

## TEMA 9

### **RIESGOS DEBIDOS A LA ELECTRICIDAD (I): EFECTOS NOCIVOS DE LA ELECTRICIDAD. LESIONES PRODUCIDAS POR LA ELECTRICIDAD EN EL CUERPO HUMANO. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL EFECTO ELÉCTRICO. TIPOS DE CONTACTOS ELÉCTRICOS. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ELÉCTRICOS DIRECTOS. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ELÉCTRICOS INDIRECTOS. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE ELÉCTRICO**

#### **1. RIESGOS DEBIDOS A LA ELECTRICIDAD (I): EFECTOS NOCIVOS DE LA ELECTRICIDAD**

Se puede entender la electricidad como una propiedad fundamental de la materia que se manifiesta por la atracción o repulsión de sus cargas, originada por la existencia de electrones, con carga negativa, o protones, con carga positiva.

La electricidad tiene efectos nocivos, que pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- **Efectos en el cuerpo humano**
- **Incendios y explosiones**

#### **Efectos en el cuerpo humano**

El riesgo de contacto con la electricidad para las personas está vinculado con la posibilidad de circulación de corriente eléctrica a través del cuerpo humano. De forma que, si la electricidad circula por el cuerpo, el calentamiento provoca una serie de efectos que pueden ser de distinta gravedad, afectando a piel, nervios, órganos y otros tejidos.

Los daños que pueden producirse en el cuerpo humano como consecuencia de un accidente de origen eléctrico pueden ser:

- *Con paso de corriente*
- *Sin paso de corriente*

#### *a) Efectos producidos con paso de corriente:*

Tienen relación directa con el **contacto eléctrico** y, por tanto, con el paso de la corriente eléctrica a través del organismo; entre ellos se encuentran: fibrilación ventricular, asfixia, quemaduras internas y externas, embolias por efecto de electrólisis de la sangre y tetanización.

Hay otros efectos que no son ocasionados por el paso de la corriente a través del organismo, pero tienen su origen en este: cuando una persona percibe el paso de corriente a través del organismo, tiende a liberarse enérgicamente del mismo, mediante movimientos violentos que pueden hacerle perder el equilibrio y caer o golpearse con alguno de los objetos de las inmediaciones. A estos efectos se les denomina efectos indirectos de la corriente eléctrica. Ejemplo de estos efectos son las caídas, golpes, cortes, etc.

#### *b) Efectos producidos sin paso de corriente:*

Son los debidos al **arco eléctrico** que salta entre dos elementos conductores de la electricidad cuando la distancia entre ambos se hace tan próxima que se produce la ionización del aire interpuesto, dando lugar al paso de corriente. Se produce generalmente cuando una persona

trabajadora pone en contacto dos elementos que se encuentran a diferente potencial mediante la herramienta que está utilizando o cualquier otro objeto conductor. Aunque en este caso no hay circulación de corriente a través del cuerpo de la persona afectada, las características del arco eléctrico lo hacen también considerablemente peligroso, pudiendo generar quemaduras por arco eléctrico, proyecciones de partículas, lesiones oftálmicas por radiaciones, lesiones debidas a explosión de gases, etc.

### **Incendios y explosiones**

Un arco eléctrico o una descarga electrostática pueden ser el origen de incendios y explosiones en presencia de atmósferas con una determinada concentración de gases, vapores, nieblas o polvos combustibles pudiendo afectar a personas, bienes e instalaciones.

Dentro del marco regulatorio destacan el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, que, junto con la Guía Técnica de desarrollo elaborada por el INSST, establecen los procedimientos seguros para que la utilización y uso de la corriente eléctrica no presente efectos nocivos a la salud de los/las trabajadores/as.

Por otra parte, el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y las Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT 01 a 52; el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23; y el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09, son los que se encargan de que las instalaciones y las líneas eléctricas sean seguras.

## **2. LESIONES PRODUCIDAS POR LA ELECTRICIDAD EN EL CUERPO HUMANO**

### **Efectos con paso de corriente**

Las lesiones producidas por el paso de la corriente eléctrica a través del organismo son las siguientes:

- *Quemaduras.* Se producen como consecuencia de la energía térmica disipada en aquellas zonas del organismo que son atravesadas por la corriente eléctrica. Las quemaduras pueden ir desde un enrojecimiento de la piel con hinchazón de la zona en que se produjo el contacto, hasta la carbonización.
- *Tetanización.* Como consecuencia del paso de la corriente eléctrica, se produce la pérdida de control de los músculos afectados, llegando a quedar impedida la posibilidad de que el accidentado pueda separarse del contacto.
- *Fibrilación ventricular.* Consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual deja de enviar sangre a los distintos órganos y, aunque esté en movimiento, no sigue su ritmo normal de funcionamiento. Es el efecto más grave y que produce la mayoría de los accidentes mortales. Una vez producida no se recupera el ritmo cardiaco de forma espontánea y, de no mediar una asistencia rápida y efectiva, se producen lesiones irreversibles y sobreviene la muerte.

- *Asfixia.* Se produce un paro respiratorio cuando el paso de la corriente eléctrica afecta a los centros nerviosos que controlan la función respiratoria.
- *Embolias.* El paso de corriente continua produce la electrólisis de la sangre, dando lugar a la aparición de coágulos que pueden llegar a obstruir alguna arteria. Este efecto se suele producir con corriente continua.

Los efectos indirectos de la corriente eléctrica están originados por los movimientos violentos que la persona realiza al intentar desprenderse de un contacto eléctrico, que pueden llevarle a golpearse o perder el equilibrio dando lugar a:

- Caídas.
- Golpes.
- Cortes.

### **Efectos sin paso de corriente**

Entre los efectos producidos sin paso de corriente por el organismo destaca el arco eléctrico, que salta entre elementos conductores de la electricidad cuando la distancia entre ambos se hace tan próxima que se produce la ionización del aire interpuesto, dando lugar al paso de corriente. Se produce generalmente cuando un/a trabajador/a pone en contacto elementos que se encuentran a diferente tensión mediante la herramienta que está utilizando o algún otro objeto conductor. Las lesiones sin paso de corriente serían:

- *Quemaduras.* Se producen debido a la alta temperatura que se genera durante el arco eléctrico, que puede llegar hasta los 4.000º C. En algunos casos, si la ropa que lleva el/la trabajador/a no es de un material adecuado, puede inflamarse y convertirse en la causa de quemaduras más graves.
- *Proyecciones.* Los elementos metálicos bajo tensión puestos en contacto llegan a fundirse proyectando gotas de material fundido que pueden alcanzar al trabajador. Estas proyecciones pueden afectar a la cara, a la piel o a la ropa.
- *Lesiones oftálmicas.* La generación de radiaciones ultravioleta e infrarroja que acompañan al arco eléctrico pueden causar daños en los ojos.

Además, como se ha comentado anteriormente, el arco eléctrico o la descarga electrostática pueden ser el origen de:

- *Incendios y explosiones:* cuando en las inmediaciones del lugar se produce una descarga electrostática o salta el arco eléctrico en el que existen materiales o productos fácilmente inflamables, la alta temperatura y el calor desprendido pueden originar incendios, con graves efectos para las personas que estén en las inmediaciones.

### **3. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL EFECTO ELÉCTRICO**

Los principales factores que influyen y determinan los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano son:

- Intensidad de la corriente.
- Resistencia del cuerpo.

- Tensión aplicada.
- Frecuencia de la corriente.
- Duración de la corriente a través del cuerpo.
- Recorrido de la corriente.
- Capacidad de reacción de la persona.

### **Intensidad de la corriente**

La experiencia ha demostrado que los factores más importantes que determinan los efectos y lesiones que produce el paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano son la **intensidad de la corriente** y su **duración**. En contra de la creencia general, no es la tensión la que determina los efectos y las lesiones, sino que lo hace de forma indirecta al generar la intensidad de la corriente.

El valor de la intensidad de paso por el cuerpo humano determina los efectos sobre el mismo. Así, se definen los siguientes umbrales con sus correspondientes efectos:

- **Umbral de percepción:** es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en una persona, a través de la que pasa esta corriente. En corriente alterna, esta sensación se percibe durante todo el tiempo de paso de la misma; sin embargo, en corriente continua solo se percibe cuando varía la intensidad; por ello, son fundamentales el inicio y la interrupción del paso de la corriente, ya que entre dichos instantes no se percibe el paso de la corriente, salvo por los efectos térmicos de la misma. Generalizando, la UNE-IEC 60479 parte 1 considera un valor de **0,5 mA en corriente alterna y 2 mA en corriente continua**, cualquiera que sea el tiempo de exposición.
- **Umbral de reacción:** es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular.
- **Umbral de no soltar:** es el valor máximo de la corriente para que la persona que tiene sujetos unos electrodos pueda soltarlos. Suele encontrarse en valores entre 5 y 200 mA en corriente alterna, dependiendo del tiempo de exposición.
- **Umbral de fibrilación ventricular:** es el valor mínimo de la corriente que provoca la fibrilación ventricular (anteriormente definida). En corriente alterna, el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco. De los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales a los seres humanos, se han establecido unas curvas por debajo de las cuales no es susceptible de producirse. La fibrilación ventricular está considerada como la principal causa de muerte por choque eléctrico. En corriente continua, si el polo negativo está en los pies (corriente descendente), el umbral de fibrilación es de aproximadamente el doble de lo que sería si el polo positivo estuviese en los pies (corriente ascendente). Si en lugar de las corrientes longitudinales antes descritas fuese una corriente transversal, la experiencia sobre animales hace suponer que solo se producirá la fibrilación ventricular con intensidades considerablemente más elevadas.

### **Resistencia del cuerpo humano**

Es la oposición que presenta el cuerpo humano al paso de la corriente eléctrica medida en ohmios ( $\Omega$ ). Esta resistencia no es fija ni siquiera para cada persona, sino que depende de diversos factores, entre los que cabe destacar:

- Grado de humedad de la piel.
- Superficie de contacto.
- Presión de contacto.
- Estado fisiológico.
- Dureza de la epidermis.

Según el punto 1.1 de la ITC-RAT-13, la resistencia del cuerpo entre la mano y el pie es de 1.000  $\Omega$ .

La resistencia que se ofrece al paso de la corriente en un accidente eléctrico está formada por varios elementos en serie:

- *Resistencia de contacto*: depende de los materiales que recubran la parte del cuerpo que entra en contacto con la corriente.
- *Resistencia propia del cuerpo humano*, que varía en función de las variables descritas anteriormente.
- *Resistencia de salida*: incluye la resistencia del calzado y del suelo. Se considera que un suelo es no conductor cuando la resistencia que presenta a la salida de la corriente por ambos pies de un individuo es superior a 50.000  $\Omega$ .

### Tensión aplicada

La tensión es el factor que, unido a la resistencia del circuito, provoca el paso de la corriente resultante por el cuerpo humano (en caso de contacto eléctrico).

Una tensión elevada, en principio, no es peligrosa en sí misma, sino que dependiendo de la resistencia que se aplique, hará que circule una corriente que puede llegar a ser perjudicial.

En el análisis del riesgo derivado de un contacto eléctrico, debe tenerse en cuenta no solo la tensión nominal del circuito, sino también conocer los conceptos de tensión de contacto y tensión de defecto.

Se define como **tensión de contacto** "aquella que resulta de aplicación entre dos partes distintas del cuerpo humano". Se define como **tensión de defecto** "aquella que aparece como consecuencia de un defecto de aislamiento".

Por otra parte, se denominan **tensiones de seguridad** aquellas que pueden aplicarse al cuerpo humano durante un largo tiempo sin que se produzcan efectos peligrosos:

Muy baja tensión de seguridad (MBTS)	
Corriente alterna	50 voltios
Corriente continua	75 voltios

El REBT indica que no se requiere protección alguna contra contactos directos cuando la tensión nominal del circuito sea inferior a 25 voltios en corriente alterna o 60 voltios en corriente continua, salvo para determinadas condiciones de influencias externas.

### **Frecuencia de la corriente**

Es el número de ciclos por segundo de una onda sinusoidal de corriente alterna y se mide en hercios (Hz). La frecuencia de la corriente alterna que se emplea en Europa es de 50 Hz. Los efectos que presenta la corriente van disminuyendo según su frecuencia va siendo cada vez mayor. Así, en medicina se utilizan corrientes de alta frecuencia con fines terapéuticos.

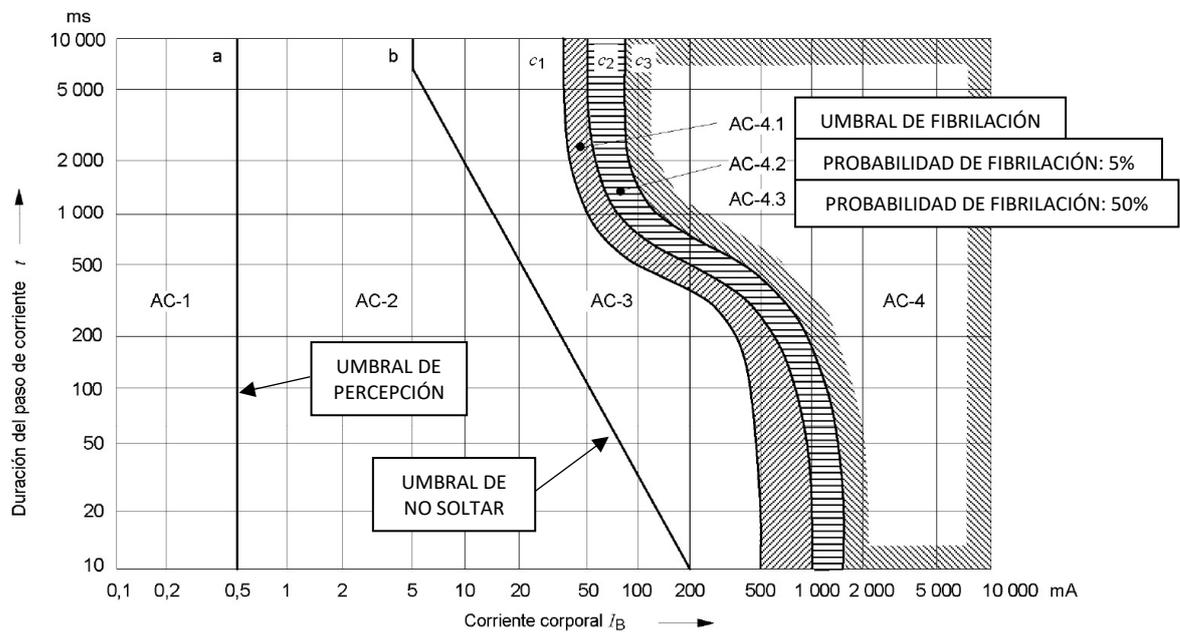
### **Duración del contacto eléctrico**

La duración del contacto eléctrico junto con la intensidad es el factor que más influye en el resultado del accidente.

La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) ha publicado unas curvas que describen el efecto de la intensidad de corriente y del tiempo de tránsito para el recorrido de la corriente mano izquierda-los dos pies (figura 1). Así, por ejemplo:

- Cuando la intensidad es de 0,5 mA (miliamperios), el individuo expuesto al paso de la corriente nota un "cosquilleo" (independientemente del tiempo de exposición). Se dice que se alcanza el "umbral de percepción".
- Si aumenta la intensidad, por ejemplo, hasta 50 mA, se alcanzará el "umbral de no soltar" aproximadamente al cabo de 130 ms (milisegundos) de exposición al paso de la corriente. Es decir: en esta situación, el individuo puede empezar a tener problemas para poder separarse del circuito eléctrico; vulgarmente se dice que el individuo "se quedó pegado" sin poderse soltarse.
- Si el individuo sigue expuesto a esta corriente de 50 mA durante más tiempo hasta alcanzar los 900 ms, se alcanzaría el umbral de fibrilación, cuyas consecuencias ya se han mencionado anteriormente.

Figura 1. Efectos de la corriente alterna de 50 Hz, trayecto mano izquierda-los dos pies



### Recorrido de la corriente a través del cuerpo

La gravedad del accidente depende del recorrido de la corriente a través del cuerpo.

En la figura 1 se establecen los efectos de la intensidad en función del tiempo de aplicación para el trayecto "de la mano izquierda a los dos pies". Para otros trayectos se aplica el llamado "Factor de corriente de corazón" (F), que permite calcular la equivalencia del riesgo de las corrientes que atraviesan el cuerpo humano con recorridos diferentes:

Tabla 1. Factor de corriente del corazón "F"

Trayectoria de la corriente	Factor de corriente del corazón F
Mano izquierda al pie izquierdo, al pie derecho o a los dos pies	1,0
Ambas manos a los dos pies	1,0
Mano izquierda a mano derecha	0,4
Mano derecha al pie izquierdo, al pie derecho o a los dos pies	0,8
Espalda a la mano derecha	0,3
Espalda a la mano izquierda	0,7
Pecho a la mano izquierda	1,3
Pecho a la mano derecha	1,5
Posaderas a la mano izquierda, a la mano derecha o a las dos manos	0,7
Pie izquierdo a pie derecho	0,04

Esta equivalencia se calcula mediante la relación:

$$I_h = \frac{I_{ref}}{F}$$

Donde:  $I_n$  = corriente que pasa por el cuerpo por un trayecto determinado.

$I_{ref}$  = corriente "mano izquierda-pies".

F = factor de corriente de corazón.

Por ejemplo: una corriente de 200 mA con un trayecto mano-mano tendrá un riesgo equivalente a una corriente de 80 mA con trayectoria mano izquierda-los dos pies ( $F = 0,4$ ).

### **Capacidad de reacción de la persona**

Dado que la gravedad de un contacto eléctrico está relacionada con la respuesta del corazón, es indudable que las personas jóvenes tendrán una mejor respuesta. También, dependiendo de la fortaleza y agilidad de la persona, el efecto del paso de la corriente varía sensiblemente.

## **4. TIPOS DE CONTACTOS ELÉCTRICOS**

Para que una persona sufra el paso de una corriente eléctrica es condición necesaria que, de alguna forma, esté en contacto con un elemento en tensión, lo cual puede ocurrir si cualquier parte del cuerpo toca una instalación eléctrica, bien directamente o bien a través de un elemento conductor. Los accidentes eléctricos se producen cuando la persona entra en contacto con la corriente eléctrica.

A efectos preventivos, los contactos eléctricos se clasifican en:

- **Contacto eléctrico directo.**
- **Contacto eléctrico indirecto.**

### **Contacto eléctrico directo**

Es el contacto de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos. Se produce cuando la persona entra en contacto con las partes activas de la instalación, es decir, con un elemento que está en tensión. Puede ser entre dos conductores o entre un conductor activo y tierra. En este tipo de contactos, puede circular una corriente importante por el cuerpo del trabajador/a, lo que da lugar a graves consecuencias.

### **Contacto eléctrico indirecto**

Es el contacto de personas o animales con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento. El contacto eléctrico indirecto se produce cuando la persona entra en contacto con elementos que, aunque no forman parte del circuito eléctrico, se encuentran bajo tensión de forma accidental como consecuencia de un defecto de sus aislamientos. Estos elementos son las carcasas o partes metálicas de un equipo o instalación que, en condiciones normales de funcionamiento, se encuentran aisladas de las partes activas. En este tipo de contactos, solo una parte de la corriente de defecto circula por el cuerpo de la persona, ya que otra parte circulará a través de la conexión de las masas con tierra.

## **5. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ELÉCTRICOS DIRECTOS**

El REBT dedica en su **ITC-BT-24** "Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos", la protección contra contactos directos e indirectos, clasificando estas medidas en los siguientes grupos:

- Protección contra contactos directos e indirectos.
- Protección contra contactos directos.
- Protección contra contactos indirectos.

### **Protección contra contactos directos e indirectos**

*La protección contra los choques eléctricos para contactos directos e indirectos a la vez, se realiza mediante la utilización de muy baja tensión de seguridad.*

Se consideran muy bajas tensiones de seguridad:

- 50 voltios en corriente alterna.
- 75 voltios en corriente continua.

Como ya se ha mencionado, no es preciso tener medidas de protección contra contactos eléctricos directos cuando la tensión nominal del circuito es menor de 25 voltios en corriente alterna o 60 voltios en corriente continua. Cuando se superan estos valores, es necesario recurrir a:

- Barreras o envolventes.
- Aislamiento de las partes activas.

Estas tensiones se obtienen mediante transformadores, generadores, baterías, pilas, etc. que respondan a las normas técnicas correspondientes para esta aplicación de los citados aparatos.

### **Protección contra contactos directos**

Las medidas de protección contra contactos eléctricos directos están destinadas a proteger a las personas del riesgo que implica el contacto con las partes activas de las instalaciones y equipos eléctricos. Se entiende por "partes activas" los conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal.

De acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-24, los sistemas de protección contra contactos eléctricos directos son:

- Por aislamiento de las partes activas.
- Por medio de barreras o envolventes.
- Por medio de obstáculos.
- Por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Por dispositivos de corriente diferencial residual (complementaria).

*Protección por aislamiento de las partes activas:*

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo. Ejemplos: cables aislados, bornes aislados, etc.

Las pinturas, barnices, lacas y productos similares no se considera que constituyan un aislamiento suficiente en el marco de la protección contra los contactos directos.

*Protección por medio de barreras o envolventes:*

Las partes activas deben estar situadas en el interior de envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP 2X o IP XXB según la norma UNE-EN 60529. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles deben responder como mínimo al grado de protección IP 4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Grados de protección IP:

El grado de protección de los receptores se indica mediante la inscripción "IP" seguida de las siguientes cifras y letras:

- 1ª cifra: grado de protección (del 0 al 6) contra el ingreso de objetos extraños sólidos (dedo, herramienta, polvo, etc.).
- 2ª cifra: grado de protección (del 0 al 8) contra la penetración de agua (en forma de gotas, chorro, inmersión, etc.)
- 3ª cifra (es opcional): grado de protección (1, 3, 5, 7 o 9) contra choques mecánicos. Esta cifra no forma parte de la norma UNE-EN 60529 y, por tanto, solo es aplicable a los casos en los que se exija una resistencia de la envolvente a los choques mecánicos.
- 1ª letra adicional (es opcional): grado de protección (A, B, C o D) contra acceso a partes peligrosas (dedo, herramientas, etc.). Solo se utiliza si la protección efectiva contra el acceso a partes peligrosas es más alta que la indicada por la primera cifra característica.
- 2ª letra suplementaria (es opcional): información complementaria específica (H, M, S o W). Por ejemplo: aparato de alta tensión.

Tabla 2. Grados de Protección IP

LETRAS DE CÓDIGO	IP	SIGNIFICADO PARA LA PROTECCIÓN DEL EQUIPO	SIGNIFICADO PARA LA PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS
1ª CIFRA		<b>CONTRA EL INGRESO DE OBJETOS EXTRAÑOS SÓLIDOS</b>	<b>CONTRA EL ACCESO A PARTES PELIGROSAS CON:</b>
	0	(No protegido)	(No protegido)
	1	≤ 50 mm de diámetro	El dorso de la mano
	2	≤ 12,5 mm de diámetro	Dedo
	3	≤ 2,5 mm de diámetro	Herramienta
	4	≤ 1,0 mm de diámetro	Alambre
	5	Protegido contra el polvo	Alambre
	6	Totalmente protegido contra el polvo	Alambre
2ª CIFRA		<b>CONTRA LA PENETRACIÓN DE AGUA CON EFECTOS PERJUDICIALES, PROTEGIDO CONTRA:</b>	
	0	(No protegido)	
	1	Las caídas verticales de gotas de agua	
	2	Las caídas de agua con una inclinación máx de 15°	
	3	El agua en forma de lluvia	
	4	Las proyecciones de agua	
	5	Los chorros de agua	
	6	Los chorros fuertes de agua	
	7	Inmersión total	
8	Inmersión continua		
3ª CIFRA (opcional)		<b>CONTRA CHOQUES MECÁNICOS</b>	
	0	0 Julios	
	1	0,225 Julios	
	3	0,5 Julios	
	5	2 Julios	
	7	6 Julios	
	9	20 Julios	
LETRA adicional (opcional)			<b>CONTRA EL ACCESO A PARTES PELIGR. CON:</b>
	A		Dorso de la mano
	B		Dedo
	C		Herramienta
	D		Alambre
LETRA suplementaria (opcional)		<b>INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA ESPECÍFICA</b>	
	H	Material a alta tensión	
	M	Movimiento durante el ensayo de agua	
	S	Inmóvil durante el ensayo de agua	
	W	Intemperie	

En los equipos nuevos, la tercera cifra característica se sustituye por el código "IK". Este código se refiere a un sistema de clasificación de los grados de protección proporcionados por las envolventes para los materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos. Se aplica a envolventes para materiales eléctricos de tensión asignada inferior o igual a 72,5 kV.

La disposición del código IK es IKXX, siendo XX el grupo de cifras desde 00 a 10. Cada grupo de cifras representa un valor de la energía de impacto.

Tabla 3. Grado de Protección IK

IK	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
ENERGIA DE IMPACTO (Julios)	---	0,15	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20

*Protección por medio de obstáculos:*

Los obstáculos están destinados a impedir contactos fortuitos con las partes activas, pero no contactos voluntarios por una tentativa deliberada de evitar el obstáculo. Estos obstáculos deben impedir:

- Bien un acercamiento físico no intencionado a las partes activas.
- Bien los contactos no intencionados con las partes activas en el caso de intervenciones en equipos bajo tensión durante el servicio (empleo de pantallas o protecciones).

*Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento:*

Se consigue separando las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentran, o circulan, que sea imposible un contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores, cuando estos se utilicen cerca de la instalación.

La aplicación de esta medida requiere un estudio en fase de proyecto, debiendo limitar su aplicación solo a aquellos casos en que no sea previsible la utilización de elementos conductores de considerable longitud.

Los reglamentos electrotécnicos establecen unas distancias mínimas, pero en los casos que resulte necesario, a estas distancias mínimas exigibles deberán añadirse las distancias correspondientes a herramientas u objetos conductores que se manipulen o transporten habitualmente en la zona de estudio.

*Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual:*

Las medidas de protección contra contactos eléctricos directos pueden presentar fallos ocasionados a defectos de aislamiento, de mantenimiento, imprudencias, etc. La adopción de una medida de protección complementaria que permite asegurar una rápida desconexión de la instalación, constituye un método para reducir la probabilidad de consecuencias mortales en el caso de un accidente por contacto eléctrico directo.

Esto se puede conseguir mediante el empleo de **interruptores automáticos diferenciales** de corte automático de la corriente eléctrica de **alta sensibilidad**, capaces de actuar para fugas de corriente de intensidades iguales o inferiores a **30 mA**. La utilización de estos dispositivos no deberá realizarse nunca como sustitutivo de una de las medidas de protección anteriormente citadas.

## **6. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ELÉCTRICOS INDIRECTOS**

Los sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos tratan de prevenir los contactos peligrosos de las personas con masas puestas accidentalmente en tensión como consecuencia de un fallo de aislamiento.

De acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-24 del REBT, los sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos son:

- Por corte automático de la alimentación.
- Por empleo de equipos de Clase II. Doble aislamiento.
- Protección en los locales o emplazamiento no conductores.
- Por conexión equipotencial.
- Por separación de circuitos.

*Por corte automático de la alimentación:*

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo, está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo.

Para lograr una adecuada protección por corte automático de la alimentación, es esencial una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación o esquema de distribución y las características de los dispositivos de protección.

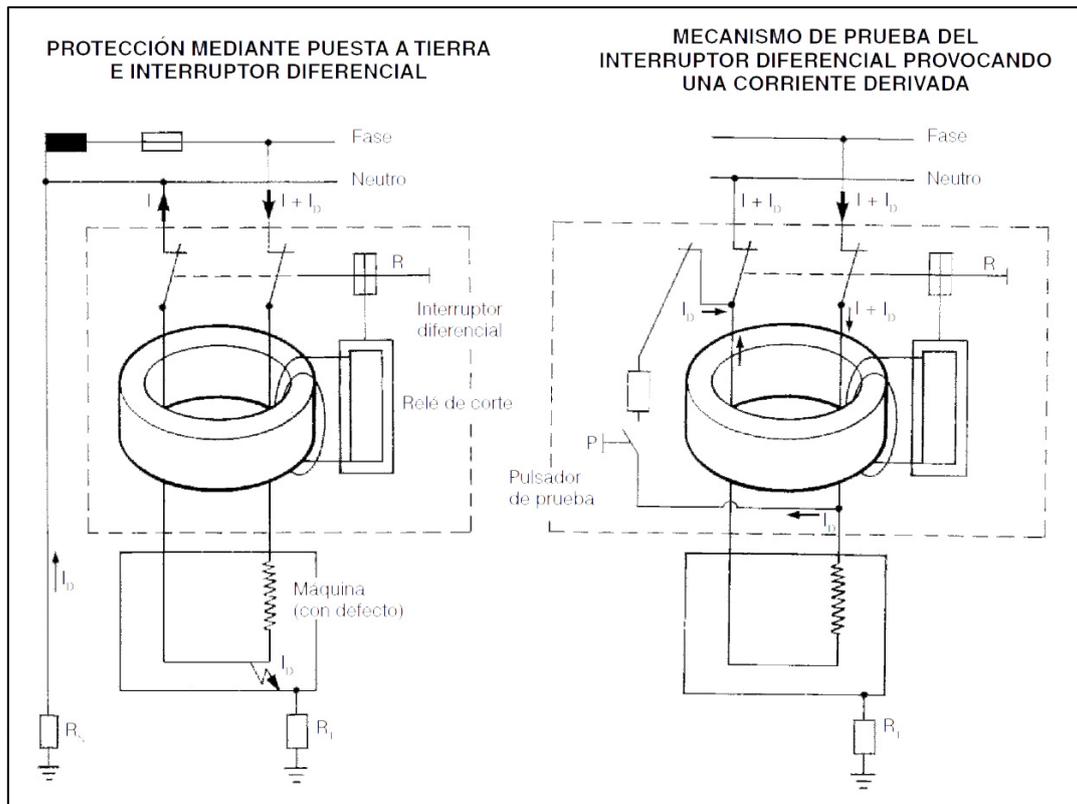
En función de este esquema de distribución eléctrica (ITC-BT-08), los dispositivos de protección más empleados son, entre otros, los interruptores automáticos magnetotérmicos, los interruptores automáticos diferenciales y los dispositivos de control.

Los **interruptores automáticos diferenciales** son dispositivos de corte automático sensibles a la intensidad de defecto, pero que no actúan con la intensidad normal del receptor. Esto significa que actúan únicamente cuando se produce un desequilibrio entre la corriente que llega al receptor y la que sale de él, que es inferior puesto que se pierde la corriente de defecto que circula hacia tierra. Los diferenciales más utilizados son los que actúan para corrientes de defecto de **30 mA**. Un diferencial que actúe para corrientes de defecto superiores a 30 mA no protegerá eficazmente a personas frente a contactos eléctricos indirectos.

Los receptores deben llevar dispositivos que permitan conectar las partes metálicas accesibles a tierra.

Así pues, el sistema de protección propuesto consiste en la puesta a tierra de las masas, que está asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto, que origine la desconexión de la instalación defectuosa.

Figura 2. Esquema de un interruptor automático diferencial



*Equipos de Clase II. Doble aislamiento:*

Este sistema de protección consiste en utilizar receptores que dispongan de un aislamiento de protección, además del aislamiento funcional, entre las partes activas y las masas accesibles. Su seguridad se basa en que, por sus características constructivas, la probabilidad de que las masas accesibles queden en tensión es muy baja.

Los receptores de Clase II no llevan conexión entre las masas accesibles y tierra. Este sistema se aplica a pequeños receptores como los electrodomésticos, máquinas de oficina y herramientas eléctricas manuales.

*Protección en los locales o emplazamiento no conductores:*

Esta protección está destinada a construir un espacio en el que resulte imposible el contacto simultáneo con partes que puedan ser puestas a tensiones diferentes.

Las masas deben estar dispuestas de manera que, en condiciones normales, las personas no hagan contacto simultáneo: bien con dos masas, bien con una masa y cualquier elemento conductor, si estos elementos pueden encontrarse a tensiones diferentes en caso de un fallo del aislamiento principal de las partes activas.

En estos locales (o emplazamientos) no debe estar previsto ningún conductor de protección.

*Conexiones equipotenciales:*

Consiste en unir todas las masas mediante un conductor con el fin de no generar una diferencia de potencial entre ellas. Al encontrarse todas las masas al mismo potencial, no se producirá un paso de corriente. Para que exista paso de corriente a través de un circuito, es necesario que exista:

- diferencia de potencial,
- elementos conductores (el cuerpo humano es conductor) y
- que el circuito se encuentre cerrado.

#### *Separación de circuitos:*

Este sistema de protección consiste en separar los circuitos de utilización de la fuente de energía mediante transformadores o grupos convertidores, manteniendo aislados de tierra todos los conductores del circuito de utilización.

Se trata de mantener una red flotante de modo que, ante un primer fallo de aislamiento, el contacto con la masa no resulta peligroso, debido a que el posible circuito de defecto está abierto y no existe circulación de corriente de defecto. Si posteriormente aparece un segundo defecto, se produce un cortocircuito y, por tanto, actuarán los interruptores automáticos magnetotérmicos.

## **7. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE ELÉCTRICO**

Los primeros auxilios son aquellos gestos o medidas que se adoptan inicialmente con un accidentado (en este caso por causa de la electricidad), en el mismo lugar de los hechos, hasta que se pueda obtener una asistencia especializada.

En caso de un accidente eléctrico se procederá según el siguiente orden de actuación Proteger-Avisar-Socorrer (PAS):

### **1. Proteger**

En primer lugar, si es posible, habrá que eliminar el contacto mediante el corte de la corriente. En caso de que no sea posible, se intentará desprender al accidentado; para ello, deberá actuarse con las debidas precauciones (utilizando guantes, aislándose de la tierra, empleando pértigas de salvamento, etc.), ya que el accidentado es un conductor eléctrico mientras está pasando por él la corriente eléctrica.

Si el accidentado está en contacto con una línea de alta tensión, no acercarse a más de seis metros mientras exista corriente. Intentar cortar el flujo de electricidad y solo entonces acercarse. Si esta situación es por contacto de la línea de alta tensión con un vehículo o elementos accesorios de este, no se debe abandonar el vehículo hasta que no se haya producido el corte de la corriente. Si, por cualquier circunstancia, se debe abandonar el vehículo, se hará **saltando con los pies juntos**, lo más alejado posible del vehículo, cayendo con ambos pies a la vez. Se evitará tener contacto con el suelo y el vehículo al mismo tiempo, hacerlo podría ser mortal. Y se alejará a pequeños saltos, manteniendo los pies juntos, evitando correr o andar a grandes pasos.

## **2. Alertar**

Se deberá avisar inmediatamente a los servicios de socorro para obtener ayuda de personal especializado que pueda hacerse cargo del accidentado con las mayores garantías.

## **3. Socorrer**

Mientras llega la ayuda solicitada, se procederá a la reanimación del accidentado de la siguiente forma:

- Una vez separado de la corriente eléctrica, se debe comprobar si el accidentado solamente sufre un shock (hay pérdida de consciencia, respira bien y mantiene el pulso); en este caso, es suficiente con tenderlo de costado sobre el suelo.
- Si se ha producido un paro respiratorio, pero no circulatorio (hay pérdida de consciencia, no respira, pero si tiene pulso y la pupila está normal), en este caso se procederá a realizar respiración artificial (boca a boca).
- Si hay paro cardíaco (no tiene pulso y la pupila está dilatada), utilizar un desfibrilador.
- Si presenta quemaduras, se cubrirá con una manta sin quitarle la ropa.

Por último, serán los servicios de socorro los que se encargarán de atender al accidentado y evacuarlo a un centro hospitalario tan pronto como sea posible.

