perturbaciones
- ▶ Soporte a una aplicación **PowerStudio Scada** ya realizada, mediante medidas puntuales en determinadas cargas o zonas de una instalación
- ▶ Realización de auditorías energéticas.



### Qué aportan los analizadores de redes portátiles

#### ▲ Estudios de eficiencia energética y auditorías energéticas

Obtención de la información necesaria para la realización de estudios de consumo de energía eléctrica. Para ello, se miden las siguientes variables eléctricas:

- ▶ Potencias (activa, reactiva y aparente)
- ▶ Energías (activa y reactiva)
- ▶ Curvas de demanda
- ▶ etc.

Gracias al entorno **CIR-e<sup>3</sup> web** se pueden realizar y analizar los datos independientemente de donde se hayan tomado medidas.



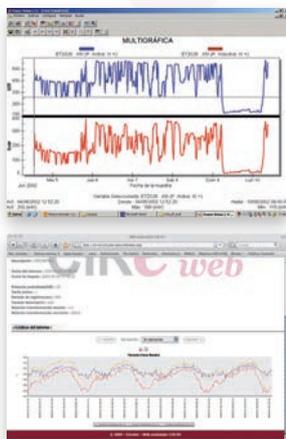
Se recuerda la necesidad, una vez hecho el estudio, de la instalación de una aplicación **PowerStudio** para la realización del seguimiento de los parámetros estudiados, así como de otros que aporten información al gestor de la instalación.

#### ▲ Ayuda a la gestión técnica de la instalación

Mediante la utilización de los *softwares* adecuados, se procede a estudiar diferentes variables eléctricas:

- ▶ Armónicos
- ▶ Calidad de suministro, es decir, perturbaciones (eventos de tensión) y *Flicker*
- ▶ Análisis de transitorios de conexión de máquinas o de maniobras en instalaciones
- ▶ Medición de corrientes de fuga

Por tanto, se obtiene toda la información para realizar previsiones de actuación, tanto de servicios de mantenimiento como de ingeniería.



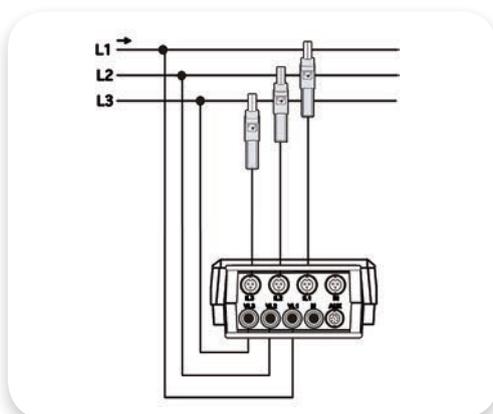


## Cómo utilizar un analizador portátil AR5-L/CIR-e<sup>3</sup>

1	Utilización de los equipos de protección individual	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Casco con pantalla facial</li> <li>▶ Guantes aislantes</li> <li>▶ Protección aislante para el calzado</li> </ul>
2	Determinación del objetivo de la medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Gestión energética (potencias y energías)</li> <li>▶ Parámetros eléctricos (tensión, corriente, cos <math>\phi</math>, etc.)</li> <li>▶ Perturbaciones (sólo <b>AR5-L</b>)</li> <li>▶ <i>Flicker</i> (sólo <b>AR5-L</b>)</li> <li>▶ Transitorios (sólo <b>AR5-L</b>)</li> <li>▶ Fugas a tierra (sólo <b>AR5-L</b>)</li> </ul>
3	Determinación del punto de medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Punto de acometida</li> <li>▶ Entrada a cuadro general</li> <li>▶ Salidas de línea</li> <li>▶ Subcuadros</li> <li>▶ Máquinas</li> <li>▶ etc.</li> </ul>
4	Cómo acometer la medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Utilización de los equipos de protección individual</li> <li>▶ Determinación del lugar físico de conexión del equipo</li> <li>▶ Elección del <i>software</i> de medida adecuado</li> <li>▶ Pinzas de medida adecuadas al calibre del cable o pletina</li> <li>▶ Determinación de la duración de la medida en función del proceso objeto de estudio</li> </ul>
5	Descarga de la información	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Cierre del equipo de acuerdo a lo indicado en el manual de instrucciones</li> <li>▶ Volcado de la información al PC mediante el puerto habilitado a tal efecto y estudio e interpretación de las mediciones mediante el <i>software</i> <b>PowerVision (AR5-L)</b></li> <li>▶ Volcado de la información a servidor del <b>CIR-e<sup>3</sup></b> para su posterior tratamiento mediante la aplicación web.</li> </ul>
<b>Consideraciones</b>		
6	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Equipos de protección individual</li> <li>▶ Pinzas de medida <b>CP-5</b>, <b>CP-100</b>, <b>C-Flex</b>, etc.</li> <li>▶ Alimentador e interfaz</li> <li>▶ <i>Software</i> <b>PowerVision / CIR-e<sup>3</sup> web</b></li> </ul>

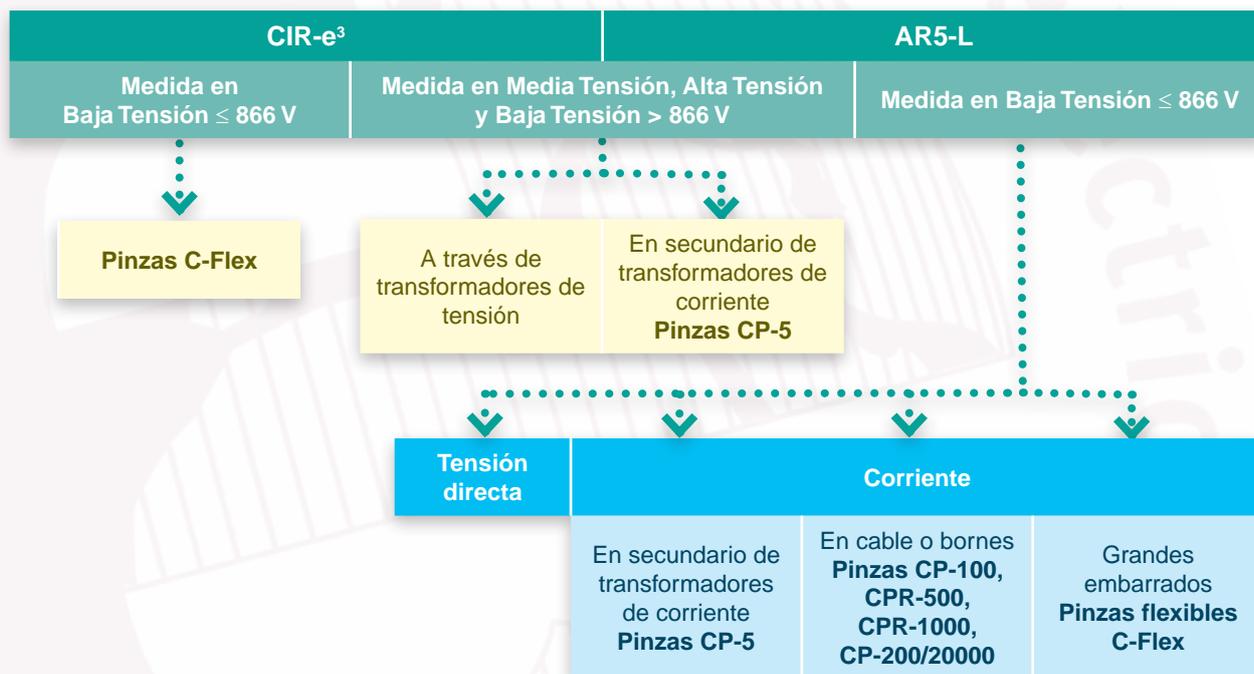
## Esquema de conexionado de los analizadores portátiles

### ▲ Trifásico 3 hilos (AR5-L)



### ▲ Trifásico 4 hilos (CIR-e<sup>3</sup>)



Esquema de elección de pinzas de medida y *software* de registro

Programas de registro							
	Armónicos	Calidad de red	Flicker	Fast-Check	Check-Meter	Leak	FileVision
Funciones	Armónicos Parámetros energéticos Parámetros eléctricos	Eventos de tensión	Flicker	Arranques y transitorios	Verificación de contadores	Fugas a tierra	Visualización de registro in situ

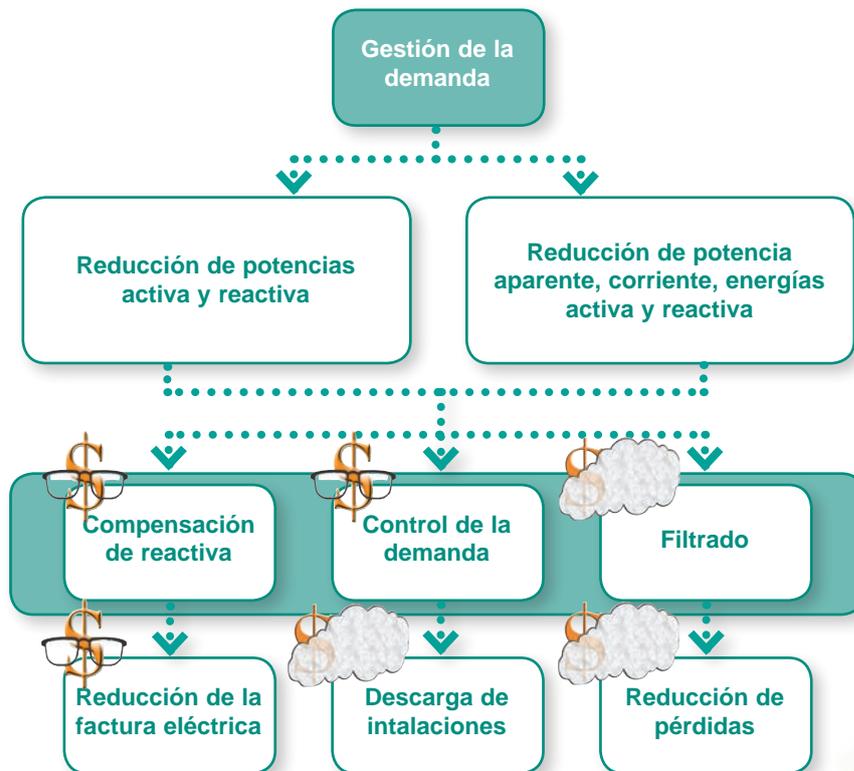
## Consideraciones

- ▶ La medida en instalaciones de Media y Alta Tensión se realiza siempre a través de transformadores de medida
- ▶ Para la realización de una medida portátil hay que hacer uso de los equipos de protección individual así como los procedimientos de seguridad propios de cada empresa
- ▶ Como equipos de protección individual se recomiendan:
  - ▶ Casco con pantalla facial
  - ▶ Guantes aislantes
  - ▶ Protección aislante para el calzado
- ▶ Seguimiento de las recomendaciones de seguridad indicadas en el manual de instrucciones de los equipos.



## 9. Gestión de la demanda

Se entiende por gestión de la demanda, el conjunto de acciones a tomar para disminuir las potencias y energías demandadas a la red.



Tal y como se muestra en el esquema, los conceptos mencionados, llevan además una ventaja económica, tanto por la reducción del coste de la energía, como por la capacidad adicional cosegada en las instalaciones.

### 9.1 Objetivos de la gestión de la demanda

#### Reducción de los costes económicos

Uno de los primeros resultados que da lugar en un estudio de eficiencia energética es la reducción de los costes visibles de energía eléctrica. Estos son:

- ▶ Recargo por energía reactiva
- ▶ Penalización por consumo en horas punta
- ▶ Penalización por facturación por máxímetro (máxima demanda)

Además, la reducción del coste técnico (ver página siguiente) hace innecesaria la ampliación de las instalaciones. Por tanto, se reducen los costes económicos ocultos.

Reducción de los costes técnicos

Gestión de la demanda

Aumento de la capacidad de las instalaciones

Disminución de la Potencia Activa  
↓ P

- Disminución puntas demanda
- Potencia no necesaria
- Receptores clase A (\*)



Disminución de la Potencia Reactiva  
↓ Q

Compensación de potencia reactiva



Disminución de la Potencia de Distorsión  
↓ D

Filtrado de armónicos



Equilibrado de fases

- Compensación de potencia reactiva inteligente.
- Compensador multifunción (APLC)



Disminución de pérdidas

Pérdidas Joule  
 $P_j = R \cdot I^2$   
Equilibrado

Reducción de Corriente I  
↓ P ↓ Q ↓ D  
Equilibrado



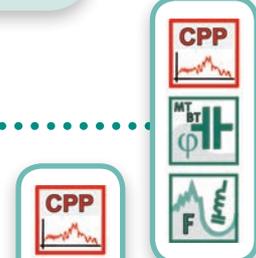
Pérdidas magnéticas en el transformador

Reducción factor K  
↓ D ↓ K



Aumento del rendimiento de los transformadores

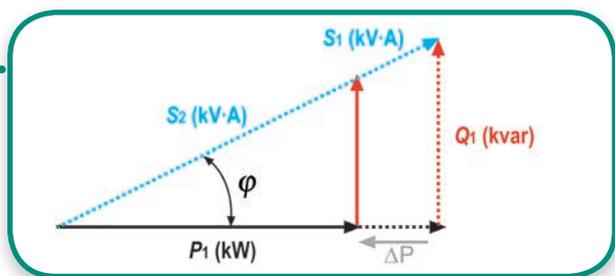
Disminución S, índice de carga (C) y pérdidas. Equilibrado



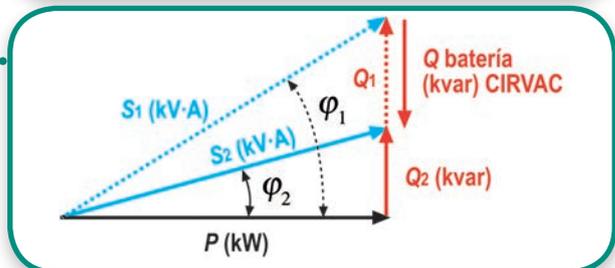
Disminución de caídas de tensión

Disminución S. Equilibrado





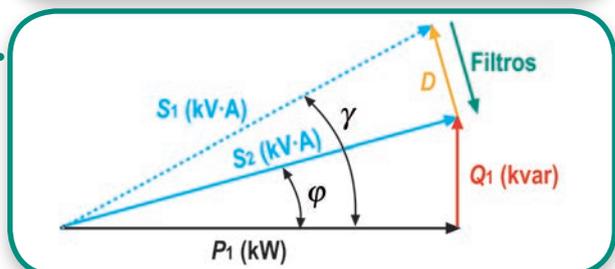
$$P_{\text{eficiente}} = P_{\text{actual}} - P_{\text{punta}} - DP_{\text{clase A}} - \text{Pérdidas}$$



Reducción Q

$$S_2 = S_1 \frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_2}$$

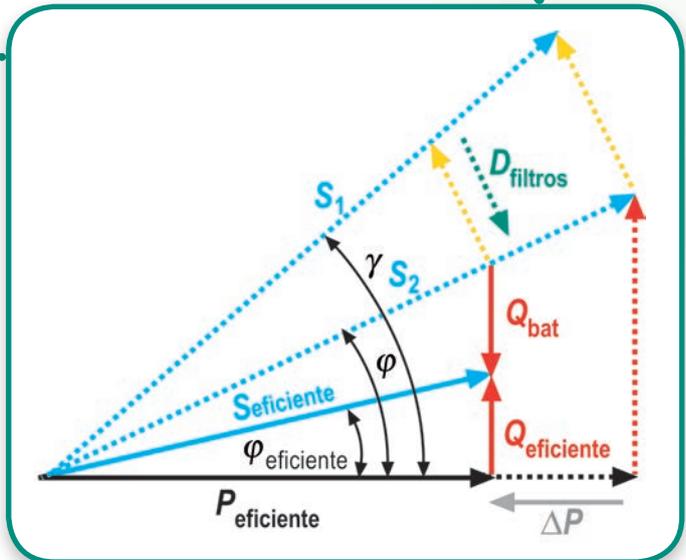
Reducción y equilibrado de Potencia aparente S



Reducción factor de sobrecarga

$$F_c = \frac{S_1}{S_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

Reducción del coeficiente de desequilibrio (Kd) y de asimetría (Kc)



$$P = R \cdot I_{\text{eficiente}}^2$$

↓

$$I_{\text{eficiente}} \lll I$$

Aumento S<sub>útil</sub> transformador →  $S_{\text{útil}} = \frac{S_{\text{transf.}}}{K}$

$$h(\%) = \frac{C \cdot S \cdot X \cdot d \cdot h \cdot j}{C \cdot S \cdot X \cdot d \cdot h \cdot j + P_F \cdot K + C^2 \cdot P_j}$$

$$DU = Z \cdot I_{\text{eficiente}}$$

↓

$$I_{\text{eficiente}} \lll I$$

(\*) CIRCUTOR fabrica y comercializa equipos para la gestión de demanda de redes eléctricas excluyendo, por tanto, los receptores eficientes

- Control de potencia CPP
- Batería de condensadores STD/PLUS y CIRKAP
- Filtros de armónicos NETACTIVE, NETPASIVE



## 9.2 Control de la máxima demanda

### Qué es un sistema de control de la máxima demanda

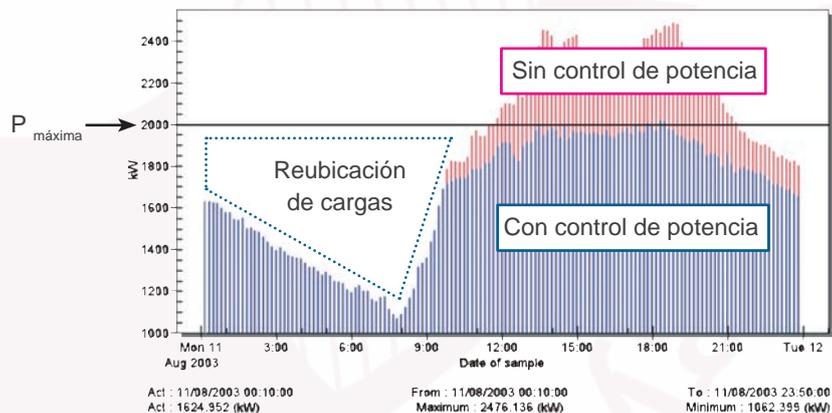
El sistema de control de máxima demanda es un equipo o conjunto de equipos que supervisan la potencia demanda por la instalación, de forma que, en puntas de potencia activa desconectan una serie de cargas previamente seleccionadas.

De esta manera se mantiene la potencia de la instalación en un nivel previamente definido que corresponde al máximo permitido por la tarifa eléctrica sin penalización.

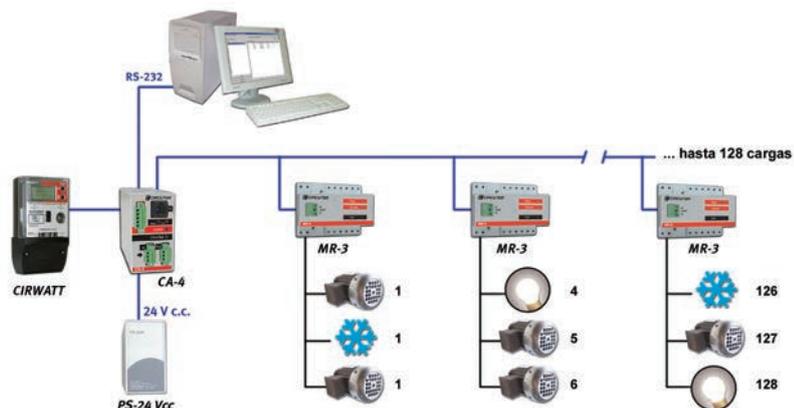
Previo a la instalación del equipo, se necesita realizar un estudio para determinar las posibles cargas prescindibles en los momentos críticos, o si es posible, como pueden ser distribuidas en períodos de menor consumo en horarios llanos o valles donde el coste de la energía es más económico.



### Qué aporta un sistema de control de máxima demanda CPP



- ▶ Un control de las cargas de la instalación:
  - ▶ Desconexión de cargas previamente seleccionadas
  - ▶ Control y secuenciación de arranque de cargas
  - ▶ Evitar conectar cargas no necesarias en los momentos críticos
- ▶ Una disminución de la factura eléctrica mediante la reducción o eliminación del coste adicional de facturación por maxímetro
- ▶ Un descenso de la potencia demandada, por tanto, menor nivel de carga que ayuda a la reducción de los costes técnicos

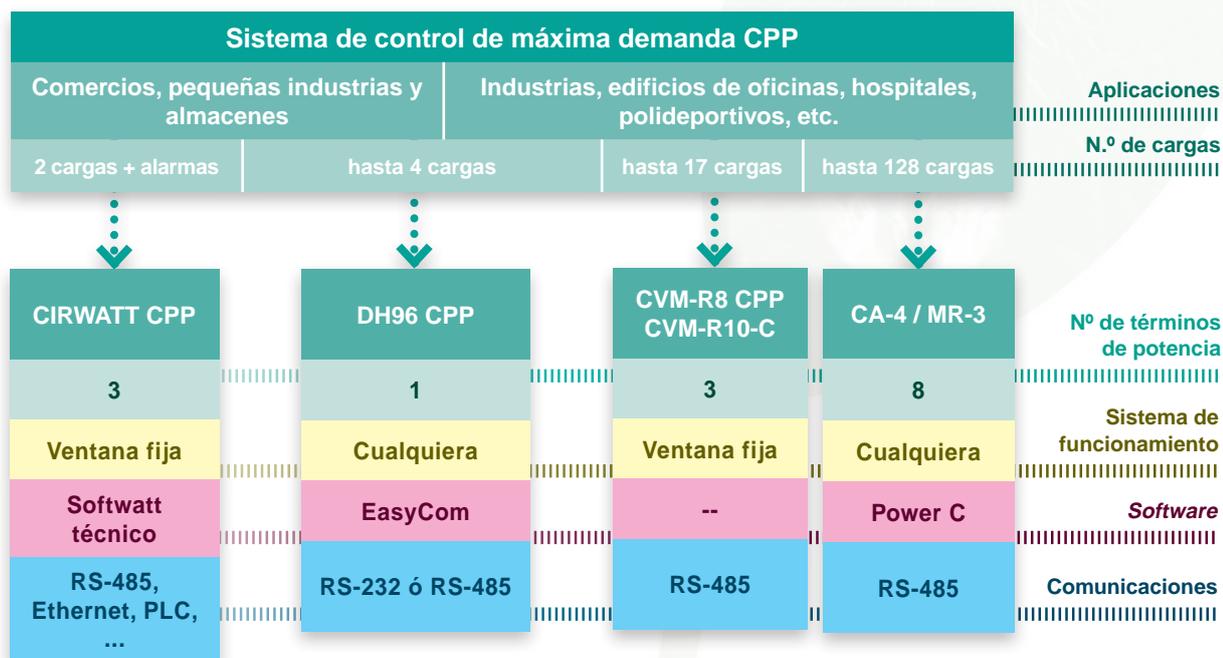


## Pasos para la elección de un sistema de control de máxima demanda CPP

1	Obtención de la curva de demanda de la instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Contador <b>CIRWATT</b> con salida de impulsos de energía y sincronía</li> <li>▶ Contador <b>CIRWATT CPP</b> con control de máxima demanda integrado</li> <li>▶ De no existir <b>CIRWATT</b>, utilización del analizador de redes <b>CVM</b> con opción de salida de impulsos de energía</li> </ul>
2	Estudio de la instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Determinación de hábitos de consumo</li> <li>▶ Cargas posibles a ser desconectadas en horas de punta de demanda</li> <li>▶ Cargas posibles a no ser conectadas en horas de punta de demanda</li> <li>▶ Secuenciación de arranque de equipos y máquinas</li> </ul>
3	Cargas a controlar	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Determinación del número de máquinas</li> <li>▶ Ubicación en la instalación</li> <li>▶ Red de comunicaciones existente</li> </ul>
4	Red de comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ De no existir, tiene que ser realizada</li> </ul>
5	Controlador de cargas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Definición del tipo de controlador de cargas</li> </ul>
6	Implantación del software <b>PowerC</b> (Equipo <b>CPP-BT</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tipo de cálculo de máxima demanda: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Ventana fija</li> <li>▶ Ventana deslizante</li> </ul> </li> <li>▶ Definición de la lista de cargas y grupos de cargas</li> <li>▶ Designación de prioridades</li> <li>▶ Designación del calendario de trabajo</li> <li>▶ Designación del período de la tarifa</li> </ul>
7	Programación del equipo in situ <b>DH96-CPP</b> <b>CVM-R8-C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Visualización de datos en pantalla del equipo</li> <li>▶ <b>Software EasyCom</b> para el <b>DH96-CPP</b> de visualización de datos</li> </ul>

## Esquema de elección de un sistema de control de máxima demanda CPP

En el siguiente esquema se facilitan los posibles equipos a escoger en función del tamaño de la instalación y el número de cargas.



## Elección del sistema de cálculo de la máxima demanda

Para poder realizar un sistema de control de máxima demanda se necesita integrar el valor de potencia consumida a lo largo de un período de tiempo.

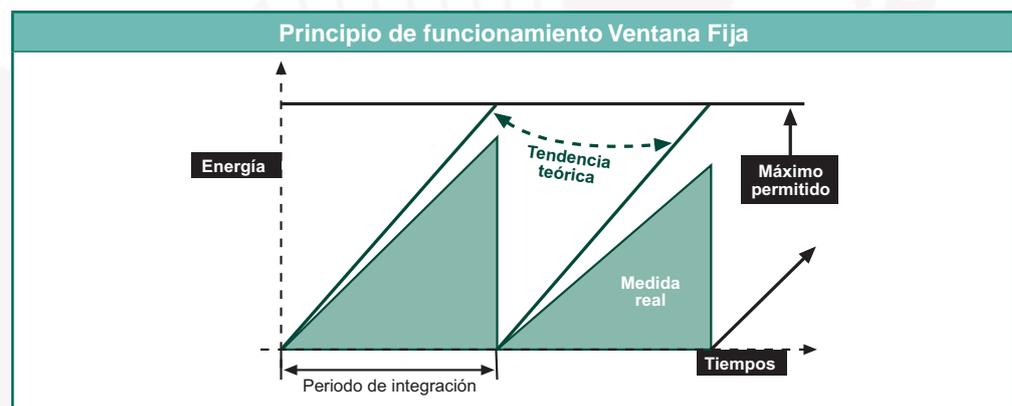
Esta información proviene del equipo de medida de cabecera de la instalación. La forma más correcta es mediante un contador de energía **CIRWATT**. Mediante este se obtiene:

- ▶ Curva de demanda. Para realizar la comunicación con el equipo controlador de cargas, se utiliza la salida de impulsos del **CIRWATT**
- ▶ Impulso de sincronía de compañía. De esta forma se cierran los períodos de integración en el mismo instante que lo hace la distribuidora

De no tener un contador **CIRWATT** se utiliza un analizador **CVMk2** con salida de impulsos. No obstante, no se puede realizar la sincronización de cierre de período. Este hecho se subsana con el cálculo de la máxima demanda con el sistema de ventana deslizante. En función de esto, se definirá el tipo de sistema de control de potencia necesario, ventana fija o ventana deslizante.

### ▲ Control de potencia de ventana fija

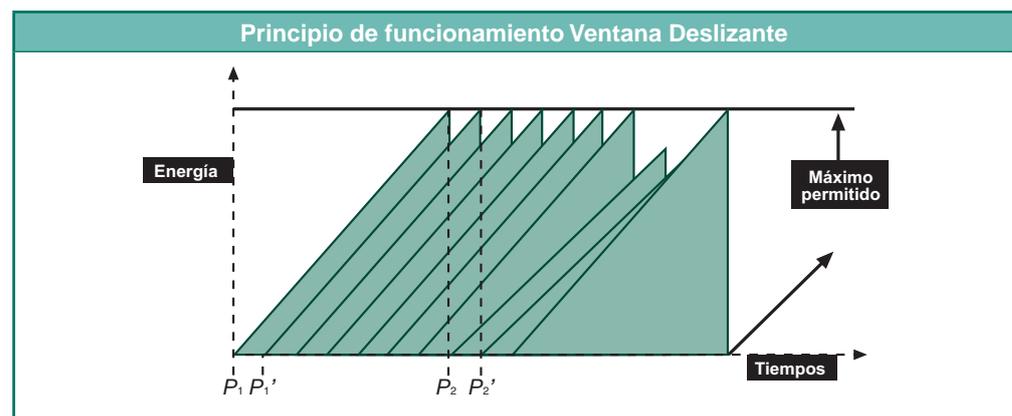
En este caso, se dispone de impulso de sincronía del contador, que indica el momento de cierre del período de integración y el inicio de uno nuevo.



En la figura anterior, se observa el proceso de cierre por impulso de sincronía. Por tanto, los cálculos realizados por el sistema coincidirán con los mismos períodos de facturación de la distribuidora.

### ▲ Control de potencia de ventana deslizante

Se utiliza cuando no se tiene el impulso de sincronía del contador de compañía. Mediante la medida de energía se abren y cierran, de manera continuada, los períodos de integración de energía y los cálculos de máxima demanda. De esta manera, el sistema se asegura estar trabajando, como mucho, al límite permitido.

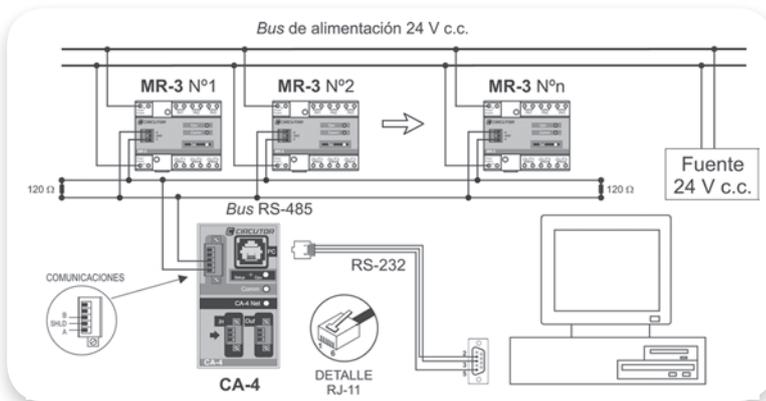


## Dónde aplicar un CPP

Previo estudio, como cargas susceptibles de ser gestionadas, se pueden proponer las siguientes:

- ▶ Líneas de iluminación exterior
- ▶ Climatización, aire acondicionado y calefacción
- ▶ Ventiladores
- ▶ Bombas de recirculación de fluidos, etc.

## Esquema de conexionado del sistema CPP



## Consideraciones del sistema CPP

Recordar que para el diseño de un sistema **CPP** hay que tener en cuenta los siguientes puntos:

- ▶ Obtención de la curva de demanda mediante la utilización de un contador **CIRWATT** o mediante un analizador de redes **CVMk2**
- ▶ Necesidad de comunicación entre el equipo **CPP** y la salida de impulsos del contador **CIRWATT** para lectura de la energía demandada
- ▶ Auditoría de la planta objeto de estudio, cuando el tamaño de la misma lo justifique. En ella, se detallan las cargas prescindibles en los momentos de puntas de demanda
- ▶ En el caso del controlador de cargas **CA-4**, realización del BUS de comunicación RS-485 entre el controlador y los módulos **MR-3**



## 9.3 Compensación de Energía Reactiva

### Qué es la compensación de energía reactiva

La compensación de energía reactiva es la reducción de la demanda de energía reactiva a la red mediante la instalación de una batería de condensadores.

En función la instalación objeto de estudio, la compensación de energía reactiva se hace en redes de BT o de MT mediante las gamas de baterías de condensadores **STD/PLUS** y **CIRKAP** respectivamente.

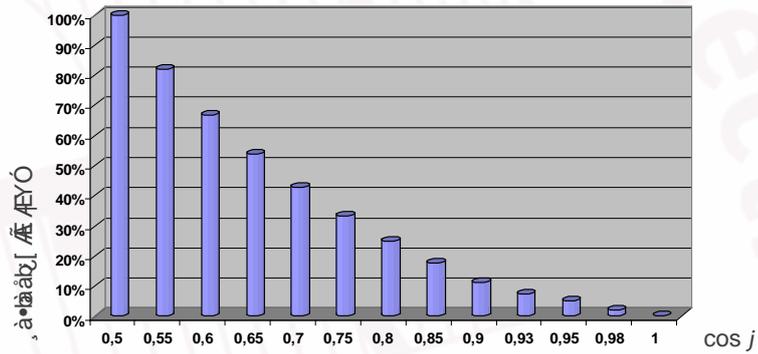


### Qué aporta la compensación de energía reactiva

La reducción de la potencia reactiva comporta, en primer lugar, la reducción de factura eléctrica. Además, comporta una serie de ventajas técnicas añadidas como consecuencia de la reducción de la potencia reactiva.

Efectivamente, tal y como se observa en la figura inferior, la disminución del  $\cos \phi$ , conlleva

- Mayor capacidad disponible en transformadores y líneas
- Menores pérdidas en las líneas



- Reducción de las caídas de tensión
- Reducción de la factura eléctrica**

- Mediante la eliminación del recargo de reactiva.
- A continuación, se adjuntan la forma de cálculo en concepto de energía reactiva para las tarifas reguladas y el mercado liberalizado correspondiente al sistema tarifario español.

▲ **Aplicación en las tarifas reguladas**

El consumo de la energía reactiva se penaliza en función del  $\cos j$  que se obtiene del cálculo

$$\cos j = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_r^2}}$$

de los parámetros medidos, es decir, mediante las energías activa y reactiva medidas.

Una vez calculado el  $\cos j$ , se procede a calcular el recargo de energía reactiva. Recargo que

Intervalos de $\cos j$	Cálculo de $k_r(\%)$
$0,95 < \cos j \leq 1$	$\frac{37,026}{\cos^2 \varphi} - 41,026$
$0,90 \leq \cos j \leq 0,95$	0
$\cos j < 0,90$	$\frac{29,16}{\cos^2 \varphi} - 36$

se aplica sobre la suma de los importes monetarios de potencia y energía activa consumidas.

▲ **Aplicación en el mercado libre**

En el mercado liberalizado la energía reactiva se paga por energía consumida, siempre y cuando el valor del  $\cos j$  esté por debajo de 0,95.

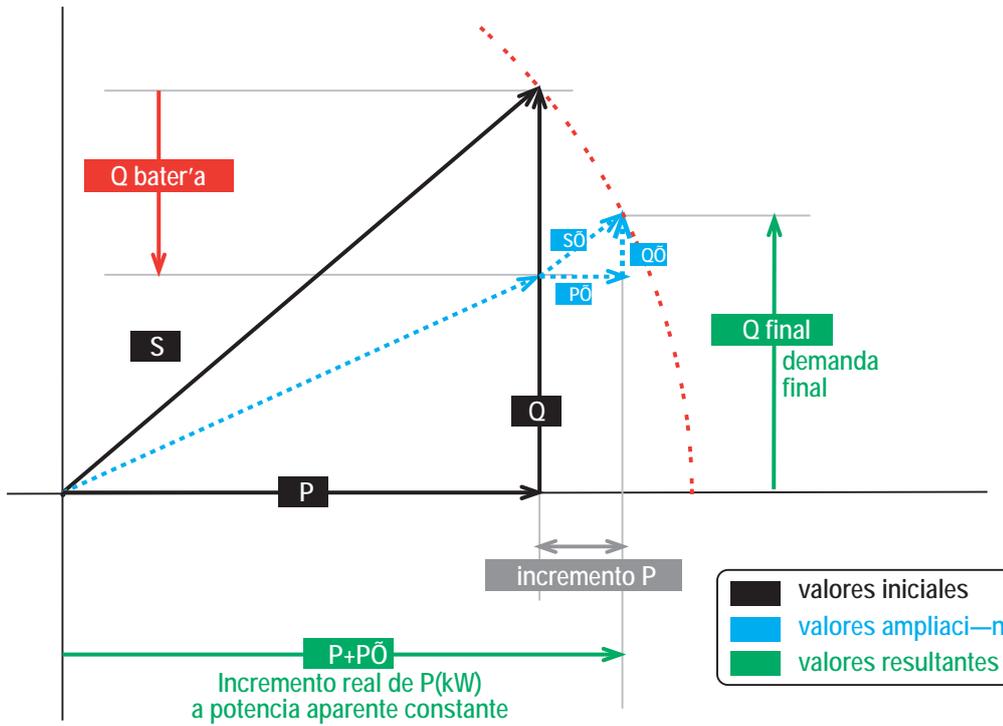
La forma de pago es sencilla. Para ello se calcula la diferencia entre la energía reactiva consumida real menos la necesaria para tener un valor de  $\cos j$  de 0,95. Este exceso de

**Disminución de potencia aparente demandada**

Tal y como se observa en el siguiente diagrama vectorial, la compensación de reactiva va a comportar:

- Aumento de demanda de potencia activa sin necesidad de ampliar instalaciones, tal y como





se observa en el siguiente esquema

La siguiente expresión permite calcular la potencia aparente resultante tras realizar la instalación de una batería de condensadores **STD/PLUS** o **CIRKAP**.

$$S_{final} = S_{inicial} \frac{\cos j_{inicial}}{\cos j_{final}}$$

**GZyj XX'Öc`YZ` K6 ñ 6`hdaX1VYdh` a la red en función del valor de compensación del  $\cos j$**

cos j inicial	cos j final		
	0,95	0,98	1
0,5	47,4%	49,0%	50,0%
0,55	42,1%	43,9%	45,0%
0,6	36,8%	38,8%	40,0%
0,65	31,6%	33,7%	35,0%
0,7	26,3%	28,6%	30,0%
0,75	21,1%	23,5%	25,0%
0,8	15,8%	18,4%	20,0%
0,85	10,5%	13,3%	15,0%
0,9	5,3%	8,2%	10,0%
0,93	2,1%	5,1%	7,0%
0,95	0,0%	3,1%	5,0%
0,98		0,0%	2,0%
1			0,0%

**FÓRMULA DE CÁLCULO Y TABLA DE DATOS**

» Mediante la fórmula anterior, partiendo del  $\cos j_{inicial}$  y el deseado, se calcula el coeficiente de reducción de la potencia aparente

» En la tabla se adjuntan directamente los coeficientes reductores en porcentaje

## Reducción de pérdidas

Tanto el cálculo de las pérdidas por efecto Joule como el consumo de reactiva en una línea de distribución, dependen del nivel de corriente que circula por efecto Joule en distribución.

En efecto, en la siguiente tabla se recuerda la forma de cálculo de las pérdidas por efecto Joule y además el consumo de energía reactiva que tienen las líneas de distribución. Este último, es especialmente importante en líneas aéreas.

En ambos casos van a depender del nivel de corriente circulante en la instalación. Por ello, la importancia de su disminución.

Pérdidas por efecto Joule en una línea	Consumo de reactiva en una línea
$P(\text{kW}) = 3 \cdot R_L \cdot I^2 \cdot L$	$Q(\text{kvar}) = 3 \cdot X_L \cdot I^2 \cdot L$

A continuación, se muestra cómo calcular la reducción de pérdidas, de dos formas:

- ▶ Mediante el valor de la batería a instalar
- ▶ Mediante la relación entre  $\cos j$  inicial y final

Al igual que en el caso anterior, se calcula de forma fácil el coeficiente de reducción de pérdidas.

Disminución de pérdidas por la conexión de una batería de condensadores (1)	Nivel de pérdidas resultante aumentando el $\cos j$ (2)
$\Delta P = 3 \cdot R_L \cdot L \cdot \frac{P^2 + (Q - Q_{\text{bank}})^2}{3 \cdot U^2}$	$pr_{\text{final}} = pr_{\text{inicial}} \cdot \left( \frac{\cos \varphi_{\text{inicial}}}{\cos \varphi_{\text{final}}} \right)^2 = pr_{\text{inicial}} \cdot C_{pr}$

### Reducción de pérdidas Joule en función del valor de compensación del $\cos j$ ( $C_{pr}$ )

$\cos j$ inicial	$\cos j$ final		
	0,95	0,98	1
0,5	72,3 %	74,0 %	75,0 %
0,55	66,5 %	68,5 %	69,8 %
0,6	60,1 %	62,5 %	64,0 %
0,65	53,2 %	56,0 %	57,8 %
0,7	45,7 %	49,0 %	51,0 %
0,75	37,7 %	41,4 %	43,8 %
0,8	29,1 %	33,4 %	36,0 %
0,85	19,9 %	24,8 %	27,8 %
0,9	10,2 %	15,7 %	19,0 %
0,93	4,2 %	9,9 %	13,5 %
0,95	0,0 %	6,0 %	9,7 %
0,98		0,0 %	4,0 %
1			0,0 %

### FÓRMULA DE CÁLCULO Y TABLA DE DATOS

- » Mediante la fórmula (1) se calcula directamente la reducción de pérdidas cuando se instala una batería
- » Mediante la fórmula (2), partiendo del  $\cos j$  inicial y el deseado se calcula el coeficiente de reducción de pérdidas Joule
- » En las tablas, se adjunta directamente los coeficientes reductores en porcentaje.

## Aumento de los niveles de tensión

La disminución de potencia aparente debida a la compensación de potencia reactiva va a comportar una disminución de caída de tensión.

De hecho, la conexión de las baterías de condensadores lleva asociado el aumento de tensión en los puntos donde estas son conectadas.

La norma IEC 60-871-1 para condensadores de M.T. o la IEC 60831-1 para condensadores de B.T., facilitan la expresión para el cálculo del incremento de tensión que supone la conexión de los condensadores, dependiendo de las características de la red donde la batería se conecta.

La potencia, tipo de equipo y nivel de fraccionamiento del mismo en escalones, dependen de las necesidades particulares de cada instalación.

Su regulación permite la mejora de los niveles de tensión a diferentes estados de carga de la estación transformadora evitando un exceso de energía capacitiva conectada.



En la siguiente tabla se adjuntan dos expresiones de cálculo:

- ▶ Aumento de tensión en una barra al conectar una batería según las citadas normas IEC
- ▶ Fórmula de cálculo de la caída de tensión de una línea. En ella, se observa que va a depender directamente del valor del  $\cos \phi$  (o  $\tan \phi$ ) de la instalación

Aumento de tensión al conectar condensadores según Normas	Caída de tensión en líneas
$\Delta U(\%) = \frac{Q_{\text{bank}}}{S_{\text{cc}}} \cdot 100$	$U(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_L + X_L \cdot \tan \phi)$

### Unidades para entender las expresiones de cálculo:

- ▶  $Q_{\text{bat}}$ : potencia de la batería de condensadores (kvar)
- ▶  $Q$ : potencia reactiva absorbida sin baterías de condensadores (kvar)
- ▶  $S_{\text{cc}}$ : capacidad de cortocircuito (MVA)
- ▶  $P$ : potencia activa transportada por la línea (kW)
- ▶  $L$ : longitud de la línea (km)
- ▶  $U$ : tensión de red (kV)
- ▶  $R_L$  y  $X_L$ : resistencia y reactancia del cable (W/km)

## Pasos para la elección de un equipo de compensación de energía reactiva BT

1	Dónde realizar la compensación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ En cuadro general de BT</li> <li>▶ En zonas o cuadros secundarios</li> <li>▶ En las cargas</li> </ul>
2	Forma de compensación	<p>Fija</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Transformadores</li> <li>▶ Motores</li> </ul> <p>Automática</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Baterías con contactores electromecánicos</li> <li>▶ Baterías con sistema estático</li> </ul>
3	Cálculo de la potencia del equipo	<p>Cálculo teórico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Se parte de los valores de potencia activa, reactiva y <math>\cos \phi</math> de la instalación, así como del tipo de carga</li> </ul> <p>Factura de energía eléctrica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Estimación de la potencia mediante el análisis del recibo eléctrico</li> </ul> <p>Mediciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Obtención de la demanda de activa y reactiva mediante la utilización de un analizador portátil <b>AR5-L/CIR-e3</b></li> </ul> <p>Sistema de supervisión <b>PowerStudio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Curvas de demanda obtenidas directamente de los analizadores de cuadro <b>CVM</b> mediante el <i>software</i> <b>PowerStudio</b></li> </ul>
4	Determinación del tipo de equipo	<p>Batería estándar</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Equipadas con condensadores de tensión y potencia acordes a los valores nominales de red</li> </ul> <p>Batería con filtros de rechazo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Baterías equipadas con condensadores dimensionados en tensión y con reactancias en serie sintonizadas a 189 Hz</li> </ul>
<b>Consideraciones</b>		
6	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Transformadores de corriente <b>TP</b> para medida del regulador</li> <li>▶ Interruptor</li> <li>▶ Interruptor automático</li> <li>▶ Protección diferencial inteligente <b>RGU-10C</b></li> </ul>

## Cuadro de elección según el lugar y forma de compensación

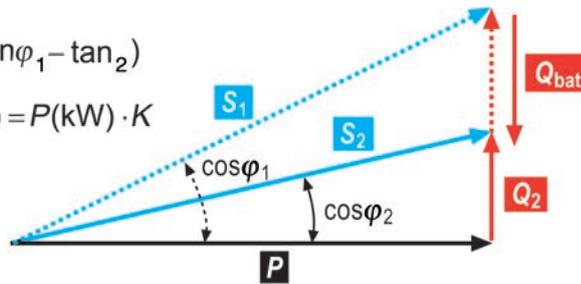
	Forma de compensación	Lugar de montaje	Ventajas	Comentarios
Centralizada	Automática	En el cuadro general BT	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Reducción factura eléctrica</li> <li>▶ Mayor capacidad del transformador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Líneas secundarias con más carga</li> </ul>
Zonas	Automática	En diferentes zonas o grupos de cargas de una gran empresa o industria	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Reducción factura eléctrica</li> <li>▶ Mayor capacidad del transformador</li> <li>▶ Mayor capacidad de líneas secundarias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Localmente, posibilidad de realización de compensaciones individuales</li> <li>▶ Posibilidad de regulación de una carga o grupo de cargas mediante un relé de reactiva</li> </ul>
Individual	Fija	En las cargas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Reducción factura eléctrica</li> <li>▶ Mayor capacidad del transformador</li> <li>▶ Mayor capacidad de líneas secundarias</li> <li>▶ Disminución de las caídas de tensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Necesidad de un mayor número de equipos</li> <li>▶ Se instala normalmente en grandes receptores</li> </ul>

## Cálculo de la potencia del equipo

### Cálculo teórico

$$\Delta Q = Q_{\text{bank}} \text{ (kvar)} = P \text{ (kW)} \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$\Delta Q = Q_{\text{bank}} = P \text{ (kW)} \cdot (Q_1 - Q_2) = P \text{ (kW)} \cdot K$$



### Cálculo batería transformador

#### Reglas prácticas:

- ▶ Se aconseja la colocación de un condensador fijo, del orden del 5 % de la potencia nominal del transformador
- ▶ Se recomienda no instalar un condensador fijo con una potencia mayor al 10 % de la potencia del transformador, para evitar el riesgo de posibles resonancias

$$Q_{\text{vacío}} = S_n \cdot I_o \text{ (%)}$$

$$Q_{\text{carga}} = c^2 S_n \cdot u_{\text{cc}} \text{ (%)}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{vacío}} + Q_{\text{carga}}$$

- ▶  $u_{\text{cc}}$ : tensión de cortocircuito
- ▶  $I_o$ : corriente de vacío
- ▶  $c$ : índice de carga

### Cálculo batería para motor

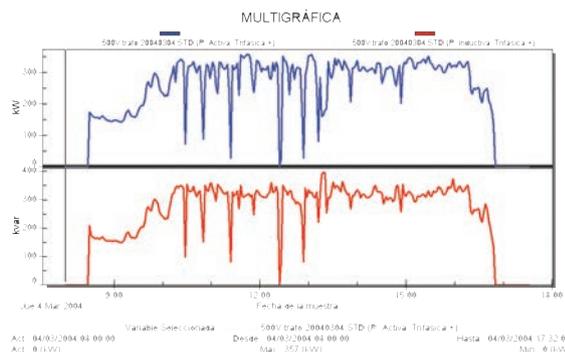
- ▶ Valor de la tabla adjunta. Potencia de condensador (kvar) para la conexión directa en bornes del motor
- ▶ Mediante contactor, utilizar fórmula de cálculo teórico

Potencia motor		Revoluciones por minuto (r/min)			
kW	CV	3000	1500	1000	750
5,5	7	2,0	2	2,5	3
7,5	10	2,5	3	4	5
10	14	4,0	5	6	7,5
15	20	5,0	6	7	9
18,5	25	6,3	7	9	10
22	30	8,0	9	10	12,5
30	40	10,0	12,5	15	15
37	50	12,5	15	20	20
45	60	15,0	20	25	25
55	75	20,0	20	25	25
75	100	25,0	25	30	30
90	120	30,0	30	35	35
110	150	30,0	35	40	40
132	180	35,0	40	45	45
160	220	45,0	55	55	60
200	272	50,0	60	60	65
250	340	60,0	65	65	70

Compensación al 90% de la potencia de vacío del motor

### Mediciones mediante AR5-L/CIR-e3 o sistema de supervisión PowerStudio

- ▶ Evolución de la potencia reactiva; por tanto, la definición de la potencia de la batería y su regulación
- ▶ La velocidad de variación de la carga, que define la conveniencia de instalación de una batería con maniobra electromecánica o estática
- ▶ El estado del nivel de perturbaciones de la red, mediante el cual se ve qué tipo de equipo es el más adecuado, es decir, batería **STD/PLUS**, baterías **STD/PLUS FR** con filtros de rechazo o la necesidad de instalar un filtro **NETACTIVE** y/o **NETPASSIVE**.



## Elección del tipo de equipo de Baja Tensión

Existen dos posibles tipos de equipo:

- ▶ Baterías estándar a tensión de red, serie **STD/PLUS**. En redes limpias o con contenidos de armónicos bajos
- ▶ Baterías equipadas con filtros de rechazo **STD/PLUS FR**

Para escoger el tipo de batería, hay que tener en cuenta dos criterios:

- ▶ La existencia de armónicos en la instalación
- ▶ La posibilidad de que exista una resonancia entre el transformador y la batería

La existencia de armónicos depende del tipo y cantidad de aparatos existentes que puedan generar armónicos. Como ejemplo, se detallan el rango de armónicos generado por los receptores más habituales:

- ▶ Variadores de velocidad de 6 impulsos ..... 5º y 7º armónico
- ▶ SAI ..... 5º y 7º armónico
- ▶ Equipo de soldadura por puntos ..... 3º armónico
- ▶ Lámparas de descarga ..... 3º armónico

Mediante los registros históricos de **PowerStudio Scada**, o sino mediante medida realizada por un equipo portátil **AR5-L/CIR-e3** se puede ver el espectro completo existente en la instalación y, sobretodo, en la barra donde se conecta la batería de condensadores.

Una vez constatado este punto, hay que calcular la posibilidad de que la batería resuene. Para ello, se utiliza la siguiente expresión:

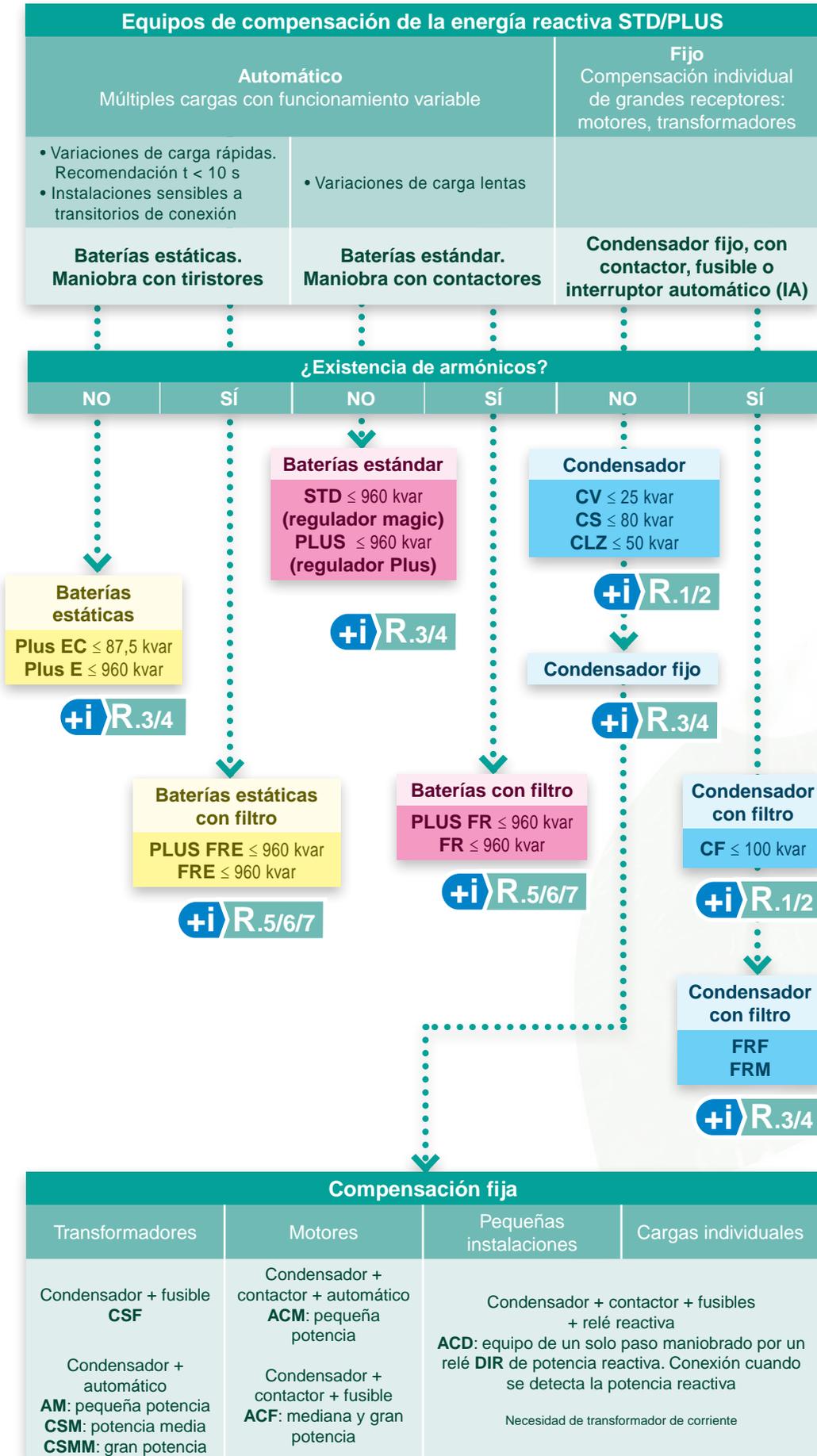
$$n = \sqrt{\frac{S_{cc}}{Q}}$$

donde:  $S_{cc}$  es la potencia de cortocircuito de la instalación  
 $Q$  la potencia de la batería de condensadores

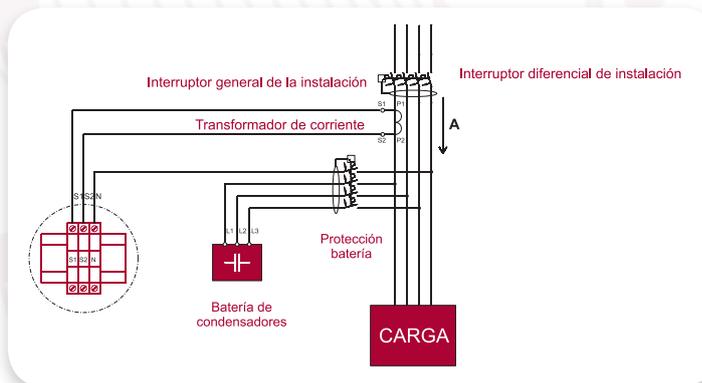
En función de las mediciones realizadas, como criterios prácticos se adjuntan:

THD U (%)	THD I (%)	Solución	Comentario
THD U < 2	THD I < 15	Batería estándar	Comprobar posible resonancia
2 < THD U < 3	15 < THD I < 30	Batería con filtros	Selección correcta sintonía
THD U > 4	THD I < 15	Batería con filtros	Si existen condensadores, comprobar resonancia
THD U > 4	THD I > 15	Filtros	Estudio detallado

Esquema de elección de un equipo de compensación de energía reactiva Baja Tensión



## Esquema de conexionado de una batería de condensadores



### Consideraciones

#### ▲ Se necesita la previsión de los siguientes equipos auxiliares:

##### Imprescindibles

- ▶ Transformadores de corriente de barra pasante **TC** o de núcleo partido **TP**. La corriente de primario viene siempre definida por el valor del interruptor automático de cabecera.
- ▶ Protección con interruptor automático más protección diferencial inteligente.

##### Opcionales

- ▶ Interruptores para la maniobra y seccionamiento de la batería.

#### ▲ Escoger un equipo de compensación estática

Los equipos de compensación estática, **EMK**, **ECK** o **FRE**, permiten una regulación en tiempo real, por tanto, con una gran velocidad de conexión y desconexión.

Sistema FRE CIRCUTOR	Ventajas
<p>Fusibles Módulos de maniobra estática EM Reactancias RBE Condensador CF-6B</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Mejor ajuste del <math>\cos j</math></li> <li>▶ Seguimiento muy preciso de la curva de potencia reactiva. Por tanto, mejor optimización de la instalación</li> <li>▶ Aplicación idónea en instalaciones sensibles a transitorios, como hospitales, centros de control de datos, etc.</li> <li>▶ Imprescindibles en arranques de alternadores con arranques inductivos duros</li> <li>▶ Muy bajo mantenimiento</li> </ul>

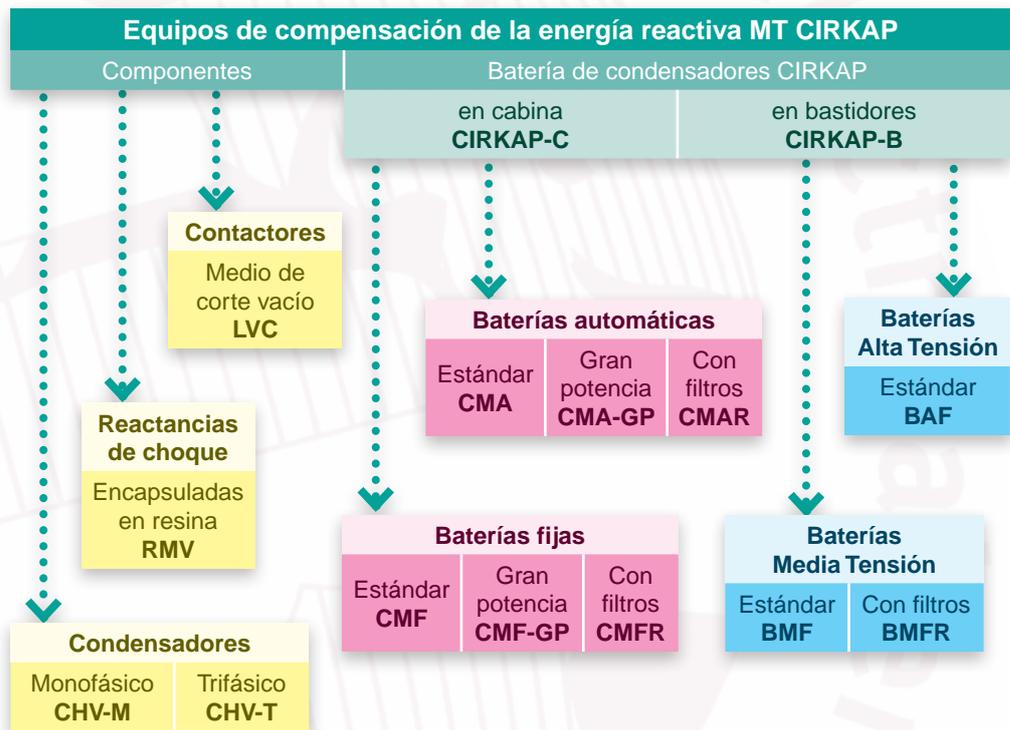
**+i** R.3/4 *Calidad y uso racional de la energía reactiva, J.Balcells*

## Pasos para la elección de un equipo de compensación de energía reactiva de Media Tensión

El siguiente esquema explica la secuencia de información necesaria para la definición de un equipo de compensación en MT o bien, los componentes para el diseño del equipo.

Información general básica		
1	Instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Tensión de red (kV)</li> <li>› Frecuencia de red (Hz)</li> <li>› <math>\cos \phi</math> [antes de / después] de YÓD</li> <li>› Existencia de más baterías (sí/no)</li> <li>› Existencia de armónicos (sí/no)</li> </ul>
2	Batería	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Potencia de la batería (kvar)</li> <li>› Tensión de la batería (kV)</li> <li>› Fija / automática</li> <li>› Tipo: estándar o con filtros</li> <li>› Necesidad de protección general (sí/no)</li> <li>› Ubicación: interior o exterior</li> <li>› Otras necesidades especiales</li> </ul>
Definición de la batería		
3	Configuración	Si $U > 11,5$ kV y $Q < 1400$ kvar › batería de condensadores trifásicos Si $U > 11,5$ kV y $Q < 1400$ kvar ó si $U < 11,5$ kV y $Q > 1400$ kvar › batería doble estrella, condensadores monofásicos
4	Diseño	Fija <ul style="list-style-type: none"> <li>› cabina tipo <b>CMF</b></li> <li>› bastidor tipo <b>BMF</b></li> </ul> Automática <ul style="list-style-type: none"> <li>› tipo <b>CMA</b></li> <li>› número y potencia de escalones</li> </ul>
Definición de los componentes		
5	Condensadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Configuración: monofásico o trifásico</li> <li>› Tensión nominal (kV)</li> <li>› Frecuencia (Hz)</li> <li>› Nivel de aislamiento (kV)</li> <li>› Potencia (kvar)</li> <li>› Línea de fuga especial (mm/kV)</li> </ul>
6	Reactancias	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Cantidad (3 por batería o escalón)</li> <li>› Inductancia (mH)</li> <li>› Corriente (A)</li> <li>› Nivel de aislamiento (kV)</li> <li>› Corriente corta duración (kA/1s)</li> <li>› Ubicación interior o exterior</li> </ul>
7	Aparatura de maniobra	Para baterías automáticas <ul style="list-style-type: none"> <li>› Contactor <math>U &lt; 12</math> kV</li> <li>› Interruptor <math>U &gt; 12</math> kV</li> <li>› Potencia capacitiva a cortar (kvar)</li> <li>› Nivel de aislamiento (kV)</li> <li>› Poder de corte del interruptor (kA)</li> </ul>

## Esquema de elección de un equipo de compensación de energía reactiva de Media Tensión



**+i R.8**

### 9.4 Filtrado

**+i Apartado 10.1**



## 10. Mejora de la productividad

Se entiende por productividad la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. Entre los recursos se encuentran la mano de obra, materia prima, energía, capital invertido, etc.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{N.º Bienes y servicios}}{\text{Recursos}}$$

Existen diferentes modos de mejorar la productividad en una organización. No obstante, eléctricamente hablando, existen dos puntos importantes:

- ▶ La correcta imputación de costes de la energía eléctrica consumida por los procesos (comentado en el punto de contadores parciales)
- ▶ Las pérdidas económicas ocasionadas por la parada de procesos como consecuencia de perturbaciones existentes en las instalaciones

Mejora de la productividad					
Imputación de costes		Detección y eliminación de perturbaciones			
<b>Medida</b>	<b>Medida</b>				
Energía	Fugas a tierra	Armónicos		Desequilibrios	Alta frecuencia
Control	Gestión	Filtrado		Compensación	Filtrado
Contadores parciales <b>EDMk</b>	Protección diferencial inteligente <b>CBS RGU-10</b>	Filtros pasivos <b>NETPASIVE</b>	Filtros activos <b>NETACTIVE</b>	Filtros activos <b>NETACTIVE</b>	Filtros de Alta frecuencia <b>Filtros EMC</b>



Todo ello, queda reflejado en la siguiente tabla, donde partiendo de los receptores perturbadores más habituales en las instalaciones, se muestra el problema producido y la solución propuesta para eliminarlo.

Perturbaciones	Armónicos	Alta frecuencia	Fugas a tierra	Desequilibrios
<b>Efectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sobrecargas</li> <li>▶ Calentamientos</li> <li>▶ Disparo de protecciones</li> <li>▶ Resonancias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Parada de equipos sensibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Disparo de protección diferencial</li> <li>▶ Riesgo para personas e instalaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sobrecargas</li> <li>▶ Disparo de protecciones</li> <li>▶ Infrutilización de redes y transformadores</li> </ul>
<b>Tipo de cargas</b>	Ordenadores y sistemas informáticos +	✓		✓
	Variadores, VPS ... +	✓	✓	✓
	Lineas de iluminación +	✓		✓
	Equipos electrónicos =	✓		✓
	Transformador + instalación	✓	✓	✓
<b>Solución</b>	Filtrado de armónicos <b>NETACTIVE + NETPASIVE</b>	Filtrado de alta frecuencia <b>EMC</b>	Protección diferencial inteligente <b>RGU-CBS</b>	Compensador multifunción <b>APF-4W</b>



## 10.1 Equipos de filtrado

### Qué son los equipos de filtrado

Los filtros son equipos que permiten la consecución de diferentes objetivos:

- ▶ La eliminación de las corrientes armónicas
- ▶ La reducción de señales de alta frecuencia
- ▶ La compensación de energía reactiva en redes contaminadas con armónicos, evitando resonancias

Además, dependiendo del tipo de equipo utilizado, se pueden equilibrar las corrientes de un sistema trifásico desequilibrado y descargar los conductores de neutro.





## Qué aporta un equipo de filtrado

Un equipo de filtrado permite la reducción de los costes técnicos y ocultos de una instalación.

### Reducción de los costes técnicos u optimización técnica de las instalaciones

- ▶ Aumento de la capacidad de las líneas de distribución
- ▶ Descarga de transformadores
- ▶ Disminución de pérdidas, y por tanto menores calentamientos, tanto en líneas como en máquinas eléctricas

Al filtrar la instalación se va a reducir el verdadero valor eficaz de la corriente, por tanto:

- ▶ Disminución del factor  $K$ . Mayor capacidad disponible de transformador

$$S_{\text{útil}} = \frac{S_{\text{trafo}}}{K}$$

- ▶ Disminución del factor de sobrecarga armónica, por tanto, reducción de la potencia aparente

$$F_c = \frac{I_1}{I_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

### Reducción de los costes ocultos

- ▶ Mejora de la productividad mediante la reducción de paradas y averías
- ▶ Innecesaria la ampliación de instalaciones por falta de capacidad

### Pasos para la elección de un equipo de filtrado

1	Estudio de la instalación	Instalación en funcionamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Realización de mediciones en los puntos adecuados</li> <li>▶ Obtención de la información de <b>PowerStudio Scada</b></li> </ul> Instalación en proyecto: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Detección de cargas generadoras de armónicos, convertidores, iluminación de descarga, equipos informáticos, etc.</li> <li>▶ Agrupación de estas cargas en el mínimo número posible de líneas</li> </ul>
2	Identificación del tipo de anomalía (Ver cuadro de selección en función de la anomalía)	Instalación en funcionamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Identificación del problema existente de acuerdo a los síntomas detectados</li> </ul> Instalación en proyecto: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Evitar las anomalías proyectando el equipo adecuado de filtrado</li> </ul>
3	Definición del objetivo a realizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Compensación de reactiva con filtros de rechazo</li> <li>▶ Filtrado de armónicos</li> <li>▶ Filtrado Alta Frecuencia</li> <li>▶ Equilibrado de fases</li> <li>▶ Los cuatro anteriores simultáneamente</li> </ul>
4	Solución adecuada al problema detectado o previsto	Definición de: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tipo de equipo</li> <li>▶ Número de equipos</li> </ul>
5	Definición del lugar de instalación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Cuadro general Baja tensión</li> <li>▶ Cuadros secundarios</li> <li>▶ Cargas</li> </ul>
6	Parámetros de selección del filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Verdadero valor eficaz de corriente</li> <li>▶ Espectro armónico</li> </ul>
<b>Consideraciones</b>		
7	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Transformadores de corriente <b>TP</b>, <b>TA</b>, etc.</li> <li>▶ Protección diferencial <b>RGU-10C</b></li> <li>▶ Interruptores o interruptores automáticos</li> <li>▶ Analizadores de redes <b>CVM</b></li> <li>▶ Analizadores portátiles <b>AR5-L/CIR-e3</b></li> </ul>

## Elección de un equipo de filtrado en función de la anomalía

### Tipos de anomalías

Anomalías	Causas	Soluciones	Equipos
Después de la conexión de condensadores: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sobrecarga en condensadores</li> <li>▶ Problemas con controles electrónicos</li> <li>▶ Vibraciones de transformador</li> </ul>	Resonancia de la batería de condensadores con el transformador como consecuencia de los armónicos existentes	Eliminación de la resonancia	Baterías con filtros de rechazo, Serie <b>FR, FRE, FAR Q, FARE Q</b>
Sobrecarga de neutro en líneas de: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Alumbrado</li> <li>▶ Ordenadores</li> </ul>	Circulación del tercer armónico (homopolar)	Filtro de bloqueo o compensación del tercer armónico	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sistemas de bloqueo <b>TSA, FB3</b></li> <li>▶ Filtros activos <b>NETACTIVE</b></li> </ul>
Calentamiento por sobrecarga de: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Conductores de fase</li> <li>▶ Transformadores</li> <li>▶ Motores</li> <li>▶ Interruptores automáticos</li> </ul>	Existencia de armónicos de diferentes rangos	Filtrado de armónicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Filtros de absorción <b>FAR-H, LCL, FAR-Q</b></li> <li>▶ Filtros activos <b>NETACTIVE</b></li> </ul>
Disparos de: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Interruptores diferenciales</li> </ul>	Existencia de fugas de corrientes de alta frecuencia. Origen filtros <b>EMI</b>	Protección diferencial inmunizada y filtrado	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Reactancias <b>LR(1)</b></li> <li>▶ Diferenciales inmunizados (2)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Líneas desequilibradas + armónicos en neutro</li> </ul>	Reparto desigual de cargas monofásicas	Equilibrado de fases y filtrado de armónicos	Filtro activo <b>NETACTIVE</b> multifunción
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Interferencias en equipos electrónicos</li> </ul>	Altas frecuencias conducidas	Filtros de altas frecuencias ( <b>EMI</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Filtros <b>EMR</b></li> <li>▶ Reactancias <b>LR</b></li> </ul>

## Consideraciones

- ▶ Es tan importante definir el equipo de filtrado adecuado como el lugar de instalación
- ▶ Puede ser necesaria la utilización simultánea de diferentes tipos de equipos. Se aconseja consultar a nuestros servicios técnicos
- ▶ Para un correcto estudio se aconseja reunir la información solicitada en el siguiente esquema

### ▲ Información instalación

1

#### ESQUEMA

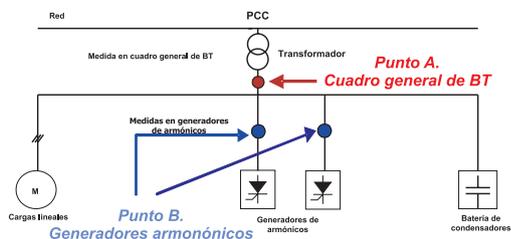
En el esquema hay que mostrar:

- ▶ Puntos donde se han realizado las medidas con el analizador de redes portátil **AR5-L/CIR-e3**.
- ▶ Distribución de cargas

2

#### DATOS GENERALES

- ▶ Diagrama unifilar de la instalación
- ▶ Señalización de puntos de medida
- ▶ Tipo de proceso de la industria



N.º de transformadores	
$S_n$ (Potencia Transformador)	YÓ
Relación de transformación	V
$U_{cc}$ (Tensión de cortocircuito)	%



## Mediciones

3

CUADRO GENERAL

- ▶ Medida de las potencias activa y reactiva
- ▶ Medida de armónicos

N.º ARMÓNICOS	1	3	5	7	11	13	Σ THD
$U_n$ (%)	--						
$I_n$ (%)	--						
$I_n$ (A)							

- ▶ Si existe batería de condensadores

Con batería conectada		Sin batería conectada	
THD (U)	%	THD (U)	%
THD (I)	%	THD (I)	%
Q (batería)			kvar
P (instalación)			kW

4

CARGAS

- ▶ Mediciones en bornes de cargas de convertidores de potencia

N.º ARMÓNICOS	1	3	5	7	11	13	Σ THD
$U_n$ (%)	--						
$I_n$ (%)	--						
$I_n$ (A)							

- ▶ Mediciones en bornes de cargas de otros generadores

Descripción del tipo de carga: iluminación de descarga, máquinas de soldadura, ordenadores, etc.

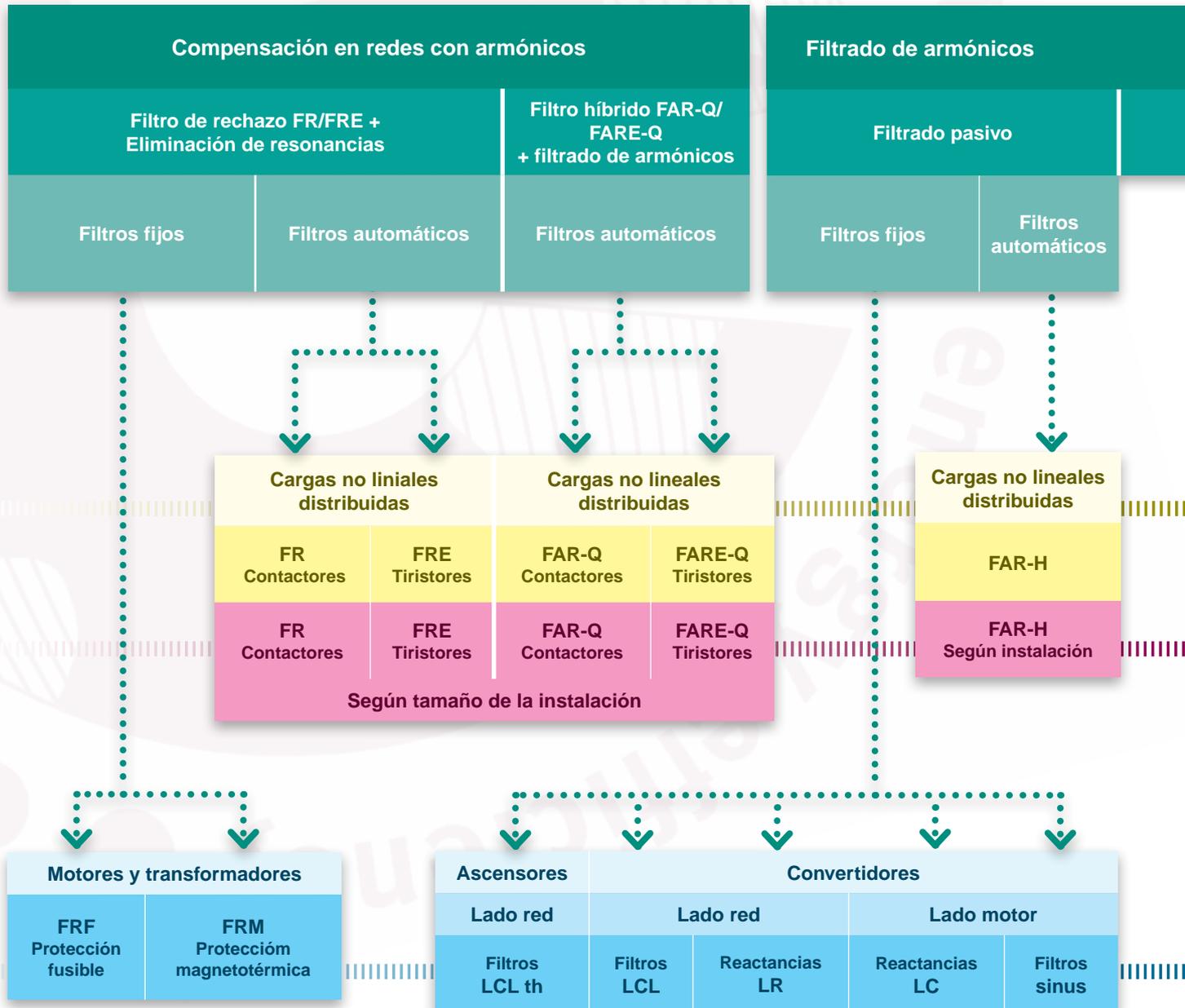
N.º ARMÓNICOS	1	3	5	7	11	13	Σ THD
$U_n$ (%)	--						
$I_n$ (%)	--						
$I_n$ (A)							

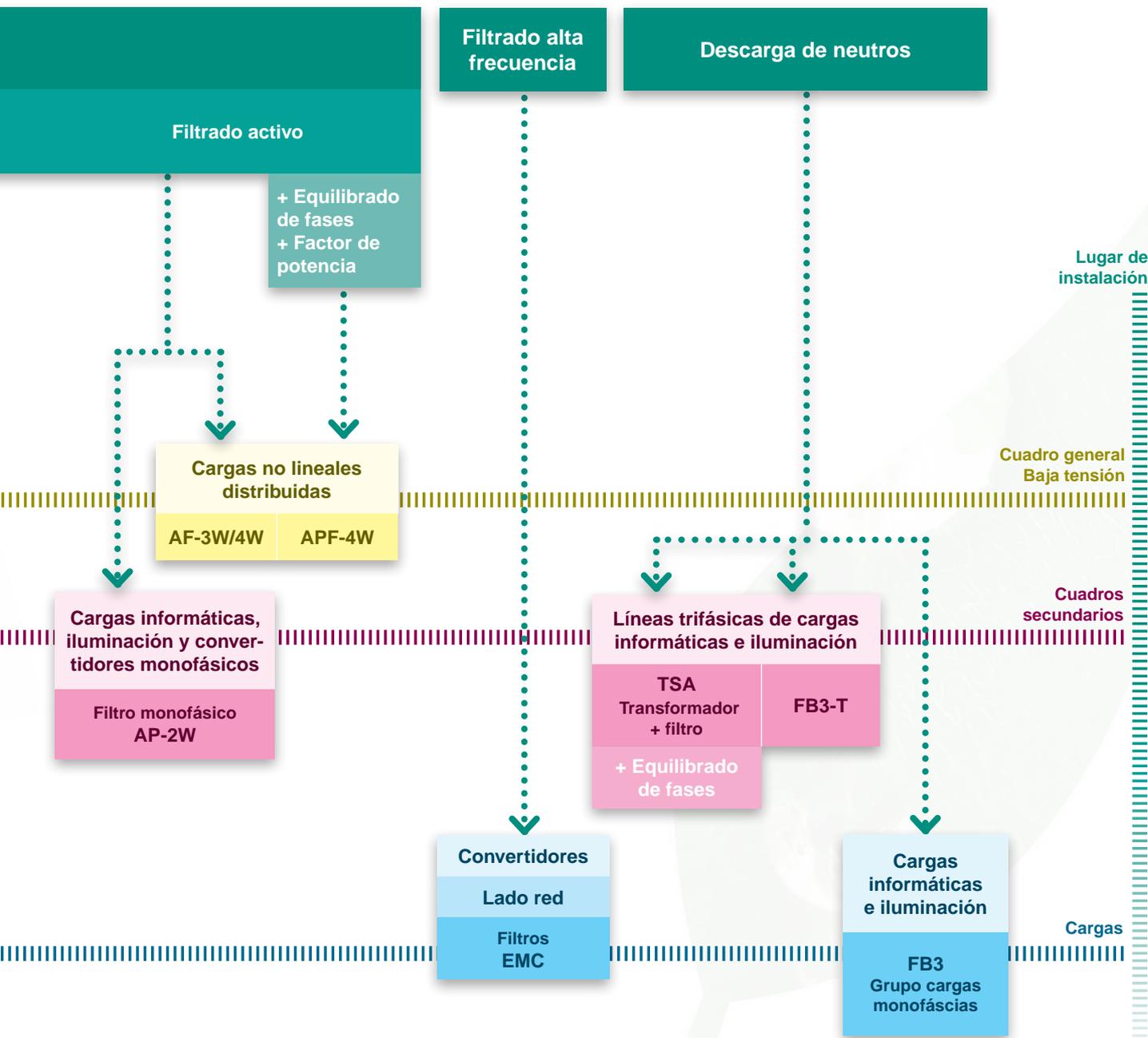
**+i** R.5/6/7 / P.1/2 *Calidad y uso racional de la energía reactiva, J.Balcells*



## Esquema de elección de un equipo de filtrado

En función de los objetivos a realizar en la instalación, el siguiente esquema facilita la elección del tipo de equipo en función de su ubicación en la instalación y del tipo de carga a filtrar.





Mejora de la productividad

**Nota:**

- El uso combinado de diferentes tipos de filtros en una misma instalación requiere un estudio previo. Consultar con servicios técnicos de **CIRCUTOR**.



## 10.2 Protección diferencial inteligente

### Qué es la protección diferencial inteligente

La protección diferencial inteligente es un grupo de relés (serie **RGU-10**) y centrales diferenciales (serie **CBS**) que, a las funciones ya conocidas de protección de instalaciones y personas, presentan las siguientes características:

- ▶ Visualización de corrientes de fuga
- ▶ Prealarma y alarma
- ▶ Posibilidad de puerto de comunicaciones
- ▶ Posibilidad de reconexión automática



Por tanto, convierten la protección diferencial en un equipo de medida de corrientes de fuga y como tal, en un equipo integrable en un sistema de supervisión de energía y proceso.

Es importante recordar que todos los diferenciales de **CIRCUTOR** son de clase A de alta inmunidad, es decir, que pueden medir corrientes distorsionadas y corrientes rectificadas con componente continua, propias de equipos electrónicos.

### Qué aporta la protección diferencial inteligente

Las nuevas gamas de protección diferencial de **CIRCUTOR** representan un salto con respecto a la tecnología existente hasta el momento. Las nuevas aplicaciones derivadas de sus nuevas funciones son:

- ▶ Capacidad de integración en el sistema de gestión y supervisión **PowerStudio Scada**, gracias a las comunicaciones mediante el puerto RS-485
- ▶ Reconexión automática y telegestión. El puerto de comunicaciones permite al relé diferencial:
  - Enviar la información y eventos medidos
  - Recibir ordenes concretas para su programación y maniobra
- ▶ Mejora de la productividad de las instalaciones. Garantizar la continuidad del servicio sin disminuir la seguridad de la instalación
  - Comprobación de los niveles de corriente de fuga
  - Correcto ajuste de la protección acorde a la fuga real existente
  - Mantenimiento preventivo mediante prealarma
  - Establecimiento de una alarma en **PowerStudio** al superar un cierto umbral de corriente de fuga. En caso de actuación registra el valor de disparo y el instante en el que se ha producido
- ▶ Economía de espacio. Reducción de espacio de montaje en cuadro, mediante utilización de centralitas **CBS-4** y **CBS-8**. Estas agrupan en un solo equipo 4 y 8 protecciones respectivamente. Reducción de las dimensiones de los cuadros eléctricos secundarios debido al reducido número de polos necesarios

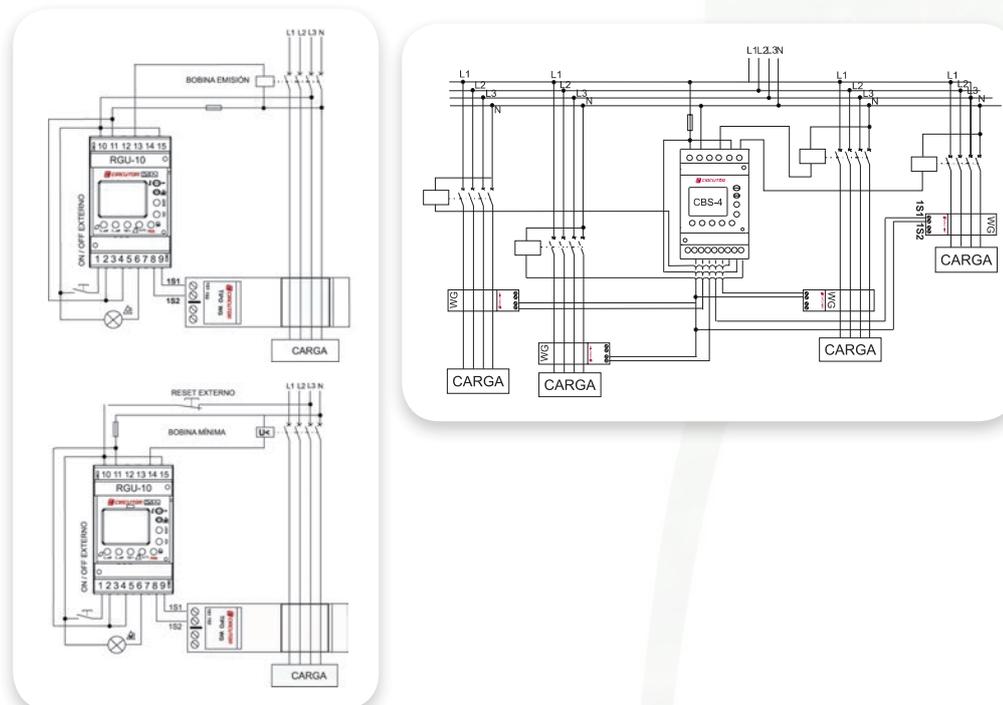
Estas características particulares hacen que la protección diferencial pase a ser un equipo indispensable en toda instalación, que pretende optimizar sus costes de explotación y garantizar la continuidad del servicio.



## Pasos para la elección de un equipo de protección diferencial inteligente

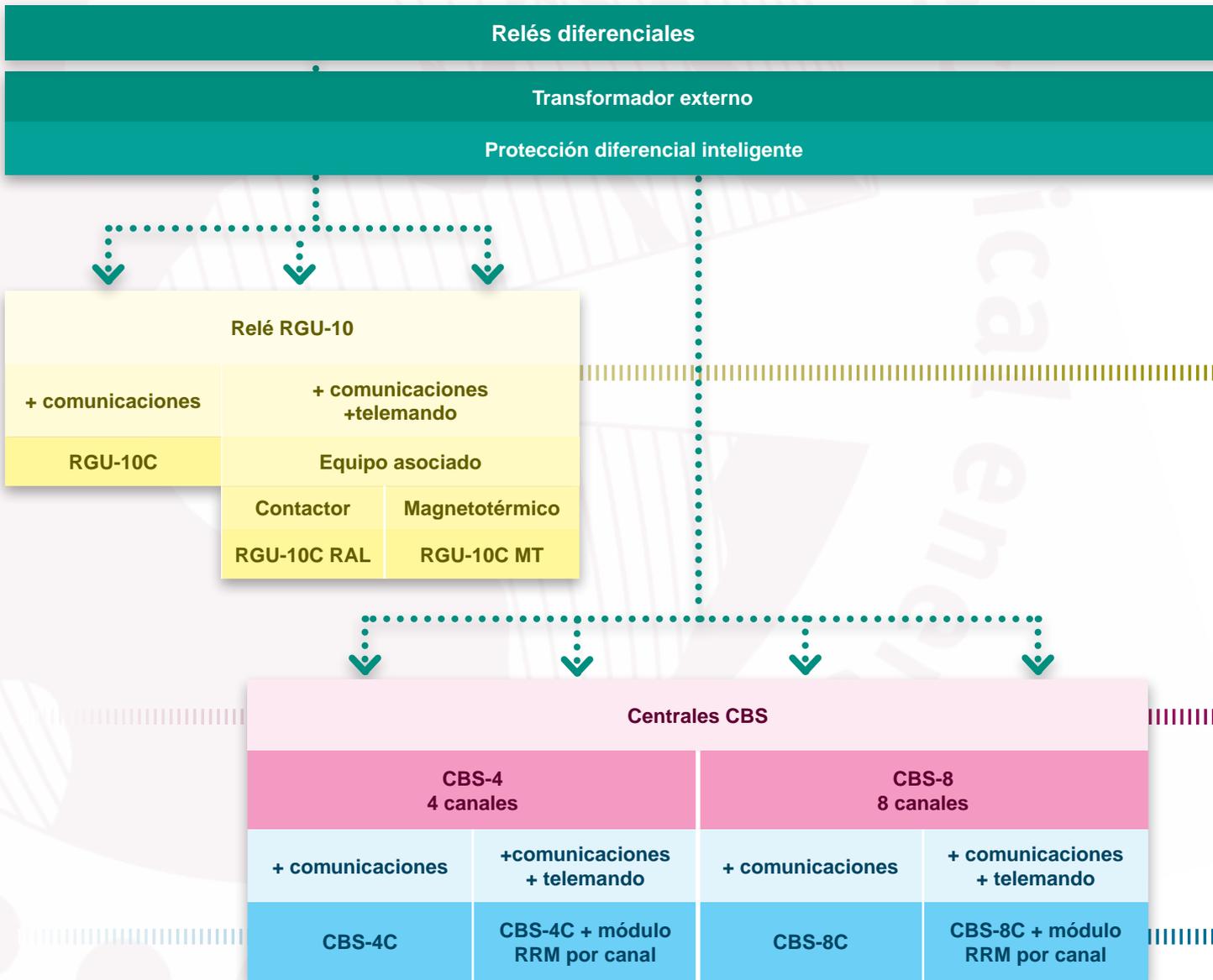
1	Lugar de montaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Cuadro general</li> <li>▶ Cuadros secundarios para alimentación de líneas</li> <li>▶ Cuadro secundario de cargas (finales de líneas)</li> </ul>
2	Tipo de protección en función de ubicación del transformador toroidal	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Transformador externo a la protección</li> <li>▶ Salida por cable</li> <li>▶ Salida por pletina</li> <li>▶ Transformador incorporado en la protección</li> </ul>
3	Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Con puerto de comunicaciones RS-485. Protocolo <b>MODBUS-RTU</b></li> <li>▶ Sin comunicaciones</li> </ul>
4	Telemando	Definición del equipo en función del aparellage asociado: <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Contactor</li> <li>▶ Interruptor automático</li> </ul>
5	Parámetros básicos de la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tensión auxiliar 110 ó 230 V c.a.</li> </ul> <b>Solo para RGU-10</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Tensión auxiliar 24 ... 125 V c.c.</li> <li>▶ Tensión auxiliar 24 ... 48 V c.a.</li> </ul>
<b>Características propias del tipo de protección diferencial inteligente</b>		
6	Número de líneas protegidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <b>RGU-10</b> : 1 canal</li> <li>▶ <b>CBS-4</b>: 4 canales</li> <li>▶ <b>CBS-8</b>: 8 canales</li> </ul>
7	Visualización por display	<b>Generales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Corriente de disparo con cambio de color de pantalla (rojo)</li> <li>▶ Indicación de nivel de fuga instantáneo. En centrales, por cada canal</li> <li>▶ Programación de parámetros</li> <li>▶ Desconexión de transformador</li> </ul> <b>Centrales según tipo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Estado de la reconexión</li> <li>▶ Reconexión automática</li> <li>▶ Puerto de comunicaciones</li> </ul>
<b>Consideraciones</b>		
8	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Transformadores toroidales, series <b>WG</b></li> <li>▶ Relés de reconexión <b>RRM</b></li> <li>▶ Magnetotérmicos <b>MT</b></li> </ul>

## Esquema de conexionado de un relé y una central de diferenciales

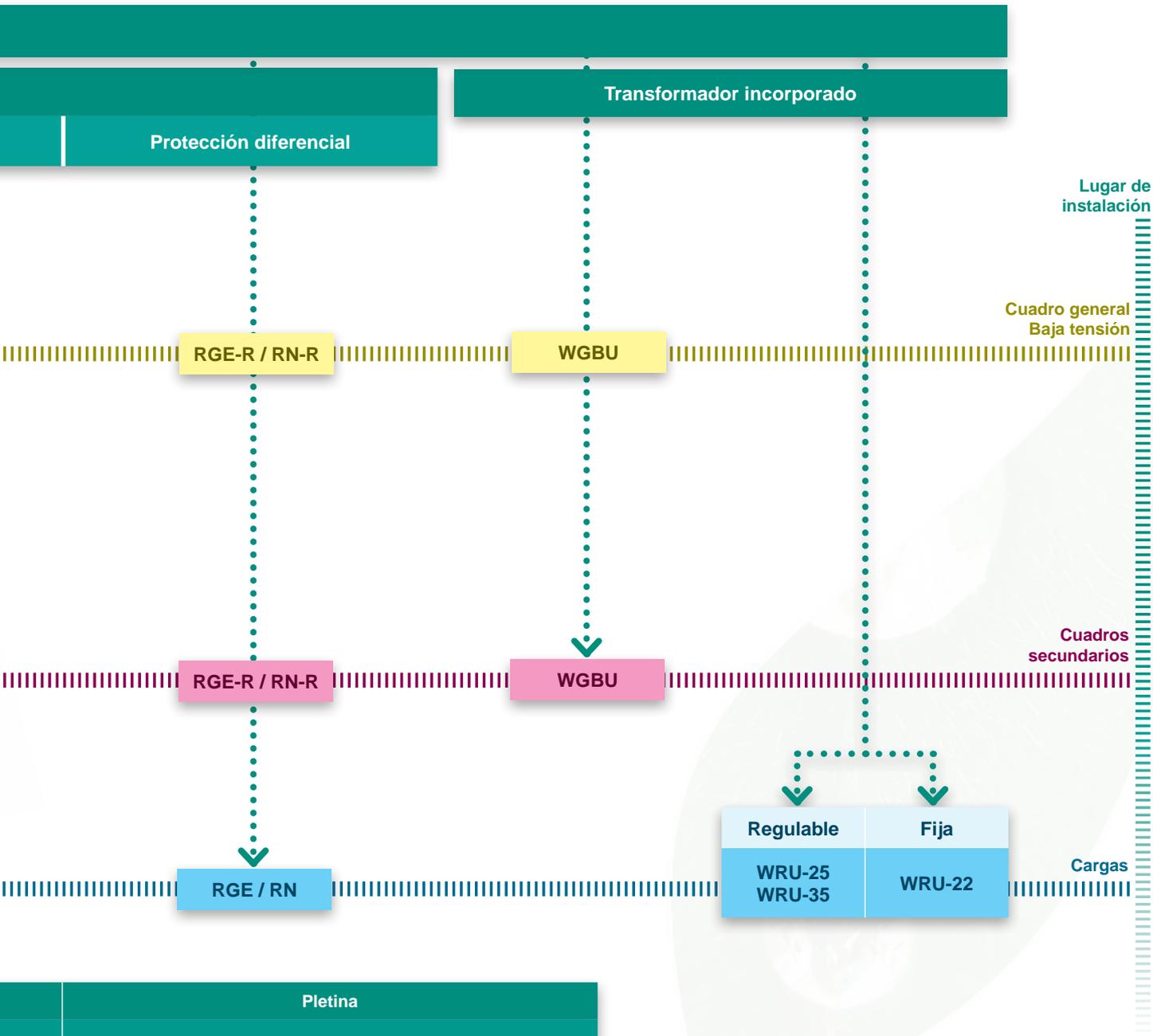


## Esquema de elección de un equipo de protección diferencial inteligente

En el esquema de elección se presenta tanto la protección diferencial inteligente integrable, como la protección diferencial clásica.



		Toroidal			Cables				
	Tipo RN	WNS-20	WNS-30	WN-35	WN-70	WN-105	WN-140	WN-210	
	Tipo RGU-10/CBS/RGE	WGS-20	WGS-30	WG-35	WG-70	WG-105	WG-140	WG-210	
Trifásico	Diámetro útil (mm)	20	30	35	70	105	140	210	
	Corriente nominal (A)	40	63	100	125	250-400	400-630	630-1250	
Monofásico	Diámetro útil (mm)	20							
	Corriente nominal (A)	63							



Mejora de la productividad

Pletina			
WG-70x175	WG-115x305	WG-150x350	WG-200x500
70x175	115x305	150x350	200x500
Según disposición de pletinas			



## Consideraciones

A pesar de la recomendación de corriente por transformador toroidal facilitada, se aconseja ver la disposición real de cables por fase para la elección del diámetro adecuado.



## 10.3 Sistemas de reconexión automática inteligente

### Qué son los sistemas de reconexión automática

Los sistemas de reconexión automática son conjuntos de protección diferencial o de protección diferencial + magnetotérmica, que tienen como objetivo el restablecimiento del servicio tras una interrupción por el disparo de dichas protecciones.

En todo sistema de reconexión automática debemos conocer que tipo de protecciones tenemos instaladas, cuales pueden reconectarse y bajo que condiciones.



- ▶ Los sistemas de reconexión automática actúan en función de:
  - ▶ Corriente de fuga a tierra (diferencial)
  - ▶ Corriente de fuga a tierra (diferencial) + sobrecarga y cortocircuito (magnetotérmica)

### Qué aportan los sistemas de reconexión automática

Los sistemas de reconexión automática ayudan a mantener la continuidad de servicio en instalaciones de ubicación remota, en la que no existe un servicio de mantenimiento presencial.

Además, la utilización de relés inteligentes permite la gestión a distancia del equipo y de su información.

### Lugares de aplicación de los sistemas de reconexión

En instalaciones, habitualmente, sin presencia de personal de la empresa o de importancia crítica en la instalación:

- ▶ Instalaciones de telecomunicaciones
  - ▶ Antenas de TV y radio
  - ▶ Centros repetidores de telefonía móvil y cable
- ▶ Receptores críticos de una instalación
  - ▶ Sistemas de alimentación ininterrumpida
  - ▶ Cámaras frigoríficas
  - ▶ Sistemas de iluminación de alumbrado público (vial, túneles, semáforos, etc.)
- ▶ Sistemas de seguridad
  - ▶ Alarmas
  - ▶ Cámaras de vigilancia



## Elementos que forman un sistema de reconexión automática



### ▲ Transformador diferencial

Detecta la fuga a tierra. Puede estar incorporado en el relé o ser exterior a él.

### ▲ Relé de reconexión automática

Los relés de reconexión automática añaden prestaciones (reconexión automática, protección térmica o magnetotérmica), a la fiabilidad y seguridad demostrada en los relés de protección diferencial de la serie **U**.

Las funciones que realizan son:

- ▶ Detectan la anomalía (fuga a tierra o magnetotérmica) a través de la señal generada por el transductor
- ▶ Analizan si esta anomalía debe generar una alarma, en función de los diferentes parámetros programados
- ▶ Actúa sobre un elemento de potencia, que realiza la conexión y desconexión de la carga a la red

### ▲ Elemento de corte

El elemento de corte tiene siempre la función de interruptor de potencia. Es un elemento externo asociado al relé diferencial.

Los elementos de corte que podemos asociar a los relés de reconexión automática son:

- ▶ Magnetotérmico motorizado (Serie **MT**)
- ▶ Contactor
- ▶ Interruptor automático con control remoto (Serie **MCB**), que tiene la doble función de magnetotérmico y contactor

Las características que debemos conocer del elemento de corte:

- ▶ Corriente nominal (contactores)
- ▶ Corriente nominal y curva térmica de la protección (magnetotérmicos)
- ▶ Características de las entradas de mando del elemento de maniobra
- ▶ Poder de corte
- ▶ Señalización auxiliar NA (Normalmente Abierto) o NC (Normalmente cerrado) del estado del elemento de corte

## Sistemas de reconexión con protección diferencial inteligente

Estos equipos permiten, mediante la utilización de relés **RGU-10C**, la posibilidad de comunicación con el centro remoto de control.

Esto permite el establecimiento de un mantenimiento preventivo que evita la desconexión del centro a vigilar:

- ▶ Seguimiento de corrientes de fuga y establecimiento de alarmas
- ▶ En caso de disparo, saber que tipo de protección ha disparado (diferencial o magnetotérmica).

## Pasos para la elección de un sistema de reconexión automática

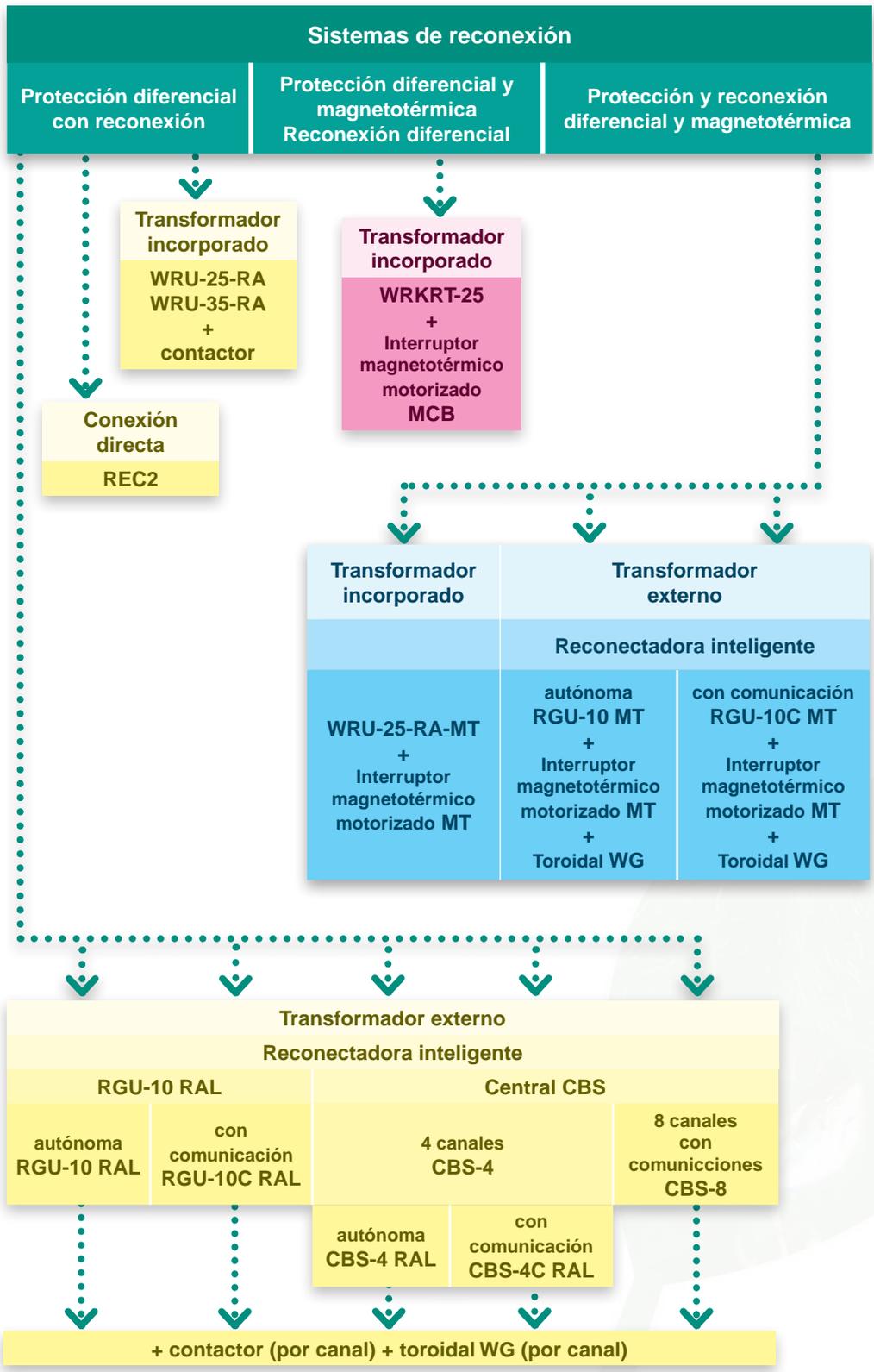
1	Definición del tipo de protección a utilizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Protección diferencial</li> <li>▸ Protección magnetotérmica</li> <li>▸ Ambas protecciones</li> </ul>
2	Tipo de protección reconectable necesaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Protección diferencial</li> <li>▸ Protección magnetotérmica</li> <li>▸ Ambas protecciones</li> </ul>
3	Tipo de equipo de maniobra asociado a la protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Contactor</li> <li>▸ Magnetotérmico</li> <li>▸ Interruptor automático de caja moldeada</li> </ul>
4	Tipo de conexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Directa</li> <li>▸ Transformador toroidal incorporado</li> <li>▸ Transformador toroidal externo</li> </ul>
5	Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Con puerto de comunicaciones RS-485</li> <li>▸ Sin comunicaciones</li> </ul>
6	Parámetros básicos de la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Tensión de red</li> <li>▸ Tensión auxiliar 110, 230 ó 400 V c.a.</li> <li>▸ Solo para <b>RGU-10</b></li> <li>▸ Tensión auxiliar 24 ... 125 V c.c.</li> <li>▸ Tensión auxiliar 24 ... 48 V c.a.</li> </ul>
<b>Características propias del tipo de reconexión automática inteligente</b>		
7	Tiempo entre reconexiones y número de reconexiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Según serie escogida, fijo o regulable</li> </ul>
8	Visualización por display y función opcional de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ <b>RGU-10C RAL</b></li> <li>▸ <b>RGU-10C MT</b></li> <li>▸ <b>CBS-4C RA</b></li> <li>▸ <b>CBS-8</b></li> </ul>
<b>Consideraciones</b>		
9	Equipos auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Transformadores toroidales serie <b>WG</b></li> <li>▸ Relés de reconexión <b>RRM</b></li> <li>▸ Magnetotérmicos <b>MT</b></li> <li>▸ Magnetotérmicos <b>MCB</b></li> </ul>

## Elección del sistema de reconexión automática según el tipo de instalación

Tipo Instalación		Reconectadora	Reconectadora inteligente
Sistemas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Alarmas</li> <li>▸ Cámaras de vigilancia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ <b>REC2</b></li> <li>▸ <b>WRU-25 RA-MT + magnetotérmico MT</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ <b>RGU-10C RAL + contactor</b></li> <li>▸ <b>RGU-10C MT + magnetotérmico MT</b></li> </ul>
Receptores críticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ SAI</li> <li>▸ Cámaras frigoríficas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ <b>WRU-25 RA-MT + magnetotérmico MT</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ <b>RGU-10C MT + magnetotérmico MT</b></li> </ul>
Alumbrado público	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Vial</li> <li>▸ Túneles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ <b>WRU-25 2R + contactor</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ <b>RGU-10C RAL + contactor</b></li> </ul>
Telecomunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ Repetidores de telefonía y cable</li> <li>▸ Antenas de TV y radio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ <b>WRU-25 RA-MT + magnetotérmico MT</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▸ <b>RGU-10C MT + magnetotérmico MT</b></li> </ul>



# Esquema de elección del tipo de sistema de reconexión automática

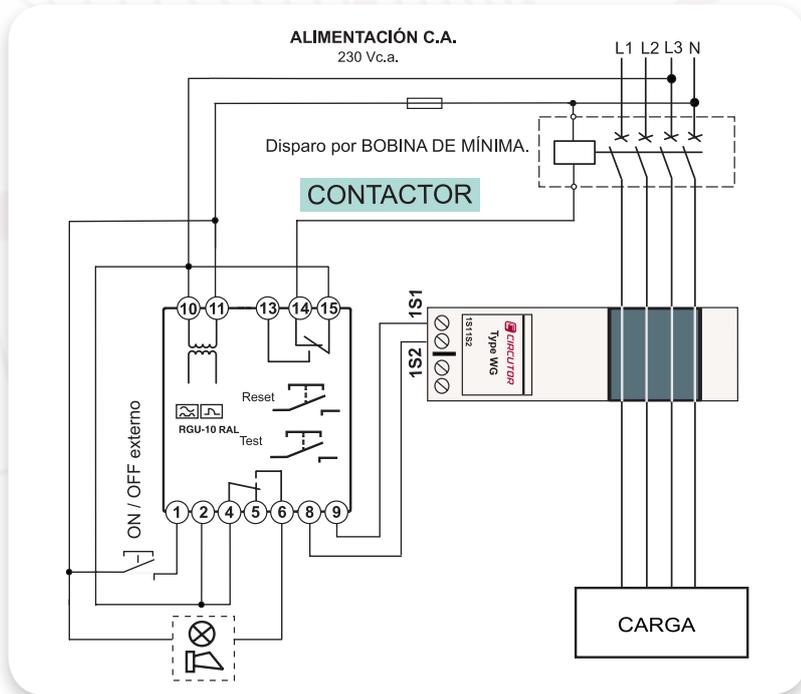


Mejora de la productividad

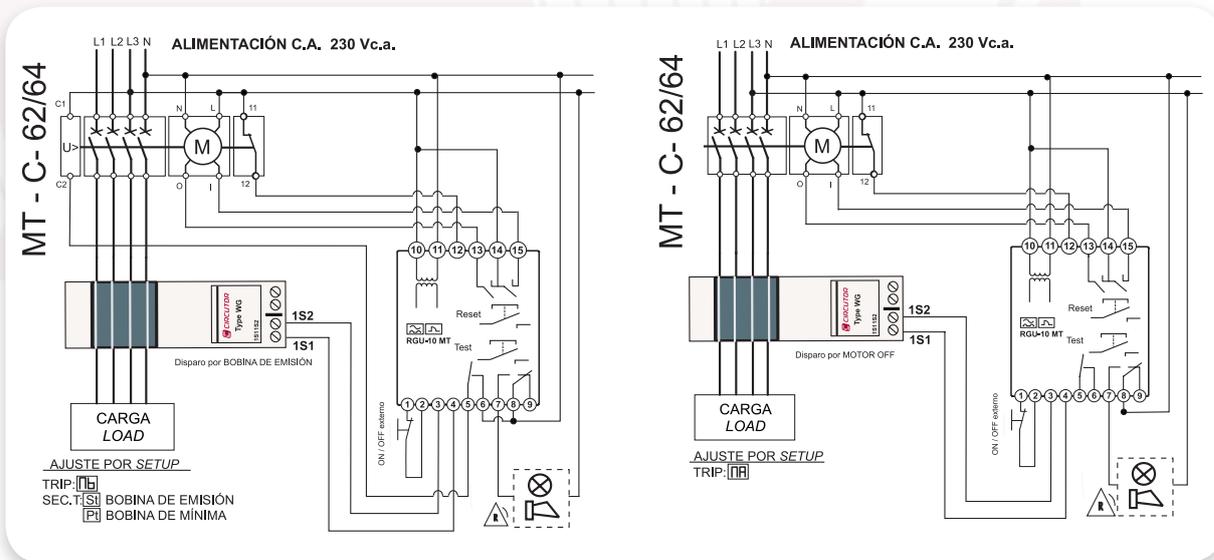


## Esquema de conexionado de sistema de reconexión automático

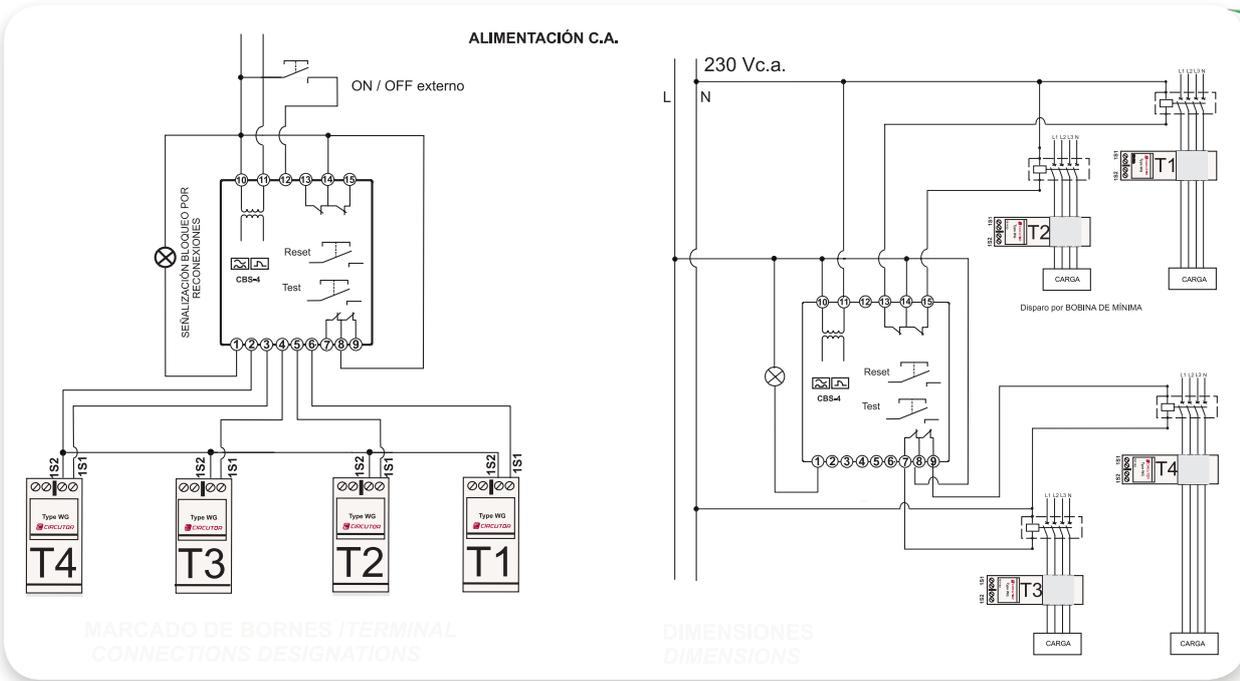
### ▲ RGU-10C RAL + contactor



### ▲ RGU-10C MT + magnetotérmico MT



## ▲ CBS-4C RA + contactor



## Consideraciones

A un relé de reconexión siempre hay que asociar un elemento de maniobra y/o protección.



electrical energy efficiency





## Notas de aplicación

- Esquemas tipo de instalaciones
- Ejemplo de  $E^3$  en una empresa
- Ejemplo de  $E^3$  en una red de distribución en MT

electrical energy efficiency





## 11. Notas aplicación

### 11.1 Esquemas tipo de instalaciones

Los siguientes esquemas muestran como diseñar una aplicación de **PowerStudio Scada** para una instalación.

Para ello, muestran tanto el cuadro general de baja tensión, como los subcuadros o cuadros secundarios posibles.

#### ▲ Diseño general de los cuadros

Es importante destacar los siguientes puntos:

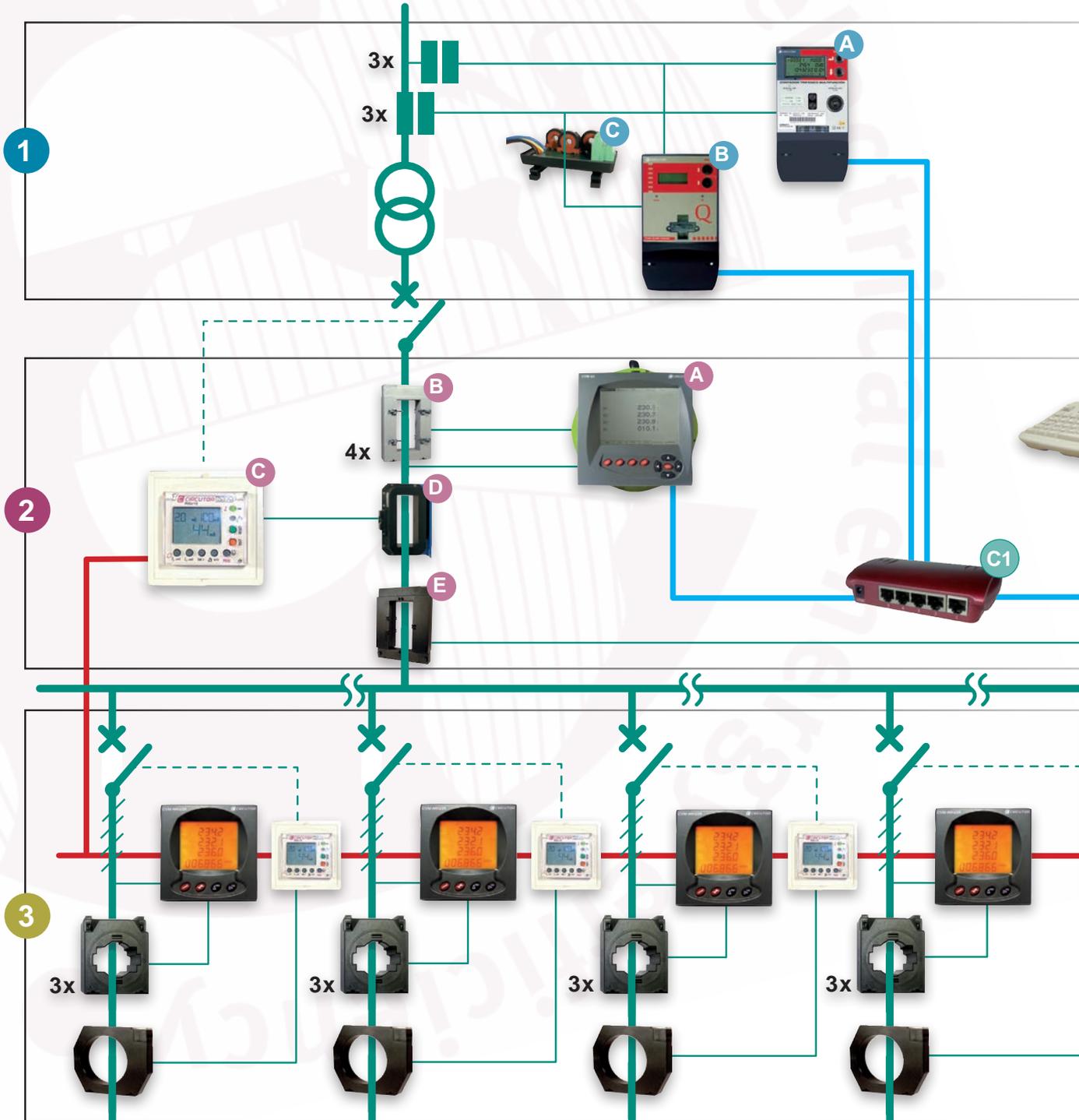
- ▶ El esquema correspondiente al cuadro general de BT se ha dividido en tres partes, para la correcta identificación de los equipos a instalar:
  - ▶ Punto de acometida o conexión a la compañía distribuidora. Normalmente se encuentra físicamente en el centro de transformación
  - ▶ Entrada de cuadro general
  - ▶ Salidas de cuadro general
- ▶ Se facilitan dos ejemplos de cuadro general de baja tensión. El primer diseño es para equipos de montaje frontal, mientras que el segundo es para el montaje en carril DIN en cuadros modulares
- ▶ Los esquemas existentes de los diferentes subcuadros corresponden a los referenciados en las salidas del cuadro general de BT
- ▶ Cada cuadro tiene un *bus* de comunicaciones para integrarse en **PowerStudio Scada**. Se indica mediante el comentario “**a HUB**” que se hace en las salidas de los convertidores **TCP2RS** de cada cuadro. El **HUB** principal se conecta al ordenador de control.

#### ▲ Interpretación de los esquemas

La leyenda de cada uno de los cuadros tienen los siguientes apartados:

- ▶ Objetivos. Cada esquema tipo presenta una descripción de los objetivos del diseño. Estos determinan los equipos adecuados en cada caso.
- ▶ Lista de materiales. Se enumeran los diferentes equipos utilizados. No se enumera la cantidad total de equipos a instalar. Téngase en cuenta a la hora de realizar un proyecto o aplicación real. Se incluye en cada lista de materiales la descripción de los convertidores o pasarelas de comunicación, así como la descripción del tipo de línea de comunicación propuesto.

Punto de acometida y cuadro general BT - Montaje panel



SAI

a HUB



Subcuadro de oficinas

a HUB



Subcuadro de producción

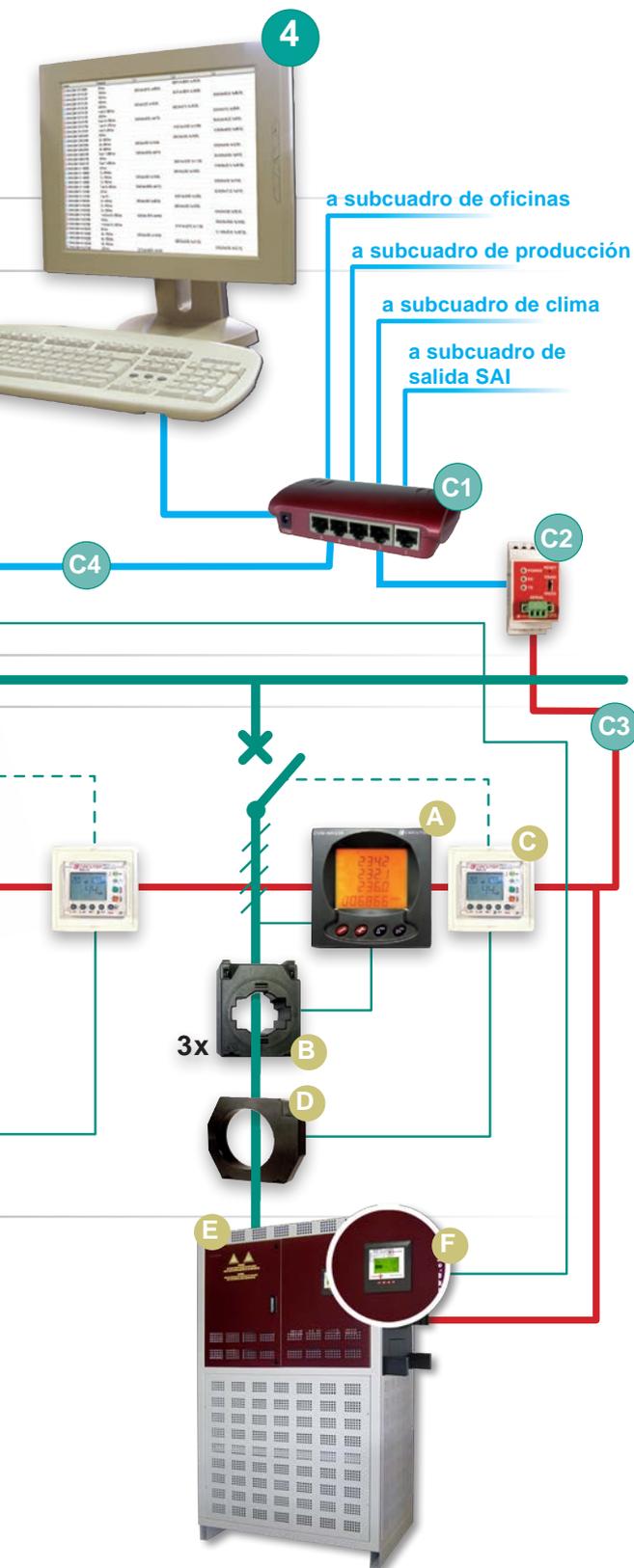
a HUB



Subcuadro de climatización

a HUB





## Objetivos del diseño

### Control de la facturación de energía

- Potencia y energía activa/reactiva
- Curvas de demanda
- Calidad de suministro

### Control de parámetros eléctricos y establecimiento de alarmas para mantenimiento preventivo

- Tensión y corriente
- THD ( $I$  y  $U$ )
- Fugas a tierra
- Control de aislamientos

### Control de costes de energía eléctrica por línea de potencia

## LISTA DE MATERIALES

### Punto acometida

1	A	1	contador <b>CIRWATT</b>
	B	1	analizador de redes <b>QNA 412</b>
	C	1	módulo <b>ITF</b> externo

### Entrada cuadro general

2	A	1	analizador de redes <b>CVMk2</b>
	B	4	transformadores de corriente, de barra pasante <b>TA</b>
	C	1	relé de protección diferencial inteligente <b>RGU-10C</b> + Adaptador panel
	D	1	transformador toroidal <b>WG</b>
	E	1	transformador <b>TP</b> , de barra partida, para batería de condensadores

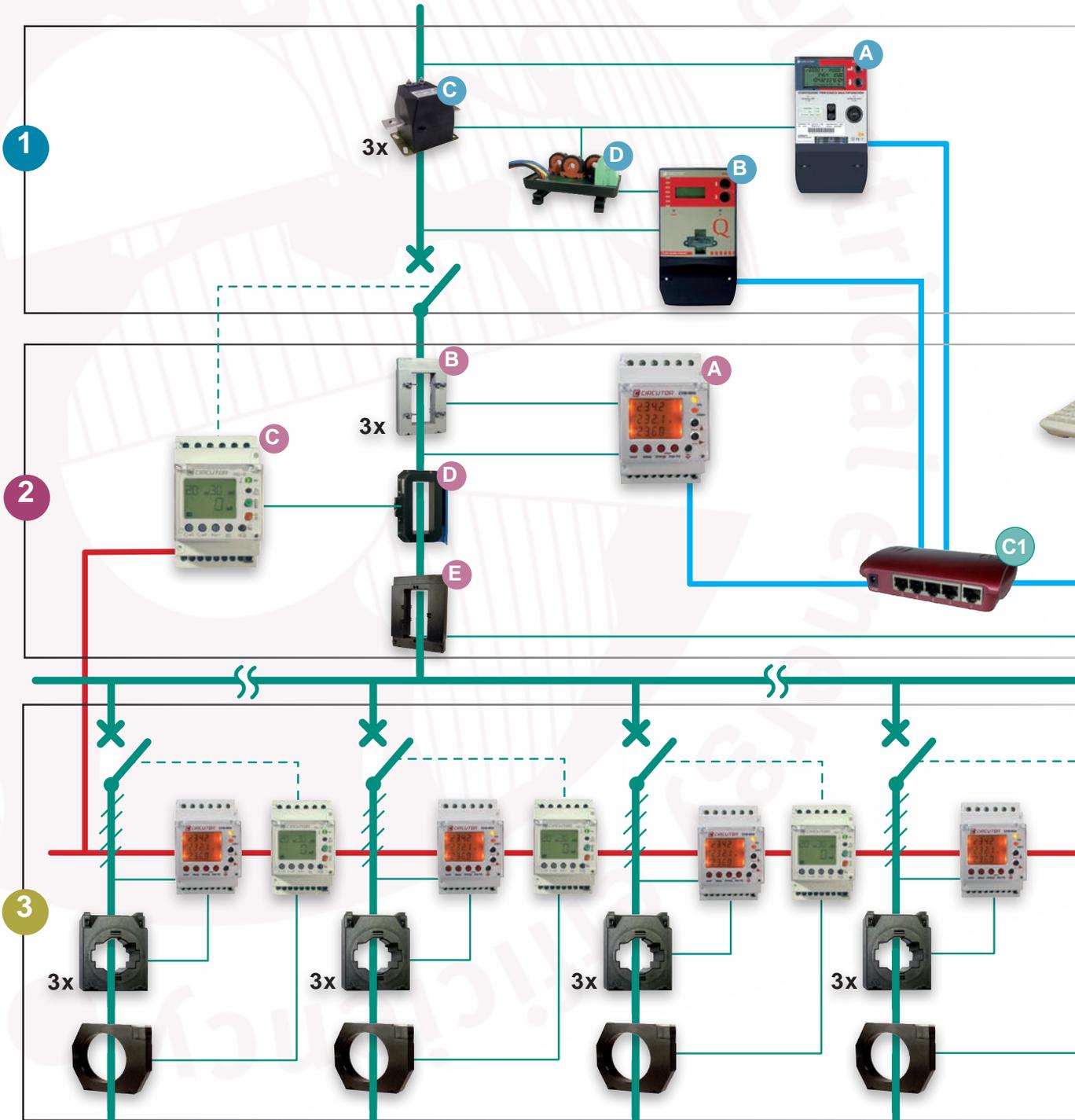
### Salidas cuadro general

3	A	1	analizador de redes <b>CVM NRG96</b>
	B	3	transformadores de corriente <b>TC</b> , salida cable
	C	1	relé de protección diferencial inteligente <b>RGU-10C</b> + Adaptador panel
	D	1	transformador toroidal <b>WG</b>
	E	1	batería de condensadores estática con filtros de rechazo <b>FRE</b>
	F	1	regulador reactiva <b>computer plus TF</b>

### 4

4			aplicación <b>PowerStudio Scada</b>
C1	2		<b>HUB</b>
C2	1		convertidor RS-485 / Ethernet <b>TCP2RS</b>
C3			<i>bus</i> RS-485
C4			<i>bus</i> Ethernet

Punto de acometida y cuadro general BT - Montaje carril DIN



a HUB



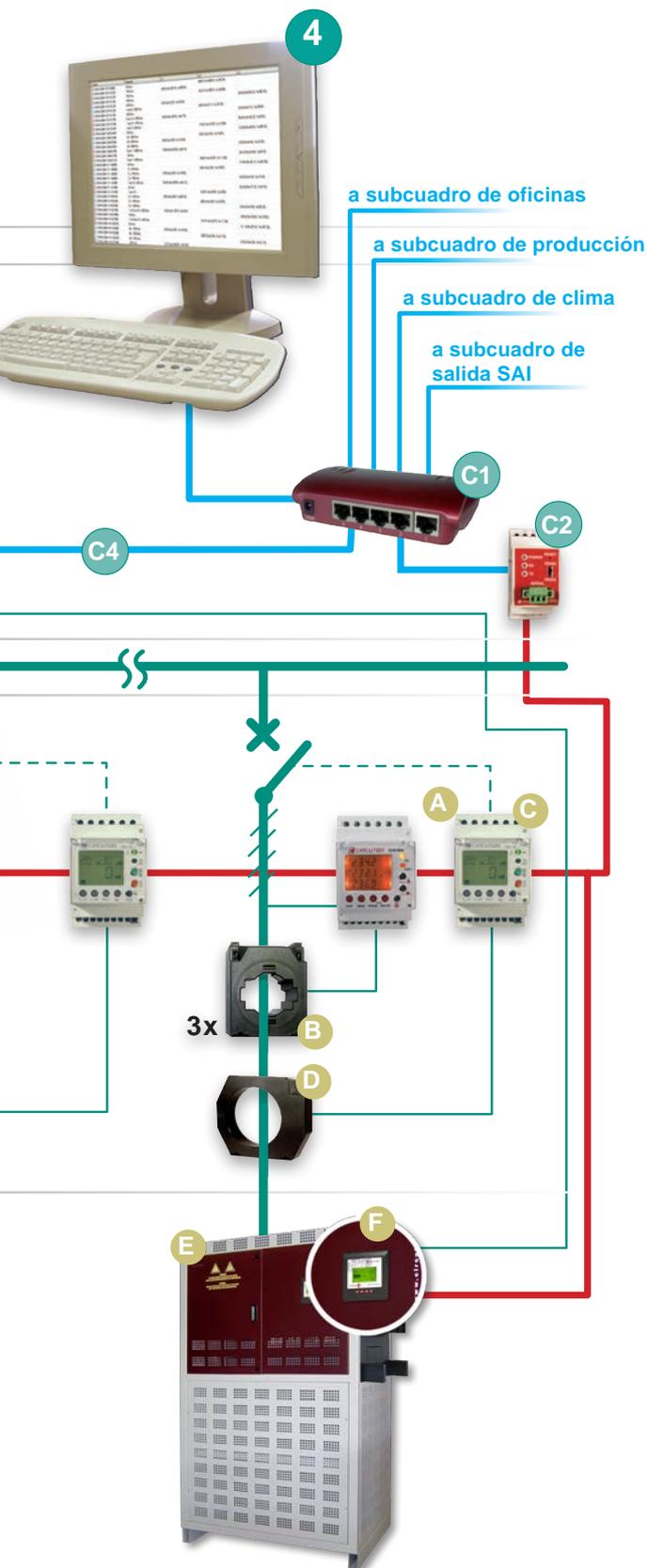
a HUB



a HUB



a HUB



## Objetivos del diseño

### Control de la facturación de energía

- Potencia y energía activa/reactiva
- Curvas de demanda
- Calidad de suministro

### Control de parámetros eléctricos y establecimiento de alarmas para mantenimiento preventivo

- Tensión y corriente
- THD ( $I$  y  $U$ )
- Fugas a tierra
- Control de aislamientos

### Control de costes de energía eléctrica por línea de potencia

## LISTA DE MATERIALES

### Punto acometida

1	A	1	contador <b>CIRWATT</b>
	B	1	analizador de redes <b>QNA 412</b>
	C	3	transformadores <b>TRMC</b>
	D	1	módulo <b>ITF</b> externo

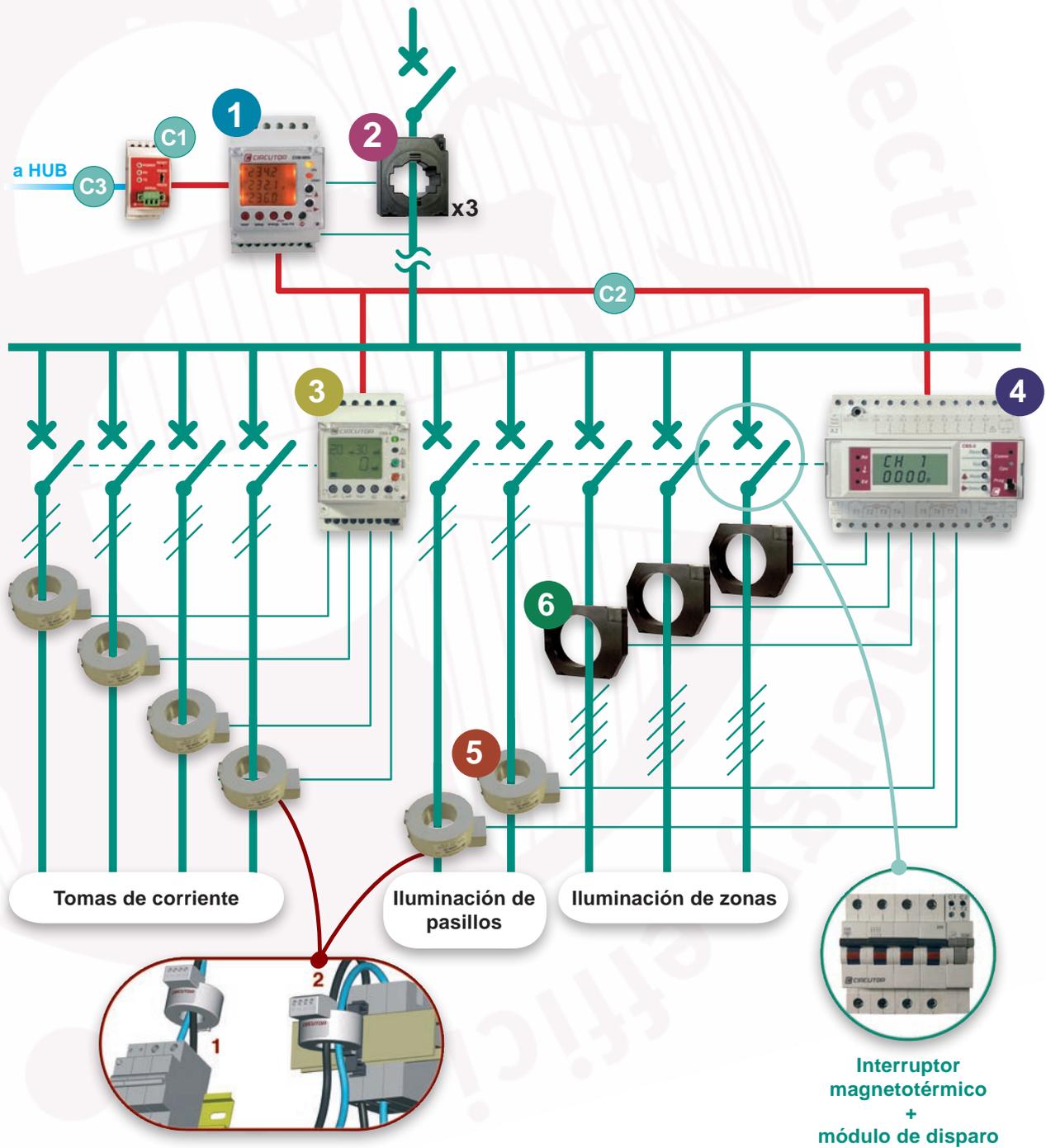
### Entrada cuadro general

2	A	1	analizador de redes <b>CVM MINI</b>
	B	3	transformadores de corriente, de barra pasante <b>TA</b>
	C	1	relé de protección diferencial inteligente <b>RGU-10C</b>
	D	1	transformador toroidal <b>WG</b>
	E	1	transformador <b>TP</b> , de barra partida, para batería de condensadores

### Salidas cuadro general

3	A	1	analizador de redes <b>CVM MINI</b>
	B	3	transformadores de corriente <b>TC</b> , salida cable
	C	1	relé de protección diferencial inteligente <b>RGU-10C</b>
	D	1	transformador toroidal <b>WG</b>
	E	1	batería de condensadores estática con filtros de rechazo <b>FRE / PLUS FRE</b>
	F	1	regulador reactiva <b>computer plus TF</b>
4			aplicación <b>PowerStudio Scada</b>
C1	2	<b>HUB</b>	
C2	1	convertidor RS-485 / Ethernet <b>TCP2RS</b>	
C3		<i>bus</i> RS-485	
C4		<i>bus</i> Ethernet	

## Cuadros secundarios BT - Oficinas



aplicaciones WGS

## LISTA DE MATERIALES

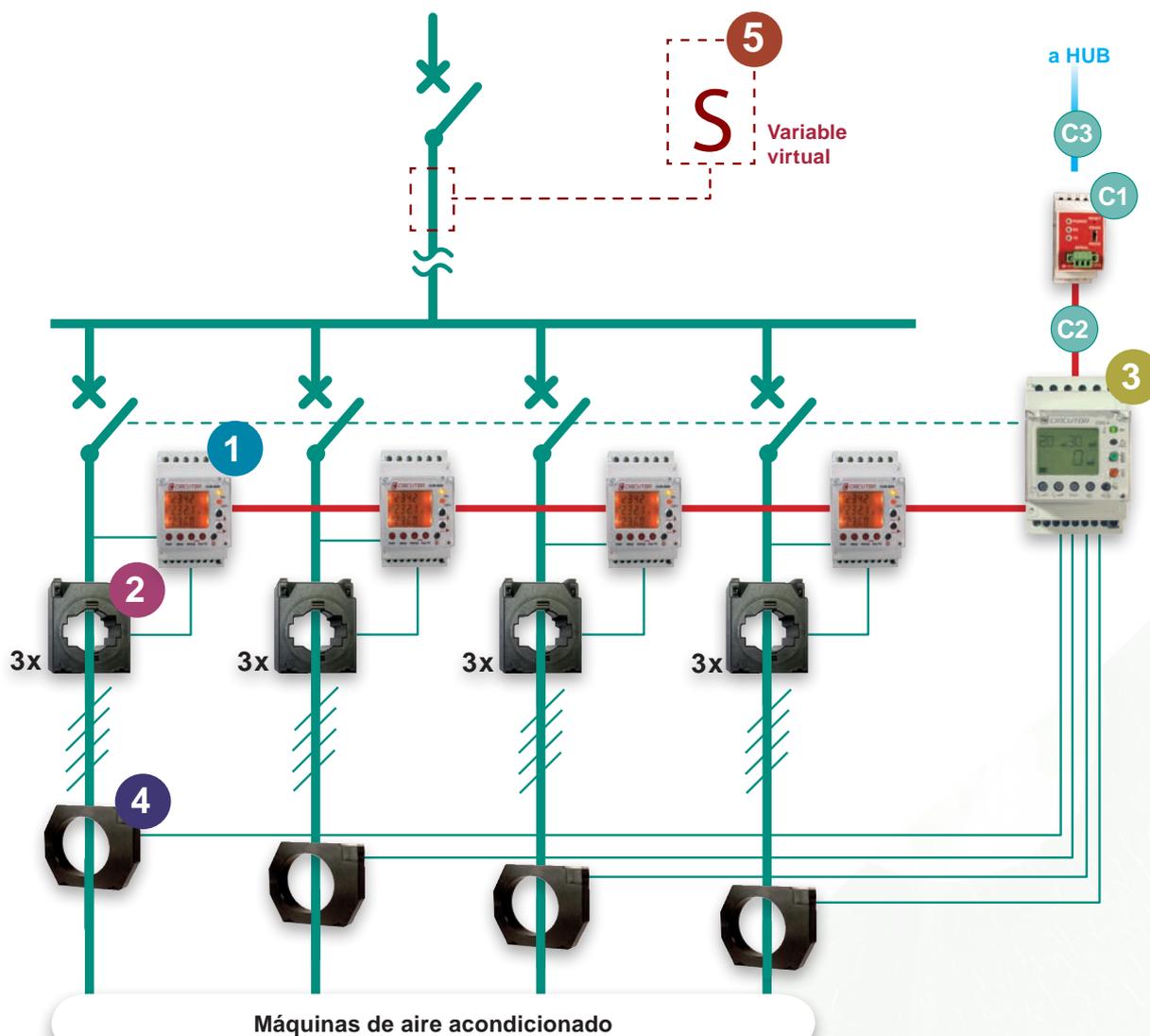
1	analizador de redes carril DIN CVM-MINI
2	transformador de corriente serie TC
3	central diferencial de 4 canales CBS-4
4	central diferencial de 8 canales CBS-8
5	transformador toroidal WGS
6	transformador toroidal WG

## Objetivos del diseño

- Control del consumo de energía en las oficinas
- Monitorización de corrientes de fuga
- Control de los parámetros eléctricos
- Control de pérdidas de distribución (CVM salida Cuadro General - CVM MINI)

C1	Conversor TCP2RS RS-485 / Ethernet
C2	bus RS-485
C3	bus Ethernet

## Cuadros secundarios BT - Climatización



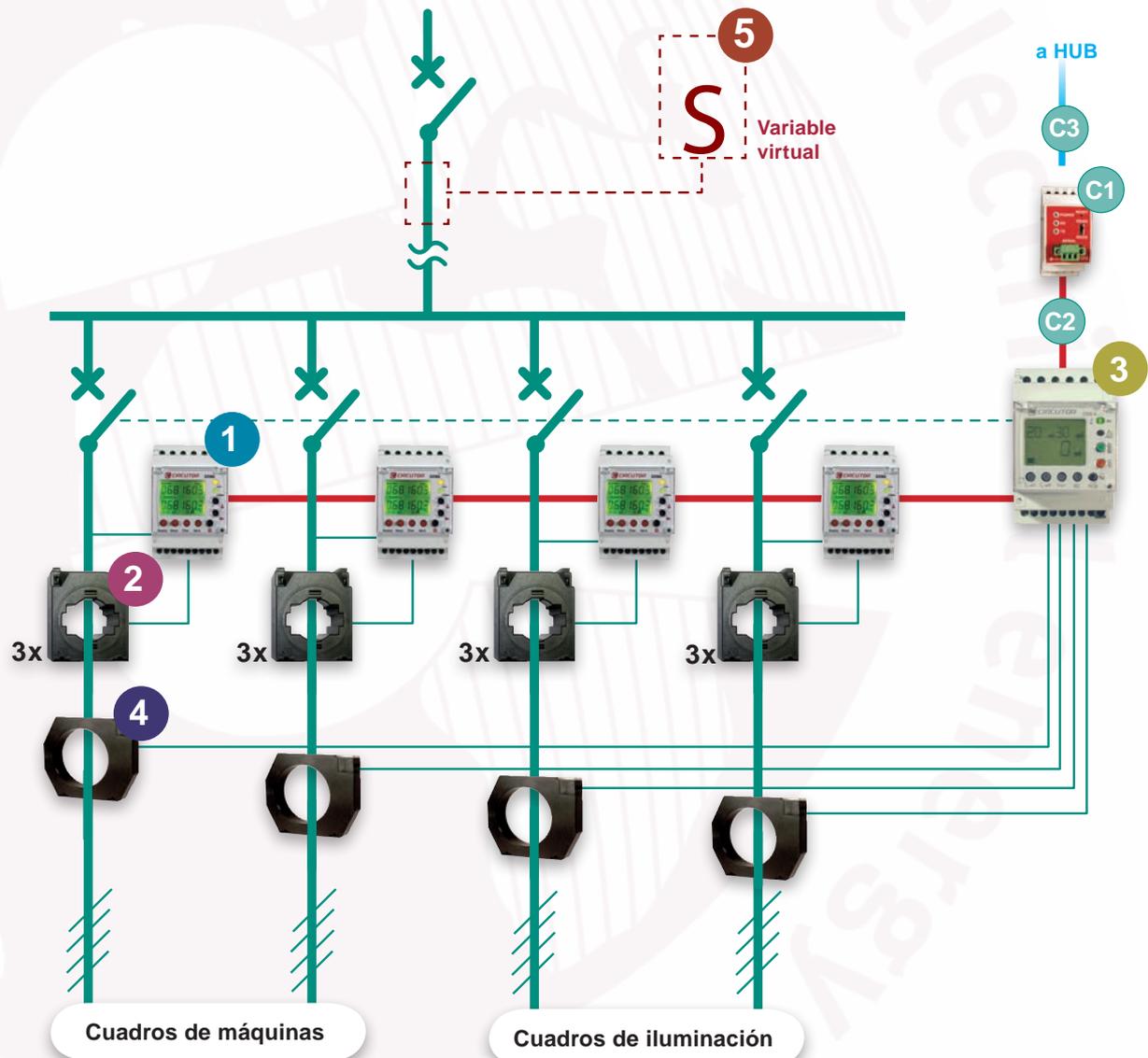
### Objetivos del diseño

- Control de consumo en zonas de aire acondicionado
- Control de parámetros eléctricos
- Monitorización de las corrientes de fuga
- Control de pérdidas de distribución (CVM salida Cuadro General - Variable virtual)

### LISTA DE MATERIALES

1	analizador de redes <b>CVM MINI</b>
2	transformador de corriente serie <b>TC</b>
3	central diferencial de 4 canales <b>CBS-4</b>
4	transformadores toroidales serie <b>WG</b>
5	variable virtual <b>PowerStudio Scada</b> consumo de energía global del subcuadro
C1	convertor <b>TCP2RS</b> RS-485 / Ethernet
C2	bus RS-485
C3	bus Ethernet

## Cuadros secundarios BT- Producción



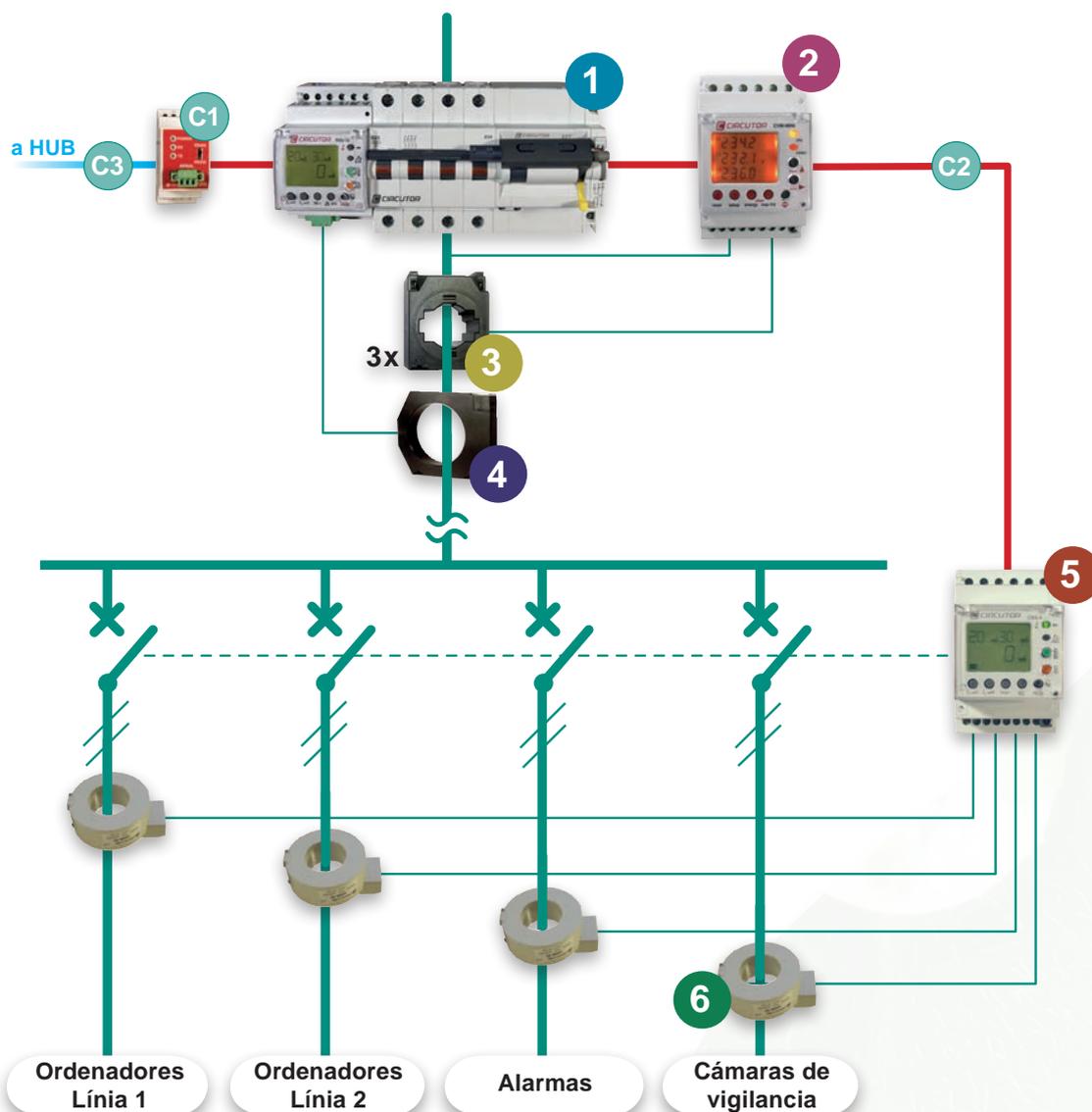
## Objetivos del diseño

- Asignación de costes por línea, para cálculo de coste marginal
- Monitorización de la protección diferencial
- Control de pérdidas de distribución (CVM salida Cuadro General - Variable virtual)

## LISTA DE MATERIALES

1	contador de energía parcial <b>EDMk</b>
2	transformador de corriente serie <b>TC</b>
3	central diferencial de 4 canales <b>CBS-4</b>
4	transformadores toroidales serie <b>WG</b>
5	variable virtual <b>PowerStudio Scada</b> consumo de energía global del subcuadro
C1	convertor <b>TCP2RS RS-485 / Ethernet</b>
C2	bus RS-485
C3	bus Ethernet

## Cuadros secundarios BT - Salida SAI



LISTA DE MATERIALES		Objetivos del diseño	
1	reconector <b>RGU-10C MT</b> (Magnetotérmico motorizado <b>MT</b> + relé diferencial <b>RGU-10C</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control de los parámetros eléctricos</li> <li>Control de funcionamiento del SAI</li> <li>Reconexión y telemando de la protección magnetotérmica y diferencial</li> </ul>	
2	analizador de redes carril DIN <b>CVM-MINI</b>	<b>C1</b>	Convertor <b>TCP2RS RS-485 / Ethernet</b>
3	transformador de corriente serie <b>TC</b>	<b>C2</b>	bus RS-485
4	transformador toroidal <b>WG</b>	<b>C3</b>	bus Ethernet
5	central diferencial de 4 canales <b>CBS-4</b>		
6	transformador toroidal <b>WGS</b>		

## 11.2 Ejemplo de E<sup>3</sup> en una empresa

Para la realización de este estudio se ha partido de las facturas de energía eléctrica y de las mediciones realizadas en la instalación. No obstante, no se detalla el estudio particular del tipo de receptores.

### ▲ Descripción de la instalación

- ▶ Suministro en Media Tensión
- ▶  $W_a [c^*] \cdot \hat{\Delta} \cdot E_{WOWE} \cdot \hat{\Delta} F_{YÓZAFÉ} \cdot E_{YZE} = 1,25 \text{ kW}$ ,  $P_J = 9 \text{ kW}$
- ▶ Distribución en Baja Tensión 400 V, 50 Hz

### ▲ Datos de facturación

- ▶ Potencia contratada 500 kW
- ▶ Potencia medida por máxímetro 600 kW
- ▶  $\cos j = 0,75$

### DATOS SUMINISTRO

Cliente: -	Fecha de emisión: -
Empresa: -	Tarifa: 3.1
Zona: -	Facturación de la potencia : Modo 2
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	Potencia contratada: 500 kW
Pr. Corriente: 100    Sec. Corriente: 5	Discriminación horaria: Tipo 2
Pr. Tensión: 22 000    Sec. Tensión: 110	N.º contador: 345XD34

### LECTURAS y CONSUMOS: 01/07/2006 a 01/08/2006

Periodo	Anterior	Actual	Ajuste	FM	Consumo Total
PUNTA	301 324	309 826	0	x10	85 020 kW·h
LLANO+VALLE	315 265	348 656	0	x10	333 910 kW·h
REACTIVA	79 685	83 370	0	x100	368 500 kvar·h

MAXÍMETRO                      600 kW

### CÁLCULO DE LA FACTURA

Término de potencia:	750 kW x 12,770703 €/kW x 1 mes	9587,03
Término de energía:	418 930 kW·h x 0,060824 €/kW·h	25 481,00
	<b>Subtotal</b>	<b>35 059,03</b>
Discriminación horaria:	85 020 kW·h x 40% x 0,060824 €/kW·h	2 068,50
Reactiva:	15.84 kr% x 35 059,03	5 553,35
	<b>Total</b>	<b>42 680,88</b>

Cuota Impuesto electricidad:	42 680,88 x 4,864% x 1,05113	2 182,14
Total base imponible		44 863,02
IVA	16%	7 178,08
<b>TOTAL FACTURA</b>		<b>52 041,10</b>

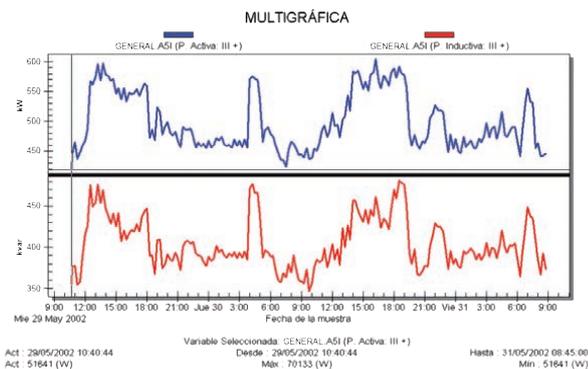


### Medidas realizadas

- ▶ Lugar de la medida: cabecera del cuadro general
- ▶ Medidas en las diferentes líneas de salida del cuadro general
- ▶ Objeto de la medida: potencias, energías factor de potencia y contenido de armónicos

### Evolución gráfica de potencia activa y reactiva

Para poder realizar este estudio, se necesita ver la curva de demanda en potencias de la instalación. Esta se consigue, bien por un sistema de supervisión formado por analizadores **CVM** y *software PowerStudio Scada* o mediante la medida realizada por un equipo portátil **AR5-L/CIR-e3**. En este caso, la curva se ha obtenido mediante un analizador portátil **AR5-L/CIR-e3**.



### Espectro armónico

Se adjunta una de las medidas instantáneas realizadas.

Datos		Medida AR5-L/CIR-e3	
Transformador	+( % K6	I fundamental	1 088,5 A
Potencia activa	580 kW	THD I	34,5%
cos j	0,78	I	1 151,4 A

	Tasa individual (%)	Corriente (A)
1	100	1 088,5
2	0,01	0,1
3	7,45	81,1
4	0,16	1,8
5	30,32	330,0
6	0,15	1,6
7	12,82	139,6
8	0,13	1,5
9	0,23	2,5
10	0,12	1,3
11	5,02	54,7
12	0,11	1,2
13	3,88	42,3

	Tasa individual (%)	Corriente (A)
14	0,11	1,2
15	0,13	1,4
16	0,12	1,3
17	1,83	19,9
18	0,05	0,6
19	2,05	22,3
20	0,08	0,8
21	0,36	3,9
22	0,01	0,1
23	0,89	9,7
24	0,04	0,5
25	1,15	12,5



## Situación técnica de la instalación

- ▶ Potencia reactiva demandada

$$Q = P \cdot \tan j = 580 \cdot 0,80 = 465 \text{ kvar}$$

- ▶ Corriente armónica residual

$$I_{\text{res.}} = \sqrt{1151^2 - 1088^2} = 375 \text{ A}$$

- ▶ Potencia de distorsión

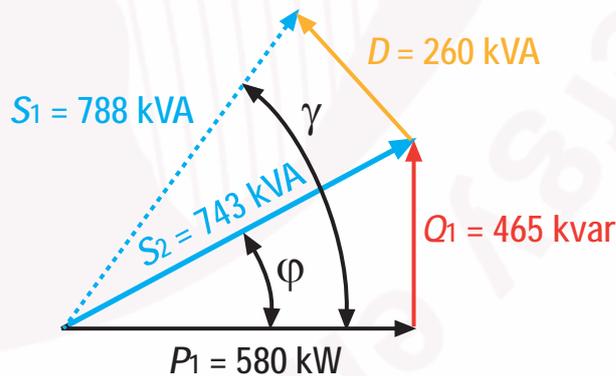
$$D = \sqrt{3} \cdot I_{\text{res.}} \cdot U = \sqrt{3} \cdot 375 \cdot 400 = 260 \text{ kV}\cdot\text{A}$$

- ▶ Potencia aparente

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} = \sqrt{580^2 + 465^2 + 260^2} = 788 \text{ kV}\cdot\text{A}$$

- ▶ Factor de potencia

$$\text{FP} = \cos j = \frac{580}{\sqrt{580^2 + 465^2 + 260^2}} = 0,74$$



- ▶ Factor K

$$K = \sqrt{1 + \frac{0,1}{0,1 + 1} \left( \frac{1088}{1151} \right)^2 \cdot \left[ 3^{1,7} \left( \frac{81,1}{1088} \right)^2 + 5^{1,7} \left( \frac{330}{1088} \right)^2 + \dots + \right]} = 1,13$$

lo que significa una reducción de potencia del:

$$\left( 1 - \frac{1}{1,13} \right) 100 = 11,54 \%$$

Por tanto, la potencia aparente útil recomendada del transformador es:

$$S_{\text{útil}} = \frac{630}{1,13} = 558 \text{ kV}\cdot\text{A}$$



## Soluciones a implantar

### ▲ Sistema de medida

Una vez realizado el estudio, se ha propuesto la realización de un sistema de medida y supervisión. En él se plantean tres niveles:

- ▶ Control de parámetros de facturación y calidad de suministro
- ▶ Gestión técnica y energética en la entrada de cuadro general y de las líneas de salida
- ▶ Imputación de costes, tanto a nivel de producción como departamental en las oficinas y líneas de climatización.

Ver detalles de equipos en el esquema de implantación de un sistema de medida.

### ▲ Gestión de demanda

Ver detalles de conexiones en el esquema de implantación de equipos para la gestión de la demanda.

### Compensación de energía reactiva

Instalación de dos equipos de reactiva equipados con filtros de rechazo. A pesar de estar la instalación equipada con filtros, se aconseja equipar la batería con filtros de rechazo por seguridad.

#### Equipos recomendados

- ▶ Un condensador fijo de 40 kvar con filtro de rechazo e interruptor automático para la compensación del transformador. Tipo **FRM-40-400**
- ▶ Una batería de condensadores con filtros de rechazo **FR** de 360 kvar
- ▶ Un transformador de corriente, de barra partida, para la alimentación del regulador de la batería de condensadores tipo **TPA-E** (tipo **EFFE** - **EFAC** - **EFAG** - **EFÓE**) **EP-816**

### Filtrado

#### Subcuadro de proceso 1

Montaje de un filtro activo para la compensación de las 7 bombas de 40 CV.  
Para la elección:

- ▶ Se considera el verdadero valor eficaz de la corriente total del cuadro, considerando que  $I_{\text{total}} = 338 \text{ A}$
- ▶ Valor del THD / global.  $\text{THD} / = 54,3 \%$
- ▶ Cálculo de la corriente del filtro:

$$I_{\text{filtro}} = I \cdot \sqrt{\frac{\text{THD}^2}{\text{THD}^2 + 100^2}} \cdot \text{Factor seguridad} = 338 \sqrt{\frac{54,3^2}{54,3^2 + 100^2}} \cdot 1,2 = 92 \text{ A}$$

Se aconseja siempre la utilización de un factor de seguridad de 1,2.

#### Equipos recomendados

- ▶ Filtro activo **AF** del valor inmediato superior, es decir 100 A.  
Código: AF-3W5-100-400
- ▶ 3 transformadores para la medida del filtro activo **AF** del tipo **TCH**, relación 2 000/1, clase **F**



## Subcuadro de proceso 2

Montaje de filtros **LCL** en las bombas de 90 CV (66 kW). Para la elección:

- ▶ Determinación de la corriente del motor para  $\cos j = 1$ .  $I = 95$  A
- ▶ Aumento de este valor en un 10 %. ~~IASI~~ ~~AECAE~~ ~~Í~~ ~~Ó~~
- ▶ Filtro recomendado de 110 A. Código LCL35-110 A-400

## Lineas de iluminación exterior

Montaje de 3 filtros **FB3-T** para el bloqueo del tercer armónico. Para escoger el calibre del filtro **FB3-T**, se aconseja que su corriente nominal sea, como mínimo, la corriente nominal del interruptor automático. Por tanto, el filtro se escoge de un valor de corriente de 25 A.

Tipo **FB3T-5-25-00**.

## Subcuadro de oficinas

Montaje de 6 filtros monofásicos **FB3** para impresoras y ordenadores.

## Control de la máxima demanda

Una vez realizado el estudio previo para la selección de cargas prescindibles, se ha tomado la siguiente decisión:

- ▶ Del grupo de 7 bombas de 40 CV, tres pueden ser gestionadas
- ▶ La iluminación no debe ser conectada, por tanto se bloquea su conexión durante las horas de punta con visibilidad
- ▶ De las 7 líneas de climatización se puede prescindir de una línea de cada una de las tres zonas. Accesos debe quedar conectada.

Por tanto, se realiza la siguiente secuencia de desconexión de cargas:

- ▶ Se desconectan en primer lugar las bombas de 30 CV, una por una
- ▶ Se desconectan de forma paulatina las líneas de climatización
- ▶ Se bloquean los encendidos de la iluminación exterior

## Equipos recomendados

- ▶ 1 controlador de cargas general **CA-4**
- ▶ 3 módulos de expansión de cargas **MR-3**
- ▶ Software **PowerC**

## Bus de comunicación

- ▶ Para el sistema de control de potencia se necesita un *bus* de comunicaciones RS-485 entre módulos de expansión **MR-3** y controlador de cargas **CA-4**
- ▶ Entre el controlador **CA-4** y el ordenador de control la conexión se realiza mediante un *bus* RS-232

## Resultados

### ▲ Reducción del coste técnico



Una vez aplicadas las soluciones, los resultados observados son los siguientes:

- ▶ Tasa de distorsión en corriente. THD  $I = 5\%$
- ▶  $I_{\text{residual}} = 51$  A
- ▶ Potencia de distorsión. ~~DAE~~ ~~AEYÓ~~

- ▶ Potencia eficiente:

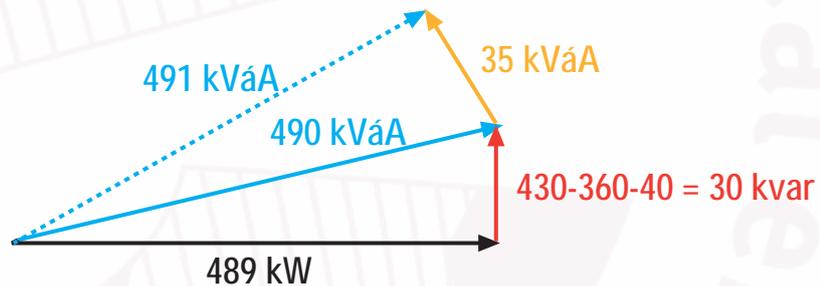
$$P_{ef} = P_{actual} - P_{puntas} - DP_{clase A} - \text{pérdidas} =$$

$$= 600 - 75 - 30 - 6 = 489 \text{ kW}$$

**Nota:**

- ▶ Se ha considerado la potencia máxima medida por el maxímetro
- ▶ Se ha considerado que mediante el cambio de receptores por otros de clase A ha permitido reducir 30 kW
- ▶ Se ha estimado en función del estudio hecho, que aproximadamente se reducen unos 6 kW las pérdidas

- ▶ Factor de potencia



$$FP = \frac{489}{\sqrt{489^2 + 30^2 + 35^2}} = 0,99$$

$$\cos j = \frac{489}{\sqrt{489^2 + 30^2}} = 1$$

**Nota:**

- ▶ Una vez optimizada la potencia activa se ha procedido al cálculo de la batería
- ▶ Partiendo de 489 kW con  $\cos j = 0,75$ , la demanda de potencia reactiva es de 430 kvar
- ▶ Si se realizara la compensación de reactiva pro no el filtrado de armónicos, se tendría un  $\cos j = 1$ , pero un  $fdp = 0'88$

- ▶ Rendimiento del transformador

$$h = \frac{0,78 \cdot 630 \cdot 0,98}{0,78 \cdot 630 \cdot 0,98 + 1,25 \cdot 1,09 + 0,78^2 \cdot 9} \cdot 100 = 98,6 \%$$

- ▶ Potencia real demandada a la red

- ▶ Valores de factor de potencia y  $\cos j$  prácticamente iguales
- ▶ Aumento de la tensión del juego de barras en un 3,2 %



### Reducción del coste económico visible



Una vez optimizados los costes técnicos se facilita la simulación de la factura eléctrica. En ella se observa el ahorro económico consecuente al estudio de eficiencia.

#### CÁLCULO DE LA FACTURA

Término de potencia:	489 kW x 12,770703 €/kW x 1 mes	6.244,87
Término de energía:	368.659 kW-h x 0,060824 €/kW-h	22.423,32
	<b>Subtotal</b>	<b>28.668,19</b>
Discriminación horaria:	46.311 kW-h x 40% x 0,060824 €/kW-h	1.126,73
Reactiva:	- 4 kr% x 28.668,19	-1.146,73
	<b>Total</b>	<b>28.648,19</b>

Cuota Impuesto electricidad:	28.648,19 x 4,864% x 1,05113	1.464,69
Total base imponible:		30.112,88
		4.891,83

#### CÁLCULO DE LA FACTURA

Término de potencia:	750 kW x 12,770703 €/kW x 1 mes	9587,03
Término de energía:	418.930 kW-h x 0,060824 €/kW-h	25.481,00
	<b>Subtotal</b>	<b>35.059,03</b>
Discriminación horaria:	85.020 kW-h x 40% x 0,060824 €/kW-h	2.068,50
Reactiva:	15.84 kr% x 35.059,03	5.553,35
	<b>Total</b>	<b>42.680,88</b>

Cuota Impuesto electricidad:	42.680,88 x 4,864% x 1,05113	2.182,14
Total base imponible		44.863,02
IVA	16%	7.178,08
<b>TOTAL FACTURA</b>		<b>52.041,10</b>

### Reducción del coste visible por máxima demanda

Siendo el máximo permitido sin penalización un 105 %, es decir, 525 kW, la factura eléctrica presenta, como término de potencia facturable, el valor obtenido de potencia eficiente 489 kW.

Óã] ••] Aëà] [ ç] à] A~AEBKHÈ Ì AÈ

### Reducción del coste visible por energía reactiva

En este caso, con un cos j final de 1 la bonificación queda de la siguiente forma:

$$K_r = \frac{37,026}{1} - 41,026 = - 4 \%$$

Óã] ••] Aëà] [ ç] à] A~AEBKHÈ Ì AÈ

### Reducción del coste visible por consumo en hora punta

En este caso, al eliminar una parte importante de la máxima demanda en hora punta, y mediante el cambio realizado en receptores eficientes (lámparas, etc.) se redujo en un 12 % la demanda de energía activa. Siendo el 77 % de reducción en la energía consumida en punta.

Óã] ••] Aëà] [ ç] à] A~AEBKHÈ Ì AÈ



## Conclusiones

### ▲ Reducción del coste técnico

- ▶ Ampliación de instalación innecesaria por falta de capacidad
- ▶ Capacidad disponible de la instalación

### ▲ Reducción del coste económico visible

El ahorro representado por las acciones de eficiencia energética mencionadas en este estudio representa el 33 % sobre el total del recibo.

Considerando los 12 meses del año con un consumo aproximado a este mes, el ahorro anual es de 1.200 €.

### ▲ Reducción del coste económico oculto

Mediante las acciones planteadas se evitan:

- ▶ Paradas de la instalación por sobrecarga del transformador
- ▶ Necesidad de ampliación del centro de transformación y la consecuente demanda de ampliación de potencia
- ▶ Paradas de proceso por fuga y mala calidad de onda
- ▶ Pago de energía innecesaria

### ▲ Reducción del coste ecológico

La reducción de emisiones de gases contaminantes (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>) que se consigue mediante la implementación de las acciones de eficiencia energética mencionadas en este estudio, la reducción anual de emisiones de gases contaminantes es de 362 t.

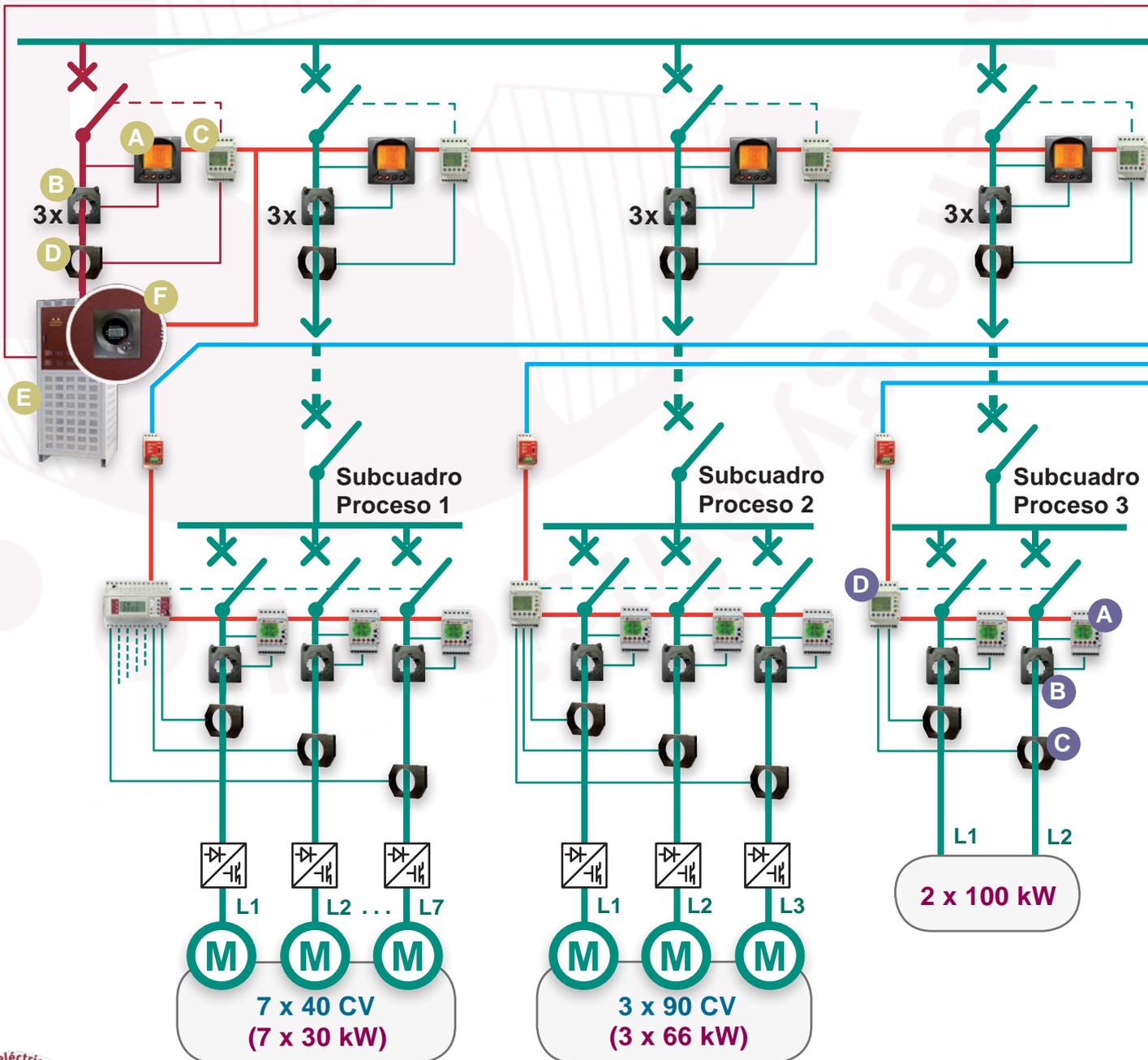
### Recomendación

Es importante realizar previamente una auditoría energética de la instalación objeto de estudio.



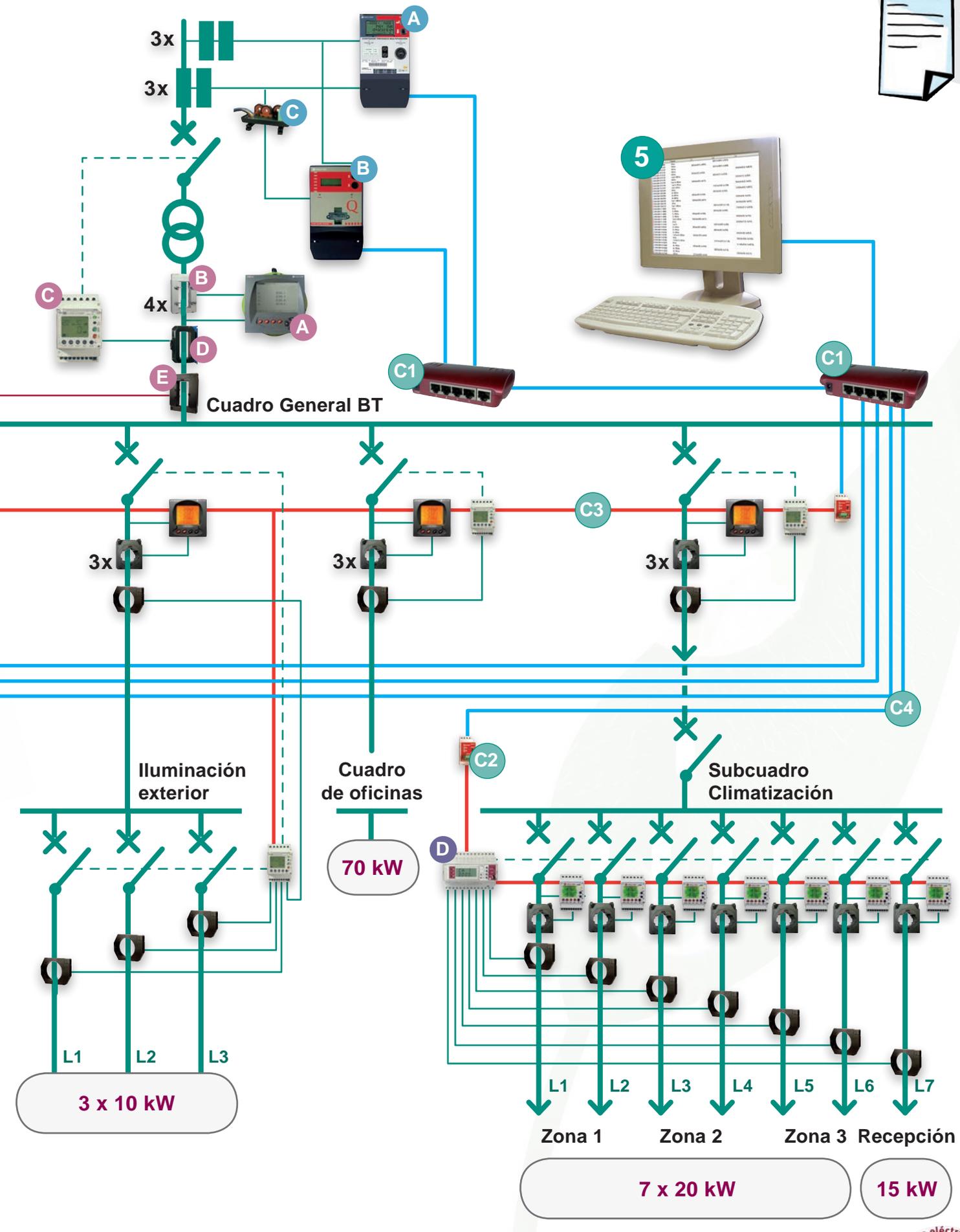
Esquema de implantación de sistema de medida

LISTA DE MATERIALES		Punto acometida	
<b>Entrada cuadro general</b>		A	1 contador CIRWATT
A	1 analizador de redes CVMk2	B	1 analizador de redes QNA 412
B	4 transformadores de corriente, de barra pasante TA	C	1 módulo ITF externo
2	C	<b>Subcuadros</b>	
C	1 relé de protección diferencial inteligente RGU-10C	A	1 contador de energía parcial EDMK
D	1 transformador toroidal WG	B	1 transformadores de corriente TC, salida cable
E	1 transformador TP, de barra partida, para batería de condensadores	C	1 transformador toroidal WG
<b>Salidas cuadro general</b>		D	1 central diferencial de 4/8 canales CBS-4/CBS-8
A	1 analizador de redes CVM NRG96	5	aplicación PowerStudio Scada
B	3 transformadores de corriente TC, salida cable	C1	2 HUB
C	1 relé de protección diferencial inteligente RGU-10C	C2	1 convertidor RS-485 / Ethernet TCP2RS
D	1 transformador toroidal WG	C3	bus RS-485
E	1 batería de condensadores estática con filtros de rechazo FR	C4	bus Ethernet
F	1 regulador reactiva computer magic		



Guía Técnica Eficiencia Energética Eléctrica

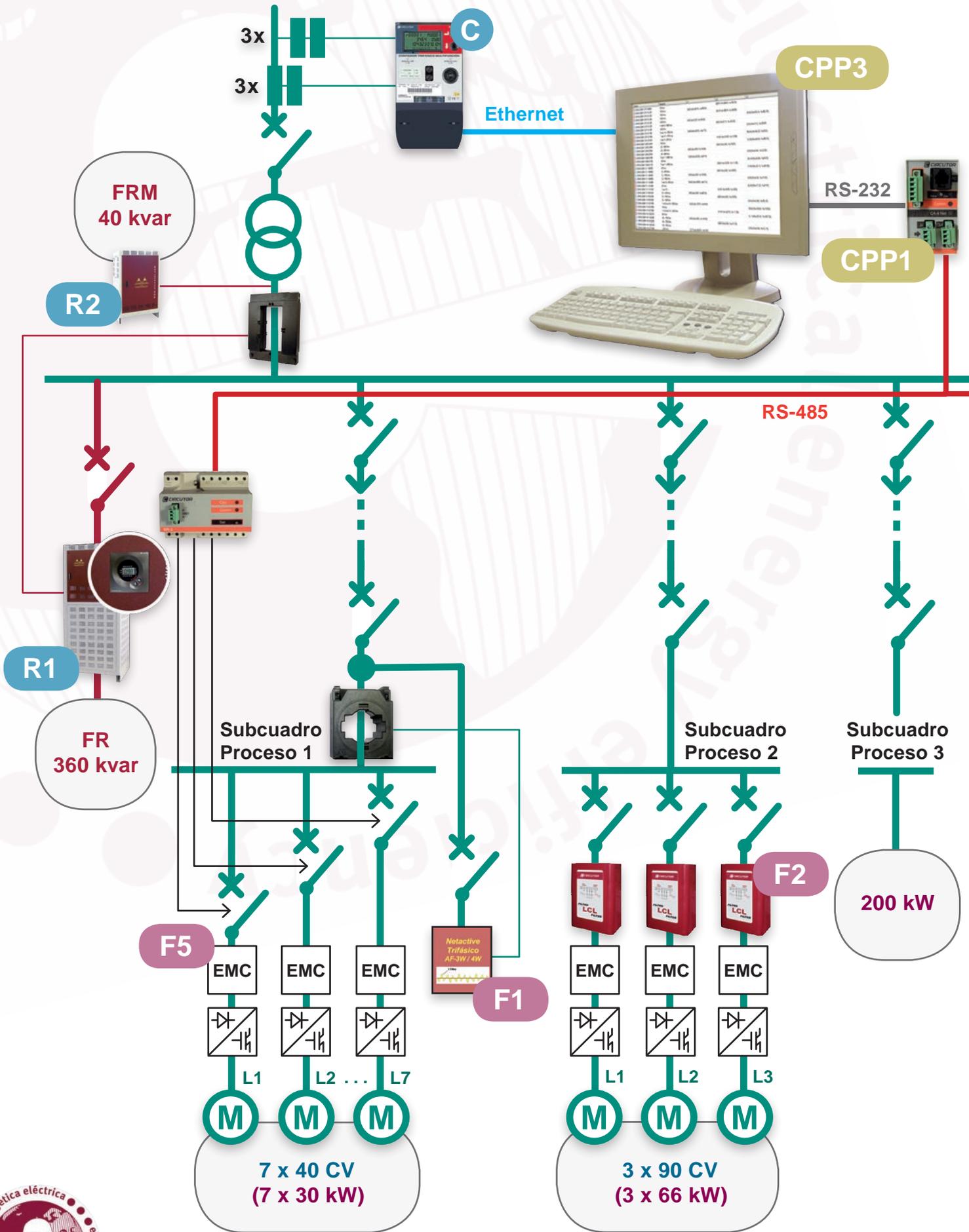




Notas de aplicación

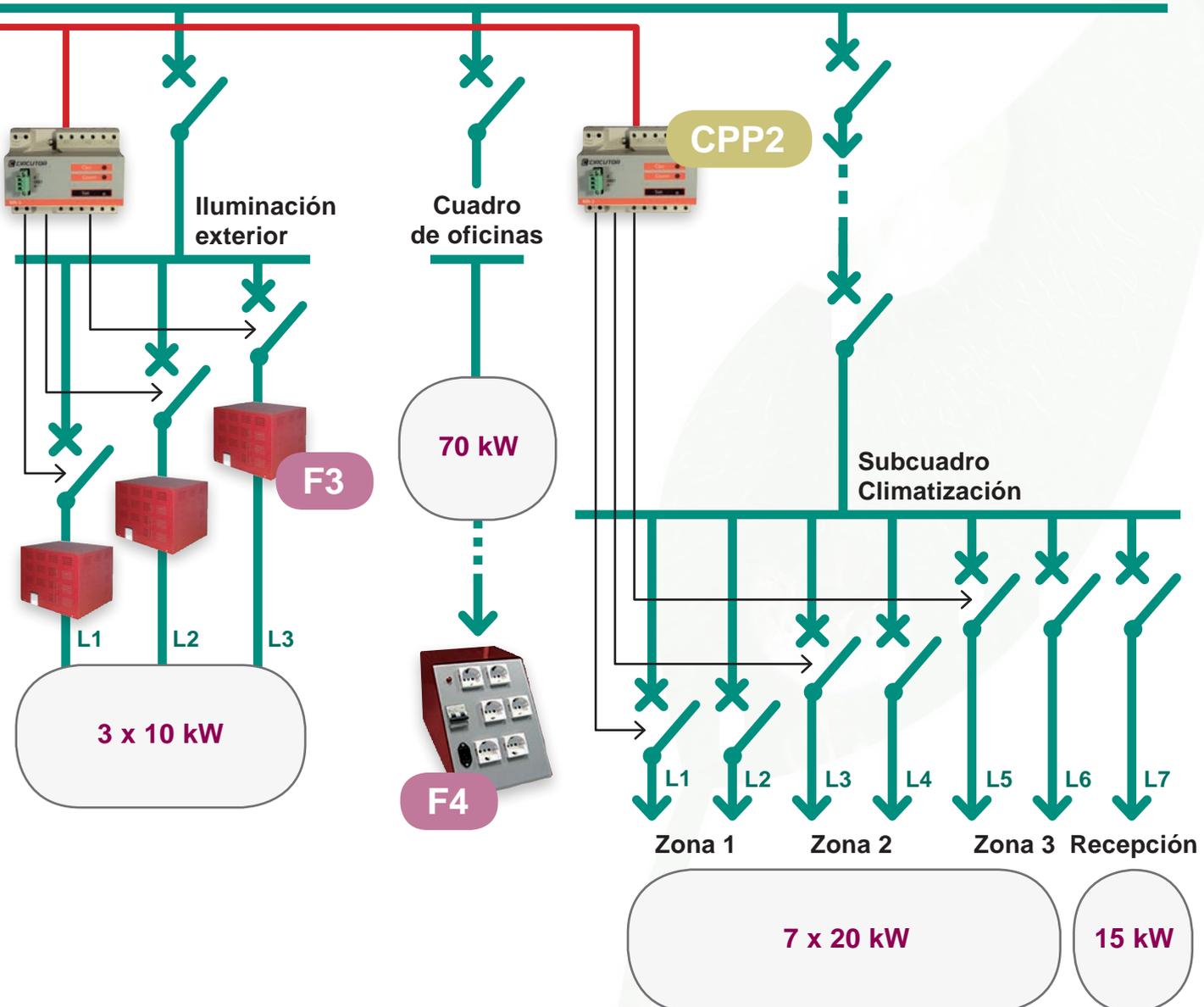


Esquema de implantación de equipos para la gestión de la demanda





LISTA DE MATERIALES	
R1	batería de condensadores con filtros de rechazo <b>FR</b>
R2	condensador fijo con filtro de rechazo e interruptor automático <b>FRM</b>
C	contador <b>CIRWATT</b>
F1	filtro activo <b>NETACTIVE 3W</b>
F2	filtro para convertidores <b>LCL</b>
F3	filtro trifásico de bloqueo del tercer armónico <b>FB3-T</b>
F4	filtro monofásico de bloqueo del tercer armónico <b>FB3</b>
F5	filtro <b>EMC</b> para corriente de alta frecuencia
CPP1	controlador de cargas <b>CA-4</b>
CPP2	módulo de expansión de cargas <b>MR-3</b>
CPP3	software <b>Power C</b>



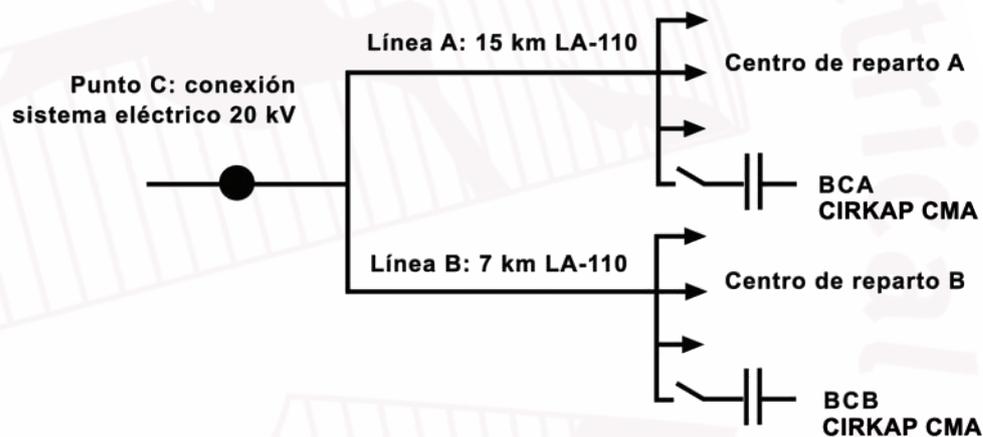
Notas de aplicación



### 11.3 Ejemplo de $e^3$ en una red de distribución de Media Tensión Reducción de pérdidas Joule en un sistema de distribución mediante líneas áreas

En este caso, se estudia la evolución del nivel de pérdidas de línea y caídas de tensión de un sistema de distribución a 20 kV con y sin baterías de condensadores conectadas.

Se procede a comparar el efecto de las baterías en una red aérea de MT de distribución de energía en una zona rural, en la que existen dos centros de reparto A y B.



#### Estado de cargas sin baterías de condensadores conectadas

Tal como está, el sistema presenta el estado de potencias que se muestra en la siguiente tabla:

	Punto de conexión C	Centro reparto A	Centro reparto B
(MW) Potencia activa	7.39	2.7	4.39
(Mvar) Potencia reactiva	3.70	1.23	2.13
fB K6 ŁEdiZc X'V' aparente	8.26	2.97	4.88
cos j	0.89	0.91	0.9
(kW) Pérdidas Joule	-	114.5	185
(kvar) Reactiva consumida por la línea	-	129	208
(%) Caídas de tensión	-	5.2	5.25

Como se observa, en el punto de conexión al sistema eléctrico C, las condiciones de conexión no son buenas, es decir, el volumen de potencia aparente es elevado y el factor de potencia bajo.





## Situación con las baterías conectadas

Para mejorar el estado de la red, se conecta una batería **CIRKAP CMA** de 1 100 kvar a 20 kV en el centro de reparto A (BCA) y una batería **CIRKAP CMA** de 2 000 kvar a 20 kV en el centro de reparto B (BCB).

El balance de potencias queda modificado tal y como se observa en la tabla siguiente:

	Punto de conexión C	Centro reparto A con BCA	Centro reparto B con BCB
(MW) Potencia activa	7.33	2.7	4.39
(Mvar) Potencia reactiva	0.54	0.13	0.13
fB K6 EdizcXV' aparente	7.36	2.7	4.39
cos j	0.99	0.99	0.99
(kW) Pérdidas Joule	-	94	150
(kvar) Reactiva consumida por la línea	-	106	170
(%) Caídas de tensión	-	3.9 %	3.8%

En este caso, se observa que en C las condiciones se han optimizado de una manera sustancial. Además, se han disminuido las pérdidas por efecto Joule a lo largo de las líneas y se han aumentado los niveles de tensión en los centros de reparto.

De esta forma, se han optimizado la explotación y el rendimiento de la línea y se ha garantizado el nivel de tensión a los usuarios.

Es importante destacar la disminución global de pérdidas por efecto Joule. En efecto, entre la línea A y B, las pérdidas globales han pasado de 300 a 244 kW. Es decir, una disminución de 56 kW.

### Cálculo de potencia activa en C

$$P_C = P_A + P_B + \text{Pérdidas}_{\text{red A}} + \text{Pérdidas}_{\text{red B}}$$

### Cálculo de potencia reactiva en C

$$Q_C = Q_A + Q_B + Q_{\text{red A}} + Q_{\text{red B}}$$

En función del número de horas, y obviamente en función del índice de carga de las líneas, se calcula las reducciones de coste económico y coste ecológico.

Considerando que las 8.760 horas del año la línea trabaja en este nivel de carga, representa un volumen de disminución de pérdidas de 490 000 kWh. Por tanto:

- ▶ Una reducción del coste económico de 12 250 € (0,6 t de CO<sub>2</sub> = 1 MWh)
- ▶ Una reducción del coste ecológico de 294 t de CO<sub>2</sub>. (0,6 t de CO<sub>2</sub> = 1 MWh)

Es cierto, que el estado de carga de la línea es variable y no siempre trabaja a plena carga; no obstante, tómesese este ejemplo como orientativo.

electrical energy efficiency





## Fichas técnicas de aplicación

- Sector Infraestructura
  - Aigües de Terrassa
- Sector Industria
  - NUPIK
- Sector edificios
  - Universidad Pablo de Olavide
  - ZURICH
  - CIRCUTOR

## 12. Ficha técnica de aplicación PowerStudio Scada

### 12.1 Aplicación Sector Infraestructura: Aigües de Terrassa

#### Aplicación realizada

- ▶ Empresa: AIGÜES DE TERRASSA, Planta de Abrera (Barcelona)
- ▶ Sector de actividad: CAPTACIÓN, POTABILIZACIÓN, ELEVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
- ▶ Fecha de realización: junio, 2006

#### Descripción de la actividad de la instalación

La estación de bombeo de aguas de Terrassa realiza las siguientes funciones:

- ▶ Tratar y potabilizar el agua para consumo doméstico, industrial, comercial y municipal
- ▶ Bombear el agua tratada, hasta las cotas de los depósitos generales de distribución
- ▶ Abastece una población aproximada de 240.000 habitantes (Terrassa y poblaciones lindantes)



#### Objetivos previos, descripción de la aplicación y resultados obtenidos

Controlar el rendimiento de la planta y realizar un seguimiento de los procesos.

Concretamente:

- ▶ Controlar las materias primas básicas:
  - Agua (Extraída y Enviada)
  - Energía (Contratación en torno a 3,5 MW, 6 períodos)
- ▶ Mejorar la seguridad en el proceso de potabilización:
  - Mayor control de dosificaciones de reactivos: Sistema redundante

#### Descripción de la aplicación

La aplicación realizada contempla las siguientes funciones:

- ▶ Monitorización y registro del proceso de tratamiento y bombeo de aguas:
  - Caudales, dosificación de reactivos, concentración de cloros, presión de cañerías, monitorización del tratamiento de barros procedentes del filtrado
- ▶ Monitorización y registro de los consumos energéticos de la planta:
  - Consumo total y consumos parciales de energía
  - Potencias instantáneas de la planta y de las principales cargas
  - Relación potencia / caudal de agua limpia bombeada
  - Visualización y control de la protección diferencial
- ▶ Realización de informes y estadísticas
- ▶ Gráficos y tablas de demanda de agua y energía
- ▶ Alarmas

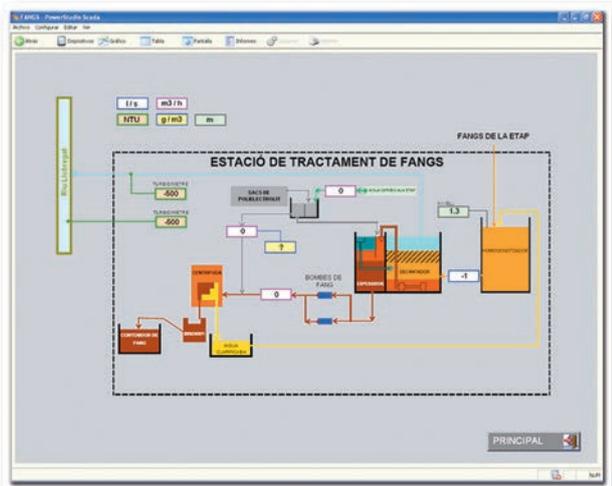


### Resultados Obtenidos

- ▶ Control de costes de operación. Mejorar la relación caudal potencia para aumentar la eficiencia de las bombas
- ▶ Estudio y seguimiento de todos los datos de producción, tales como consumo de reactivos, ratios de funcionamiento, etc.
- ▶ Reducción del coste de la energía mediante el seguimiento de:
  - ▶ los consumos de energía por tarifa, bombeando el máxima de agua posible en horas valle
  - ▶  $\cos \phi$  de la instalación
- ▶ Mejora del "Mantenimiento Predictivo" mediante:
  - ▶ Detección de sobrecargas en máquinas
  - ▶ Verificación del caudal adecuado para cada bomba
  - ▶ Verificación de válvulas de retención
  - ▶ Estimación del mantenimiento preventivo de las bombas a partir de un cierto numero de horas acumuladas
  - ▶ Verificación de aislamientos eléctricos

### Relación de materiales utilizados

- ▶ 40 Analizadores de redes **CVM BD RED**
- ▶ 3 Centrales diferenciales **CBS-8**
- ▶ 10 Módulos de entradas analógicas **CVM R8-A**
- ▶ 4 Módulos de centralización de impulsos **LM-24-M**
- ▶ 3 Equipos de comunicación vía radio **MRT + antenas**
- ▶ 4 Conversores Ethernet **TCP2RS**
- ▶ 4 Amplificadores RS-485
- ▶ 120 Transformadores de medida .../5 A



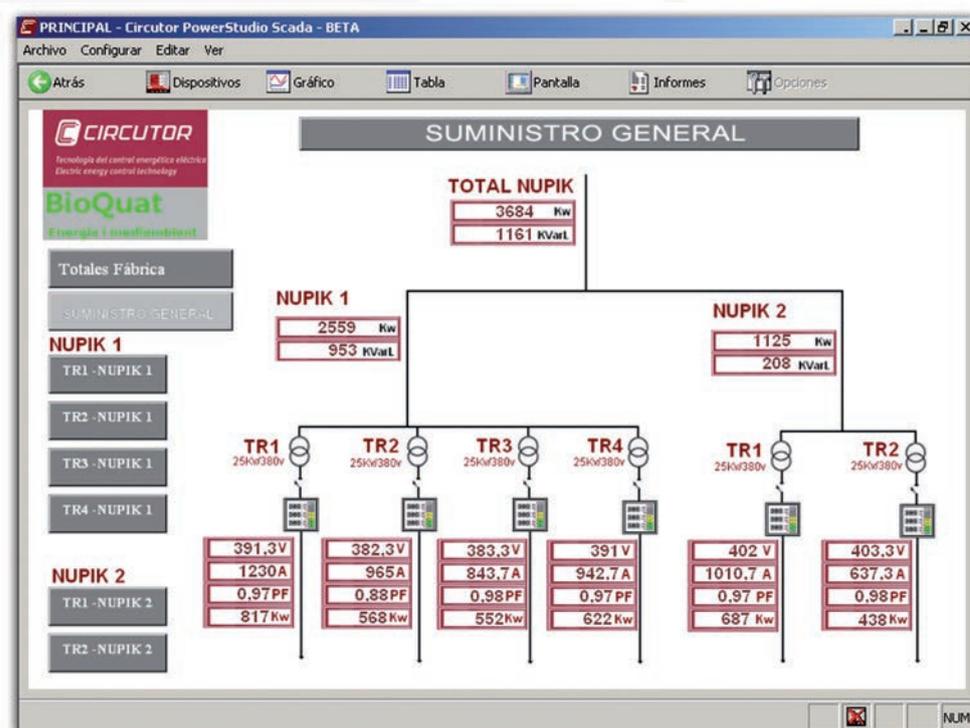
## 12.2 Aplicación Sector Industria: NUPIK

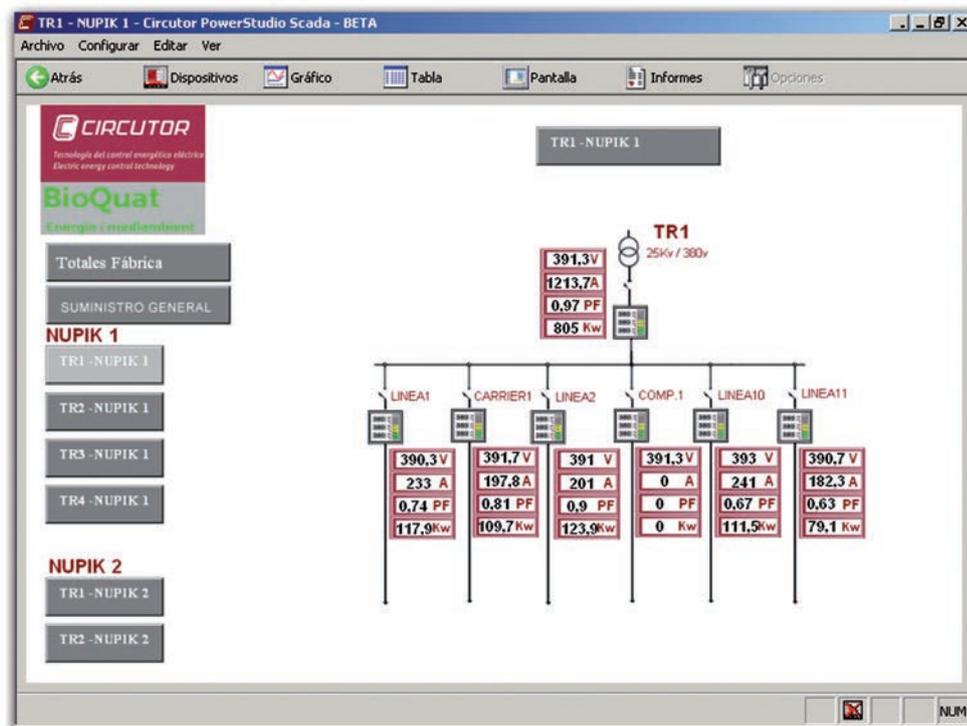
### Aplicación realizada

- ▶ Empresa: NUPIK, (Barcelona)
- ▶ Sector de actividad: TERMOCONFORMADO DE PLÁSTICOS
- ▶ Fecha de realización: enero, 2006
- ▶ Desarrollada por: BIOQUAT. Consultoría energética y medioambiental, S.L.

### Descripción de la actividad de la empresa

Industria dedicada al diseño, fabricación y comercialización de termoconformados de plástico, tales como vasos, platos y cubiertos de plástico.





## Objetivos

Los objetivos para los que se diseñó la aplicación **PowerStudio Scada** son:

- ▶ Gestión energética de la industria y la consecuente reducción del coste de la energía eléctrica mediante el control del factor de potencia, puntas de máxima demanda y consumo horario de energía. Consumo anual de energía 27 GWh
- ▶ Imputación del coste de energía eléctrica por unidad de producto producido
- ▶ Elaboración automática de informes de simulación de recibo eléctrico y de imputación de costes (departamentales y marginales de producto)

## Descripción de la aplicación

Aplicación de **PowerStudio Scada** mediante un sistema de gestión de energía eléctrica e imputación de costes de:

- ▶ 6 centros de transformación
- ▶ Oficinas
- ▶ 13 líneas de producción
- ▶ Líneas de alumbrado de muelles de carga
- ▶ Compresores y grupos de frío
- ▶ Almacenes

## Resultados obtenidos

- ▶ Reducción en un 5%, del consumo de energía activa debido a la información obtenida del sistema **PowerStudio Scada**. Principalmente, se ha realizado mediante el control de líneas de producción, evitando que trabajen en vacío
- ▶ Optimización del factor de potencia
- ▶ Correcta imputación del coste de energía en productos fabricados

## Relación de materiales utilizados

Número de Equipos	Tipo
1	PowerStudio Scada. V2.5
38	CVM-k
2	Convertidores Ethernet
2	Amplificador RS-485/RS-485
114	Transformadores de corriente TC



## 12.3 Aplicación Sector Edificios: Universidad Pablo de Olavide

### Aplicación realizada

- ▶ Empresa: UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE
- ▶ Sector de actividad: DOCENCIA E INVESTIGACIÓN
- ▶ Actualización de la aplicación: noviembre, 2006
- ▶ Desarrollada por: SERVICIO DE INFRAESTRUCTURAS

### Descripción de la actividad de la instalación



### Objetivos

Control integral de las instalaciones del campus con 45 edificios, una superficie aproximada de 14 hectáreas y 10.000 personas entre alumnos, profesores y personal de administración y servicios.

- ▶ Control de consumos de energía, agua, gas, etc.
- ▶ Mantenimiento monitorizado de las instalaciones
- ▶ Gestión de alarmas vía SMS o email de las incidencias

Encendidos y apagados remotos de las instalaciones por los servicios de mantenimiento, seguridad, conserjerías etc.

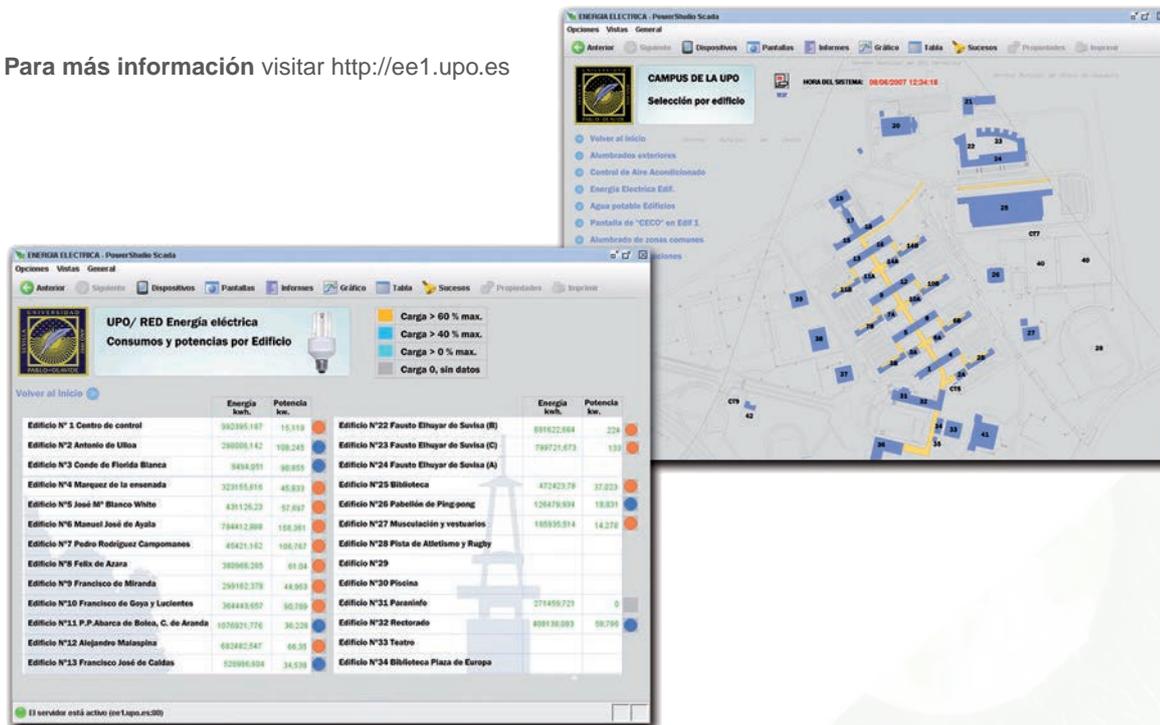
Herramienta de trabajo para los alumnos de la Universidad al poder consultar on-line los datos de consumos y los parámetros de los distintos edificios en los trabajos relacionados con sus estudios.



## Descripción de la aplicación

- ▶ La aplicación **PowerStudio Scada** contempla los puntos descritos en el apartado de objetivos, para los diferentes tipos de infraestructuras:
  - ▶ Edificios: clases, biblioteca, residencia, etc.
  - ▶ Servicios del campus: cafeterías, comedores, quioscos, deportes, guarderías, etc.
  - ▶ Iluminación exterior de viales
  - ▶ Red de aguas
  - ▶ Red eléctrica: centros de transformación y cuadros de distribución

Para más información visitar <http://ee1.upo.es>



## Resultados obtenidos

- ▶ Ahorro de energía de aproximadamente un 40%, mediante paros de la instalación por control de presencia y la gestión totalmente automática del encendido y apagado de las instalaciones
- ▶ Ahorro del consumo de agua potable de aproximadamente un 50%, detectando las fugas de agua en tiempo real y comunicando al personal de servicios la avería vía SMS y email, para una actuación inmediata
- ▶ Mayor eficiencia del personal de mantenimiento haciendo más con menos personas. Ahorro en el mantenimiento preventivo al tener monitorizados en tiempo real los parámetros críticos de la instalación
- ▶ Aprovechamiento real de las capacidades de la instalación, (transformadores de potencia, plantas enfriadoras, etc.) debido al conocimiento minuto a minuto del uso real que se está haciendo gracias a los contadores y los analizadores de red
- ▶ Ampliación de la vida útil de los equipos, ya que la manipulación es, por lo general, de forma remota y se evitan malos usos y sabotajes

## Relación de materiales utilizados

Número de Equipos	Tipo
2	PowerStudio Scada V2.5
5	CBS-4
2	CVM-144
7	CVM-96
34	CVM-BD
5	CVM-BC
3	CVM-MINI
20	Transformadores toroidales WGS

Número de Equipos	Tipo
5	CVM-k
1	CVM-NRG96
56	CVM-R8 (D-C) + CVMR10C
6	Concentrador LM24M
10	Convertidores Ethernet
10	Contador de impulsos MK
4	Amplificadores RS-485 / RS-485
339	Transformadores de corriente TC



## 12.4 Aplicación Sector Edificios: ZURICH

### Aplicación realizada

- ▶ Empresa: ZURICH, edificio corporativo (Barcelona)
- ▶ Sector de actividad: SEGUROS
- ▶ Fecha de realización: Actualización enero, 2007
- ▶ Desarrollada por: CYGESA INGENIEROS. Asesoría energética



### Descripción de la actividad de la empresa

Empresa dedicada a la comercialización, para particulares y empresas, de diferentes tipos de pólizas de seguros.

### Objetivos

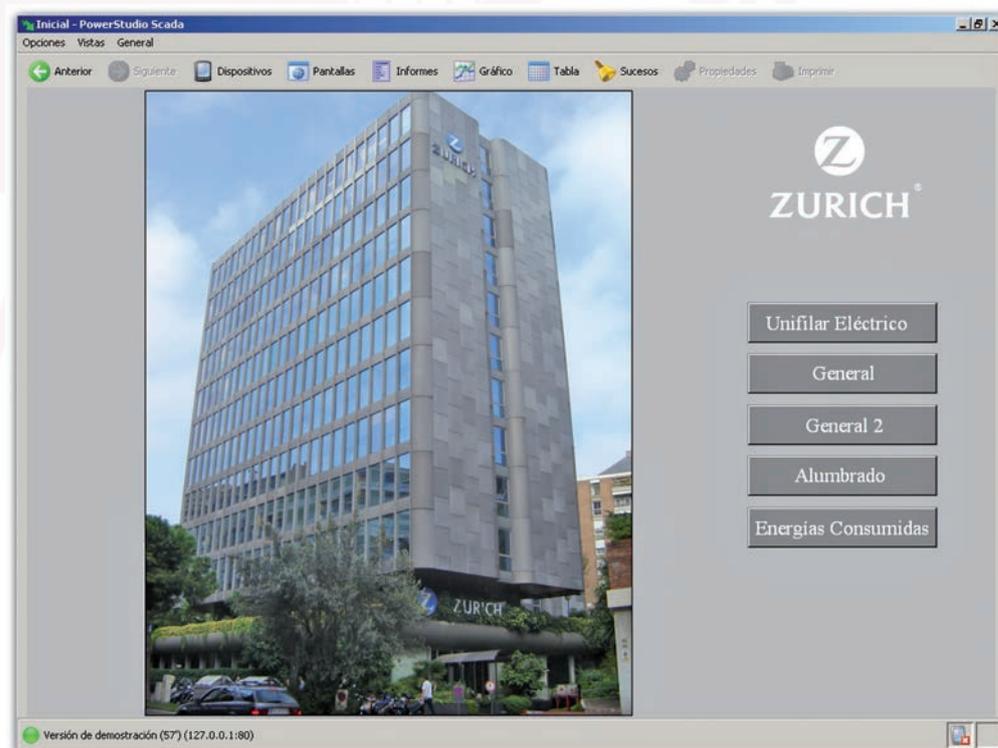
Los objetivos por los que se diseñó la aplicación **PowerStudio Scada** son:

- ▶ Imputación de costes de energía eléctrica por departamentos y áreas de trabajo
- ▶ Gestión energética del edificio y la consecuente reducción del coste de la energía eléctrica
- ▶ Control de la calidad de suministro eléctrico
- ▶ Gestión técnica de la red. Seguimiento de potencias para poder gestionar la capacidad de la instalación

### Descripción de la aplicación

Aplicación de **PowerStudio Scada** realizada sobre la instalación existente, mediante la que se realiza un sistema de gestión integral de energía eléctrica del edificio. Este consta de:

- ▶ Oficinas
- ▶ Sala de ordenadores
- ▶ Maquinaria: ascensores y climatización
- ▶ Alumbrado
- ▶ Sistema de alimentación interrumpida
- ▶ Grupos electrógenos





## Resultados obtenidos

El sistema de gestión energética ha permitido conocer con detalles el consumo energético por zonas, lo que ha supuesto una mayor concienciación y un uso más racional de la energía eléctrica.

Imputación de costes energéticos por departamentos, gracias a la herramienta de elaboración de informes energéticos del **PowerStudio Scada**.

Conocimiento a tiempo real, de la demanda de potencia, estado del factor de potencia, niveles de tensión de entrada, armónicos, etc.

La información acumulada y su posterior análisis, ha permitido la obtención de un ahorro de energía del 25 % respecto al consumo inicial.

## Relación de materiales utilizados

Número de Equipos	Tipo
1	<b>PowerStudio Scada. V2.5</b>
23	<b>CVM-MINI</b>
1	Convertidores Ethernet
1	Amplificador RS-485/RS-485
69	Transformadores de corriente <b>TC</b>



## 12.5 Aplicación Sector Edificios: CIRCUTOR

### Aplicación realizada

- ▶ Empresa: CIRCUTOR
- ▶ Sector de actividad: Fabricante de material eléctrico
- ▶ Fecha de realización: Actualización de la aplicación, septiembre, 2006

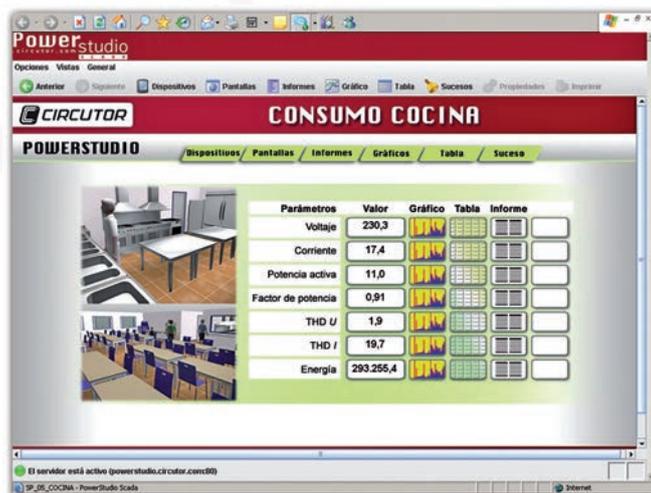
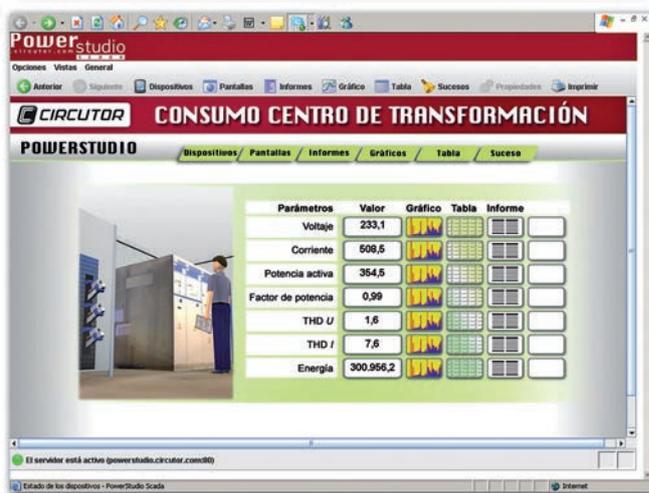
### Descripción de la actividad de la empresa

Empresa dedicada al diseño, fabricación y comercialización de materiales eléctricos y soluciones para el control y la eficiencia energética eléctrica.



### Objetivos

- ▶ Los objetivos para los que se diseñó la aplicación **PowerStudio Scada** en el edificio corporativo fueron:
  - ▶ Control de la calidad de suministro eléctrico
  - ▶ Gestión energética del edificio
  - ▶ Optimización del consumo de energía eléctrica
  - ▶ Imputación del coste de energía eléctrica por departamento



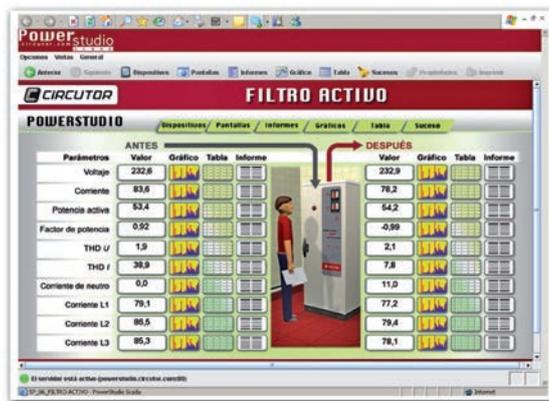
### Descripción de la aplicación

Aplicación de **PowerStudio Scada** mediante un sistema de medida y supervisión en las diferentes áreas de la empresa:

- ▶ Punto de conexión a la red de suministro (medida y calidad de suministro)
- ▶ Cuadro general de baja tensión
- ▶ Secciones del edificio:
  - ▶ Oficinas
  - ▶ Almacén



- ▶ Talleres
- ▶ Cocina y comedor
- ▶ Servicios generales
  - ▶ Iluminación exterior y de emergencia
  - ▶ Líneas de alumbrado de muelles de carga
  - ▶ Máquinas de aire acondicionado



### Resultados obtenidos

- ▶ Reducción en un 11%, del consumo de energía activa del edificio corporativo
- ▶ Imputación de costes a los diferentes departamentos y fábricas del edificio
- ▶ Filtrado de armónicos y seguimiento de la evolución de la tasa de distorsión
- ▶ Control y seguimiento de corrientes de fuga



### Relación de materiales utilizados

Número de Equipos	Tipo
1	PowerStudio Scada. V2.5
1	Analizador de la calidad de suministro QNA-412 Ethernet
2	Analizador de redes CVM-K2
13	Analizador de redes CVM-B/BD
1	Analizador de redes CVM-BC
1	Regulador de reactiva computer C-14d
1	Indicador digital de temperatura DH-96
5	Convertidores
2	Amplificador RS-485/RS-485
1	Contador CIRWATT C 410-UT5C
3	Centralita diferencial CBS-8
24	Tranformador toroidal WGS
48	Trasformadores de corriente TC
1	Trasformador de corriente TA
1	Batería de condensadores CIRVAC

Más información: <http://powerstudio.circuitor.com>





# Entre en la nueva web de e<sup>3</sup> de CIRCUTOR

<http://eficienciaenergetica.circutor.es>

<http://energyefficiency.circutor.com>

<http://eficienciaenergetica.circutor.cat>

CIRCUTOR. Eficiencia Energética Eléctrica

Inicio | ¿Qué es? | Documentación | Eventos | CIRCUTOR

El gran aumento de demanda de energía actual, así como las previsiones existentes a corto plazo, muestran una serie de grandes problemas a escala mundial:

- Afectación grave al medio ambiente
- Encarecimiento progresivo de las energías fósiles
- Repercusiones sobre las economías

Las razones que llevan a este análisis son básicamente dos. Por un lado la dependencia en un porcentaje muy elevado, de los combustibles fósiles, tal y como se describe a continuación:

- 80 % combustibles fósiles
- 10 % biomasa tradicional
- 6 % energía nuclear
- 2 % hidráulica
- 2 % energías renovables

Por otro, la utilización del 53 % de la energía generada por el 15 % de la población mundial. Lo que está implicando grandes aumentos de demanda de energía en economías emergentes.

Por tanto, para poder compatibilizar las necesidades de energías actuales y futuras, con el medio ambiente y las economías, existen dos líneas de trabajo muy importantes:

- La implantación de energías renovables
- Un uso más racional y consciente de la energía, o lo que es lo mismo, **la necesidad de fuertes políticas de Eficiencia Energética**

CIRCUTOR le va a dar los consejos para que usted tenga una **instalación eléctrica energéticamente eficiente**

eficienciaenergetica@circutor.es | Tel. (+34) 93 749 28 00

35 años apostando por la eficiencia y el control energético

CIRCUTOR. Eficiencia Energética Eléctrica

¿Qué es? | Documentación | Eventos | CIRCUTOR

Artículos técnicos | Aplicaciones

EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA (PDF)

de 2007.01 "Eficiencia Energética Eléctrica" (PDF)

eficienciaenergetica@circutor.es | Tel. (+34) 93 749 28 00

35 años apostando por la eficiencia y el control energético

CIRCUTOR. Eficiencia Energética Eléctrica

Inicio | ¿Qué es? | Documentación | Eventos | CIRCUTOR

Jornadas | Ferias | Notas de prensa | Enlaces recomendados

Año	Evento	Organizador
2006	Jornada de Gestión Energética Municipal	INEGA
	Energy Congress	Barcelona
	Eficiencia Energética	Viladecavalls
	Eficiencia Energética	Geraña
2007	Eficiencia energética en instalaciones de Bu...	Dirección de Barce...
	Jornadas de eficiencia energética	Dirección de Barce...
	Introducción   Plan   Programa	Dirección de Barce...
	18-10 (Bilbao) / Organiza: Dirección	Dirección de Barce...

eficienciaenergetica@circutor.es | Tel. (+34) 93 749 28 00

35 años apostando por la eficiencia y el control energético

CIRCUTOR. Eficiencia Energética Eléctrica

Inicio | ¿Qué es? | Documentación | Eventos | CIRCUTOR

¿Qué es? | ¿Por qué es necesario? | ¿Cómo realizarla?

Es la reducción de la potencia contratada y energía eléctrica demandada a la red sin que afecte a las actividades normales realizadas en un edificio, industria, o procesos de transformación.

eficienciaenergetica@circutor.es | Tel. (+34) 93 749 28 00

35 años apostando por la eficiencia y el control energético

