

Instituto Técnico  
Superior de  
Electricidad



Reconocido por el Ministerio de Educación y Ciencias - Resolución N° 391/04

# Seguridad Ocupacional



## Introducción

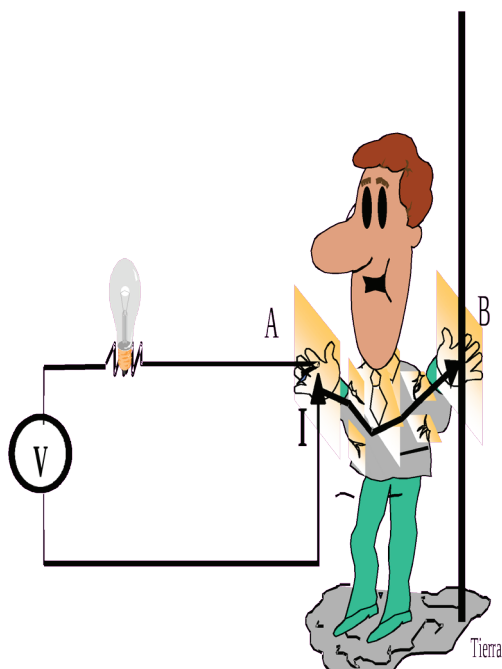
Anualmente, en nuestro país, se producen numerosas muertes en accidentes relacionados con deficiencias en las instalaciones y sus componentes.

Esta problemática tiene su origen en causas fundamentales como ser: la fabricación, importación y comercialización de materiales y equipos, que si bien son legales, no resisten ningún tipo de control de calidad.

El escenario se completa con los electricistas que ofrecen sus servicios sin la adecuada preparación técnica, generando enormes riesgos y accidentes. Y a estos peligros, se le suma el nulo control del desempeño profesional por parte de organismos competentes.

## Riesgos probables que pueden darse en una instalación eléctrica

- Descargas eléctricas de origen directo e indirecto y que pueden provocar tetanización, contracciones de los músculos, paro respiratorio, fibrilaciones ventriculares, quemaduras, infarto, taquicardia y otras.
- Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.
- Fallos de las tomas a tierra.
- Incorrecta instalación, cortes, defectos de conexión, etc.
- Caídas de tensión por sobrecarga que repercuten en el calentamiento de instalaciones (conductores), receptores y aparatos.
- Otros riesgos propios de la energía eléctrica.



## Riesgos de la corriente eléctrica (resistencia del cuerpo humano)

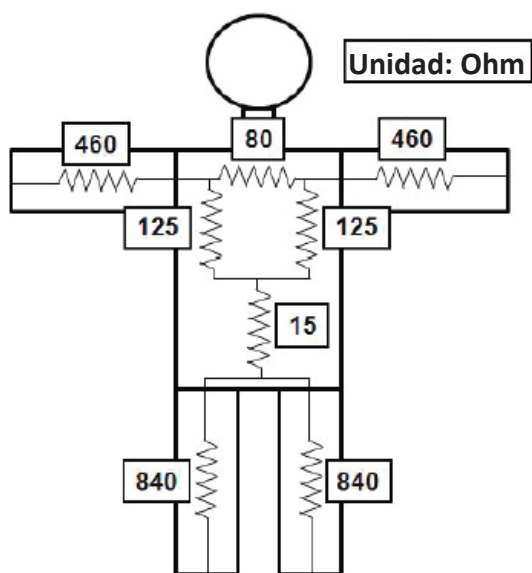
Los efectos producidos en el cuerpo humano dependen de la corriente (intensidad) que atraviesa el cuerpo humano y el tiempo de exposición a la descarga. Los efectos también dependen de la impedancia encontrada por la corriente a su paso a través de dicho cuerpo.

Esta impedancia no es lineal, ya que depende del camino seguido por la corriente eléctrica, de la frecuencia de la corriente, de la tensión de contacto y de otras circunstancias como ser entrada y salida de la descarga.

En la tabla de la página siguiente se pueden observar los efectos de la corriente alterna, sus efectos y consecuencias sobre el cuerpo humano.

Margen	Intensidad (corriente alterna) en mA	Efectos	Consecuencias
1	2, 10 hasta 25	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligero cosquilleo.</li> <li>- Entumecimiento.</li> <li>- Calambres musculares.</li> <li>- Aumento de la presión sanguínea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Susto con movimientos incontrolados.</li> <li>- Ya no puede uno soltarse.</li> <li>- Paralización de la respiración, a veces pérdida del conocimiento.</li> </ul>
2	25 hasta 80	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Convulsiones del estómago.</li> <li>- Fuertes calambres musculares.</li> <li>- Fibrilación ventricular al cabo de un tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Náuseas.</li> <li>- Rotura de huesos debidos a contracciones.</li> <li>- Falla la circulación de la sangre.</li> <li>- Falta de oxígeno en el cerebro al cabo de 4 min.</li> <li>- Muerte de las células del cerebro.</li> </ul>
3	80 hasta 5000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibrilación ventricular al cabo de 0,1 s.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paro cardíaco y muerte.</li> </ul>
4	más de 5000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quemaduras graves.</li> <li>- Frecuentemente paro cardíaco, en general no provoca fibrilación ventricular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muerte debido a quemaduras, a menudo al cabo de días o semanas.</li> </ul>

### Valores medios de la resistencia entre distintos puntos del cuerpo



En la siguiente figura se puede apreciar la resistencia aproximada del cuerpo humano, en el peor de los casos la resistencia resultante si la corriente entra por una mano y sale por la otra, tendríamos una resistencia total de 1000  $\Omega$ , y los científicos descubrieron que la corriente máxima aproximada que puede soportar el cuerpo humano es de 30 mA (De ahí el valor del interruptor diferencial).

De acuerdo a los valores de la tabla anterior, podemos deducir que el voltaje ya peligroso para el cuerpo humano sería: Tendríamos que de acuerdo a la Ley de Ohm,

$$U = I \times R = 30/1000 \times 1000 = 30 \text{ V.}$$

### Tipos de corriente e intensidad

La corriente alterna de 50 Hertz puede conducir a la muerte por paro cardíaco, incluso a partir de una intensidad de 10 mA, si la duración de la exposición es de más de 2 segundos.

Para la frecuencia de 50 hertz la corriente alterna actúa 100 veces por segundo sobre la fase sensible del músculo cardíaco. Esta duplicación resulta de que tanto el semiciclo (la media onda) positivo, como el semiciclo negativo de la corriente alterna tienen efecto biológico. En contraposición, pueden registrarse casos de supervivencia en accidentes con corriente continua, incluso hasta 300 mA.

La magnitud real del flujo eléctrico depende de la resistencia eléctrica que el cuerpo humano o animal presente al ser atravesado por la corriente. Esta resistencia no es constante y depende a su vez de varios parámetros. En la práctica, la mayor parte de las veces en que se hace referencia a las fuentes de peligro se trata de las fuentes de tensión.

La corriente eléctrica es la resultante del valor de la tensión y de la resistencia del cuerpo. Sin embargo, casi siempre se utiliza la tensión eléctrica como criterio para la clasificación de riesgo, debido a que los valores de la resistencia del cuerpo fluctúan dentro de determinados rangos conocidos.

No obstante hay notables excepciones: Un desfibrilador se aplica para salvar la vida, pero la tensión alcanza hasta 750 voltios y el tiempo entre 1 y 20 milisegundos. La intensidad de corriente puede alcanzar hasta aproximadamente 15 amperios, supuesta una resistencia corporal promedio de 50 ohmios. La corriente continua produce cambios químicos en el cuerpo, debido a la electrólisis.

### Alta frecuencia

A partir de 100 kHz produce apenas una estimulación nerviosa mínima y sobre los 300 kHz no produce absolutamente ninguna, dado que la conducción iónica imperante en los nervios ya no logra seguir el ritmo acelerado de los cambios de polarización. Pueden presentarse, sin embargo, las lesiones térmicas que son dependientes de la tensión y constituyen efectos deseables en la electrocirugía para detener hemorragias.

### Qué ocurre realmente cuando un cuerpo humano es electrocutado (y de qué depende que sigas con vida)

Es posible que hayas tenido un accidente doméstico con un enchufe, en cuyo caso, quizás dijiste aquello de “me he electrocutado”. Si es así, afortunadamente lo que te ocurrió no fue una electrocución. ¿Qué ocurre realmente cuando te electrocutas y de qué depende que sigas con vida?

Técnicamente, la mayoría de los casos donde se habla de “electrocuciones”, en realidad se trata de descargas eléctricas: una corriente eléctrica funcionando a través de un cuerpo.

La razón es sencilla: la palabra electrocución proviene de una combinación de las palabras “eléctrico” y “ejecución”, por lo que se combinó específicamente para describir las muertes por descarga eléctrica. Por tanto, que una descarga eléctrica se convierta en electrocución depende de la naturaleza de la corriente involucrada. Cuando el cuerpo recibe una descarga leve, es posible que sólo sientas un ligero hormigueo en la piel, pero a medida que una descarga aumenta, la corriente puede causar quemaduras de leves a severas, o incluso contracciones musculares y convulsiones debido a que los nervios y los músculos se sobreestiman.



La cantidad de corriente que fluye en un cuerpo se mide en amperios y, por ejemplo, una corriente de tan sólo 20 miliamperios puede hacer que alguien pierda el control de su diafragma y dejar de respirar. Si fueran más de 100 miliamperios podrían detener un corazón.

Sin embargo, y aquí está una de las claves, hay diferencias. Es posible que si tocás el cable de tu cargador de teléfono de más de 100 miliamperios no te mate (por favor, no intentar jamás), y no lo hace porque la cantidad de corriente en el cable no es realmente lo que importa, lo es la cantidad de corriente que entra en tu cuerpo.

Esto está influenciado por dos cosas: el voltaje, que es la diferencia en el potencial eléctrico que impulsa la corriente, y la resistencia de tu cuerpo a la corriente.

Básicamente, si la corriente fuera algo así como agua que fluye a través de una tubería, el voltaje sería la presión del agua, y la resistencia sería como la sección más estrecha de la tubería por la que es más difícil para que el agua fluya.

La piel humana es bastante buena para resistir la corriente, siempre que el voltaje no sea demasiado alto. Se considera electricidad por encima de 500 voltios como alto voltaje, y llegados a ese punto puede perforar la barrera resistente de la piel y detener un corazón.

Por cierto, una toma de corriente típica se considera de “bajo voltaje” (en Paraguay es 220 voltios). Sin embargo, aunque esta descarga eléctrica pueda ser leve y relativamente inofensiva, incluso el bajo voltaje puede ser un peligro si entra en contacto con la piel mojada, o se produce una subida de tensión.

### **Factores de riesgo en instalaciones de baja tensión**

En cuanto a factores de riesgo se refiere, hay que valorar los siguientes:

- El trabajo será ejecutado por personal cualificado y autorizado.
- Los trabajos eléctricos energizados (con tensión) se realizarán aplicando procedimientos adecuados de trabajo en lo que se refiere a aislamiento (utilización de equipos y útiles aislados).
- En la ejecución de los trabajos eléctricos se utilizarán herramientas dieléctricas.

### **Los trabajos eléctricos sin tensión (desenergizado) se realizarán aplicando las siguientes reglas:**

- Abrir las fuentes de tensión (interruptores).
- Bloquear y señalizar.
- Verificar ausencia de tensión.
- En líneas aéreas desnudas, puestas a tierra y en cortocircuito.
- Los trabajos en proximidades de líneas eléctricas se realizan con procedimientos que eviten posibles contactos accidentales.
- Los equipos de protección individual, como ser cascos, pantallas, guantes etc., estarán en perfecto estado de utilización.
- Los elementos de protección colectivos, como pértigas, detectores de tensión, alfombrillas aislantes, tierras auxiliares etc., estarán en condiciones óptimas de empleo.

### **Cómo prevenir incendios causados por problemas eléctricos**

Un cable dañado, un enchufe flojo, un artefacto que está funcionando mal, son pequeñas cosas a las que no le damos importancia, pero pueden provocar fallas eléctricas y como consecuencia, un incendio en nuestro hogar.

En un incendio no sólo podemos sufrir daños materiales, sino lesiones en personas y hasta la pérdida de algún ser querido; y todo esto por descuido o por no darle la importancia que tiene el sistema eléctrico en el hogar.

Realizando un mantenimiento periódico, leyendo con atención las advertencias del fabricante de nuestros electrodomésticos y siempre acudiendo a personal capacitado ante cualquier desperfecto, podemos evitar un daño irreparable y del cual nos lamentaremos el resto de nuestras vidas. Los siguientes consejos son simples acciones cotidianas que debemos incorporar a nuestra rutina diaria para prevenir incendios causados por desperfectos eléctricos. De esta manera, podremos transformar nuestro hogar en el lugar seguro que siempre debe ser.



### Trucos para prevenir incendios eléctricos

- Revisar regularmente el estado de los cables que se encuentran a simple vista.
- Controlar periódicamente el correcto funcionamiento del disyuntor.
- En caso de detectar algún problema, no intentar solucionarlo por sí mismo o llevar a cabo un arreglo "temporario", llamar siempre a personal capacitado para esas tareas de forma inmediata.
- Nunca intentar reparar los cables con cinta aisladora. Esta cinta suele despegarse y dejar nuevamente los cables al descubierto, poniendo en riesgo a cualquier persona que los toque sin darse cuenta de la rotura, o también provocar un cortocircuito y posterior incendio.
- Si el disyuntor salta con cierta frecuencia, nos está indicando que dentro del hogar hay una falla eléctrica que debe ser solucionada sin demoras. Generalmente, esto ocurre cuando hay un consumo muy grande de energía y los circuitos no son capaces de soportarla, produciendo el corte de energía.
- Al retirarse de la casa, no dejar nunca aparatos eléctricos enchufados si no es totalmente necesario (microondas, televisores, computadores, equipos de música, etc.) Si la ausencia se prolongara por varios días, lo ideal es desconectar directamente la corriente de toda la casa.
- Al realizar un cambio de disyuntor optar por aquellos que se adaptan a las necesidades del hogar y que sean de calidad.
- Los enchufes no deben ser recargados con varios triples o alargadores. Es conveniente colocar otra boca más en la casa que recargar las que ya están instaladas.
- La plancha es uno de los electrodomésticos que jamás debe quedar enchufado luego de su uso, ya que se recalienta y seguramente provocara un cortocircuito. Nunca debe quedar enchufada sobre la ropa por más que sean solo unos minutos. Este es uno de los errores mas frecuentes y que producen un alto índice de incendios en el hogar.
- Los electrodomésticos deben estar siempre un poco alejados de la pared, para que puedan airearse mientras son usados.
- Si algún aparato eléctrico no funciona correctamente o sabemos que un cable no se encuentra en buen estado, hay que desestimar su uso hasta que se lo repare.
- Al comprar productos eléctricos, siempre debemos leer las indicaciones sobre su correcto uso.

Si el mismo dice que no deben ser utilizados con prolongadores o que deben ser colocados en algún lugar específico, esas recomendaciones deben ser tenidas en cuenta, ya que son elaboradas por los fabricantes y de esa manera podremos evitar accidentes que luego lamentaremos.

### Medidas preventivas en las instalaciones eléctricas

- Toda instalación, conductor o cable eléctrico debe considerarse conectado y bajo tensión.
- Antes de trabajar en ellos se debe comprobar la ausencia de voltaje con un equipo adecuado.
- Sólo realizar trabajos eléctricos con personal capacitado y autorizado para ello. La reparación y modificación de instalaciones y equipos eléctricos es única y exclusivamente competencia del personal idóneo en la instalación y/o mantenimiento eléctrico.
- El responsable de un sector de trabajo o en el hogar, debe recurrir a estos expertos en el caso de averías o nuevas instalaciones.
- El responsable debe prestar atención a los calentamientos anormales en motores, cables, armarios y equipos, tomando acción para su inmediata revisión.
- En el uso de un equipo o aparato hogareño, al notar cosquilleos o el menor chispazo se debe proceder a su inmediata desconexión y posterior notificación.
- En el trabajo con máquinas o herramientas alimentadas por electricidad es preciso aislarse utilizando equipos y medios de protección individual certificados.
- Todo equipo eléctrico, herramienta, transformador u otro con tensión superior a la de seguridad (24 voltios) o que carezca de características dieléctricas de doble aislamiento, estará unido o conectado a tierra y en todo caso tendrá protección con interruptor diferencial.
- Se debe comprobar periódicamente el correcto funcionamiento de las protecciones.
- No utilizar cables prolongadores que no dispongan de conductor de protección para la alimentación de receptores con toma de tierra.
- Todo cable de alimentación eléctrica conectado a una toma de corriente debe estar dotado de conector normalizado.
- Las herramientas eléctricas se deben desconectar al terminar su empleo o en la pausa de trabajo.
- Será terminantemente prohibido desconectar máquinas, herramientas o cualquier equipo eléctrico, tirando del cable. Siempre se debe desconectar tomando la ficha enchufe-conector y tirando de ella. En el caso industrial, se debe disponer de llaves de corte fijas.
- Conviene prestar una especial atención a la electricidad si se trabaja en zonas con humedad. En los lugares mojados o metálicos se deben utilizar sólo aparatos eléctricos portátiles a pequeñas tensiones de seguridad.
- No gastar bromas con la electricidad.
- En el caso de una persona electrizada no la toque directamente.

### Precauciones a comprobar

Impedir el acceso a las partes en tensión manteniendo cerradas las cubiertas envolventes, si es posible con llave, que debe ser guardada por la persona responsable.

Los interruptores de alimentación son accesibles y que se conocen como utilizarlos en caso de emergencia.

Retirar del uso todo aparato que se sospeche que presenta algún problema, y se coloca en lugar seguro con una etiqueta de **"NO USAR"**, en espera de ser revisado por personal competente.

Desconectar de la red eléctrica las herramientas y equipos antes de proceder a su limpieza, ajuste o mantenimiento.

### Importancia del buen estado de los conductores eléctricos para lograr la seguridad de la instalación eléctrica

Los materiales usados en la aislación eléctrica de los conductores, cuando son de buena calidad y el uso de ellos ha sido correcto – es decir cuando la temperatura de operación del conductor no fue superada, por una buena selección de la sección del conductor, uso de la instalación sin sobrecargas por una adecuada protección mediante interruptores termomagnéticos, etc. – puede superar los 20 años.

Sin embargo, pequeñas sobrecargas que podrían no ser detectadas por los sistemas de protección, acortan la vida del conductor.



### Incremento en el uso de artefactos eléctricos

Los artefactos eléctricos que actualmente usamos (cocina eléctrica, calentadores eléctricos, microondas, equipos de sonido, juegos electrónicos, etc.) nos han traído beneficios y confort, aunque es importante destacar que este crecimiento debe estar acompañado por un análisis sobre la capacidad de carga de la instalación eléctrica, para determinar si está en condiciones de resistir incrementos en el consumo de electricidad por la presencia de más artefactos, de lo contrario corremos el riesgo de que se presenten accidentes eléctricos que pongan en peligro nuestra vida, la de nuestra familia y la seguridad de nuestra inversión.

### Los accidentes eléctricos

Los accidentes típicos que se pueden presentar en una instalación eléctrica (incendios por causa eléctrica y electrocuciones) pueden ser prevenidos por parte de los usuarios, dado que la exposición a la ocurrencia de un accidente depende, en gran medida, de las decisiones que ellos toman.

### Instalaciones eléctricas seguras y confiables

Una instalación eléctrica segura y confiable es aquella en la que sus componentes garantizan que se reduzca al mínimo la probabilidad de ocurrencia de accidentes que pongan en riesgo la vida y la salud de los usuarios, así como la posibilidad de fallas en los equipos eléctricos. Por ello, en las instalaciones donde los componentes usados son de mala calidad (producto no certificado de acuerdo a normas) o donde los usuarios no han tomado con seriedad el rol preventivo que les compete, están expuestas a accidentes de origen eléctrico en forma permanente.

### Instalaciones antiguas: peligro inminente

Las instalaciones eléctricas antiguas deben ser el principal foco de atención a estos problemas, dado que no están preparadas para resistir la creciente demanda eléctrica.

Los conductores eléctricos que han cumplido su vida útil, son una de las principales causas de los accidentes eléctricos, si:

La sección de los conductores no está de acuerdo con la potencia actual que consume la instalación.

El sobrecalentamiento de los conductores, producido por el exceso de consumo eléctrico (sumado a una protección inadecuada), se traduce en envejecimiento acelerado de la aislación.

El conductor utilizado es de “mala calidad” (no cuenta con la certificación de acuerdo a normas), existiendo diferencias en la sección real del cobre, a pesar de ser conductores del mismo calibre o sección nominal.



Se producen daños mecánicos sobre los cables durante su instalación o a posteriori, cuando los cables no están canalizados adecuadamente.

### **Además, debemos tener en cuenta...**

El mal estado del material aislante, debido a la antigüedad del conductor, puede originar corrientes de fuga y hasta cortocircuitos, incrementando este peligro la presencia de humedad en el lugar de instalación.

El crecimiento desmedido de las instalaciones mediante el uso de extensiones y sin la asesoría de electricistas calificados, puede ocasionar sobrecargas en la instalación.

La compra de materiales inadecuados, sean de ocasión, a reducidos, sin certificación, los que, generalmente, incumplen las normas de calidad y seguridad del producto, pueden poner en riesgo la instalación y a sus usuarios.

La ausencia de mantenimiento preventivo de la instalación incrementa el riesgo por el simple paso de los años.

### **Renovación de la instalación eléctrica**

La vida útil de los conductores de una instalación eléctrica se da cuando llega a los 20 años. Por lo que deberá plantearse el reemplazo de dichos conductores y sus correspondientes protecciones, conjuntamente con el redimensionamiento integral de la instalación.

De la misma manera, es importante aprovechar el momento de las remodelaciones en la instalación, para inspeccionarla y determinar si su estado es el correcto para los artefactos eléctricos que se están usando y los que se proyecte utilizar en el futuro cercano.

Se debe considerar, además que el uso de conductores eléctricos antiguos puede ocasionar un mayor consumo de energía eléctrica de la instalación (pérdida de energía en forma de calor) de manera que, su renovación, permitirá ahorrar dinero y disponer de una instalación segura y confiable.

En este aspecto juegan un papel importante los usuarios, cuya toma de conciencia debe ser elevada dado el riesgo que conlleva tener una instalación en mal estado. Es mayor aún la responsabilidad de los profesionales calificados para estas labores, cuyas recomendaciones a los usuarios servirán para tomar mejores decisiones de seguridad eléctrica.

### **Profesionales electricistas calificados**

La seguridad de la instalación eléctrica depende de numerosos factores, incrementándose el peligro con la antigüedad de la instalación y el comportamiento del usuario en la utilización de la electricidad.

Los conductores eléctricos juegan un papel importante en la seguridad de la instalación eléctrica por su impacto en la presencia de accidentes eléctricos.

El correcto dimensionamiento de las secciones y la adecuada selección de los tipos de conductores eléctricos a usar previenen accidentes eléctricos como por ejemplo incendios y electrocuciones.

Es necesaria la evaluación periódica de las instalaciones eléctricas cuando tienen una antigüedad mayor a 20 años, se recomienda la renovación de los conductores eléctricos con el fin de prevenir accidentes eléctricos.

Es importante tener en cuenta que para todo tipo de modificación que se realice en la instalación eléctrica, la participación de un profesional electricista calificado.

### Arco eléctrico perturbador

Un arco eléctrico es una descarga que se mantiene por sí misma en una atmósfera gaseosa. Esta descarga se origina por la ionización del gas y produce un enlace eléctrico conductor entre electrodos de diferente potencial, con diferente relación de fases o entre una de estas fases y tierra. Un arco eléctrico en una instalación eléctrica es un acontecimiento involuntario; se habla de un arco eléctrico perturbador cuando un arco eléctrico originado en una instalación eléctrica o en un medio eléctrico de producción no se presenta de forma prevista sino que ocurre por un fallo. La causa es una falta técnica o – como se registra en la mayoría de los casos – un error humano. Casi todos los cortocircuitos en una instalación eléctrica están relacionados con la aparición de arcos eléctricos perturbadores en los que se liberan cantidades gigantescas de energía.

**Los arcos eléctricos no aparecen sólo en cortocircuitos, sino también en acciones de desconexión o interrupción de circuitos eléctricos bajo corriente (fusibles, interruptores, cables, conexión de cables, puntos de fijación) si no se toman precauciones especiales.** También estos arcos eléctricos de conexión pueden provocar arcos eléctricos perturbadores y ser peligrosos para las personas. Sin embargo las mayores energías se liberan en caso de arcos eléctricos por cortocircuito.

Mientras que en el sector de baja tensión se necesita antes de un cortocircuito galvánico para que se produzca un arco eléctrico, en el sector de alta tensión sólo el hecho de no mantener la correspondiente distancia de aire a las piezas que se encuentran bajo tensión es suficiente para el surgimiento de un arco eléctrico (descarga disruptiva o contorno).

En dependencia del nivel de tensión, de la construcción de la instalación y de los trabajos que se llevan a cabo pueden surgir diferentes tipos de arcos eléctricos e incidir de forma diferente sobre una persona:

- arco eléctrico abierto – arco eléctrico en una instalación abierta; existe sobre todo peligro de radiación a partir de cierta distancia.
- arco eléctrico dirigido – arco eléctrico en un área de volumen limitado; existe el peligro por la concentración y ampliación de los efectos que resultan de la radiación, la corriente de calor (convección) y las salpicaduras de metal.
- arco eléctrico de expulsión – rayos de plasma son expulsados y afectan a personas.
- arco eléctrico deslizante – arcos eléctricos que se producen en la superficie del cuerpo en asociación con una electrocución (la corriente fluye a través del cuerpo humano) en sistemas de alta tensión. Debido a las energías extremadamente altas que aparecen con los arcos eléctricos perturbadores en caso de un cortocircuito existen altos riesgos de que las personas sean heridas, los medios de trabajo estropeados o destruidos y que se produzcan interrupciones en el abastecimiento de la corriente (apagones).



### Peligros de los arcos eléctricos perturbadores

#### Efectos físicos y técnicos

En dependencia de la potencia y el tiempo de combustión el arco eléctrico puede provocar efectos físicos muy variados que resultan principalmente de la temperatura extremadamente alta en la columna del arco eléctrico. **En un arco eléctrico se pueden alcanzar temperaturas por encima de los 5.000 °C.** Durante la formación del arco eléctrico una parte del metal de los electrodos se evapora e ioniza. De esta forma se produce un enlace conductor entre los electrodos. Con el aumento del flujo de corriente sigue aumentando también la temperatura lo que conduce a la formación de un plasma entre los electrodos. Este plasma del arco emite radiación.

Un plasma se caracteriza por la ruptura de todos sus enlaces químicos y por el estado ionizado de sus elementos. Por esta razón esta nube de plasma posee una gran agresividad química. Con la evaporación del metal y el fuerte calentamiento posterior se produce una expansión de masas y una dilatación de gases que transporta vapores metálicos y salpicaduras metálicas en forma explosiva desde las raíces del arco eléctrico.

Con el enfriamiento y la reacción con el oxígeno del aire se originan entonces óxidos metálicos que al seguir enfriándose se hacen visibles en forma de humo negro o gris. Mientras los vapores y el humo estén suficientemente calientes forman al depositarse sobre las superficies una contaminación muy adherente.

Otro efecto físico inmediato durante la formación de un arco eléctrico es el gran aumento de presión que en un espacio de tiempo de 5 a 15 ms puede alcanzar un primer valor máximo de hasta 0,3 MPa. Esto equivale a una presión de 20 a 30 t/m<sup>2</sup>.

Si la ola de presión no puede extenderse sin impedimentos entonces **la instalación eléctrica y la construcción que la rodea corren peligro de destrucción mecánica. Esto puede conducir al lamamiento de puertas o recubrimientos, al reventamiento de chasis o al derrumbe de paredes interiores.**

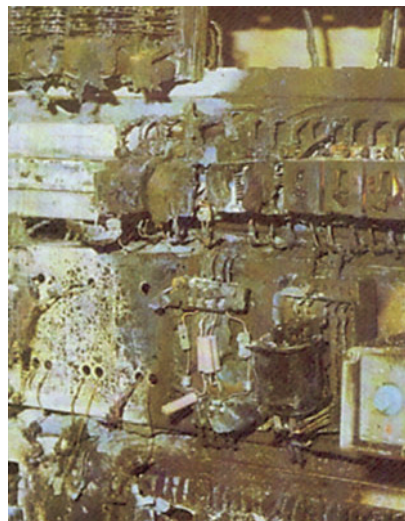
La radiación óptica, la corriente de calor convectiva del flujo caliente de plasma y de gas y los rayos de plasma, que aparecen en las raíces del arco eléctrico, conducen a exposiciones térmicas y a daños. En dependencia de la intensidad del arco eléctrico la fuerte corriente de calor enciende e inflama los materiales inflamables que se encuentran en los alrededores. Las salpicaduras líquidas de metal procedentes del arco eléctrico refuerzan el peligro de incendio.

#### Efectos sobre el cuerpo humano

De los efectos físicos anteriormente descritos se deriva que las personas que trabajan en la cercanía de piezas bajo tensión están expuestas a un mayor riesgo ya que durante esos trabajos las instalaciones están abiertas o son abiertas y por esta razón pueden ocurrir efectos directos.

Los mayores peligros de lesiones para las personas resultan de:

- Olas de presión, fuerzas que actúan sobre el cuerpo y astillas catapultadas que resultan del rápido calentamiento del gas que rodea al arco eléctrico.



**Destrucciones en una instalación eléctrica después de un accidente con un arco eléctrico**

- Emisiones de sonido que constituyen un peligro para el oído.
- Radiaciones electromagnéticas, sobre todo radiaciones ópticas de gran intensidad (luz visible, ultravioleta, infrarroja) que pueden conducir a daños irreversibles de la piel y los ojos.
- Daños extremos por el calor debido a la radiación óptica, la nube de plasma caliente y el flujo de gas (corriente de calor).
- Gases tóxicos y partículas calientes que surgen durante la combustión y pirólisis de los materiales que se encuentran en los alrededores (incluyendo los electrodos).

Con el aumento súbito de la presión al encenderse el arco eléctrico se produce un ruido de detonación con niveles de presión acústica posiblemente mayores de 140 dB (no valorados) que pueden causar daños al oído humano.

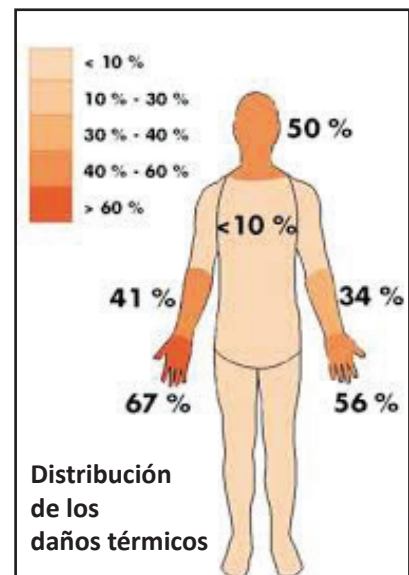
Las personas que se encuentran en la cercanía de un arco eléctrico están expuestas a un alto riesgo por los productos de descomposición tóxicos liberados durante el arco eléctrico. Éstos pueden conducir a efectos de quemadura dañinos para la piel y provocar también serios daños en los pulmones al ser inhalados.

**El riesgo principal emana de los peligros térmicos. Al incendiarse las prendas de vestir y otros objetos que las personas llevan consigo se pueden producir lesiones graves.** Independientemente del vestuario o del equipamiento de protección que un accidentado use cuando aparece el arco eléctrico también es de gran interés para el desarrollo de medidas preventivas la distribución de las quemaduras externas.

**Los accidentes por arcos eléctricos provocan sobre todo quemaduras en las manos y en la cabeza incluyendo el cuello.** En más de las dos terceras partes de los accidentes ocurren quemaduras de la mano derecha y en casi la mitad de todos los accidentes quemaduras en la región facial y del cuello. Pero también los antebrazos son dañados frecuentemente (el derecho en un 41 % y el izquierdo en un 34 % de los casos). Las quemaduras de las otras partes del cuerpo ocupan un porcentaje menor del 10 %. **Sin embargo consecuencias graves y hasta mortales son probables particularmente en caso de quemaduras de grandes superficies de la piel.**

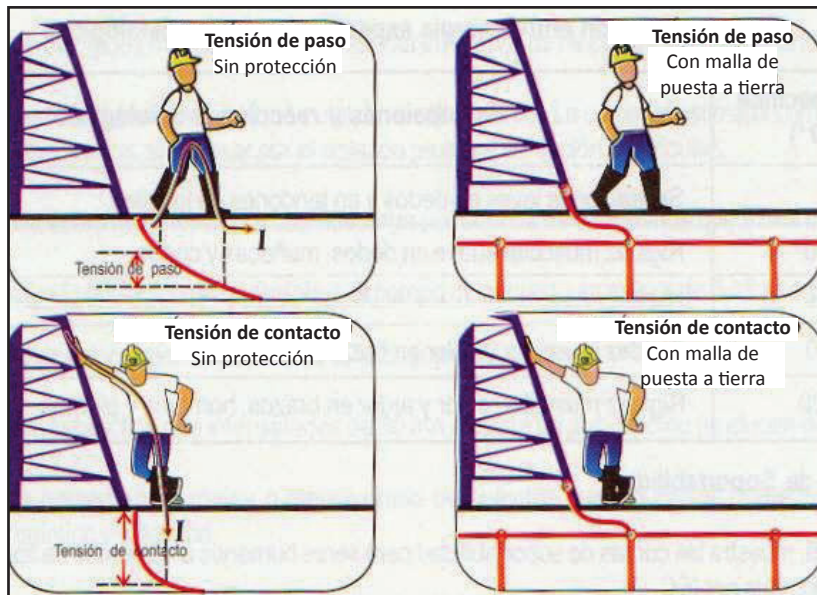
### Tensión de paso

Cuando una corriente eléctrica se descarga a través del suelo, ocurre una elevación de potencial en torno al electrodo de aterramiento, formándose un gradiente (distribución) de caída de tensión, cuyo punto máximo está junto al electrodo y el punto mínimo muy apartado de él. **Si una persona estuviera en pie en cualquier punto de la región donde hay esa distribución de potencial, entre sus pies habrá una diferencia de potencial, llamada tensión de paso, la cual es generalmente definida para una distancia entre los pies de 1m. Consecuentemente, podrá haber circulación de una corriente a través de las dos piernas, generalmente de menor valor de aquel considerado en la tensión de toque, pero aún así desagradable y que además debe ser evitada.**



## Tensión de toque o de contacto

Si una persona toca un equipamiento sujeto a una tensión de contacto, se puede establecer una tensión entre manos y pies, llamada tensión de toque. En consecuencia, **podremos tener el pasaje de una corriente eléctrica por el brazo, tronco y piernas, cuya duración e intensidad podrán provocar fibrilación cardíaca, quemaduras u otras lesiones graves en el organismo.**



## Contactos directos y contactos indirectos

Si una corriente eléctrica atraviesa el cuerpo humano puede producir la muerte. En muchas ocasiones la causa de muerte está en el corazón que, sometido a una actividad intensa e irregular, se agota y para. Se ha averiguado que una intensidad de corriente de 20 mili amperios (mA) ya puede causar la muerte, en el supuesto caso de que una parte de esta corriente pase por el corazón; esto ocurre por ejemplo cuando la corriente entra por una mano y sale por la otra o por los pies.

En estos casos, la parálisis del corazón comienza a los 0,2 segundos aproximadamente del paso de la corriente. Por otro lado, la resistencia eléctrica de un individuo depende de los siguientes factores:

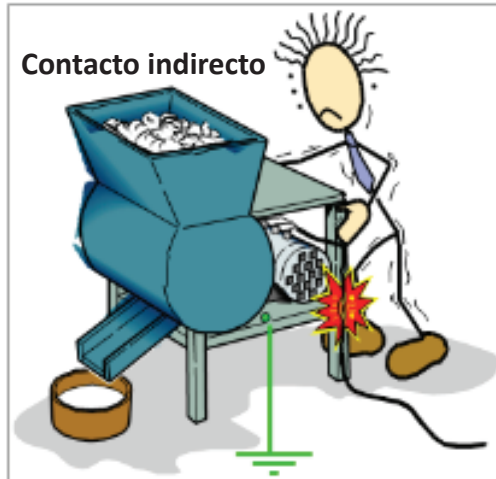
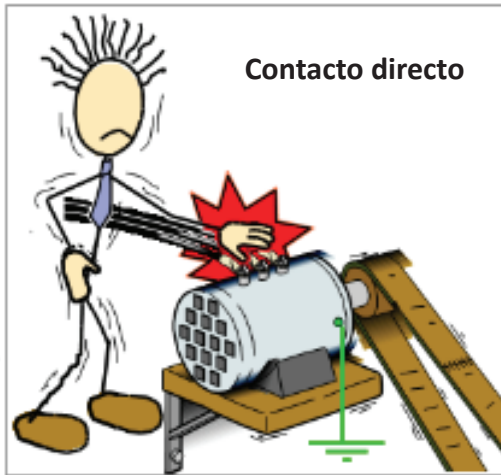
- a) Constitución del individuo.
- b) Naturaleza de los puntos por donde entra y sale la corriente. Por ejemplo, si los puntos de contacto son las manos, el valor de la resistencia eléctrica será diferente si éstas están secas o sudorosas, si tienen o no tienen callosidades, etc.
- c) **Tensión eléctrica de la línea.** Está demostrado que cuando la tensión aumenta, la resistencia eléctrica del cuerpo humano disminuye hasta unos 1000  $\Omega$ ; mientras que, para pequeñas tensiones, puede alcanzar valores de casi 4000  $\Omega$ . Esta variación se explica porque cuanto más elevada sea la tensión más numerosos son los puntos de la piel que sufren la perforación eléctrica. Dadas todas estas circunstancias podemos suponer que el cuerpo humano tiene unos 3000  $\Omega$  de resistencia eléctrica. Como la corriente de 20 mA comienza a ser peligrosa, podemos afirmar que la tensión de 60 V es la tensión mínima por encima de la cual resulta peligrosa para el cuerpo humano (antes 80 V).

Como se puede apreciar en el siguiente cálculo:  $U = I \times R = 0,02 \times 3000 = 60 \text{ V}$ .

Por lo tanto deben evitarse las tensiones de contacto superiores a 60 V. Pero esto no es posible, ya que el suministro de energía eléctrica de los abonados se realiza siempre a tensiones bastante superiores. Entonces, hay que adoptar precauciones especiales en toda las redes eléctricas cuyas tensiones nominales sean superiores a los 60 V mencionado como límite inferior. Llamaremos **contactos directos** a los que se producen cuando se hace contacto directo con un conductor activo o el neutro de una instalación; y denominaremos contactos indirectos, llamados también contacto a masa, a los producidos al tocar partes de la instalación que son conductoras pero que están normalmente aisladas de las partes conductoras (ejemplo: las carcasas de los motores eléctricos).

En las siguientes figuras se pueden apreciar algunos ejemplos de contactos directos, con indicación del camino recorrido por la corriente.

**En la parte izquierda:** Ejemplo de **contacto directo**. El individuo toca con una mano una fase distinta de la línea y, por lo tanto, se encuentra sometido a la tensión existente entre dichas fases.



**En la parte derecha:** Ejemplo de **contacto indirecto entre un conductor activo y tierra en una red de baja tensión**. Es el que se produce por efecto de un fallo en un aparato receptor o accesorio, desviándose la corriente eléctrica a través de las partes metálicas de éstos.

## Protección contra contactos directos e indirectos

Respecto a las instalaciones eléctricas y receptores se citan los problemas que hay que evitar y que se pueden generar y los medios de protección que hay que utilizar. Se pueden apreciar en las siguientes tablas resumidas.

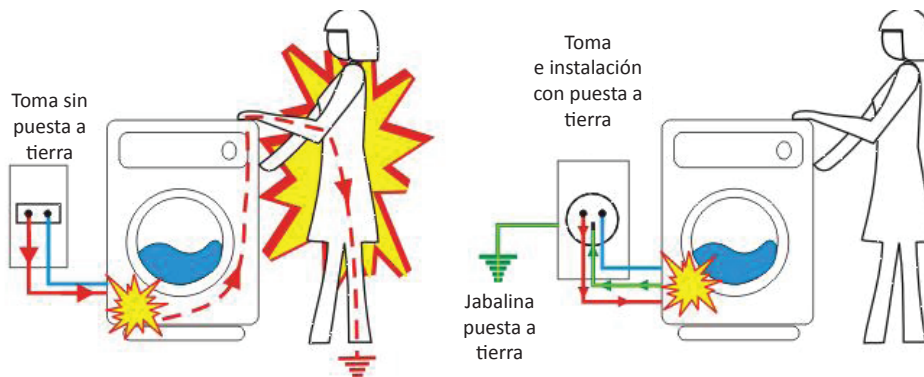
Accidentes en instalaciones y receptores	Medios de Protección
Intensidades de cortocircuito.....	Fusibles. Relés de intensidad. Relés magneto-térmicos.
Sobrecargas.....	Relés térmicos.
Sobreintensidades.....	Relés de intensidad.
Sobretensión.....	Relés de tensión (máxima).
Caídas de tensión.....	Relés de tensión (mínima).
Temperatura elevada por efecto Joule.....	Relés térmicos y magneto-térmicos. Selecciones adecuadas a la carga.
Contactos indirectos.....	Puesta a tierra. Interruptores diferenciales.
Contactos directos.....	Cerramientos adecuados. Interruptores diferenciales.
Explosión/incendio.....	Material y envoltentes adecuados.
Chispas y malos contactos.....	Aparellaje y materiales adecuados.
Defectos de aislamiento.....	Aislamientos adecuados a la necesidad.
Otros defectos.....	Solución adecuada a los mismos.

Tipos de accidentes	Medios de Protección
Contactos directos.....	Aislar y proteger las zonas bajo tensión eléctrica por medio de cerramientos o envoltentes adecuados. Formación e información sobre los riesgos.
Contactos indirectos.....	Además de los aislamientos de la zona, la puesta a tierra y la utilización de interruptores diferenciales y todos los que se citan en “Tipos de accidentes eléctricos”, respecto al aislamiento y utilización de tensiones especiales.
Condiciones especiales de utilización.....	Adecuación de los medios de protección a las características de los locales y productos que hay que manipular o elaborar. Tensiones especiales.
Incendio y explosión.....	Carcazas y envoltentes especiales. Instalación y receptores con nivel de protección adecuado al riesgo.

## ¿Por qué se deben preferir los sistemas de puesta a tierra?

El primer objetivo del aterramiento de los sistemas eléctricos es **proteger las personas o el patrimonio contra una falta (cortocircuito) en la instalación**. En términos simples, si una de las tres fases de un sistema no aterrado entra en contacto con la tierra, intencionalmente o no, nada acontece. Ningún disyuntor desliga el circuito, ningún equipamiento para de funcionar.

El segundo objetivo de **un sistema de aterramiento es ofrecer un camino seguro**, controlado y de baja impedancia en dirección a tierra para las corrientes inducidas por las descargas atmosféricas.



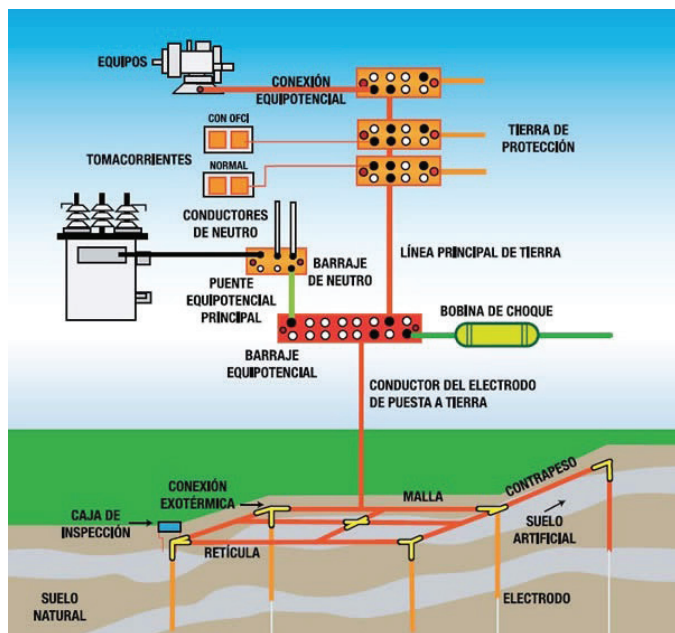
## Conexión equipotencial

Es la práctica de conectar eléctricamente de forma intencionada, todas las superficies metálicas expuestas que no deban transportar corriente, como protección contra descargas eléctricas accidentales.

El principio es muy sencillo. Si una falla eléctrica ocurre y existe una conexión equipotencial, todos los objetos metálicos en una estructura o una habitación están sustancialmente bajo el mismo potencial eléctrico. Aún si la conexión a tierra se pierde, el ocupante estará protegido de diferencias de potencial bajo los elementos conectados.



## Importancia de la conexión equipotencial



Una persona que toque algún metal de un dispositivo eléctrico, mientras que esté en contacto con un objeto metálico conectado a tierra, está expuesto a un riesgo de descarga eléctrica, siempre y cuando el dispositivo tenga un fallo. Si todos los objetos metálicos están conectados poseerán el mismo potencial. Debido a esto, no será posible obtener una descarga eléctrica por el contacto a dos "tierras expuestas" al tocar varios objetos a la vez.

La conexión equipotencial no protege al equipo. Sin embargo, si se conecta a la tierra no puede haber acumulación de energía eléctrica. Si la toma de tierra está unida a un elemento, está a cero

potencial, por lo que todos los equipos conectados a este elemento también lo estarán. **Es de destacar que la razón principal de la conexión equipotencial es la seguridad personal, así que una persona tocando dos equipos al mismo tiempo pero conectados equipotencialmente, dejan de ser blanco de descargas al dejar de estar en potenciales diferentes.**

## Protección de personas

### Interruptor diferencial

Los dispositivos de protección diferencial son los encargados de detectar las corrientes de defecto en una instalación eléctrica, al producirse un fallo en el aislamiento o un contacto accidental de una persona a una parte conductora energizada.

En condiciones normales, y según la ley de corriente de Kirchoff, la intensidad de entrada ( $I_1$ ) es igual a la intensidad de salida ( $I_2$ ). Cuando en el circuito a proteger se produce una corriente de defecto " $I_d$ " la igualdad entre  $I_1$  e  $I_2$  desaparece, provocando el disparo (apertura) del interruptor. Este aparato solo actúa cuando existe una fuga de corriente, no protege al circuito contra sobre corrientes ni corto circuito.

Calibres:

Protección de personas: 15 a 30 mA / 30 ms.

Protección contra riesgos incendio: 500 mA / 30 ms. No ofrece seguridad a las personas.

### Disyuntor Diferencial

Este aparato tiene incorporado tres dispositivos de protección:

- Protección contra corriente de fuga: a partir de cierto valor de fuga de corriente el disyuntor dispara, esta definido por su sensibilidad.
- Protección contra sobre corriente: si la corriente que circula por él es mayor a la su valor nominal, el aparato dispara en un tiempo inversamente proporcional a la sobre corriente.
- Protección contra corto circuito: este aparato abre el circuito en forma





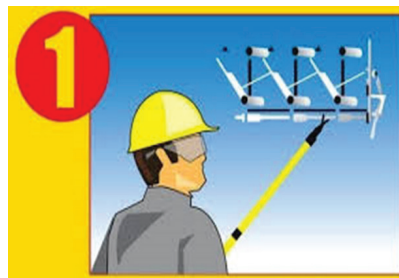
casi instantánea, este accionamiento está limitado por el poder de corte que posee.

## Cinco reglas de oro

**Conclusión:** Al trabajar en instalaciones eléctricas recuerde siempre:

### 1. Seccionar la línea de las fuentes energizadas

Obligatorio tanto en baja como en media tensión, deben abrirse con cortes visibles todas las fuentes de tensión mediante interruptores y seccionadores. Los seccionadores permiten separar las partes con tensión de las partes sin tensión.



### 2. Bloquear con candado los elementos de accionamiento del seccionador en posición abierta, e identificar

Obligatorio siempre que sea posible realizar tanto en baja como en media tensión. Se trata de evitar que se produzcan cierres imprevistos de los elementos de corte (seccionadores, interruptores, etc.), ya sea por un error técnico o un fallo humano, o cualquier causa imprevista.

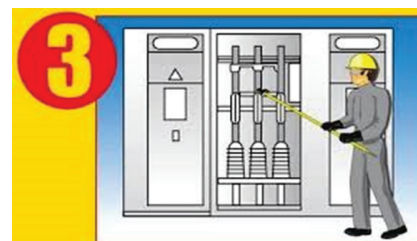
Además deben colocarse carteles señalizadores que informen acerca de la prohibición de accionarlos. Estos carteles deben ser normalizados.



### 3. Verificar la ausencia de tensión sobre cada uno de los conductores

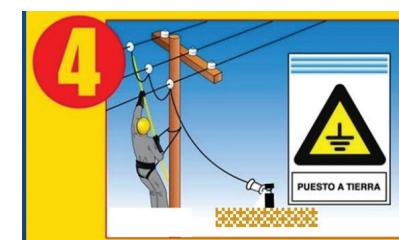
Obligatorio tanto en baja como en media tensión. Hay que tener en cuenta que a pesar de haber realizado un corte de tensión pueden aparecer tensiones peligrosas en las instalaciones debido a:

- Capacidad eléctrica de los conductores.
- Inducción magnética de una línea con corriente sobre la instalación que hemos desconectado.
- Descarga atmosférica (rayo), genera tensiones muy elevadas en la instalación, aunque son de muy corta duración.



### 4. Cortocircuitar la línea y derivar a tierra.

Obligatorio en baja tensión y en media tensión. Se deben unir cada uno de los elementos conductores entre sí mediante conductores de resistencia prácticamente nula y después conectarlos a una toma de tierra. Para realizar un trabajo en media tensión se deben colocar dos puestas a tierra y en cortocircuito. Una situada antes del punto del trabajo y la otra después y los mismos deben ser visibles.



### 5. Delimitar y señalizar la zona de trabajo

Obligatorio en baja tensión y en media tensión. La zona de trabajo será la parte de la instalación que se encuentra comprendida entre las puestas a tierra y en cortocircuito más próximas al lugar donde se va a llevar a cabo el trabajo. Esta zona debe señalizarse y delimitarse mediante señales normalizadas.



## Zona protegida y zona de trabajo

**La zona protegida:** es la parte de la instalación en descargo cuyos límites están definidos por las puestas a tierra y en cortocircuito colocados entre los puntos de corte.

**La zona de trabajo:** se encuentra dentro de la zona protegida y está definida por las puestas a tierra y en cortocircuito de todos los conductores que pertenecen a la línea. Debe estar señalizada y delimitada físicamente por el técnico encargado o jefe de obra. Los operarios únicamente pueden desarrollar sus tareas en ausencia de tensión dentro de estos límites.

## Primeros auxilios básicos

Tenemos que mentalizarnos que ante un accidente hay que reaccionar con prontitud y sobre todo con acierto y la mayor tranquilidad posible dentro del nerviosismo natural que todo accidente produce en su entorno. Hay que reconocer que ante el accidente, generalmente, no se tienen demasiados conocimientos y, por otro lado, suele resultar difícil reaccionar adecuadamente cuando el factor sorpresa incide sobre nuestro estado de ánimo. Conviene recordar que una rápida y correcta intervención ante el accidente y el accidentado, puede salvar una vida o, mitigar las consecuencias.

### ¿Qué hacer ante un accidente?

Cuando se produce un accidente que se considera grave, debe procederse con rapidez, ya que un retraso o duda en la forma de actuar, puede dar lugar a consecuencias irreversibles. Se procederá como sigue:

1. Proteger al accidentado. Ante la duda de su estado, no desplazarlo.
2. Avisar con prontitud al servicio de socorro, dando conocimiento de:
  - Tipo de accidente.
  - Lugar del accidente.
  - Circunstancias que rodean al accidentado.

3. Socorrer al accidentado.

Mientras se espera la llegada de los auxilios, socorrer al accidentado.

Actuar rápidamente de acuerdo con las lesiones y estado de la víctima y en este orden:

- Parada cardíaca.
- Hemorragia.
- Quemaduras.
- Traumatismo.
- Otros.



**En caso de parada cardíaca:** Toma de pulso y comprobar si respira,

**a)** Si tiene pulso y no respira aplicación de respiración (boca a boca) u otro.

**Nota:** Se administra entre 12 y 16 insuflaciones cada 5 segundos.

### En caso de hemorragias:

Las hemorragias tienen la siguiente clasificación:

- Hemorragia arterial: La sangre será muy roja y saldrá a borbotones.
- Hemorragia venosa: La sangre es oscura y saldrá en forma babeante
- Hemorragia capilar: La sangre es oscura y sale por varios puntos sangrantes.

Para cada tipo de hemorragia existe un tratamiento, pero normalmente la persona en socorrer

no suele ser un experto por lo que se debe proceder con la máxima prudencia, no haciendo aquello que no se sabe y sobre lo que se desconocen las consecuencias.

### Quemaduras

Por definición general, sabemos que una quemadura es una lesión en la piel debido al contacto o exposición de un agente peligroso, como son el calor, el frío, la electricidad, las radiaciones del sol o ciertos productos químicos. El cuerpo humano tolera temperaturas de hasta 40º C; por encima se pierde la capacidad natural de la piel de regenerarse.

#### Tipos de quemaduras

Una quemadura puede ser dolorosa o no, dependiendo de su grado. El grado de una quemadura está determinado por su localización en el cuerpo y por la profundidad a la que llega en la piel.

- **Quemaduras de Primer Grado:** solo afectan a la capa más superficial de la piel, y se caracterizan por un enrojecimiento de la piel que duele al contacto, comúnmente las encontramos cuando la persona ha tenido una exposición prolongada al sol. Son las más frecuentes de encontrar, sobre todo en el verano.

- **Quemaduras de Segundo Grado:** son un poco más profundas, y su característica principal es la aparición de ampollas. Las ampollas son un sistema de defensa ante la quemadura: protege de las infecciones y, con el líquido que contienen, hidratan la herida y ayudan a la cicatrización. Estas quemaduras son muy dolorosas.

- **Quemaduras de Tercer Grado:** en estas quemaduras podemos ver tejido carbonizado, las terminaciones nerviosas encargadas de transmitir el dolor se destruyen, de ahí que se diga que las quemaduras de tercer grado no duelen.

Toda quemadura puede generar problemas y riesgos importantes para la salud, mucho depende del total de la superficie corporal quemada, esto significa que una quemadura de 1er grado que tenga una superficie del 90% del cuerpo es igual o más peligrosa que una quemadura de 2º Grado con superficie del 20%. Por ello, es importante considerar tanto el grado de la quemadura como la superficie del cuerpo lesionada, y de ahí determinar si la persona requiere o no ayuda especializada en un hospital.

### Reanimación cardiopulmonar

Cuando alguien a nuestro alrededor sufre un accidente, un atropellamiento con pérdida de consciencia, o cualquier otro evento que le deje sin respiración o pulso conviene saber cómo realizar una reanimación cardiopulmonar.

La reanimación cardiopulmonar (RCP) es una serie de técnicas o maniobras que tienen como objetivo el restaurar la respiración y la circulación sanguínea a los órganos vitales, en aquellos casos en que la víctima deja de respirar repentinamente y, como consecuencia, deja de tener pulso.



#### Tipos de reanimación cardiopulmonar

Existen dos tipos de reanimación cardiopulmonar:

- **RCP Básica:** es la que debería conocer toda la población y la que se explicará a continuación. La puede realizar cualquier persona y se realiza en los primeros minutos de una parada cardiorrespiratoria.

- **RCP Avanzada:** la llevan a cabo los sanitarios, requiere el uso efectivo de instrumental y farmacología médica. Solo las personas entrenadas están capacitadas para realizarla.

El signo de alarma principal es cuando se comprueba que la víctima está inconsciente, en ese momento es cuando se debe pedir ayuda cercana, pero recuerda que el momento de llamar a los servicios sanitarios es al verificar la ausencia de respiración.