

# **Los Riesgos eléctricos y su ingeniería de seguridad**

**Máximo López Toledo  
Dr.Ingeniero Industrial  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales  
Universidad Politécnica de Madrid**

## INDICE

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Daños causables por la electricidad.</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Daños a las personas</b>	<b>2</b>
2.1.1. Causados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano	2
2.1.2. Causados por la presencia de campos electromagnéticos	3
2.1.3. Por otras causas	4
<b>2.2. Daños de otros tipos</b>	<b>4</b>
<b>3. Clasificación de los sistemas y aplicaciones eléctricas según sus características intrínsecas</b>	<b>5</b>
<b>3.1. Por el riesgo de electrocución</b>	<b>5</b>
3.1.1 Sistemas eléctricos de Alta tensión	6
3.1.2 Sistemas eléctricos de Baja tensión	6
3.1.3 Muy Baja Tensión de Seguridad o Pequeña Tensión de Seguridad	7
<b>3.2 Por el riesgo de arcos eléctricos</b>	<b>7</b>
<b>3.3 Por el riesgo de campos electromagnéticos</b>	<b>8</b>
<b>3.4 Por el riesgo de los emplazamientos o de los fines</b>	<b>8</b>
<b>4. Ingeniería de la Seguridad</b>	<b>9</b>
<b>4.1. Ingeniería de la Seguridad aplicada al riesgo debido al paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano.</b>	<b>9</b>
4.1.1 Principios físicos de Protección	9
4.1.1.1 Factores que influyen en la magnitud de la corriente a través del cuerpo	9
4.1.2 Dispositivos de protección	12
4.1.2.1 En alta tensión	12
4.1.2.2 En baja tensión	13
4.1.2.2.1 Protección contra los contactos directos y los contactos indirectos.	13
4.1.2.2.2 Protección contra los contactos directos.	13
4.1.2.2.3 Protección contra los contactos indirectos	17
<b>4.2. Ingeniería de seguridad aplicada a la prevención de riesgos causables por campos electromagnéticos</b>	<b>21</b>
<b>4.3. Ingeniería de seguridad aplicada a la prevención de riesgos eléctricos en emplazamientos especiales</b>	<b>21</b>
<b>4.4. Ingeniería de seguridad aplicada a la prevención general de riesgos eléctricos</b>	<b>21</b>
<b>5 La reglamentación legal de la Seguridad Eléctrica</b>	<b>27</b>
5.1. Directivas, Leyes, R.D., O.M., etc	27
5.2. Comentarios sobre los textos legales	29
<b>6 Resumen y conclusiones</b>	<b>30</b>
<b>Referencias</b>	<b>31</b>
<b>Anexo 1</b>	<b>32</b>
<b>Anexo 2</b>	<b>38</b>
<b>Anexo 3</b>	<b>40</b>
<b>Anexo 4</b>	<b>43</b>
<b>Anexo 5</b>	<b>47</b>

## **1. Introducción**

Los riesgos eléctricos están asociados con los efectos de la electricidad y en su mayor parte están relacionados con el empleo de las instalaciones eléctricas. Las citadas instalaciones están integradas por elementos que se utilizan para la generación, transporte y uso de la energía eléctrica. Sin embargo también existen riesgos por la aparición de fenómenos eléctricos relativamente fortuitos como pueden ser las descargas atmosféricas o las descargas electrostáticas.

Los riesgos eléctricos afectan tanto a las personas como a las infraestructuras (ingeniería civil, edificaciones e instalaciones).

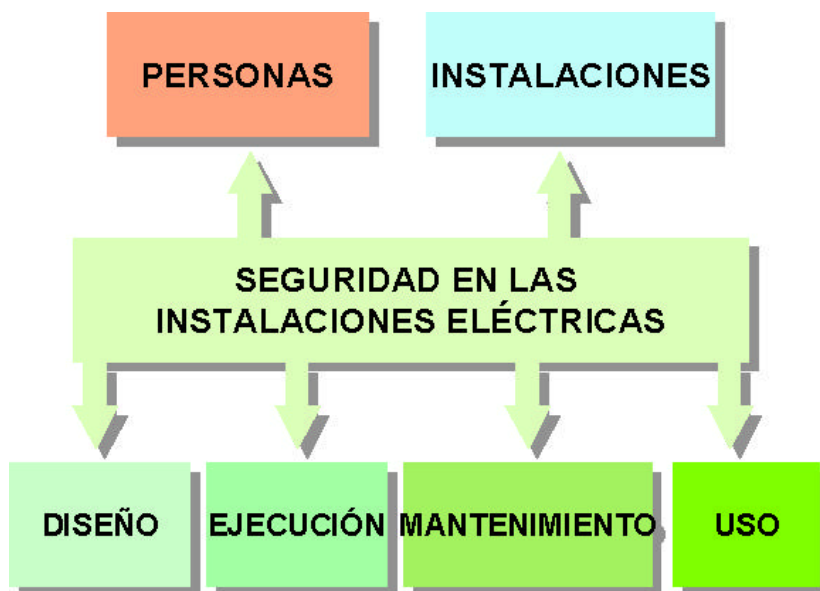
Los riesgos debidos a las instalaciones eléctricas pueden reducirse si se actúa correctamente en las diferentes fases del proceso que transcurre desde la creación hasta la destrucción de las mismas.

**Diseño**  
**Ejecución (montaje)**  
**Mantenimiento**  
**Uso**  
**Desmantelamiento (desmontaje)**

Como ocurre con otros tipos de riesgos la Ingeniería de Seguridad aplicada a los riesgos eléctricos, tiene por objeto reducir al máximo los mismos actuando en las fases mencionadas.

En este capítulo se hará especial hincapié en los riesgos eléctricos para las personas considerando tanto los efectos inmediatos como los mediatos. Se analizarán diferentes tipos de riesgos y los métodos para eliminarlos o reducirlos, haciendo mención de la reglamentación existente.

Es fundamental para la eliminación y reducción de riesgos que se contemple desde un primer momento, antes de comenzar el diseño de una instalación eléctrica, el destino y uso de la misma, solo de esta forma se logrará el objetivo previsto.



## **2. Daños causables por la electricidad.**

### **2.1. Daños a las personas**

Los accidentes eléctricos representan un porcentaje bajo respecto a los debidos a otras causas, aunque la electricidad está presente en todo tipo de actividades humanas.

Algunos accidentes podrían evitarse si se utilizan los equipos de protección individual (EPI) y las herramientas adecuadas.

La gravedad de los accidentes es mayor en alta tensión.

Los daños que puede causar la electricidad pueden clasificarse de la siguiente forma:

Causados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano.

Causados por la presencia de campos electromagnéticos.

Por otras causas.

#### **2.1.1. Daños causados por el paso de la corriente a través del cuerpo humano**

La causa fundamental de daños producidos por la electricidad es el paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Para que circule intensidad a través del cuerpo humano es necesario que entre dos partes del mismo exista una tensión (o diferencia de potencial). Por el hecho de que el cuerpo humano en su conjunto esté a una tensión diferente de otra existente en algún objeto de su entorno, del que se encuentre eléctricamente aislado, no hay riesgo de daños causados por el paso de la corriente, aparece un riesgo debido a los efectos del campo eléctrico correspondiente.

##### **Inmediatos**

Contracción muscular, que puede provocar caídas, que a su vez pueden causar:

Impacto, cortes, quemaduras (por contacto con zonas calientes), etc

Incremento de la corriente (por la invasión de una zona más peligrosa)

Dificultad de respiración, que puede provocar asfixia.

Perturbaciones en el corazón, que pueden ser:

Fibrilación ventricular. Produce un movimiento anormal del corazón que provoca la pérdida de presión sanguínea.

Fibrilación auricular.

Parada cardíaca.

*Como consecuencia de la falta de circulación de la sangre se produce la muerte de las células cerebrales por falta de oxígeno (anoxia).*

Aumento de la presión sanguínea.

Quemaduras en las zonas de paso de la corriente.

La causa principal de muerte se considera la fibrilación ventricular. En algunos casos aparecen también como causas la parada cardíaca y la asfixia.

En el **Anexo 1** se ven con mas detalle los efectos directos del paso de la corriente a través del cuerpo humano.

##### **Secundarios**

Cerebrales

Circulatorios

Renales

### **2.1.2. Causados por la presencia de campos electromagnéticos**

Los efectos de los campos electromagnéticos sobre el cuerpo humano han sido objeto de preocupación y alarma social creciente en las últimas décadas. Los campos electromagnéticos y sus efectos están relacionados con su frecuencia. Entre 0 y 10 kHz los campos eléctricos y magnéticos deben considerarse por separado. Existen efectos a corto plazo bien establecidos, dependientes de la frecuencia como:

La estimulación de células nerviosas y musculares  
El calentamiento.

#### **Efectos directos.**

Un campo eléctrico induce una carga en la superficie de un cuerpo expuesto, que puede provocar cosquilleo de la piel, vibración del vello y pequeñas descargas electrostáticas.

Los campos magnéticos variables inducen en el interior del cuerpo tensiones que a su vez dan lugar a corrientes. La corriente inducida puede estimular los nervios o el tejido muscular.

Los campos electromagnéticos pulsados pueden producir otro tipo de efectos como percepción auditiva de pulsos de microondas además de aquellos asociados a la radiación de la onda. Pueden tener también efectos indirectos como quemaduras por tocar objetos calentados por efectos de los campos electromagnéticos. La Norma experimental ENV 50166 establece restricciones básicas para evitar las consecuencias nocivas de los efectos de los campos. No es frecuente que aparezcan campos con la magnitud y frecuencia necesaria para que induzcan tensiones en el interior del cuerpo humano que provoquen intensidades inducidas peligrosas. En la tabla siguiente se indican los efectos en función de las densidades de corriente inducidas.

<b>Densidad de corriente inducida (mA/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Efectos</b>
<1	Ausencia de efectos establecidos
1-10	Efectos biológicos menores
10-100	Efectos bien establecidos, visuales (magnetofosfenos) y posibles efectos sobre el sistema nervioso, informes de mejora en la consolidación de fracturas óseas
100-1000	Cambios comprobados en la excitabilidad del sistema nervioso, central; umbrales de estimulación; posibles peligros para la salud
>1000	Estrasistoles, posibilidad de fibrilación ventricular, peligros para la salud comprobados

En el caso de campos magnéticos débiles no se disponen hasta el momento de resultados concluyentes que permitan cuantificar sus efectos sobre la salud humana en función de la frecuencia, la intensidad y el tiempo de exposición. Es decir, no está por el momento demostrado que la exposición a campos magnéticos que no den lugar a corrientes inducidas peligrosas presenten riesgo para la salud.

#### **Efectos indirectos**

Resultan del acoplamiento de un campo eléctrico o magnético con un objeto como una estructura metálica, que por las tensiones inducidas, puede provocar efectos directos sobre el cuerpo humano como consecuencia de descargas y quemaduras.

### **2.1.3. Por otros causas**

Por arcos. Se pueden producir quemaduras en la cara, manos y vista (constituyen el porcentaje mas alto de lesiones).

Por aumento de la temperatura. Se pueden producir quemaduras (en las manos principalmente).

Por accionamientos imprevistos de maquinas accionadas o controladas por energía eléctrica. Se pueden producir contusiones, heridas, roturas de huesos, etc.

## **2.2. Daños de otros tipos**

Los incendios, provocados por cortocircuitos (motivados generalmente por un funcionamiento incorrecto de las instalaciones) son uno de los daños mas frecuentes. En numerosas ocasiones se atribuye el origen de un incendio a un cortocircuito, pero habitualmente el cortocircuito no es sino un paso más (el mas llamativo) en el proceso que desencadena el incendio. Es normal que el cortocircuito se produzca por un calentamiento excesivo previo de elementos aislantes hasta alcanzar su punto de fusión, produciéndose a continuación el cortocircuito. Los motivos del calentamiento pueden ser muy diversos; la obstrucción de la ventilación, el fallo de los sistemas de protección, o bien pudieran en algunos casos deberse a errores de mantenimiento, ejecución o hasta de diseño.

Otros daños típicos son las averías de equipos, motivadas por sobretensiones atmosféricas o de maniobra.

También se producen incendios o explosiones motivadas por la presencia de atmósferas inflamables o explosivas ante elementos con temperatura elevada (producida por la electricidad) o arcos eléctricos.

## **3. Clasificación de los sistemas y aplicaciones eléctricas según sus características intrínsecas**

Pueden establecerse varias clasificaciones de los sistemas y aplicaciones eléctricas. A continuación establecemos una clasificación basada en los siguientes criterios:

Por el riesgo de electrocución. Alta Tensión.

Baja Tensión.

Muy Baja Tensión de Seguridad.

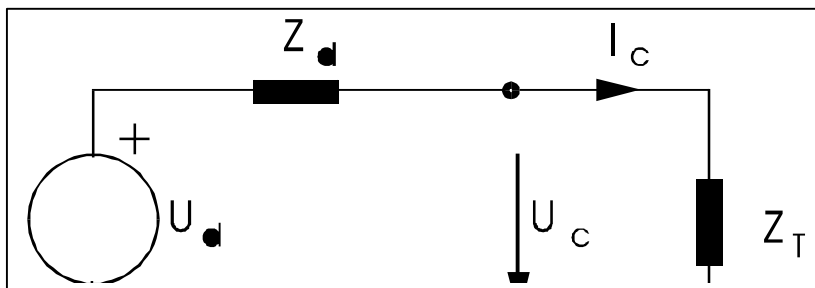
Por el riesgo de arcos eléctricos.

Por el riesgo de campos electromagnéticos.

Por el riesgo del emplazamiento o de los fines.

### 3.1. Por el riesgo de electrocución

Para que se produzca el paso de corriente a través del cuerpo humano es necesario que se cierre un circuito como el de la figura siguiente:



En el circuito,  $Z_T$  representa la impedancia del cuerpo humano. La intensidad  $I_c$  se calcula como

$$I_c = \frac{U_d}{Z_T + Z_d}$$

Una característica de los materiales aislantes es su resistividad y otra su rigidez dieléctrica o máxima tensión (kV/cm) que pueden soportar manteniendo sus características (entre ellas su alta resistividad). Por lo tanto el empleo de tensiones altas presenta mayor riesgo por varios motivos:

En primer lugar cuando se tiene un circuito como el de la figura anterior, cuanto mayor sea la tensión mayor será la intensidad.

En segundo lugar cuanto mayor es la tensión mayor será la probabilidad de que se produzca un circuito como el de la figura, por superar la rigidez dieléctrica de los aislantes.

Al aproximarse a una instalación con conductores no aislados se producen efectos capacitivos (separación de dos conductores por un dieléctrico), estos efectos, aunque presentan impedancias altas, pueden provocar intensidades peligrosas si la tensión aumenta. Por este motivo es necesario mantener unas distancias mínimas (en función de la tensión) a los elementos no aislados.

Las normas internacionales establecen una clasificación de los sistemas eléctricos por el nivel de tensión. Como resultado de esta clasificación tenemos tres grandes grupos: sistemas de **Alta tensión**, de **Baja Tensión**, y de **Muy Baja Tensión de Seguridad**.

#### 3.1.1 Sistemas eléctricos de Alta tensión

Son sistemas de alta tensión aquellos en los que se utilizan tensiones alternas de valor eficaz superior a 1000 V o tensiones continuas superiores a 1500 V.

Normalmente las instalaciones de alta tensión son de corriente alterna trifásicas y la tensión de las mismas se refiere al valor de su tensión de línea (tensión eficaz entre cada dos de los tres conductores de fase). Existen algunas excepciones como las instalaciones de tracción eléctrica, que son de corriente continua a 3000 V (entre catenaria y raíl) en los trazados con ancho de vía español, y de corriente alterna monofásica a 25 kV (entre catenaria y raíl) en el tramo Madrid-Sevilla. En el futuro tramo Madrid-Barcelona serán de corriente alterna monofásica con 25kV entre catenaria y raíl, 25kV entre raíl y conductor auxiliar y 50 kV entre catenaria y conductor auxiliar.

Los sistemas eléctricos de alta tensión se utilizan fundamentalmente cuando se manejan potencias elevadas, con el objeto de que se reduzcan las intensidades. Por esta razón encontraremos sistemas de alta tensión en la generación de energía eléctrica (salvo excepciones como pequeños generadores), el transporte a distancias de centenas de km (líneas de 400 kV, 220 kV, 132 kV.), la

distribución a distancias de decenas de km (líneas de 66 kV, 45 kV, 15 kV) y en los sistemas de alimentación de algunos (habitualmente cuando la potencia supera los 500 kW).

Hay por lo tanto instalaciones de alta tensión en:

**las centrales eléctricas**

**Las líneas eléctricas de transporte y distribución en alta tensión.**

**Las subestaciones eléctricas (instalaciones destinadas a maniobras de conexión y desconexión así como a transformación de la tensión)**

**Los centros de transformación.**

**Algunas instalaciones industriales cuando utilizan motores de gran potencia. (habituales en sectores como la siderurgia, la fabricación de cemento, etc)**

Las instalaciones de alta tensión presentan características especiales con relación al riesgo eléctrico.

Por las graves consecuencias que tienen los accidentes en alta tensión (cuando provocan la circulación de corriente a través del cuerpo humano) es preciso establecer todas las medidas de prevención necesarias para evitar este riesgo, tanto manteniendo las instalaciones en condiciones seguras, como organizando las actuaciones humanas que puedan suponer riesgo para las personas

### **3.1.2 Sistemas eléctricos de Baja tensión**

Son sistemas a baja tensión aquellos en los que se utilizan tensiones alternas de valor eficaz entre 50 V y 1000 V o tensiones continuas entre 75 V y 1500 V.

Los sistemas eléctricos de baja tensión se utilizan fundamentalmente para la conversión de la energía eléctrica en otra forma de energía, porque la gran mayoría de receptores eléctricos están diseñados para el funcionamiento a baja tensión.

Todas las instalaciones de baja tensión se alimentan con corriente alterna, habitualmente a tensiones eficaces de 220 V las monofásicas y de 380 V (tensión de línea) las trifásicas. Sin embargo, hay partes de las instalaciones, que utilizan corriente continua o corrientes con formas de onda especiales, para fines específicos como el control de motores u otros receptores. Por esta razón, son de baja tensión las instalaciones receptoras de los consumidores de energía eléctrica (salvo excepciones como motores de más de 500 kW). Normalmente, son trifásicas las instalaciones cuya potencia supera los 15 kW o cuando siendo menor existen receptores trifásicos. Suelen ser monofásicas las instalaciones domésticas siempre que no tengan algún receptor trifásico (como equipos de aire acondicionado de cierta potencia).

### **3.1.3 Muy Baja Tensión de Seguridad o Pequeña Tensión de Seguridad**

Se considera Muy Baja Tensión de Seguridad a las menores de 24 V en lugares húmedos y de 50 V en lugares secos no conductores.

Se utilizan estas instalaciones en los casos de uso de aparatos con aislamiento funcional solamente, que deban ser utilizados en emplazamientos muy conductores (como depósitos metálicos, calderas, hornos, etc). La potencia de estos sistemas suele ser baja (inferior a 10 kW).

## **3.2 Por el riesgo de arcos eléctricos**

Un arco eléctrico es una corriente eléctrica entre dos conductores a través del aire. El aire en condiciones normales es aislante siempre que no se supere su rigidez dieléctrica. Un arco puede producirse por modificar las condiciones de manera que se supere la rigidez dieléctrica del aire, o como consecuencia de la maniobra de apertura o cierre de un elemento de interrupción de la corriente eléctrica. Cuando se establece un arco en el aire suele convertirse en un cortocircuito y trata de propagarse en dirección a la fuente de alimentación, ya que como consecuencia de la



energía de mismo el aire se ioniza y se vuelve conductor (hasta que se enfríe de nuevo). Si un interruptor se abre cuando circula a través de él una intensidad superior a la asignada como poder de corte, puede deteriorarse y ser incapaz de extinguir el arco y por lo tanto de interrumpir el paso de corriente. También pueden producirse arcos eléctricos por otros motivos.

**Existe riesgo de arcos eléctricos tanto en instalaciones de alta tensión como de baja tensión.**

Los arcos eléctricos peligrosos se deben habitualmente a circunstancias fortuitas motivadas por **fallos de las instalaciones o fallos en actuaciones humanas**. Los efectos de los arcos eléctricos dependen de la intensidad de la corriente del arco, y de la tensión. Las intensidades de cortocircuito son especialmente altas en las proximidades de los centros de transformación en instalaciones de baja tensión y en todos los puntos de las instalaciones de alta tensión. **Las causas** que provocan arcos eléctricos pueden ser:

**Fallos en dispositivos de maniobra o protección.**

**Cortocircuitos fortuitos provocados por:**

**Desprendimiento de elementos conductores**

**Deterioro de aislantes**

**Aproximación excesiva a elementos conductores con herramientas o elementos de medida.**

**Actuaciones de animales.**

**Humedad.**

**Etc.**

### **3.3 Por el riesgo de campos electromagnéticos**

Todos los elementos de una instalación que se encuentren a una cierta tensión producen campos eléctricos y todas las instalaciones por las que circule intensidad producen campos magnéticos. Sin embargo debido a su carácter vectorial el campo resultante en un punto a cierta distancia puede resultar nulo o muy bajo.

**El mayor riesgo de presencia de campo eléctrico se produce como es lógico en las instalaciones de alta tensión ya que es proporcional a la misma.**

**El mayor riesgo de presencia de campo magnético se produce alrededor de conductores por los que circulen intensidades elevadas ya sean de alta o de baja tensión y el riesgo será mayor cuanto mas cerca y mayor grado de desequilibrio tengan las intensidades respecto al punto considerado.** En una vía pública a un metro del suelo, puede ser mas intenso el campo magnético producido por una línea de baja tensión, enterrada a una profundidad de 1 m, con los conductores separados entre si 20 cm, que el campo magnético producido por una línea aérea de alta tensión a 10 m de altura (que produce un fuerte impacto visual).

Los casos citados anteriormente se refieren a objetos que producen campos eléctricos y magnéticos a frecuencia industrial (50Hz en Europa y 60Hz en América). Existen instalaciones y equipos industriales que utilizan frecuencias mas elevadas como hornos de inducción, hornos de microondas, etc. También producen campos electromagnéticos de frecuencias altas las antenas de telecomunicación por radio y telefonía móvil.

### **3.4 Por el riesgo del emplazamientos o de los fines**

Existen emplazamientos o aplicaciones en los que las instalaciones deben cumplir unos requisitos especiales por los riesgos específicos que existen, estos son:

Locales de pública concurrencia

Espectáculos

De reunión

Establecimientos sanitarios

Locales con riesgo de incendio o explosión

Locales húmedos

Locales mojados  
Locales con riesgo de corrosión  
Locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión  
Locales a temperatura elevada  
Locales a temperatura muy baja  
Locales con baterías  
Locales afectos a un servicio eléctrico  
Estaciones de servicio  
Garajes  
Talleres de reparación de automóviles  
Máquinas de elevación y transporte  
Piscinas  
Instalaciones provisionales  
Instalaciones de obras

#### **4. Ingeniería de la Seguridad**

La ingeniería de seguridad aplicada a los riesgos eléctricos se utiliza tanto para la eliminación de riesgos como para la prevención de aquellos previamente evaluados.

##### **4.1 Ingeniería de la Seguridad aplicada al riesgo debido al paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano.**

La reglamentación define dos causas posibles de paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano:

**Contactos directos.** Contactos de personas, animales domésticos o ganado con partes activas de los materiales y equipos.

**Contactos indirectos.** Contactos de personas, animales domésticos o ganado con masas puestas accidentalmente bajo tensión.

**Partes activas.** Conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal.

**Masa.** Conjunto de las partes conductoras de un aparato o instalación eléctrica que en condiciones normales están aisladas de las partes activas.

##### **4.1.1 Principios físicos de Protección**

Los accidentes provocados por los riesgos eléctricos tienen como origen fallos en las instalaciones o actuaciones incorrectas de las personas. La forma de evitarlos será actuando sobre el origen de los mismos, es decir logrando que las instalaciones estén en las adecuadas condiciones de seguridad y que las personas actúen de forma segura con relación a los riesgos que existan. El principio básico generalizado de la protección en este campo es el aislamiento.

El **aislamiento** es el conjunto de las materias aislantes empleadas en la construcción de un aparato o instalación y destinados a impedir cualquier contacto con las partes activas.

Las **envolventes** de los receptores y equipos proporcionan **un grado de protección** que se identifica por las siglas **IPXX** (ver **anexo 3**).

##### **4.1.1.1 Factores que influyen en la magnitud de la corriente a través del cuerpo.**

La corriente eléctrica que circulará por el cuerpo humano depende de:

- La **tensión** eléctrica que tenga que soportar (depende del tipo de defecto y del sistema de protección empleado).
- La **impedancia** que presente. Esta resulta de la conexión en serie de la impedancia interna con las impedancias de la piel en los puntos de contacto.

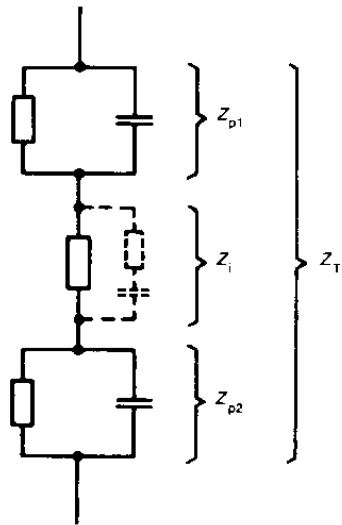
La impedancia de la piel ( $Z_p$ ) puede considerarse un conjunto de resistencias y capacidades y depende de la tensión, la superficie de contacto, la presión del contacto, la humedad de la piel y de la temperatura.

La impedancia interna del cuerpo humano ( $Z_i$ ) es principalmente resistiva y depende fundamentalmente del trayecto y de la superficie de contacto.

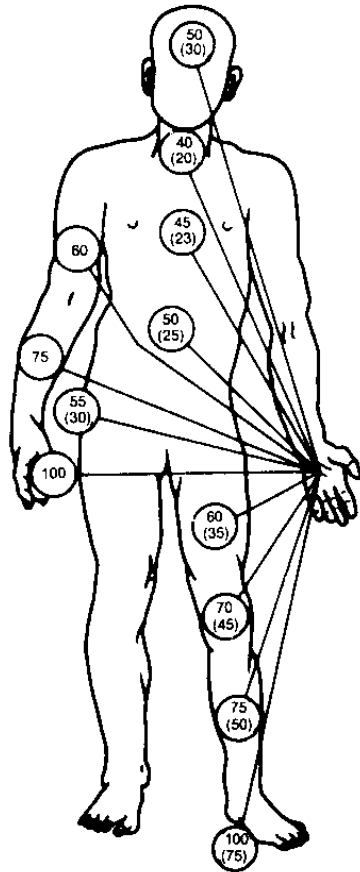
La impedancia total del cuerpo humano depende por tanto de los factores enumerados anteriormente. En la tabla siguiente aparecen valores validos para un trayecto mano a mano y mano a pie con dos superficies de contacto importante (50 a 100 cm<sup>2</sup>) y en condiciones secas. La resistencia inicial para el mismo trayecto y superficie de contacto puede tomarse igual a 500  $\Omega$ . Las medidas se han efectuado sobre seres vivos y sobre cadáveres.

Tensión de contacto  (V)	Valores de impedancia total (W.) del cuerpo humano que no son sobrepasados por		
	5%	50%	95%
	de la población		
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	2200	3500
100	1200	1875	3200
125	1125	1625	2875
220	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1000	700	1050	1500
valor asintótico	650	750	850

En la figura siguiente aparecen los valores correspondientes a las impedancias de otros trayectos en función de los de la tabla anterior.



$Z_i$  es la impedancia interna;  
 $Z_{p1}, Z_{p2}$  es la impedancia de la piel;  
 $Z_T$  es la impedancia total.



Las cifras indican el porcentaje de la impedancia del cuerpo humano para el trayecto correspondiente con relación a la del trayecto mano a mano.

Las cifras sin paréntesis corresponden al trayecto de una mano a la parte considerada del cuerpo. Las cifras entre paréntesis corresponden al trayecto entre las dos manos y la parte correspondiente del cuerpo.

NOTAS

- 1 La impedancia entre una mano y los dos pies es igual al 75% y la impedancia entre las dos manos y los dos pies es igual al 50% de la impedancia entre las dos manos.
- 2 En primera aproximación, estos valores son igualmente válidos para la impedancia total del cuerpo humano.

Para prevenir los efectos del paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano se pueden aplicar medidas:

- Evitando que se cierre un circuito eléctrico con la tensión y la impedancia tal que provoque corrientes peligrosas a través del cuerpo humano. Estas medidas a su vez se pueden dividir en dos tipos:
  - Evitando que la tensión sea peligrosa.
  - Aumentando la impedancia mediante el aislamiento adecuado para que la intensidad no sea peligrosa.
- Instalando algún dispositivo que abra el circuito en un tiempo suficiente para evitar daños irreversibles, cuando circulen corrientes peligrosas a través del cuerpo humano. No siempre es posible aplicar esta medida.

#### **4.1.2 Dispositivos de protección**

##### **4.1.2.1 En alta tensión**

En alta tensión se producen accidentes que podríamos clasificar de la siguiente forma:

- ◆ Por fallo de aislamiento con relación a la tensión. Puede ser motivado por
  - Deterioro de materiales aislantes.
  - Aproximación excesiva a partes en tensión.
- ◆ Por tensiones de paso peligrosas
- ◆ Por realizar trabajos sin mantener las debidas medidas de seguridad.

Los métodos de protección para evitar accidentes están establecidos en la reglamentación correspondiente a este tipo de instalaciones y resumidamente consisten en:

- Seleccionar el **nivel de aislamiento** de forma coordinada para la tensión.
- Realizar las **conexiones equipotenciales y a tierra** establecidas por la legislación para evitar tensiones de contacto indirecto peligrosas.
- Seleccionar, ajustar y verificar las **protecciones** según las características de la instalación.
- Impedir la aproximación a las partes activas no aisladas mediante:
  - **Alejamiento.**
  - **Interposición de obstáculos.**
  - **Envolventes.**
  - **Enclavamientos.**
- Realizar inspecciones periódicas de las instalaciones.
- Reducir las tensiones de paso.
- Exigir el cumplimiento de las medidas de seguridad necesarias en la realización de los trabajos:
  - Realizar las **maniobras** utilizando las medidas de seguridad establecidas en la legislación.
  - Respetar las conocidas como **5 Reglas de Oro** en trabajos sin tensión. (ver **anexo 5**)
  - Cumplir la **normativa** correspondiente al tipo de trabajo cuando se realiza **en tensión**.

#### **4.1.2.2. En baja tensión**

##### **4.1.2.2.1 Protección contra los contactos directos y los contactos indirectos.**

Se puede conseguir una protección simultánea contra ambos tipos de contactos mediante los siguientes procedimientos:

**Utilizando muy baja tensión de seguridad (MBTS).** Está basado en la limitación de la intensidad máxima que circula a través del cuerpo aún en el caso más desfavorable. La reducción de la tensión actúa de forma redundante sobre la intensidad, ya que aumenta la impedancia del cuerpo. Las tensiones usadas son de 24 V de valor eficaz en locales o emplazamientos húmedos y de 50 V en c.a. ó 75 V en c.c., en locales o emplazamientos secos. Se requiere el cumplimiento de unas condiciones adicionales citadas en la normativa vigente para mantener la seguridad. Este método, por su sencillez y la confianza que proporciona, ha sido y sigue siendo ampliamente utilizado, por ejemplo en trabajos de producción y mantenimiento con elevado riesgo eléctrico.

Aunque no se logre una protección completa si no se utilizan las tensiones indicadas en el párrafo anterior, el empleo de tensiones menores disminuye el riesgo, tanto respecto a los contactos directos como indirectos. En U.S.A. la normativa impone que la tensión no supere los 120 V, en determinados circuitos de las instalaciones de viviendas, hoteles, moteles y residencias. Para otros usos se permiten y se usan tensiones más elevadas.

**Limitando la energía de descarga.** Consiste en la asociación de elementos o dispositivos para tal fin y esta en estudio.

##### **4.1.2.2.2 Protección contra los contactos directos.**

La protección contra los contactos directos se consigue empleando los siguientes procedimientos (de forma alternativa o simultánea según el caso).

##### **Aislamiento de las partes activas.**

**Aislamiento funcional (ó principal)** es el necesario para asegurar el funcionamiento correcto y la protección fundamental contra el choque eléctrico.

**Aislamiento suplementario (ó de protección)** es un aislamiento independiente previsto además del aislamiento funcional, con objeto de evitar el choque eléctrico en caso de defecto del aislamiento funcional.

**Doble aislamiento** es el que comprende a la vez un aislamiento funcional y un aislamiento suplementario.

**Aislamiento reforzado** es un aislamiento funcional mejorado con propiedades eléctricas y mecánicas tales que proporciona el mismo grado de protección que el doble aislamiento.

##### **Clasificación de receptores o materiales eléctricos por su aislamiento y otras medidas de seguridad contra contactos indirectos.**

**Clase 0.** Las partes accesibles están separadas de las partes en tensión solo por un aislamiento funcional, y no dispone de dispositivo para unir las masas a un conductor de protección.

**Clase I.** Dispone de aislamiento funcional y en caso de receptor dispone de dispositivo para unir las masas a un conductor de protección.

**Clase II.** Las partes accesibles están separadas de las partes en tensión por un aislamiento reforzado o por doble aislamiento, y no dispone de dispositivo para unir las masas a un conductor de protección.

**Clase III.** Previsto para ser alimentado en todos sus circuitos a **MBTS**.

La determinación de las partes accesibles se realiza mediante los ensayos descritos en las normas.

Las partes activas deben estar recubiertas completamente de un aislamiento funcional que solo pueda ser quitado destruyéndolo.

Los equipos fabricados con protección aislante deben cumplir sus prescripciones correspondientes.

La protección debe garantizarse con un aislamiento capaz de soportar de forma duradera las influencias a las que estarán sometidos todos los elementos.

Cuando el aislamiento se realiza en la fase de ejecución de la instalación, la calidad debe verificarse mediante ensayos análogos a los efectuados a los equipos realizados en fábrica.

### **Por medio de barreras o envolventes.**

Las barreras o envolventes tienen por objeto evitar cualquier contacto con las partes activas. Por tal motivo todas las partes activas deben estar en el interior de envolventes o detrás de barreras con un grado de protección mínimo IP2X (según UNE 20-324). Las superficies horizontales fácilmente accesibles de barreras o envolventes tendrán un grado de protección mínimo IP4X.

Las barreras o envolventes serán robustas y duraderas y se fijarán de forma segura y a la distancia adecuada de las partes activas, teniendo en cuenta para ello las influencias externas a las que vayan a estar sometidas.

La eliminación de barreras ó envolventes solo se realizará cumpliendo determinados requisitos.

### **Por medio de obstáculos.**

El empleo de obstáculos como medida de protección contra contactos directos tiene por objeto evitar los que se pueden producir de forma fortuita pero no los voluntarios (evitando deliberadamente el obstáculo). Los obstáculos se fijarán de forma que no puedan quitarse involuntariamente.

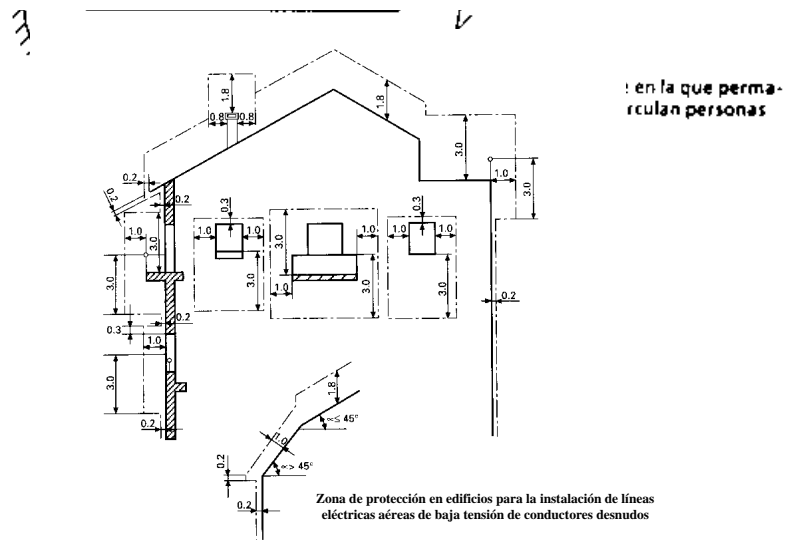
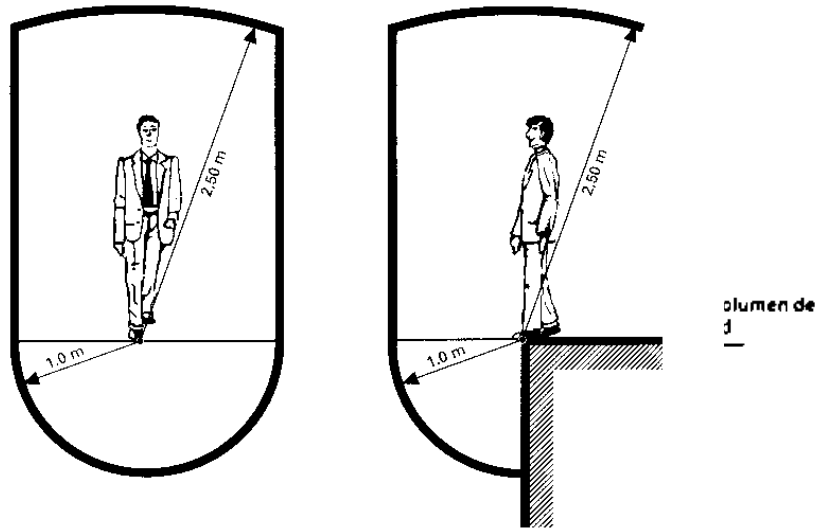
### **Por puesta fuera de alcance por alejamiento**

Esta medida de protección contra contactos directos tiene por objeto evitar únicamente los que se pueden producir de forma fortuita.

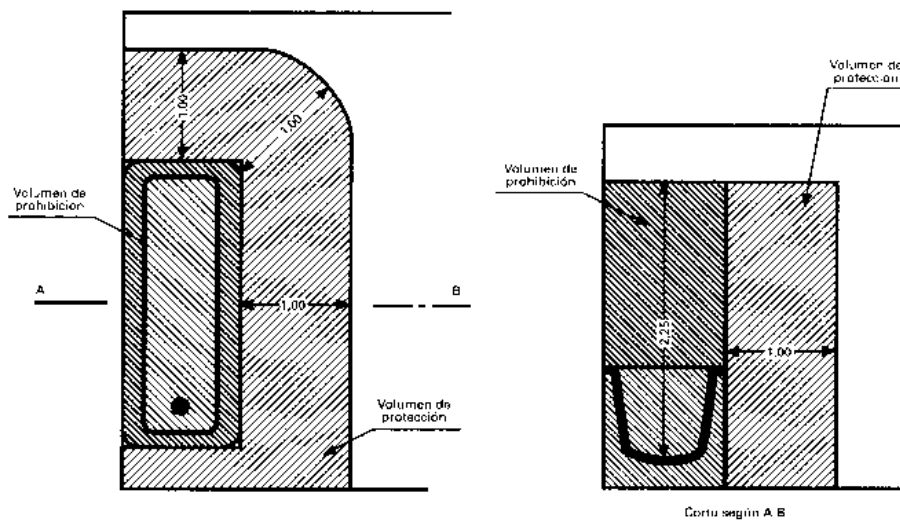
Dos **partes** se consideran **simultáneamente accesibles** si pueden ser tocadas simultáneamente por una persona. En general esto se puede producir si están separadas menos de 2,5 m. En el caso de que en el emplazamiento se manipulen objetos conductores de gran dimensión, la distancia anterior se aumentará en función de las dimensiones de tales objetos.



El **volumen de accesibilidad** de un emplazamiento es el limitado por superficies que no pueden ser alcanzadas con una mano sin medios auxiliares. Por convenio se toma el representado en la figura. En el caso de que en el emplazamiento se manipulen objetos conductores de gran dimensión, las distancias se aumentarán en función de las dimensiones de tales objetos.



Dos partes accesibles simultáneamente entre las que exista una tensión no deben encontrarse en el volumen de accesibilidad



### Volumenes de prohibición y de protección en cuartos de baño

#### 4.1.2.2.3 Protección contra los contactos indirectos

Para realizar una adecuada protección contra los contactos indirectos se tendrán en cuenta: la tensión, la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas, los elementos conductores y la extensión e importancia de la instalación.

El REBT en la MI BT 021 establece la siguiente normativa.

Para tensiones de hasta 24 V con relación a tierra en locales o emplazamientos húmedos o conductores no es necesaria protección.

Para tensiones de hasta 50 V con relación a tierra en locales o emplazamientos secos y no conductores no es necesaria protección.

Para tensiones superiores a 50 V ya es necesario establecer protecciones

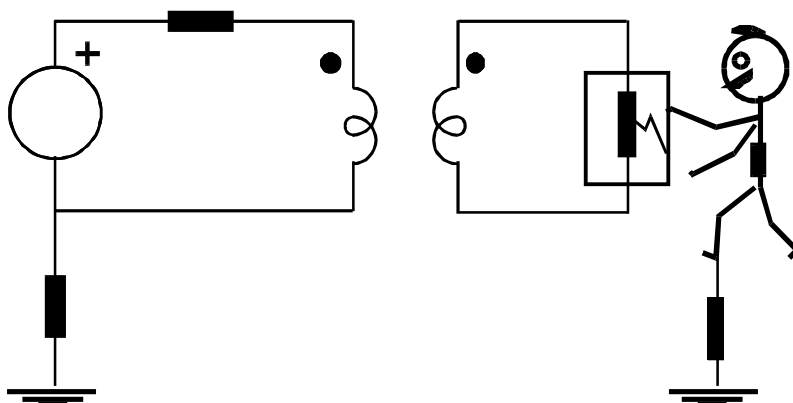
Las medidas de protección contra contactos indirectos se pueden agrupar en dos clases.

**Clase A.** Estas medidas tratan de suprimir el riesgo mismo haciendo que los contactos no sean peligrosos o de impedir los contactos simultáneos entre masas y elementos conductores cuando pueda haber una tensión peligrosa.

- Empleo de muy bajas tensiones de seguridad.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medios de aislamientos de protección (Clase II).
- Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y masas (locales o emplazamientos no conductores).
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Separación de circuitos.
- Conexiones equipotenciales.

Las cuatro primeras pueden comprenderse fácilmente puesto que su fundamento ha sido ya mencionado. A continuación se explican las dos últimas.

**Separación de circuitos.** El circuito debe ser alimentado por un transformador de aislamiento de seguridad o fuente con grado de seguridad equivalente, instalado respetando las normas específicas para cada caso. La tensión y la potencia están limitados. Esta medida de protección puede comprenderse fácilmente analizando la siguiente figura.



#### Separación de circuitos mediante transformador de aislamiento

Debido al aislamiento galvánico que proporciona el transformador, al producirse un contacto indirecto (contacto con la masa de un elemento puesta accidentalmente en tensión) no existe circuito para el retorno de la corriente de contacto y por tanto el valor de la intensidad de la misma es cero. Esta medida se utiliza en aquellas instalaciones en las que se quiere mantener el servicio después de producirse el primer fallo, como es el caso de quirofanos.

**Conexiones equipotenciales.** Consiste en la unión eléctrica de todos los conductores accesibles simultáneamente (tuberías, armaduras, masas, marcos, puertas, mobiliario con partes conductoras, etc). En el caso de un fallo de aislamiento todos los elementos conductores estarán a la misma tensión, y el acceso simultáneo a dos de ellos no presenta peligro alguno. Habitualmente en estos casos se produce un cortocircuito a tierra y actúan las protecciones dispuestas al efecto.

**Clase B.** Estas medidas están basadas en la actuación de un dispositivo de corte automático que desconecte la instalación defectuosa cuando puedan circular intensidades peligrosas a través de personas o animales. Actualmente solo se aplican a instalaciones de corriente alterna senoidal pero están en estudio las aplicaciones a otros tipos (continua, periódicas no senoidales). Necesitan la coordinación entre el esquema de conexiones a tierra (**TT, TN, IT**, del **Anexo 4**) y las características del dispositivo. Las más usuales son las siguientes.

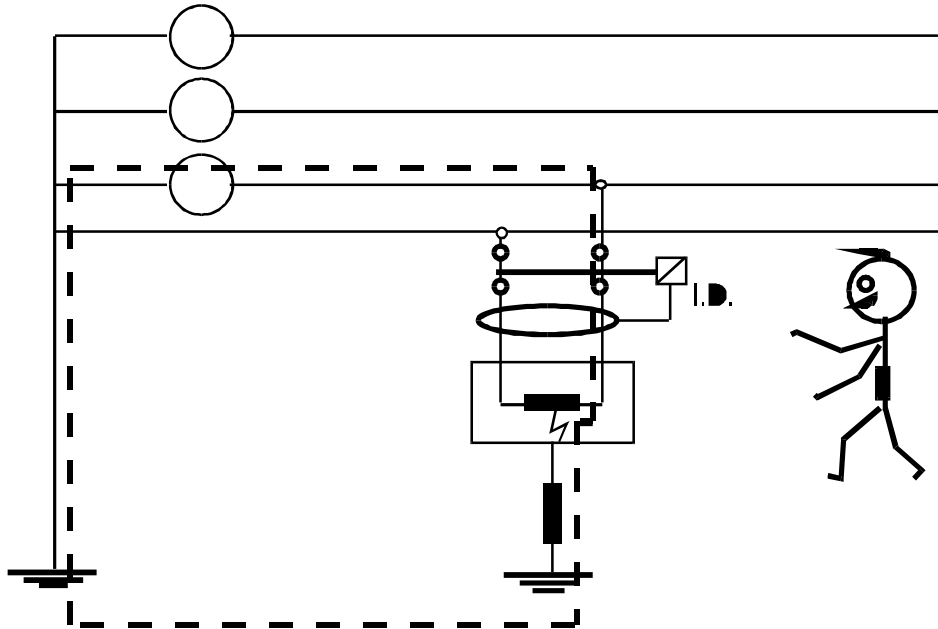
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto (fusibles, I.A., I.D.)
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto (fusibles, I.A., I.D.)  
(En España se necesita la autorización de la compañía distribuidora cuando la alimentación se hace en BT)

La medida de protección contra contactos indirectos aplicada **de forma generalizada en España** es una de las comprendidas en el primer punto. Consiste en el uso de **interruptor de corte automático de tipo corriente diferencial residual (interruptor diferencial), combinado con el esquema TT (puesta a tierra del neutro de la alimentación y puesta a tierra de las masas de la instalación, independiente de la anterior)**. El interruptor diferencial (I.D.) es un dispositivo basado en un transformador de intensidad que efectúa la apertura de contactos cuando la suma de las intensidades que circulan por los devanados de su circuito primario supera la sensibilidad del mismo ( $I_s$ ). En este caso, cuando aparece una corriente de defecto, de intensidad superior a la sensibilidad del interruptor diferencial, se produce la apertura automática del mismo. La sensibilidad ( $I_s$ ) se determina en función de la resistencia de puesta a tierra de la instalación  $R_{ti}$ , para que la tensión máxima ( $U_d$ ) que pueda

aparecer entre una masa y tierra sin que actúe el I.D. no supere los 24 V c.a o los 50 V c.a según se trate de locales húmedos o secos.

$$I_s = \frac{U_d}{R_{ti}}$$

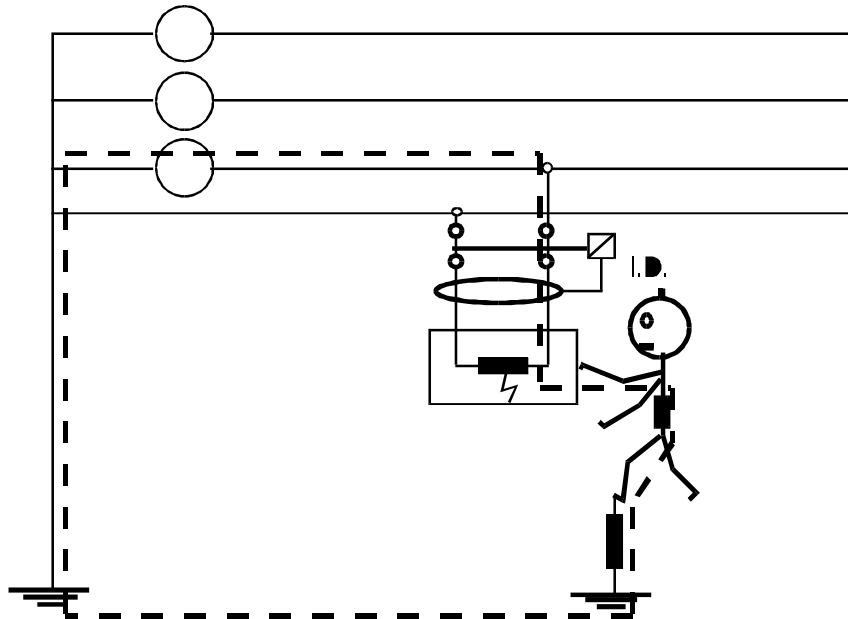
En la siguiente figura se indica el funcionamiento del interruptor diferencial en el caso de defecto.



#### **Actuación del interruptor diferencial ante la existencia de una corriente a tierra a través del conductor de protección**

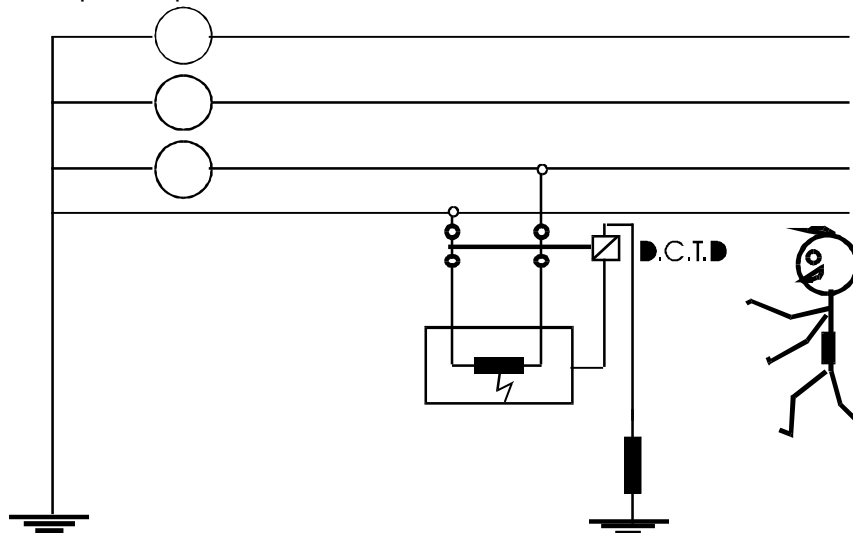
En Instalaciones antiguas en las que las masas no están puestas a tierra (pero si el neutro de la alimentación) es necesario el uso de interruptores automáticos de alta sensibilidad ( $I_s < 30\text{mA}$ ). En estos casos cuando se produce un defecto no actúa el interruptor hasta que no se produce una descarga fortuita (a través de una persona o por otros medios). En la figura se observa que mientras no se cierra el circuito (para producir la descarga) el interruptor diferencial no puede detectar la existencia del defecto.

El uso de **otros dispositivos de corte** (fusibles o Interruptores automáticos) no es recomendable, ya que para su correcta actuación **es necesaria una adecuada coordinación** entre las impedancias del circuito, las resistencias de puesta a tierra y las características del dispositivo.



**Actuación del interruptor diferencial ante la existencia de una corriente a tierra a través del cuerpo humano cuando no existe conductor de protección**

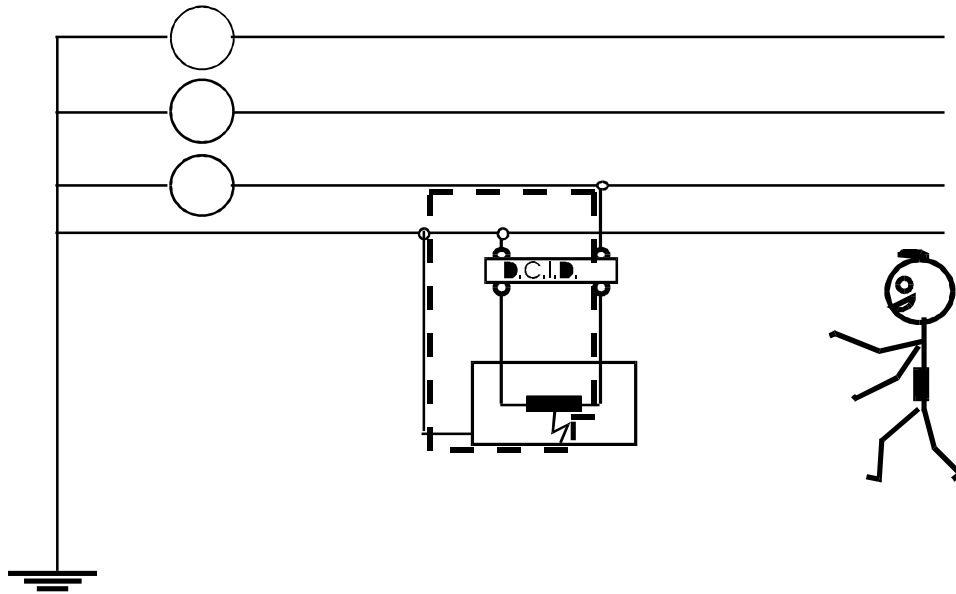
Realmente, las tensiones de defecto peligrosas solo existen durante el tiempo de actuación del dispositivo de corte, puesto que en cuanto este las detecta actúa abriendo el circuito de alimentación.



**Conexión del dispositivo de corte por tensión de defecto (con masas aisladas)**

La protección basada en la actuación de los dispositivos de corte por tensión de defecto (D.C.T.D.) se fundamenta en la actuación de una bobina cuando la tensión en sus extremos supera un cierto valor ( $U_d$ ). Las masas pueden estar aisladas de tierra (como ocurre en la figura) o unidas a tierra mediante un conductor de protección (la tierra del D.C.T.D. debe ser independiente de la de las masas).

La protección basada en la puesta a neutro de las masas (TN) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (fusibles, I.A., I.D.) se representa en la figura. Su correcta actuación depende de la adecuada coordinación entre las impedancias del circuito y las características del dispositivo.



**Conexión en el sistema de protección basado en la puesta a neutro de las masas con dispositivo de corte por intensidad de defecto**

Las medidas de protección para el esquema IT no se han tratado por su complejidad y por la rara utilización de esta conexión.

#### **4.2. Ingeniería de seguridad aplicada a la prevención de riesgos causables por campos electromagnéticos**

El principio básico de la prevención de este riesgo se basa en:

- Diseñar las instalaciones para que los campos sean de la menor intensidad posible.
- Controlar la exposición de las personas a los campos y corrientes de contacto.

La aplicación de estos principios básicos se puede concretar en las siguientes recomendaciones:

- Modificar la geometría de los conductores y su disposición puede reducir los campos producidos. Se reduce considerablemente el campo magnético producido por una línea si los conductores están agrupados y trenzados.
- La puesta a tierra de los objetos que pueden producir tensiones de contacto elimina esta posibilidad.
- La colocación de pantallas metálicas (Jaulas de Faraday) son efectivas frente a campos eléctricos de baja frecuencia. Mas complicada es la reducción de campos magnéticos de baja frecuencia excepto a pequeña escala o en ciertas situaciones. En caso especiales puede aplicarse una compensación activa generando un campo cancelador.
- La limitación del acceso a zonas de campo alto puede ser la solución en ciertos casos.
- Los trajes conductores son eficaces para la reducción del campo eléctrico.
- Los guantes aislante se recomiendan para reducir o eliminar las corrientes de contacto.
- 

#### **4.3. Ingeniería de seguridad aplicada a la prevención de riesgos eléctricos en emplazamientos especiales**

Las medidas de prevención exigidas y recomendadas para emplazamientos especiales son específicas para cada caso y están contempladas en la reglamentación vigente. Se aconseja consultar el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las Instrucciones Técnicas Complementarias (MIE BT 025 a 028 más 046 a 049 del nuevo REBT) y la norma EN 60079.

#### **4.4. Ingeniería de seguridad aplicada a la prevención general de riesgos eléctricos**

En el diseño de las instalaciones eléctricas se han de considerar :

- **Las características generales.**
  - **Utilización.**
  - **Tipos de distribución.**
  - **Estructura general**
  - **Alimentaciones.**
  - **Influencias externas.**
  - **Compatibilidad.**
  - **Mantenimiento.**
- **El riesgo de electrocución (ya considerado).**
- **Los efectos térmicos.**
- **Las sobreintensidades.**
- **Las sobretensiones.**
- **Las disminuciones de tensión (subtensiones).**
- **El seccionamiento.**
- **Los materiales.**

### **Características generales de una instalación.**

Para determinar las características generales de una instalación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

#### **Utilización**

Conociendo la utilización que se va a hacer de una instalación se podrán determinar adecuadamente todas las partes de la misma y se podrá calcular de forma económica y segura la potencia de alimentación necesaria. En las instalaciones de alimentación a varios usuarios se pueden considerar coeficientes de simultaneidad.

#### **Tipos de distribución.**

Desarrolladas en el **anexo 4**.

#### **Estructura general**

Las instalaciones deben dividirse en circuitos para:

- Facilitar el funcionamiento, la verificación y el mantenimiento.
- Limitar las consecuencias de los defectos y los peligros derivados (falta de alumbrado, etc).

#### **Alimentación**

Las características básicas de la alimentación a tener en cuenta en la seguridad de la misma son:

- Frecuencia.
- Tensión nominal.
- Intensidad de cortocircuito.

#### **Influencias externas**

Las influencias externas que deben considerarse en el diseño y la ejecución de las instalaciones eléctricas son:

#### **Relativas al medio ambiente**

- Temperatura ambiente.
- Humedad del aire.
- Altitud.
- Presencia de agua.
- Presencia de cuerpos sólidos.
- Presencia de sustancias corrosivas o polucionantes.
- Solicitaciones mecánicas.
  - Choques.
  - Vibraciones.
  - Otras.
- Presencia de flora o moho.
- Presencia de fauna.
- Influencias electromagnéticas, electrostáticas o ionizantes.
- Radiaciones solares.
- Efectos sísmicos.
- Descargas atmosféricas (rayos).
- Velocidad del viento.

Respecto a la presencia de agua y de cuerpos sólidos lo que se hace es elegir adecuadamente el grado de protección proporcionado por las envolventes de los equipos o instalaciones. Estos grados de protección están clasificados en la norma UNE-20324. Se pueden ver en el **anexo 3**.

#### **Relativas a la utilización**

- Competencia de las personas.
- Contactos de personas.
- Condiciones de evacuación en caso de urgencia.
- Naturaleza de las materias tratadas o almacenadas.

#### **Relativas a la construcción de los edificios**

- Materiales de construcción.
- Estructura de los edificios.

#### **Compatibilidad.**

Deben tomarse las disposiciones adecuadas cuando puedan producirse efectos nocivos sobre materiales, elementos u otras instalaciones por sobretensiones, intensidades de arranque de motores, variaciones bruscas de potencia, armónicos, etc.

#### **Mantenimiento.**

Con relación al mantenimiento tanto de la propia instalación eléctrica como de otras instalaciones conectadas a la misma, debe considerarse:

- Que la verificación, ensayo y mantenimiento preventivo o correctivo pueda realizarse de forma fácil y segura.
- Que las medidas de protección para garantizar la seguridad sean eficaces.
- Que la fiabilidad de los materiales (número de maniobras o tiempo de duración) corresponda al uso y la vida prevista.

#### **Efectos térmicos.**

Las personas y los materiales deben estar protegidos contra los efectos térmicos peligrosos debidos al funcionamiento de las instalaciones eléctricas. Estos son los siguientes:



**Combustión, incendio o degradación de los materiales.** las medidas de protección son:

- Aislamiento térmico de puntos calientes.
- Aislamiento de arcos eléctricos.
- Disposiciones especiales cuando existan materiales con riesgo.
- Aislamientos eléctricos de la clase térmica adecuada.

**Riesgo de quemaduras.** Deben evitarse temperaturas peligrosas (ver UNE 20-460) en las partes accesibles.

### **Sobreintensidades.**

Existen dos tipos de sobreintensidades:

Las debidas a **sobrecargas**, cuando se conectan a la instalación receptores que consumen (entre todos) una intensidad mayor que la nominal de la misma.

Las debidas a **cortocircuitos** producidos accidentalmente en un punto de la instalación.

Los elementos típicos de **protección contra las sobrecargas** son:

Fusibles.

Relés Térmicos o electrónicos.

Relés de sobreintensidad de tiempo inverso (mecánicos o electrónicos).

Los dos últimos elementos de protección anteriores deben ir asociados a un elemento con poder de corte para abrir el circuito y dicho elemento puede ser un contactor o un interruptor automático

Los dispositivos típicos de **protección contra cortocircuitos** son:

Fusibles.

Relés magnéticos o electrónicos (asociados con interruptores automáticos del poder de corte adecuado).

### **Sobretensiones.**

Pueden ser debidas a fenómenos atmosféricos (rayos) o a maniobras de apertura o cierre de interruptores en la instalación. Hasta fechas actuales se han considerado en el diseño de instalaciones con tensiones superiores a 1000 V pero no en el de instalaciones de tensiones inferiores a los 1000 V. Los elementos de protección son:

Pararrayos o autoválvulas.

Descargadores.

Limitadores.

### **Subtensiones.**

En determinadas instalaciones deben tomarse precauciones puesto que las bajadas de tensión pueden suponer un riesgo para los elementos conectados. Igualmente existe peligro cuando se producen faltas de tensión con restablecimiento inmediato si no se adoptan las medidas oportunas. Se utilizan bobinas de mínima tensión para detectar bajadas de tensión y rearmes no automáticos para evitar reconexiones indeseadas.

### **Seccionamiento y mando de las instalaciones para garantizar la seguridad.**

En toda instalación se dispondrán los medios necesarios para evitar la puesta en tensión de forma imprevista y para la descarga de la energía almacenada en elementos de la misma.

Cuando exista tensión en el interior de una envolvente aislante de una instalación se dispondrá una señal indicadora de peligro, a menos que exista enclavamiento mecánico que obligue a dejar sin tensión las partes activas del interior antes de facilitarse el acceso al interior.

Se dispondrán los elementos de corte necesarios para evitar que por mantenimiento mecánico se produzcan daños corporales. Entre las instalaciones típicas a las que se les aplica esta regla están:

- Grúas.
- Ascensores.
- Escaleras mecánicas.
- Transportadoras.
- Máquinas herramientas.
- Bombas.
- Molinos.
- Etc.

Se dispondrán los medios apropiados que impidan la puesta en funcionamiento inesperado de la máquina durante el mantenimiento, a menos que los medios de corte estén bajo la vigilancia continua de todas las personas que efectúan dicho mantenimiento.

En las instalaciones que necesiten control de su alimentación para suprimir peligros inesperados se dispondrán elementos de corte por emergencia.

Cualquier aparato de una instalación dispondrá de un dispositivo de mando funcional adecuado (las tomas de corriente pueden usarse hasta 16 A)

Los circuitos de mando para motores impedirán el arranque de los mismos después de una parada por caída de tensión, si tal arranque pudiera suponer un peligro.

### **Materiales.**

La adecuada selección y completa especificación de las características de los materiales que deben emplearse en las instalaciones eléctricas es un requisito indispensable en la seguridad de las mismas.

### **Factores a tener en cuenta en la ejecución y mantenimiento de las instalaciones eléctricas.**

Durante la ejecución y el mantenimiento de las instalaciones eléctricas se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

- Ajustarse a las especificaciones técnicas de los materiales y a la disposición de los mismos que aparecen en el proyecto.
- Respetar la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (en especial las 5 Reglas de Oro).
- Ejecutar los trabajos sin tensión en la instalación (excepto en casos especiales de trabajos en tensión bajo su normativa específica).
- Utilizar las herramientas adecuadas (aisladas)

### **Factores a tener en cuenta en el uso de las instalaciones eléctricas.**

Algunos de los accidentes típicos en las instalaciones eléctricas tienen por causa:

- Fallos de puesta a tierra.
- Interruptor diferencial defectuoso.

- Aislamientos defectuosos.
- Envoltentes de equipos no adecuados a las condiciones ambientales (IPXX inadecuado al uso).
- Someter a partes de la instalación a intensidades superiores a las nominales (sobreintensidades).
- Obstaculizar la adecuada ventilación (refrigeración).
- Existencia de uniones, conexiones o contactos de elementos conductores inadecuados.
- Aproximar elementos combustibles a partes de la instalación que pueden alcanzar temperaturas considerables.
- Aproximación a las partes activas.
- Puesta a tierra inadecuada de las masas. (por ejemplo mediante tuberías)
- Realización de trabajos de mantenimiento sin tomar las precauciones necesarias.

## **5. La reglamentación legal de la Seguridad Eléctrica**

### **5.1. Directivas, Leyes, R.D., O.M., etc**

Es de aplicación a las instalaciones eléctricas la siguiente Reglamentación:

#### **- Directivas y Normas comunitarias**

La reglamentación comunitaria de aplicación en las instalaciones eléctricas se ha dirigido a la seguridad de los productos que se utilizan en las mismas, en coherencia con la filosofía de la libre circulación de estos entre todos los países de la Unión Europea. La disposición de los diferentes elementos que constituyen una instalación está regulada internamente en cada país. Las directivas establecen los requisitos mínimos de seguridad o de protección, que deben de cumplir todos los productos que se encuentran en el mercado, la información de la que deben ir acompañados y la obligatoriedad del marcado CE. El desarrollo técnico de las directivas se realiza mediante las Normas (EN). A continuación se citan las directivas comunitarias específicas relacionadas con los productos y las instalaciones eléctricas.

#### **DIRECTIVA DE MATERIAL ELÉCTRICO PARA USO EN BAJA TENSIÓN.**

Aproximación de las legislaciones sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. 73/23/CEE (DOCE L77,26.3.73,p.29). R.D. 7/88, de 8 de enero (B.O.E. 14.1.88).

Esta directiva es aplicable al material eléctrico destinado a utilizarse con una tensión nominal comprendida entre 50 y 1.000 V. en corriente alterna y entre 75 y 1.500 V. en corriente continua, con algunas excepciones.

Comunicación de la Comisión para la aplicación de la directiva 73/23/CEE. 92/C210/01 (DOCE c210,15.8.92,p.1). O.M. de 6.6.89 (B.O.E. 21.6.89). Comunicación de la Comisión indicando la lista de "Organismos notificados" y de "Normas armonizadas".

#### **DIRECTIVA DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA**

Aproximación de las legislaciones relativas a la compatibilidad electromagnética. 89/336/CEE (DOCE 23.5.89). Modificada por la 92/31/CEE. R.D. 138/89, R.D. 444/94.

Esta directiva es aplicable a los aparatos eléctricos y/o electrónicos, así como a los equipos, sistemas e instalaciones que contengan componentes eléctricos y/o electrónicos, que pueden ser susceptibles de crear perturbaciones electromagnéticas o cuyo normal funcionamiento pueda verse perjudicado por tales perturbaciones.

#### **DIRECTIVA DE PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN.**

Aproximación de las legislaciones sobre productos de la construcción. 89/106/CEE (DOCE L40,11.2.89,p.12). R.D. 1630/92 de 29 de diciembre (B.O.E. 9.2.93).

Esta directiva es aplicable a los productos fabricados para su incorporación permanente a las obras de edificación o ingeniería civil, cuyas características influyan sobre la resistencia mecánica y estabilidad, la seguridad en uso y en caso de incendio, el medio ambiente interno o externo, o el aislamiento térmico o acústico de dichas obras.

#### **DIRECTIVAS DE MATERIAL ELÉCTRICO PARA USO EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.**

Aproximación de las legislaciones sobre el material eléctrico utilizable en atmósferas explosivas y provisto de determinados sistemas de protección y modificaciones. 76/117/CEE (DOCE L43,20.2.79,p.20), 79/196/CEE (DOCE L43,20.2.79,p.20). O.M. de 13.1.88(B.O.E. 26.1.88), O.M. de 26.1.90 (B.O.E. 9.2.90) y O.M. de 24.7.92 (B.O.E. 4.8.92).

Esta directiva es aplicable al material eléctrico concebido para ser utilizado en atmósferas explosivas, y provisto de determinados sistemas de protección. Se excluye el material eléctrico que se utilice en

minas con peligro de grisú.

Aproximación de las legislaciones sobre el material eléctrico utilizable en atmósfera explosiva de las minas con peligro de grisú y adaptaciones al progreso técnico. 82/130/CEE (DOCE L59,2.3.82,p.10), 88/35/CEE (DOCE L20,26.1.88,p.28), 91/269/CEE (DOCE L134,29.5.91,p.51). O.M. de 3.4.92 (B.O.E. 24.4.92).

Esta directiva es aplicable al material eléctrico concebido para ser utilizado en minas con peligro de grisú (en instalaciones subterráneas o de superficie).

- **Reglamentación Nacional de obligado cumplimiento**

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Decreto 2.413/1.973 de 20 de Septiembre ( B.O.E. 9-10-73) (en fase avanzada de revisión importante)
- Instrucciones Complementarias al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobadas por O.M. de 31 de Octubre de 1.973.
  - . Modificaciones de las Instrucciones Complementaria MI.B.T. del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobadas por diferentes O.M.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centro de Transformación, aprobado por Real Decreto 3.275/1.982 de 12 de Noviembre (B.O.E. 1-12-82).
- Instrucciones Técnicas Complementarias al Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, aprobadas por O.M. de 6 de Julio de 1.984 (B.O.E. 1-8-84)
  - . O.M. de 18 de Octubre de 1.984, complementaria de la O.M. de 6 de Julio de 1.984 (B.O.E. 25-10-84)
- Normas sobre ventilación y accesos a ciertos Centros de Transformación, aprobadas por Resolución de la Dirección General de Energía de 19 de Junio de 1.984 (B.O.E. 26-6-84)
- Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión, aprobado por Decreto 3.151/1.968 de 28 de Noviembre (B.O.E. 27-12-68 y 8-3-69).
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobado por Decreto de 12 de Marzo de 1.954.
  - . Modificaciones al Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobadas por Real Decreto 1.725/1.984 de 18 de Julio (B.O.E. 25-9-84).
  - . Modificaciones del Art. 22 del Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, aprobadas por Real Decreto 153/1.985 de 6 de Febrero (B.O.E. 9-2-85).
- Normas sobre acometidas eléctricas y aprobación del Reglamento correspondiente, aprobado por Real Decreto 2.949/1.982 de 15 de Octubre (B.O.E. 12-11-82).
  - . Corrección de errores del Real Decreto 2.949/1.982 (B.O.E. 14-2-82).
- Normas de las compañías eléctricas

- Normas UNE exigidas en los Reglamentos
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en El Trabajo (Orden de Marzo de 1971). Se espera la publicación del Reglamento para Trabajos en Instalaciones Eléctricas que la sustituya en esa materia.
- Prescripciones de seguridad Para Trabajos y Maniobras en Instalaciones Eléctricas (AMIS).
- **Reglamentación Nacional no obligatoria**
  - Normas Técnicas de la Edificación.
  - Normas UNE no mencionadas en la normativa anterior.
  - Recomendaciones UNESA no mencionadas en la normativa anterior.
  - Proyectos tipo UNESA

## **5.2. Comentarios sobre los textos legales**

La Reglamentación representa la preocupación y el esfuerzo de las diferentes administraciones públicas para lograr niveles aceptables de seguridad. La Reglamentación acota sensiblemente la solución a adoptar pero no la define concretamente. Suele existir un retraso entre el estado de la técnica y la reglamentación correspondiente. En ciertos casos existen incoherencias entre las exigencias y las mejores soluciones técnicas.

Está a punto de aparecer (se espera para antes de final del año 2000) el nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, que manteniendo la estructura del anterior (de 1973) introduce importantes cambios motivados por la evolución de las instalaciones y en particular las de edificios destinado al uso de viviendas.

También está a punto de aparecer el Real Decreto sobre disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

## **6. Resumen y Conclusiones**

Los riesgos eléctricos aparecen básicamente por dos causas:

- **Defectos en las instalaciones**
- **Actuaciones incorrectas**

Para disminuir o eliminar los riesgos es necesario actuar sobre las causas de los mismos. Las actuaciones posibles sin intentar ser exhaustivos pueden resumirse en las siguientes:

- **Diseño adecuado de los sistemas eléctricos a las características y al uso.**
- **Correcta ejecución (empleando los materiales especificados).**
- **Verificación antes de la puesta en servicio.**
- **Cuidado mantenimiento y realización de verificaciones e inspecciones periódicas.**
- **Formación del personal sobre los riesgos de sus actuaciones y los equipos de protección**
- **Establecimiento de los sistemas de control que eviten intervenciones de personal sin la formación adecuada para realizarlas.**
- **Formación del personal en prestación de primeros auxilios y técnicas de reanimación. En caso de parada cardiaca o fibrilación ventricular, si se reanima al accidentado en un plazo no superior a 4 minutos la probabilidad de salvación es del orden del 50%. Es imprescindible asegurarse de que no se produzca un nuevo accidente antes de proceder a la extracción del accidentado del lugar en que se encuentre (comprobando la ausencia de tensión o utilizando elementos aislantes adecuados en caso de duda).**

## **Referencias**

Norma UNE 20460.

Norma UNE 20 572.

Norma UNE-ENV 50166

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. MINER.

Curso sobre el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. ADAE. Ed. Paraninfo.

Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. MINER.

Normas VDE 0100 de protección eléctrica. De. Marcombo S.A..

Repertorio de directivas vigentes y programadas sobre seguridad en los productos, estructurado analíticamente. J.L. Castilla, M. Grau, J. Pinilla, P.Casla. Nº 96 Salud y Trabajo-1993

## **ANEXO 1**

### **EFFECTOS DEL PASO DE LA CORRIENTE A TRAVÉS DEL CUERPO HUMANO.**

Los efectos son diferentes para cada tipo de corriente: alterna (a frecuencia de red, alta frecuencia, pulsante) o continua. Se utilizan las siguientes definiciones:

**Choque eléctrico:** Efecto fisiológico debido al paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano o de un animal.

**Electrocución:** Acción y efecto de matar por medio de una corriente eléctrica.

#### **A.1.1 Efectos sobre el cuerpo humano de la corriente alterna entre 15 y 100 Hz.**

Para clasificar los efectos de la corriente sobre el cuerpo humano se establecen los siguientes umbrales:

**Umbral de percepción.** Valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en la persona por la que pasa. Depende a su vez de la superficie de contacto, de las condiciones del contacto, de las características fisiológicas de la persona y del tiempo. Se toma habitualmente un valor de **0,5 mA**, cualquiera que sea el tiempo.

**Umbral de no soltar.** Valor máximo de la corriente para la que una persona que tiene electrodos puede soltarlos. Depende de los factores citados anteriormente. Se toma un valor de **10 mA**

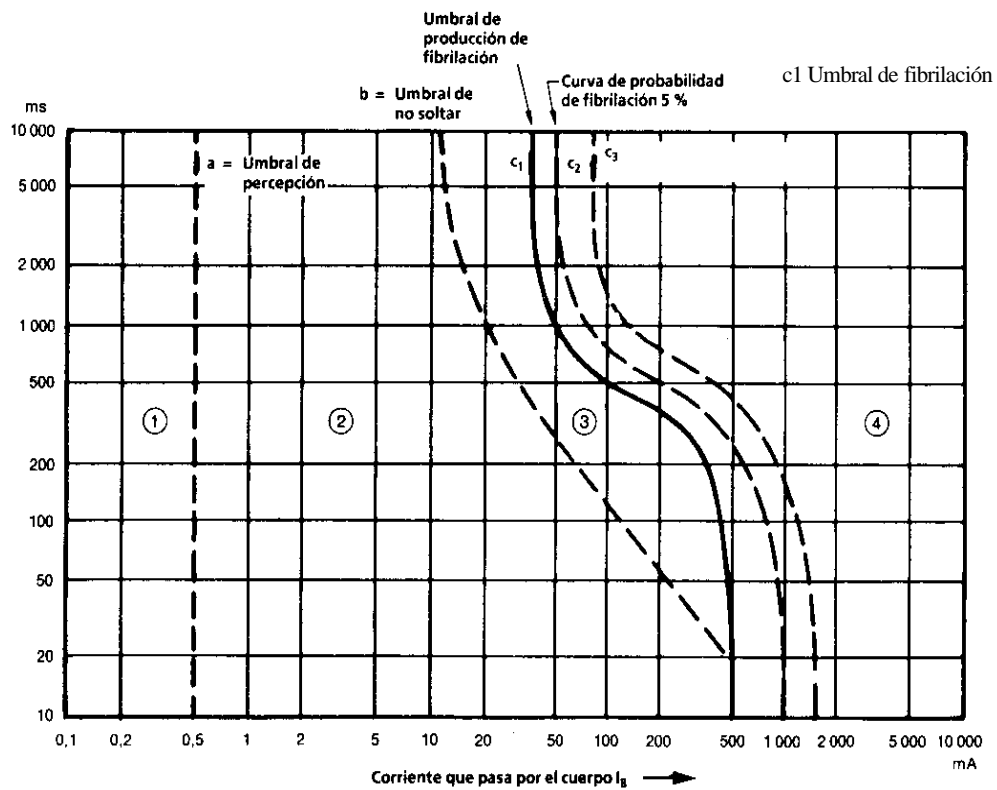
**Umbral de fibrilación ventricular.** Valor mínimo de la corriente que provoca la fibrilación ventricular. Depende de parámetros eléctricos y fisiológicos. Decece si la duración se prolonga mas allá de un ciclo cardiaco. Se ha establecido una curva por debajo de la cual la fibrilación no es susceptible de producirse. Para 10 ms 500 mA, para 100 ms 400 mA, para 1 s 50 mA y para duraciones superiores a 3 s 40 mA.

**Factor de corriente del corazón.** Relación de la intensidad de corriente que siga el trayecto de la mano izquierda a los pies con la intensidad de corriente para un trayecto dado, que corresponda al mismo peligro de fibrilación ventricular.

**Periodo vulnerable.** Parte del ciclo cardiaco durante el cual las fibras del corazón están en un estado no homogéneo de excitabilidad y la fibrilación ventricular se produce si son excitadas por una corriente eléctrica de intensidad suficiente.

A continuación se presentan gráficamente los valores citados.





## NOTAS

### Efectos de la corriente "mano izquierda a los dos pies"

1. En lo que concierne a la fibrilación ventricular esta figura se refiere a los efectos de la corriente que pasa en el trayecto "mano izquierda a los dos pies". Para otros proyectos de corriente, véanse el capítulo 5 y la tabla 3
2. El punto 500 mA/100 ms corresponde a una probabilidad de fibrilación del orden de 0,14%

Zonas	Efectos fisiológicos
Zona 1	Habitualmente ninguna reacción
Zona 2	Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso
Zona 3	Habitualmente ningún daño orgánico. Probabilidad de contracciones musculares y dificultades de respiración, perturbaciones reversibles en la formación y la propagación de impulsos en el corazón incluida la fibrilación ventricular, aumentando con la intensidad de la corriente y el tiempo.

Zona 4	Además de los efectos de la zona 3, probabilidad de la fibrilación ventricular aumentando hasta alrededor del 5% (Curva C <sub>2</sub> ), hasta alrededor del 50% (Curva C <sub>3</sub> ) y más del 50% más allá de la curva C <sub>3</sub> . Al aumentar la intensidad y el tiempo se pueden producir efectos patofisiológicos, tales como parada del corazón, parada de la respiración y quemaduras graves.
--------	---

#### Factores de corriente de corazón para diferentes trayectos de la corriente

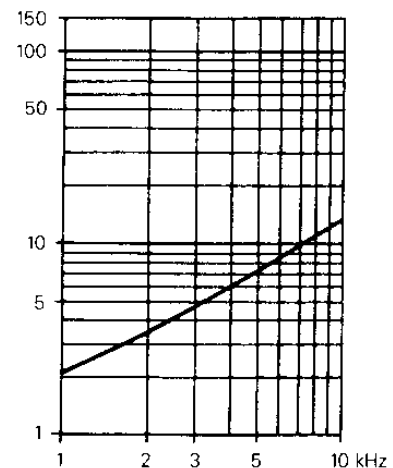
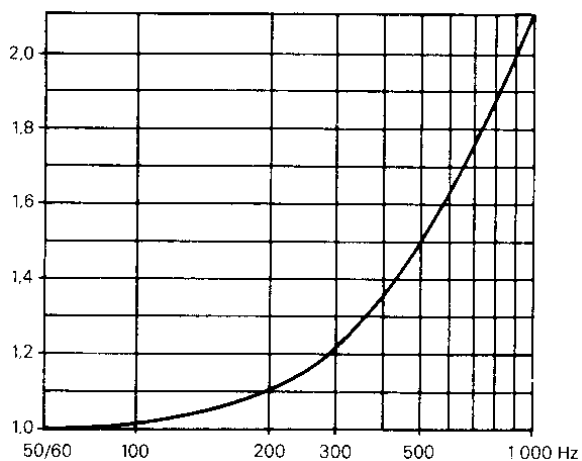
Trayecto de la Corriente	Factor de corriente de corazón
Mano izquierda a pie izquierdo, a pie derecho o a los dos pies	1,0
Dos manos a los dos pies	1,0
Mano izquierda a mano derecha	0,4
Mano derecha a pie izquierdo, a pie derecho o a los dos pies	0,8
Espalda a la mano derecha	0,3
Espalda a la mano izquierda	0,7
Pecho a la mano derecha	1,3
Pecho a la mano izquierda	1,5
Glúteos a la mano izquierda, a la mano derecha o a las dos manos	0,7

Por ejemplo una corriente de 200 mA mano a mano tiene el mismo efecto que una corriente de 80 mA mano izquierda a los dos pies.

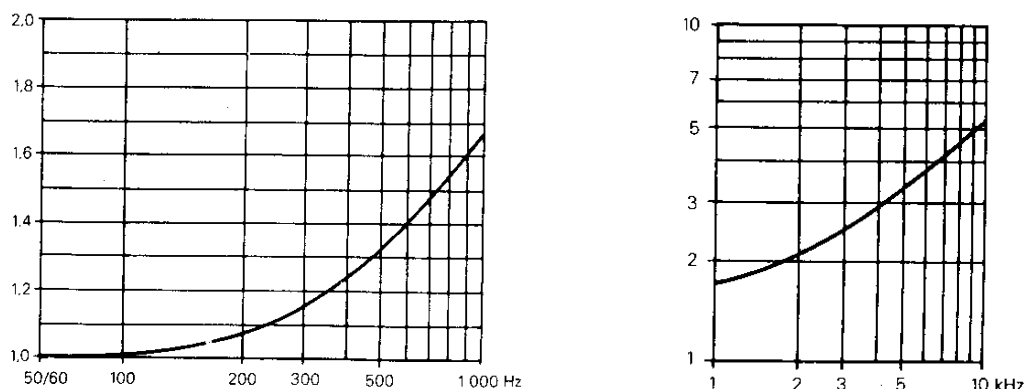
#### **A.1.2 Efectos de la corriente alterna de frecuencia superior a 100 Hz.**

Se define el factor de frecuencia  $F_f$  como la relación del umbral a la frecuencia  $f$ , al umbral a la frecuencia de 50/60 Hz para los efectos fisiológicos considerados.

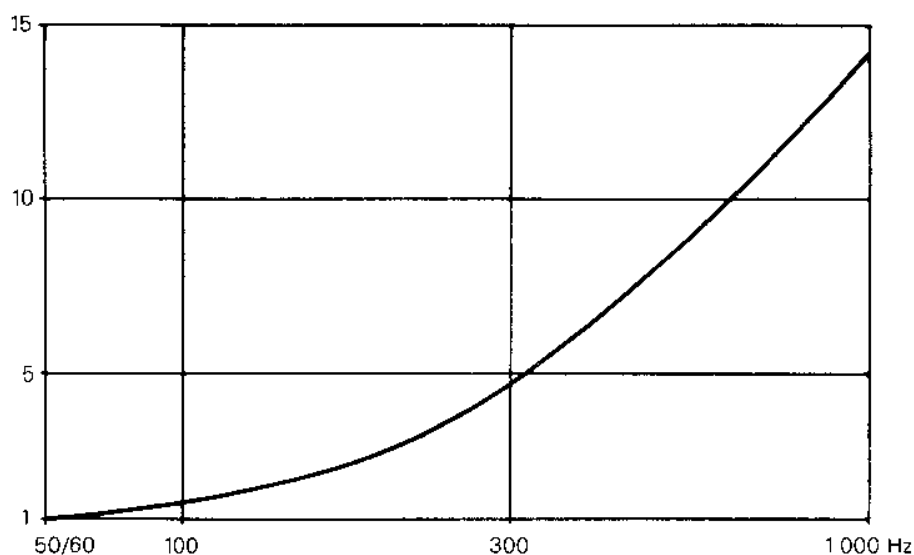
#### **Factores de frecuencia para el umbral de percepción**



### Factores de frecuencia para el umbral de no soltar



### Factores de frecuencia del umbral de fibrilación ventricular



#### **A.1.3 Efectos de la corriente alterna con forma de onda especial**

El control de equipos eléctricos mediante componentes electrónicos lleva asociada la aparición de formas de onda no senoidales. Dada la gran variedad de formas de onda posibles y que en muchas de ellas los valores están en estudio se aconseja al lector interesado la consulta de la norma UNE 20-572.

#### **A.1.4 Efectos de la corriente continua**

Los accidentes en corriente continua (cc) son escasos y mas raro aún es el caso de accidentes mortales ya que es mas alto el umbral de no soltar y el de fibrilación ventricular para duraciones de choque superiores al ciclo cardiaco.

La diferencia fundamental de los efectos de la corriente continua con relación a los producidos por la corriente alterna, se debe a que la estimulación de nervios y músculos depende no solo de la magnitud de la corriente sino también de la variación de la misma. Por tal motivo las intensidades de

corriente continua tienen que ser de dos a cuatro veces las de corriente alterna (valores eficaces) para producir los mismos efectos.

**Factor de equivalencia entre corriente continua y corriente alterna (k):** Cociente entre la corriente continua y el valor eficaz de la corriente alterna que presenta la misma probabilidad de provocar la fibrilación ventricular. Para duraciones superiores a la de un ciclo cardíaco es de 3,75.

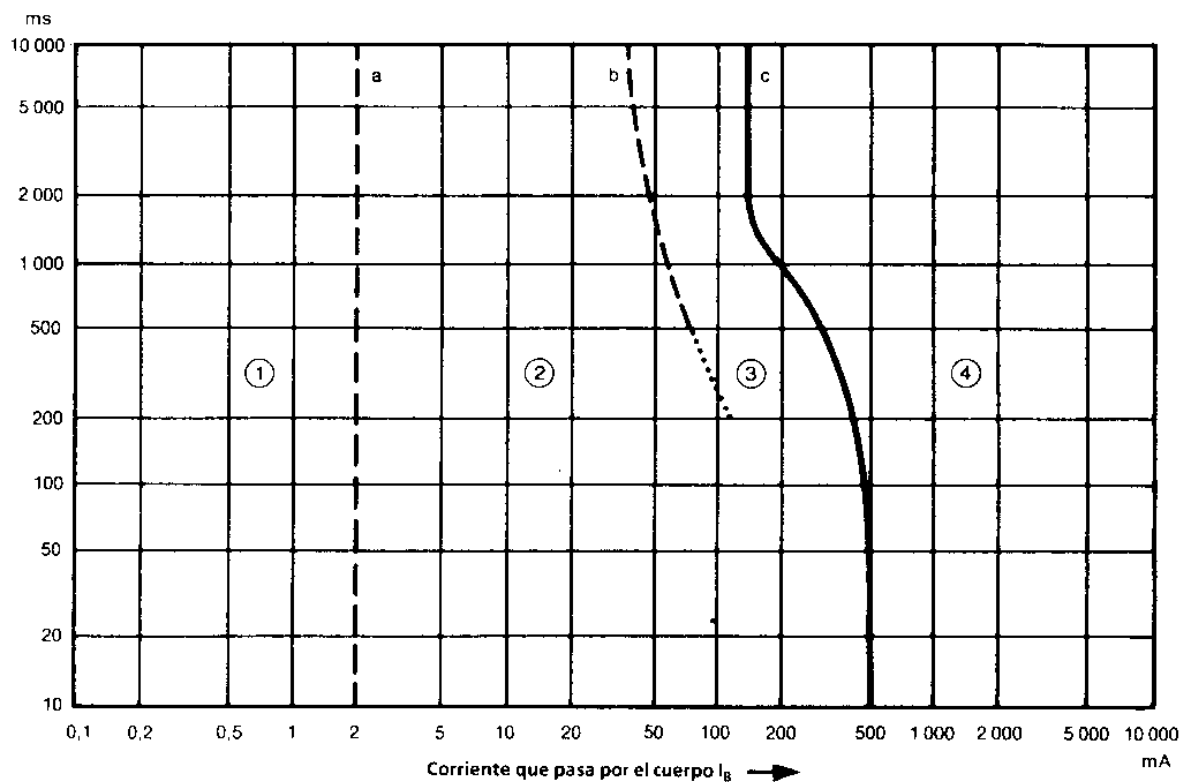
**Corriente longitudinal:** La que circula en sentido longitudinal a través del tronco humano (por ejemplo entre mano y pie)

**Corriente transversal:** La que circula en sentido transversal a través del tronco humano (por ejemplo entre mano y mano)

**Corriente ascendente:** Corriente longitudinal para la cual el polo positivo se encuentra en la parte inferior (los pies)

**Corriente descendente:** Corriente longitudinal para la cual el polo negativo se encuentra en la parte inferior (los pies)

En la gráfica siguiente se representan los diferentes umbrales, ya definidos para corriente alterna.



Zonas	Efectos fisiológicos de la corriente continua

Zona 1	Habitualmente ninguna reacción.
Zona 2	Habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.
Zona 3	Habitualmente ningún daño orgánico. Perturbaciones reversibles en la formación y propagación de impulsos en el corazón, aumentando con la intensidad de la corriente y el tiempo.
Zona 4	Además de los efectos de la zona 3, probabilidad de fibrilación ventricular. Al aumentar la intensidad y el tiempo se pueden producir efectos patofisiológicos, tales como quemaduras graves.

## ANEXO 2

### EFFECTOS DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

#### A.2.1. Restricciones básicas por la exposición continua a un campo alterno externo

##### A.2.1.1. Densidad de corriente inducida en la cabeza o el corazón

###### Densidad de corriente inducida - Trabajadores

Frecuencia, f (Hz)	Densidad de Corriente inducida (mA/m <sup>2</sup> , rms)
0,1 - 1	40
1 - 4	40/f
4 - 1000	10
1000 - 10000	f/100

###### Densidad de corriente inducida - Público general

Frecuencia, f (Hz)	Densidad de Corriente inducida (mA/m <sup>2</sup> , rms)
0,1 - 1	16
1 - 4	16/f
4 - 1000	4
1000 - 10000	f/250

##### A.2.1.2. Corriente de contacto

###### Corriente de contacto - Trabajadores

Frecuencia, f (Hz)	Corriente (mA, rms)
0,1 - 10000	3,5

###### Corriente de contacto - Publico general

Frecuencia, f (Hz)	Corriente (mA, rms)
0,1 - 7500	1,5
7500 - 10000	$2 \times 10^{-4} f$

##### A.2.1.3. Campo eléctrico

###### Campo eléctrico - Publico general

Frecuencia, f (Hz)	Campo eléctrico (kV/m)
0 - 0,1	42 (cresta)
> 0,1	30 (rms)

(exposición corporal total a campos paralelos al cuerpo)

##### A.2.1.4. Campo magnético estático

2 Tesla (exposición corporal total)

## **A.2.2. Niveles de referencia de campos que aseguran las restricciones básicas**

### **Campo eléctrico - Trabajadores**

<b>Frecuencia, f (Hz)</b>	<b>Campo Eléctrico, E (kV/m)</b>	<b>Tiempo, t (horas)</b>
0 - 0,1	$42^{2)}$	$t \leq 112/E^{1)}$
0,1 - 50	$30^{2)}$	$t \leq 80/E^{1)}$
50 - 100	$1500/f$ (30 a 50 Hz)	$t \leq 80/E$
150 - 1500	$1500/f$	
1500 - 10000	1	

- 1) tiempo total que se puede estar por encima del nivel  $E^{2)}$  en un periodo de 8 horas
- 2) Campo que puede ser superado en t horas en un periodo de 8 horas

### **Campo eléctrico - Público general**

<b>Frecuencia, f (Hz)</b>	<b>Campo Eléctrico, E (kV/m)</b>
0 - 0,1	14
0,1 - 60	10
60 - 1500	$600/f$
1500 - 10000	0,4

### **Campo magnético (Cabeza y tronco)- Trabajadores**

<b>Frecuencia, f (Hz)</b>	<b>Campo Magnético</b>
0 - 0,1	$2 T^{1)}$
0,1 - 0,23	$1,4 mT^{2)}$
0,23 - 1	$320/f mT$
1 - 4	$320/f^2 mT$
4 - 1500	$80/f mT$ (1,6 mT a 50 Hz)
1500 - 10000	0,053 mT

- 1) 0,2 T para un periodo promedio de 8 horas
  - 2) 0,14 T para un periodo promedio de 8 horas (0,1 - 1,5 Hz)
- Para extremidades se permiten niveles superiores

### **Campo magnético (Cabeza y tronco)- Público general**

<b>Frecuencia, f (Hz)</b>	<b>Campo Magnético</b>
0 - 0,1	0,04 T
0,1 - 1,15	0,028 T
1,15 - 1500	$32/f mT$ (0,64 mT a 50 Hz)
1500 - 10000	0,021 mT

Para extremidades se permiten niveles superiores

**ANEXO 3**

**GRADO DE PROTECCIÓN PROPORCIONADO POR LAS ENVOLVENTES (IPXX)**

**Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas indicados por la primera cifra característica**

Primera cifra característica	Grado de protección		Condiciones de ensayo
	Descripción breve	Definición	
0	No protegido	-	-
1	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con el dorso de la mano	El calibre de acceso, esfera 50 mm Ø quedará a una distancia suficiente de las partes peligrosas.	12.2
2	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un dedo	El dedo de prueba articulado de 12 mm Ø y 80 mm de longitud quedará a una distancia suficiente de las partes peligrosas.	12.2
3	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con una herramienta	El calibre de acceso de 2,5 mm Ø no deberá penetrar.	12.2
4	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre	El calibre de acceso de 1,0 mm Ø no deberá penetrar	12.2
5	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre	El calibre de acceso de 1,0 mm Ø no deberá penetrar	12.2
6	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre	El calibre de acceso de 1,0 mm Ø no deberá penetrar	12.2



**Grados de protección contra cuerpos sólidos extraños indicados por la primera cifra característica**

Primera cifra característica	Grado de protección		Condiciones de ensayo
	Descripción breve	Definición	
0	No protegido	-	-
1	Protegido contra los cuerpos sólidos extraños superiores a 50 mm Ø y mayores	El calibre de acceso, esfera 50 mm Ø, no penetrará completamente.	13.2
2	Protegido contra los cuerpos sólidos extraños superiores a 12,5 mm Ø y mayores	El calibre de acceso, esfera 12,5 mm Ø, no penetrará completamente.	13.2
3	Protegido contra los cuerpos sólidos extraños superiores a 2,5 mm Ø y mayores	El calibre de acceso, esfera 2,5 mm Ø, no penetrará completamente.	13.2
4	Protegido contra los cuerpos sólidos extraños superiores a 1,0 mm Ø y mayores	El calibre de acceso, esfera 1,0 mm Ø, no penetrará completamente.	13.2
5	Protegido contra el polvo	No se impide del todo la penetración del polvo, pero este no puede entrar en cantidades suficientes como para perjudicar el buen funcionamiento del aparato o perjudicar la seguridad.	13.4 13.5
6	Totalmente protegido contra el polvo	No hay penetración de polvo	13.4 13.5

**Grados de protección contra el agua indicados por la segunda cifra característica**

Segunda cifra característica	Grado de protección		Condiciones de ensayo
	Descripción breve	Definición	
0	No protegido	-	-
1	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua	Las gotas de agua no deberán producir efectos perjudiciales.	14.2.1
2	Protegido contra las caídas de agua verticales con una inclinación máxima de 15° de la envolvente	La caída vertical de gotas no debe producir efectos perjudiciales, cuando la envolvente está inclinada hasta 15° de cada lado de la vertical.	14.2.2
3	Protegido contra el agua en forma de lluvia	El agua que cae en lluvia fina, en una dirección, que tenga, respecto a los dos lados de la vertical un ángulo inferior o igual a 60°, no debe producir efectos perjudiciales	14.2.3
4	Protegido contra proyecciones de agua	El agua proyectada sobre la envolvente desde cualquier dirección, no debe producir efectos perjudiciales	14.2.4
5	Protegido contra chorros de agua	El agua proyectada en chorros sobre la envolvente desde cualquier dirección, no debe producir efectos perjudiciales	14.2.5
6	Protegido contra fuertes chorros de agua	El agua proyectada en chorros fuertes sobre la envolvente desde cualquier dirección, no debe producir efectos perjudiciales	14.2.6
7	Protegido contra los efectos de la inmersión en agua	No debe ser posible que el agua penetre en cantidad suficiente en el interior de la envolvente sumergida temporalmente en agua , con una presión y un tiempo normalizados	14.2.7
8	Protegido contra la inmersión prolongada	No debe ser posible que el agua penetre en cantidad suficiente en el interior de la envolvente sumergida continuamente en agua bajo condiciones que se acordarán entre el fabricante y el usuario, pero que son más severas que para la cifra	14.2.8

## ANEXO 4

### TIPOS DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

Las distribuciones se clasifican en función de:

**- Los conductores activos**

- Corriente alterna
  - Monofásica.
  - Trifásica. (3 o 4 conductores)
  - Otras
- Corriente continua

**- Las conexiones a tierra.**

Las denominaciones definidas en la norma UNE 20-460 para las conexiones a tierra constan de dos o más letras.

La primera letra define la situación de la alimentación con relación a tierra:

- T** = conexión directa de un punto con tierra.
- I** = aislamiento de todas las partes activas con relación a tierra, o conexión de un punto con tierra a través de una impedancia.

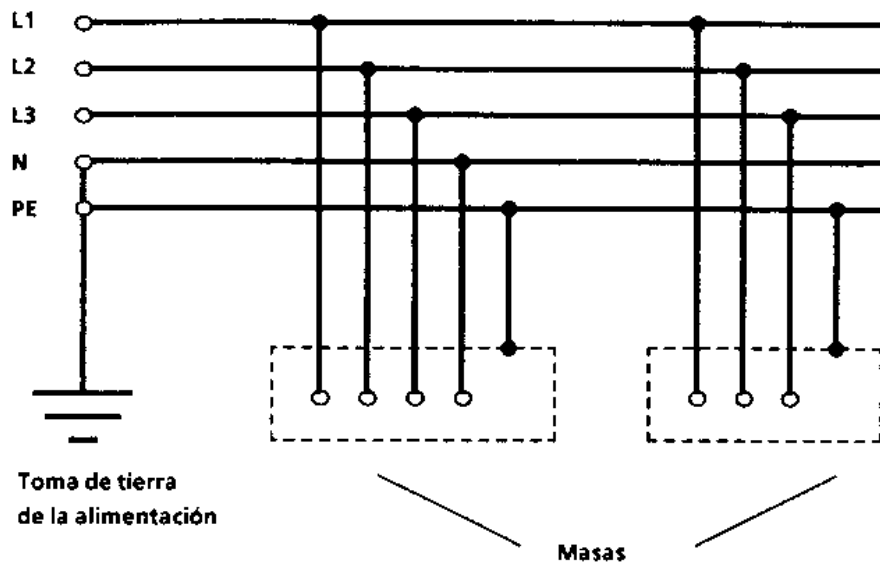
La segunda letra define la situación de las masas de la instalación eléctrica con relación a tierra:

- T** = masas unidas directamente a tierra, independientemente de la puesta a tierra eventual de un punto de la instalación
- N** = masas unidas directamente al punto de la instalación puesto a tierra (en corriente alterna normalmente el neutro).

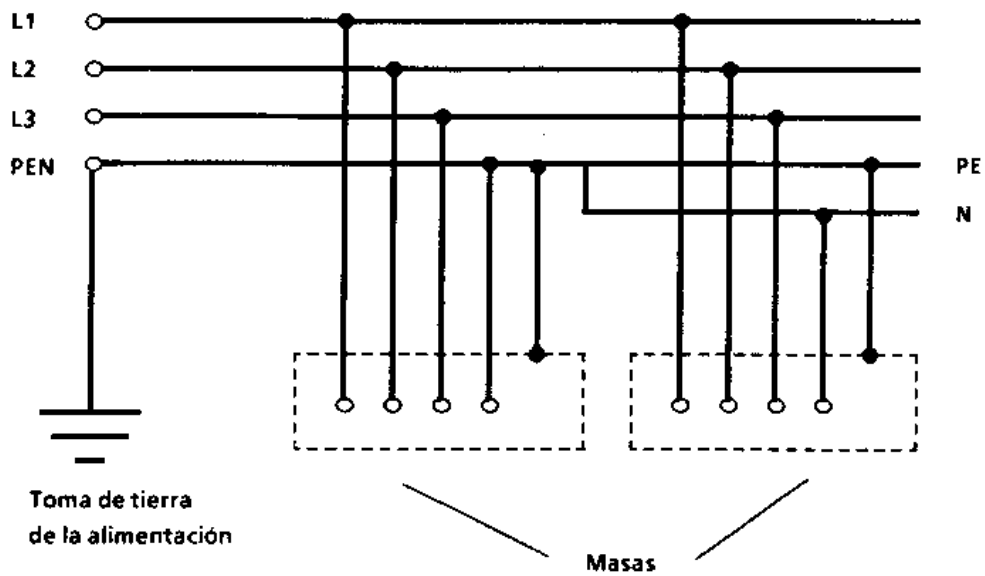
Otras letras (si existen) definen la disposición del conductor neutro y la del conductor de protección.

- S** = funciones de neutro y de protección aseguradas por conductores
- C** = funciones de neutro y de protección combinadas en un solo conductor (PEN).

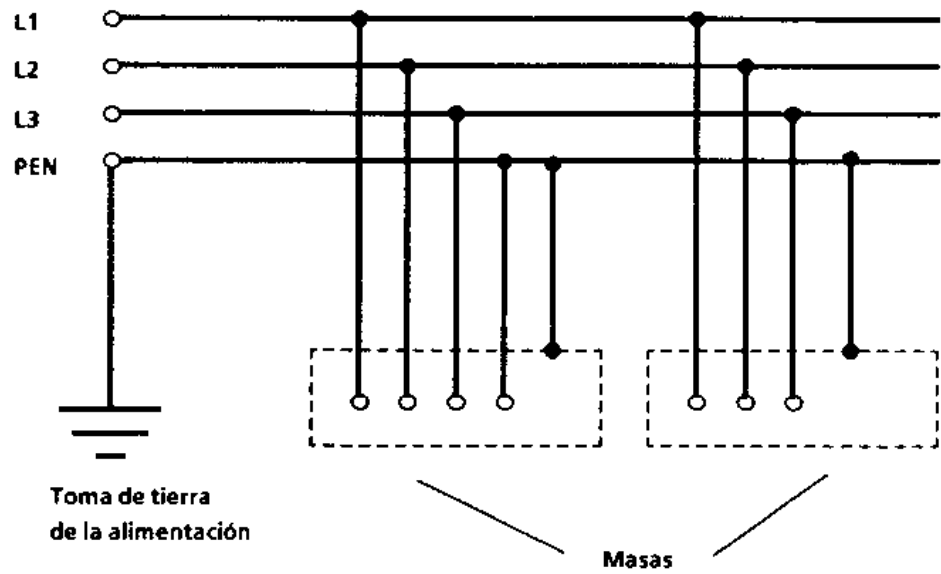
A continuación se representan algunos esquemas típicos. El esquema usual en España es el **TT**



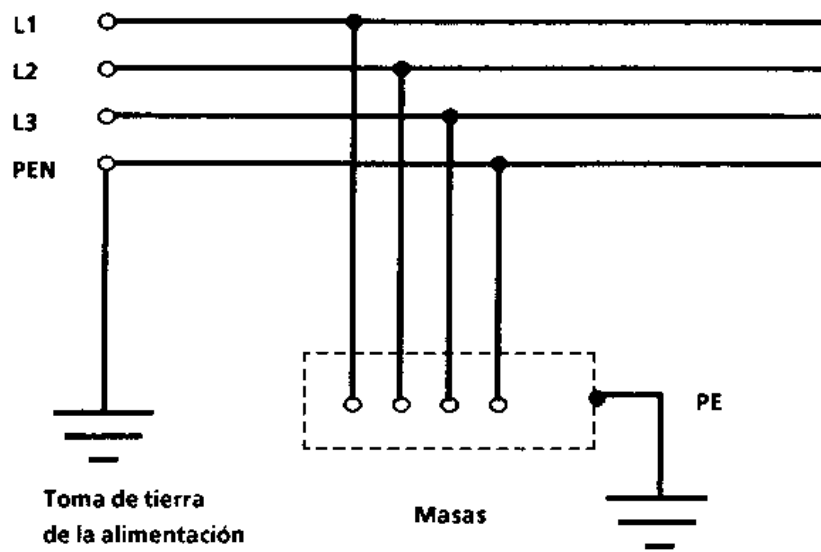
Esquema TN-S. Conductor neutro y conductor de protección separados.



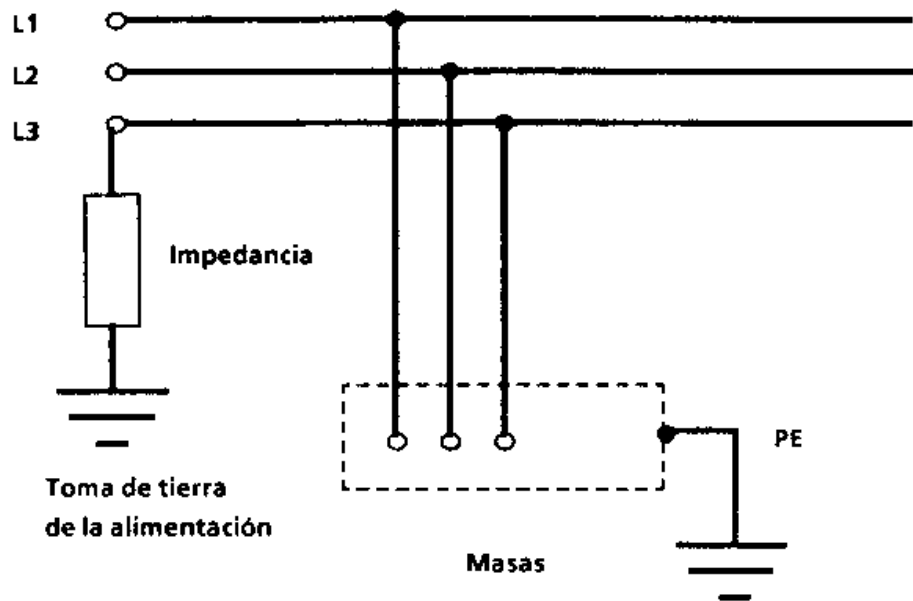
Esquema TN-C-S. Funciones de neutro y de protección combinadas en un solo conductor en una parte y con conductores separados en otra



Esquema TN-C. Funciones de neutro y de protección combinadas en un solo conductor



Esquema TT. Puesta a tierra del neutro de la alimentación. Las masas de la instalación están puestas a tierra.



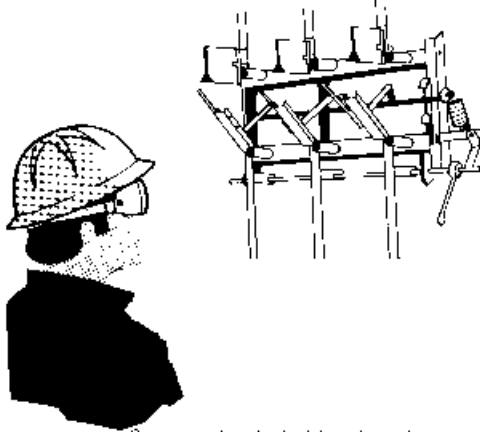
Esquema IT. No tiene ningún punto de la alimentación unido directamente a tierra. Las masas de la instalación están puestas a tierra.

## ANEXO 5

### LAS CINCO REGLAS DE ORO

Las 5 Reglas de Oro, cuya aplicación es rigurosa en alta tensión, resumen las precauciones básicas que son necesarias para trabajar en las instalaciones eléctricas.

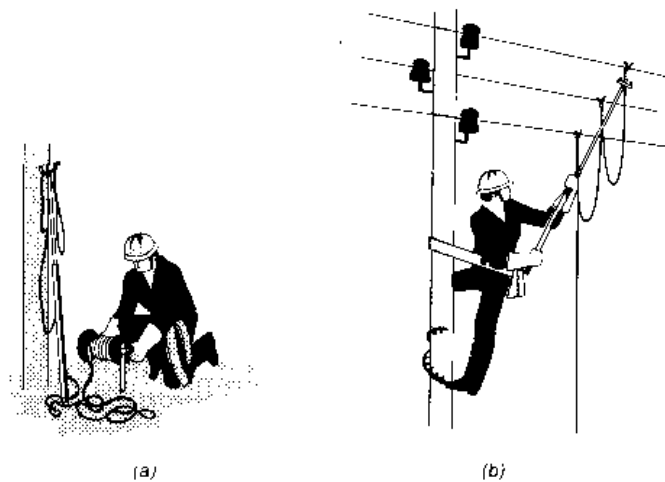
1. Apertura con corte visible de los circuitos o instalaciones solicitadas.



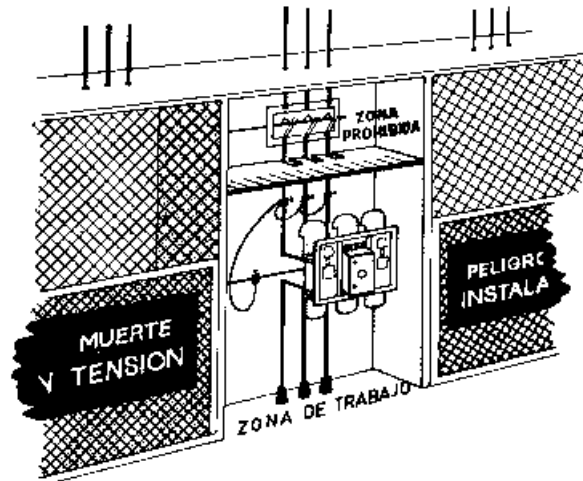
2. Enclavamiento en posición de apertura de los aparatos de corte y señalización en el mando de los citados aparatos.



3. Verificación de la ausencia de tensión.
3. Puesta a tierra y en cortocircuito.



4. Delimitación y señalización de la zona de trabajo.



Trabajos en la proximidad de instalaciones de alta tensión (en tensión)

Tensión entre fases (kV)	Distancia mínima para personal especializado(m)
Hasta 10	0,80
15	0,90
20	0,95
25	1,00
30	1,10
45	1,20
66	1,40
110	1,80
132	2,00
220	3,00
380	4,00

