

3 Potencia y energía eléctrica

Contenidos

- 3.1. Potencia eléctrica
- 3.2. Medida de la potencia eléctrica
- 3.3. Energía eléctrica
- 3.4. Medida de la energía eléctrica

Objetivos

- Definir el concepto de potencia y energía eléctrica.
- Aplicar las expresiones matemáticas de la potencia y energía eléctrica para resolver cuestiones prácticas.
- Relacionar la potencia perdida en un conductor con su resistencia y corriente.
- Medir la potencia y la energía eléctrica.

El conocimiento de la potencia eléctrica de un receptor es importante, ya que nos indica lo capaz que es este de realizar una determinada tarea: iluminar (lámparas), trabajo mecánico (motores), calentar (resistencias calefactoras), etc. Cuanta más potencia posea el receptor, más rápido realizará la tarea o trabajo. Como estudiaremos más adelante, al aumentar la potencia también aumenta la intensidad de corriente por el circuito.

El conocimiento de la energía eléctrica consumida por un receptor es también importante, puesto que a partir de este concepto se negocia la factura que hay que abonar a la compañía suministradora de energía eléctrica.

3.1. Potencia eléctrica

La unidad de potencia eléctrica es el vatio (W). Si nos preguntan qué lámpara luce más, una de 60 W o una de 40 W, la respuesta sería muy clara: la de 60 W, que es la que más potencia posee. Pero ¿qué es la potencia eléctrica?

En la asignatura de física, se suele definir la potencia como la rapidez con la que se ejecuta un trabajo, es decir, la relación que existe entre el trabajo realizado y el tiempo invertido en realizarlo.

Como todos sabemos, el trabajo se produce gracias a la energía. Trabajo y energía son dos conceptos que dicen lo mismo:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo}}{\text{Tiempo}}$$

$$P = \frac{E}{t}$$

P = Potencia en vatios (W).

E = Energía en julios (J).

t = Tiempo en segundos (s).

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}}$$

Actividad resuelta 3.1

Determina la potencia que debe desarrollar un ascensor que pesa 500 kg si para subir al quinto piso (a una distancia de 25 m del suelo) emplea un tiempo de 50 segundos al moverse a una velocidad de 0,5 m/s. Calcula también la energía consumida.

Solución:

El trabajo que necesita un móvil para desplazarse a una cierta distancia es el producto de la fuerza aplicada multiplicado por la distancia recorrida:

$$E = F \cdot e = 4.905 \cdot 25 = 122.625 \text{ J}$$

(pasamos los kg a Nw: $500 \text{ kg} \cdot 9,81 = 4.905 \text{ Nw}$)

$$P = \frac{E}{t} = \frac{122.625}{50} = 2.452,5 \text{ W} = 2,5 \text{ kW}$$

Para determinar la potencia también nos podíamos haber valido de la siguiente expresión, que nos indica que la potencia desarrollada por un móvil es el producto de la fuerza aplicada por la velocidad de aquel:

$$P = F \cdot V = 4.905 \cdot 0,5 = 2.452,5 \text{ W}$$

¿Cómo será la potencia a desarrollar por el ascensor si queremos que suba al quinto piso en tan solo 20 segundos?

La fuerza que mueve un móvil es similar a la tensión que impulsa a moverse a los electrones por un circuito eléctrico. Por otro lado, la velocidad con que se mueve un móvil se puede comparar con la cantidad de electrones que fluyen en un circuito eléctrico en la unidad de tiempo, es decir, de la intensidad de la corriente eléctrica. Según esto, la expresión de la potencia podría quedar así:

$$P = U \cdot I$$

La potencia eléctrica es el producto de la tensión por la intensidad de la corriente.

Actividad resuelta 3.2

En una habitación existe una base de enchufe de 16 amperios. Se quiere determinar la potencia máxima del aparato eléctrico que se puede conectar al enchufe, teniendo en cuenta que la tensión es de 230 voltios.

Solución:

Que la base de enchufe sea de 16 amperios quiere decir que esta es la máxima intensidad que puede circular por él sin que se caliente excesivamente. Luego la potencia máxima que podrá suministrar será:

$$P = U \cdot I = 230 \cdot 16 = 3.680 \text{ W}$$

Actividad resuelta 3.3

Calcula la potencia que consume un horno eléctrico si se conecta a una tensión de 230 V y su resistencia es de 50 Ω.

Solución:

Primero calculamos la intensidad, aplicando la ley de Ohm:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{230}{50} = 4,6 \text{ A}$$

$$P = U \cdot I = \dots = 1.058 \text{ W}$$

Actividad resuelta 3.4

La potencia de una cocina eléctrica es de 3,5 kW. Se quiere saber si será suficiente con una base de enchufe de 25 A para conectarla a una red de 230 V.

Solución:

$$P = U \cdot I; \text{ despejando: } I = \frac{P}{U} = \frac{3.500 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 15,2 \text{ A}$$

Como la base de enchufe soporta hasta 25 A, está claro que es suficiente para conectar la cocina.

Actividad propuesta 3.1

Resuelve los ejercicios planteados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1.

Ejercicio	I	U	R	P
1.º	5 A	500 mV	?	?
2.º	20 A	?	5 Ω	?
3.º	30 mA	?	?	5 W
4.º	?	200 V	?	100 mW
5.º	?	10 kV	15 kΩ	?
6.º	?	?	600 mΩ	1 kW



La solución a esta Actividad propuesta la puedes encontrar dentro del MATERIAL WEB elaborado para este texto.

3.2. Medida de la potencia eléctrica

El aparato que mide la potencia eléctrica es el vatímetro.

En realidad, el vatímetro mide por separado la tensión y la intensidad de la corriente, para después realizar la operación $P = U \cdot I$ (Figura 3.2).

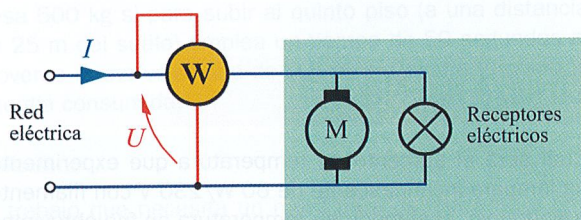


Figura 3.2. Esquema de conexiones del vatímetro.

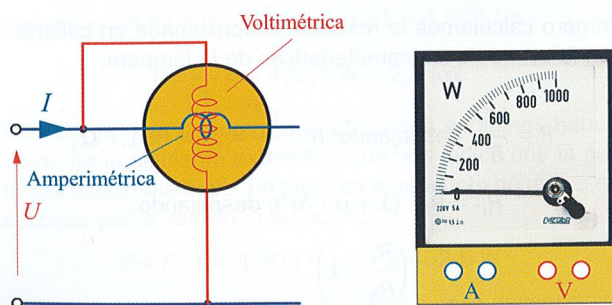


Figura 3.3. Circuitos internos del vatímetro.

Este aparato consta de dos bobinas, una amperimétrica y otra voltimétrica (Figura 3.3). La bobina amperimétrica posee unas características similares a la de un amperímetro: tiene una resistencia muy baja y se conecta en serie. La bobina voltimétrica posee las mismas características que las de un voltímetro: tiene una resistencia muy alta y se conecta en paralelo.

3.3. Energía eléctrica

De la expresión que relaciona la energía con la potencia se deduce que la energía es el producto de la potencia por el tiempo. El cálculo de la energía eléctrica consumida por un receptor es muy interesante, especialmente para los consumidores, ya que sobre él se establecen los costes que facturan las compañías eléctricas.

$$P = \frac{E}{t}; \text{ despejando: } E = P \cdot t$$

¿Cuál es la unidad de medida de la energía eléctrica? Todo dependerá de las unidades que se tomen de la potencia y del tiempo.

$E = P \cdot t$			
P (W)	t (s)	P (kW)	t (h)
$E = W \cdot s = \text{Julios}$		$E = \text{kW} \cdot \text{h} = \text{kilovatios} \cdot \text{hora}$	

El julio es la unidad perteneciente al Sistema Internacional. Como es muy pequeña, se suele utilizar más el kWh.

Actividad resuelta 3.9

Calcula la energía, en kWh y julios, consumidos por un calefactor de 500 W en 8 horas de funcionamiento.

Solución:

$$E = P \cdot t = 0,5 \text{ kW} \cdot 8 \text{ h} = 4 \text{ kWh}$$

$$500 \text{ W} = 500/1.000 = 0,5 \text{ kW}$$

$$E = P \cdot t = 500 \text{ W} \cdot 28.000 \text{ s} = 14.400.000 \text{ julios}$$

$$8 \text{ horas} = 8 \cdot 3.600 = 28.800 \text{ s}$$

Actividad resuelta 3.10

Se quiere determinar el gasto bimensual de un calefactor de 500 W, que funciona, por término medio, 4 horas al día. Precio del kWh: 0,09 €.



Solución:

$$E = P \cdot t = 0,5 \text{ kW} \cdot 240 \text{ h} = 120 \text{ kWh}$$

$$t = 60 \text{ días} \cdot 4 \text{ h} = 240 \text{ h}$$

$$\text{Gasto} = 120 \text{ kWh} \cdot 0,09 \text{ €} = 10,8 \text{ €}$$

Actividad resuelta 3.11

¿Cuánto tiempo podremos tener conectado un televisor de 100 W si deseamos gastar 1 € en concepto de energía eléctrica, siendo el precio del kWh de 0,1 €?

Solución:

Gasto = $E \cdot \text{precio kWh}$, despejando

$$E = \frac{\text{Gasto}}{\text{precio kWh}} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ kWh}$$

$$E = P \cdot t, \text{ despejando } t = \frac{E}{P} = \frac{10}{0,1} = 100 \text{ horas}$$

3.4. Medida de la energía eléctrica

El aparato que mide la energía eléctrica consumida es el contador y, como todos bien sabemos, es el que nos dice, a fin de cuentas, lo que debemos pagar a la compañía eléctrica.

El contador se conecta exactamente igual que un vatímetro, y nos da la lectura de la energía consumida, gracias a que integra el producto de la potencia por el tiempo (Figura 3.4).

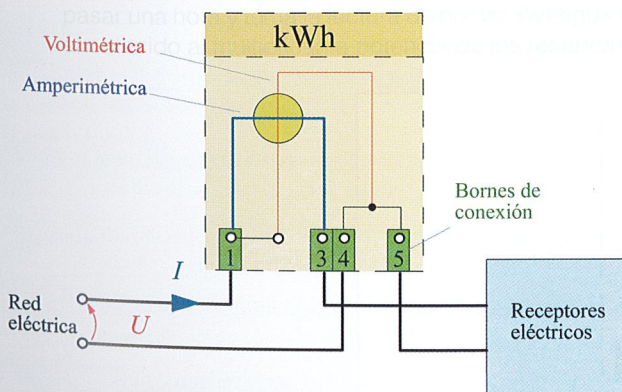


Figura 3.4. Esquema eléctrico de un contador de energía.

El contador de energía que más se ha estado utilizando hasta hace unos pocos años es el de inducción, que realiza la medida gracias a un sistema motorizado, que obliga a girar un disco. La velocidad de dicho disco depende del producto de la tensión por la intensidad, es decir de la potencia. Existe

un sistema que cuenta el número de vueltas y presenta una lectura directa de los kWh consumidos.

El contador de energía digital ha sustituido prácticamente en su totalidad al de inducción y su funcionamiento es totalmente electrónico. Este equipo de medida envía por vía telemática la lectura del consumo a la distribuidora de energía a tiempo real, por lo que se evita el que un técnico tenga que desplazarse y realizar la lectura presencial. Este contador permite la contratación de tarifas, por parte del usuario, con discriminación horaria y la posibilidad de realizar un seguimiento del consumo diario a través de una aplicación móvil o un espacio web.

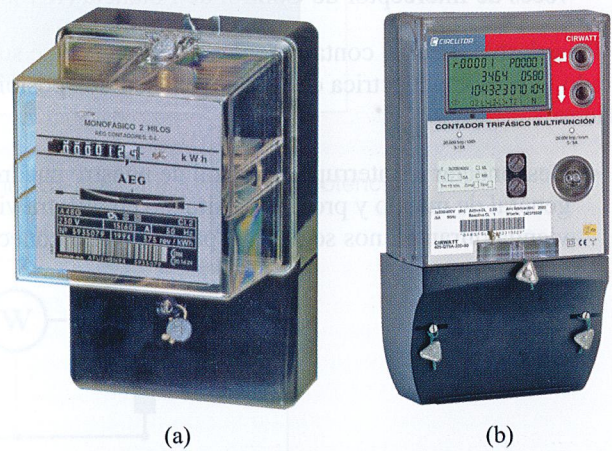


Figura 3.5. Contador de energía: (a) De inducción; (b) Digital e inteligente

3.4.1. Funcionamiento del contador de energía digital

En la Figura 3.6 se muestra, como ejemplo, el panel frontal de un contador digital monofásico.

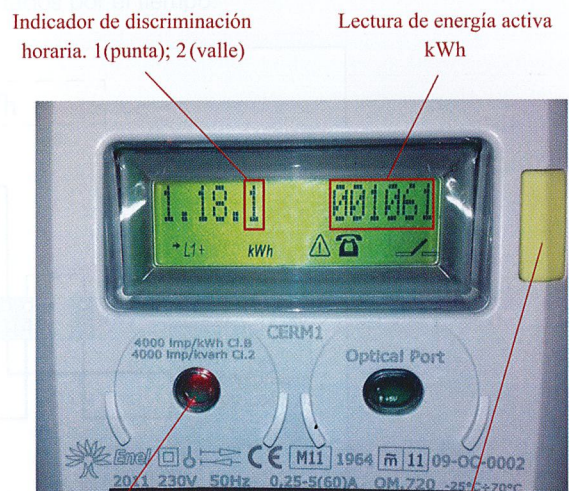


Figura 3.6. Panel frontal de un contador de energía digital.

El **piloto de luz rojo** nos da información sobre el estado actual de funcionamiento:

- **Apagado:** no hay consumo de energía eléctrica.
- **Parpadea de forma continua:** sí hay consumo de energía eléctrica.
- **Parpadea de forma rápida:** el consumo de energía es muy alto.
- **Luz roja fija:** el contador se ha bloqueado al haberse superado la potencia eléctrica contratada y se interrumpe el suministro eléctrico. Este sistema hace las veces de Interceptor de Control de Potencia (ICP).

Para desbloquear el contador en el caso de haberse superado la potencia eléctrica contratada existen dos posibilidades:

- Desconectar el interruptor general de nuestro cuadro general de mando y protección situado en nuestra vivienda durante unos segundos, para volver a conec-

tarlo y restablecer así el servicio de suministro de energía eléctrica.

- Pulsando el botón amarillo de menú situado en el panel frontal del contador.

El **pulsador de menú** nos da acceso a los diferentes menús de lectura. Si se mantiene pulsado el botón durante dos segundos, el *display* mostrará «Modo lectura» y entraremos en unos menús.

Para moverse en las distintas opciones del menú basta con una pulsación corta. Para seleccionar una opción realizamos una pulsación más larga (más de dos segundos).

Con el pulsador de menú podremos acceder, entre otros parámetros, a las lecturas de consumo por discriminación horaria, como por ejemplo:

- **1.18.0:** energía total consumida.
- **1.18.1:** lectura de contador en horas punta.
- **1.18.2:** lectura de contador en horas valle.
- **1.18.3:** lectura de contador en horas supervalle.



Comprobación práctica en el laboratorio

- 3.1. Medida de la potencia eléctrica.** Con los datos obtenidos en las lecturas del voltímetro y del amperímetro de la Actividad de comprobación práctica en el laboratorio 2.1, calcula la potencia que le correspondería a las resistencias utilizadas en dicha actividad (Figura 3.7).

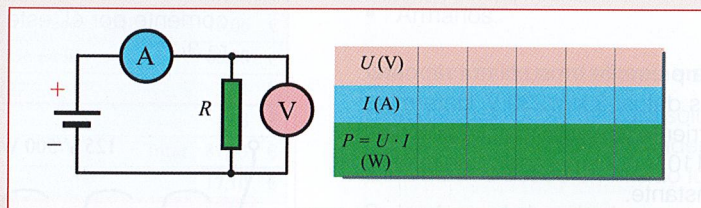


Figura 3.7.

Ahora toma un vatímetro y mediante el esquema de conexiones de la Figura 3.8 mide su potencia.

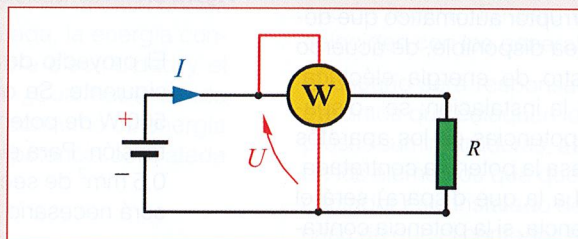


Figura 3.8.

Compara los resultados obtenidos por ambos métodos de medición. Lo más probable es que estos no sean iguales. Esto nos indica que los aparatos de medida no son perfectos y que, por tanto, cometen errores. También hay que tener en cuenta los errores que hayamos podido cometer nosotros al tomar las medidas.

- 3.2. Medida de la energía eléctrica.** Con ayuda del esquema de conexiones del contador de energía de la Figura 3.9 conecta un grupo de lámparas o un motor eléctrico de potencia conocida a un contador. Anota la lectura inicial del contador, deja pasar una hora y toma la lectura de nuevo. Averigua la energía consumida y comprueba si el resultado obtenido es similar al obtenido al multiplicar la potencia de los receptores conectados por el tiempo.

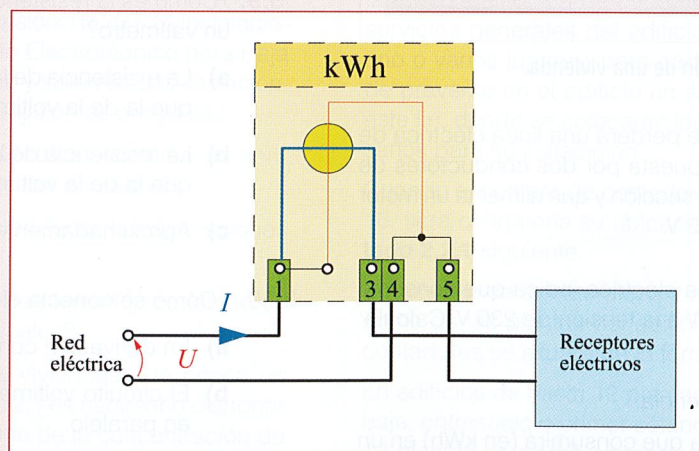


Figura 3.9.

Actividades de comprobación

- 3.1.** Al conectar una lámpara a una toma de corriente de 100 V se miden por el circuito 750 mA. Determina la potencia de la lámpara y su resistencia.
- 3.2.** ¿A qué tensión habrá que conectar una estufa de 750 W si su resistencia es de 75Ω ? ¿Cuál será la intensidad de la corriente?
- 3.3.** Un calentador de agua presenta en su placa de características los siguientes datos: 3 kW/230 V. Determina: a) intensidad de la corriente y resistencia; b) potencia, si se conecta ahora a 110 V, considerando que la resistencia permanece constante.
- 3.4.** En las instalaciones eléctricas de viviendas, junto al cuadro de mando y protección, e inmediatamente antes, se sitúa el «Interruptor de control de potencia (ICP)» (Figura 3.10). Este es un interruptor automático que determina la potencia simultánea disponible, de acuerdo con el contrato de suministro de energía eléctrica. Este interruptor desconecta la instalación; se «dispara» cuando la suma de las potencias de los aparatos conectados a la vez sobrepasa la potencia contratada. ¿De qué calibre (intensidad a la que dispara) será el interruptor de control de potencia, si la potencia contratada es de 4,4 kW a la tensión de 230 V?

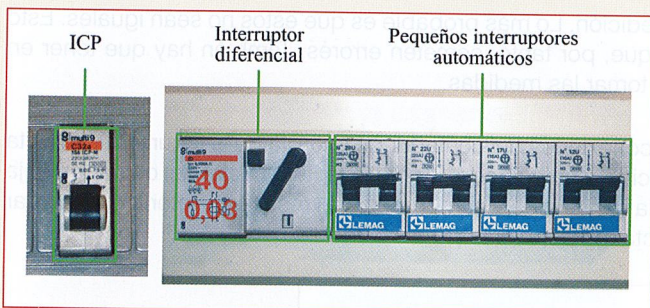


Figura 3.10. Cuadro de protección de una vivienda.

- 3.5.** Calcula la potencia que perderá una línea eléctrica de 50 m de longitud compuesta por dos conductores de aluminio de $1,5 \text{ mm}^2$ de sección y que alimenta un motor eléctrico de 1 kW a 125 V.
- 3.6.** La placa de una cocina eléctrica indica que consume una potencia de 2,5 kW a la tensión de 230 V. Calcula:
- La intensidad.
 - El valor de la resistencia.
 - La energía eléctrica que consumirá (en kWh) en un mes, si funciona durante 2 horas al día.

- 3.7.** ¿Cómo fabricar una estufa? En el mercado existen hilos metálicos con un coeficiente de resistividad bastante alto. Por ejemplo, el ferroníquel tiene un coeficiente de resistividad de $0,8 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Si nosotros enrollamos hilo de este material sobre un soporte aislante (a ser posible un material refractario), y hacemos pasar una corriente por él, este se calentará intensamente (Figura 3.11).

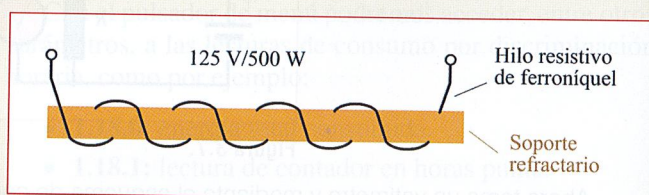


Figura 3.11. Fabricación de una estufa con hilo resistivo.

El proyecto de fabricación de la estufa podría ser el siguiente. Se quiere construir una estufa eléctrica de 500 W de potencia para conectar a una red de 125 V de tensión. Para ello, se dispone de hilo de ferroníquel de $0,5 \text{ mm}^2$ de sección. Determina la longitud del hilo que será necesario enrollar sobre el soporte aislante.

- 3.8.** Para elevar agua de un pozo se instala una motobomba movida por un motor eléctrico de 3 CV a una red de 400 V. Teniendo en cuenta que 1 CV equivale, aproximadamente, a 736 W, calcula:
- La intensidad de corriente.
 - El gasto bimensual si el motor funciona, por término medio, 8 h al día. Precio del kWh: 0,1 €.
- 3.9.** ¿Cómo es la resistencia de los circuitos medidores de un vatímetro?
- La resistencia de la amperimétrica es baja, mientras que la de la voltimétrica es alta.
 - La resistencia de la amperimétrica es alta, mientras que la de la voltimétrica es baja.
 - Aproximadamente igual.
- 3.10.** ¿Cómo se conecta el contador de energía?
- En derivación con la carga.
 - El circuito voltimétrico en serie y el amperimétrico en paralelo.
 - Exactamente igual que un vatímetro.



Actividades de ampliación

3.1. En la Figura 3.12 se muestra, a modo de ejemplo, el extracto de una factura de electricidad de una vivienda. Organizarse en grupos de trabajo e investigar diferentes términos que en él se contemplan.

FACTURA	Lectura anterior	2.400	Lectura actual	2.800	Consumo	400 kWh
Término de potencia	4,4 kW x 2 meses x 1,824432 €/kW				16,06	€
Término de energía	400 kWh x 0,150938 €/kW				60,38	€
Imppto. sobre Electr.	76,44 € x 0,051127				3,91	€
Alquiler equipos medida					1,08	€
					Total	81,43 €
IVA	21 % de 81,43				17,10	€
					Total Factura	98,53 €

Figura 3.12. Factura de electricidad.

Consigue la factura de la electricidad de la casa donde vives y averigua la potencia contratada, la energía consumida, el coste del impuesto sobre electricidad y el alquiler de los equipos de medida. ¿Cuál hubiera sido el importe total de esta factura si el consumo de energía hubiese sido de 350 kWh para una potencia contratada de 3,3 kW?

3.2. Funcionamiento del contador de energía digital. Consigue un contador digital en el laboratorio de Electrotecnia y con ayuda del profesor, conéctalo a un motor o a unas lámparas eléctricas y comprueba su funcionamiento siguiendo las descripciones aportadas en este apartado. Podrás ampliar el conocimiento sobre las distintas opciones del menú de lectura consultando el manual de funcionamiento del contador digital.

3.3. Cuarto de contadores. Consigue la Instrucción Técnica Complementaria para Baja Tensión: ITC-BT-16 Instalaciones de enlace del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Contadores: ubicación y sistemas de instalación. Una vez leída contesta a las siguientes preguntas.

- ¿Qué tipo de protección eléctrica necesitan las derivaciones individuales antes del contador?
- ¿Qué sección mínima deben tener las derivaciones individuales?
- ¿Qué tensión asignada deben tener los conductores de las derivaciones individuales?
- En un edificio destinado a viviendas que posea un número de contadores de 12, ¿es necesario disponer de un local para la ubicación de la concentración de contadores?

A modo de ayuda, en el siguiente texto se muestra un pequeño extracto de la ITC-BT-16:

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica podrán estar ubicados en:

- Módulos (cajas con tapas precintables).
- Paneles.
- Armarios.

Colocación de contadores en forma individual

Esta disposición se utilizará solo cuando se trate de un suministro a un único usuario independiente o a dos usuarios alimentados desde un mismo lugar.

Se hará uso de la caja de protección y medida, de los tipos y características indicados en el **apartado 2** de **ITC-BT-13**, que reúne bajo una misma envolvente los fusibles generales de protección, el contador y el dispositivo para discriminación horaria. En este caso, los fusibles de seguridad coinciden con los generales de protección.

El usuario será responsable del quebrantamiento de los precintos que coloquen los organismos oficiales o las empresas suministradoras, así como de la rotura de cualquiera de los elementos que queden bajo su custodia, cuando el contador esté instalado dentro de su local o vivienda. En el caso de que el contador se instale fuera, será responsable el propietario del edificio.

Colocación en forma concentrada

En el caso de:

- Edificios destinados a viviendas y locales comerciales.
- Edificios comerciales.
- Edificios destinados a una concentración de industrias.

Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica de cada uno de los usuarios y de los servicios generales del edificio, podrán concentrarse en uno o varios lugares, para cada uno de los cuales habrá de preverse en el edificio un armario o local adecuado a este fin, donde se colocarán los distintos elementos necesarios para su instalación.

Cuando el número de contadores a instalar sea superior a 16, será obligatoria su ubicación en local, según el **apartado 2.2.1** siguiente.

En función de la naturaleza y número de contadores, así como de las plantas del edificio, la concentración de los contadores se situará de la forma siguiente:

En edificios de hasta 12 plantas se colocarán en la planta baja, entresuelo o primer sótano. En edificios superiores a 12 plantas se podrá concentrar por plantas intermedias, comprendiendo cada concentración los contadores de 6 o más plantas.

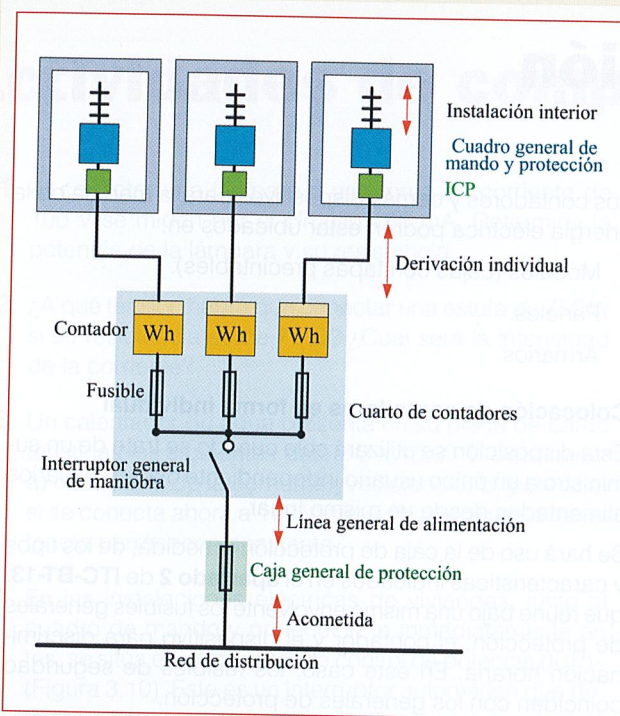


Figura 3.13. Instalación de contadores en forma concentrada.

Colocación de contadores centralizados en un local

Este local que estará dedicado única y exclusivamente a este fin podrá, además, albergar por necesidades de la compañía eléctrica para la gestión de los suministros que parten de la centralización, un equipo de comunicación y adquisición de datos, a instalar por la compañía eléctrica, así como el cuadro general de mando y protección de los servicios comunes del edificio, siempre que las dimensiones reglamentarias lo permitan.

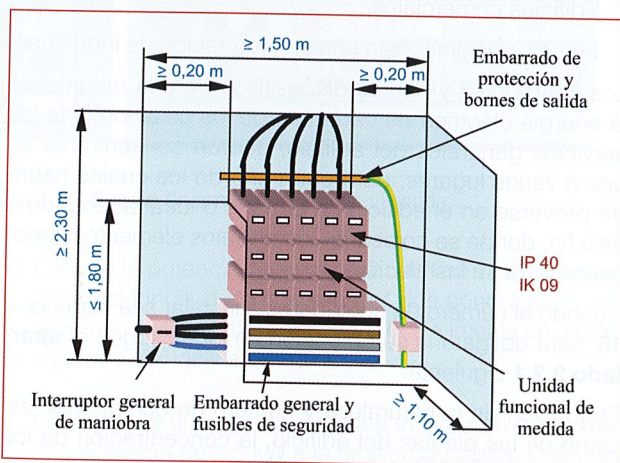


Figura 3.14. Ejemplo de colocación de contadores centralizados en un local.

El local cumplirá las condiciones de protección contra incendios que establece la **CTE-DB-SI** para los locales de riesgo especial bajo. En la Figura 3.15 se muestra un resumen de las condiciones del local para el cuarto de contadores.

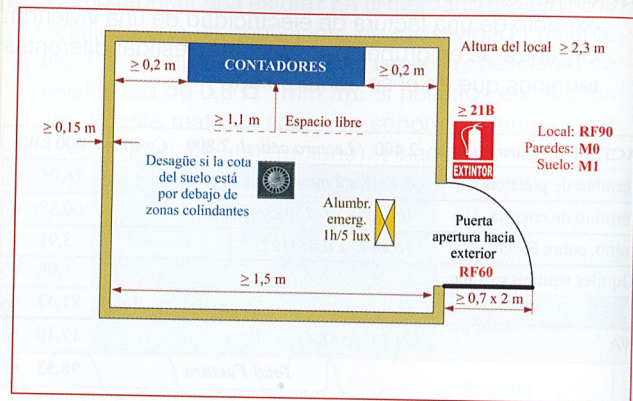


Figura 3.15. Características del local destinado para cuarto de contadores.

Las concentraciones estarán formadas eléctricamente por las siguientes unidades funcionales:

- Unidad funcional de interruptor general de maniobra.
- Unidad funcional de embarrado general y fusibles de seguridad.
- Unidad funcional de medida.
- Unidad funcional de mando (opcional).
- Unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida.
- Unidad funcional de telecomunicaciones (opcional).

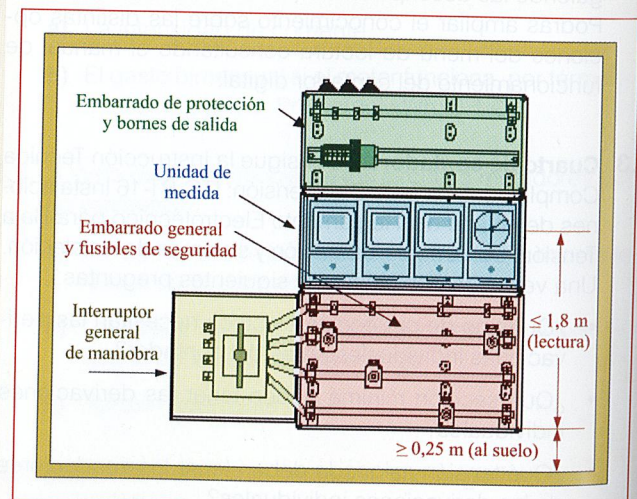


Figura 3.16. Ejemplo de instalación de las unidades funcionales principales de una centralización de contadores.