

Capítulo 4

# Medidas y verificaciones en instalaciones eléctricas

# Contenido

1. Introducción
2. Instrumentos de medida, de localización de averías y analizadores de redes
3. Tarificación eléctrica modelos en baja tensión
4. Pruebas de medidas y verificaciones según UNE 20.460 e ICE 60364.6.61
5. Resumen

## 1. Introducción

La verificación de una instalación eléctrica se define según la norma UNE 20.460 como el conjunto de medidas por medio de las cuales se comprueba la conformidad con la serie de normas UNE 20.460, de la instalación eléctrica terminada.

La verificación comprende dos procesos: se realiza un examen visual previo y posteriormente se hacen los ensayos.

Por examen visual se entiende la comprobación visual de la instalación eléctrica a fin de garantizar que sus condiciones de ejecución son correctas.

En este capítulo se explican los ensayos requeridos para una adecuada verificación de una instalación eléctrica en baja tensión.

## 2. Instrumentos de medida, de localización de averías y analizadores de redes

Para la localización de averías y la verificación de las instalaciones eléctricas será necesario el conocimiento y uso de los instrumentos de medida. Los avances técnicos están reemplazando los instrumentos más simples que miden una sola magnitud, por otros más complejos como los analizadores de redes con los que se pueden medir múltiples parámetros de una red eléctrica.



### Nota

---

El multímetro, también denominado polímetro, es un ejemplo de un instrumento eléctrico que permite medir directamente diversas magnitudes eléctricas como la intensidad, la tensión, la resistencia, la capacidad... tanto en corriente continua como en corriente alterna.

---

## 2.1. Instrumentos de medida

El buen uso de los instrumentos de medida es esencial para realizar las mediciones de forma correcta, conectándolo adecuadamente al circuito y teniendo en cuenta a la hora de realizar la lectura factores como la escala de trabajo y la adecuada sensibilidad del aparato.



### Nota

---

Los instrumentos de medida se podrán clasificar en analógicos o digitales, según indique la lectura con agujas o con display.

---

### Amperímetro

El amperímetro es un instrumento que mide la intensidad o corriente que circula por un conductor. Para realizar la correcta medida, el amperímetro siempre se debe intercalar en el circuito de modo que quede conectado en serie con el elemento a medir. La unidad de medida son los amperios (A).



*Amperímetro analógico*

### Colocación del amperímetro para efectuar la medida



### Voltímetro

El voltímetro es un instrumento que mide la tensión o diferencia de potencial en voltios (V). Para realizar la medida el voltímetro se debe conectar en paralelo con el elemento a medir.



*Voltímetro analógico*



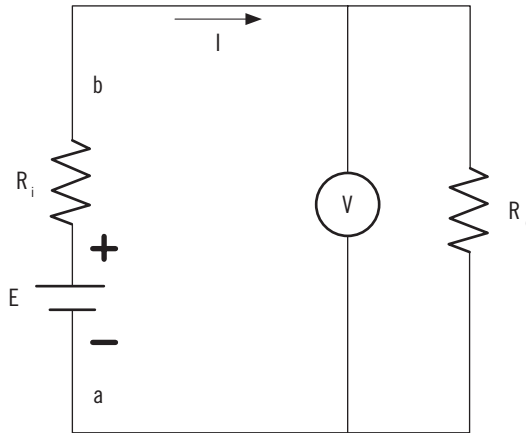
### Importante

---

A la hora de realizar una medida, es esencial la adecuada colocación de los terminales del aparato de medida, según la magnitud que se quiera medir.

---

Colocación del voltímetro para efectuar una medida



Ohmímetro u óhmetro

El aparato destinado a medir la resistencia de un conductor o de otro elemento, como una resistencia al paso de la corriente, se denomina ohmímetro u óhmetro (mide ohmios).

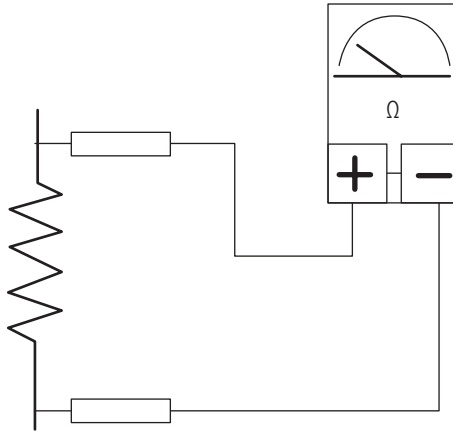
Normalmente los óhmetros se encuentran integrados en aparatos de medición más complejos como son los polímetros, diseñados para funcionar como óhmetro, como voltímetro y como amperímetro.

Para realizar la medida de una resistencia se colocarán los terminales en cada uno de los extremos de la resistencia a medir.



Óhmetro analógico

### Medida de una resistencia con un ohmímetro



Cuando la resistencia que se tiene que medir es muy grande, de mega-ohmios, se suelen utilizar mega-ohímetros, cuyo funcionamiento es idéntico al del óhmímetro, pero trabaja a una escala mayor.



*Mega-ohmetro analógico*

### Telurómetro

El telurómetro es un equipo de medida destinado a medir la resistencia que presentan las tomas de tierra y los pararrayos de las instalaciones. Suelen disponer de tres conexiones. Una de ellas destinada a conectarse en la toma de tierra. Las otras dos conexiones son dos picas de unos 30 cm de longitud que se clavarán en el terreno para realizar la medición. La distancia y colocación de las picas se

explica en el ensayo de resistencia a tierra. Si el aparato dispone de una tercera pica de conexión se puede realizar la medida de la resistividad del terreno.



*Telurómetro*

### Medidor de impedancia de bucle

Son instrumentos que miden directamente el valor de esta impedancia y que calculan mediante un procesador el valor de la intensidad de cortocircuito prevista. El principio de funcionamiento consiste en cargar el circuito en el punto de prueba mediante una resistencia calibrada que se conecta durante un tiempo muy breve, del orden de milisegundos, de forma que circula una intensidad conocida. El instrumento mide la tensión tanto antes como durante el tiempo que circula la intensidad, siendo la diferencia entre ambas la caída de tensión en el circuito ensayado.



#### Nota

---

Del cociente entre la caída de tensión y el valor de la intensidad de carga resulta la impedancia de carga.

---



*Medidor de impedancia de bucle*

### **Comprobador de diferenciales**

Son aparatos de medida que determinan el tiempo de disparo en milisegundos de los diferenciales de la instalación. Para que se produzca el disparo, el comprobador induce una corriente de fallo en el circuito. El tipo de corriente que se inyecta se especifica en el ensayo de desconexión automática del suministro.



*Comprobadores de diferenciales*

## 2.2. Localización de averías

Para la localización de averías en una instalación eléctrica es primordial el buen funcionamiento entre las protecciones de la instalación y su selectividad, es decir, que las protecciones hayan sido conectadas de forma selectiva no indica otra cosa que la protección que disparará primero será la protección más cercana al fallo.

Para la localización de las averías producidas por los transitorios, armónicos, inter-armónicos y desequilibrios se suele utilizar **analizadores de redes**.



### Ejemplo

---

Si se produjera una corriente de fuga en el frigorífico, la protección que saltará primero será la protección particular del circuito donde se haya conectado el frigorífico y no la protección general de la instalación.

---

## 2.3. Analizadores de redes

Son instrumentos complejos que miden los parámetros fundamentales de una red eléctrica trifásica: **tensión, corriente, cos  $\phi$ , frecuencia, potencias y energías**, algunos también miden parámetros relacionados con la calidad de suministro como armónicos o distorsión.



*Analizador de redes*

### 3. Tarificación eléctrica modelos en baja tensión

Con la entrada en vigor de la **Ley del sector eléctrico** se cambió el modelo de tarificación integral, en el que el mercado se encontraba en manos de las compañías, a un nuevo modelo donde se liberaliza el mercado, distinguiéndose entre cuatro tipos de actividades diferentes, independientes entre sí, que son:

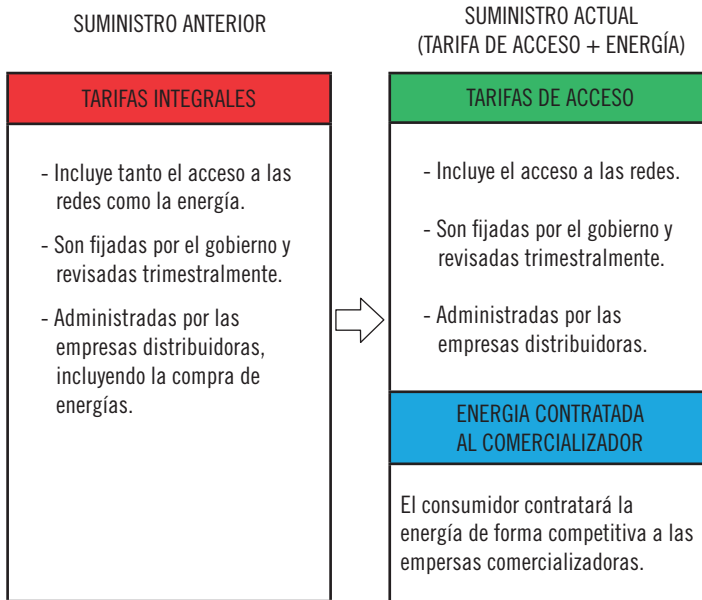
- **Generación:** La energía eléctrica, puede obtenerse en régimen ordinario (centrales nucleares, térmicas, etc.) o en régimen especial (centrales eólicas, fotovoltaicas, etc).
- **Transporte:** Actividad de tanto de transporte de la energía como la construcción, mantenimiento y maniobra de las instalaciones de transporte de energía en la red de alta tensión.
- **Distribución:** Redes que llegan hasta los usuarios. Las distribuidoras se encargan del mantenimiento y de otros servicios relacionados con la electricidad que llega a los usuarios y de la venta a aquellos consumidores finales que adquieran la energía eléctrica a tarifa o a otros distribuidores que también adquieran la energía eléctrica a tarifa.
- **Comercialización:** Compra y venta de energía al usuario final, a través de un comercializador de mercado libre o de un comercializador de último recurso.

Esquema de la distribución



De estas actividades, solo la generación y la comercialización están verdaderamente liberados, ya que las tarifas por transporte y distribución son fijadas legislativamente, y revisadas de forma periódica. Esta liberalización permite a los clientes de energía eléctrica elegir en último término al comercializador de dicha energía, aunque pagando en parte de su factura a los distribuidores de ésta.

### Tipos de suministro



Entre los conceptos que debe abonar el usuario en su factura eléctrica, se encuentran las tarifas de acceso o peajes. Corresponden a la cantidad que se destina a cubrir el cargo por el uso de la red de transporte y distribución de la electricidad y otros costes generados por el sistema, se establece trimestralmente por el gobierno vía Orden ministerial, y tiene dos componentes: uno fijo en función de la potencia contratada (término de potencia) y otro variable en función del consumo (término de energía activa y, si corresponde, término de energía reactiva).



#### Nota

En la factura emitida por la comercializadora se incluyen como conceptos: consumo, potencia, impuestos sobre la electricidad y alquiler de equipos. A la suma de estos conceptos hay que aplicarle el IVA vigente. La comercializadora se encarga del pago a la distribuidora del importe del peaje que corresponde a cada cliente, compuesto a su vez por un término de potencia y otro de energía.

Los términos de **tarificación** se obtienen de la siguiente forma:

- **Termino de potencia:** En (€/Kw año). Se calcula como el producto de la potencia a facturar expresada en kW (la contratada), por el precio del término de potencia de la tarifa de acceso correspondiente y por los días que abarca el periodo de cálculo. Este término se facturará aunque no se haya producido consumo durante el periodo de facturación considerado.
- **Termino de energía activa:** En (€/Kwh). Es función de la electricidad consumida. Se calcula multiplicando la energía que se ha consumido en el periodo que se tarifica, y que se ha medido con el contador, por el precio del término de energía correspondiente. Si en el periodo que se tarifica varía el precio de la energía, se calculará sumando los importes correspondientes a cada periodo. Si durante el periodo considerado no hay consumo, el valor de este término es 0.
- **Termino de energía reactiva:** Se trata de un recargo que se aplica solo cuando la energía reactiva excede, dentro del periodo de facturación, un porcentaje de la energía activa que se ha fijado con anterioridad. Es aplicable a cualquier tarifa.

### Tarifas de acceso

Existen diferentes tarifas en función del nivel de tensión, del punto de suministro y del horario del consumo.

#### **Tarifa 2.0 A**

Esta tarifa se aplica a las potencias contratadas inferiores o iguales a 10 kW en baja tensión y sin discriminación horaria. Es la que suele aplicarse a los usuarios domésticos, ya que estos reparten su consumo a lo largo del día, por lo que se mantiene el coste tanto del término de potencia como del término de energía.

#### **Tarifa 2.0 DHA**

Esta tarifa se aplica a las potencias contratadas inferiores a 10 kW en baja tensión con discriminación horaria. Esta tarifa se destina generalmente a usuarios domésticos con gran número de electrodomésticos y que

consumen principalmente durante la noche. Esto supone que durante el día (24 horas) pueden diferenciarse dos periodos tarifarios correspondientes al horario diurno (horas puntas) y nocturno (horas valle), variando los términos de potencia y energía entre el día y la noche. En cualquier caso, para estos suministros la potencia a contratar será la máxima potencia prevista a demandar considerando tanto las horas punta como las horas valle.



### Definición

---

#### **Discriminación horaria**

Modalidad de tarifa en la que se paga menos por la energía consumida en un horario determinado, generalmente nocturno.

---

#### ***Tarifa 2.1 A***

Esta tarifa se aplica a las potencias contratadas comprendidas entre 10 kW y 15 kW en baja tensión y sin discriminación horaria. Es de aplicación en grandes viviendas, locales comerciales y oficinas en los que se realiza un consumo repartido a lo largo del día, pero superior al de una vivienda normal. Se mantiene tanto el término de potencia como el de energía.

#### ***Tarifa 2.1 DHA***

Esta tarifa se aplica a las potencias contratadas comprendidas entre 10 kW y 15 kW en baja tensión con discriminación horaria. Su aplicación es similar al anterior, pero concentrando el consumo en el horario nocturno, con lo cual varían los términos de potencia y energía entre el día y la noche.

#### ***Tarifa 3.0 A***

Esta tarifa se aplica a las potencias contratadas superiores a 15 kW en baja tensión con discriminación horaria, distinguiéndose tres periodos

horarios: punta, valle y llana, en cada uno de los cuales el término de potencia y el de energía tienen un coste diferente. Va destinada principalmente a pequeñas empresas y servicios de hostelería como restaurantes, hoteles, etc.

### Tarifas de último recurso

Aunque la liberalización del mercado de la energía permite que cada usuario contrate el suministro de energía con la compañía que quiera, para aquellos consumidores que no quieren realizar ningún cambio se introdujeron **las tarifas de último recurso (TUR)**. La tarifa de último recurso es fijada por el Gobierno y revisada periódicamente. Corresponde al precio máximo y mínimo que pueden cobrar las comercializadoras, que en el mercado liberalizado pueden ofrecer otras tarifas más baratas.

Estas tarifas se aplican a los consumidores con potencia contratada  $P_c \leq 10$  kW tengan discriminación horaria o no.



### Aplicación práctica

El usuario de una instalación eléctrica al que le suministra una comercializadora según la tarifa de último recurso, ha consumido en el periodo eléctrico facturado, de 63 días, 314 kWh.

Calcular el importe que se le ha facturado, teniendo en cuenta que la potencia que tiene contratada es de 3,3 kW, y conociendo que por impuestos sobre la electricidad y alquiler de equipos las cantidades a abonar son 3,11 y 1,68 €, respectivamente.

Los precios establecidos para ese periodo en la Resolución correspondiente son:

- ▮ Término de potencia = 35,649473 € kW y año
- ▮ Término de energía activa:
  - ▮ Aplicado a 21 días = 0,124985 € kW/h
  - ▮ Aplicado a 42 días = 0,130485 €/kWh

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

### SOLUCIÓN

Consumo:

Este concepto varía en función de la electricidad que se ha consumido, que en este caso son 314 kWh. Pero el precio no es el mismo en todo el periodo sino que se aplican dos precios distintos, luego la tarifa por consumo total en ese periodo será la suma de los términos correspondientes a cada importe:

$$314 / 63 = 4,984147 \text{ kWh y día}$$

luego

$$4,984147 \times 21 \times 0,124985 = 13,0817633 \text{ €}$$

$$4,984147 \times 42 \times 0,130485 = 27,3148600 \text{ €}$$

$$\text{Total } 40,3966233 \text{ €}$$

Potencia:

Este concepto es fijo y se factura, aunque no haya habido consumo, en función de la potencia contratada, el periodo comprendido y los precios fijados. Pero primero hay que calcular el valor del término de potencia a aplicar diariamente.

$$35,649473 / 365 = 0,09767 \text{ €/kW y día}$$

luego

$$3,3 \times 63 \times 0,09767 = 20,305593 \text{ €}$$

el total de la factura será:

Concepto	Importes (€)
Consumo	40,39
Potencia	20,31
Impuestos sobre electricidad	3,11
Alquileres de equipos	1,68
TOTAL	65,49
IVA (21% de 65,49)	13,75
TOTAL FACTURA	79,24

## 4. Pruebas de medidas y verificaciones según UNE 20.460 e ICE 60364.6.61

La verificación de las instalaciones eléctricas se realiza antes de su puesta en servicio y comprende dos fases. La primera se denomina **verificación por examen**. La segunda requiere la utilización de equipos de medida para los ensayos.

La verificación por examen se efectúa a toda la instalación en su conjunto estando desconectada, es decir, sin tensión.

La finalidad de este examen es comprobar:

- Si el material eléctrico que conforma la instalación cumple las prescripciones descritas en la memoria del proyecto de la instalación eléctrica.
- Si el material eléctrico ha sido instalado conforme a las prescripciones reglamentarias y a las instrucciones del fabricante.
- Que el material no presenta ningún daño visible que pueda afectar a la seguridad.

Una vez realizada la verificación por examen se procede a realizar la verificación por ensayo.

La verificación por ensayo consiste en realizar una serie de mediciones en la instalación para comprobar el correcto funcionamiento del conjunto de la instalación eléctrica. Los ensayos recogidos en la norma **UNE 20.460** se explican a continuación.

### 4.1. Continuidad de conductores de protección

Con este ensayo se pretende comprobar la continuidad de los conductores de protección colocados en la instalación y verificar el valor de resistencia que presentan.

Para realizar el ensayo:

- Los circuitos ensayados deben estar libres de tensión.
- Se realizará la medida mediante un ohmímetro a dos hilos o mediante un comprobador de baja tensión multifunción.



### Nota

---

Si el ensayo se realiza con un ohmímetro a dos hilos, al valor de resistencia obtenido se le descontará el valor de la resistencia del cable de medición.

---

Para realizar el ensayo se conectará al circuito el ohmímetro, este deberá graduarse de modo que aplique al circuito una tensión entre 4 y 24 V con una intensidad mínima de 0,2 A.

El fundamento físico de este ensayo se basa en el valor total de una resistencia eléctrica que depende de:

- **Valor de la resistividad.** Este valor depende del tipo de material empleado.
- **Valor de la sección del cable.**
- **Valor de la temperatura.**
- **Valor de la longitud del cable.**



### Nota

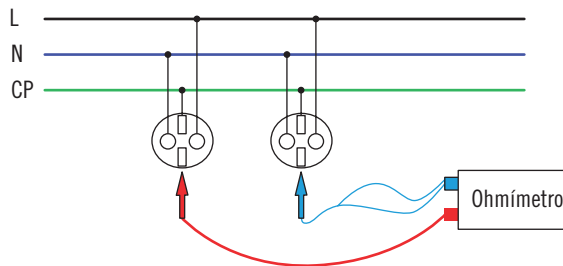
---

Los valores estimados para la resistencia que debe presentar un circuito dependerán de las prescripciones y normativa que hayan sido aplicadas para la ejecución de la instalación y deberán encontrarse en la memoria técnica del proyecto.

---

Las tres primeras cualidades permanecen constantes a lo largo de la instalación, así si se realiza un ensayo de continuidad y resulta un valor de la resistencia eléctrica menor del estimado, será porque existe un punto de la instalación donde no está correctamente conectado el conductor de protección.

#### Medida de la resistencia de un conductor de protección



## 4.2. Resistencia de aislamiento

Para completar este ensayo se realizarán dos medidas diferentes:

La **primera medida** se realizará entre todos los conductores del circuito de alimentación, incluido el neutro, unidos entre sí y aislados de tierra. La medida se realizará sin tensión.



### Nota

Para las instalaciones MBTS y MBTP, además de estas dos medidas se deberá realizar una tercera para comprobar los valores de resistencia de aislamiento entre estos circuitos y las partes activas de otros circuitos.

Para proceder a la medida se conectará el polo positivo del mega-óhmetro a tierra. Todos los conductores se conectarán entre sí, inclusive el neutro, en el origen de la instalación. En este punto se conectará el polo negativo del mega-óhmetro.

La tensión que se aplica al circuito para realizar las medidas será la indicada en la tabla que expone a continuación y será proporcionada por el mega-óhmetro que realiza la medición.

La **segunda medida** se realizará entre los conductores de fase. Para realizar la medida la instalación debe estar sin alimentación y se deben desconectar todos los receptores. La medida de aislamiento se efectuará sucesivamente entre los conductores tomados dos a dos, incluido el neutro.



### Importante

Cuando la instalación tenga una longitud mayor de 100 m y no sea posible su fraccionamiento, la resistencia mínima de aislamiento será el valor indicado en la tabla dividido por la longitud total de la canalización expresada en hectómetros. (1 hm = 100 m).

La tabla de referencia para los valores de la resistencia de aislamiento es la siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (mΩ)
Muy baja tensión de seguridad (MBTS). Muy baja tensión de protección (MBTP).	250	≥0,25
Menor de 500 V (excepto caso anterior).	500	≥0,5
Superior a 500 V.	1000	≥1

Los valores de la tabla son aplicables a una instalación donde la longitud total de las canalizaciones que la componen no exceda de los 100 m. Si una instalación excede esta medida, se dividirá en tramos de 100 m.

Antes de realizar las medidas se deberá tener en cuenta:

1. Si el esquema de la instalación es un esquema TN se suprimirán las conexiones masas-neutro de la instalación. Una vez finalizado el ensayo se restablecerán las conexiones.
2. Si la instalación o una parte de ella poseen componentes electrónicos, durante el ensayo los circuitos que contengan los componentes electrónicos, tendrán unidos los conductores de fase y neutro.



### Importante

---

Si el valor obtenido es inferior al valor indicado en la tabla, se admitirá que la instalación es correcta si cumple alguna de estas prescripciones:

- Cada uno de los receptores de la instalación presenta una resistencia de aislamiento igual al señalado por la normativa particular o por lo menos 0,5 MΩ.
  - Desconectados los receptores, la resistencia de aislamiento cumple los valores especificados en la tabla de valores.
- 



### Aplicación práctica

---

**Se tiene que comprobar la resistencia de aislamiento de una instalación. La longitud total de las canalizaciones que conforman la instalación es 334 m a 24 V en MBTP. ¿Cómo se debería proceder para realizar la medida?**

Continúa en página siguiente >>

<< Viene de página anterior

### SOLUCIÓN

Como la longitud es mayor de 100 m, antes de realizar las medidas se procederá de una de las dos maneras siguientes:

1. Se procederá al fraccionamiento de la instalación en circuitos cuya longitud sea menor de 100 m. En este caso como mínimo se dividirá en 4 partes. Este fraccionamiento dependerá de las condiciones particulares de la instalación y se realizará bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores. Para realizar las medidas se desconectará la instalación de la alimentación y se aplicará una tensión en corriente continua de 250 V mediante un mega-óhmetro que proporcionará la medida de la resistencia de aislamiento que según la tabla de valores de referencia deberá ser mayor o igual a 0,25 M $\Omega$ . Si esto no se cumpliera, se volverían a tomar las medidas con todos los receptores desconectados, si aún así el valor de la resistencia es menor del indicado en la tabla, se procederá a la comprobación del aislamiento de cada uno de los receptores. El aislamiento de los receptores será el indicado en el proyecto de la instalación o como mínimo deberá ser de 0,5 M $\Omega$ . Al ser una instalación en MBTP se realizarán tres ensayos, el aislamiento con respecto a tierra, el aislamiento entre los mismos conductores de la instalación y el de aislamiento con las partes activas de otros circuitos.
2. Si no fuera posible la división de la instalación en circuitos de menos de 100 m, se aplicará lo anteriormente expuesto a la totalidad de la instalación, tomando como valor de referencia para la resistencia de aislamiento el valor indicado en la tabla dividido entre la longitud total de la instalación en hectómetros. Este valor será igual a:

$$334 \text{ m} \Rightarrow 3,34 \text{ hm}$$

$$0,25/3,34 = 0,075 \text{ M}\Omega$$

### 4.3. Protección por separación de circuitos

En las instalaciones en las que como método de protección se utilice la separación de circuitos como los MBTS y MBTP, se verificará aplicando el ensayo de medida de aislamiento.



#### Recuerde

---

En este tipo de instalaciones (MBTS Y MBTP) se realizarán las medidas de aislamiento entre conductores de fase, entre todos los conductores y tierra, y finalmente entre el aislamiento de estos circuitos y de otros circuitos a tensión diferente que transcurran por la instalación.

---

### 4.4. Resistencia de suelo y pared

La resistencia de aislamiento se medirá con un mega-óhmetro entre un electrodo que se apoya entre el suelo o pared a medir y el conductor de protección de la instalación.

Se realizarán al menos 3 medidas por superficie importante del local. En la primera medida se colocará el electrodo a 1 metro de un elemento conductor accesible en el establecimiento. El resto de medidas se realizarán a medidas superiores.

El mega-óhmetro deberá proporcionar una tensión de ensayo de 500 V.

Si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V, la tensión de ensayo utilizada será de 1000 V.

Para realizar el ensayo se aplicará al electrodo una fuerza de 750 N para medir los suelos y 250 N para la medición en paredes.

## Tipos de electrodos

A continuación se muestran los tipos de electrodos que pueden utilizarse.



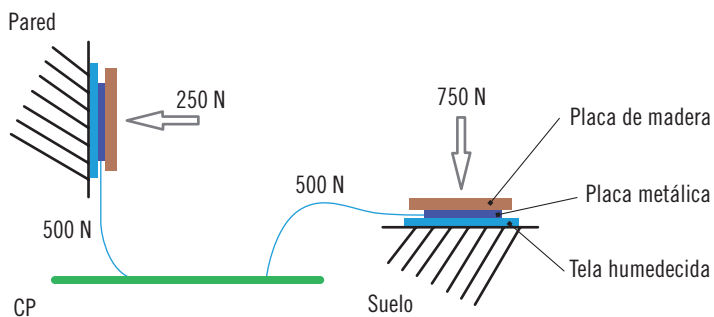
### Consejo

Se recomienda el uso del electrodo cuadrado.

### Cuadrado

El electrodo está constituido por una placa metálica cuadrada de 250 mm de lado y un papel o tela hidrófila humedecida de 270 mm de lado colocada entre la superficie a medir y la placa metálica.

#### Medida de la resistencia de aislamiento de suelos y paredes



### Triangular

El electrodo será un triángulo equilátero. Los puntos de contacto estarán situados próximos a los vértices del triángulo. Estos puntos de contacto están formados por una base flexible que garantiza un contacto íntimo con la superficie a ensayar de aproximadamente 900 mm<sup>2</sup> cuando están

sometidas al esfuerzo indicado. Debe presentar una resistencia inferior a  $5000 \Omega$ . La superficie a ensayar se debe mojar o cubrir con una tela húmeda.

Los valores que debe presentar la resistencia entre suelo y paredes serán como mínimo:

- $50 \text{ K}\Omega$ , si la tensión nominal de la instalación no es superior a  $500\text{V}$ .
- $100 \text{ K}\Omega$ , si la tensión nominal de la instalación es superior a  $500\text{V}$ .
- $100 \text{ K}\Omega$  entre superficies metálicas de baños y duchas, y las estructuras del edificio.
- En quirófanos no deberá exceder de  $1 \text{ M}\Omega$ , salvo que asegure un valor superior, pero nunca superior a  $100 \text{ M}\Omega$ .

#### 4.5. Desconexión automática de suministro

La verificación de la eficacia de las medidas de protección contra contacto indirecto mediante desconexión automática de suministro depende del tipo de sistema:

- **Para sistemas TN:** medida de la impedancia de bucle y verificación de las características del dispositivo de protección asociado (es decir, inspección visual del ajuste de corriente nominal para disyuntores, corriente nominal para fusibles y comprobación de la corriente residual).
- **Para sistemas TT:** medida de la resistencia de los electrodos a tierra para piezas conductoras expuestas de la instalación y verificación de las características del dispositivo de protección asociado (es decir, corriente residual mediante inspección visual y prueba).
- **Para sistemas IT:** cálculo o medida de la impedancia de bucle.

#### Medida de la impedancia de bucle

Esta medida sirve para comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de protección basados en fusibles o interruptores.

El objeto de este ensayo es determinar que el tiempo de actuación de estos dispositivos es correcto. El tiempo depende del tipo de esquema de distribución utilizado y la tensión nominal entre fase y tierra de la instalación.

**Tabla de tiempos de interrupción máximos para esquemas TN**

Tensión nominal de la instalación (V)	Tiempo de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

**Tabla de tiempos de interrupción máximos para esquemas IT**

Tensión nominal de la instalación (V)	Tiempo de interrupción (s). Neutro distribuido	Tiempo de interrupción (s). Neutro no distribuido
230/400	0,8	0,4
400/690	0,4	0,2
580/1000	0,2	0,1

Los medidores de impedancia de bucle son instrumentos que miden directamente el valor de esta y que calculan mediante un procesador el valor de la intensidad de cortocircuito.



### Importante

La intensidad de actuación de los dispositivos de protección instalados debe ser siempre  $\leq$  a la intensidad de cortocircuito obtenida en la medición.

Esta medida se realiza con la instalación en tensión, por lo que es necesario puentear un dispositivo diferencial aguas arriba del punto de prueba.



### Aplicación práctica

**Se realiza la medición de la impedancia de bucle de un circuito de una instalación obteniéndose un valor determinado. ¿Qué condiciones deben cumplir las protecciones instaladas?**

#### SOLUCIÓN

Para que sea correcta la instalación se deberá verificar que el valor de la intensidad de actuación de las protecciones es inferior o igual al valor de intensidad de cortocircuito obtenido y que estas protecciones actuarán en el tiempo máximo estimado en las tablas.

### Medida de la tensión de contacto

Al realizar el ensayo de impedancia de bucle se obtiene el valor de la intensidad de cortocircuito. Así mediante cálculo se obtiene el valor de la tensión de contacto:

$$I_{cc} = U_0 / Z_s \Rightarrow Z_s = U_0 / I_{cc}$$

$$U_c = Z_s * I_a$$

Siendo:

$U_c = Z_s * I_a$  = intensidad de cortocircuito.

$U_0$  = tensión nominal de la instalación.

$Z_s$  = impedancia de bucle.

$U_c$  = tensión de contacto.

$I_a$  = intensidad por la cual se activa el dispositivo de protección.



### Aplicación práctica

---

En una instalación de tensión nominal 230 V se desea saber la tensión de contacto, sabiendo que el dispositivo térmico de protección es de 40 A y está calibrado para la desconexión cuando la intensidad supere tres veces la intensidad nominal. Del ensayo de la impedancia de bucle se obtiene una intensidad de cortocircuito de 1000 A. ¿Cuál será la tensión de contacto?

#### SOLUCIÓN

Para resolver el problema se ordenarán los datos y se aplicaran las fórmulas para el cálculo de la tensión de contacto.

Datos:

$$U_0 = 230V$$

$$I_{cc} = 1000A$$

$$I_a = 3 * I_n = 3 * 40 = 120 A$$

Se procede al cálculo:

$$Z_s = 230 / 1000 = 0,23 \Omega$$

$$U_c = 0,23 * 120 = 27,6V$$

### Comprobación de los interruptores diferenciales

Para realizar este ensayo el comprobador se conecta en cualquier base de enchufe, aguas abajo del diferencial en prueba, estando la instalación en tensión. Además de inyectar la corriente necesaria para que se produzca el disparo, el comprobador tiene que ser capaz de medir el tiempo en el que se produjo este.

Las pruebas habituales para comprobar el funcionamiento de un interruptor diferencial son:

<b>Tabla de ensayos habituales para los dispositivos diferenciales</b>	
<b>Intensidad inyectada</b>	<b>Tiempo de disparo</b>
Será la mitad de la intensidad diferencial asignada con un ángulo de desfase respecto de la tensión de 0°.	No debe disparar
Será la mitad de la intensidad diferencial asignada con un ángulo de desfase respecto de la tensión de 180°.	No debe disparar
Será el doble de la intensidad diferencial asignada con un ángulo de desfase respecto de la tensión de 0°.	Menos de 150 m
Será el doble de la intensidad diferencial asignada con un ángulo de desfase respecto de la tensión de 180°.	Menos de 150 m
Será 5 veces la intensidad diferencial asignada con un ángulo de desfase respecto de la tensión de 0°.	Menos de 40 m
Será 5 veces la intensidad diferencial asignada con un ángulo de desfase respecto de la tensión de 180°.	Menos de 40 m

### 4.6. Polaridad

Cuando por normativa se prohíba la instalación de dispositivos de corte unipolar sobre el conductor neutro debe efectuarse un ensayo de polaridad para verificar que estos dispositivos han sido instalados únicamente sobre los conductores de fase.

Una polaridad incorrecta supone que partes de la instalación permanecen conectadas a un conductor de fase bajo tensión, incluso cuando un interruptor de un polo está desconectado o cuando ha saltado un dispositivo de protección de sobreintensidad.

### 4.7. Rendimiento eléctrico

Se deben realizar ensayos funcionales en la instalación eléctrica con el fin de verificar el correcto montaje y regulación de receptores, accionamientos, bloqueos, etc.

Es decir con este ensayo se verificará el correcto funcionamiento de los receptores y de su montaje.

Los receptores más complejos de verificar son los motores, en caso de fallo se seguirán las siguientes pautas:

Síntomas	Causas posibles	Verificación y soluciones
El motor no arranca	<ol style="list-style-type: none"><li>1. No le llega corriente al motor.</li><li>2. Le falta una fase.</li><li>3. Tensión insuficiente o carga excesiva.</li><li>4. Si el motor es de anillos y el ruido es normal, el circuito rotórico está mal.</li><li>5. Devanado a masa.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Y 2. Verificar las tensiones en la red, fusibles, contactos, conexiones del motor.</li><li>3. Verificar la correcta conexión en triángulo-estrella en su placa de bornes y la carga del motor.</li><li>4. Verificar tensiones rotóricas, contactos de las escobillas y circuito de las resistencias de arranque.</li><li>5. Verificar aislamiento de los devanados.</li></ol>

Continúa en página siguiente >>

&lt;&lt; Viene de página anterior

Síntomas	Causas posibles	Verificación y soluciones
El motor arranca pero no alcanza su velocidad nominal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tensión insuficiente o caída de tensión excesiva.</li> <li>2. Fase del estator cortada.</li> <li>3. Si el motor es de anillos, resistencias intercaladas.</li> <li>4. Si el motor es de anillos, ruptura del circuito rotórico.</li> <li>5. Cortocircuito o devanado a masa.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar tensión de red y sección de línea.</li> <li>2. Verificar tensión y devanado.</li> <li>3. Verificar circuitos de arranque.</li> <li>4. Verificar conexiones, resistencias, escobillas y devanado.</li> <li>5. Verificar devanados y reparar.</li> </ol>
La corriente absorbida en el funcionamiento es excesiva	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carga excesiva.</li> <li>2. Si el motor ronca y las intensidades en las fases son desiguales, cortocircuito en el estator.</li> <li>3. Si el motor es de anillos, cortocircuito en el circuito rotórico.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar carga y sustituir el motor si es demasiado pequeño.</li> <li>2. Verificar aislamiento y reparar o rebobinar el motor.</li> <li>3. Verificar anillos, escobillas y circuitos de resistencias. Verificar devanado rotórico y reparar.</li> </ol>
La corriente absorbida en el arranque es excesiva	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Par resistente muy grande.</li> <li>2. Si el motor es de anillos, resistencias rotóricas mal calculadas o cortocircuitadas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar la carga del motor.</li> <li>2. Verificar resistencias y posibles cortocircuitos en resistencias y devanado rotórico.</li> </ol>
El motor se calienta exageradamente	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Motor sobrecargado.</li> <li>2. Ventilación incorrecta.</li> <li>3. Si el motor se calienta en vacío, conexión defectuosa.</li> <li>4. Cortocircuito en el estator.</li> <li>5. Tensión de red excesiva.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar carga.</li> <li>2. Verificar y limpiar rejillas y ranuras de ventilación.</li> <li>3. Verificar las conexiones de la placa de bornes.</li> <li>4. Verificar devanado estático.</li> <li>5. Verificar tensión y corregir.</li> </ol>
El motor humea y se quema	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cortocircuito directo o en un gran número de espiras de cualquiera de sus devanados.</li> <li>2. Mala ventilación del motor.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar devanados y reparar o rebobinar.</li> <li>2. Mantener siempre limpios los circuitos de ventilación.</li> </ol>

Continúa en página siguiente &gt;&gt;

<< Viene de página anterior

Síntomas	Causas posibles	Verificación y soluciones
El motor produce demasiado ruido	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Vibraciones de ciertos órganos.</li><li>2. Si el ruido es solamente en reposo y no en marcha, cortocircuito en el rotor.</li><li>3. Si el ruido cesa al cortar la corriente, entrehierro irregular.</li><li>4. Barra del rotor desoldada o rota.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Lanzar y desconectar el motor y si el ruido persiste, verificar fijaciones y cojinetes.</li><li>2. Verificar devanado rotórico y reparar.</li><li>3. Verificar cojinetes y rotor.</li><li>4. Verificar barras del rotor.</li></ol>



### Nota

El ensayo de rendimiento eléctrico no viene recogido con este nombre en la norma UNE, viene descrito como ensayos funcionales.

## 4.8. Resistencia eléctrica

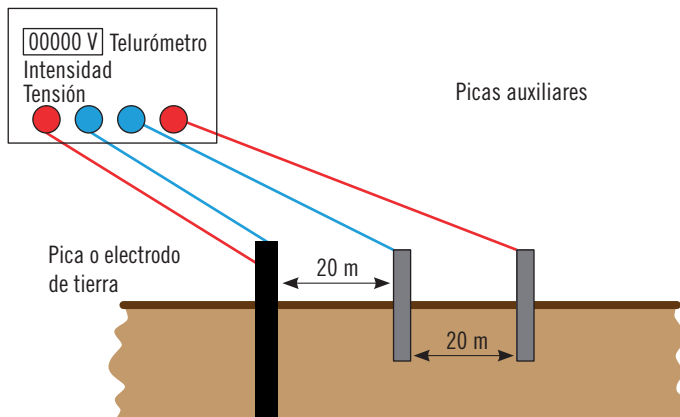
Las condiciones para la medida de la puesta a tierra y la frecuencia de las comprobaciones se realizarán conforme a lo establecido en la **ITC-BT 18**.

Las medidas de la resistencia de la puesta a tierra se realizarán mediante un telurómetro. Este al inyectar una corriente alterna de valor conocido a 50 Hz, mide la caída de tensión. Aplicando la ley de Ohm, se obtiene el valor de la resistencia a tierra, puesto que  $R = V/I$ .

Para realizar la medida se colocarán las dos picas auxiliares que posee el telurómetro en línea recta con el electrodo a una distancia de separación mínima entre ellos de 20 m.

Se considerará que la medida es correcta si, al desplazar la pica auxiliar a unos metros de la línea recta el valor de la resistencia no sufre variación. Si no ocurriera esto, se distanciarían entre sí aun más los electrodos, hasta que dé una medida correcta.

#### Colocación del telurómetro para la medida de la resistencia a tierra



#### Nota

Durante la medición de la resistencia de puesta a tierra no se deben cruzar los cables de medición por que la medida se puede ver distorsionada por el efecto capacitivo que pueden presentar los cables de medición.

### 4.9. Caída de tensión

Debe verificarse el valor de la caída de tensión a lo largo de las líneas seccionales. Esto se hace midiendo con un voltímetro la tensión de una fase con respecto a neutro o entre fases, primero en las cercanías del medidor de energía y luego a lo largo de toda la línea hasta el final de los circuitos.

Esta prueba debe hacerse a plena carga, o sea, con todos los aparatos funcionando, y el valor de caída porcentual medida no debe superar el 5% en instalaciones domiciliarias.

### 5. Resumen

La verificación de las instalaciones eléctricas se realiza antes de su puesta en servicio y comprende dos fases. La primera fase se denomina verificación por examen. La segunda fase requiere la utilización de equipos de medida para los ensayos. Los ensayos y la inspección visual se deben realizar conforme a lo establecido en las normas UNE 20.460 e ICE 60364.6.61.

Para la realización de los ensayos se deben utilizar los equipos de medidas específicos para la ejecución de cada medición.

Las nuevas tarifas de energía, a diferencia de las integrales, se desglosan en dos tipos: las tarifas de acceso y las tarifas de comercialización de energía. Las tarifas de acceso cubren el costo de acceso y distribución en las redes eléctricas y los beneficiarios son las empresas distribuidoras. Las tarifas de pago por uso de energía son tarifas que el usuario paga por la energía que consume a cualquier comercializadora de energía que contrate libremente. Dentro estas últimas tarifas el gobierno regula un modelo de tarifas, las TUR, con unos precios regulados por el gobierno sea cual sea la comercializadora que abastezca al usuario. Para acogerse a las TUR la potencia contratada en la instalación debe ser inferior a 10 kw y el consumo anual debe ser inferior a 50000 kw.



## Ejercicios de repaso y autoevaluación

---

### 1. Indique si la siguiente expresión es verdadera o falsa:

El telurómetro es un aparato de medida cuya unidad de medida son los teslas.

- Verdadero
- Falso

### 2. El ensayo de impedancia de bucle se realiza en los esquemas...

- a. ... TT e IT.
- b. ... IT.
- c. ... TN e IT.
- d. ... TT, IT, y TN.

### 3. Complete la expresión:

La \_\_\_\_\_ se comprueba con un medidor de impedancia de bucle y unos cálculos.

### 4. La distancias a las que se deben de conectar las picas para medir la resistencia a tierra es:

- a. 20 m entre las picas.
- b. 25 m entre las picas en línea recta.
- c. 20 m entre las picas en línea recta.
- d. 30 m.

**5. Si para comprobar un diferencial se inyecta una corriente que sea la mitad de la corriente de disparo nominal con un ángulo de desfase respecto de la tensión de 0°, el diferencial...**

- a. ... debe disparar antes de 150 m.
- b. ... no debe disparar.
- c. ... disparará antes de 40 m.
- d. ... disparará según el tipo de diferencial que esté instalado.

**6. Indique si la siguiente expresión es verdadera o falsa:**

El comprobador diferencial ofrece una medida del tiempo que tarda en producirse el disparo.

- Verdadero
- Falso

**7. La medida de aislamiento entre los conductores de la instalación con respecto a otros conductores de otras instalaciones se debe efectuar...**

- a. ... en todas las instalaciones.
- b. ... en todas las instalaciones menos en las de MBTS.
- c. ... en todas las instalaciones menos en las de MBTP.
- d. ... solo en las instalaciones de MBTS y MBTP.

**8. Complete la siguiente expresión:**

La fuerza aplicada sobre los electrodos para la medida de aislamiento en suelos y paredes será de \_\_\_\_\_.

**9. Indique si la siguiente expresión es verdadera o falsa:**

La tarifa de acceso sólo la pagarán los usuarios de la tarifa TUR.

- Verdadero
  - Falso
-

**10. El Gobierno regula...**

- a. ... las tarifas de acceso.
- b. ... el precio de la energía de las comercializadoras.
- c. ... las tarifas TUR.
- d. ... las tarifas de acceso y las TUR.

