

TEMA 18

CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD

CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD



1. LA ELECTRICIDAD

- 1.1. Carga Eléctrica
- 1.2. Corriente Eléctrica
- 1.3. Sentido de la Corriente

2. TIPOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA

3. MAGNITUDES ELÉCTRICAS FUNDAMENTALES

4. LEYES FUNDAMENTALES DE LA ELECTRICIDAD

5. CIRCUITOS ELÉCTRICOS

CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD

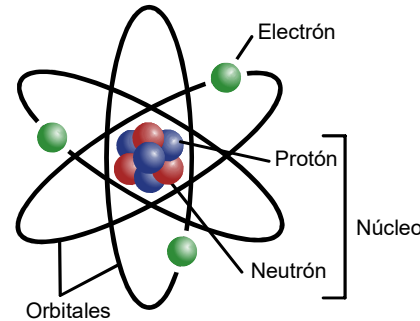
1. LA ELECTRICIDAD

Llamamos electricidad al conjunto de fenómenos físicos relacionados con la presencia y flujo de electrones. La electricidad se manifiesta en fenómenos como la carga eléctrica, la corriente eléctrica, la electricidad estática o la inducción electromagnética. Es una forma de energía renovable, manejable y fácil de transportar contando con las instalaciones y medidas de protección adecuadas. Dispone de un sin fin de aplicaciones ya que se puede transformar en otros tipos de energía como luz, calor o movimiento.

Para el estudio de la corriente eléctrica, partimos de la propia constitución de la materia, formada por átomos que, a su vez están formados por tres tipos de partículas elementales portadoras de la carga eléctrica. Estas son:

- **Protones:** partículas elementales de carga positiva (+) que se encuentran formando, junto a los neutrones, el núcleo del átomo (p+).
- **Neutrones:** partículas elementales de carga nula (0) que se encuentran también formando parte del núcleo (n0).
- **Electrones:** partículas elementales de carga negativa (-) que se encuentran en el exterior del núcleo de los átomos girando a su alrededor en orbitales de diferentes niveles (e-).

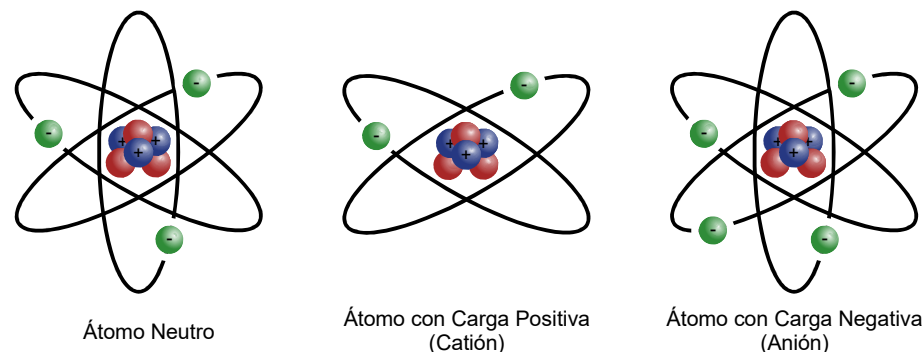
Lo que distingue unos elementos químicos de otros es el número de protones que tengan en su núcleo. Este número se llama número atómico y se suele representar con la letra Z. En un átomo de carga neutra, equilibrado eléctricamente o sin carga eléctrica, el número de protones es igual al número de electrones, de manera que el número atómico también nos indicará el número de electrones presentes en el átomo. Las características físicas y químicas de cada elemento vienen determinadas por los electrones que están situados en su capa más externa, la capa de valencia. Por otro lado, el número másico nos indica el número total de partículas que hay en el núcleo, es decir, la suma de protones y neutrones. Se simboliza con la letra A y representa la masa del átomo, ya que la de los electrones es tan pequeña que puede despreciarse.



1.1. CARGA ELÉCTRICA

Podemos definir la carga eléctrica como la cantidad de electricidad presente en un cuerpo u objeto y su unidad de medida es el Culombio o Coulomb.

La carga eléctrica se produce por una alteración atómica en el material (golpe, frotamiento, calentamiento, reacción química...) que genera el desplazamiento de los electrones que se encuentran en la capa de valencia. Este desplazamiento de electrones provoca un desequilibrio eléctrico en dichos átomos, quedando estos con carga positiva (Cation) o con carga negativa (Anión).



1.2. CORRIENTE ELÉCTRICA

Vemos por tanto que el electrón es la carga eléctrica negativa y el desplazamiento del mismo de un átomo a otro lo denominamos corriente eléctrica.

Cuando en un punto se pueden reunir varias cargas elementales, se crea en dicho punto un campo eléctrico que tiene la capacidad de atraer o rechazar electrones dentro de su campo de acción. Los campos eléctricos de un mismo signo se repelen y los de signo contrario se atraen, por lo que en un conductor, al producirse en sus extremos una diferencia de polaridad, los campos eléctricos van desplazando electrones de unos átomos a otros, produciendo la corriente eléctrica hasta conseguir que ese campo sea nulo. Al trabajo necesario para atraer o repeler esas cargas se le llama potencial eléctrico y se mide en voltios.

Si por cualquier proceso se consigue mantener un campo eléctrico constante, los electrones del conductor se encontrarán siempre sometidos a una fuerza que les genere ese movimiento que conocemos como corriente eléctrica. Esta es la función de los generadores, que producen la diferencia de potencial entre ambos extremos del circuito manteniendo el campo eléctrico e impulsando los electrones a través del material. Esto es lo que más adelante desarrollaremos como fuerza electromotriz o FEM.

Sin embargo, no todos los átomos tienen la misma facilidad para desprender electrones de sus órbitas y originar una corriente eléctrica. Dependiendo de su comportamiento eléctrico, es decir, de la facilidad que tengan los electrones para desplazarse por ellos, los materiales se clasifican en:

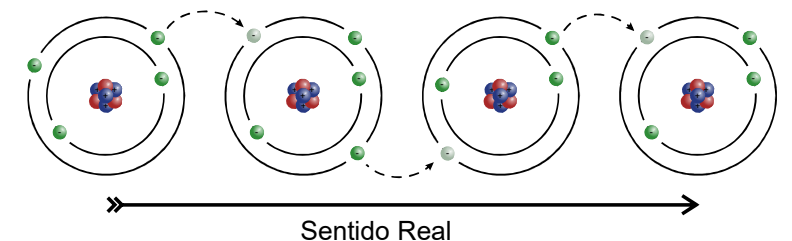
- **Materiales superconductores:** tienen la capacidad para conducir corriente eléctrica sin resistencia ni pérdida de energía en determinadas condiciones (por ejemplo, el enfriamiento por debajo de su temperatura crítica). Ejemplo: estaño, aluminio, etc.
- **Materiales conductores:** dejan pasar fácilmente la electricidad. Estos materiales tienen tendencia a ceder electrones (electrones libres), que serán atraídos por cargas eléctricas exteriores. Por ejemplo el cobre, el oro o la plata.
- **Materiales semiconductores:** dejan pasar la electricidad en determinadas condiciones. Estos materiales son la base de la electrónica. Por ejemplo, el silicio y el germanio.
- **Materiales aislantes o dieléctricos:** no dejan pasar la electricidad. Son aquellos elementos que tienen sus electrones íntimamente ligados a sus átomos correspondientes y hacen falta grandes diferencias de potencial para poder desprenderse de ellos. Dicho de otra forma, tienen mucha dificultad para generar electrones libres. Son ejemplo de materiales aislantes el plástico, la madera o el cristal.

1.3. SENTIDO DE LA CORRIENTE

Históricamente, la corriente eléctrica se definió como un flujo de cargas positivas y se fijó el sentido convencional de la misma como un flujo de cargas desde el punto con más cantidad de energía al que menos. Años más tarde, empíricamente se demostró que los portadores de carga son negativos (los electrones) los cuales fluyen en sentido contrario al establecido hasta entonces.

Por tanto, el sentido convencional y el real son ciertos ya que los electrones fluyen desde el polo negativo al polo positivo (sentido real) lo cual no contradice que dicho movimiento comienza en el polo positivo, donde el primer electrón se ve atraído por dicho polo creando un hueco para ser cubierto por otro electrón del siguiente átomo y así hasta llegar al principio, de donde salen los electrones, el polo negativo (sentido convencional).

Como conclusión, la corriente eléctrica es el paso de electrones desde el polo negativo al positivo comenzando en el polo positivo.

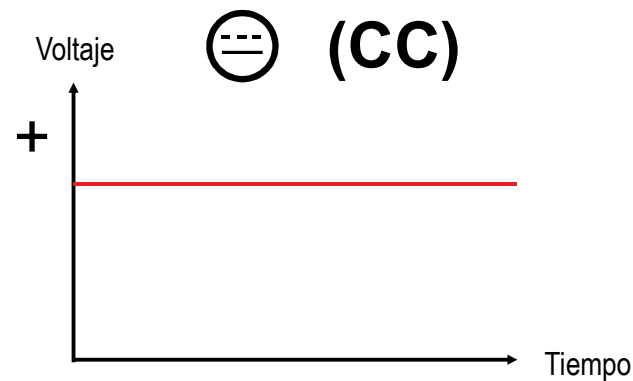


2. TIPOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA

CORRIENTE CONTINUA O DIRECTA (DC O CC) (—)

Es aquella en la que los electrones siguen siempre el mismo sentido en el conductor. Su representación es una recta, ya que los valores de su magnitud permanecen constantes.

Se obtiene por métodos químicos (pilas y baterías), medios mecánicos (dinamos) y otros métodos como el fotovoltaico. Una de las características fundamentales de la corriente continua es que tiene polaridad; uno de los conductores es el positivo (de color rojo) y el otro el negativo o masa (de color negro). Esto implica que los receptores deben conectarse de acuerdo a esa polaridad, de lo contrario podríamos obtener consecuencias no deseadas, y en el mejor de los casos no funcionarán.

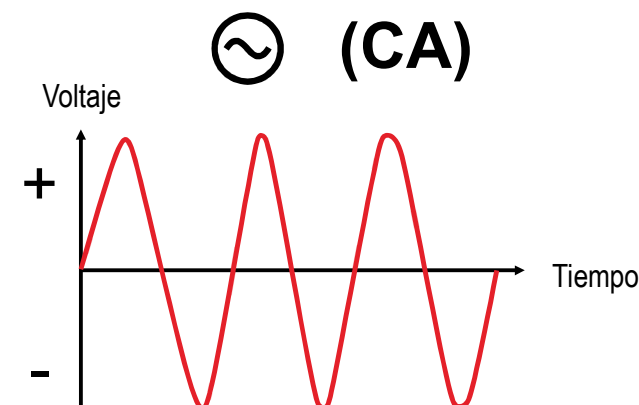


Interpretación gráfica, símbolo y abreviatura de corriente continua

CORRIENTE ALTERNA (AC O CA) (≈)

Es aquella que cambia de sentido a intervalos de tiempo. La forma de la onda es senoidal y periódica, ya que se reproduce idénticamente en intervalos de tiempo iguales. Al número de veces que la señal alterna se repite en un segundo le llamamos frecuencia. La unidad de frecuencia es el hertzio (Hz), que equivale a un ciclo por segundo (c.p.s). Se representa por la letra *f*.

En toda Europa la frecuencia de la corriente eléctrica de la red de transporte y distribución a viviendas e industrias es de 50 Hz, mientras que en América esta frecuencia es de 60 Hz.



Interpretación gráfica, símbolo y abreviatura de corriente alterna

3. MAGNITUDES ELÉCTRICAS FUNDAMENTALES

FUERZA ELECTROMOTRIZ (FEM)

Es una fuerza, o energía, producida por una fuente externa capaz de impulsar los electrones, produciendo una corriente eléctrica. El generador de esta fuerza crea y mantiene una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito arrancando electrones del polo negativo e impulsándolos al positivo cuando el circuito está cerrado. Un ejemplo de generadores de FEM son las pilas o las baterías. Su unidad de medida es el **Voltio (V)**.

INTENSIDAD

También llamada flujo de carga o corriente, es la cantidad de electrones que circula por un conductor por unidad de tiempo. Su unidad de medida en el S.I. es el **Amperio (A)**. Un amperio corresponde al paso de un coulomb cada segundo.

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Carga eléctrica}}{\text{Tiempo}} \rightarrow 1A = \frac{1 \text{ Culombio}}{1 \text{ segundo}}$$

Como la carga de un electrón es una unidad extraordinariamente pequeña, se utiliza como unidad básica de carga el Culombio, cuya equivalencia es: $1 \text{ Culombio} = 6.25 \cdot 10^{18} \text{ electrones}$

DIFERENCIA DE POTENCIAL, TENSIÓN O VOLTAJE (V)

Es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial o nivel eléctrico entre dos puntos cualesquiera del circuito. El **potencial eléctrico** en un punto del circuito representa la energía que tiene cada electrón que pasa por ese punto. Al recorrer un circuito, los electrones irán perdiendo su energía (voltaje) a medida que atraviesan cada componente del mismo (debido a las resistencias que generan luz, calor, movimiento...). Esta energía se recupera cuando cada electrón pasa por un generador que le proporciona de nuevo esa FEM. Por lo tanto, es en los bornes de esos generadores o acumuladores donde la diferencia de potencial toma su valor máximo. La unidad de medida de la tensión eléctrica es el **Voltio (V)**. Por lo tanto, el voltaje nos indica la cantidad de energía (en Julios) transportada por los electrones que podremos transformar en trabajo.

$$\text{Voltaje} = \frac{\text{Energía}}{\text{Carga eléctrica}} \rightarrow 1V = \frac{1 \text{ Julio}}{1 \text{ Culombio}}$$

RESISTENCIA (R)

Es la magnitud física que indica la mayor o menor dificultad que opone un material al paso de la corriente a través de él. La resistencia se mide en **Ohmios (Ω)** y dependerá de las características del material, la longitud, sección y temperatura del mismo.

La **resistividad (ρ)** es una propiedad intrínseca de cada material y refleja la oposición al paso de la corriente eléctrica. Se mide en **$\Omega \cdot m$** o sus unidades derivadas.

Como podemos observar en la fórmula, la resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección. De igual manera, la resistividad de cada material se ve condicionada por la temperatura a la que este se encuentre.

La inversa de la resistividad eléctrica es la **conductividad (σ)** o conductancia eléctrica, representa la capacidad de los materiales de dejar pasar la corriente eléctrica a través de ellos. Su unidad de medida es el **Siemens (S/m)**.

Los materiales de mayor conductividad se usan como conductores eléctricos, es el caso de los metales como el oro, el cobre o el aluminio. A su vez, los materiales de mayor resistencia se usan como aislantes en las conducciones eléctricas, los más empleados son los plásticos, el vidrio, la madera o la porcelana.

$$Resistencia (\Omega) = \rho (\Omega \cdot m) \times \frac{Longitud (m)}{Sección (m^2)}$$

IMPEDANCIA (Z)

La impedancia eléctrica se define como la oposición que ofrece un circuito o un componente eléctrico al paso de la corriente alterna (CA) medida en **Ω** .

Se trata de una resistencia compleja debido a la suma no algebraica de dos fenómenos propios de la CA como son la **resistencia y la reactancia**.

Resistencia (R): Oposición que ofrece un elemento resistivo puro al paso de la corriente (explicada en el punto anterior)

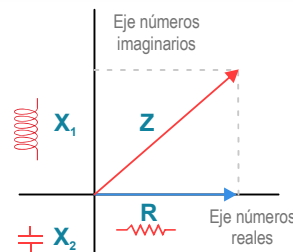
Reactancia (X): Oposición que encuentra la corriente alterna a su paso por bobinas y condensadores, lo que deriva en dos tipos, la **reactancia inductiva X_L** , producida por la inductancia de bobinas y la **reactancia capacitiva X_C** , producida por la reactancia de los condensadores.

El paso de corriente continua (CC) por bobinas o condensadores no genera reactancia pero la naturaleza de la CA si produce este fenómeno.

La oposición al paso de la CA producto de la reactancia es debido a la naturaleza de la propia CA en la que no solo debemos tener en cuenta las magnitudes físicas de corriente y tensión, sino también la existencia de una onda.

Para poder realizar la suma de ambos fenómenos resistencia y reactancia es necesario recurrir a suma de numeros complejos. Para facilitar la obtención de la impedancia se suele recurrir a la suma vectorial, que facilita los cálculos.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$



Este fenómeno de reactancia adquiere una importancia significativa a la hora de calcular la potencia eléctrica en CA al generar desfases entre la onda de corriente y la onda de tensión.

POTENCIA ELÉCTRICA (P)

Se define la potencia como la energía o trabajo consumido o producido por unidad de tiempo. En electricidad, la unidad de potencia es el **Vatio (W)**

$$Potencia = \frac{Trabajo}{Tiempo} \rightarrow 1 \text{ Vatio (W)} = \frac{1 \text{ Julio (J)}}{1 \text{ segundo (s)}}$$

Se dice que un vatio es la energía que libera un amperio en un circuito con una tensión de un voltio, lo que da lugar a una segunda fórmula de la potencia eléctrica:

$$P = V \times I$$

$$P = V \times I \rightarrow 1 \text{ Vatio (W)} = 1 \text{ Voltio (V)} \times 1 \text{ Amperio (A)} \rightarrow 1 \text{ Vatio} = \frac{1 \text{ Julio}}{1 \text{ Culombio}} \times \frac{1 \text{ Culombio}}{1 \text{ segundo}} \rightarrow W = \frac{1J}{1s}$$

POTENCIA ELÉCTRICA EN CORRIENTE CONTINUA

La corriente continua es aquella que tienen las pilas, las baterías y las dinamos. Todo lo que se conecte a estos generadores serán receptores de corriente continua y como acabamos de ver, para calcular la potencia en este tipo de corriente utilizaríamos la fórmula:

$$P = V \times I$$

Ejemplo: Una bombilla que conectamos a 230 V por la cual circula una intensidad de 0,45A.

¿Que potencia eléctrica generará?

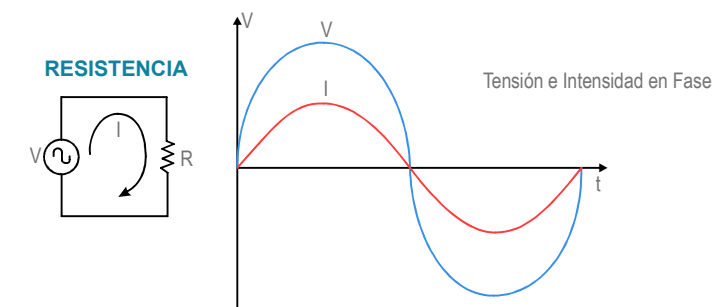
$$P = V \cdot I \rightarrow P = 230 \cdot 0,45 \rightarrow P = 103,5 \text{ W}$$

POTENCIA ELÉCTRICA EN CORRIENTE ALTERNA

La corriente alterna es la que se genera en las centrales eléctricas y nos llega a través de la red de transporte y distribución a nuestras viviendas. Es por esto por lo que todos los receptores que se conecten a los enchufes de las viviendas son de corriente alterna (c.a).

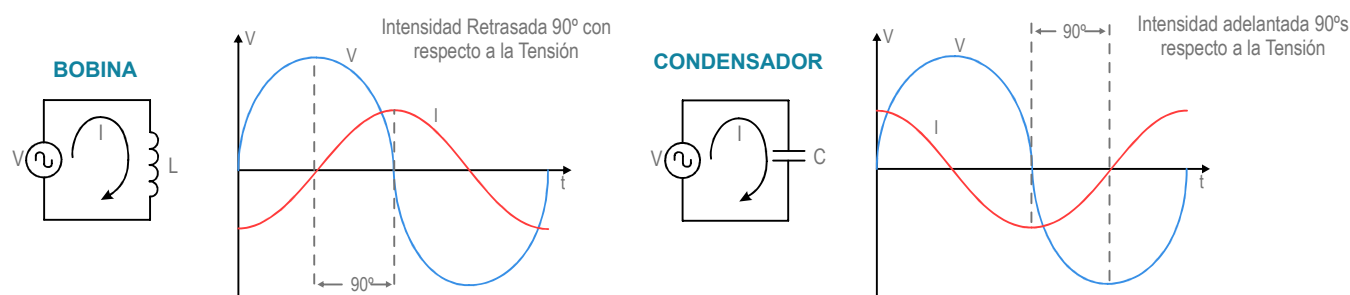
Los receptores en corriente alterna generan una oposición al paso de corriente a la hora de transformar la energía eléctrica en trabajo, esta oposición puede ser de tres tipos:

– **Resistencia pura (conductores):** no modifican las ondas sinusoidales de la corriente y la intensidad, ambas irán acompasadas, manteniendo sus valores máximos y mínimos en los mismos puntos. Se dice en este caso que ambas magnitudes se encuentran en fase.



– **Inductancia (bobinas o solenoides):** Es una propiedad de las bobinas eléctricas que afecta a cuánto se opone una bobina al paso de la corriente por ella. Un conductor o una espira conectada a una fuente de tensión eléctrica genera a su alrededor un campo magnético que dependerá de la intensidad de esa corriente eléctrica y de su sentido. Si la conexión es a una fuente de corriente alterna (variable), el campo magnético reflejará esas variaciones provocando en el conductor enrollado una corriente inducida de sentido contrario a la corriente que la produce. Este fenómeno es conocido como autoinducción y provoca una energía acumulada en la bobina en forma de campo magnético a la vez que genera una resistencia al paso de la intensidad de corriente, retrasando esta y provocando un desfase de 90 grados frente a la onda de tensión.

– **Capacitancia (condensador):** Es una propiedad de los condensadores, un condensador o capacitador es un dispositivo utilizado para almacenar carga y energía eléctrica. Consiste en al menos dos conductores eléctricos, llamados placas de condensador, separados entre sí por un aislante dieléctrico que genera un campo electrostático entre ellas al aplicarle una corriente y la retiene después de desconectarse la fuente. Su aplicación va desde las unidades de flash de una cámara fotográfica hasta el almacenamiento de energía en desfibriladores cardíacos. También es utilizado para mantener la corriente en el circuito donde esté situado en el caso que ese sufriese alguna interrupción. Se diferencia de una batería en que mientras que estas liberan energía poco a poco, los condensadores la descargan rápidamente. Todo condensador tiene una capacitancia, la cual se define como la relación entre la carga máxima que puede almacenarse en su interior y el voltaje aplicado entre sus placas. El funcionamiento de los condensadores se basa en la diferencia de potencial de ambas placas, esto provoca un adelanto en la onda senoidal de la corriente de 90° frente a la tensión.



Todo circuito real está formado por resistencias, bobinas y condensadores situados en los distintos receptores eléctricos. Combinando esos tres elementos obtenemos la impedancia del circuito. Dicho de otra manera, podemos definir la impedancia como la cantidad de ohm con la cual un circuito o componente eléctrico se opone a la circulación de corriente. Se obtiene con la suma vectorial de la resistencia más la reactancia (inductiva o capacitiva). Como hemos visto, el comportamiento de estos receptores en corriente alterna difiere del que tienen otros receptores que trabajan con corriente continua. En este caso el cálculo de la potencia es un poco más complejo, ya que se divide en tres tipos diferentes: activa, reactiva y aparente.

POTENCIA ACTIVA (P)

También llamada "potencia real" o "potencia útil", ya que es la realmente aprovechada por los receptores para generar energía. Al ser la potencia activa la que realiza el trabajo es sobre la cual nos facturan, correspondiéndose el valor de la misma con la potencia contratada, registrada por los contadores en kWh.

Se representa con la letra "P" y su unidad de medida son los Vatios (w):

$$P = V \times I \times \cos \theta$$

Al coseno θ También se le conoce como **Factor de Potencia (FDP)**. En un circuito de corriente alterna, es la relación entre la Potencia Activa (P) y la Potencia Aparente (S) de dicho circuito.

También podemos definir el factor de potencia como una medida de la eficiencia o rendimiento eléctrico de un receptor o sistema eléctrico. En circuitos donde únicamente nos encontramos resistencias resistivas (sin reactancia), el FDP será igual a 1 (rendimiento del 100%) y la fórmula de la potencia quedará igual que en los receptores de corriente continua ($P = V \cdot I$). Por ejemplo, una bombilla o un radiador eléctrico serán receptores cuya potencia será la misma en CC que en CA por ser puramente resistivos, y porque su factor de potencia es 1.

Sin embargo, la mayoría de los receptores tienen una parte resistiva y otra inductiva o capacitiva (o incluso las 3). En los motores, transformadores de voltaje y la mayoría de los dispositivos o aparatos que trabajan con algún tipo de enrollado o bobina, el valor del factor de potencia se muestra siempre con una fracción decimal menor que la unidad, por ejemplo 0'8. Cuanto mayor sea el factor de potencia más eficiente será el receptor.

POTENCIA REACTIVA (Q)

Es la potencia que aparece en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores, necesaria para crear campos magnéticos y electrostáticos que aseguren el correcto funcionamiento de dichos componentes. Este tipo de potencia no se transforma en energía, no produce trabajo útil, y podemos considerarla incluso una pérdida. Se mide en voltiamperios reactivos (VAR), se representa por la letra Q y su fórmula es:

$$Q = V \times I \times \sin \theta$$

La compañía eléctrica también mide esa energía reactiva con el contador (kVARh) y si se superan ciertos valores incluye un término de penalización por potencia reactiva en la factura eléctrica.

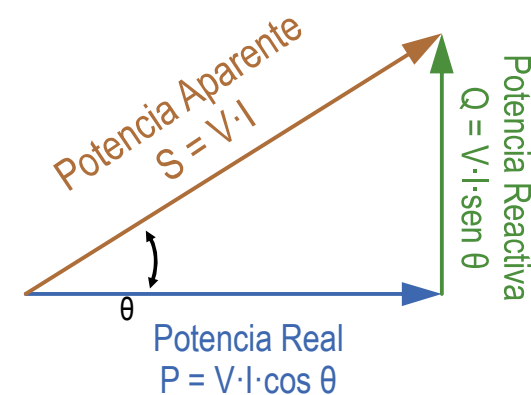
POTENCIA APARENTE (S)

Es la suma vectorial de las potencias activa y reactiva. Se representa por la letra S y su fórmula es:

$$S = V \times I$$

Se mide en voltioamperio (VA)

Como se puede observar, las potencias en CA se representan por vectores. Podríamos calcular la potencia teniendo las otras dos magnitudes, simplemente aplicando el Teorema de Pitágoras en el triángulo que componen:



$$S^2 = P^2 + Q^2$$

CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

La energía reactiva existente en una instalación eléctrica depende de los receptores que se conectan en la misma. Cuanto mayor sea el número de bobinas (motores, transformadores, tubos fluorescentes, etc.), mayor será la energía reactiva y menor el factor de potencia.

$$\text{Factor de Potencia} = \frac{\text{Potencia Real}}{\text{Potencia Aparente}}$$

La existencia de un bajo factor de potencia en una instalación eléctrica implica importantes pérdidas de energía, calentamiento de los conductores y costes económicos derivados de penalizaciones por parte de las compañías suministradoras. Si queremos mejorar la potencia útil en un circuito deberemos disminuir la potencia reactiva.

4. LEYES FUNDAMENTALES DE LA ELECTRICIDAD

LEY DE OHM

La corriente que recorre un circuito eléctrico es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo.

$$I = \frac{V}{R}$$

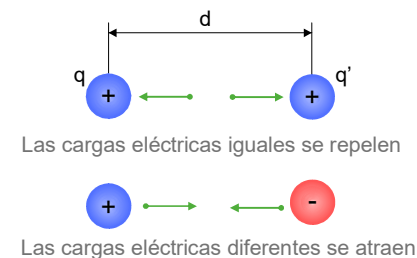
- I = Intensidad (A)
- V = Voltaje (V)
- R = Resistencia (Ω)

LEY DE COULOMB

La fuerza de atracción o repulsión que tiene lugar entre dos cargas eléctricas puntuales es proporcional a la magnitud de dichas cargas e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia, dependiendo también del medio que las separe.

$$F = \frac{q \times q'}{\epsilon \times d^2}$$

- F = Fuerza de atracción
- q y q' = Cargas eléctricas
- ϵ = Cte dieléctrica del medio
- d = Distancia entre las cargas



LEY DE JOULE (EFECTO JOULE)

El movimiento de los electrones a través de un conductor es desordenado. Ésto provoca constantes choques entre los átomos del material, por lo que sus electrones van perdiendo parte de energía cinética (Tensión). Esta energía se transforma en calor, provocando un aumento de temperatura en el propio cable. El calor que se produce en un conductor por el paso de una corriente constante es directamente proporcional a la resistencia del conductor y al cuadrado de la intensidad.

$$Q = t \times R \times I^2$$

- Q = Cantidad de Calor (J)
- t = Tiempo (s)
- R = Resistencia Eléctrica (Ω)
- I = Intensidad de la Corriente (A)

LEY DE FARADAY

La inducción electromagnética, es el proceso por el cual se puede inducir una corriente por medio de un cambio en el campo magnético. La ley de Faraday establece que la tensión eléctrica inducida en un circuito eléctrico es proporcional a la variación del flujo magnético que lo atraviesa. Los generadores, transformadores y motores eléctricos basan su funcionamiento en esta ley.

$$\epsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

- ϵ = Fuerza electromotriz inducida
- $d\Phi$ = Flujo magnético
- dt = Diferencial de t

LEY DE LENZ

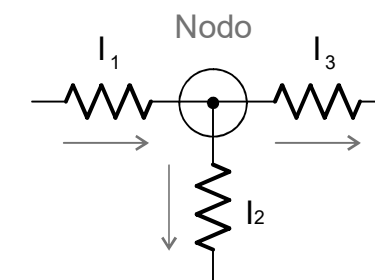
Esta ley es una consecuencia del principio de conservación de la energía aplicado a la inducción electromagnética. La ley de Faraday y la de Lenz están íntimamente relacionadas. Mientras que la ley de Faraday nos da la magnitud de la f.e.m producida por un flujo magnético variable, la ley de Lenz le da una dirección a ese flujo de corriente, opuesta a la variación del flujo que la produce. Se representa añadiéndole a la ley de Faraday un signo negativo para mostrar esa dirección contraria.

$$\epsilon = - \frac{d\Phi}{dt}$$

- ϵ = Fuerza electromotriz inducida
- $d\Phi$ = Flujo magnético
- dt = Diferencial de t

LEYES DE KIRCHHOFF

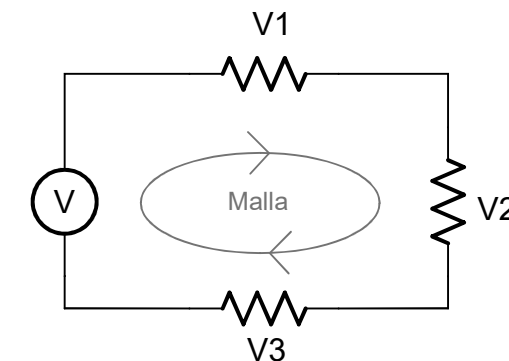
– **1ª Ley de Kirchhoff, Ley de Corrientes o Ley de Nodos:** en todo nodo o nudo de la red mallada la suma de intensidades de corriente entrantes es igual a la suma de corrientes salientes. Dicho de otra forma, el sumatorio de corrientes algebraicas en un nudo debe ser 0.



$$I_1 = I_2 + I_3$$

Suma de corrientes entrantes = Suma de corrientes salientes

– **2ª Ley de Kirchhoff, Ley de Voltajes o Ley de Mallas:** en todo circuito cerrado o malla, la suma de todas las caídas de tensión es igual a la suma de todas las subidas de tensión. También podemos decir que el voltaje aplicado a un circuito cerrado es igual a la suma de las caídas de voltaje en ese circuito o que en toda malla la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico debe ser 0.



$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

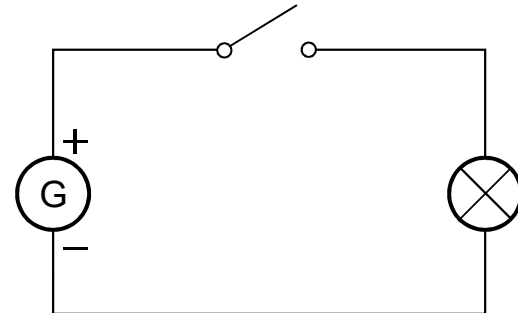
Voltaje aplicado = Suma de caídas de voltaje

5. CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Se conoce como circuito eléctrico al conjunto de elementos conectados entre sí por el que puede circular una corriente eléctrica, para producir otras formas de energía o trabajo.

Los elementos fundamentales de un circuito eléctrico son:

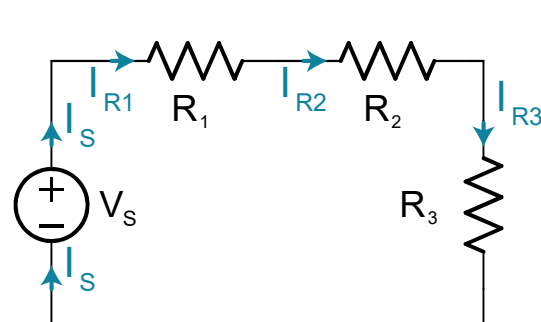
- **Generador:** produce la fuerza electromotriz (f.e.m) capaz de poner en movimiento a los electrones.
- **Receptor:** elemento que recibe la energía eléctrica y la transforma en otro tipo de energía(calor, luz, movimiento...) ofreciendo una resistencia al paso de la corriente.
- **Líneas o cables:** conductores eléctricos que unen el generador con el receptor y viceversa. También ofrecen una resistencia interna al paso de la corriente. Sobre las líneas podemos encontrar diversos elementos de control y maniobra (por ejemplo, interruptores o contadores) así como elementos de seguridad como tomas a tierra o interruptores diferenciales que protegen el circuito.



Una vez hemos estudiado todas las magnitudes fundamentales y las leyes básicas que regulan la electricidad, vamos a ver cómo se comporta en la práctica con unos ejemplos sencillos. Existen dos posibilidades de conectar un receptor(que genera una resistencia) en un circuito: en serie o en paralelo.

RECEPTORES EN SERIE

Si tenemos un circuito en el que los receptores se conectan uno a continuación del otro, todos ellos son recorridos por la misma intensidad de paso, que será la intensidad total del circuito y que se mantiene constante a lo largo del mismo. La corriente circulará por igual a través de todos los receptores, por tanto, la resistencia equivalente se calcula sumando todas las resistencias individuales y el voltaje que existirá entre los bornes de cada receptor variará en función de su resistencia según la ley de Ohm.



En Serie:

$$I_S = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = \text{cte}$$

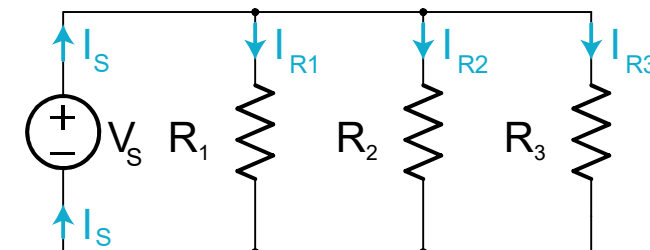
$$V_S = I_S \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

La conexión en serie tiene como principales ventajas la posibilidad de conectar receptores que funcionan a menor tensión que la red, sin embargo, como principal inconveniente tiene que si un receptor se estropea, ninguno de los restantes funciona ya que el circuito donde están instalados queda abierto.

RECEPTORES EN PARALELO

En un circuito con resistencias en paralelo los receptores tienen conexiones individuales a la corriente que se reparte entre ellos según la ley de Ohm. El voltaje entre bornes de cada resistencia se mantendrá constante a lo largo de todo el circuito.



En Paralelo:

$$V_S = V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = \text{cte}$$

$$I_S = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

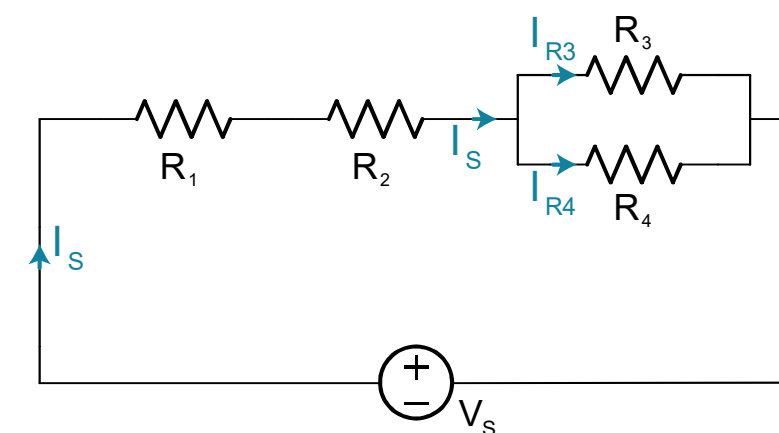
$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Este tipo de conexiones en paralelo son las más habituales en las instalaciones eléctricas de los edificios debido a la fiabilidad. Cada receptor conectado a la fuente de alimentación lo hace de forma independiente al resto, aunque puedan compartir parte de la línea. Esto permite que si falla o se desconecta uno o varios receptores, el resto puede seguir funcionando con normalidad. El voltaje (V) que llega a cada receptor también es el mismo en todo el circuito (no se produce caída de tensión entre cada receptor como sucede en los circuitos en serie). La intensidad total del circuito se calcula sumando la intensidad (A) de cada receptor. En cuanto a la resistencia total del circuito, es menor que si colocamos esos mismos receptores en serie. Como inconveniente tiene que se requiere mayor costo de material para realizarlo.

AGRUPACIÓN MIXTA DE RECEPTORES

Una agrupación mixta de resistencias es un conjunto de resistencias en el que algunas están conectadas en serie y otras en paralelo.

El cálculo de la resistencia equivalente al conjunto de resistencias de agrupación mixta se hace por partes, calculando en cada paso la resistencia equivalente a aquellas resistencias que, entre ellas, están unidas en serie o en paralelo.



RIESGO ELÉCTRICO



1. EL RIESGO ELÉCTRICO.

- 1.1. Introducción.
- 1.2. Normativa.
- 1.3. Tipos de riesgo eléctrico.
 - 1.3.1. Contactos eléctricos.
 - 1.3.2. Arco eléctrico.
 - 1.3.3. Caídas o golpes como consecuencia de un choque o arco eléctrico.
 - 1.3.4. Incendios o explosiones originados por la electricidad.
- 1.4. Los accidentes eléctricos.
 - 1.4.1. Efectos de la electricidad en el organismo.
 - 1.4.2. Factores que intervienen en los accidentes eléctricos.

2. EL TRABAJO CON RIESGO ELÉCTRICO (RD 614/2001).

- 2.1. Tipos de trabajadores en instalaciones eléctricas.
- 2.2. Tipos de trabajos en las instalaciones eléctricas.
 - 2.2.1. Trabajos sin tensión (Las cinco reglas de oro).
 - 2.2.2. Trabajos en tensión.
 - 2.2.3. Maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones.
 - 2.2.4. Trabajos en proximidad.
 - 2.2.5. Trabajos en emplazamientos con riesgo de incendio, explosión o electricidad estática.

3. INTERVENCIONES DE BOMBEROS BAJO PRESENCIA DE RIESGO ELÉCTRICO.

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Bomberos, trabajadores autorizados no cualificados.
- 3.3. Nuestro equipo.
 - 3.3.1. Protecciones individuales.
 - 3.3.2. Maletín de emergencia eléctrica.
 - 3.3.3. Extintores.
- 3.4. Metodología de atención en intervenciones con riesgo eléctrico.

1. EL RIESGO ELÉCTRICO

1.1. INTRODUCCIÓN

Podemos definir el riesgo eléctrico como la probabilidad de que una persona, animal o bien sufra un determinado daño originado por el uso de la energía eléctrica.

El riesgo eléctrico existe cuando hay una posibilidad de contacto con corriente que pueda suponer un peligro o un accidente. El paso de la corriente a través del cuerpo puede provocar distintas lesiones que van desde las quemaduras hasta la fibrilación ventricular e incluso la muerte. La electricidad también puede provocar daños o efectos asociados tales como caídas, golpes, incendios, explosiones, intoxicaciones, etc.

A día de hoy, la electricidad está presente en todos los ámbitos de la sociedad. En nuestros hogares, en nuestros puestos de trabajo, en la vía pública o en los medios de transporte estamos rodeados de aparatos e instalaciones susceptibles de poder generarnos un daño eléctrico.

Los reglamentos electrotécnicos establecen las condiciones y garantías que deben reunir todas esas instalaciones eléctricas en relación a la seguridad de los usuarios. En esta normativa se fijan los sistemas de protección destinados a impedir los efectos de las sobreintensidades y sobretensiones que, por distintas causas, se pueden producir en las instalaciones. También se determinan las condiciones para evitar los contactos directos y anular los efectos de los indirectos en beneficio de la seguridad de bienes y personas.

Por otro lado, existe una normativa específica que regula las técnicas y procedimientos de trabajo en instalaciones eléctricas o en su proximidad. El objetivo de esa normativa es la protección del trabajador que no es usuario de la instalación, pero que circunstancialmente tiene que trabajar en ella o en su entorno, por lo que está expuesto a un riesgo eléctrico.

Dada la gravedad de los daños que puede ocasionar un contacto eléctrico, las operaciones y trabajos realizados con riesgo eléctrico requieren de una formación específica de los trabajadores así como la aplicación de unas técnicas y procedimientos de actuación reglamentados. De la misma manera, todo trabajador debe conocer los diferentes tipos de instalaciones e infraestructuras que se puede encontrar y sus limitaciones, en función de las herramientas y equipos de los que disponga.

1.2. NORMATIVA

El desarrollo del presente tema se basa en los principales textos normativos de aplicación a los trabajos en presencia de instalaciones eléctricas. En ellos se analizan los tipos de riesgos eléctricos, las protecciones existentes frente a cada uno de ellos y los procedimientos que se deben seguir para trabajar adecuadamente. Estos son:

- El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RD 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- El Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión (RD 337/2014 de 9 de mayo de 2014).
- NTP 400: Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).
- El Real Decreto 614/2001 de 8 de junio, que regula las condiciones de trabajo que se deben cumplir para la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico en los lugares de trabajo.

1.3. TIPOS DE RIESGO ELÉCTRICO

Como hemos visto, un riesgo eléctrico es aquel originado por la energía eléctrica. El RD 614/2001 define los siguientes tipos:

- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo) o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- Arcos eléctricos.
- Caídas o golpes a consecuencia de un choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

1.3.1. CONTACTOS ELÉCTRICOS

Para que una persona se vea sometida a los efectos de un choque eléctrico, su cuerpo, mediante un doble contacto, debe poner en conexión dos puntos que se encuentren a distinto potencial eléctrico. Cuando se establece esa conexión se cierra un circuito en el que el cuerpo humano hace de componente eléctrico. El contacto con una instalación eléctrica se puede producir de dos formas:

CONTACTO DIRECTO

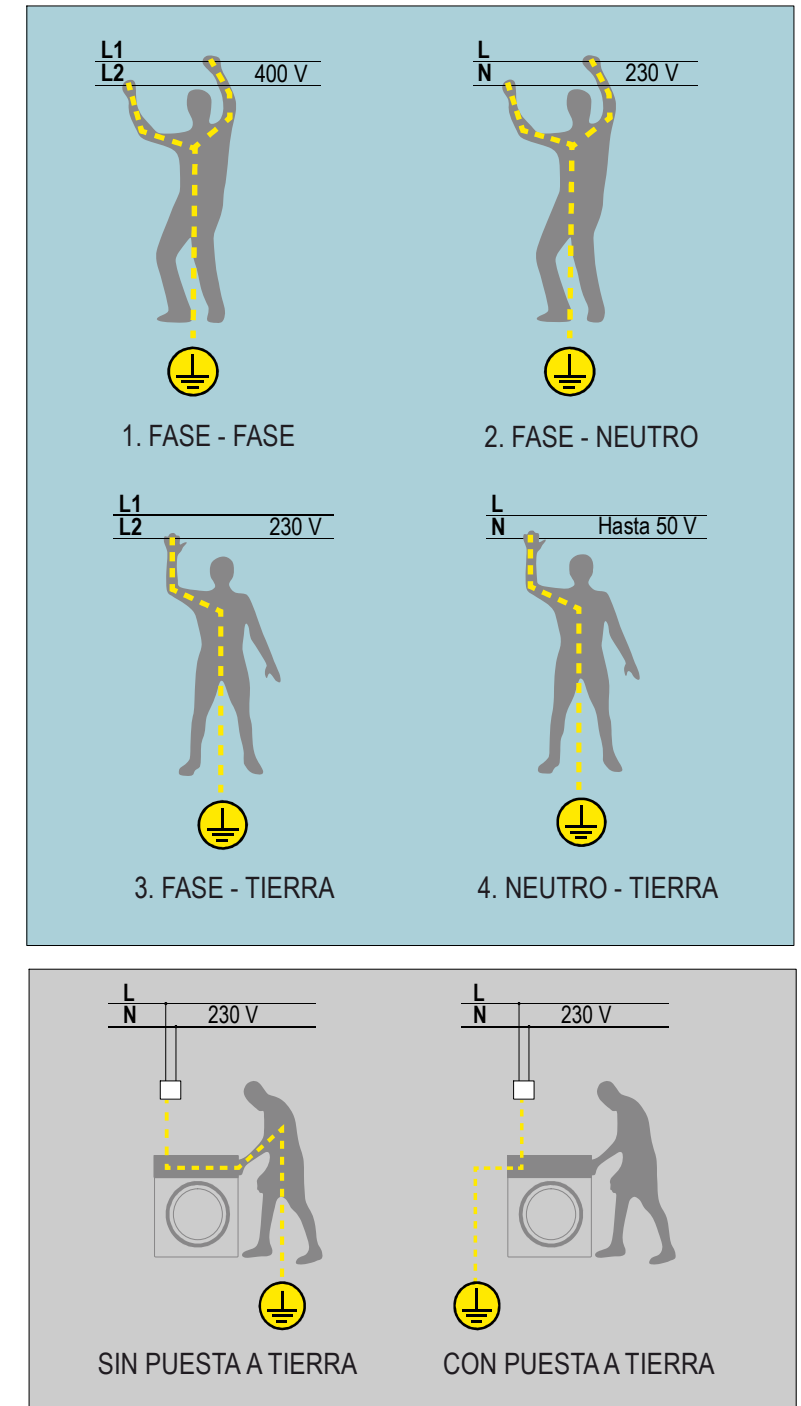
Se define como el contacto de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos. Un contacto directo se produce cuando un usuario toca directamente las partes activas de la instalación, es decir, algún elemento que **habitualmente** está en tensión (cables, embarrados, bases de enchufe...). Tras ese contacto la corriente eléctrica deriva su trayectoria pasando a circular a través del cuerpo humano.

Existen cuatro tipos:

1. Fase – Fase.
2. Fase – Neutro.
3. Fase – Tierra.
4. Neutro – Tierra.

CONTACTO INDIRECTO

Se define como el contacto de personas o animales domésticos con masas metálicas que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento. Es decir, han entrado en contacto con algún elemento que **accidentalmente** está en tensión.



MEDIDAS PREVENTIVAS EN BT FRENTE A CONTACTOS ELÉCTRICOS

Las medidas destinadas a asegurar la protección de las personas y animales frente a un choque eléctrico en instalaciones de Baja Tensión se regulan en la ITC-BT-24 del REBT. Dicha instrucción hace una división de las medidas de protección en tres tipos:

- Medidas enfocadas únicamente a proteger contra contactos directos.
- Medidas que protegen contra contactos indirectos.
- Uso de una tensión de seguridad, que protege contra ambos tipos de contactos.

TENSIÓN DE SEGURIDAD

La medida de protección más efectiva contra los efectos nocivos que conlleva un choque eléctrico es la utilización de una tensión tan baja que, en caso de contacto eléctrico (ya sea directo o indirecto), no provoque daños en personas o animales. Esta es la antiguamente llamada tensión de seguridad, reconocida en el actual REBT como Muy Baja Tensión de Seguridad o MBTS, suministrada por transformadores, baterías, etc. mediante instalaciones aisladas de tierra.

En la terminología del REBT vigente a día de hoy, no se incluye la definición formal de “tensión de seguridad”, no obstante, en el anterior REBT, aprobado por el Decreto 2431/1973 de 20 de septiembre, sí que se fijaban los siguientes valores como tensiones de seguridad:

- 50 voltios para locales o emplazamientos secos.
- 24 voltios para locales o emplazamientos húmedos o mojados.

En la ITC-BT-36 del actual Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se considera **Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS)** a:

- La tensión nominal que no excede de 50 voltios en C.A.
- La tensión nominal que no excede de 75 voltios en C.C.

Por lo tanto, y en el caso concreto de este texto, se interpretará “tensión de seguridad” como “muy baja tensión de seguridad”.

Además de estas tensiones de seguridad, existen ITC del REBT, donde se establecen valores de tensión más restrictivos a los descritos anteriormente (por ejemplo, la ITC-BT-31 establece como muy baja tensión de seguridad en piscinas una tensión asignada no superior a 12V).

Por su interés, debido a que aún podemos encontrarnos estos datos en numerosa documentación relacionada con protecciones eléctricas, mencionamos las siguientes tensiones de seguridad reguladas en la antigua norma UNE 20460 (sustituida por la UNE-HD 60364) para C.A.:

- 50 V para locales secos.
- 24 V para locales húmedos.
- 12 V para locales mojados (por ejemplo, para las obras en exterior).



PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Esta protección consiste en tomar las medidas necesarias para proteger a las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Para evitar este tipo de contactos eléctricos las partes en tensión deberán estar siempre adecuadamente protegidas. Además, los cables y demás componentes deben mantenerse en buen estado, evitando circunstancias como cables pelados o sueltos.

Las medidas habituales son:

- Protección por **aislamiento** de las partes activas.
- Protección por medio de **barreras o envolventes** que impidan todo contacto con las partes activas y que no puedan ser retiradas más que con la ayuda de una llave o una herramienta.
- Protección por **interposición de obstáculos**. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita a los locales de servicio eléctrico solo accesibles a personal autorizado. Los obstáculos están destinados a impedir los contactos fortuitos con las partes activas, pero no los contactos voluntarios por una tentativa liberada de salvar el obstáculo. Se diferencian de una barrera o envoltente en que, a pesar de que deben estar fijados de manera que se impida el desmontaje involuntario, se pueden desmontar sin la ayuda de una llave o herramienta. Un ejemplo de obstáculos son las barandillas o los paneles enrejados.
- Protección por **alejamiento** de las partes activas de la instalación. Al igual que la medida de protección por interposición de obstáculos, la puesta fuera del alcance de las partes activas impide únicamente el contacto fortuito y no los contactos voluntarios con la instalación.
- Protección complementaria por **dispositivos de corriente diferencial residual** de valor inferior o igual a 30 mA. El empleo de este tipo de dispositivos se reconoce como medida de protección complementaria, en caso de imprudencia de los usuarios o fallo de una primera medida de protección contra contactos directos.

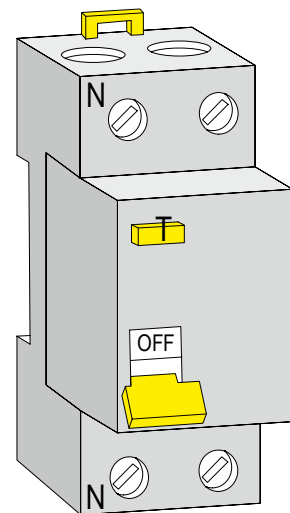
PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS	
Aislamiento de partes activas	
Barreras o envolventes	
Interposición de obstáculos	
Alejamiento de partes activas	
Dispositivo de protección diferencial	

PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Los contactos indirectos son más difíciles de detectar y prevenir, ya que se producen por elementos que no deberían estar puestos en tensión.

El actual REBT establece en su ITC-24 establece que la protección contra contactos indirectos se puede conseguir mediante la aplicación de alguna de las siguientes medidas:

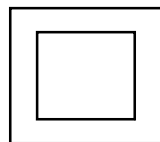
- Protección por **corte automático de la alimentación** tras un fallo eléctrico. Este corte tiene como objetivo impedir que una tensión de contacto de valor suficiente para generar un daño se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. Diferentes estudios realizados sobre el cuerpo humano establecen un valor de 30 mA como aquella máxima intensidad que una persona puede llegar a soportar sin peligro.



Corte automático de la alimentación
Dispositivo de protección diferencial

- Protección por empleo de **equipos de la clase II** o por **aislamiento** equivalente. Los equipos de la clase II son aquellos protegidos por un aislamiento doble o reforzado. El doble aislamiento eléctrico de los aparatos es un sistema de protección muy utilizado en maquinaria portátil y pequeños electrodomésticos.

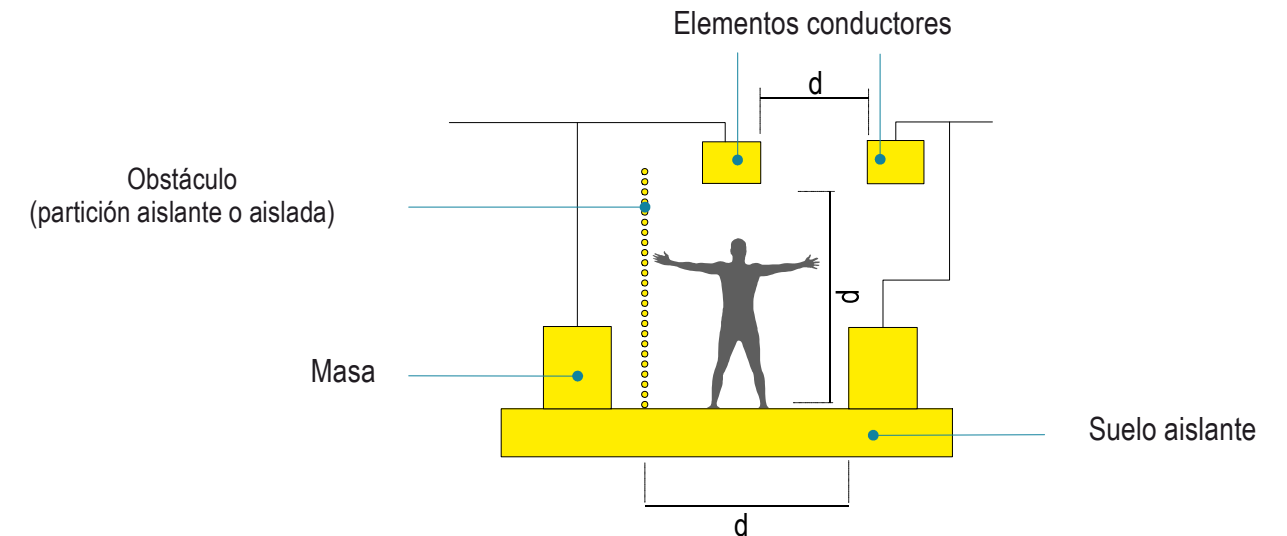
Se puede reconocer por el siguiente símbolo:



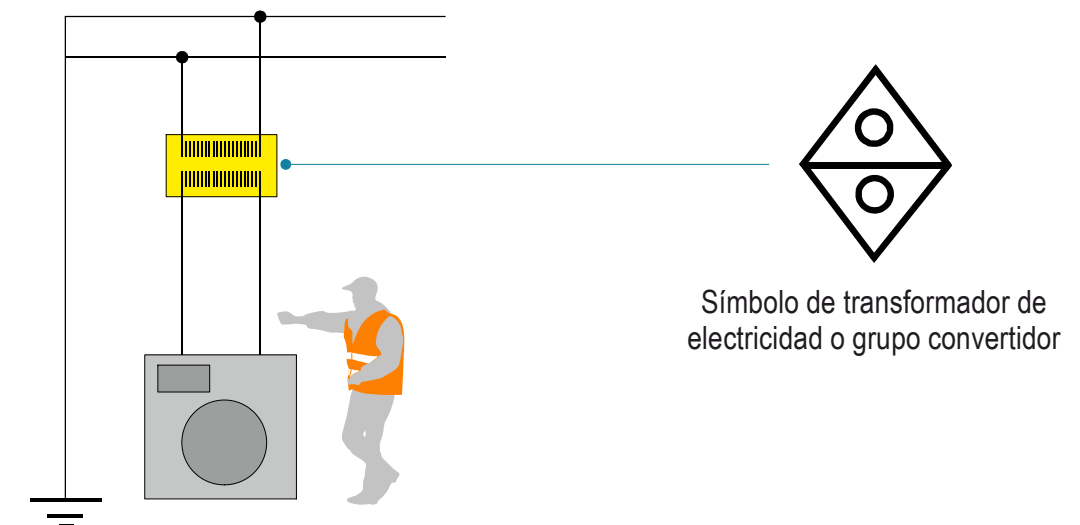
Símbolo de doble
aislamiento eléctrico.

- Protección mediante **conexiones equipotenciales locales** no conectadas a tierra. Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores que sean simultáneamente accesibles para evitar que puedan aparecer diferencias de potencial peligrosas entre ellos.

- Protección en los **locales o emplazamientos no conductores**. Esta medida se consigue con paredes y suelos aislantes y a través del alejamiento o interposición de obstáculos entre masas y elementos conductores.



- Protección por **separación eléctrica** de los distintos circuitos de utilización respecto de la fuente de energía por medio de transformadores o grupos convertidores, manteniendo aislados a tierra todos los conductores del circuito de utilización incluido el neutro.



Protección por separación eléctrica.

- Especial importancia tiene el hecho de que según el REBT, los dispositivos de corte automático de la alimentación en caso de contacto eléctrico (como puede ser un interruptor diferencial), están reglamentados para la protección contra contactos indirectos. No obstante, el mismo REBT deja "vía abierta" para su uso contra contactos directos de forma complementaria.

1.3.2.ARCO ELÉCTRICO

Podemos definir el arco eléctrico como la descarga eléctrica generada entre dos puntos sometidos a una diferencia de potencial dentro de un medio aislante. El medio aislante (aire) se ioniza facilitando el paso de corriente a través del mismo entre los dos puntos a distinto potencial. Este fenómeno eléctrico se puede dar entre dos conductores activos o entre alguno de estos y masas o tierra.

Los efectos del arco eléctrico y los daños que estos pueden provocar en personas y animales son varios, de entre los que cabe destacar:

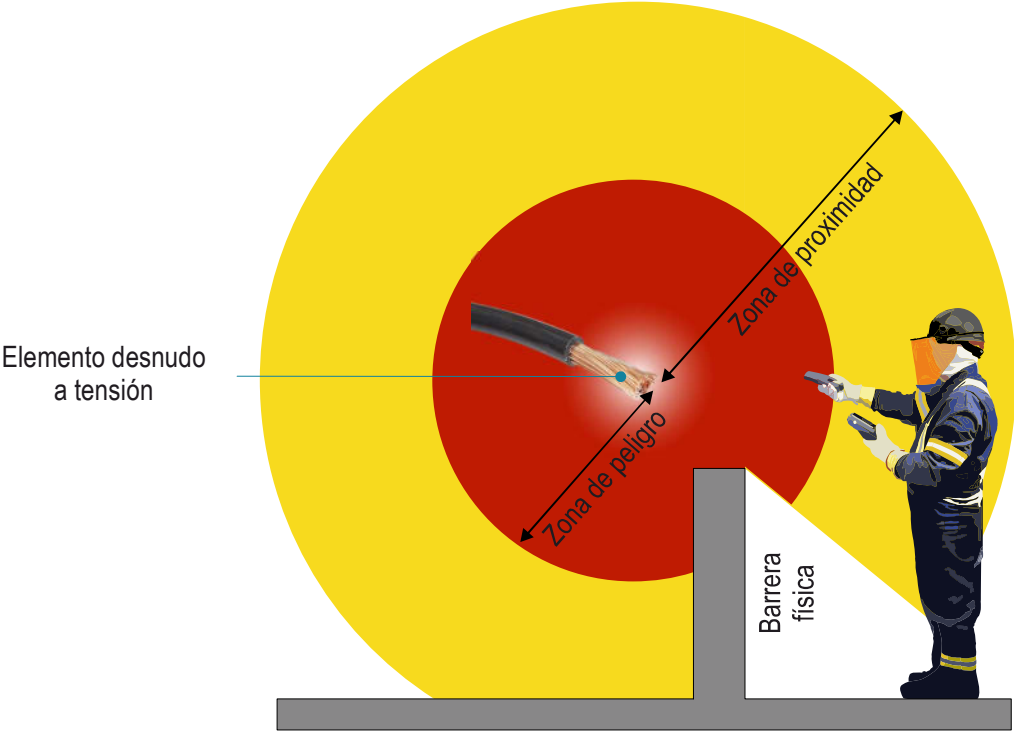
- Un **calor intenso** de hasta 20.000 °C que puede causar quemaduras en la piel y el cuerpo del trabajador.
- El **fuego** que puede causar quemaduras al trabajador, así como daños en el lugar de trabajo circundante.
- Una **ráfaga de arco** (o explosión de arco eléctrico) con una presión de detonación de hasta 1.000 kg/m2 en la que salen despedidas a gran velocidad partículas de metal fundido, restos de equipos destruidos y otros componentes que pueden causar lesiones al trabajador.
- Un **ruido** de hasta 140 dB (similar a un disparo) que puede causar lesiones en los oídos del trabajador.
- Una **luz ultravioleta** de la explosión que puede ocasionar lesiones oculares al trabajador.



Tal y como podemos prever, el hecho de que pueda existir una descarga eléctrica a través del aire conlleva la posibilidad de un choque eléctrico sin necesidad de contacto físico. Este hecho evidencia la necesidad de mantener una separación entre el punto de la instalación en tensión y el trabajador (siempre considerando la parte activa sin aislar y que el trabajador se encuentre desprotegido).

Para el estudio de las distancias de seguridad frente a arcos eléctricos tendremos en cuenta que existen diferentes zonas dentro de un trabajo realizado en instalaciones con tensión:

- **Zona de peligro o zona de trabajos en tensión:** espacio alrededor de los elementos en tensión dentro de la cual, la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico o un contacto directo con el elemento en tensión.
- **Zona de proximidad:** espacio delimitado alrededor de la zona de peligro, desde la que el trabajador puede invadir accidentalmente esta última.



A continuación se muestran algunas distancias límite de las zonas de trabajo descritas en el RD 614/2001:

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN	DISTANCIA DE PELIGRO (Dpel)	DISTANCIA DE PROXIMIDAD (Dprox)
Hasta 1 kV (B.T.)	0,50 m	3 m
A partir de 1 kV hasta 66 kV	1,20 m	3 m
Desde 110 kV hasta 220 kV	2,60 m	5 m
A partir de 380 kV	3,90 m	7 m

Desde el punto de vista técnico, el cálculo de las distancias límite establecidas para cada valor de tensión en esta tabla sigue un criterio formado por dos componentes:

- La componente **eléctrica** es la capacidad que tiene el arco eléctrico, para cada valor de tensión, de saltar a una determinada distancia y provocar un choque eléctrico.
- La componente **ergonómica** es la relativa a la amplitud de los movimientos involuntarios que puede realizar un operario desde su posición de trabajo. Se tienen en cuenta los gestos o movimientos normales que puede efectuar el trabajador sin desplazarse.

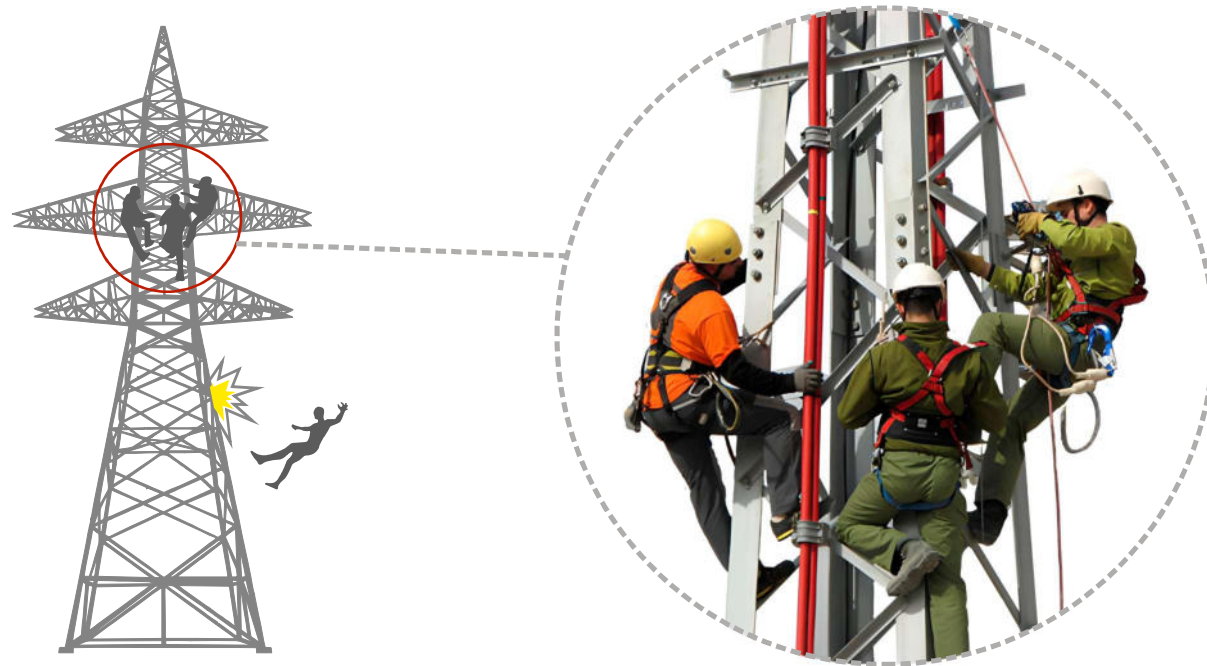
Ambos factores se valoran para determinar la posición del trabajador respecto al elemento desnudo en tensión. Asegurando así que se trabaja desde una posición en la que cualquier tipo de movimiento involuntario por su parte no invadirá los límites de la zona de peligro.

1.3.3. CAÍDAS O GOLPES A CONSECUENCIA DE UN CHOQUE O ARCO ELÉCTRICO

Las caídas o golpes son un riesgo derivado de un choque eléctrico o un arco eléctrico. Después de una descarga eléctrica importante, puede ocurrir que la víctima quede inconsciente. Si esta se encuentra trabajando en altura, y no dispone de los medios de seguridad adecuados, puede sufrir importantes lesiones por traumatismo al precipitarse.

Tras el contacto con la corriente, ya sea a través de un chispazo o por un simple susto, la reacción posterior puede ser causa de una pérdida de equilibrio que desencadene en una caída o golpe contra un objeto cercano. En ocasiones, este tipo de accidentes se cobran la vida de personas en trabajos con tensiones relativamente seguras.

Por lo tanto, cuando los trabajos en tensión sean realizados en una zona con riesgo de caída, los trabajadores deberán disponer de un apoyo sólido y estable, que les permita tener las manos libres, así como de dispositivos anti-caída adecuados al trabajo a efectuar (además de seguir los procedimientos de trabajo dispuestos en el RD 614/2001 para trabajos en tensión).



1.3.4. INCENDIOS O EXPLOSIONES ORIGINADOS POR LA ELECTRICIDAD

En algunas ocasiones la electricidad no es la causa principal del daño, pero sí el detonante de un incendio o una explosión que puede afectar a personas, bienes e instalaciones. Un arco eléctrico o una descarga electrostática pueden ser el origen de incendios y explosiones actuando como foco de ignición en atmósferas con una determinada concentración de gases, vapores, nieblas o partículas sólidas en suspensión.

Algunos ejemplos de ambientes explosivos son los que se pueden encontrar en:

- Lugares de recarga de baterías de ácido-plomo.
- Ebanisterías.
- Estaciones de servicio (gasolineras).
- Silos de cereales.
- Lugares donde se realice una manipulación de gases.

Se debe tener especial precaución con los puntos de luz e interruptores expuestos a atmósferas explosivas ya que su activación puede desencadenar una chispa que actúe como foco de ignición de la atmósfera o de los gases o líquidos inflamables que se encuentren en la estancia. Si se produjese un incendio, se deberán desconectar las partes de la instalación que puedan verse afectadas, salvo que sea necesario dejarlas en tensión para actuar contra el incendio (por medio de la activación de la instalación contra incendios), o que su desconexión conlleve peligros potencialmente más graves que los que pueden derivarse del propio incendio.



¿CUÁLES PUEDEN SER LAS CAUSAS DE UN INCENDIO DE ORIGEN ELÉCTRICO?

En la clasificación actual de fuegos (clases A, B, C, D y F), el fuego eléctrico ya no aparece contemplado como tal, puesto que se considera que la electricidad es una energía pura que no puede arder. A pesar de esto, aunque lo que combustione sean gases, sólidos, líquidos, etc., en muchas ocasiones una chispa, un componente o un aparato eléctrico es el causante del incendio.

El origen más común de un incendio relacionado con un foco de ignición eléctrico es el **sobrecalentamiento** de algún aparato conectado a la corriente, ya sea por sobrecarga o por un funcionamiento incorrecto. Es relativamente común que una conexión defectuosa o un falso contacto, produzcan un aumento de resistencia que provoca que el contacto se caliente. En ese punto se pueden llegar a alcanzar temperaturas que dan pie a la pirólisis de los plásticos y a la ignición de los gases generados, iniciándose de esta manera el incendio.

Para evitar el riesgo de incendio por sobrecalentamiento es importante comprobar el estado y la colocación de los aparatos y componentes eléctricos. Se deberá:

- Situar los aparatos en lugares debidamente acondicionados para evitar su calentamiento.
- Revisar el estado de instalaciones eléctricas antiguas y sustituir aparatos obsoletos, ya que son más propensos a sobrecalentarse (por ejemplo, las estufas de resistencias).
- Adaptar la instalación eléctrica a la potencia que se requiere. Comprobar que los conductores cuentan con la sección suficiente para la carga a la que van a ser sometidos.
- Evitar sobrecargar las bases de enchufes por medio de alargaderas con varios puntos de conexión.

La segunda causa mas común es el **estado deficiente del cableado eléctrico y sus conexiones**. Para evitar cualquier situación de riesgo deberemos seguir algunas recomendaciones básicas:

- Comprobar que los cuadros y contadores no hayan sido manipulados por personal no cualificado.
- Vigilar que el cableado cuente con el aislamiento eléctrico reglamentario o que no existan cables pelados con partes en tensión sin proteger.
- Asegurarse de que los enchufes e interruptores estén bien conectados. Debido al envejecimiento de la instalación, los cables que alimentan estos componentes eléctricos pueden llegar a soltarse con el riesgo de provocar pequeños arcos eléctricos o cortocircuitos.
- Comprobar los interruptores diferenciales (ID) de la instalación mediante el accionamiento del botón de prueba o test del que disponen. Se debe asegurar que esta operación corta todo el suministro eléctrico de la zona a proteger.
- Asegurarnos del correcto estado de la puesta a tierra. En ocasiones este elemento de seguridad es inexistente o la podemos encontrar seccionada por cualquier razón.

ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La electricidad estática se origina por intercambios de carga eléctrica (electrones) que tienen lugar al producirse una fricción entre dos materiales de distinta naturaleza. En la mayoría de los casos, la energía de la electricidad estática espontánea es insuficiente para provocar daños. Sin embargo, las chispas constituyen un foco de ignición que puede dar lugar a incendios o explosiones en ambientes con presencia de vapores inflamables o partículas sólidas en suspensión. Entre los procesos que pueden originar descargas de electricidad estática se pueden distinguir dos clases:

Los procesos en los que se produce una **fricción continua** entre materiales aislantes o aislados:

- La fabricación o empleo de rollos de papel (máquinas rotativas, etc.).
- Las máquinas que llevan incorporadas cintas o correas de transmisión.
- Las máquinas en las que giran rodillos de distinto material en contacto.

Los procesos donde se **trasvasan** o transportan gases, líquidos o materiales pulverulentos como:

- Las operaciones de pintura con pistolas pulverizadoras.
- Las operaciones en las que se hacen circular fluidos combustibles a través de conductos y su trasvase entre depósitos.
- El transporte neumático de materiales pulverizados y su trasvase.



1.4. LOS ACCIDENTES ELÉCTRICOS

Los estudios estadísticos relativos a la frecuencia de los accidentes eléctricos, exponen que estos se producen mayoritariamente en tres ámbitos diferentes:

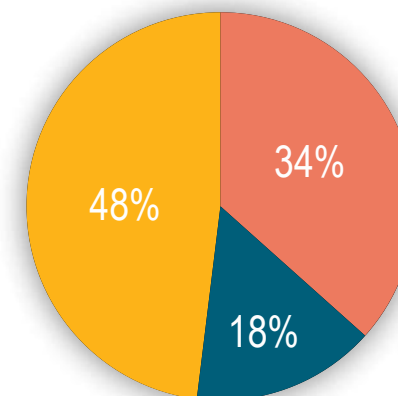
- En empresas, sobre todo de tipo industrial, durante el trabajo.
- En la producción, transporte y distribución de la electricidad.
- En las viviendas a consecuencia de accidentes domésticos.

Según la Estadística de Accidentes de Trabajo del Ministerio de Empleo en 2022 se produjeron 935 accidentes laborales relacionados con el riesgo eléctrico. Esto deja una media de 2,6 trabajadores alcanzados por la electricidad cada día. Aunque la mayoría de los casos fueron leves, 7 empleados perdieron la vida al ser alcanzados por la electricidad. En cuanto a la forma o contacto que produjo la lesión, las estadísticas del Ministerio distinguen entre dos tipos de electrocuciones:

- Por contacto eléctrico directo: 479 casos.
- A causa de un arco eléctrico o un contacto indirecto: 456.

Estos números son orientativos debido a los casos sin registrar pero nos ayudan a hacernos una idea de lo habituales que son este tipo de accidentes laborales.

TIPOS DE ELECTROCUCIONES EN ACCIDENTES LABORALES



Las causas desencadenantes de un accidente eléctrico son numerosas, pero entre las más comunes destacan:

- La ignorancia o el desconocimiento del peligro.
- La imprudencia.
- Las instalaciones defectuosas o con falta de mantenimiento.
- La falta de preparación profesional.
- La no utilización de herramientas, procedimientos y equipos de seguridad adecuados.

Según datos de la empresa española Iberdrola, anualmente hay más de 2.000 accidentes eléctricos, algunos mortales. Solo el 0,4% de los accidentes laborales con incapacidad son de origen eléctrico. Casi el 6% de los accidentes mortales son eléctricos.

1.4.1. EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD EN EL ORGANISMO

La electricidad es una energía que puede causar diversos daños en contacto con el cuerpo humano, afectando a este de diversas maneras y pudiendo provocar lesiones de distintos tipos e incluso la muerte. Los efectos causados por la electricidad en caso de contacto eléctrico se pueden clasificar en dos grupos. Por un lado, tenemos los **efectos directos**, originados por la corriente eléctrica a su paso por el organismo, y por otro, los **efectos indirectos** ocasionados por los movimientos involuntarios del cuerpo al entrar en contacto con la electricidad. Ya se ha visto que a consecuencia de un choque eléctrico se pueden ocasionar caídas a distinto nivel y en este apartado se pasa a estudiar los efectos directos relacionados con el paso de la corriente a través del cuerpo humano.

Una persona se **electriza** cuando la corriente eléctrica circula por su cuerpo, es decir, cuando la persona forma parte del circuito eléctrico, pudiendo al menos distinguir dos puntos de contacto: uno de entrada y otro de salida. La corriente se concentra en su punto de entrada, después diverge, y vuelve a converger, antes de extinguirse o derivarse a tierra. La gravedad del daño es máxima alrededor de los sitios de contacto y la afección de órganos vitales dependerá del recorrido de la corriente. Las lesiones eléctricas se manifiestan de distintas maneras. Podemos encontrar víctimas afectadas por un choque eléctrico con efectos fisiopatológicos reversibles como hormigueos, dificultades de respiración o aumento de la presión arterial. En algunos casos, pueden producir quemaduras de distintos grados en los puntos de contacto con la corriente y con tierra, y en los casos más graves, el contacto eléctrico puede suponer la muerte por fibrilación ventricular. La **electrocución** se produce cuando dicha persona fallece debido al paso de la corriente por su cuerpo.

La gravedad de una lesión eléctrica en muchas ocasiones se puede llegar a subestimar puesto que la mayor parte del daño es interno y se hace visible a medida que pasa el tiempo. Estas víctimas son tiempo-dependientes y deberán ser analizadas por facultativos sanitarios que determinen el alcance real de la lesión. A consecuencia del choque eléctrico se producen muchos cambios a nivel celular. La electricidad provoca una destrucción masiva de grandes grupos musculares que liberan gran cantidad de potasio y de mioglobina al torrente sanguíneo. La liberación de **potasio** por el músculo aumenta significativamente su concentración en sangre y puede llegar a desencadenar arritmias cardíacas. Por otro lado, la **mioglobina** es una molécula muscular que ayuda al tejido para el transporte de oxígeno. Cuando es liberada en el torrente sanguíneo en cantidades considerables es tóxica para los riñones y puede causar su insuficiencia. Esta afección conocida como "mioglobinuria", se manifiesta por una orina de color té o refresco de cola.

Dentro de los efectos directos provocados por la corriente eléctrica debemos distinguir entre los daños que se producen en el momento del contacto eléctrico y los que se producen a medida que va pasando el tiempo. De esta manera clasificamos los efectos físicos en **inmediatos** o en **no inmediatos**.

EFFECTO FÍSICO INMEDIATO

Son aquellos que se manifiestan en el momento del accidente y son más sencillos de detectar en una primera valoración de la víctima. Estos efectos se manifestarán con patologías físicas como son: **la fibrilación ventricular, el paro cardíaco, la asfixia, la tetanización y las quemaduras.**

QUEMADURAS

Las **quemaduras eléctricas** son devastadoras, con destrucción tisular subyacente y necrosis, que a menudo no son aparentes en el exterior. Pueden alcanzar músculos, nervios e incluso a los huesos, llegando a producir zonas de tejido muerto (necrosis). La considerable energía disipada en energía calorífica (efecto Joule) puede provocar la coagulación irreversible de las células de los músculos estriados e incluso la carbonización de las mismas, ya que se pueden llegar a alcanzar temperaturas cercanas a los 2.500 °C.

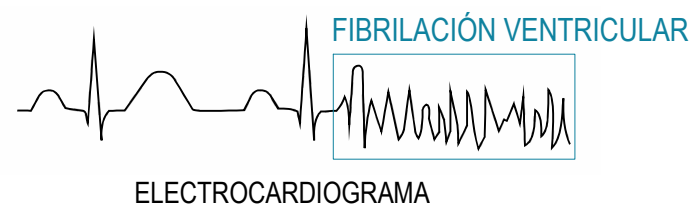
ASFIXIA

La **asfixia** se produce cuando la corriente eléctrica atraviesa el tórax. La caja torácica queda contraída, por una tetanización del diafragma torácico. De este modo los pulmones son incapaces de funcionar correctamente, ocasionando el paro respiratorio.

FIBRILACIÓN VENTRICULAR

La **fibrilación ventricular** es un trastorno del ritmo cardíaco que consiste en un movimiento anárquico del corazón. El choque eléctrico interfiere en el ritmo normal del corazón provocando una contracción o temblor incontrolable de sus fibras musculares. Aunque las distintas partes del corazón se mantengan en movimiento, al estar descoordinadas no realizan un esfuerzo eficaz y dejan de bombear sangre a los distintos órganos vitales. Un modo de resetear ese movimiento ineficaz del corazón es el uso de un desfibrilador (DEA o DESA).

Según la NTP-400, la fibrilación ventricular está considerada la causa principal de muerte por choque eléctrico.

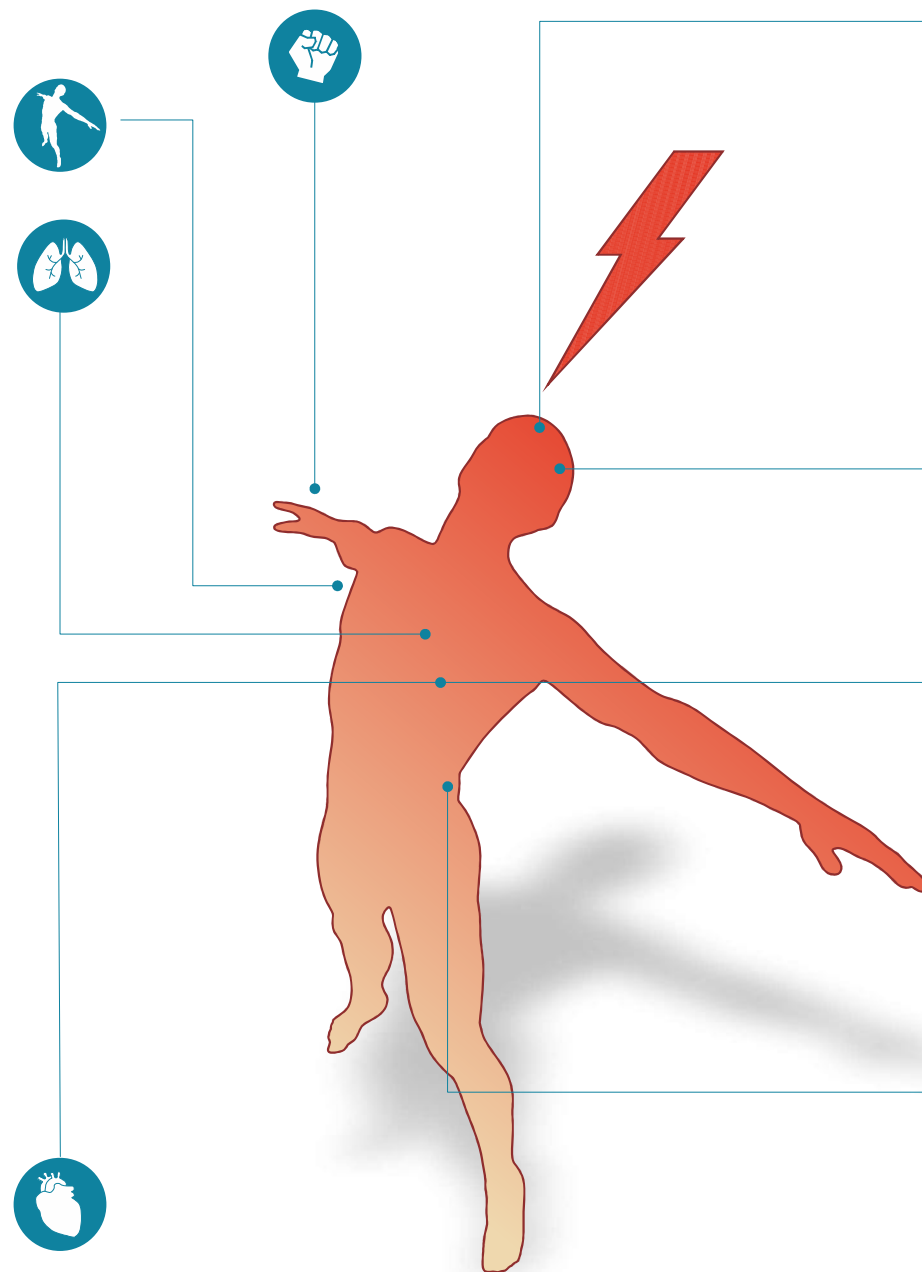


PARO CARDÍACO

Los músculos del corazón se contraen anormalmente al paso de una corriente eléctrica intensa, produciéndose como consecuencia una **parada del órgano**, y consiguientemente, del flujo sanguíneo por el organismo.

TETANIZACIÓN O CONTRACCIÓN MUSCULAR

Por **tetanización** entendemos el movimiento incontrolado de los músculos a consecuencia del paso de la energía eléctrica. Un músculo está tetanizado cuando está contraído involuntariamente o sufre contracción intermitente, lo que conlleva una falta de capacidad de reacción muscular que impide la separación del punto de contacto.



EFFECTO FÍSICO NO INMEDIATO

Su efecto se manifiesta un tiempo después del accidente. El daño en el organismo puede aparecer al cabo de unas horas o incluso días.



TRASTORNOS NERVIOSOS

Relacionados con pequeñas hemorragias fruto de la **desintegración de la sustancia nerviosa** ya sea central o medular.



TRASTORNOS SENSORIALES, OCULARES Y AUDITIVOS

Los **trastornos oculares** son debidos a los efectos luminosos y caloríficos del arco eléctrico. Los **trastornos auditivos** van desde pequeñas pérdidas auditivas hasta la sordera total. Originado por traumatismo craneal, quemadura grave de alguna parte del cráneo o trastornos nerviosos. La membrana timpánica puede romperse, con dificultades auditivas resultantes.



TRASTORNOS CARDIOVASCULARES

Coagulación intravascular por el efecto de la corriente eléctrica en las células sanguíneas. La sangre tiene baja resistencia al paso de la corriente eléctrica y es fácil que atraviese y circule por los vasos sanguíneos.

El paso de la corriente eléctrica puede desencadenar **insuficiencias coronarias agudas** que a su vez desemboquen en un infarto de miocardio, además de otros trastornos únicamente subjetivos como taquicardias, vértigo, cefaleas, etc.



MANIFESTACIONES RENALES

Los riñones corren el riesgo de colapso, ya que se ven obligados a filtrar y eliminar una gran cantidad de mioglobina que les invade proveniente de los músculos afectados, así como las sustancias tóxicas que resultan de la descomposición de los tejidos destruidos por las quemaduras.

La liberación intensa de mioglobina del músculo necrótico pasa al torrente circulatorio y llega hasta el riñón, provocando una obstrucción en los túbulos colectores renales que puede llevar a la **insuficiencia renal aguda**, un fallo orgánico con riesgo de muerte.

1.4.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOSACCIDENTES ELÉCTRICOS

Como ya se ha visto, una vez se ha materializado el riesgo, habiéndose convertido en accidente, las consecuencias del choque eléctrico pueden ser muy diversas. La gravedad de las lesiones provocadas por una descarga eléctrica dependerá de una serie de factores que podemos separar en dos grandes grupos: factores técnicos y factores personales.

Los factores personales son las características intrínsecas de cada persona como su resistencia óhmica interna, su resistencia epidérmica (en la que influirá el grado de humedad), la cantidad de tejido adiposo que tenga, su edad, su sexo... Puesto que es imposible realizar un estudio personalizado para saber cómo se va a comportar cada persona frente al paso de corriente, se utilizan unos valores genéricos definidos en tablas para los cálculos de las resistencias del cuerpo humano.

Los factores técnicos se corresponden con las características de la corriente eléctrica y su paso a través del cuerpo humano. Los principales factores técnicos que intervienen en el riesgo o en las consecuencias de la electrocución son los que se muestran a continuación:

- La intensidad de paso a través del cuerpo.
- El tiempo de exposición.
- La frecuencia.
- La resistencia o impedancia del cuerpo.
- El valor de la tensión aplicada.
- El tipo de corriente.
- El recorrido de la corriente a través del cuerpo.

INTENSIDAD

Se ha demostrado experimentalmente que la intensidad de la corriente que pasa por el cuerpo humano es de los factores más determinantes en los efectos y lesiones ocasionados por el accidente eléctrico. En relación con la intensidad de corriente, son relevantes los valores que se indican en la siguiente tabla:

¡A MAYOR INTENSIDAD
MAYOR PELIGRO!

INTENSIDAD	EFFECTOS	SÍNTOMAS
< 1 mA	SENSACIÓN MUY DÉBIL	Posible cosquilleo.
1 a 3 mA	PERCEPCIÓN	Hormigueo molesto.
3 a 9 mA	ELECTRIZACIÓN	Movimientos o reacciones involuntarias fuertes que pueden ocasionar lesiones. La persona puede soltar el objeto.
10 a 25 mA	TETANIZACIÓN (Contracción muscular)	Descarga dolorosa, paralización muscular, la persona no puede soltar el objeto. Habitualmente no aparecen efectos fisiológicos peligrosos.
30 a 60 mA	PARO RESPIRATORIO ASFIXIA	Según el trayecto de la corriente, aparece dolor intenso, paro respiratorio, contracciones musculares, imposibilidad de respirar y posible muerte.
60 a 75 mA	FIBRILACIÓN VENTRICULAR	Se para el corazón provocando un paro cardíaco, fuertes contracciones musculares y daños nerviosos. Muerte probable.

Umbral de percepción: es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en una persona al pasar a través de ella. En corriente alterna, esta sensación de paso de la corriente se percibe durante todo el tiempo de paso de la misma. Sin embargo, con corriente continua, sólo se percibe cuando varía la intensidad. Para establecer este umbral se considera un valor de 0,5 mA en corriente alterna y 2 mA en corriente continua, independientemente del tiempo de exposición.

Umbral de reacción: es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular.

Umbral de no soltar: cuando una persona tiene sujetos unos electrodos, es el valor máximo de la corriente que permite a esa persona soltarlos. En corriente alterna se considera un valor máximo de 10 mA, cualquiera que sea el tiempo de exposición. En corriente continua, es difícil establecer el umbral de no soltar, ya que simplemente el comienzo y la interrupción del paso de la corriente provoca dolor y contracciones musculares.

Umbral de fibrilación ventricular: es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. En esta fase el funcionamiento del corazón se ve seriamente alterado, pudiendo llegar al paro cardíaco con el consiguiente riesgo de muerte.

Superados los 100 mA, la fibrilación es irreversible a partir de 0,15 segundos, se produce el paro cardíaco, quemaduras graves y la probabilidad de muerte es muy elevada.

TIEMPO DE EXPOSICIÓN

El tiempo de exposición es aquel durante el cual la persona queda sometida al paso de la corriente eléctrica. Junto con la intensidad, la duración del contacto eléctrico es el factor más influyente en el resultado del accidente. Los efectos derivados del paso de la corriente eléctrica a través del organismo se agravan conforme va aumentando el tiempo de contacto.

La Comisión Electrotécnica Internacional ha definido los límites de la franja de peligro en los valores de 34 mA durante 3 segundos. Como dato orientativo, una corriente de 100 mA que atravesase todo el cuerpo (desde la cabeza hasta los pies) durante 3 segundos es suficiente para que se produzca una muerte segura. En la siguiente tabla vemos la relación intensidad - tiempo que puede causar la muerte:

INTENSIDAD	TIEMPO
15 mA	2 min
20 mA	60 seg
30 mA	35 seg
100 mA	3 seg
500 mA	110 mseg
1 A	30 mseg

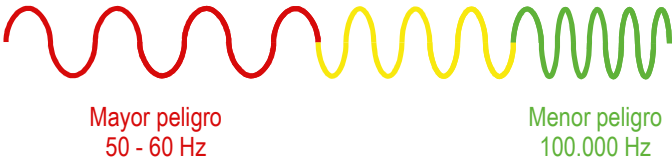
¡A MAYOR TIEMPO DE EXPOSICIÓN MAYORES LESIONES

FRECUENCIA DE LA CORRIENTE

La frecuencia de la corriente eléctrica afecta a los impulsos eléctricos del corazón, modificándolos y pudiendo llegar a causar la fibrilación ventricular. A medida que se aumenta el valor de la frecuencia, se disminuyen los riesgos de fibrilación ventricular, pero se aumentan los riesgos de quemaduras.

Las altas frecuencias son las menos peligrosas, llegan a ser prácticamente inofensivas en valores superiores a los 100.000 Hz, a esta frecuencia solo se registra calentamiento. A 10.000 Hz la peligrosidad es similar a la corriente continua y es con una frecuencia de 50/60 Hz cuando la corriente produce un daño máximo. Como sabemos, estos valores de frecuencia son los más extendidos en la distribución de corriente alterna para uso doméstico e industrial (50 Hz en Europa y gran parte de Asia y 60 Hz en Estados Unidos).

¡CUANTO MENOR SEA EL VALOR DE LA FRECUENCIA, MÁS PELIGROSA SERÁ ESTA!



RESISTENCIA O IMPEDANCIA DEL CUERPO HUMANO

Para una diferencia de tensión específica aplicada en el cuerpo humano, la intensidad de corriente que circulará dependerá de la impedancia que presente dicho organismo.

La resistencia o impedancia es la oposición que opone el cuerpo humano a la circulación de corriente a través de él. El valor de esta resistencia variará dependiendo de múltiples factores como son: la tensión, la frecuencia, la duración del paso de la corriente, la temperatura, el grado de humedad de la piel, la superficie de contacto, la presión de contacto, la dureza de la epidermis, etc.

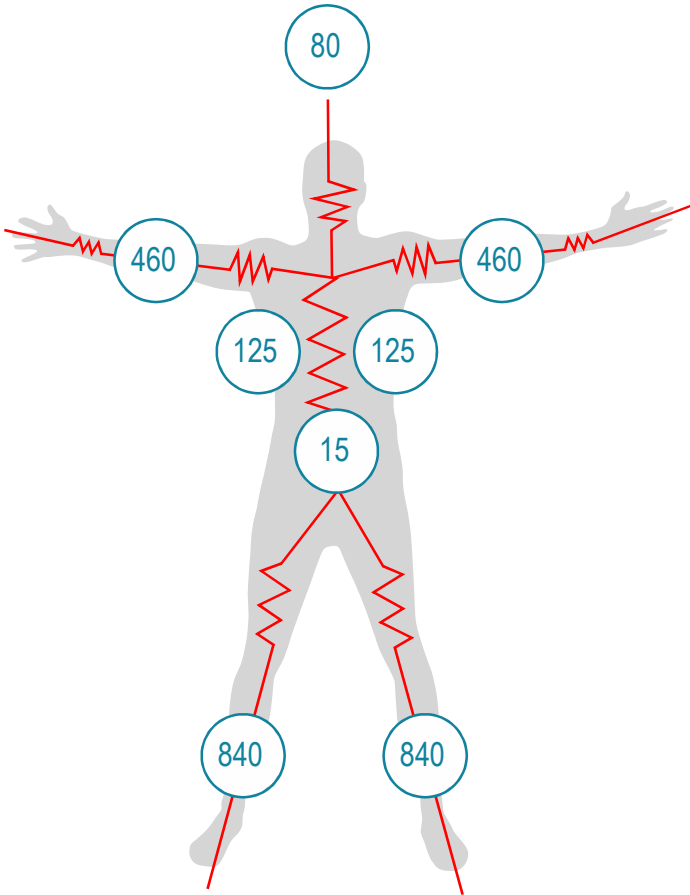
En la siguiente figura se puede apreciar la resistencia aproximada de las distintas partes del cuerpo humano. Observamos que la resistencia que oponen las extremidades al paso de corriente es muy superior a la del tronco. En el interior del organismo la resistencia disminuye en proporción directa a la cantidad de agua que presentan los distintos tejidos. Así, de mayor a menor resistencia tenemos los huesos, el tendón, la grasa, la piel, los músculos, la sangre y los nervios. Durante el paso de la electricidad dicha impedancia se comporta como una suma de tres impedancias en serie: la impedancia de la piel en la zona de entrada, la impedancia interna del cuerpo y la impedancia de la piel en la zona de salida.

El valor máximo de resistencia del cuerpo humano se establece en 3000 Ω y el mínimo en 500 Ω. Las diferencias de resistencia entre distintos cuerpos van a venir marcadas, además de por sus diversos factores personales, por las condiciones de humedad en la que se encuentre la piel. Para una corriente eléctrica de 50 Hz se establecen los siguientes valores medios de resistencia del cuerpo humano:

- 1.600 Ω en medio seco.
- 800 Ω en medio húmedo.
- 200 Ω si el cuerpo está sumergido.

A continuación se muestra un ejemplo de la intensidad de corriente que recorrería un cuerpo humano en caso de contacto eléctrico en la instalación común de una vivienda. Con una tensión entre fase y neutro de 230 V y considerando una persona de resistencia tipo de 1600 Ω. Aplicando la ley de Ohm, se obtiene que la corriente eléctrica que circulará por su cuerpo será de unos 144 mA. Un valor muy por encima de los 30mA (0,03A) establecidos como "intensidad de seguridad".

De esta manera se demuestra que el riesgo de accidente con peligro de muerte es muy elevado si no se cuenta con las medidas de protección adecuadas.



VALORES MEDIOS DE LA RESISTENCIA ENTRE DISTINTOS PUNTOS DEL CUERPO (unidad ohmio)

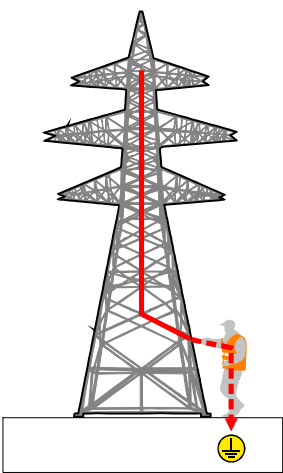
TENSIÓN DE CONTACTO Y TENSIÓN DE PASO

Al hablar de la tensión en referencia al riesgo eléctrico, no se puede dejar de mencionar dos conceptos recogidos en la terminología de los reglamentos electrotécnicos actuales: la tensión de contacto y la tensión de paso.

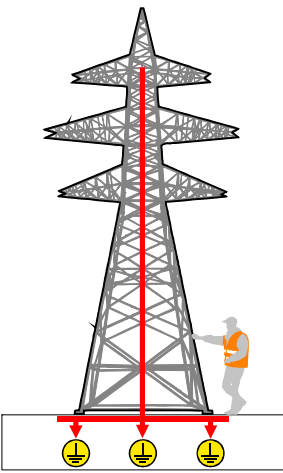
TENSIÓN DE CONTACTO

Es la diferencia de potencial a la que puede estar sometida una persona que toca con la mano una masa o elemento con tensión, teniendo los pies en contacto con el suelo.

Si el contacto se realiza en ausencia de elementos aislantes (EPIs), aumenta la tensión de contacto y se favorece el paso de la corriente. Evidentemente a mayor tensión mayor peligro, pues disminuye la resistencia que el cuerpo humano ofrece al paso de la corriente.



TENSIÓN DE CONTACTO SIN PROTECCIÓN



TENSIÓN DE CONTACTO CON PROTECCIÓN



Puesta a tierra de la torre

TENSIÓN DE PASO

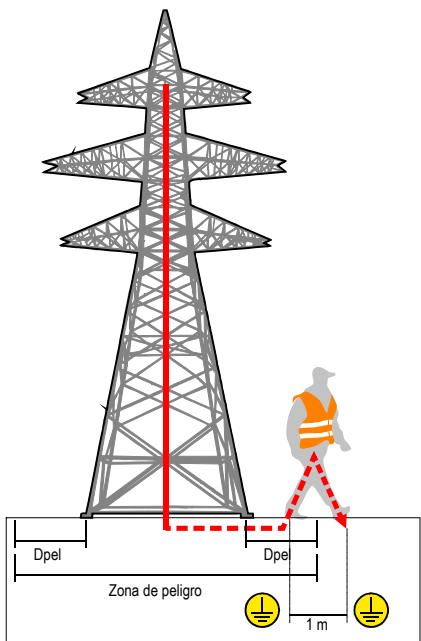
Es la diferencia de potencial que puede experimentar una persona entre sus pies con separación de 1m, cuando se presenta una corriente de fuga en una estructura cercana puesta a tierra, pero no se tiene contacto con ella.

La tensión de paso, es la tensión a la que podría estar sometida una persona que caminase en las proximidades del electrodo de puesta a tierra en el momento de producirse una **corriente de defecto**. Si hubiera un conductor caído en el suelo o un electrodo de puesta a tierra estuviese sobre el terreno, este generará una elevación de potencial mayor cuanto más cercano se esté al punto de contacto, provocando una descarga sobre cualquier persona que se halle o penetre en el área sometida a tensión. De tal forma que la corriente entrará por el pie adelantado en contacto con la tensión, para salir por el retrasado. Esta distancia de paso se considera de un metro.

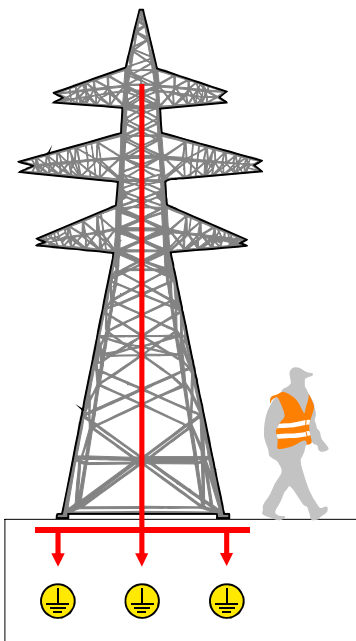
Se determinará la zona de peligro desde el punto de contacto donde el conductor en tensión toca el terreno. Esa zona se considera electrificada con el mismo valor de tensión que la instalación de la que proviene la corriente y su radio será el de la distancia de peligro

(**DPel**) que corresponda con ese valor. Toda persona que entre dentro de esa zona de peligro se considerará susceptible de recibir un choque por tensión de paso, pudiendo llegar a electrocutarse sin necesidad de tocar el conductor. En el caso de que la instalación contase con una toma de tierra, la corriente de defecto circularía por el conductor en vez de por la persona puesto que este le ofrece menos resistencia.

En cualquier actuación que requiera trabajar en las inmediaciones de instalaciones eléctricas (acceso a CT, cercanías de apoyos de AT, etc.) se extremarán las precauciones, siendo recomendable comprobar la ausencia de tensión en el terreno circundante. Si se tuviesen dudas de presencia eléctrica en el terreno, en previsión de la posibilidad de descarga se caminará de forma que nuestros pasos sean más cortos de lo habitual, buscando reducir en la medida de lo posible la diferencia de potencial entre nuestros pies (caminando a “la pata coja” la Dpel sería igual a cero). Otra forma de alejarse es arrastrando los pies para no provocar una diferencia de potencial entre ambos.



TENSIÓN DE PASO SIN PROTECCIÓN



TENSIÓN DE PASO CON PROTECCIÓN
(con malla de puesta a tierra)

TENSIÓN APLICADA

La tensión en sí misma no es peligrosa, pero a bajas resistencias ocasiona un paso elevado de intensidad que puede provocar daños en el cuerpo humano.

Como vimos anteriormente, la máxima tensión que puede soportar un cuerpo humano sin protección (EPIs), es lo que se llama Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) o simplemente tensión de seguridad. Es aquella que, en caso de ser aplicada sobre el cuerpo humano,

provocará un valor de intensidad tan bajo que no suponga riesgos para el individuo.

Las tensiones de seguridad marcadas por el antiguo REBT ya han sido descritas, dado su interés y ayuda en el estudio. En este apartado, y tomando como punto de partida la Ley de Ohm, utilizaremos esas tensiones para el cálculo de la **intensidad de seguridad**.

¡A MAYOR TENSIÓN
MAYOR RIESGO!

CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE SEGURIDAD

Para una persona con una resistencia de 1.600 óhmios en local seco (50 V de tensión de seguridad) y 800 óhmios en local húmedo (24 V), obtenemos que:

En local seco: $V = I \cdot R \rightarrow 50 \text{ V} = I \cdot 1600 \, \Omega \rightarrow I = 0,03 \text{ A}$

En local húmedo: $V = I \cdot R \rightarrow 24 \text{ V} = I \cdot 800 \, \Omega \rightarrow I = 0,03 \text{ A}$

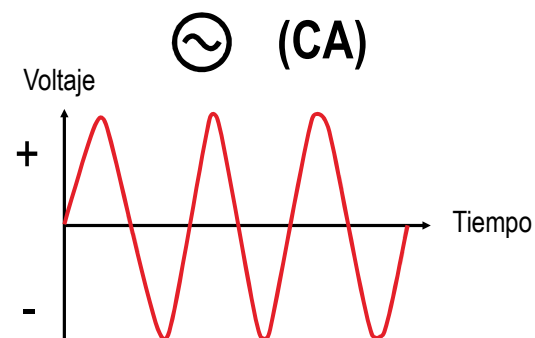
Se demuestra de esta manera que, con tensiones inferiores a 50 V en locales secos y 24 V en húmedos, en caso de contacto eléctrico no se producirán daños en el cuerpo humano.

TIPOS DE CORRIENTE

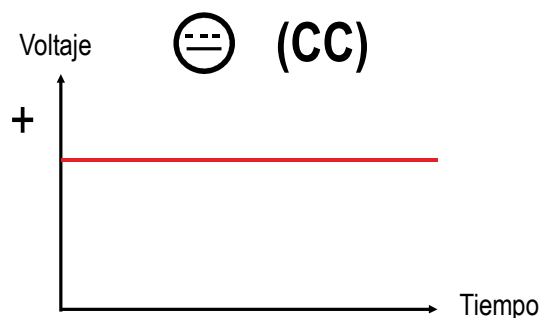
Otro factor que determina la severidad de las lesiones en caso de contacto eléctrico será el tipo de corriente con la que se lleve a cabo ese contacto. Los efectos que causan en el organismo cada una de ellas son los siguientes:

- **Corriente Alterna:** Su característica fundamental es la frecuencia, de tal modo que esa alternancia en el sistema cardiovascular y nervioso produce una alteración que se traduce en espasmos, convulsiones y un ritmo cardíaco desordenado (fibrilación ventricular).
- **Corriente Continua:** Suele actuar por calentamiento de la sangre (electrólisis) y generalmente no es tan peligrosa como la alterna, si bien puede producir riesgo de embolia y muerte.

Según estudios realizados, la corriente alterna es de 3 a 4 veces más dañina que la corriente continua. Con esto no se quiere afirmar que la corriente continua no sea peligrosa pero sí que se ha demostrado que, entre otras causas, al estar sometido al paso de la corriente continua, es más fácil soltar los electrodos sujetos con la mano. De igual modo, para duraciones de contacto superiores al período del ciclo cardíaco, el umbral de fibrilación ventricular es mucho más elevado que en corriente alterna.



Interpretación gráfica, símbolo y abreviatura de corriente alterna.



Interpretación gráfica, símbolo y abreviatura de corriente continua.

ONDAS ESPECIALES

En el caso concreto de un contacto con corrientes impulsionales, provenientes de descargas de condensadores, cabe la posibilidad de que estos provoquen una fibrilación ventricular debido a la gran cantidad de energía que descargan con duraciones inferiores a 20 ms. De igual manera que lo hace la frecuencia, estos impulsos eléctricos de tan corto periodo de tiempo pueden afectar la actividad eléctrica normal del corazón.

RECORRIDO DE LA CORRIENTE POR EL CUERPO HUMANO

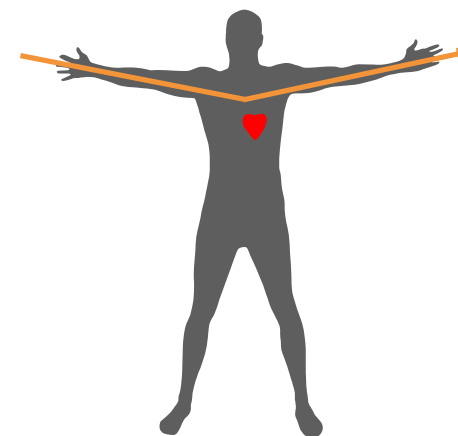
La corriente fluye siempre por el camino que menor resistencia presenta a su paso. Por este motivo, en el interior del cuerpo humano, puede tomar diferentes vías dependiendo de las resistencias internas, la humedad y otros factores.

La gravedad del accidente dependerá, en gran parte, del recorrido de la electricidad a través del cuerpo. Una trayectoria de mayor longitud tendrá, en principio, mayor resistencia y por tanto menor intensidad; sin embargo, puede atravesar órganos vitales (corazón, pulmones, hígado, etc.) provocando lesiones mucho más graves. Aquellos recorridos que atraviesan el tórax o la cabeza son los que ocasionan los mayores daños.

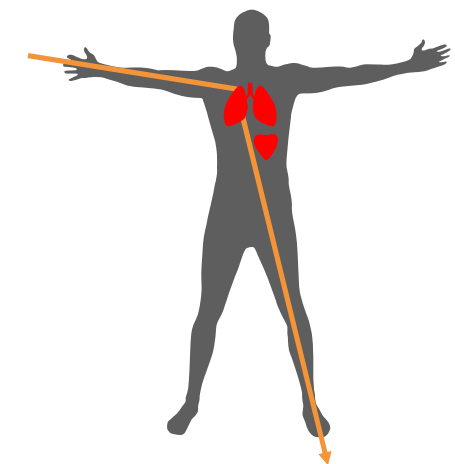
En la mayoría de los choques eléctricos la corriente tiene un punto de entrada y uno o varios de salida. Las mayores lesiones se producirán cuando la corriente circule en las siguientes direcciones:

- Contacto entre brazo y brazo.
- Contacto entre brazo y pierna contraria.
- Contacto entre brazo y pierna del mismo lado.
- Contacto entre brazo y cabeza.

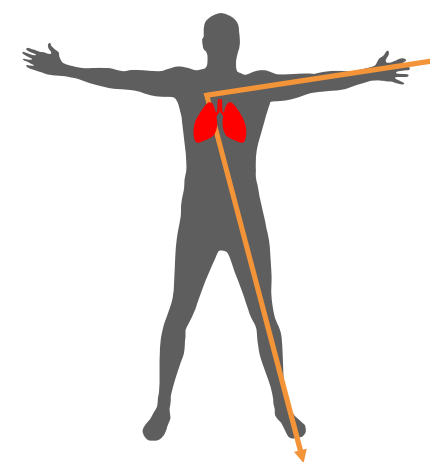
Si por el contrario, el trayecto de la corriente se sitúa entre dos puntos de un mismo miembro, las consecuencias del accidente eléctrico serán menores. En este caso el punto de entrada y de salida se hallarán muy próximos, el recorrido será breve y no dañará órganos vitales.



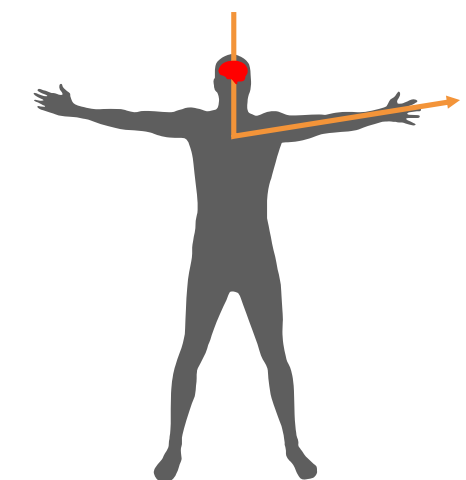
CONTACTO ENTRE BRAZO Y BRAZO



CONTACTO ENTRE BRAZO Y PIERNA CONTRARIA (el más peligroso)



CONTACTO ENTRE BRAZO Y PIERNA DEL MISMO LADO



CONTACTO ENTRE BRAZO Y CABEZA

2. EL TRABAJO CON RIESGO ELÉCTRICO (RD 614/2001)

El RD 614/2001, de 8 de junio, tiene por objeto la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, aplicándose a todos los lugares de trabajo donde exista este, ya sea derivado de las propias instalaciones y receptores eléctricos o de los trabajos que se realicen en ellas o sus proximidades.

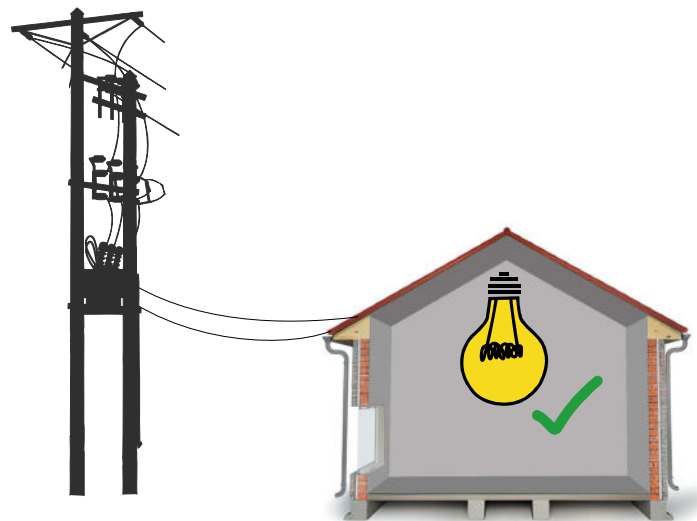
En cuanto a las instalaciones eléctricas, el Real Decreto se limita a establecer unas obligaciones de carácter general y a remitirse a la normativa legal específica aplicable (básicamente la reglamentación electrotécnica). Sin embargo, sí que define de forma extensa y concreta los “trabajos en las instalaciones eléctricas, o en sus proximidades” y regula con cierto detalle las técnicas y procedimientos para:

- Dejar una instalación sin tensión, antes de realizar un trabajo, y reponer la tensión, al finalizarlo.
- Trabajar en instalaciones en tensión.
- Realizar maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones eléctricas.
- Trabajar en proximidad de elementos en tensión.
- Trabajar en zonas con riesgo de incendio o explosión, o en los que pueda producirse una acumulación peligrosa de carga electrostática.

Las técnicas y procedimientos empleados para trabajar en instalaciones eléctricas, o en sus proximidades, se establecerán teniendo en consideración la evaluación de los riesgos que el trabajo pueda suponer, habida cuenta de las características de las instalaciones, del propio trabajo y del entorno en el que va a realizarse.

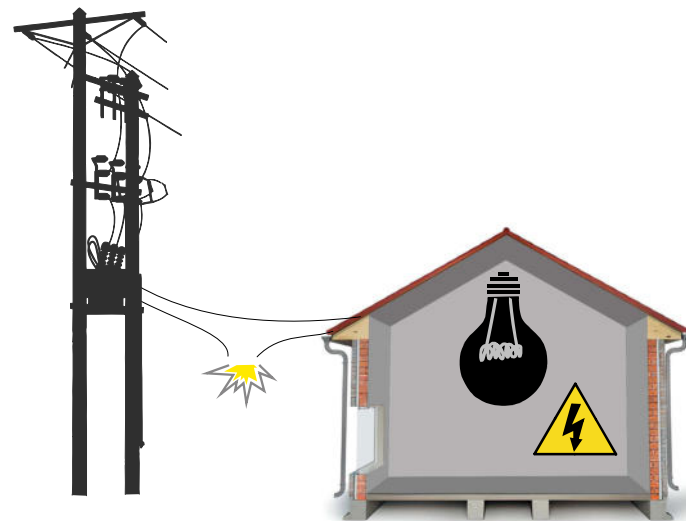
A efectos de comprender qué se considera una instalación segura a efectos de su manipulación, deberemos tener en cuenta que una instalación eléctrica puede encontrarse en tres estados o situaciones distintas:

INSTALACIÓN EN SERVICIO



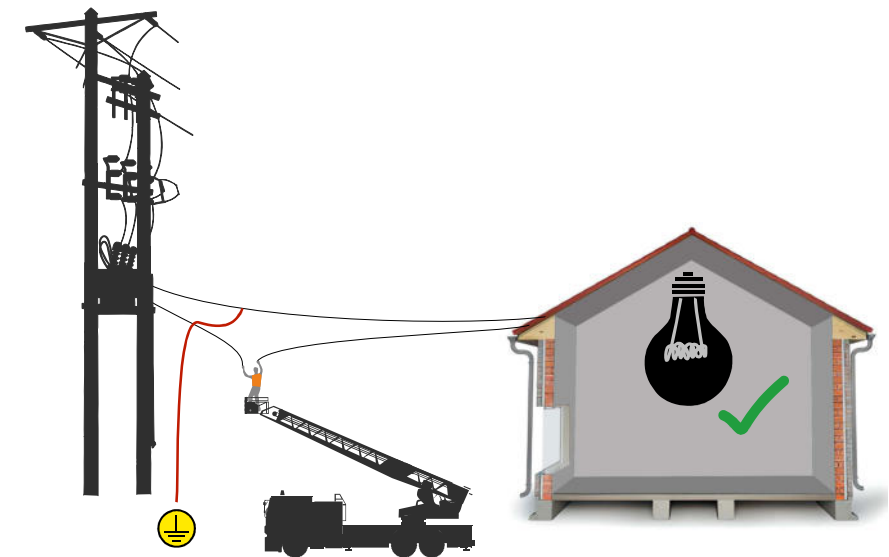
Instalación en servicio: Instalación eléctrica que se encuentra **en tensión** y está sometida a explotación.

INSTALACIÓN FUERA DE SERVICIO



Instalación fuera de servicio: Instalación eléctrica que se encuentra **sin tensión**, pero que es susceptible de recibir tensión en cualquier momento. A efectos de seguridad, la instalación fuera de servicio se considerará siempre con tensión según el RD 614/2001, de 8 de junio.

INSTALACIÓN DESENERGIZADA O EN DESCARGO



Instalación desenergizada o en descargo: Instalación eléctrica fuera de servicio, incluyendo medidas de seguridad tales **como puesta a tierra y en cortocircuito** que imposibilita recibir tensión de forma accidental. Se considera una instalación segura.

Nota: Las instalaciones de alta tensión siempre se pondrán a tierra y en cortocircuito, no obstante, en baja tensión solo será necesario dicho paso si la instalación en concreto es susceptible de ponerse accidentalmente en tensión durante el desarrollo de los trabajos.

2.1. TIPOS DE TRABAJADORES EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Los trabajadores, desde el punto de vista eléctrico, se dividen según sus conocimientos y exposición a los riesgos derivados de la electricidad. Antes de estudiar la clasificación de tipos de trabajadores es importante recordar dos artículos de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL):

- El artículo 18, referente a la información, consulta y participación de los trabajadores, establece la obligación del empresario de informar a los trabajadores de los riesgos existentes, de las medidas y actividades de prevención y protección aplicables a aquellos y de las medidas de emergencia.
- El artículo 19, referente a la formación de los trabajadores, dispone que el empresario garantizará que cada trabajador reciba formación en materia preventiva en el momento de su contratación, cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo.

En el caso del riesgo eléctrico, esta formación e información no solo atañe a los trabajadores que realizan operaciones en las instalaciones eléctricas, sino a todos aquellos trabajadores que, por su cercanía física a instalaciones en tensión o por trabajar en emplazamientos con riesgo de incendio o de explosión (máxime cuando exista la posibilidad de acumulación de electricidad estática), puedan estar expuestos a los riesgos que genera la electricidad.

Por lo tanto, atendiendo a su exposición al riesgo eléctrico y a sus exigencias formativas, distinguimos tres figuras distintas de trabajadores:

- Trabajadores usuarios de equipos y/o instalaciones eléctricas.
- Trabajadores cuya actividad, no eléctrica, se desarrolla en proximidad de instalaciones eléctricas con partes accesibles en tensión.
- Trabajadores cuyos cometidos sean instalar, reparar o mantener instalaciones eléctricas. Dentro de esta clase distinguiremos entre: trabajadores autorizados, trabajadores cualificados y jefes de trabajo.

USUARIOS O TRABAJADORES NO AUTORIZADOS

Utilizan las instalaciones eléctricas, realizan trabajos sin tensión y únicamente han recibido la formación básica regulada por el art. 19 de la LPRL ajustada a las prácticas concretas de su trabajo a desarrollar. Deben ser conocedores de las medidas de prevención que se deben adoptar para no invadir la zona de peligro y de las protecciones colectivas y los equipos de protección individual (EPI) que, en su caso, deban utilizarse.

TRABAJADOR CUALIFICADO

Trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años. Un “trabajador cualificado” debe ser siempre un “trabajador autorizado”. Esto significa que un trabajador no puede realizar un trabajo con riesgo eléctrico, aunque tenga conocimientos o formación en materia de instalaciones eléctricas, si no ha sido previamente autorizado para ello por el empresario.



TRABAJADOR AUTORIZADO

Trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con presencia de riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta según los procedimientos establecidos en el Real Decreto 614/2001. Un “trabajador autorizado” no es sólo un trabajador que ha recibido la formación e información a que hacen referencia los artículos 18 y 19 de la LPRL, sino que, además, debe haber sido específicamente autorizado por el empresario para realizar el tipo de trabajo con riesgo eléctrico que se trate.

Las operaciones y maniobras para dejar sin tensión una instalación, antes de iniciar el «trabajo sin tensión», y la reposición de la tensión, al finalizarlo, las realizarán trabajadores autorizados que, en el caso de instalaciones de alta tensión, deberán ser trabajadores cualificados.

JEFE DE TRABAJO

Persona designada por el empresario para asumir la responsabilidad efectiva de los trabajos. Realizará la tarea de dirección y vigilancia de los trabajos y deberá ser un trabajador **cualificado**.

TRABAJADOR EN PROXIMIDAD

Aquel trabajador que entra, o puede entrar, en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.

¿CUALQUIER TRABAJADOR PUEDE REALIZAR TRABAJOS CON RIESGO ELÉCTRICO?

NO. Estos trabajadores deberán ser autorizados por el empresario o estar cualificados dependiendo del tipo de instalación sobre la que va a actuar (baja o alta tensión), del tipo de trabajo a realizar (en tensión, sin tensión, en proximidad, en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión) o del tipo de operación a realizar en cada caso (supresión/reposición de la tensión, reposición de fusibles, mediciones ensayos y verificaciones, maniobras locales, etc).

2.2. TIPOS DE TRABAJOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En los anexos del RD 614/2001 se distingue 5 tipos de trabajos que se pueden realizar en las propias instalaciones eléctricas o en sus alrededores. Estos son:

- Trabajos sin tensión.
- Trabajos con tensión.
- Maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones.
- Trabajos en proximidad.
- Trabajos en emplazamientos con riesgo de incendio, explosión o electricidad estática.

2.2.1. TRABAJOS SIN TENSIÓN

Las operaciones y maniobras para dejar sin tensión una instalación, antes de iniciar el trabajo sin tensión, y la reposición de la tensión, al finalizarlo, las realizarán trabajadores autorizados que, en el caso de instalaciones de alta tensión, deberán ser trabajadores cualificados. Cuando se trate de instalaciones de AT, se recomienda que las operaciones para suprimir la tensión sean objeto de un procedimiento escrito. El responsable de llevar a cabo la supresión de la tensión dejará constancia por escrito de que se han concluido todas las etapas del proceso y la instalación (zona de trabajo) se encuentra apta para poder trabajar en ella sin tensión.

SUPRESIÓN DE LA TENSIÓN

Una vez identificados la zona y los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo, y salvo que existan razones esenciales para hacerlo de otra forma, se seguirá el proceso de supresión de la tensión desarrollado secuencialmente en cinco etapas conocidas como “Las Cinco Reglas de Oro”. Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión y se considerará en tensión la parte de la instalación afectada. Sin embargo, para establecer la señalización de seguridad indicada en la quinta etapa podrá considerarse que la instalación está sin tensión si se han completado las cuatro etapas anteriores y no pueden invadirse zonas de peligro de elementos próximos en tensión.



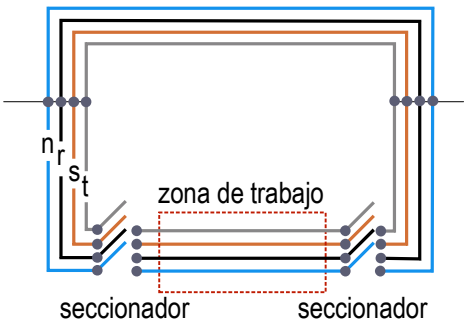
Diferentes dispositivos de medición de parámetros eléctricos como corriente, voltaje o resistencia

LAS CINCO REGLAS DE ORO

① DESCONEXIÓN (corte visible y eficaz)

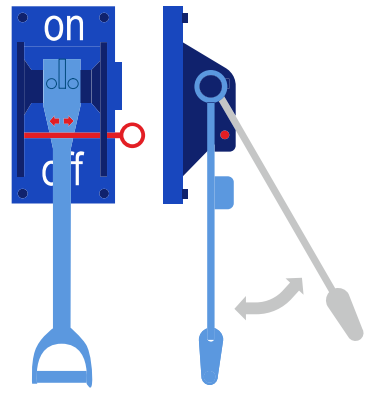
La parte de la instalación en la que se va a realizar el trabajo debe aislarse de todas las fuentes de alimentación. El aislamiento estará constituido por una distancia en aire o la interposición de un aislante, suficientes para garantizar eléctricamente dicho aislamiento. Los condensadores u otros elementos de la instalación que mantengan tensión después de la desconexión deberán descargarse mediante dispositivos adecuados.

Con el fin de aislar la parte de la instalación donde se va a realizar el trabajo sin tensión, deben ser abiertos todos los elementos de maniobra y protección, como interruptores, interruptores automáticos (disyuntores) y seccionadores, mediante los cuales dicha instalación se pueda conectar a las fuentes de alimentación conocidas. En instalaciones de BT, la desconexión del conductor neutro deberá ser la última en realizarse.



② ENCLAVAMIENTO O BLOQUEO DE LOS ELEMENTOS DE CORTE PARA PREVENIR CUALQUIER POSIBLE REALIMENTACIÓN

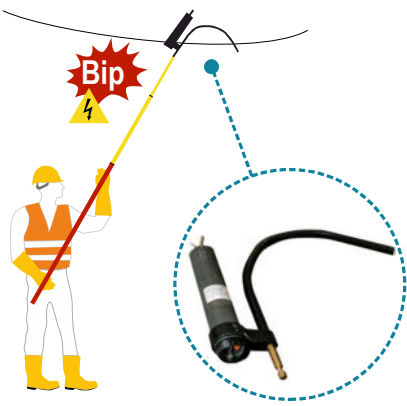
Los dispositivos de maniobra utilizados para desconectar la instalación deben asegurarse contra cualquier posible reconexión, preferentemente por **bloqueo del mecanismo de maniobra**, y deberá colocarse, cuando sea necesario, una señalización para prohibir la maniobra. En ausencia de bloqueo mecánico, se adoptarán medidas de protección equivalentes y cuando se utilicen dispositivos telemandados deberá impedirse la maniobra errónea de los mismos desde el telemando.



③ VERIFICAR LA AUSENCIA DE TENSIÓN

La ausencia de tensión deberá verificarse en todos los elementos activos de la instalación eléctrica en, o lo más cerca posible, de la zona de trabajo. En el caso de la AT, el correcto funcionamiento de los dispositivos de verificación de ausencia de tensión deberá comprobarse antes y después de dicha verificación.

La verificación de la ausencia de tensión debe hacerse en todos los conductores de la instalación, especialmente en cada una de las fases y en el conductor neutro, en caso de existir. También se recomienda verificar la ausencia de tensión en todas las masas accesibles susceptibles de quedar eventualmente en tensión. De esta forma se podrá garantizar que en la zona de trabajo no exista ningún elemento en tensión sin controlar.

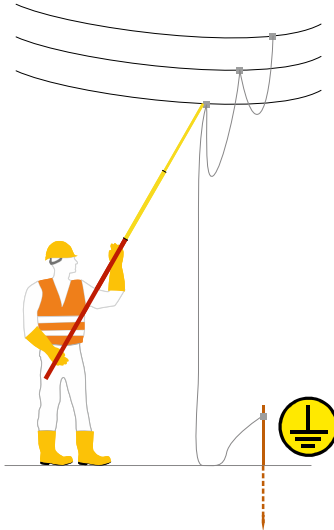


④ PONER A TIERRA Y EN CORTOCIRCUITO

Las partes de la instalación donde se vaya a trabajar deben ponerse a tierra y en cortocircuito:

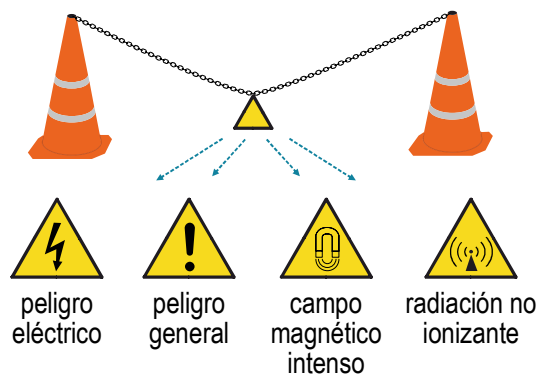
- a) En las instalaciones de AT.
- b) En las instalaciones de BT que, por inducción, o por otras razones, puedan ponerse accidentalmente en tensión.

Los equipos o dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito deben conectarse en primer lugar a la toma de tierra y a continuación a los elementos a poner a tierra, y deben ser visibles desde la zona de trabajo. Si esto último no fuera posible, las conexiones de puesta a tierra deben colocarse tan cerca de la zona de trabajo como se pueda. Los dispositivos telemandados utilizados para la puesta a tierra y en cortocircuito de una instalación serán de accionamiento seguro y su posición en el telemando estará claramente indicada.



⑤ DELIMITAR LA ZONA DE TRABAJO

Será necesario proteger al trabajador frente a los elementos próximos en tensión mediante barreras u obstáculos y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo. Si hay elementos de una instalación próximos a la zona de trabajo que tengan que permanecer en tensión, deberán adoptarse medidas de protección adicionales antes de iniciar el trabajo.



	BAJA TENSIÓN	ALTA TENSIÓN
1. DESCONEXIÓN VISIBLE Y EFICAZ	●	●
2. ENCLAVAMIENTO O BLOQUEO	●	●
3. VERIFICAR AUSENCIA DE TENSIÓN	●	●
4. PUESTA A TIERRA Y CORTOCIRCUITO	▲	●
5. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	▲	●

● Obligatoria ▲ Recomendable

REPOSICIÓN DE LA TENSIÓN

La reposición de la tensión sólo comenzará, una vez finalizado el trabajo, después de que se hayan retirado todos los trabajadores que no resulten indispensables y que se hayan recogido de la zona de trabajo las herramientas y equipos utilizados.

El proceso de reposición de la tensión comprenderá:

- 1. La retirada, si las hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización que indica los límites de la zona de trabajo.
- 2. La retirada, si la hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito.

- 3. El desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.
- 4. El cierre de los circuitos para reponer la tensión. Primero se conectará el neutro, si lo hubiera, y posteriormente las fases.

Desde el momento en que se suprima una de las medidas inicialmente adoptadas para realizar el trabajo sin tensión en condiciones de seguridad, se considerará en tensión la parte de la instalación afectada.

2.2.2. TRABAJOS EN TENSIÓN

El RD 614/2001 define el trabajo en tensión como aquel durante el cual un trabajador entra en contacto con elementos en tensión, o entra en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula. Las maniobras, las mediciones, los ensayos y las verificaciones no se considerarán trabajos en tensión.

Por lo general, todo trabajo en una instalación eléctrica, o en su proximidad, que conlleve un riesgo eléctrico deberá efectuarse sin tensión y en descargo, siguiendo las "Cinco reglas de oro". Sin embargo, existen situaciones o trabajos que por sus condiciones y características pueden o deben realizarse con la instalación en tensión, por ejemplo:

- Las **operaciones elementales**, como por ejemplo conectar y desconectar instalaciones de baja tensión con material eléctrico concebido para su utilización inmediata y sin riesgos por parte del público en general. En cualquier caso, estas operaciones deberán realizarse por el procedimiento normal previsto por el fabricante y previa verificación del buen estado del material manipulado.
- Los trabajos en instalaciones con **tensiones de seguridad**, siempre que no exista posibilidad de confusión en la identificación de las mismas y que las intensidades de un posible cortocircuito no supongan riesgos de quemadura.
- Los trabajos en, o en proximidad de instalaciones cuyas condiciones de explotación o de **continuidad del suministro** así lo requieran.

Los trabajos en tensión deberán ser realizados por trabajadores **cualificados**, siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayado sin tensión. El trabajo se efectuará bajo la dirección y vigilancia de un **jefe de trabajo**, que será el trabajador cualificado que asume la responsabilidad directa del mismo.

Por otra parte, casos singulares son los trabajos en tensión realizados en AT. En este caso se exige, en general que, para realizar un trabajo, los trabajadores cualificados deberán ser autorizados por escrito por el empresario tras comprobar su capacidad para hacerlo de una forma correcta. El trabajo se realizará de acuerdo a un procedimiento establecido que deberá definirse por escrito e incluir la secuencia de las operaciones a realizar.

Los ingenieros que desconectan las redes telemáticamente también son considerados personal cualificado ya que actúan en AT.

Antes de iniciar un trabajo en tensión se establecerán las zonas de peligro y de proximidad de acuerdo a los valores de tensión de la fuente de peligro y se tomarán las medidas de seguridad necesarias.



2.2.3. MANIOBRAS, MEDICIONES, ENSAYOS Y VERIFICACIONES

Tras los trabajos sin tensión y en tensión, el RD define los siguientes trabajos o actividades realizados sobre las instalaciones eléctricas:

- **Maniobra:** intervención concebida para cambiar el estado eléctrico de una instalación eléctrica no implicando el montaje ni desmontaje de elemento alguno.
- **Mediciones, ensayos y verificaciones:** actividades concebidas para comprobar el cumplimiento de las especificaciones o condiciones técnicas y de seguridad necesarias para el adecuado funcionamiento de una instalación eléctrica, incluyéndose las dirigidas a comprobar su estado eléctrico, mecánico o térmico, eficacia de protecciones, circuitos de seguridad o maniobra, etc.

Las maniobras locales y las mediciones, ensayos y verificaciones sólo podrán ser realizadas por trabajadores **autorizados**. En el caso de las mediciones, ensayos y verificaciones en instalaciones de AT, deberán ser trabajadores **cualificados**, pudiendo ser auxiliados por trabajadores autorizados, bajo su supervisión y control.

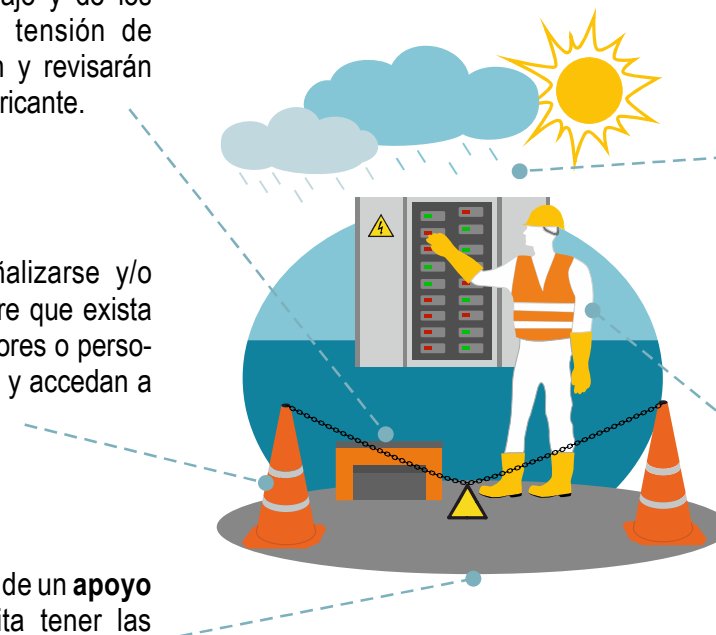
De igual manera que en los trabajos en tensión, es necesario establecer un procedimiento de trabajo con una secuencia de operaciones a realizar por los trabajadores involucrados.

Tanto para los trabajos en tensión como para las maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones, se deberán respetar las siguientes condiciones de buena praxis enfocadas a minimizar los riesgos de choque eléctrico:

Los equipos y materiales para la realización de trabajos en tensión se elegirán teniendo en cuenta las características del trabajo y de los trabajadores y, en particular, la tensión de servicio. Se utilizarán, mantendrán y revisarán siguiendo las instrucciones de su fabricante.

La zona de trabajo deberá señalizarse y/o delimitarse adecuadamente, siempre que exista la posibilidad de que otros trabajadores o personas ajenas penetren en dicha zona y accedan a elementos en tensión.

Los trabajadores deberán disponer de un **apoyo sólido y estable**, que les permita tener las manos libres, y de una **iluminación** que les permita realizar su trabajo en condiciones de visibilidad adecuadas.



Las medidas preventivas para la realización de trabajos al aire libre deberán tener en cuenta las posibles **condiciones ambientales** desfavorables, de forma que el trabajador quede protegido en todo momento; los trabajos se prohibirán o suspenderán en caso de tormenta, lluvia o viento fuertes, nevadas, o cualquier otra condición ambiental desfavorable que dificulte la visibilidad, o la manipulación de las herramientas. Los trabajos en instalaciones interiores directamente conectadas a líneas aéreas eléctricas deberán interrumpirse en caso de tormenta.

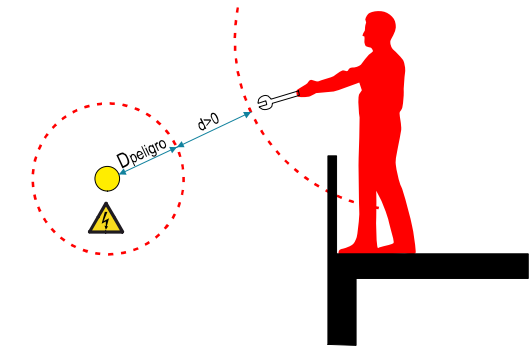
Los trabajadores **no** llevarán **objetos conductores**, tales como pulseras, relojes, cadenas o cierres de cremallera metálicos que puedan contactar accidentalmente con elementos en tensión.

2.2.4. TRABAJOS EN PROXIMIDAD

Se define como trabajo en proximidad aquel durante el cual el trabajador realiza sus labores en las inmediaciones de la zona de peligro sin entrar en ella. El trabajador permanece o puede atravesar la zona de proximidad bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.

En todo trabajo en proximidad de elementos en tensión, el trabajador deberá permanecer fuera de la zona de peligro y lo más alejado de ella que el trabajo permita.

Antes de iniciar un trabajo en proximidad un trabajador autorizado (o cualificado si se trata de AT), debe analizar la viabilidad y adoptar las medidas de seguridad necesarias para reducir al mínimo el riesgo. Se deberá delimitar adecuadamente las zonas de peligro y de proximidad de acuerdo a los valores de tensión de la fuente de peligro.



TRABAJOS CON MÁQUINAS Y VEHÍCULOS EN PROXIMIDAD DE LÍNEAS AÉREAS

Para la prevención del riesgo eléctrico en actividades en las que se producen o pueden producir movimientos o desplazamientos de equipos o materiales en la cercanía de líneas aéreas, subterráneas u otras instalaciones eléctricas (como ocurre a menudo en obras de edificación, las obras públicas o en determinados trabajos agrícolas o forestales) deberán tenerse en cuenta los siguientes factores:

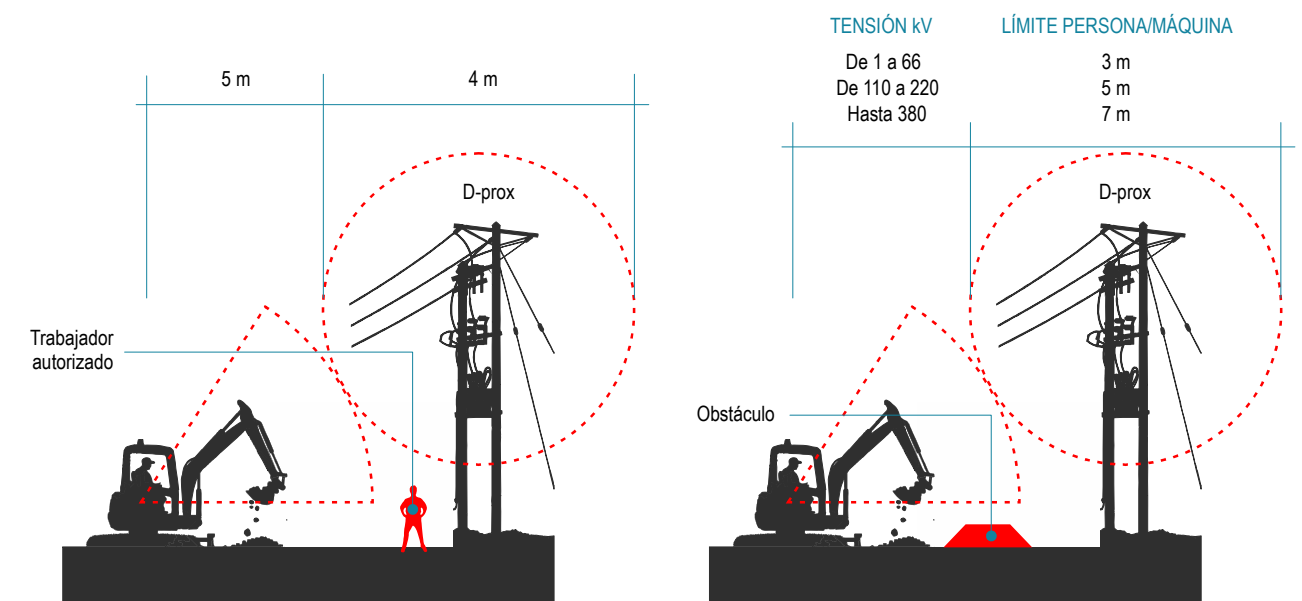
Antes del comienzo de la actividad se identificarán las posibles líneas aéreas, subterráneas u otras instalaciones eléctricas existentes en la zona de trabajo, o en sus cercanías. A su vez, se deberán tomar las medidas preventivas necesarias para evitar dañar el aislamiento de líneas aéreas, subterráneas o de cualquier otro elemento en tensión.

A efectos de la determinación de las zonas de peligro y proximidad, y de la consiguiente delimitación de la zona de trabajo y vías de circulación, deberán tenerse especialmente en cuenta:

- Los elementos en tensión sin proteger que se encuentren más próximos en cada caso o circunstancia.
- Los movimientos o desplazamientos previsibles (transporte, elevación y cualquier otro tipo de movimiento) de equipos o materiales.

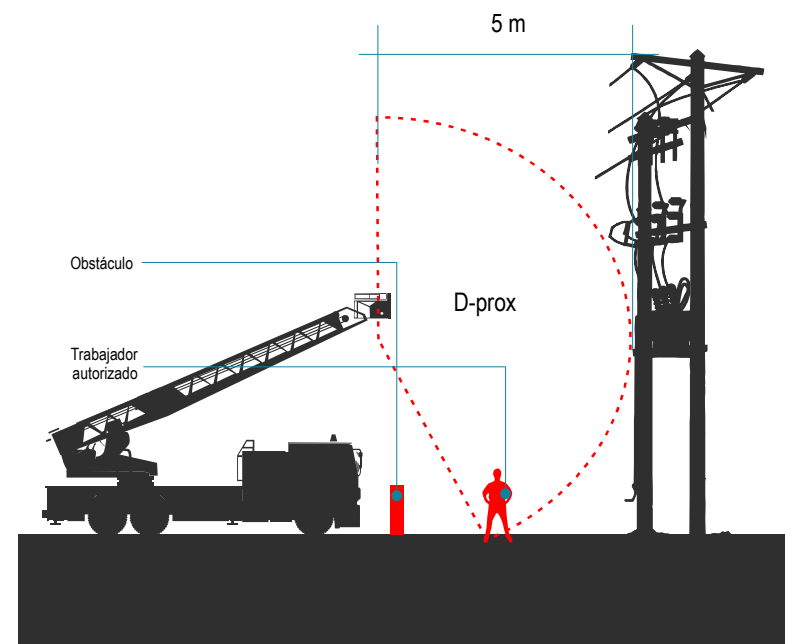
Se deberán limitar o restringir los movimientos y/o desplazamientos de las máquinas, de manera que no invadan las zonas de peligro en las situaciones más desfavorables (máximas elevaciones o desplazamientos de las partes móviles), teniendo en cuenta también las máximas oscilaciones de los cables y cargas suspendidas.

Es esencial considerar la presencia de un trabajador autorizado que vigile las operaciones críticas con el fin de anticipar las situaciones de riesgo y advertir de ello al operador que realiza la maniobra.



Para el correcto emplazamiento de vehículos, se deben tener en cuenta, entre otros requisitos recogidos en la legislación, el de que, en ningún momento cualquier parte del vehículo así como las cargas suspendidas del mismo puedan entrar en contacto con líneas aéreas eléctricas.

Si estas líneas eléctricas son de AT, tiene que existir, entre estas líneas y el vehículo un espacio de seguridad de 5 m, como mínimo, medidos en su proyección horizontal.



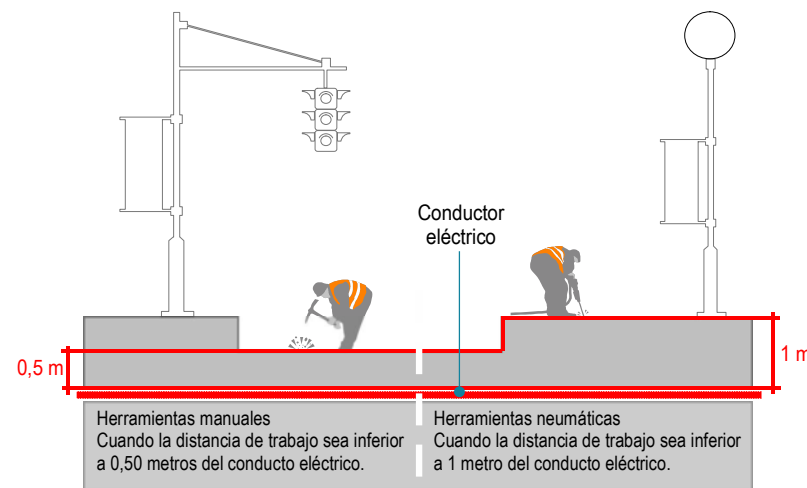
CONCLUSIONES

- Reconocer la zona antes del inicio de los trabajos detectando la presencia de líneas aéreas próximas.
- Extremar la vigilancia para evitar aproximarse a las instalaciones eléctricas.
- Evitar que elementos extremos del vehículo, u otros equipos, se aproximen a menos de la distancia reglamentaria.
- Atención al manejo de escalas, herramientas y elementos metálicos, considerar el chorro de agua como elemento conductor.
- Si no es posible garantizar la distancia, ni colocar obstáculos que impidan la proximidad a las líneas a distancias inferiores, se contactará con la empresa suministradora.

TRABAJOS EN PROXIMIDAD DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

De igual manera que con las redes aéreas, para prevenir el riesgo de accidente eléctrico durante los trabajos realizados con máquinas excavadoras, martillos neumáticos u otros equipos, en zonas donde pudieran existir cables subterráneos, es preciso identificar la existencia y trazado de los mismos (por ejemplo, consultando los archivos municipales o solicitando información a la compañía eléctrica distribuidora).

Cuando la finalidad de los trabajos sea dejar al descubierto el propio cable subterráneo, se recomienda suprimir la tensión antes de iniciar la excavación. Con máquinas excavadoras no es aconsejable llegar a menos de un metro del cable y con martillos neumáticos hasta 0,5 metros, concluyendo los últimos centímetros con el auxilio de herramientas manuales, para reducir el riesgo de perforar el cable.



En trabajos de excavación o apertura de zanjas realizados en la proximidad de cables eléctricos, deberán tomarse las siguientes precauciones:

- Tener presente que bajo el suelo pueden discurrir cables conductores de energía eléctrica (así como otros servicios como, gas, agua, comunicaciones...). El encargado de los trabajos o representante del contratista se deberá poner en contacto con la empresa propietaria para asegurarse del trazado y las características de las canalizaciones eléctricas.
- Una vez localizada la red se han de balizar y señalar adecuadamente el replanteo de las zanjas y a la hora de ejecutarlas deberá haber una vigilancia constante por parte de una persona debidamente cualificada.
- No se debe modificar la posición de ningún cable sin autorización de la empresa propietaria. Si fuese necesario, se deberá llevar a cabo por el propio personal de compañía.
- Nunca debe emplearse ningún cable que haya quedado al descubierto como peldaño o acceso a la excavación.
- No se debe utilizar ningún elemento de excavación mecánica a menos de haberse cerciorado de que no existen cables enterrados en la zona de trabajo.
- En el caso de dañarse un cable accidentalmente debe señalarse el punto de la avería, mantener alejadas a las personas y avisar inmediatamente a la empresa suministradora del servicio eléctrico.

2.2.5. TRABAJOS EN EMPLAZAMIENTOS CON RIESGO DE INCENDIO, EXPLOSIÓN O ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La instalación eléctrica y los equipos deberán ser conformes con las prescripciones particulares para las instalaciones de locales con riesgo de incendio o explosión indicadas en la reglamentación electrotécnica.

TRABAJOS EN EMPLAZAMIENTOS CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN

Los trabajos con riesgo de incendio se llevarán a cabo por trabajadores autorizados, sin embargo si han de realizarse en una atmósfera explosiva, deberán realizarse por trabajadores cualificados siguiendo un procedimiento previamente estudiado.

Este procedimiento incluirá una serie de medidas preventivas entre las que están la limitación, en la medida de lo posible, de la presencia de sustancias inflamables en la zona de trabajo. También se evitará la aparición de focos de ignición, en particular, encaso de que exista o pueda formarse una atmósfera explosiva. En tal caso queda prohibida la realización de trabajos u operaciones (cambio de lámparas, fusibles, etc.) en tensión, salvo si se efectúan en instalaciones y con equipos concebidos para operar en esas condiciones, que cumplan la normativa específica aplicable.

Antes de realizar el trabajo, se verificará la disponibilidad y buen estado de los medios y equipos de extinción, a la vez que su adecuación al tipo de fuego previsible. En caso de incendio se deberá desconectar las partes de la instalación que puedan verse afectadas (salvo que sea necesario dejarlas en tensión para actuar contra el incendio, o que la desconexión conlleve peligros potencialmente más graves que los que pueden derivarse del propio incendio).



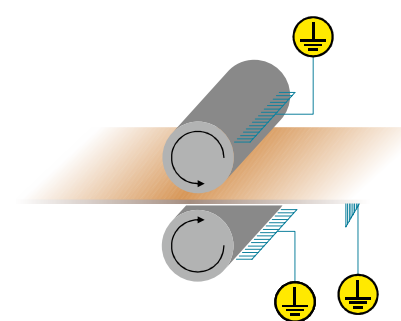
Señal de panel específica para emplazamientos con riesgo de incendio o explosión

TRABAJOS CON RIESGO DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA

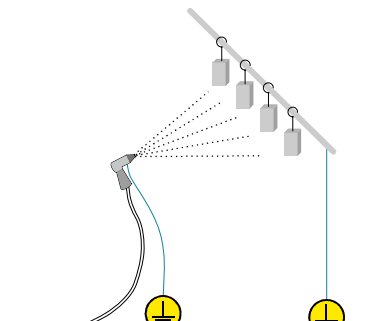
En todo lugar o proceso donde pueda producirse una acumulación de cargas electrostáticas deberán tomarse las medidas preventivas necesarias para evitar las descargas peligrosas y particularmente, la producción de chispas en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión.

Para evitar la acumulación de cargas electrostáticas podrán tomarse alguna de las siguientes medidas, o combinación de las mismas, según las posibilidades y circunstancias específicas de cada caso:

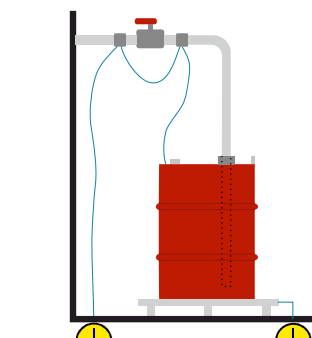
- Eliminación o reducción de los procesos de fricción.
- Evitar, en lo posible, los procesos que produzcan pulverización, aspersión o caída libre.
- Utilización de materiales antiestáticos (poleas, moquetas, calzado, etc.) o aumento de su conductividad (por incremento de la humedad relativa, uso de aditivos o cualquier otro medio).
- Conexión a tierra, y entre sí cuando sea necesario de los materiales susceptibles de adquirir carga, en especial, de los conductores o elementos metálicos aislados.
- Utilización de dispositivos específicos para la eliminación de cargas electrostáticas a la vez que equipos de protección individual antiestático por parte de los trabajadores.



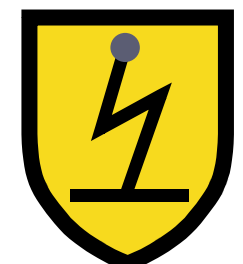
Eliminación de la electricidad estática entre los rodillos y la banda continua de papel.



Conexión potencial en proceso de pintura mediante pistola pulverizadora.



Conexión equipotencial en proceso de trasvase de líquidos inflamables.



Pictograma de equipo de protección individual antiestático.

3. INTERVENCIONES DE BOMBEROS BAJO PRESENCIA DE RIESGO ELÉCTRICO

3.1. INTRODUCCIÓN

Después de analizar los conceptos legislativos que regulan el riesgo eléctrico, los riesgos, los tipos de trabajadores que existen en este ámbito y la forma correcta de trabajar en la calle, en esta parte del tema abordaremos el trabajo del bombero en las intervenciones con presencia de riesgo eléctrico.

3.2. BOMBEROS, TRABAJADORES AUTORIZADOS NO CUALIFICADOS

Debemos tener muy claro que como bomberos no somos técnicos en instalaciones eléctricas, esto significa que tenemos un límite marcado por el RD que no debemos sobrepasar, ya que en caso contrario estaríamos actuando fuera de la ley. A día de hoy no existe normativa que regule la figura del bombero como trabajador en el ámbito de la electricidad, por lo que nuestra situación es cambiante dependiendo de la intervención a la que nos enfrentemos.

Aunque no existe ningún documento en el que se nos dé una autorización expresa, debido a nuestra condición de servicio de emergencia en ocasiones se nos otorgará la condición puntual de autorizado debido a nuestra formación y a nuestro deber de salvaguardar la seguridad de los bienes y las personas. Es decir, en el ejercicio de nuestras funciones se nos considerará personal autorizado y se nos habilitará para realizar trabajos sin tensión o bajo la supervisión de un trabajador cualificado (personal de compañía).

A pesar de esto, en ciertas situaciones y en el ejercicio de nuestras funciones como cuerpo de emergencia, tras haber valorado los riesgos de la escena, realizaremos trabajos o maniobras reservados únicamente al personal cualificado (trabajos en AT y en BT con tensión). Por ejemplo, una intervención de rescate en un CT donde la víctima se encontrase caída cerca del trafo en servicio se trataría de un trabajo en proximidad de AT reservado a trabajadores cualificados. En este caso por nuestra condición de bombero, en base a nuestra capacitación y tras valorar los riesgos, se considera concedida una autorización a los intervinientes para realizar los trabajos cualificados necesarios con motivo de la intervención.

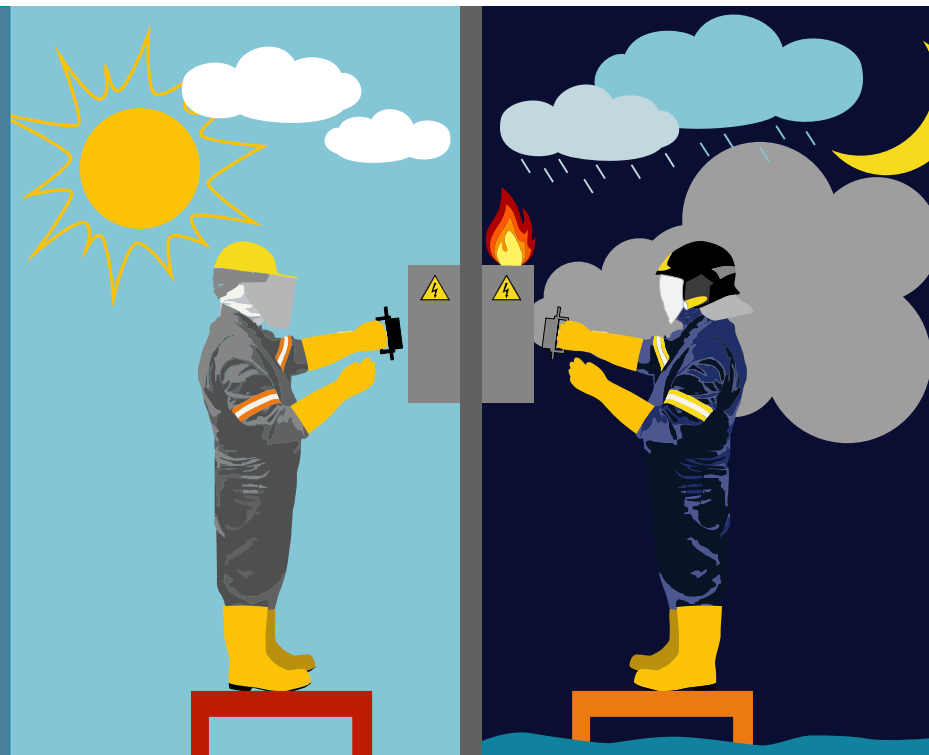
A la hora de afrontar una intervención con presencia de electricidad debemos ser conscientes de dos factores importantes. Por una lado debemos entender la instalación eléctrica a la que nos enfrentamos, saber qué es, qué elementos tiene y por dónde recibe su alimentación eléctrica y por el otro lado debemos conocer nuestras limitaciones como dotación de bomberos. Es vital saber hasta dónde llegan nuestros conocimientos y nuestra formación. Debemos seguir siempre una estrategia defensiva frente al riesgo eléctrico y estar familiarizados con nuestras herramientas, materiales y sus rangos de utilización para no exponernos por desconocimiento a unos valores frente a los que nuestros EPIS no nos protegen.

Actualmente no existe un protocolo de riesgo eléctrico en el Cuerpo de Bomberos y los protocolos de actuación existente están diseñados por las compañías eléctricas para sus operarios. Nosotros vamos a solucionar una emergencia, no vamos a solucionar una avería eléctrica por lo que debemos tener unas nociones básicas sobre estos protocolos de compañía extrayendo únicamente lo que nos sea útil para poder trabajar con seguridad dentro de las condiciones que nos encontremos.

TÉCNICO TRABAJANDO EN CONDICIONES NORMALES

Un instalador cuando tiene que desconectar una CGP lo hace en condiciones normales de visibilidad y seguridad como parte de su trabajo cotidiano.

A través de la compañía o distribuidora eléctrica va a poner un aviso en el portal del tiempo en el que esa edificación va a estar sin suministro eléctrico. Va a cumplir todas las medidas de seguridad y protección. Llevará unos EPIs ergonómicos adecuados para el rango de tensión y para el tipo de trabajo a desempeñar. Seguirá unos pasos dentro del protocolo de su compañía que practicará frecuentemente. Desconectará la CGP y procederá a su reparación, sustitución, mantenimiento o maniobra que corresponda.



BOMBERO TRABAJANDO EN CONDICIONES ADVERSAS

Por otro lado, los bomberos deberemos actuar en unas condiciones adversas que supongan riesgos adicionales. Nos encontraríamos la misma CGP inundada de humo en la que hay que retirar los fusibles sin poder tener acceso al cuarto de contadores que está en llamas. Llevamos autónomo, verduguillo, cámara térmica para ver dónde están los fusibles, guantes, los EPIs del maletín de emergencias eléctricas... no es una situación cómoda para trabajar. Este es el lado que no regulan las compañías y es tan difícil protocolarizar.

Por tanto, hay que distinguir la interrupción del suministro eléctrico que nos ocupa en el caso de intervenciones de servicios de emergencia de las actuaciones llevadas a cabo por personal de las compañías en sus propias instalaciones.

3.3. NUESTRO EQUIPO

Dentro de nuestros vehículos contamos con materiales, herramientas y accesorios útiles y necesarios para afrontar con seguridad ciertas intervenciones con presencia eléctrica. Antes de realizar cualquier manipulación de instalaciones eléctricas es importante conocer este material y sus limitaciones.

Nuestros materiales se pueden clasificar como material de intervención general (el caso de los extintores o caja de herramientas) o como material específico para trabajos eléctricos, recogido dentro del maletín de emergencia eléctrica.

Para realizar cualquier medida, verificación o maniobra eléctrica en instalaciones que puedan estar sometidas a tensión eléctrica habrá que utilizar los EPIs correspondientes tales como guantes aislantes de la electricidad, guantes ignífugos y de protección mecánica, ropa ignífuga, casco con pantalla facial y botas de seguridad. También será necesario emplear alfombrillas aislantes o banquetas, así como los equipos de medida calibrados y adecuados a los niveles de tensión.

Debemos cuidarnos de llevar mosquetones, relojes, móviles o cualquier otro aparatos metálicos o conductores colgando en nuestros equipos cuando vayamos a trabajar en intervenciones con presencia eléctrica ya que podríamos ser susceptibles de un alcance por arco eléctrico.

3.3.1. PROTECCIONES INDIVIDUALES

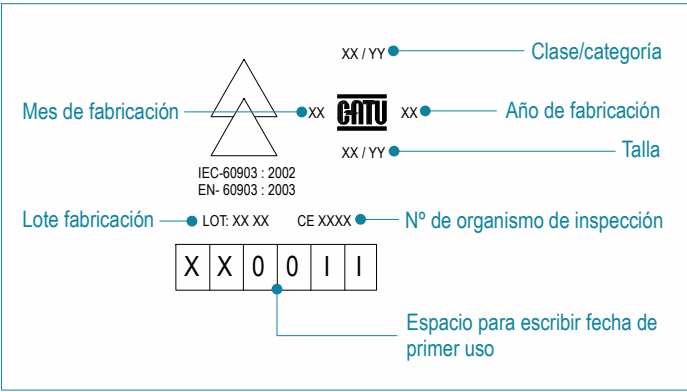
Los equipos de protección individual tienen por objetivo garantizar la seguridad individual de las personas que intervienen en la instalación o en sus alrededores cuando estos presenten un riesgo eléctrico. Antes de proceder a cualquier intervención, es obligatorio equiparse con material que esté conforme a las normas vigentes, se mantenga en perfecto estado y sea adecuado al tipo de operación y al nivel de tensión de la instalación.

Verificación de los EPI:

- Cada EPI debe estar verificado, al menos visualmente, antes y después de cada uso. Además de la comprobación diaria en el parque.
- Aparte de la revisión diaria, todo nuestro equipo se revisa por el fabricante de forma anual. Una excepción son los guantes que se revisan cada 6 meses. En los equipos viene marcada la fecha de la última revisión por lo que deberemos tener esto en cuenta para mandar a revisar el material cuando corresponda.
- En caso de duda el equipo tiene que ser inmediatamente retirado y reemplazado.

Se recomienda precaución al utilizar material que no es el nuestro. En algunos CT, sobretodo en los privados, nos encontramos herramientas de la compañía o del propietario del CT. Este material, como en el caso de los detectores de tensión, puede ser exclusivo de AT y nos puede dar un falso negativo en BT. Por lo tanto siempre que vayamos a hacer cualquier trabajo tanto en Baja como en Alta Tensión utilizaremos nuestros maletines, ya que es el único material que nos asegura ciertas medidas de seguridad.

Lectura de marcado



CLASE	TENSIÓN ALTERNA (V)	TENSIÓN CONTINUA (V)
00	500	750
0	1.000	1.500
1	7.500	11.250
2	17.000	25.500
3	26.500	39.750
4	36.000	54.000

3.3.2. MALETÍN DE EMERGENCIA ELÉCTRICA

Los maletines de emergencia eléctrica son un conjunto de equipos de protección individual y herramientas que nos protegen frente el riesgo eléctrico. Aunque se puedan usar en BT, estos maletines están diseñados para realizar trabajos de emergencia en AT. En el reconocimiento de la escena es importante identificar los valores de tensión a los que nos enfrentamos puesto que son determinantes para saber si nuestro material va a ser capaz de protegernos o no.

Cada uno de los componentes del maletín puede tener diferentes tensiones de aislamiento. Aunque individualmente estos elementos tengan más resistencia, el fabricante tras sus ensayos únicamente nos asegura el aislamiento hasta el valor de tensión marcado en la parte exterior de la banqueta.

Los maletines que tenemos actualmente en el servicio tienen dos valores distintos de tensión máxima de aislamiento: de 25.000 V y de 36.000 V. También conviene saber que a día de hoy conviven los maletines de dos marcas comerciales que son CATU y SIBILLE SAFE con sus similitudes y diferencias.



Maletín CATU



Maletín SIBILLE

MALETÍN CATU:

BANQUETA AISLANTE

Plataforma de material aislante moldeada. Se deberá usar siempre desmontada y en contacto con el suelo y en ningún caso montada como tapa de la caja.
Tensión máxima de aislamiento de 25 kV.

GANCHO DE MANIOBRA:

Están hechos de bronce cupro-aluminio niquelado. Se utilizan para manipular equipos de tensión a distancia, desconexión de fusibles y de seccionadores o retirada de cables.

GANCHO DE SALVAMENTO:

Se trata de un gancho metálico utilizado para movimiento de cables o para retirar a una posible víctima de la zona de peligro en operaciones de rescate con presencia eléctrica.

DETECTOR DE TENSIÓN:

Es un discriminador de tensión que permite verificar la ausencia de tensión en CA desde los 127 V hasta los 90 kV. El detector emitirá un indicador acústico y luminoso que nos avisará cuando exista presencia de tensión.

La comprobación de tensión se efectúa a través del terminal metálico, el cual detecta inducción magnética. Por esta razón si medimos en BT podremos medir tanto en cables desnudos como en cables aislados, sin embargo, debido a las características de aislamiento de los cables de AT (sus camisas protectoras evitan la detección de la inducción magnética) deberemos medir siempre en puntos desnudos para evitar falsos negativos.

Por esta misma razón, el aparato únicamente funcionará en instalaciones que trabajen con corriente alterna y no con corriente continua (como son las instalaciones de metro o renfe).

GUANTES:

Guantes de látex para AT, permiten el aislamiento dieléctrico de las manos hasta una tensión máxima de uso de 26.500 o 36.000 V según el modelo de maleta.

Son un material pensado para trabajos en AT por lo que pueden llegar a ser ligeramente aparatosos en maniobras que precisen de tacto. Debajo de ellos se deben utilizar con los guantes finos de trabajo.

No tienen resistencia mecánica por lo que se recomienda mantener las precauciones correspondientes en los trabajos en que haya riesgo de punzonamiento o corte.

FRASCO DE TALCO PARA GUANTES AISLANTES:

Bote de polvo de talco para eliminar la humedad de los guantes aislantes tras su uso.

CINTA ADHESIVA DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN:

Cinta adhesiva de color negra y amarilla, de 100 metros de longitud y 50 milímetros de ancho para efectuar el acordonamiento de la zona.

BOTAS AISLANTES:

Botas con aislamiento eléctrico y protección contra las tensiones de paso, sin presencia de elementos metálicos.
Tensión máxima de uso de 20 kV y de tensión de paso de 1000V en AC

MANETA DE EXTRACCIÓN DE FUSIBLES:

Maneta extractora de fusibles adecuada para la extracción e inserción de fusibles de tipo cuchilla. Deben venir con la manga protectora de cuero y se deberán usar con los guantes dieléctricos.

Están diseñadas para tensiones máximas de hasta 1000 V.

CIZALLA AISLANTE:

La cizalla aislante es una herramienta pensada para corte de cables eléctricos. Corta cables con diámetro de 26 mm, tiene una apertura de 30 mm y una longitud total de 630 mm.

Aunque soporta tensiones de hasta 25.000 V no es práctica para su uso hasta esos valores por dos motivos. El primero es que al tener un tamaño tan reducido no se guarda la distancia de seguridad obligatoria para los valores para los que supuestamente está preparada. Pero sobretodo, y más importante, es que normalmente las secciones de los cables que llevan esas tensiones son mucho más grandes que el orificio que dejan las cuchillas en su mayor apertura. Por lo que nosotros la utilizaremos principalmente para el corte puntual de redes de BT trenzadas.

Dicho esto nosotros prácticamente nunca deberemos cortar un cable. Si no tiene tensión y no tiene peligro no se deberá cortar, como mucho se pondrá fuera del alcance y llamaremos a compañía. Y si tiene tensión, y por lo tanto carga, menos todavía ya que nos exponemos a un riesgo eléctrico considerable y deberemos buscar un dispositivo de corte de corriente.

COMPROBADOR DE TENSIÓN:

Comprobador de tensión para BT en corriente alterna y corriente continua.

Nos indicará la presencia de tensión con una alarma acústica y nos indicará el valor de la misma por medio de un testigo luminoso rojo.

Tiene un botón para discriminar si vamos a medir continuidad o vamos a medir tensión. La comprobación diaria se basará en asegurarnos de que tiene pilas midiendo continuidad entre ambos polos.

La máxima tensión que podremos medir será de 600 V.

PÉRTIGA AISLANTE TELESCÓPICA:

Pértiga extensible para redes aéreas e instalaciones eléctricas colgadas.

Fabricada en elementos de tubo hueco de material compuesto (resina epóxica y fibra de vidrio), que se deslizan unos sobre otros con un sistema de botones para bloquear la posición.

En la revisión diaria deberemos asegurarnos de que la pértiga mantenga su tapón en la parte inferior y de que los elementos de bloqueo funcionan correctamente.

Tensión máxima de uso: 45 kV.

MALETÍN DE EMERGENCIA SIBILLE SAFE

Se trata del maletín de nueva incorporación en los vehículos del Servicio. También tiene dos modelos de maletín, uno de 25.000V y otro de 36.000V. El material que contiene es el mismo que en el modelo de CATU pero cuenta con pequeñas diferencias:

LA MALETA

Cuenta con ruedas y empuñadura extensible para facilitar el acceso a la zona de intervención. Sus dimensiones son más reducidas que las del CATU.

DETECTOR DE CORRIENTE

Este modelo se deberá usar únicamente en una parte desnuda de la instalación. El modelo de CATU crea un campo magnético para detectar si hay corriente, es indiferente que el cable tenga consumo. Sin embargo en el maletín de Sibille Safe si necesita que exista un consumo en el cable y que la medición se realice en un punto desnudo.

Una ventaja frente al modelo de CATU es que es orientable, no se mantiene fijo siguiendo el eje de la pértiga, por lo que podemos acceder a puntos que el otro no nos permitía.



CUBRE CALZADO AISLANTE:

Este cubrecalzado se lleva sobre las botas de seguridad protegiendo a los usuarios contra los riesgos de la circulación de corriente de los pies a tierra o de una tensión de paso. Se trata de un EPI de clase 0 que protege frente a una tensión de 1KV AC.



CIZALLA

Más corta y más ligera.

PÉRTIGA TELESCÓPICA

Más corta pero menos endeble.

USO DE LOS MALETINES DE EMERGENCIA ELÉCTRICA

Las medidas preventivas para la realización de trabajos al aire libre deberán tener en cuenta las posibles condiciones ambientales desfavorables, de forma que el trabajador quede protegido en todo momento. Los trabajos se prohibirán o suspenderán en caso de tormenta, lluvia, vientos fuertes, nevadas o cualquier otra condición ambiental desfavorable que dificulte la visibilidad o la manipulación de las herramientas. Los trabajos en instalaciones interiores directamente conectadas a líneas aéreas eléctricas deberán interrumpirse en caso de tormenta, se evitará pisar sobre suelo húmedo o superficies conductoras de electricidad y no se manipularán las instalaciones o aparatos con manos mojadas.

Los trabajos que comporten riesgo eléctrico como maniobras o mediciones en elementos bajo tensión se realizarán con la ropa y los equipos de protección adecuados exigibles en cada situación (casco de seguridad, protección de la vista, calzado y guantes aislantes). Nosotros deberemos actuar siempre equipados y considerando la instalación bajo tensión.

Por protocolo, siempre que vayamos a medir deberemos seguir la siguiente secuencia:

1. Señalizar para evitar que nadie entre en una zona de peligro.
2. Equiparnos con guantes, botas y protección ocular.
3. Colocar la banqueta en la posición más beneficiosa para el trabajo a realizar
4. Desplegar totalmente la pértiga y verificar que el comprobador de tensión funciona correctamente (botón de test).
5. Subirse a la banqueta con la pértiga apuntando al suelo para evitar arco eléctrico.
6. Adoptar y mantener una posición firme y estable para realizar las mediciones.
7. Medir ausencia de tensión, si no pita se debe volver a comprobar que funciona (test) y medir de nuevo. Doble comprobación.

COMPROBADOR DE TENSIÓN:

Se debe usar en conjunto con la pértiga para mantener la distancia de seguridad obligatoria. Antes de usarlo deberemos comprobar que tiene pilas y que funciona correctamente pulsando el botón de test que tiene en su parte inferior. No es necesario retirar las pilas, simplemente con la revisión diaria se evita su sulfatación.

Al montarse solidario con el gancho de rescate deberemos extremar las precauciones cuando realicemos comprobaciones, ya que está fabricado en un material que no es aislante, priorizando su resistencia mecánica frente a la eléctrica. Deberemos medir con precaución y con el gancho apuntando hacia arriba, ya que podríamos provocar un cortocircuito o sufrir un arco eléctrico al poner en contacto dos puntos de diferente potencial.

PÉRTIGA AISLANTE:

Se debe usar siempre completamente desplegada y sin sobrepasar la marca de las manos ya que está para obligarnos a trabajar manteniendo una distancia de seguridad.

Otra característica a tener en cuenta es que no está preparada para su utilización en días de lluvia o situaciones climatológicas adversas. Aunque el detector sí que soporte el trabajo con humedades o mojado, la pértiga no tiene un vierteaguas que proteja las manos del agua.

El hecho de que sea telescópica la hace más endeble que las que utilizan los operarios de las compañías eléctricas por lo que no se debe manipular con ella cargas pesadas.



GUANTES:

Solo cubren hasta el codo, tener en cuenta que el resto de nuestro cuerpo no queda aislado, sino únicamente protegido ignífugamente, por lo tanto habría que tener especial precaución de no tocar ninguna tierra o masa con cualquier parte del cuerpo no aislada. (Trabajando de rodillas fuera de la banqueta, apoyándonos en la pared...).

BOTAS:

Deberemos usar siempre las botas aislantes en intervenciones con riesgo eléctrico y en combinación con una manta, alfombrilla o banqueta aislante. Nuestras botas de trabajo tienen cierta protección aislante aunque no debemos considerarlas como tal. Se tratan de un calzado de uso diario con desgaste continuo sometidas a muchas otras situaciones distintas a las eléctricas por las que pueden perder su aislamiento (desgaste, humedad, elementos metálicos incrustados...).

USO DEL MALETÍN

Cuando sea necesario el uso del maletín de emergencia eléctrica se deberán respetar los siguientes pasos e indicaciones marcadas por el fabricante.

1 Preparación del material en zona segura



2



- Desplegado completo de la pértiga
- Montaje del detector en el gancho
- Colocación del cubrecalzado
- Desplegado de la pantalla de casco

3



Comprobación del detector
· luz verde
· señal acústica

4



Comprobación de los guantes

6 Aproximación a la víctima, respetando la distancia de seguridad, equipado con botas, guantes, banqueta y pértiga.



7 Subirse en la banqueta
Comprobación de presencia de tensión sobre la parte eléctrica desnuda.



5 Extracción de la banqueta



8 Retirada del cable o de la víctima.



MATERIAL ELÉCTRICO ADICIONAL

En nuestra caja de herramientas disponemos de una pequeña herramienta manual. Contamos con alicates y destornilladores con aislamiento nominal de 1000V. Esta herramienta está homologada y certificada para poder trabajar con elementos bajo tensión, pero tenemos un inconveniente, y es que lo usamos para otras tantas intervenciones en usos no eléctricos (como apalancar ventanas o punzar falsos techos). Al darle otros usos para los que no está contemplado como material dieléctrico, esa herramienta pierde su certificación y ya no nos vale para trabajos con presencia eléctrica, deja de ser aislante porque el propio aislamiento está roto o deteriorado. Por lo que será conveniente asegurarnos de que la herramienta se encuentra en buen estado antes de ser utilizada. En la caja de herramientas también contamos con un buscapolos y un rollo de cinta aislante de electricista.



3.3.3. EXTINTORES

Los extintores adecuados para la extinción de un fuego eléctrico son los siguientes:

EXTINTOR ABC:

Los extintores de polvo ABC o polvo polivalente son eficaces ante fuegos de la clase A (combustibles sólidos), clase B (líquidos) y clase C (gaseosos). El polvo es un agente extintor dieléctrico, por lo que es seguro de utilizar para extinguir fuego con riesgo eléctrico. Su principal desventaja es que, al ser proyectado sobre los aparatos eléctricos, crea una capa pegajosa y corrosiva que puede dañar equipos eléctricos delicados.



EXTINTOR CO₂:

Este aparato utiliza el dióxido de carbono para apagar el fuego. El CO₂ apaga el fuego por sofocación, al desplazar el oxígeno que alimenta las llamas se trata del mejor agente extintor en fuegos de interior, pero puede resultar ineficaz en fuegos al aire libre. Al igual que el polvo ABC, el dióxido de carbono tampoco conduce la electricidad y además tiene como ventaja que no daña los elementos eléctricos.

Cuenta con la particularidad de que puede generar pequeños arcos eléctricos o películas de agua conductoras de la electricidad en su descarga ya que el gas se libera a muy baja temperatura (alrededor de -78°C). Esta temperatura provoca la condensación del vapor de agua en el aire, formando escarcha o incluso hielo. La humedad en el ambiente o sobre las superficies puede conducir la electricidad, por lo que al usarlos se deberá respetar una mayor distancia de seguridad.



EXTINTORES DE AGENTES LIMPIOS:

En estancias con equipos delicados, como pueden ser los centros de datos, salas de servidores o laboratorios, podemos encontrar instalaciones fijas o extintores portátiles de agentes limpios como el FM-200 o el Novec 1230. Estos gases no conductores apagan el fuego sin dejar residuos y sin afectar a los componentes delicados.



AGENTES EXTINTORES INADECUADOS

Los extintores inadecuados para fuegos con riesgo eléctrico son aquellos que contienen agentes conductores de la electricidad o que pueden agravar la situación si el equipo sigue energizado. En particular, los extintores de agua y los extintores de espuma no deben utilizarse en presencia de equipos eléctricos activos, ya que ambos agentes pueden transmitir corriente y provocar descargas eléctricas peligrosas para el operador. Además, el agua y la espuma pueden causar daños severos a componentes electrónicos y aumentar el riesgo de cortocircuitos. Por esta razón se priorizará cualquiera de los agentes extintores explicados anteriormente.

3.4. METODOLOGÍA DE ACTUACIÓN EN INTERVENCIONES CON RIESGO ELÉCTRICO.

CRITERIOS GENERALES

La corriente eléctrica mata y genera intervenciones con situaciones de electrocutados o graves accidentes eléctricos. Los bomberos, como primeros intervinientes, somos los que tenemos que valorar in situ si la zona está electrificada, si se puede actuar inmediatamente o si conviene esperar al corte eléctrico para asegurar nuestra seguridad. A diferencia de otras de nuestras intervenciones en las que debemos solucionar de una manera rápida, debido al peligro que conlleva la electricidad se nos exige parar, pensar, valorar y actuar en las mejores condiciones y con el material que tenemos. Una vez cortado el suministro eléctrico por personal de la empresa suministradora, procederemos a realizar las maniobras necesarias para el rescate de víctimas, extinción de incendios, achique de agua o lo que corresponda.

La mayor parte de las intervenciones asociadas al riesgo eléctrico las deberíamos solucionar como bomberos de la siguiente manera: llegamos, visualizamos, damos la información parabrisa a la Central, establecemos un perímetro de seguridad acordonando la zona y solicitamos la presencia de compañía eléctrica facilitándoles el mayor número de datos posibles. De esta manera quedaría resuelta la intervención en lo referido al riesgo eléctrico.

Deberemos reducir al mínimo el manejo de instalaciones eléctricas. En la mayoría de los casos no será necesario ni siquiera comprobar tensión, si lo hacemos nos exponemos a un riesgo. Como bomberos no vamos a arreglar una avería, vamos a solucionar una emergencia y deberemos considerar todo conductor o instalación eléctrica bajo tensión. Simplemente evitando que un viandante se exponga al peligro gracias a establecer un perímetro de seguridad habremos solucionado la emergencia, dejando a competencia de la empresa suministradora la reparación correspondiente.

En caso de necesidad de evitar propagación utilizaremos el extintor CO₂ de polvo manteniendo las distancias de seguridad.

Si no sabemos cuantificar el valor de tensión, (aunque en BT lo podemos intuir) nos curaremos en salud tomando la distancia de seguridad más favorable a nosotros que son los 7 m que deberemos respetar en todo acordonamiento (distancias de proximidad del RD).

Toda intervención en una instalación eléctrica o en su proximidad, que conlleve un riesgo eléctrico, deberá efectuarse sin tensión en la medida de lo posible. Para considerar una instalación sin tensión tendremos que haber cumplido las 5 reglas de oro. Si no se han aplicado las 5 reglas de oro por mucho que la compañía nos asegure que han abierto el circuito deberemos actuar y equiparnos como si la instalación siguiese energizada.

Dentro de nuestras capacidades como Servicio de Extinción de Incendio únicamente podríamos asumir las tres primeras reglas de oro:

- La primera regla de oro que es abrir con corte visible todas las fuentes de tensión mediante interruptores o seleccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo. En nuevas reglamentaciones aparece el término de corte efectivo para sustituir el corte visible, esto es un corte hecho a distancia desde un ordenador de la compañía.
- La segunda que es bloqueo de los aparatos de corte (poniendo la instalación en descarga).
- La tercera que es comprobación de la ausencia de tensión.

Ya que no contamos con formación ni medios para hacer la cuarta (Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión) ni la quinta, que no es únicamente balizar, sino delimitar la zona de trabajo eficazmente, protegiendo posibles puntos que haya en tensión.



Dicho esto en ocasiones se hará necesaria nuestra intervención directa en elementos con tensión o en sus proximidades. Se considerará trabajo con tensión a todo aquel que se realice a 50 cm o menos de una instalación bajo tensión eléctrica. Sin necesidad de que haya una manipulación o maniobra de la instalación. En estas situaciones existirán unos riesgos que deberemos asumir como servicio de emergencia pero lo haremos de la forma más segura posible, minimizando los riesgos y equipándonos acorde a los mismos.

En términos generales se deberán tener en cuenta las siguientes medidas a la hora de realizar una intervención con riesgo eléctrico:

- Antes de iniciar la intervención debemos cerciorarnos que se cumplen las condiciones mínimas de seguridad.
- Se realizará un estudio previo de la maniobra, planificándose esta, siguiendo normas de seguridad y evaluando los riesgos. Nos dejaremos aconsejar por el personal de la compañía ya que son ellos los que mejor conocen la instalación.
- Realizar un croquis de situación y enumerar los elementos que intervienen.
- Comprender la tarea asignada, antes de iniciarla. No actuar nunca en caso de duda.
- Disponer al comienzo de la intervención de los equipos de protección necesarios.
- Avisar cuando se va a llevar a cabo la desconexión de la corriente.
- Ser conscientes de que abrir un circuito eléctrico no nos asegura el corte de corriente. Cada vez se dan más retornos de la red de distribución por la instalación de SAIS o placas fotovoltaicas. Aún abriendo en cabecera de la red de distribución (cuadro de BT) de los CT se pueden dar casos en los que se mantenga las CGP de la línea bajo tensión.
- En toda intervención en proximidad de elementos en tensión, los no intervinientes permanecerán fuera de la zona de peligro y lo más alejado de ella que la intervención permita.
- Nosotros nunca volveremos a dar servicio, si tenemos que quitar por el motivo que sea unos fusibles la compañía será la responsable de volver a energizar una instalación eléctrica.

