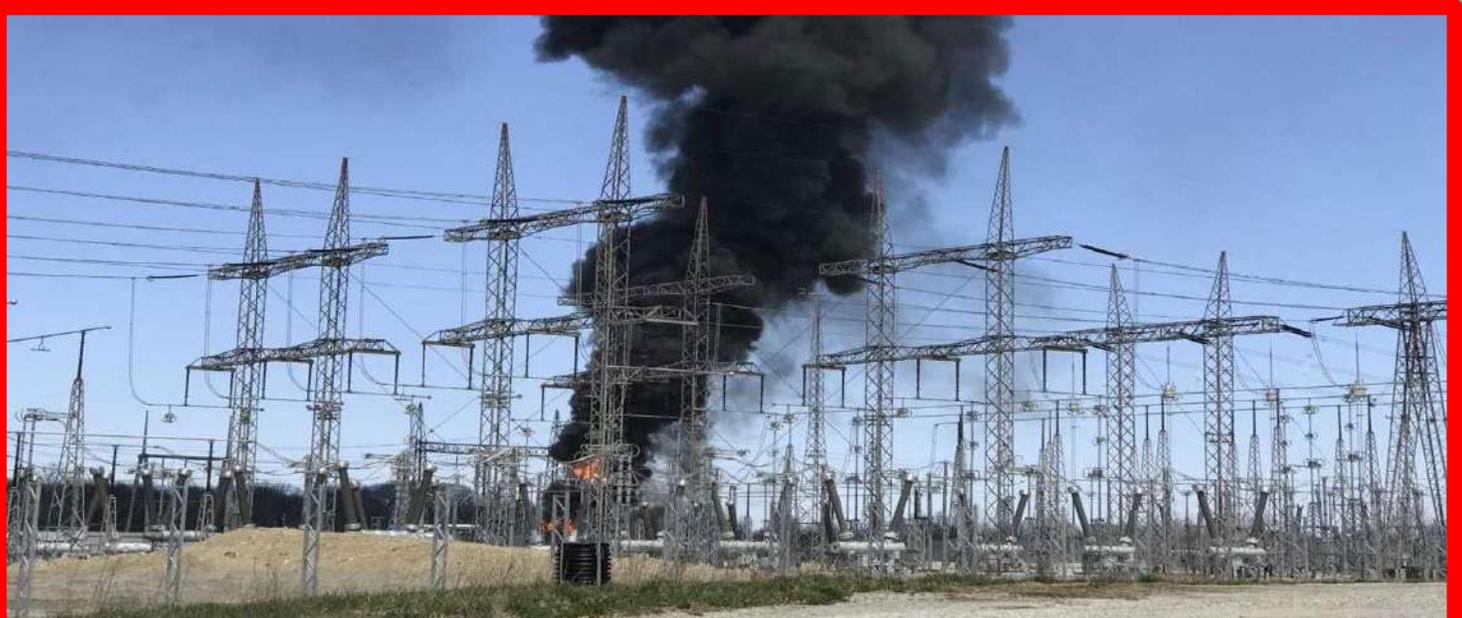




 **Zaragoza**
AYUNTAMIENTO

Electricidad

Capacitación Bomberos
Tema 25



Tema 25 – Electricidad



Índice

1 – Conceptos Básicos

2 – Redes de distribución

3 – Medidas de seguridad con el riesgo eléctrico

4 – Efectos de la electricidad en el organismo

5 – Valoración e intervención en incidentes con riesgo eléctrico

Anexo 1 - Bibliografía

1 - Conceptos Básicos

Hoy en día la electricidad está presente en todos los ámbitos de la sociedad y nuestro modo de vida resulta inconcebible sin ella. Con el paso del tiempo nos hemos hecho cada vez más dependientes, y todo parece indicar que la tendencia venidera es a una mayor influencia de esta en nuestras vidas.

Resulta sorprendente la velocidad a la que la electricidad ha adquirido tanta importancia, aunque los griegos ya observaron fenómenos eléctricos, hace un siglo era un privilegio al alcance de muy pocos tener una lámpara eléctrica en casa. Un actor cada vez más presente y muchas veces silencioso en nuestras intervenciones.

En este primer apartado veremos los conceptos básicos de la electricidad, las unidades que la describen, los principios que la rigen y las formas en la que la podemos usar, como la corriente eléctrica.

1.1 - Carga Eléctrica

Los griegos fueron los primeros en observar, o al menos en dejar constancia del fenómeno, de que si frotabas dos objetos algo cambiaba en ellos, después atraían o repelían objetos. Por ejemplo, si frotamos un globo sobre nuestra chaqueta de lana, este después se pegará a la pared o se mantendrá durante un tiempo pegado al techo. Lo que sucede es que los átomos de nuestra chaqueta ceden electrones a los del globo quedando estos cargados eléctricamente.

El material que pierde electrones queda cargando de forma positiva, mientras que el que gana electrones queda cargado de forma negativa. Es importante también entender que los elementos con carga opuesta o de signo diferente se atraen, mientras que dos elementos de mismo signo se repelen.

Siguiendo el ejemplo anterior el globo al adquirir electrones estaría cargado negativamente, con signo (-), y la chaqueta con signo positivo (+). Así que deberían atraerse.

La materia está formada por átomos, y estos a su vez por un núcleo con protones (+) y una corteza a su alrededor de electrones (-). La carga eléctrica de estos elementos (e) se considera la unidad fundamental de carga.

Tras el intercambio de carga eléctrica entre el globo y chaqueta, la carga total de ambos debe ser igual a la suma de las cargas que tenían inicialmente. Esta es la Ley de conservación de la carga. La energía puede cambiar de forma, pero no crearse ni destruirse o perderse por el camino.

La unidad del sistema internacional (SI) para medir la carga es el coulomb (C), y se define como la cantidad de carga que fluye por un conductor en un segundo con una intensidad de un amperio (A).

$$e = 1,60 * 10^{-19} \text{ C}$$

Los átomos a los que les modifica su carga, añadiéndole o quitándole un electrón se les denomina iones.

1.2 - Conductores y Aislantes

Algunos materiales como los metales permiten que los electrones de los átomos que componen su estructura se muevan libremente o con mucha facilidad a través de dicho material. Estos se denominan conductores. Otros sin embargo presentan estructuras atómicas más rígidas y para mover los electrones de su sitio son necesarias cantidades de energía muy elevadas, son los llamados aislantes.

El planeta es en sí mismo un buen conductor prácticamente ilimitado, por ello muchos circuitos se conectan con el suelo. Se dice que el circuito está conectado a tierra.

1.3 – Ley de Coulomb

Charles Coulomb fue un científico francés, quien diseñó mediante una balanza de torsión la fuerza que ejercía una carga eléctrica sobre otra. Los resultados del experimento le llevaron a formular la Ley de Coulomb:

- “La fuerza ejercida por una carga puntual sobre otra está dirigida por la línea que las une. La fuerza varía inversamente con el cuadrado de la distancia que separa las cargas y es proporcional al producto de las mismas. Es repulsiva si las cargas son del mismo signo y atractiva si las cargas tienen signos opuestos.”

1.4 – Diferencia de Potencial

La fuerza eléctrica, al igual que la gravedad es una fuerza conservativa, es decir se mantienen constantes mientras no cambiemos el entorno. Si sostenemos una piedra en nuestra mano la fuerza con la que golpee el suelo si la dejamos caer dependerá de cuanto la separemos del suelo, pero si la mantenemos fija en un punto podríamos decir que tiene el potencial de ejercer una fuerza determinada en función de la altura. Tiene una energía “acumulada” como un muelle comprimido.

La diferencia de potencial sería la energía potencial eléctrica entre dos puntos. También se define como el trabajo por unidad de carga eléctrica que ejerce sobre una partícula un campo eléctrico, para lograr moverla entre dos puntos determinados. La unidad en el sistema internacional para medir la diferencia de potencial es el Voltio (V), y para medirlo se utiliza el voltímetro.

$$1V = 1 J/C$$

1.4 – Corriente eléctrica

Si hacemos fluir electrones a través de un conductor, seremos capaces de llevar energía tan lejos como dicho conductor lo permita. Para ello solo necesitaremos una diferencia de potencial en los extremos que tire de los electrones. Así la corriente eléctrica o intensidad (i) se define como el flujo de carga que atraviesa la sección de un conductor por unidad de tiempo, y su unidad en el sistema internacional es el Amperio (A).

Los amperios se miden con el amperímetro.

$$1A = 1 C/S$$

1.4.1 – Sentido de la corriente eléctrica

Como antes hemos visto las cargas opuestas se atraen, y la parte móvil de la corriente eléctrica son los electrones, de carga negativa, que se mueven hacia los lugares cargados positivamente. Por lo tanto, podemos afirmar que la corriente eléctrica fluye del polo negativo al polo positivo. Esto se conoce como sentido real de la corriente eléctrica. Sin embargo, antes de que supiera que la parte móvil eran los electrones por convención se estableció un sentido contrario, en el que se considera que la electricidad se mueve del polo positivo al negativo. Se le conoce como sentido convencional.

1.4.2 – Velocidad de desplazamiento

El campo eléctrico que se aplica a los electrones y general el movimiento aplica una fuerza con sentido inverso. La dirección del campo eléctrico es contraria a la de los electrones. La velocidad a la que se mueven los electrones se conoce como velocidad de desplazamiento y es del orden de un milímetro por segundo.

1.4.3 – Circuitos eléctricos

Un circuito sería el recorrido que hacen los electrones desde dos puntos con diferencia de potencial diferente, por ejemplo, entre los dos polos de una pila. Para que exista circulación debe haber la ya citada diferencia de potencial, y el circuito debe estar cerrado.

Dependiendo del tipo de generador o de circuito, el flujo de electrones y la polaridad puede ser siempre la misma, en cuyo caso nos encontraremos en un circuito de corriente continua, o donde la polaridad cambia constantemente entre positivo y negativo alternativamente. Nos encontraremos con un circuito de corriente alterna.

1.5 - Resistencia

Al aplicar un campo eléctrico a un conductor metálico, si consideramos el flujo de cargas como positivas, las cargas libres circularán por el conductor en el sentido en que la diferencia de potencial decrece. Estas cargas no circulan libremente, dependiendo del tipo de material lo harán con mayor o dificultad.

La cantidad de oposición que ofrece un material determinado al paso de la electricidad se llama resistencia, se mida en Ohmios (Ω), y depende del material, su longitud y su sección.

$$R (\Omega) = \rho * l / S$$

Siendo ρ la resistividad, l la longitud, y S la sección.

La resistividad es característica de cada material, y se define como la resistencia que ofrece al paso de la corriente un conductor de un material determinado de un metro de longitud y 1mm^2 de sección.

Para medir resistencias se utiliza el óhmetro, y para poder usarlo correctamente el circuito eléctrico no puede tener energía eléctrica conectada al mismo.

1.6 - Ley de Ohm

Es la ley fundamental de los circuitos eléctricos, básica para entender sus fundamentos. Establece que la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito es igual al producto de la intensidad de corriente que circula entre esos puntos por la resistencia que hay entre ambos.

$$V = i * R$$

1.6.1 Ohm en corriente alterna

En los circuitos de corriente alterna la fórmula anterior ha sido modificada introduciendo el concepto de impedancia (Z). La fórmula quedaría del siguiente modo:

$$V = i * Z$$

1.7– Energía eléctrica

La energía eléctrica (E) se puede definir como el trabajo necesario para desplazar una carga eléctrica entre dos puntos sometidos a una diferencia de potencial, su unidad es el julio (J):

$$E = I * V * t$$

Donde t es el tiempo en segundos (s)

1.8 – Potencia Eléctrica

La potencia eléctrica (P) es la cantidad de energía eléctrica capaz de usar un elemento determinado. Se puede expresar también como la energía consumida por un elemento por unidad de tiempo. Su unidad es el watio (W):

$$P = E / t$$

Pero si $E = V * i * t$ y $E = P * t$ obtenemos también la siguiente fórmula para la potencia:

$$P = i * V$$

Cuanta más potencia tenga un aparato eléctrico, más energía consumirá por unidad de tiempo y menos tardará en consumir una cierta cantidad de energía.

1.9 – Efecto Joule

La ley de Joule muestra la relación que existe entre el calor generado por una corriente eléctrica que fluye a través de un conductor, la corriente misma, la resistencia del conductor y el tiempo que la corriente existe. Esto es un fenómeno irreversible que sucede cuando la luz circula por un conductor, ya que parte de la energía de los electrones se transforma en calor debido a los choques internos que se producen con los átomos del material conductor.

Este calor es directamente proporcional a el cuadrado de la corriente (i), la resistencia (R) del conductor y al tiempo (t) que fluye la corriente por el conductor:

$$Q = i^2 * R * T$$

2.– Redes Eléctricas

En este tema vamos a ver el trayecto que realiza la electricidad desde su generación hasta su llegada a los puntos de consumo, industriales o domésticos.

2.1 – Generación eléctrica

La generación de la energía eléctrica se produce en las centrales eléctricas, donde se transforman diferentes tipos de energía (como la térmica, nuclear o solar), en energía eléctrica. El método más usado es mediante un alternador unido a una turbina que genera el movimiento de giro.

El alternador consiste en un rollo de hilo conductor o bobina que gira dentro de una cámara con una serie de imanes fijos generando corriente alterna sinusoidal. Salvo contadas excepciones los generadores están diseñados de modo que de él sale corriente trifásica, que consta de tres fases de polaridad y voltaje alterno y periódico, y de un neutro con voltaje cero.

La tensión y la intensidad de la corriente que produzca el generador es variable y dependiente del propio generador, aunque no suelen sobrepasar los 26000 voltios por los problemas que genera de aislamiento y por el riesgo de cortocircuito y sus consecuencias.

Todas las instalaciones eléctricas se dividen en dos grupos. Aquellos que tengan un voltaje mayor a 1500v en corriente continua y 1000v en corriente alterna.

2.2.– Subestaciones transformadoras

Para transportar la electricidad desde la planta de generación hasta los lugares de consumo el voltaje se eleva considerablemente en las estaciones elevadoras, o transformadoras, por encima de los 350kv. Al incrementar el voltaje disminuimos la intensidad, por lo que los cables pueden tener menor sección, y se reducen las pérdidas de carga. Estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la intensidad.

En sentido contrario nos encontraremos con subestaciones transformadoras que reduzcan la tensión conforme nos acerquemos a los puntos de consumo, en función de las necesidades de estos. Algunas empresas necesitan voltajes de 20.000 o 30.000v, los trenes de alta velocidad necesitan 25.000 kV.

Si la subestación se usa para aumentar la tensión se llamará elevadora, si por el contrario se usa para bajarla, reductora.

En estas estaciones podremos encontrar interruptores para cortar el suministro y realizar trabajos sin tensión. Esta es una maniobra muy peligrosa debido a los arcos eléctricos que se generan al abrir los interruptores para cortar la corriente. Si se va a realizar esta maniobra hay que estar debidamente protegido.

2.3. – Líneas de Transporte

Son el conjunto de líneas encargadas de transportar la electricidad entre distintos puntos de la geografía, compuestas por los elementos conductores y los elementos de soporte. El número de líneas que portan es múltiplo de tres, al transportarse en trifásica, y podremos

ver añadido una línea adicional que hace de pararrayos y se denomina hilo de guarda. Es frecuente que estos cables aéreos estén sin aislamiento.

También podemos encontrar las líneas enterradas bajo tierra, en cuyo caso irán estarán aisladas y señaladas por el color rojo. Las líneas antiguas de aceite son de color marrón.

Las líneas eléctricas se clasifican atendiendo a su tensión nominal las siguientes categorías:

- Especial: Las de tensión nominal igual o superior a 220 kV.
- Primera categoría: Tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66kV.
- Segunda categoría: tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- Tercera categoría: tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Las torres de soporte de madera y hormigón no podrán portar líneas de más de 66 kV, de categoría primera o especial. Para aislar la torre de los conductores se usan aisladores generalmente de vidrio, aunque también se encuentran de porcelana o de una combinación de ambos materiales.

En España el gestor de las líneas de transporte es Red Eléctrica Española (REE)

2.4. – Centros de transformación

Son los que se encargan de reducir las tensiones de distribución a las de consumo o baja tensión (400v entre fases y 230v entre fase y neutro). A estos centros llegan las 3 fases de las líneas de alta tensión, las tres fases, y de él salen los cuatro cables que nos encontramos en las acometidas urbanas, añadiéndose el neutro.

Lo más normal es que las redes de distribución tengan forma de anillo, que ye las líneas salgan y vuelvan a ellos. Son equipos que se calientan bastante ya que es donde comienza el consumo eléctrico.

Los podemos encontrar de diversas formas físicas. A la intemperie sobre postes de hormigón o acero. En casetas de hormigón, sobre todo en zonas rurales o industriales. Bajo el suelo, soterrados, más comunes en centros urbanos.

Hay dos tipos diferente de transformador en función de la tecnología que usen para disipar el calor:

-líquidos: usan aceites minerales u otros productos como el Piraleno para disipar el calor producido durante la transformación, aunque su instalación ya no está permitida aún es posible encontrar alguno antiguo. Estos pueden liberar gases tóxicos y cancerígenos al arder.

-Secos: en los que las bobinas están recubiertas de materiales aislantes ignífugos.

Se componen fundamentalmente de tres partes, aunque sus peculiaridades variarán en función del modelo:

-Zona de alta tensión: Por donde entran las líneas de alta tensión, aquí encontraremos seccionadores y elementos protectores. Todas las líneas de entrada llevan un fusible.

-El transformador: que estará protegido en una celda.

-Zona de baja tensión: por donde salen las líneas en tensiones de consumo con su correspondiente cuadro de protección.

2.5. – Acometida

Es la parte de la instalación que encontramos desde los transformadores hasta las cajas generales de protección situadas con los puntos de destino. Pueden constar de dos cables, si la conexión es monofásica, con un neutro y una fase, o con cuatro cables correspondiéndose con las tres fases y el neutro, en cuyo caso estaremos ante una conexión trifásica. En ocasiones es posible encontrarse con tan solo tres cables aislados y uno portante de acero, que además hace las funciones de neutro.

Cada cable debe ir debidamente señalizado, aunque puede estar de diferentes formas.

Línea 1	L1	R	Marrón
Línea 2	L2	S	Negro
Línea 3	L3	T	Gris
Neutro	N	N	Azul

Más adelante hablaremos el cable de tierra, este va marcado con los colores amarillo y verde.

Pueden transcurrir de diferente manera:

-Aérea: O bien entre postes o fijadas a lo largo de las fachadas de los edificios. Los cables pueden ir separados unos de otros, pero es frecuente encontrar los cuatro cables retorcidos. Por este motivo a la acometida muchas veces se le llama trenzado.

-Subterráneas: es la forma actual de instalar las acometidas. Se encuentran en zanjas bajo las calles de los municipios.

2.4. – Caja General de Protección (CGP)

Es el enlace entre la acometida y la derivación que entra dentro de los edificios o puntos de consumo. Señala el inicio de la propiedad del usuario. En esta caja encontramos los

fusibles, uno por fase, que pueden ser de tipo cilíndrico o de cuchilla. Encontramos una caja por cada 160 kW o fracción de consumidores. El neutro no lleva fusible.

Si la caja general es de un único domicilio nos encontraremos con total seguridad con una conexión monofásica, por lo que veremos tan solo un fusible que corresponde a la fase y la conexión del neutro.

2.5. – Línea General de Alimentación (LGA)

Es la conexión que une la CGP con los contadores de consumo de los usuarios finales. Normalmente también cuenta con un fusible con fase, y el neutro sin él. Pueden ser de cobre o de aluminio, pero siempre irán aislados.

Los podemos encontrar dentro de tubos empotrados, en tubos enterrados, en montaje superficial, o en conductos cerrados de obra de fábrica registrable en cada planta.

2.6. – Cuarto de contadores

Los contadores son los elementos que miden el consumo de cada usuario, se suelen instalar sobre paneles, en armarios o en módulos, en cuartos situados en la planta baja o el sótano de un edificio. Si el edificio tiene más de doca plantas puede haber cuartos intermedios en diferentes alturas. Disponen de un fusible de seguridad antes del mismo.

Si nos encontramos en una edificación con un único usuario como un chalé, nos encontraremos en la misma caja la CGP y los contadores. Tienen los siguientes elementos:

- Interruptor general de maniobra: nos permite seccionar la LGA e impedir que la corriente llegue a los contadores.
- Módulo de embarrado: las conexiones de los contadores con la LGA. Estos se conectan a una fase y un neutro alternativamente para impedir sobrecargar más unas líneas que otras.
- Módulo de contadores: Donde se encuentran los aparatos de medición y los interruptores horarios.
- Bornes de salida: punto del que parten las derivaciones individuales de cada abonado.

2.7. – Derivación individual

Son las líneas que enlazan el contador con los circuitos domésticos. Siempre van por lugares comunes.

2.8. - Cuadro general de distribución

En España el REBT establece que es obligatorio en todas las viviendas y locales. Lo solemos encontrar junto a las puertas de entrada de la vivienda. De él parten los diferentes circuitos que suministran electricidad a la vivienda, y alberga los elementos de protección y control para evitar accidentes a los usuarios. Estos son:

- Interruptor general automático (IGA): Es el interruptor principal que da paso al resto de circuitos de la casa, conectándolos con la derivación individual. Se puede abrir y cerrar

manualmente, pero saltará abriendo el circuito de forma automática si se produce un cortocircuito.

-Interruptor diferencial: Es un sistema de seguridad fundamental para los usuarios que protege al usuario de una posible derivación a tierra de corriente por contacto con algún conductor que haya perdido el aislamiento, por una instalación defectuosa o por un descuido. Evita que con el contacto la corriente haga tierra a través de nuestro cuerpo.

Funciona comparando la corriente que entra con la que sale, y si es diferente actúa abre el circuito. Tienen una sensibilidad muy alta funcionando la mayoría de ellos a 30mA, aunque actualmente se colocan también de sensibilidades aún mayores, como 10mA. En industrias con máquinas propensas a tener derivaciones a tierra se instalan con menor sensibilidad, accionándose a 100 mA o más para evitar cortes continuos en las cadenas de producción.

-Pequeños Interruptores Automáticos (PIAs): Son interruptores magnetotérmicos y corte monofásico bipolar, y se colocan en cada una de las divisiones internas de los circuitos. En los domicilios es muy frecuente encontrarse separado el circuito de alumbrado con el de los enchufes, o la cocina. En caso de que sean circuitos trifásicos serán del tipo omnipolar. Estos funcionan abriendo el circuito en caso de detectar sobrecargas y cortocircuitos.

3. – Medidas de seguridad con riesgo eléctrico

El riesgo eléctrico se define como todo riesgo originado por la energía eléctrica. Esto incluye los riesgos de electrocución por contacto con elementos con tensión, las quemaduras eléctricas, las caídas o golpes como consecuencia de un choque o un arco eléctrico e incendios o explosiones provocados por la electricidad.

El cuerpo humano tiene una resistencia que oscila entre los 250 y los 2000 ohmios al paso de la corriente eléctrica. Pero nuestro contenido en agua y sales nos convierte en buenos conductores. Por ello a la hora de trabajar en siniestros eléctricos, o donde la electricidad esté presente como elemento secundario hay que tomar precauciones.

Existe riesgo de electrocución cuando tocamos un conductor que está a un potencial distinto al nuestro, que normalmente será de cero voltios. Se definen dos tipos de contacto eléctrico

1.- Contacto Directo:

Se produce cuando tocamos partes que en circunstancias normales tienen tensión, como cables sin aislamiento, bornes de una batería al desnudo, o si metemos los dedos en un enchufe.

Para protegernos de este tipo de contacto interpondremos barreras físicas que delimiten las zonas de peligro, aislando las partes en tensión, o retirando las partes activas a lugares

inaccesibles para las personas. A mayor voltaje mayor ha de ser la distancia que nos separe de los elementos conductores.

2.- Contacto Indirecto:

Tiene lugar cuando no hacemos el contacto con una fuente eléctrica de forma directa sino a través de un elemento en contacto con ella que no está destinado a conducir la electricidad. Por ejemplo, al tocar la superficie metálica de una lavadora en tensión porque un cable eléctrico de su interior tiene el aislante deteriorado.

Podemos actuar de dos maneras para prevenir estos contactos. Evitando los contactos accidentales aislando las partes susceptibles de estar en tensión, abrir los circuitos antes de manipular, o usando equipo de protección individual aislante de manera preventiva. O también podemos instalar sistemas que corten automáticamente el circuito en caso de producirse alguna fuga a masa, como ponerlas a tierra mediante picas o conectándola a un circuito de tierra, colocando interruptores diferenciales u otros dispositivos que detecten fugas, o poner a neutro todas las masas si no hay red de tierra posible.

Resulta interesante conocer la división que hace el REBT sobre los receptores eléctricos y la información que nos aporta sobre el tipo de aislamiento:

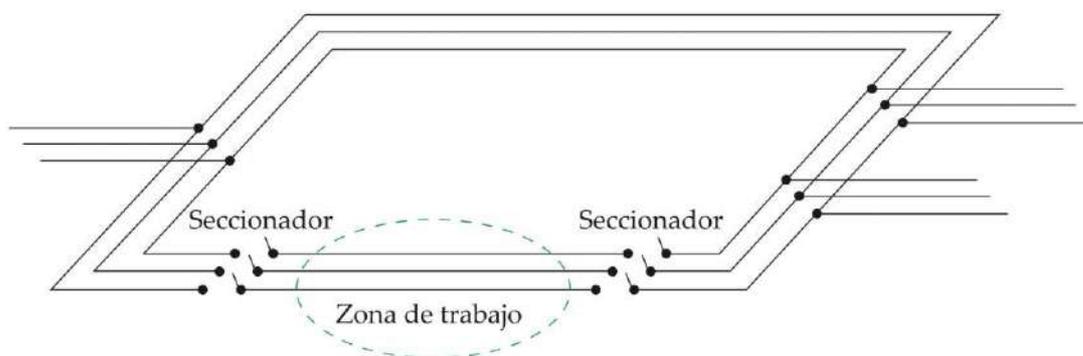
- Clase 0: Sin protección por puesta a tierra, únicamente posee el aislamiento funcional. Es necesario establecer un entorno seguro poniéndolo a tierra.
- Clase 1: Están provistos de una conexión a tierra. Hay que poner un unir dicha conexión a una tierra.
- Clase 2: Aislamiento de protección suplementaria, pero sin medios de protección por puesta a tierra.
- Clase 3: Previstos para ser utilizados con muy bajas tensiones de seguridad (MBTS).

3.1. – Pautas de actuación ante riesgo eléctrico

Según el REBT no está permitido trabajar en instalaciones con tensión y es que la forma más segura de hacer una intervención eléctrica es, precisamente, sin electricidad. Tan solo podrán hacerse con tensión las maniobras de conexión o elementos en circuitos de baja tensión que no impliquen riesgos para los usuarios, si estamos dentro del umbral de tensión de seguridad, para hacer mediciones, ensayos o verificaciones o siempre que las circunstancias impidan realizarlo sin tensión. Aun con todo esto no implica que no tengamos que realizar este trabajo sin medidas. Por ello las pautas que el REBT nos da se centran en cómo crear una zona segura sin tensión para trabajar sin riesgo, se conocen como las cinco reglas de oro:

-Primera: Abrir con corte visible todas las posibles fuentes de tensión. Desconectar todos los interruptores que encontremos para provocar el corte de tensión. Si los interruptores fueran independientes por cada fase y neutro es recomendable desconectar el neutro en ultimo en lugar, y conectarlo en primero. El neutro siempre hay que desconectarlo.

Esta desconexión implica es interponer entre la fuente y el circuito a trabajar una capa o distancia de aire, o mediante a la interposición de un aislante.

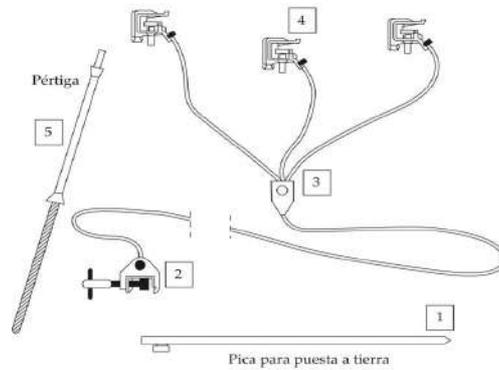


Segunda: Prevenir rearmes enclavando los interruptores, bloquearlos y/o señalizarlos para impedir que vuelvan a conectarse de manera fortuita o porque por accidente alguien los conectara. Se bloquearán preferentemente por el bloqueo del mecanismo de maniobra, si no lo hay habrá que tomar medidas equivalentes.

-Tercera: Verificar la ausencia de tensión, en todos los conductores y de forma separada usando un detector adecuado para el tipo de corriente y sus características, para lo que se debe tener en cuenta la tensión nominal a verificar, el tipo de instalación eléctrica, el tipo de señal indicadora que nos devuelve, y las condiciones medioambientales. Hay que comprobar el estado de los medidores antes de realizar la maniobra.

-Cuarta: Poner a tierra y en cortocircuito todas las fuentes. Si por algún casual se rearmara el circuito la corriente se desviaría por el circuito a tierra o por el cortocircuito. Primero se hará conexión con la toma de tierra, y después al elemento a poner a tierra, y serán fácilmente visibles, preferiblemente cerca de la zona de trabajo. Se debe considerar la sección de los elementos que usemos, para que sea adecuada para tensión que estemos derivando.

-Quinta: Establecer una protección frente a los elementos próximos en tensión, sobre los que no se vaya a trabajar. Colocar obstáculos, barreras, delimitar la zona y señalizar.



ELEMENTOS DE UN EQUIPO PORTÁTIL DE PUESTA A TIERRA

1. Piqueta o electrodo de toma de tierra
2. Piñza o grapa de conexión a la toma de tierra
3. Conductores de puesta a tierra y en cortocircuito
4. Piñzas para conectar a los conductores de la instalación
5. Pértiga aislante adecuada al nivel de tensión nominal

Procedimiento	Baja Tensión	Alta tensión
Abrir con corte visible todas las posibles fuentes de tensión	Obligatorio	Obligatorio
Enclavar los aparatos de corte abiertos	Siempre que sea posible	Obligatorio
Comprobar la ausencia total de tensión en cada uno de los elementos cortados	Obligatorio	Obligatorio
Poner en corto y a tierra las fuentes de tensión	Recomendable	Obligatorio
Acotar y señalizar la zona de trabajo	Recomendable	Obligatorio

Una vez el trabajo este realizado se podrá proceder al rearme de la instalación, siendo imprescindible que se hayan retirado todos los trabajadores salvo los imprescindibles para esta maniobra, y que se hayan recogido todos los utensilios, herramientas y equipos utilizados, para evitar que haya que volver a por ellos.

3.2. – Distancias de seguridad

Cuando se trabaja en instalaciones eléctricas existe el riesgo de electrocución por tocar las partes activas, pero según aumenta el voltaje se incrementa el riesgo de que se produzca un arco eléctrico al considerar nuestro cuerpo como un borne en contacto con la tierra.

Existen dos tipos de zona de trabajo, cada una con una distancia de seguridad diferente:

-Zona de peligro: espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que ocurra un arco eléctrico o un contacto, teniendo en cuenta el radio de movimientos que puede realizar este trabajador.

-Zona de proximidad: es el espacio alrededor de la zona de peligro desde la cual el trabajador podría invadir accidentalmente esta última.

Las distancias de seguridad en función del voltaje quedan resumidas en esta tabla:

4. – Efectos de la electricidad en el organismo

U_n	D_{PEL-1}	D_{PEL-2}	D_{PROX-1}	D_{PROX-2}
≤ 1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

* Las distancias para valores de tensión intermedios se calcularán por interpolación lineal.

U_n = tensión nominal de la instalación (kV).

D_{PEL-1} = distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista riesgo de sobretensión por rayo (cm).

D_{PEL-2} = distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).

D_{PROX-1} = distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

D_{PROX-2} = distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

Los daños producidos por la electricidad son provocados por la intensidad de la corriente. Mientras que el voltaje aumenta las probabilidades de sufrir un accidente, la intensidad es la que determina la gravedad.

Intensidad	Efectos en el cuerpo humano.
< 0,5 mA	No se percibe.
1 - 3 mA	PERCEPCIÓN: pequeño hormigueo.
3 - 10 mA	ELECTRIZACIÓN: movimiento reflejo muscular (calambre).
10 mA	TETANIZACIÓN MUSCULAR: contracciones musculares sucesivas y mantenidas. Incapacidad de soltarse del elemento conductor.
25 mA	PARADA RESPIRATORIA si la corriente atraviesa el cerebro.
25 - 30 mA	Fuerte efecto de la tetanización muscular. Asfixia (PARO RESPIRATORIO) a partir de 4 seg. por tetanización de los músculos respiratorios. Quemaduras.
60 - 75 mA	FIBRILACIÓN VENTRICULAR: contracción y relajación descontrolada de los ventrículos.

Para que una persona se electrice, es decir, que la corriente pase por su cuerpo, necesita formar parte de un circuito eléctrico. Para ello es necesario contar con dos puntos de contacto, uno de entrada y otro de salida de la corriente. Las consecuencias de este paso pueden originar:

- Electrocución: es cuando una persona muere debido al paso de la corriente por su cuerpo.
- Fibrilación ventricular: el corazón entra en un estado de movimiento caótico, resultando en un bombeo ineficiente de sangre a los órganos.
- Tetanización: nuestro sistema nervioso controla los músculos con pequeñas señales eléctricas, al pasar una corriente por nuestro cuerpo nuestros músculos se contraen fuera de nuestro control.
- Asfixia: Si la corriente alcanza los músculos que controlan el movimiento de los pulmones estos detendrán la función respiratoria.

-Quemaduras: la electricidad genera calor al fluir, como vimos al definir la Ley de Joule, quemando el tejido por el que circula. Estás al contrario de las que podemos sufrir en un incendio donde serán superficiales, al menos en un principio, las producidas por la corriente eléctrica pueden producirse profundas desde el origen, allá por donde circula la corriente, afectando a los órganos internos.

También hay considerar posibles consecuencias indirectas del contacto eléctrico, tales como caídas al mismo nivel, golpes o cortes.

4.1. – Factores que determinan la peligrosidad

Hay diferentes factores que pueden convertir un ambiente en uno más peligroso, o por el contrario seguro. Los principales son:

-Tipo de corriente: La corriente alterna se considera la más peligrosa, y su peligrosidad disminuye conforme aumenta la frecuencia (hz). LA corriente continua el umbral de fibrilación ventricular es mucho alto, y también tardamos más en perder el control muscular.

-Voltaje: según aumenta el voltaje aumenta la capacidad de vencer resistencias. Según la norma UNE-20460 se puede trabajar con seguridad cuando las tensiones son menores de 50v en locales secos, 25v en locales húmedos y 12v para locales mojados.

-Intensidad: es la variable eléctrica que mata. El umbral de seguridad está situado en 30 mA, sin embargo, como vemos en la tabla anterior a partir de 10 mA perdemos control muscular, y ello podría implicar una incapacidad de separarnos del conductor.

-Resistencia del cuerpo: Si consideramos una tensión fija aplicada a un cuerpo, la intensidad que circula a través de él dependerá de su resistencia. La piel es el órgano que más aísla del medio, y es muy mala conductora de la electricidad. Su resistencia viene condicionada por su estado, el cual es muy variable al estar expuesta a los cambios del entorno, principalmente a su grado de humedad como vemos en la tabla posterior:

Estado de la piel	Resistencia
Seca	1500 Ω
Húmeda	1000 Ω
Mojada	500 Ω
Sumergida	300 Ω

Estos valores son variables en función de cada persona.

El tiempo de contacto y la presión que se ejerza con el conductor también afectan en la resistencia. A mayor presión y/o menos resistencia. Del mismo modo, a mayor superficie de contacto, mayor resistencia.

-Tiempo de contacto: hay una relación directa entre el tiempo que estamos sufriendo una descarga y las lesiones producidas. Para que se produzca fibrilación ventricular el tiempo de contacto ha de ser mayor a un segundo.

-Trayectoria interna: el recorrido que haga la corriente a través de nuestro cuerpo puede hacer que una misma corriente únicamente nos provoque una dolora sacudida, o acabe con nuestra vida. La trayectoria la determina el punto de entrada y salida de la corriente y su peligrosidad aumenta si el corazón o los órganos vitales están en su camino. El escenario más común es mano-pie. Serán un peligro potencial las siguientes trayectorias:

-Mano derecha a mano izquierda.

-Mano izquierda a mano derecha.

-De la cabeza a las manos.

-De la cabeza a los pies.

Otro factor que aumenta el riesgo es si el contacto se realiza con la palma de la mano, el reflejo muscular será de contraerla, y no será posible soltarse. Por este motivo las operaciones de rastreo deben realizarse palpando con la parte externa de las manos y no con las palmas.

5. – Valoración e intervención en incidentes con riesgo eléctrico

La valoración de un siniestro debe comenzar en el centro de comunicaciones, recopilando tanta información como sea posible sobre el siniestro. Una vez en el ya podemos ver su envergadura, identificar los riesgos inmediatos y las actuaciones que van a ser necesarias. Una de las primeras acciones debe ser el comprobar si nos encontramos en una instalación de alta o baja tensión fijándonos en los elementos que la compongan.

Un protocolo de actuación en un incidente general antes de entrar en casos específicos sería:

1	Valorar el incidente, tipo de corriente material necesario tanto de EPIS como humano, riesgos existentes, nivel de riesgo.
2	Solicitar el corte de suministro a la empresa encargada de la instalación en la que nos encontremos. Ya sea REE, la empresa distribuidora, RENFE, etc.
3	Crear una zona de trabajo segura aplicando las cinco reglas de oro.
4	Control de la propagación, evitar que el siniestro crezca en magnitud.
5	Proceder a la extinción del incendio o a la maniobra de rescate.
6	Vuelta a la normalidad, recogida de material, rearme del servicio.

5.1.– Incidentes con alta tensión

En las subestaciones encontramos el mayor foco de incidentes debido al gran calor que generan en sus instalaciones. Antes de empezar a trabajar en ellos debe ser imprescindible comprobar el corte de tensión y poner a tierra y en cortocircuito el circuito. A la hora de realizar la delimitación de las zonas de seguridad se tendrá en cuenta el riesgo de explosión de los elementos que lo componen si se provocara una ruptura por sobrepresión. Para realizar el control de la propagación usaremos vehículos de extinción, monitores con los que lanzar agua o espuma, o ráfagas discontinuas de agua.

Para la extinción hay que prestar atención a la distancia de seguridad, en caso de trabajar en un transformador en un poste metálico trabajaremos a una distancia mínima de dos veces la longitud del poste. Es imprescindible usar guantes aislantes ya que los guantes fuego al mojarse se convierten en conductores.

5.1.1.– Accidente con rescate

En caso de tener que realizar un rescate, se le daría prioridad a la extinción. Hay que mantener la cabeza fría y no correr a socorrer a la víctima hasta no estar seguro de como hacerlo pese a la presión o instinto de acudir de inmediato a socorrerle.

Si la persona está en contacto con partes conductoras hay que confirmar el corte del suministro antes de proceder a sacarla de ahí, únicamente si su vida esta en riesgo inminente y las condiciones de seguridad son aceptables se procederá a su rescate con

tensión usando una pértiga aislante, guantes, banqueta y manta de protección como mínimo.

5.1.2.– Vehículo en contacto con líneas eléctricas de alta tensión

Cuando un vehículo entra en contacto con alta tensión, como por ejemplo una grúa que toca accidentalmente las líneas, o un coche que choca con un poste, el vehículo suele quedar inutilizado y su estructura metálica cargada. Le ordenaremos a la persona de su interior que no toque nada ni altere el medio hasta que se confirme el corte de suministro.

En caso de incendio o de una necesidad imperiosa de abandonar el vehículo hay que realizarlo de la siguiente manera:

- Abrir la puerta del vehículo sin tocar partes metálicas.
- Saltar lo más lejos de él, cayendo con los dos pies juntos.
- Alejarse del vehículo saltando con los dos pies juntos, nunca caminando.

5.1.3. – Accidente con alumbrado público

Las farolas y los diferentes sistemas de iluminación pública poseen cuadros generales de protección que las conectan con las acometidas. Una vez localizadas estas cajas basta con cortar la alimentación. Abriendo el interruptor y retirando los fusibles. Si no es posible localiza la caja de la farola afectada se actuarían sobre la anterior y la posterior, cortando los cuatro bornes de cada una para dejarla totalmente aislada.

5.1.4.– Puesta a tierra en alta tensión

Una puesta a tierra colocada correctamente constituya una medida preventiva de gran eficacia para proteger a los trabajadores a exposiciones accidentales garantizando una situación de seguridad durante el tiempo que duren los trabajos. Para que esta protección sea efectiva es necesario garantizar que la puesta a tierra este correctamente instalada.

En caso de que no haya tomas de tierra en la zona es necesario proceder a su instalación, nunca con medios improvisados. Para hacerla con garantías es necesario usar medios fabricados para este fin. Si existieran puntos fijos de puesta a tierra es preferible usar estos elementos de descarga pues facilitan la operación y ofrecen mayores garantías de seguridad.

La conexión de las pinzas del equipo a los conductores de la instalación en proceso de descargo sólo se debe comenzar después de efectuar la conexión a tierra. Para realizar estas conexiones, el trabajador debe emplear los equipos auxiliares y de protección individual adecuados.

Secuencia de puesta a tierra en alta tensión	
1	Comprobación visual del buen estado del equipo de puesta a tierra.
2	Comprobar que el verificador de ausencia de tensión es el adecuado
3	comprobación visual del buen estado de los equipos de protección individual
4	Comprobación del buen funcionamiento del verificador de ausencia de tensión
5	Conexión de la pinza o grapa de puesta a tierra al electrodo de tierra. Si es el caso, desenrollar totalmente el conductor de puesta a tierra.
6	Colocar según las instrucciones del fabricante, los equipos de protección individual. La evaluación de riesgos establecerá que tipo de equipos serán necesarios.
7	Colocación de los medios de protección colectiva, por ejemplo, una alfombra o banqueta aislante.
8	Verificación de ausencia de tensión en cada una de las fases.
9	Comprobar de nuevo el correcto funcionamiento del verificador de ausencia de tensión.
10	Conexión de las pinzas del equipo de puesta a tierra y cortocircuito a cada una de las fases mediante una pértiga aislante.

El equipo de protección individual a considerar en Alta Tensión para la colocación y retirada de la puesta a tierra consta de: guantes aislantes de alta tensión, guantes de protección contra riesgos mecánicos, guantes de protección contra arco eléctrico, pantalla facial o gafas adecuadas, arnés o cinturón de seguridad si procede, casco de seguridad aislante con barboquejo. Además, deberán usar la ropa de trabajo y el calzado de trabajo adecuado.

5.2. – Incidentes con baja tensión

El protocolo de actuación en baja tensión es prácticamente el mismo que en el alta, con la principal diferencia de que tenemos mucho más acceso a los elementos que cortan la tensión y mucha más facilidad y seguridad para manipularlos.

Maniobras de corte en baja tensión	
Líneas de distribución	Buscar el cuadro de baja para retirar los fusibles, después se procede al corte del trenzado. Se cortan los cables con cizalla dieléctrica teniendo en cuenta que los cables al cortarse pueden venirse encima.
Caja General de Protección	Se retiran los fusibles con el elemento de protección indicado para ello. Respetar orden de retirada fase-neutro indicado anteriormente.
Contadores	Abrir el interruptor de la LGA, si el incendio es en estos actuar sobre la CGP.
Vivienda (bloque de pisos)	Retirar el fusible del contador de la vivienda. Sino actuar sobre los elementos anteriores, lo que afectará a las otras viviendas.
Unifamiliar o industria	Buscar el armario de protección, donde se encontrará la CGP. Abrir el interruptor de maniobra y retirar los fusibles lo más rápido posible para evitar arco eléctrico.

Realizar toda maniobra debidamente equipado y recordar la obligatoriedad de abrir con corte visible todas las fuentes de tensión y realizar una comprobación de ausencia de tensión en cada uno de los conductores tras el corte.

5.2.1. – Secuencia de puesta a tierra en baja tensión

Al igual que en alta tensión una buena puesta a tierra nos puede librar de accidentes. En este caso la secuencia de puesta a tierra es ligeramente diferente a la de alta tensión. La conexión de las pinzas del equipo a los conductores de la instalación en proceso de descargo sólo se debe comenzar después de efectuar la conexión a tierra. Para realizar estas conexiones, el trabajador debe emplear los equipos auxiliares y de protección individual adecuados.

Secuencia de puesta a tierra en baja tensión	
1	Comprobación del verificador de ausencia de tensión
2	Comprobación visual del buen estado del equipo de puesta a tierra
3	comprobación visual del buen estado de los equipos de protección colectiva e individual
4	Colocación según las instrucciones del fabricante, de los equipos de protección individual seleccionados según la evaluación de riesgos.
5	Colocación de los medios de protección colectiva.
6	Verificar la ausencia de tensión entre fases y cada fase y neutro.
7	Conectar la pinza de puesta a tierra en el conductor de protección o en la toma del cuadro de baja tensión.
8	Conectar las pinzas del equipo al neutro y a cada una de las tres fases mediante las pértigas adecuadas para baja tensión.

El equipo de protección individual a considerar en baja tensión para la colocación y retirada de la puesta a tierra consta de: guantes aislantes de alta tensión, guantes de protección contra riesgos mecánicos, guantes de protección contra arco eléctrico, pantalla facial o gafas adecuadas, arnés o cinturón de seguridad si procede, casco de seguridad aislante con barboquejo. Además, deberán usar la ropa de trabajo y el calzado de trabajo adecuado.

En general, antes de comenzar la retirada de la puesta a tierra deben ser informados todos los trabajadores involucrados para que abandonen la zona de trabajo, de forma que solo queden los necesarios para llevar a cabo las citadas mediciones o ensayos. Estos últimos dispondrán de los equipos auxiliares y de protección individual necesarios para aislarse del riesgo eléctrico.

Anexo 1 - Bibliografía

- SEARS, ZEMANSKY, YOUNG, FREEDMAN: " Física Universitaria", Vol. II, Pearson, 1999
- TIPLER-MOSCA: "Física para la Ciencia y la Tecnología" Vol 2, Electricidad y Magnetismo, Editorial Reverté, 2005
- Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico, Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).
- Instrucciones Técnicas Complementarias – BT (ITC-BT de 01 a 51)
- Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto. Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- Reglamento de líneas de alta tensión
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 614/2001, del 8 de junio sobre Disposiciones Mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Créditos

Tema elaborado por Miguel Gorria Lázaro, bombero conductor del Ayuntamiento de Zaragoza, con la colaboración de Jesús Martínez Martín, Oficial Bombero del Ayuntamiento de Zaragoza.

Versión 0.1 Febrero 2022