

CEIS Guadalajara
Colaborador: Javier Pascual González

PARTE 6

Manual de riesgos
tecnológicos
y asistencias
técnicas

RIESGO ELÉCTRICO

Coordinadores de la colección

Agustín de la Herrán Souto
José Carlos Martínez Collado
Alejandro Cabrera Ayllón



Documento bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 elaborado por Grupo Tragsa y CEIS Guadalajara. No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Asimismo, no se podrán distribuir o modificar las imágenes contenidas en este manual sin la autorización previa de los autores o propietarios originales aquí indicados.

Edición r0 2015.10.05

manualesbb@ceisguadalajara.es
www.ceisguadalajara.es

Tratamiento
pedagógico, diseño y
producción

 Griker
Orgemer



CAPÍTULO

1

Caracterización

1. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE ELECTRICIDAD

El átomo es la unidad más pequeña de una sustancia. Es divisible porque está compuesto por otras partículas menores: tienen un núcleo formado por protones (con carga positiva) y neutrones, y a su vez está rodeado por determinado número de electrones (con carga negativa).

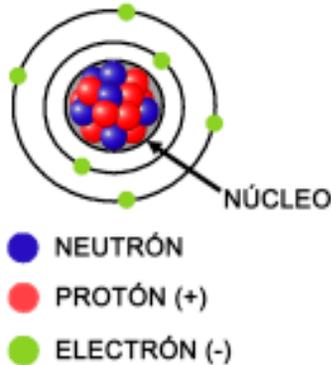


Imagen 1. Átomo

La **carga eléctrica o cantidad de electricidad** se representa por el símbolo "Q" y se expresa en culombios "C". Los electrones tienen la misma carga, y los protones una carga igual y opuesta.

La presencia de carga da lugar a la **fuerza electromagnética**: una carga ejerce una fuerza sobre las otras. Así, objetos con la misma polaridad se repelen y con diferente polaridad se atraen.

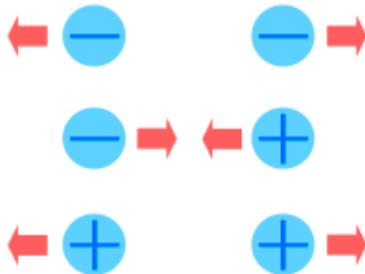


Imagen 2. Carga eléctrica

- La **electricidad electrostática**, también conocida como electricidad estática, se genera frecuentemente por la separación entre dos materiales que han estado en contacto, bien por la atracción de sus electrones, bien mediante fricción o frotamiento entre los diferentes materiales, lo que ocasiona pérdida de electrones, y que el material quede cargado de esta manera.

Un ejemplo de electricidad electrostática es la que se genera al descargar hidrocarburos, al bajar por un tobogán de plástico, etc. Esta fricción puede crear una diferencia de potencial entre los elementos en contacto que puede dar lugar a una descarga, que puede producir calambres o incluso incendios.

1.1. INTENSIDAD DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Otro concepto importante a tener en cuenta es el de la **intensidad de la corriente eléctrica**, comúnmente llamada corriente, que se define como la cantidad de electricidad o carga eléctrica que circula por un conductor en la unidad de tiempo. Según el Sistema Internacional se mide en Amperios (A).

$$I = \frac{Q}{t}$$

I: corriente eléctrica - Q: carga eléctrica - t: tiempo

La llamada Ley de Ohm nos ayuda a comprender mejor la naturaleza de esta intensidad. Esta ley se representa así:

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

I: corriente eléctrica - V: tensión - R: resistencia eléctrica

Esta fórmula viene a decirnos que la intensidad de corriente eléctrica que pasa por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial o tensión eléctrica aplicada, e inversamente proporcional a la resistencia.

Si se unen mediante un conductor cuerpos con diferente carga, positiva y negativa, los electrones sobrantes circularán desde su posición hasta el polo contrario durante el tiempo que tarde en estabilizar ese circuito, en neutralizarlo. Se ha convenido que la circulación es desde el positivo hacia el negativo. Si por medio de un generador eléctrico se mantiene esa diferencia de potencial, el paso de cargas no se detendrá y se tendrá una corriente en ese conductor de manera continuada, mientras dure esa generación.

Sin embargo, hay que tener cuidado con dos cosas:

- La corriente a través de una resistencia eléctrica produce un aumento de la temperatura, ya que parte de la energía cinética de los electrones que van por el conductor se transforma en calor debido a los choques de los electrones con las moléculas del conductor. Esto se conoce como efecto Joule. Diferentes electrodomésticos aprovechan este efecto, como los hornos, las tostadoras, las calefacciones eléctricas, soldadoras, etc. Sin embargo, en la mayoría de aplicaciones es un efecto indeseado y es necesario disipar ese calor para el buen funcionamiento del equipo, como es el caso de ordenadores.
- Así mismo, al desconectar un circuito con carga (con consumidores conectados) se puede generar un arco voltaico que puede causar daños graves a una persona. Esto se debe a que la corriente que circula en ese conductor a gran velocidad (velocidad de la luz) se disipa en el aire.

El aparato para la medida de la corriente eléctrica se llama **amperímetro**.

Para la medida en corriente continua (cc), se deberá "abrir" el circuito para intercalar el aparato de medida ya que la corriente debe pasar a su través para que pueda medirse. Es necesario tener en cuenta la polaridad, es decir, respetar los signos (+) y (-) que el aparato tiene en su carcasa y conec-

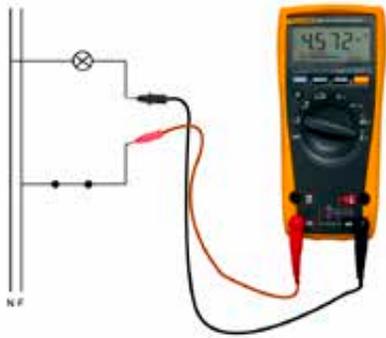


Imagen 3. Amperímetro

tarlo en serie o línea en el circuito. También habrá que seleccionar el campo de medida (valor y unidades) adecuado, que será igual o superior a la medida que teóricamente se debería tener en la medición. En caso de duda, lo mejor es elegir el campo máximo de medida e ir bajando posiciones hasta tener la medida como se necesite.

Si la medida es en corriente alterna (ca), se deberá ser el aparato (como en la imagen 3) respetando los anagramas correspondientes a fase y neutro. En todo caso, más adelante se explicará en los conceptos de corriente continua y corriente alterna.

1.2. POTENCIAL ELÉCTRICO

Cuando un cuerpo está cargado con exceso de electrones, los cede hacia donde existe menor carga negativa, buscando el equilibrio. Cuanto mayor sea la carga eléctrica Q o cantidad de electrones almacenados en un punto con respecto a otro, mayor energía tendrá para el desplazamiento de cargas entre ambos (del polo negativo al positivo). Esto se conoce como **diferencia de potencial** (ddp), es decir, diferente “nivel eléctrico” entre dos puntos. La diferencia de potencial o tensión* se mide en **voltios** (V).

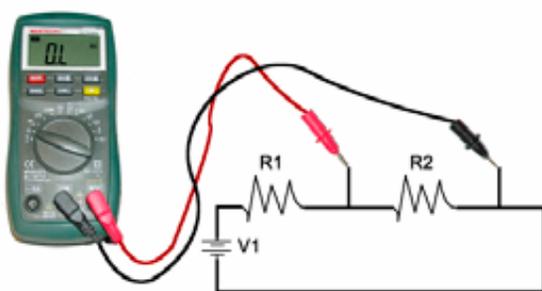


Imagen 4. Voltímetro

Para medir la tensión se utilizará un aparato llamado voltímetro. Este aparato se conectará en paralelo al circuito y sin interrumpir éste. (Imagen 4). Se trata de conectar el aparato de medida entre los dos extremos de lo que se quiere medir, en este caso la resistencia (R_2).

Para medir tensión en corriente continua (cc), se tendrá en cuenta la polaridad a efectos de signo (obtendremos valores negativos y positivos de tensión). Se conectará en paralelo al circuito a medir y se elegirá el campo de medida adecuado. En corriente alterna (ca), es indistinta la conexión mientras sea en paralelo.

* Ver glosario

1.3. RESISTENCIA ELÉCTRICA

Resistencia eléctrica es la dificultad que presenta un conductor eléctrico al paso de la corriente. Es la magnitud inversa a la conductancia eléctrica.

La resistencia de un material depende directamente de su resistividad, que es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección. La resistividad es la magnitud inversa a la conductividad.

La **conductividad** se designa por la letra griega sigma minúscula (σ) y se mide en siemens por metro, mientras que la **resistividad** se designa por la letra griega rho minúscula (ρ) y se mide en óhmios por metro ($\Omega \cdot m$, a veces también en $\Omega \cdot mm^2/m$). Se trata de coeficientes intrínsecos al material.

Colocando una resistencia eléctrica muy grande entre un conductor y una persona que está cerrando circuito con tierra por los pies, la persona no debería tener ningún problema. Este efecto es el que se trata de conseguir a través de los guantes aislantes, las botas aisladas, la banqueta y la pértiga. Si quitáramos la resistencia, toda la intensidad que la fuente sea capaz de generar pasará y se producirá el llamado “cortocircuito”, equivalente a unir dos conductores (de resistencia nula o despreciable) a distinto potencial entre ellos.

Los materiales se clasifican según su conductividad eléctrica en superconductores, conductores, semiconductores y dieléctricos.

- **Superconductores:** capacidad intrínseca que poseen ciertos materiales para conducir corriente eléctrica sin resistencia ni pérdida de energía en determinadas condiciones. La resistencia de un superconductor se anula cuando el material se enfría por debajo de su temperatura crítica. Tiene lugar en una gran variedad de materiales, incluyendo elementos simples como el estaño y el aluminio, diversas aleaciones metálicas y algunos semiconductores fuertemente dopados.
- **Conductores eléctricos:** son los materiales que, puestos en contacto con un cuerpo cargado de electricidad, transmiten ésta a todos los puntos de su superficie. Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones. Existen otros materiales, no metálicos, que también poseen la propiedad de conducir la electricidad, como son el grafito, las soluciones salinas (por ejemplo, el agua de mar) y cualquier material en estado de plasma.

El metal más empleado como conductores el cobre en forma de cables de uno o varios hilos. Alternativamente se emplea el aluminio, peor conductor (un 60% de conductividad de la que tiene el cobre) pero menos denso y más adecuado para conducir electricidad en líneas de alta tensión.

Para aplicaciones especiales se utiliza como conductor el oro (equipos de sonido y otros).

- **Semiconductores:** son materiales cuya conductancia eléctrica puede ser controlada variando su estado; de conductor a aislante. Se emplean en electrónica tanto en la fabricación de placas de silicio como en la de diversos



circuitos* integrados y componentes como son los diodos y los transistores.

- **Dieléctricos:** son los materiales que no conducen la electricidad, por lo que pueden ser utilizados como aislantes (vidrio, cerámica, plásticos, goma, mica, cera, papel, madera seca, porcelana, algunas grasas y la baquelita). No son absolutamente aislantes, pero son muy utilizados para evitar cortocircuitos (forrando con ellos los conductores eléctricos, para mantener alejadas del usuario determinadas partes de los sistemas eléctricos que, de tocarse accidentalmente cuando se encuentran en tensión, pueden producir una descarga) y para confeccionar aisladores (elementos utilizados en las redes de distribución eléctrica para fijar los conductores a sus soportes sin que haya contacto eléctrico).

Algunos materiales, como el aire o el agua, son aislantes bajo ciertas condiciones pero no para otras. El aire, por ejemplo, es aislante a temperatura ambiente y seco, pero, bajo condiciones de frecuencia de la señal y potencia relativamente bajas, puede convertirse en conductor.

1.4. TIPOS DE CIRCUITO

1.4.1. CIRCUITOS EN SERIE

En un circuito en serie, los receptores están instalados uno a continuación de otro en la línea eléctrica, de tal forma que la corriente que atraviesa el primero de ellos será la misma que la que atraviesa el último, la misma que genera la fuente, y la tensión de la fuente se reparte entre las diferentes resistencias conectadas. Se emplean como divisores de tensión.

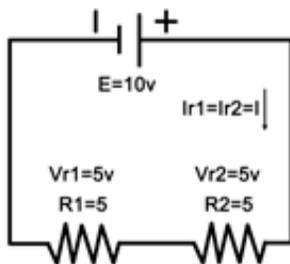


Imagen 5. Circuito en serie

Aquí se observa que la resistencia total es $5(R1) + 5(R2) = 10$ ohmios. La intensidad se calcularía según la Ley de Ohm que ya se ha visto anteriormente, es decir, el cociente entre la tensión y la resistencia; como la tensión es de 10 voltios, pues:

$$\frac{E}{R} = \frac{10}{10} = 1$$

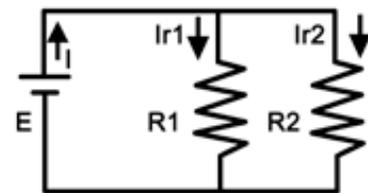
Si un elemento del circuito se “rompe”, el circuito se queda abierto. El ejemplo más típico es el de un circuito serie de iluminación, en el que si una lámpara se funde, las demás también dejan de lucir, aunque no estén fundidas.

Otro ejemplo se puede ver también en la asociación seriada de baterías en los camiones, si se suman los 24v gracias a

las dos baterías de 12v, y se mantiene la misma capacidad (Ah) de las baterías.

1.4.2. CIRCUITOS EN PARALELO

En un circuito en paralelo cada receptor conectado a la fuente de alimentación lo está de forma independiente al resto; cada uno tiene su propia línea, aunque haya parte de esa línea que sea común a todos. Se emplean como divisores de intensidad.



$$E = Vr1 = Vr2 = 10v$$

$$Ir1 + Ir2 = I$$

Imagen 6. Circuito en paralelo

Si se tienen los mismos valores que en el ejemplo anterior, es decir, fuente de 10v y ambos resistores de 5 ohmios, se tiene que la tensión en cada resistor es igual entre sí e igual a la del generador, mientras que la intensidad se reparte entre las dos líneas dependiendo del valor de resistencia.

En este caso saldría

$$I = Ir1 + Ir2$$

$$E = 10v = Vr1 = Vr2$$

$$Vr1 = Ir1 \cdot R1$$

$$Vr2 = Ir2 \cdot R2$$

$$10 = 5Ir1 \rightarrow Ir1 = \frac{10}{5} = 2A; Ir2 = \frac{Vr2}{R2} = \frac{10}{5} = 2A$$

$$I = Ir1 + Ir2 = 4A$$

$$Vr2 = Ir2 \cdot R2$$

Si un elemento del circuito se “rompe”, el circuito total no se interrumpe, pero aumenta la intensidad del resto de los elementos. Esto se puede ver en las baterías de aparatos eléctricos-electrónicos, donde si se ponen en paralelo lo que se hace es mantener la tensión del circuito como la nominal de las baterías y la intensidad la sumamos.

En circuitos de corriente continua, realizar estos cálculos se complica algo dependiendo de los diferentes elementos pasivos de la red, pero es más sencillo que en corriente alterna en donde la señal es periódica y, por tanto, dependiente del tiempo, con lo que será necesario el empleo de fasores*.

1.5. CORRIENTE CONTINUA Y ALTERNA

La **corriente continua** (cc) se refiere al flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, que no cambia de sentido con el tiempo.

* Ver glosario

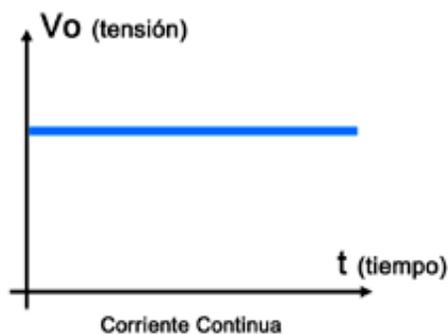


Imagen 7. Corriente continua

Las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección. Muchos aparatos necesitan corriente continua para funcionar, sobre todo los que llevan electrónica (equipos audiovisuales, ordenadores, etc). Para ello, se utilizan fuentes de alimentación que rectifican la tensión alterna de la red de abastecimiento y convierten la tensión a una adecuada.

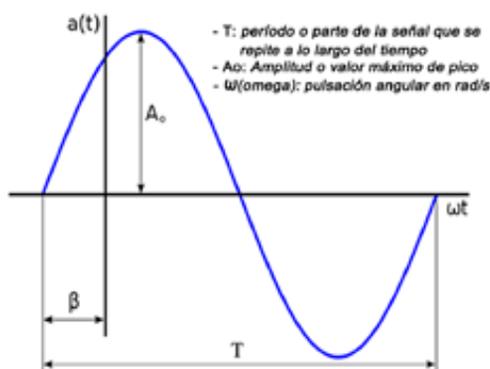


Imagen 8. Corriente alterna

La **corriente alterna** (ca) es aquella en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente. La forma de oscilación de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una oscilación sinusoidal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía. Sin embargo, en ciertas aplicaciones se utilizan otras formas de oscilación periódicas, tales como la triangular o la cuadrada.

$$a(t) = A_0 \text{sen}(\omega t + \beta)$$

Este tipo de señales se pueden generar con facilidad y en magnitudes de valores elevados para facilitar el transporte de la energía eléctrica, además, su transformación en otras oscilaciones de distinta magnitud se consigue con facilidad mediante la utilización de transformadores.¹

1.6. CORRIENTE TRIFÁSICA

La generación trifásica de energía eléctrica es la forma más común y eficaz de aprovechar los conductores, y se usa sobre todo en industrias. La **corriente trifásica** está formada por un conjunto de tres formas de oscilación, desfasadas una respecto a la otra 120°, es decir, tres señales sinusoidales idénticas con desfase de 120° entre ellas, originadas por un alternador en el cual se disponen tres bobinas en el estator* de forma simétrica. Si el rotor es simétrico y todas las bobinas del estator son iguales y están igualmente separadas, las corrientes inducidas forman un sistema trifásico de tensiones equilibrado.

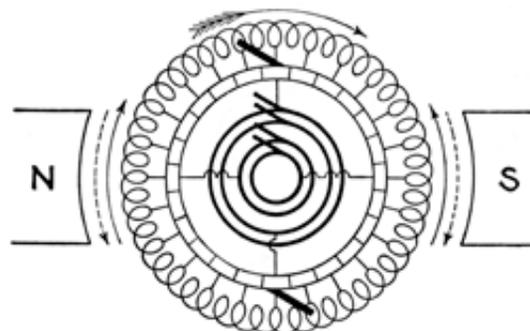


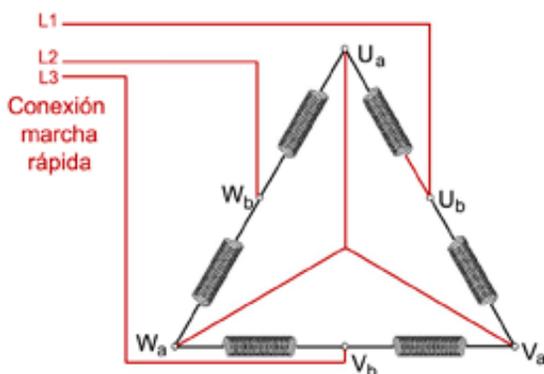
Imagen 9. Corriente trifásica

El retorno de cada uno de estos circuitos o fases se acopla en un punto, denominado neutro en el cual la suma de las tres corrientes es cero si el sistema está equilibrado y el transporte puede ser efectuado usando solamente tres cables. Esta disposición sería la denominada conexión en estrella, aunque también existe la conexión en triángulo o delta en las que las bobinas se acoplan según esta figura geométrica y los hilos de línea parten de los vértices. (Ver imagen 10)

* Ver glosario

¹ En la red eléctrica española, se emplean corriente alterna a 220/230V entre fase y neutro y 380/400V entre fases, a una frecuencia de 50Hz.

CONEXIÓN EN ESTRELLA



CONEXIÓN TRIÁNGULO

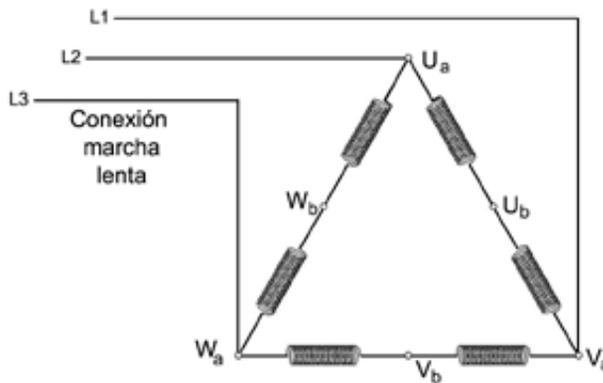


Imagen 10. Conexión en estrella y en triángulo



1.7. POTENCIA ELÉCTRICA

Potencia eléctrica es la capacidad de un dispositivo eléctrico para realizar un determinado trabajo a través de la energía que genera y/o transmite, esto es, la cantidad de energía entregada o absorbida por un dispositivo eléctrico en un tiempo determinado. Esta energía se puede transformar en el movimiento de un motor, en el encendido de una lámpara, etc.

Se mide en vatios con un aparato llamado vatímetro, aunque la unidad de medida más habitual es el kilovatio hora (Kwh), medido en el contador* de la instalación. En cada aparato que consume energía la potencia viene dada en las características junto con la tensión de alimentación.

En el caso de corriente continua (cc), la potencia se calcula sencillamente mediante el producto de la intensidad por la tensión:

$$P = V \cdot I$$

Según la Ley de Ohm,

$$V = IR \rightarrow I = V/R \text{ con que } P = \frac{V^2}{R} \text{ o bien } P = I^2 R$$

Sin embargo, en corriente alterna (ca), este cálculo no es tan sencillo y se añade otro factor más al producto, el llamado "factor de potencia": $P=VI\cos(\phi)$.

En realidad se diferencian tres tipos de potencia, que forman el llamado triángulo de potencias, a saber:

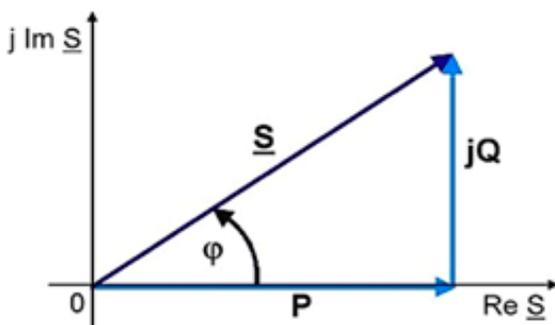


Imagen 11. Triángulo de potencias

- Potencia activa (P), debida al consumo por resistencias. Se mide en vatios (W).
- Potencia reactiva (Q), debida al consumo de bobinas y condensadores. Se mide en voltiamperios reactivos (VAr).
- Potencia aparente (S), que cuando no tenemos potencia reactiva coincide con P. Se mide en voltiamperios (VA)

La que nos facturan es la potencia activa, que es la que realiza trabajo; si bien se dispondrá de una parte de reactiva producida por el desfase del ángulo que forman tensión e intensidad y que se llama "factor de potencia" o $\cos(\phi)$.

Las empresas suministradoras penalizan a las empresas que tengan un factor de po-

tencia muy alejado de la unidad (pues incrementan su demanda de corriente), con lo que la mayoría de las empresas instalan baterías de condensadores en paralelo para mejorar este factor y aproximarlos a la unidad.

2. REDES ELÉCTRICAS

2.1. PLANTAS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

Las instalaciones eléctricas se dividen en dos grandes grupos que dependen de la tensión de servicio:

- **Instalaciones de alta tensión** que son todo el conjunto de aparatos y circuitos destinados a la producción, transformación, transmisión, distribución o utilización de la corriente eléctrica, cuyas tensiones nominales son superiores a 1.000 v en corriente alterna (ca o CA) y 1.500 v en corriente continua (cc o CC).

Las tensiones más utilizadas en alta tensión para corriente alterna, varían de 11kv a 380kv

- **Instalaciones de baja tensión**, cuyas tensiones nominales son inferiores a 1.000 v en ca y 1.500 v en cc.

Las tensiones más utilizadas en baja tensión son de 380 v (trifásica), 220 v y 125 v.

La energía eléctrica se transforma en las centrales eléctricas partiendo de energías renovables (solar, hidráulica, térmica) y energías no renovables (nuclear).

Allí, disponen de unos alternadores que producen energía eléctrica trifásica en corriente alterna (ca), a una tensión de 20 kv entre fases. Estas centrales disponen de una estación de transformación con un transformador elevador que eleva entre 66 kv y 380 kv la tensión de producción.

2.1.1. LÍNEAS DE TRASPORTE Y DISTRIBUCIÓN EN ALTA TENSIÓN

Las líneas de alta tensión transportan la energía eléctrica a gran distancia desde las centrales hasta las subestaciones con tensiones comprendidas entre 66 kv y 380 kv entre fases.

Se consideran instalaciones eléctricas de alta tensión las superiores a 1 kv. Según su Reglamento existen tres categorías:

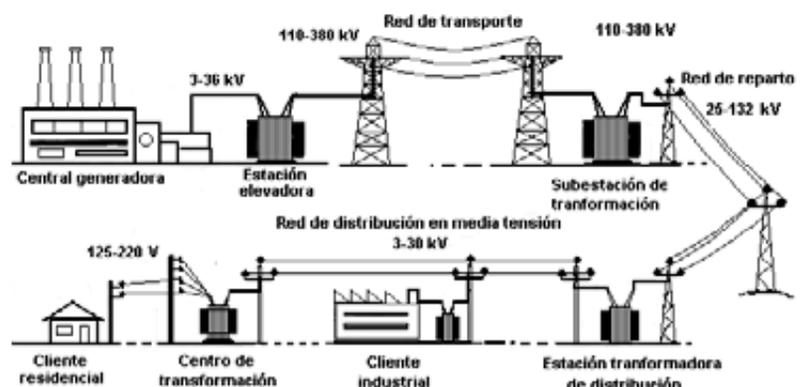


Imagen 12. Distribución de alta tensión

* Ver glosario

a) Líneas de tensión nominal superior a 66 kv

El recorrido de la energía parte desde las centrales a las grandes subestaciones. Los conductores de cada fase pueden ser dobles, triples o cuádruples si llevan de dos a cuatro hilos por fase (casi todas son dobles).

Este tipo de líneas son las más altas, se distribuyen a través de apoyos tipo celosía que sustentan a tres conductores o múltiplo de tres, y pueden existir uno o dos conductores en la parte superior, de menor sección, que se utiliza como pararrayos y se denomina hilo de guarda. También alojan aisladores de vidrio para sustentar el cable en los postes. Normalmente llevan más de seis aisladores, unos 10.000 v por aislador.



Imagen 13. Aisladores

b) Líneas de tensión nominal comprendida entre 30 kv y 66 kv

El recorrido de la energía parte desde las grandes subestaciones hasta las medianas y pequeñas subestaciones. Estas líneas pueden ser **aéreas** o subterráneas en algunas ciudades. Algunas aéreas llevan dos conductores por fase y las sencillas uno. Las subterráneas se distinguen por el color rojo de sus cables o color marrón de las líneas antiguas de aceite. Suelen llevar entre cuatro y seis aisladores de vidrio.

c) Líneas de tensión nominal superior a 1 kv y hasta 30 kv

El recorrido de la energía parte desde las pequeñas y medianas subestaciones a los centros de transformación industriales o urbanos. No llevan hilo de guarda; por las **ciudades** discurren **bajo el suelo** y en **zonas interurbanas** son líneas **aéreas**. Van por postes de baja altura y el número de aisladores de vidrio es inferior a tres.



Imagen 14. Torre de línea de tercera categoría de bifurcación, donde cada fase pasa por unos seleccionadores que van a un transformador en poste de fin de línea.

Estas líneas pueden sufrir “reenganches automáticos”. Esto significa que la secuencia de maniobra de apertura se cierra automáticamente con un aparato mecánico de conexión, después de un tiempo predeterminado.

Normalmente tiene un reenganche en el caso de tener un porcentaje mayor al 70% de red subterránea, dos reenganches entre el 30% y el 70% y tres reenganches en menos del 30%. Dichos reenganches se producen en un máximo de tres minutos, tras los cuales la compañía comienza a realizar pruebas.

2.1.2. SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA

Dentro de toda subestación se pueden encontrar varias líneas de entrada y salida con un interruptor* para poder hacer maniobras. Las líneas que alimentan los transformadores llevan protecciones para estos y para las líneas de salida.

Las subestaciones están divididas en tres secciones principales, que a continuación se detallan, y las demás son derivadas de las anteriores.

1. Sección de medición.
2. Sección para las cuchillas de paso.
3. Sección para el interruptor.

Las secciones derivadas de toda subestación, normalmente lleva interruptores hacia los transformadores.

Se pueden diferenciar varios tipos de subestaciones transformadoras, en función de su tamaño (grandes, pequeñas o medianas) y el tipo de función que realizan (elevadoras o reductoras).

a) Clases de subestaciones por su tamaño

• Grandes subestaciones

Son grandes parques eléctricos cuya función es la de elevar o disminuir las tensiones entre las líneas de primera y segunda categoría. Todo su accionamiento se lleva a cabo desde una central, se emplea un software específico para ello (telemando).

A ellas llegan tensiones comprendidas entre 66 Kv y 380 Kv entre fases y cuya función primordial es la de transformar la energía eléctrica desde las tensiones de transporte, denominadas alta tensión AT a tensiones de distribución denominadas media tensión MT, entre 10 Kv y 45 Kv.

Para ello se emplean los aparatos conocidos como transformador (coloquialmente conocidos como “trafos”).

El acceso a la estación transformadora suele estar restringido al personal autorizado.

• Pequeñas o medianas subestaciones

Elevan o disminuyen las tensiones entre las líneas de segunda y tercera categoría. No están vigiladas permanentemente, si bien no son accesibles para el público en general. El control, también se realiza desde las grandes subestaciones de zona (telemandado).

* Ver glosario

b) Clases de subestaciones por la función que llevan a cabo

• Subestaciones eléctricas elevadoras

Se encuentran situadas en las inmediaciones de las centrales generadoras de energía eléctrica, cuya función es elevar el nivel de tensión generado hasta 132, 220 o incluso 400 Kv, previa entrega de energía a la red de transporte.

• Subestaciones eléctricas reductoras

También se puede hablar de subestaciones eléctricas reductoras, que reducen el nivel de tensión hasta valores que oscilan, habitualmente entre 15, 20, 45 ó 66 KV y entregan la energía a la red de distribución.

Una de las maniobras más habitual y, a la vez, más peligrosa que se realiza en una subestación eléctrica es la apertura y cierre de interruptores, debido a que el carácter inductivo de los circuitos presenta rechazo al corte en la circulación de la intensidad eléctrica que se produce en la apertura de un interruptor. Pueden aparecer arcos eléctricos que liberan una gran cantidad de energía (a disipar por el aire circundante) y que pueden resultar peligrosos para las personas e instalaciones, por lo que se debe usar equipos de protección especiales al realizar cualquier tipo de maniobra (zapatos de seguridad y guantes, ambos de materiales dieléctricos que produzcan suficiente aislamiento para la tensión de operación, y un traje contra destello de arco eléctrico).

Los avances tecnológicos y las mejoras de diseño, han permitido sustituir los interruptores eléctricos convencionales, con corte al aire, por *interruptores blindados*, que realizan el corte de los circuitos en un depósito del gas hexafluoruro de azufre (SF_6), que impide la formación de arcos y la propagación de la llama.

En la siguiente foto se aprecian los pórticos de entrada y salida de líneas, y al fondo está la zona de transformación, con transformadores con depósito de aceite.



Imagen 15. Central eléctrica*

2.2. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN

Las líneas de distribución de media tensión pueden ser aéreas o subterráneas, con una potencia de (11 o 20 Kv). La corriente inicia su recorrido en que parten de las subestaciones y llegan a los centros de reparto a través de varias líneas y a

su vez estos distribuyen la corriente a los centros de transformación o directamente a clientes abonados a la alta tensión para uso industrial.

Sus partes fundamentales son:

1. Celdas de entrada de MT.
2. Celdas de salida de MT.
3. Embarrado* de MT.



Imagen 16. Líneas de distribución en media tensión

2.3. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Son los encargados de reducir la tensión de media, 11 o 20 Kv, a la de consumo, también denominada baja tensión (BT), en trifásica con 380 V entre fases, o monofásica, con 220 V entre fase y neutro.

Existen en los barrios de cualquier ciudad, locales, industrias y centros públicos.

Generalmente, las redes de distribución de media tensión que llegan a los CT se tienden en anillo, y cada línea entra y sale de ellos. También sirven de centro de seccionamiento. Se puede ver una representación de este tipo de redes en la imagen siguiente.



Imagen 17. Centro de transformación a la intemperie

En ellos comienza el consumo eléctrico y por eso sufren un mayor calentamiento, de ahí que el acceso esté restringido solo a personal autorizado. Por este motivo es aquí donde los bomberos intervienen con mayor frecuencia.

* Ver glosario

2.3.1. TIPOS

a) Por su ubicación física

- **Intemperie**

Suelen estar alejados de los núcleos de población (en zonas rurales, agrícolas o polígonos industriales). Son de baja potencia. Se montan sobre postes de hormigón o acero.

- **Prefabricados de hormigón**

Suelen estar en polígonos industriales, zonas rurales o agrícolas. En el interior del prefabricado* de hormigón pueden llevar varios transformadores.

En estas fotos se ve un centro de transformación* de paso, prefabricado en hormigón donde se pueden observar las rejillas de ventilación en la zona del transformador, la etiqueta de riesgo eléctrico y la placa identificativa. Los cables (son de color rojo y están enterrados en el suelo) vienen y van hasta el poste que está detrás.



Imagen 18. Prefabricados de hormigón

- **Subterráneo**

Suelen estar en las nuevas urbanizaciones, zonas de alta concentración de centros comerciales, monumentos históricos o edificios públicos.

- **Edificios de obra civil**

Suelen estar en los bajos de los edificios y locales comerciales o para el esparcimiento público.



Imagen 19. Obra civil

b) Por su ubicación en la red eléctrica

- **Centro de transformación de punta**

Ubicado al final de una línea o bien único en ella (se le suele denominar independiente). Solo tiene una entrada de línea y, a pesar de ello, se instalan dos celdas de entrada de línea, en previsión de futuras ampliaciones.

- **Centro de transformación de paso**

Son centros ubicados en un punto medio de una línea. A ellos llega una línea desde la subestación o desde otro CT y sale hacia el siguiente. Disponen de celda de entrada y salida de línea.

- **Centro de transformación de anillo**

Son un caso especial de centro de paso. En estos no se puede considerar que la línea entra y sale, ya que en realidad son alimentados por los dos extremos. Esta es la configuración más usada en ciudades y polígonos industriales, ya que proporciona una buena fiabilidad en el suministro.

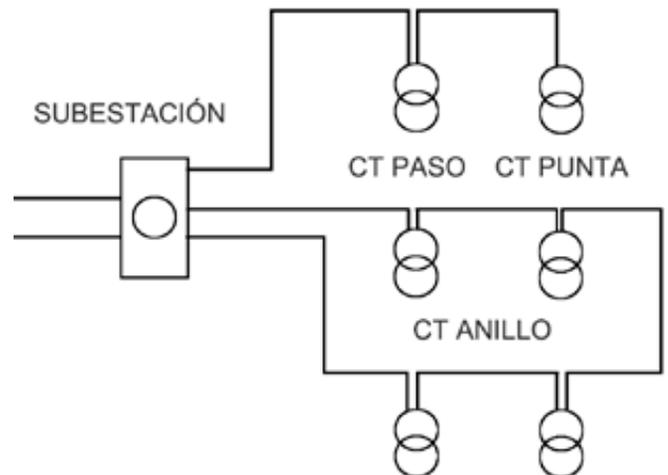


Imagen 20. Centro de transformación de anillo

c) En función de su propiedad

- **De cliente o abonado**

Solo alimenta a un cliente. El abonado es un gran consumidor y compra la energía eléctrica en alta tensión, transformándola en sus propias instalaciones.

- **De compañía o distribución**

Alimenta a varios clientes por medio de una red de distribución en baja tensión.

2.3.2. COMPONENTES

Dentro de un centro de transformación se pueden encontrar varias líneas de entrada y salida con sus respectivas protecciones y sus interruptores de maniobra. Las líneas de salida de baja tensión llevan fusibles de protección en el cuadro de baja. (Ver imagen 21 en página siguiente)

* Ver glosario

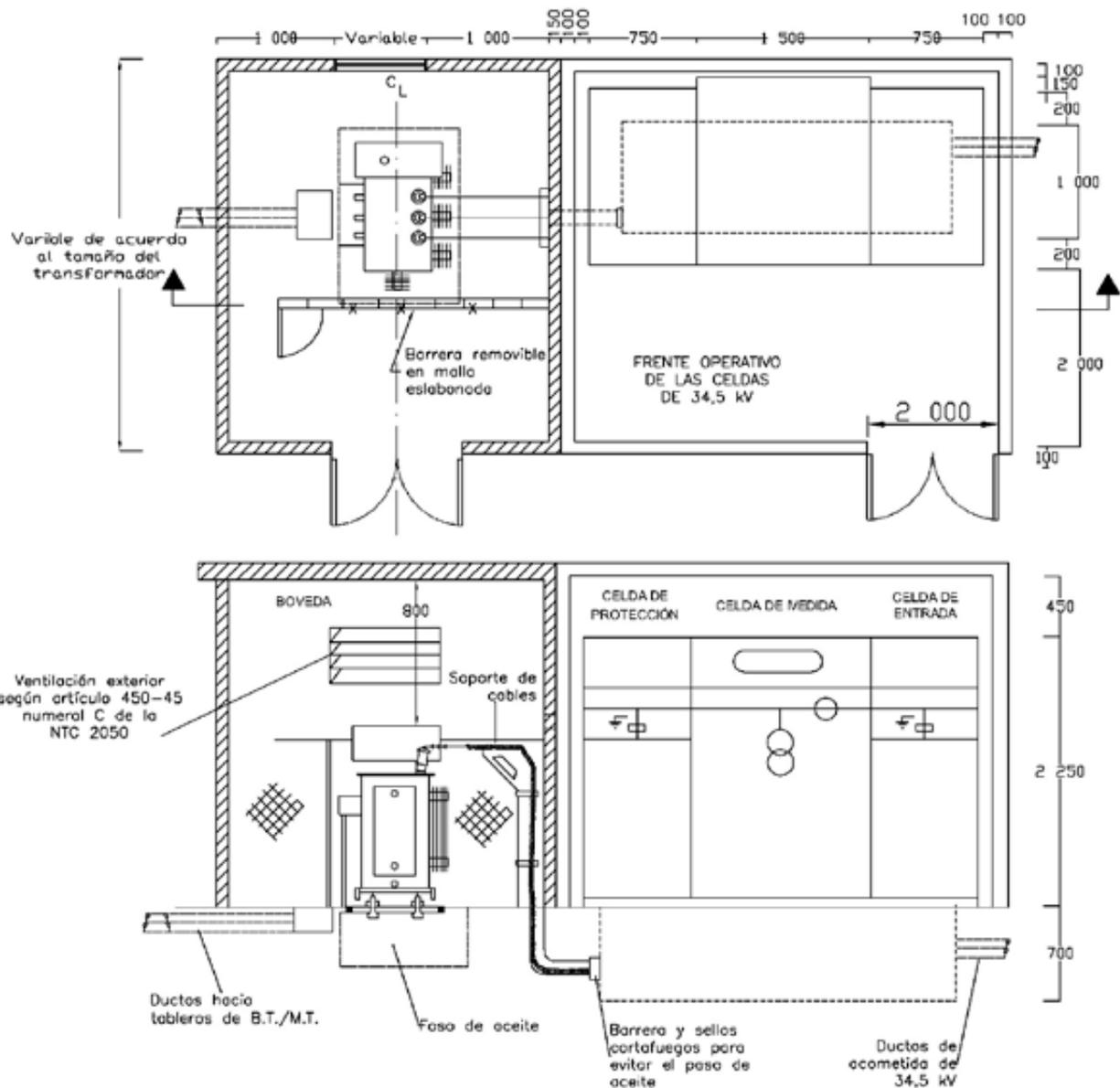


Imagen 21. Componentes de un centro de transformación

a) Celdas de entrada y salida

Cuentan con dos celdas de entrada y salida en media tensión y un seccionador* de entrada o salida. Estas celdas son las siguientes:

- **Celda del interruptor de línea:** alberga un interruptor de aceite o hexafluoruro de azufre que sirve para cortar el anillo de la línea de MT.
- **Celda de derivación:** alberga derivación de línea y un seccionador.
- **Celda de medida en MT:** alberga unos transformadores pequeños para los aparatos de medida de MT.
- **Celda del interruptor del centro:** alberga un interruptor de MT conectado antes de la entrada al primario del transformador o transformadores. Puede tratarse de un interruptor en aceite o de un seccionador en carga.
- **Celda de transformador:** alberga el transformador, que es una máquina que reduce la tensión a la

de consumo y suele llevar seis bobinas, tres para el lado de alta tensión y tres para el de baja tensión.

Consta de un núcleo de hierro dulce en el que se enrollan dos bobinas (devanado primario y devanado secundario), aisladas una de otra, colocadas de forma que los campos magnéticos generados por el paso de la corriente se concatenan (inducción electromagnética).

El devanado primario se conecta a la red de distribución de alta tensión, por lo que se genera un campo magnético variable, de acuerdo con la frecuencia de la corriente. Esta inducirá sobre el devanado secundario una tensión acorde a las leyes de la autoinducción sobre el devanado secundario en el que circulara un flujo variable que según la **Ley de Faraday** se cumple la siguiente fórmula:

$$\text{La relación de transformación teórica} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de espiras que tiene el devanado primario}}{\text{n}^\circ \text{ del secundario}}$$

* Ver glosario

b) Transformador

Hay varios tipos de transformadores:

- **De aceite:** algunos de este tipo pueden llevar piraleno que cuando arde produce humos tóxicos y cancerígenos. En España se ha obligado su retirada por un mandato legislativo.
- **Seco:** las bobinas se cubren con una resina epoxi, que en caso de incendio es auto-extinguible.

c) Cuadro de baja tensión que dispone de los siguientes elementos

- Interruptor conectado a la salida del secundario del transformador.
- Los aparatos de medida en baja tensión.
- Los interruptores de salida en la línea de baja tensión.

2.3.3. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EN PLANTAS INDUSTRIALES

Las plantas industriales (fábricas, hospitales, etc.) suelen contar con su propio centro de transformación debido a la gran demanda de energía que tienen, ya que requieren unas tensiones superiores a la tensión nominal de servicio.

Cuando se trata de edificios de gran consumo, la acometida* es siempre trifásica aunque el suministro particular sea monofásico o bifásico. Esta acometida suele ser única y llega a la caseta receptora del usuario, donde se ramifica para dar alimentación a los transformadores pertinentes para alumbrado y fuerza. También cuenta con un cuadro de control y medida, normalmente en el lado de la alta tensión.

La instalación interior del alumbrado, que se conecta en monofásico, debe repartir las diferentes líneas entre las fases de entrada a fin de dejar el sistema lo más equilibrado posible.

2.3.4. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE VÍAS FÉRREAS

El tren, el tranvía y el metro emplean la electricidad como energía para conseguir el movimiento de un motor eléctrico de corriente continua. Normalmente se emplean tensiones de 3 Kv salvo en alta velocidad que llegan hasta los 20–25 Kv, pero de corriente alterna, a 50 Hz.

El tren recibe la corriente necesaria para su funcionamiento mediante el pantógrafo que está en contacto permanente con la catenaria (tendido aéreo montado sobre las vías) suspendida del hilo sustentador por medio de las péndolas.

Se llama catenaria a todo el conjunto formado por los cables alimentadores, apoyos y elementos de tracción y suspensión de los cables que transmiten la energía eléctrica. Aquí está el polo positivo, mientras que el negativo está en los propios raíles, que conectan con el negativo de la subestación.

Una excepción a esta norma son las líneas aéreas de contacto para trolebuses, donde al no existir carriles, la corriente de retorno circula hacia la subestación por un segundo cable paralelo al primero y en contacto con el vehículo.

Las protecciones son los elementos de la instalación de la línea aérea de contacto, no asociadas a la transmisión de la corriente, sino que ejercen funciones de protección de la instalación frente a eventuales problemas como pueden ser: cortocircuitos, derivaciones, sobretensiones, vandalismo, etc. Las protecciones instaladas en las líneas aéreas de contacto dependen en gran medida de si la corriente que circula por dicha línea es alterna o continua y de la tensión de las mismas.

En corriente continua las protecciones más comunes son:

- Cable tierra, también llamado cable guarda.
- Descargadores de sobretensiones.
- Tomas de tierra.
- Conexiones equipotenciales* entre estructuras y carril.
- Viseras, pantallas y barreras mecánicas.
- Frenos y bloqueos que evitan la caída de la línea en el caso de que se corte la misma o los cables de contrapesos.

En corriente alterna

- Cable de tierra (en paralelo con el retorno de tracción).
- Tomas de tierra.
- Conexiones equipotenciales entre estructuras de soporte y carril.
- Descargadores de sobretensiones.
- Viseras, pantallas y barreras mecánicas.
- Frenos y bloqueos de caída de la línea.

En alta velocidad, funciona a 25 Kv de corriente alterna y la catenaria va más tensa que en las líneas convencionales,

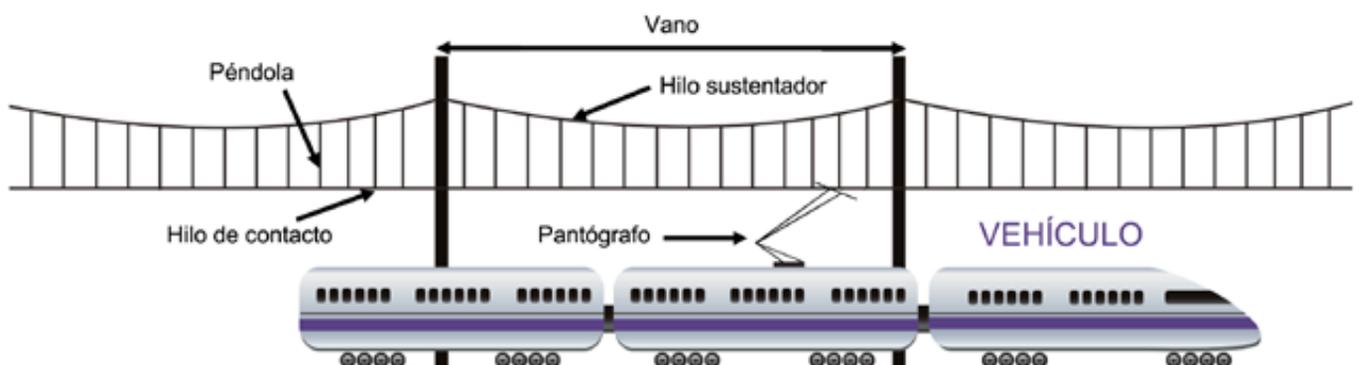


Imagen 22. Corriente alterna en un tren

* Ver glosario

para que la velocidad de propagación de la onda mecánica (ondulación del hilo de contacto de la catenaria provocada por el contacto del pantógrafo) sea superior a la del tren y se rompa.

2.3.5. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO

La red de alumbrado público está instalada sobre fachadas de viviendas con cable aislado trenzado o subterráneo. Este sistema forma una red mallada o anillo.

Cada lámpara lleva su correspondiente fusible de protección, bien en caja para red por fachada o bien en la base de la farola con conexión a tierra. En esta base de farola, están los bornes para el conexionado a la red con los fusibles.

Lo más normal es que lleguen los tres conductores de fase a la base de la farola y hacia la lámpara suba solo uno, junto con un neutro. El instalador debe repartir un determinado número de farolas por fase para dejar el sistema lo más equilibrado posible. En la imagen 25 parece un esquema de la red de alumbrado público.



Imagen 23. Red de alumbrado público

2.4. INSTALACIONES DE ENLACE

Son aquellas instalaciones que unen la red de distribución a las instalaciones interiores o receptoras. Se componen de acometida y elementos de protección baja entre los que se encuentran la caja general de protección (CGP)*, la línea general de alimentación (LGA), los contadores centralizados (CC) y la derivación individual* de abonado.

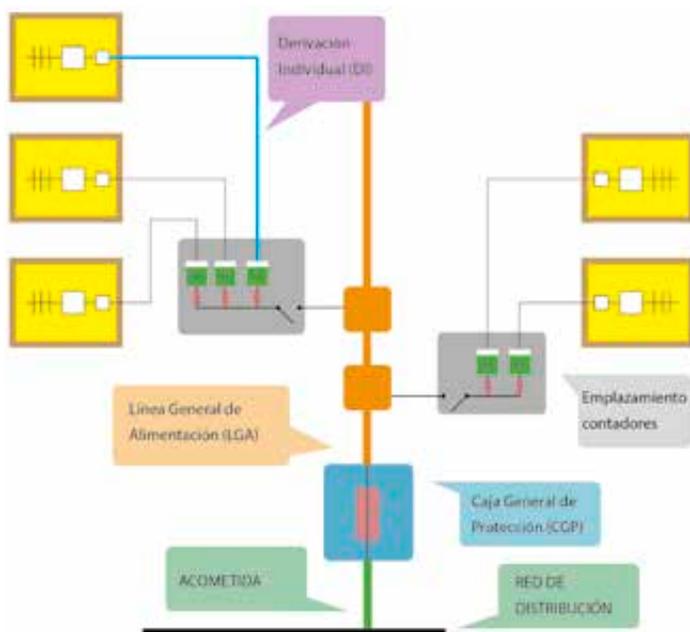


Imagen 24. Esquema instalación de enlace

2.4.1. ACOMETIDA

Es la parte de la instalación comprendida entre la red de distribución y la caja general de protección (o cajas). En España el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) especifica que corresponde a la compañía eléctrica su construcción, y están bajo su inspección y verificación final.

Normalmente son únicas para cada edificio por cada 160 Kw o fracción, y pueden ser aéreas o subterráneas. Las primeras tienen conductores desnudos aunque lo normal es que vayan aislados y trenzados en forma de haz. Las subterráneas, discurren por el subsuelo de vías principales.

La sección de los conductores se calcula según el REBT en función de la tensión del suministro, la densidad máxima de corriente en los conductores, la demanda máxima de potencia prevista y la caída de tensión calculada por la empresa suministradora.

2.4.2. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN EN BAJA

a) Caja general de protección (CGP)

Aloja en su interior los elementos de protección de la línea repartidora y que señala el inicio de la propiedad del usuario. Hay una única CGP por cada 160 Kw o fracción según la demanda del edificio.

Los fusibles de su interior están calibrados según la corriente de la línea que protejan. Hasta 80A son cilíndricos y para mayores intensidades se emplean del tipo cuchilla. El hilo de neutro no lleva fusible.

b) Línea general de alimentación (LGA)

Enlaza la CGP con la centralización de contadores, de la que parten las derivaciones individuales para cada abonado. Normalmente llevan tres conductores de fase con fusible y uno de neutro sin fusible.

c) Contadores centralizados

Permite medir el consumo total de la energía del abonado, y están centralizados.

En el caso de edificios, en una pared de paso común del edificio cuenta hasta con 16 contadores. Para mayor número de contadores, es necesario un cuarto específico con puerta corta fuegos y un interruptor de corte general del edificio.

Cuenta con un **interruptor general de maniobra**, que deja sin tensión los contadores, de los que sale el embarrado general con fusible de protección que va a los contadores, y tras los cuales sale otro embarrado con bornes de salida de línea.

Para el caso de vivienda unifamiliar o un solo abonado, el contador va colocado en el exterior de dicha vivienda junto a los fusibles. Como regla general, pertenece a la empresa suministradora y está precintado para evitar su manipulación.

En el caso de viviendas unifamiliares, la LGA y el contador forman una sola unidad llamada Línea o caja de protección y medida (CPM).

* Ver glosario

d) Derivación individual de abonado

Parte de la centralización de contadores de la LGA para concluir en el cuadro de mando y protección (CMP)*, para dar servicio a cada uno de los abonados existentes.

El CMP, en España obligado en todas las viviendas y locales (REBT), normalmente está colocado detrás de la puerta de entrada. Contiene todos los mecanismos de protección y control de los que parten los circuitos interiores.

- **Interruptor de control de potencia (ICP)*.** Es un dispositivo unipolar de corte automático que coloca la compañía suministradora (precintado) para que salte si el consumo excede del contratado por el abonado. El rearme es de forma manual.
- **Interruptor general automático (IGA)*.** Protege la derivación individual del abonado frente a sobrecargas y cortocircuitos. El rearme es de forma manual.
- **Interruptor diferencial*.** Actúa en caso de derivación a masa (tierra), si se da el caso de que un conductor en tensión toque una carcasa metálica o una persona toque un elemento en tensión, y la corriente escape a tierra. Para que funcione correctamente tiene que existir una fuga a tierra vía la conexión de tierra de la vivienda, teniendo dicha corriente de fuga un valor superior a la sensibilidad del diferencial. Normalmente se instalan de alta sensibilidad (30mA) al ser éste el valor umbral, como vimos en otro capítulo.
- **Pequeños interruptores automáticos (PIA).** Son de protección magnetotérmica y corte monofásico bipolar (fase y neutro), salvo en trifásica que son omnipolares.
- **Protegen frente a sobrecargas y cortocircuitos** de las viviendas y, por ende, a los consumidores conectados a cada circuito.

2.5. GRADO DE ELECTRIFICACIÓN DE LA VIVIENDA

El grado de electrificación de una vivienda hace referencia a la carga eléctrica que debe soportar la instalación eléctrica de dicha vivienda. Por ejemplo, la carga eléctrica que soporta la instalación eléctrica de una casa de 200 m² es mayor que la que soporta un apartamento de 50 m² (menos habitaciones, menos puntos de luz, menos enchufes, menos aparatos eléctricos, etc.).

El grado de electrificación se calcula sumando las potencias de todos los elementos receptores de los que dispone la vivienda, a la que se le aplica una reducción de un 40% (ya que no se utilizan todos los aparatos eléctricos simultáneamente).

Según el tipo de vivienda se definen dos grados de electrificación diferentes. Cada grado de electrificación identifica la

* Ver glosario

potencia mínima que la instalación debe soportar a 230 V, así como los circuitos independientes con los que debe contar.

2.5.1. GRADO DE ELECTRIFICACIÓN BÁSICO

Se refiere a potencias no inferiores a 5.750 w a 230 v.

- C1 – Iluminación.
- C2 – Tomas de corriente generales y frigorífico.
- C3 – Tomas de horno y cocina.
- C4 – Tomas de lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.
- C5 – Tomas de corriente del baño y auxiliares de la cocina.

2.5.2. GRADO DE ELECTRIFICACIÓN ELEVADO

Se refiere a potencia no inferior a 9.200 w a 230 v.

- C6 – Circuito tipo C1 adicional.
- C7 – Circuito tipo C2 adicional.
- C8 – Calefacción eléctrica.
- C9 – Aire acondicionado.
- C10 – Secadora.
- C11 – Domótica.
- C12 – Tipo C3, C4, C5 adicional.



Imagen 25. Cuadro eléctrico

Para que funcionen las protecciones diferenciales de un edificio, se cuenta con una **red de tierra**, que es una malla o bien cableado que une todo el edificio con los cimientos y la tierra (con picas). Permite tomar una referencia cero para que los diferenciales “salten” ante una derivación eléctrica hacia tierra o cero voltios.

Para medir la efectividad de la toma de tierra se emplea un aparato llamado **telurómetro** que consiste es una herramienta eléctrica que mide la conductividad o resistividad del terreno. El telurómetro se incluye dentro de los equipos indispensables para los instaladores de baja tensión acorde con el Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT) y la Norma UNE-EN61557-5.”



3. MEDIDAS DE SEGURIDAD CON RIESGO ELÉCTRICO

A medida que se extiende el uso de la electricidad en las industrias y en los hogares, se incrementa el riesgo de accidentes lo que favorece la creación y el fortalecimiento de medidas de prevención ya sea a través de la legislación, el desarrollo de protocolos y procedimientos que permitan conocer los riesgos que entraña la electricidad, la forma en la que actúa y las principales medidas de seguridad que se deben aplicar tanto en el ámbito profesional como el doméstico.

Aunque las electrocuciones de tipo doméstico constituyen un grupo de importancia menor, es necesario incidir en su prevención mediante medidas de sensibilización y educación dirigidas hacia la sociedad en general. Los accidentes motivados por la subida a postes que sostienen conductores bajo tensión, o por manipular con cables caídos en tierra por personas sin experiencia, son cada vez más raros, pero todavía existen.

Algunos confirman que la tensión más baja que ha ocasionado la muerte a alguna persona es de 60V. En España, la red eléctrica proporciona 220V CA en los enchufes de cada casa. Se tiene constancia de descargas de 120.000 voltios de corriente alterna trifásica.

3.1. CONTACTO ELÉCTRICO DIRECTO

En este tipo de contacto, la persona toca un cable o conductor eléctrico de corriente (metal de la bombilla, base de enchufe rota, etc.), de forma directa por lo que la electricidad pasa a tierra a través de su cuerpo.

La corriente eléctrica es producida por una diferencia de potencial entre dos puntos que van desde el lugar de mayor a menor potencial eléctrico por el camino de menos resistencia.

En este caso, será necesario que contemos con una disposición que impida a la corriente el paso a través de nuestro cuerpo, o bien limitar el valor de la corriente para que no sea peligroso (esto es, con intensidad menor de 1 mA). Esto es posible observando las siguientes premisas:

- Separación de las partes activas o cargadas, retirándolas, elevándolas (2.5 m) o enterrándolas (1 m) en zonas inaccesibles a las personas.
- Interponiendo obstáculos y/o barreras. Delimitando las áreas de peligro, balizando en caso necesario para evitar el acceso.
- Aislando las partes bajo tensión por medio de un material aislante sobre los conductores.

3.2. CONTACTO ELÉCTRICO INDIRECTO

En este caso, la persona no entra en contacto directo con la fuente eléctrica. Toca algún elemento que a su vez está en contacto con esta y se produce una descarga eléctrica. Un ejemplo de este tipo de situación sería la descarga que se produce al tocar un electrodoméstico que en su interior tiene un cable suelto o falla el aislamiento de la cubierta.

Las medidas de protección que se pueden aplicar en este tipo de casos se pueden agrupar en dos categorías:

3.2.1. MEDIDAS DE CLASE A

Impiden el paso de la corriente eléctrica a nuestro cuerpo. Entre ellas se encuentran:

- Separación de circuitos para que el mecanismo a manipular por el personal tenga tensión y corriente nula.
- Uso de pequeñas tensiones de seguridad menores al “umbral de seguridad” (utilizar máquinas que empleen menores tensiones a las de seguridad).
- Aislamiento de partes activas y masas accesibles.
- Empleo de algún elemento que evite la simultaneidad de conductores y masas (goma o alfombra aislante).
- Recubrir las masas con elementos aislantes para protegerlos.
- Conexiones equipotenciales. Unir mediante conductores las partes metálicas con masa para estar a la misma tensión. Por ejemplo, a un pájaro posado sobre un cable de AT, se le supone a la misma tensión y así puede posarse sin electrocutarse.
- Se emplea para seguridad personal y para protección de equipos ante corrosión. Es obligatorio en locales “húmedos” como cuartos de baño, en que la bañera, por ejemplo, está conectada a tierra. Se trata de enlazar todos los comunes y suelos conductores al mismo punto.

3.2.2. MEDIDAS DE CLASE B

Se basan en el corte automático de corriente eléctrica, en el caso de producirse algún defecto que pueda comprometer la seguridad personal:

- Puesta a tierra de todas las masas mediante picas de toma de tierra.
- Empleo de dispositivos de corte por intensidad de fuga, como interruptores diferenciales calibrados a un determinado nivel de corte que no sobrepasa el umbral de seguridad.
- Puesta a tierra de masas y dispositivo de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a neutro de masas y dispositivo de corte por intensidad de defecto (en este caso no existe red de tierras).

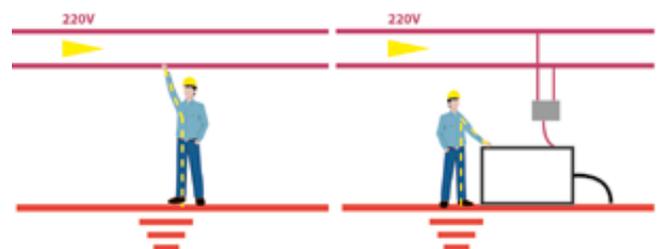


Imagen 26. Contacto con corriente

3.3. REGLAS BÁSICAS DE ACTUACIÓN ANTE RIESGO ELÉCTRICO

En el caso de España existe una reglamentación de las actuaciones con riesgos eléctricos. Todo lo relativo a este tema, se recoge en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión del Ministerio de Industria y Energía Español (el REBT)

Así mismo para evitar accidentes laborales por causas eléctricas, existen unos procedimientos establecidos por la legislación laboral española que determinan cinco “reglas de oro” o pautas de actuación. (Ver tabla 1 e imagen 27)

Tabla 1. Pautas de actuación al trabajar con alta y baja tensión

PAUTAS DE ACTUACIÓN	PRESCRIPCIÓN	
	Alta tensión	Baja tensión
1 Abrir con corte visible todas las posibles fuentes de tensión	Obligatorio	
2 Enclavar aparatos de corte abiertos anteriormente	Obligatorio	Siempre que sea posible
3 Comprobar ausencia total de tensión en cada uno de los conductores tras el corte	Obligatorio	
4 Poner en corto y a tierra todas las posibles fuentes de tensión	Obligatorio	Recomendable
5 Acotar y señalizar la zona de trabajo	Obligatorio	Recomendable

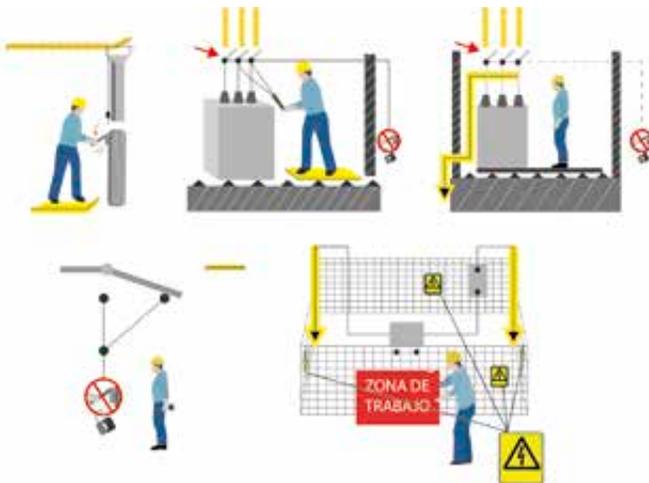


Imagen 27. Actuación ante riesgo eléctrico

Para llevar a cabo todas estas medidas de seguridad es necesario emplear equipos de protección individual específicos para realizar trabajos bajo tensión tales como: botas, casco, guantes de protección eléctrica, banqueta y alfombra aislante, pértiga de salvamento y/o maniobra, herramienta aislante diversa.



"Manual equipos operativos y herramientas de intervención" de esta misma colección, para ampliar información sobre este tema.

3.3.1. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Todas las operaciones se realizan con equipos de protección completo (pantalón, camiseta, cubre-pantalón, botas, cha-

quetón, guantes y casco de intervención), y el material de riesgo eléctrico (banquetas, pértiga, alfombrilla, etc.).



"Manual equipos operativos y herramientas de intervención" de esta misma colección para ampliar información sobre este tema.



La realización de trabajos en la proximidad de instalaciones eléctricas de alta y/o baja tensión lleva consigo el riesgo de entrar en contacto con las partes activas de la misma por medio de grúas, andamios, aparatos de transporte y objetos de diversa índole. Para evitar estos contactos, el personal conocedor de las instalaciones eléctricas que utilice herramientas, aparatos de elevación, etc., no debe sobrepasar con estos elementos móviles las siguientes distancias:

- Cuando la tensión de la instalación es **superior a 66.000 V**, la distancia mínima de seguridad es de cinco metros.
- Cuando la tensión de la instalación es **inferior a 66.000 V**, la distancia mínima de seguridad es de tres metros.

Si no pueden mantenerse estas distancias, hay que ponerse en contacto con el responsable de la instalación eléctrica para recibir instrucciones y dejar sin tensión la instalación, o bien, construir unos obstáculos o barreras que impidan el contacto de los elementos móviles con las partes activas de la instalación.

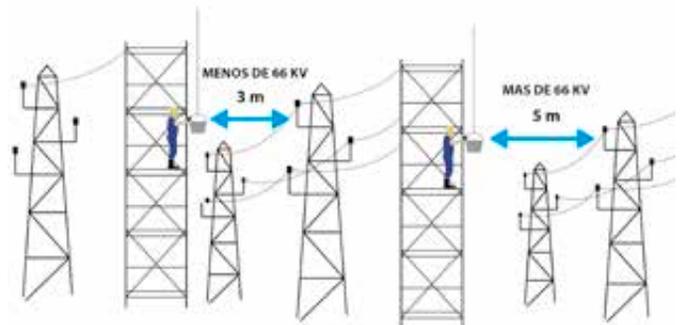


Imagen 28. Distancias de seguridad



Cuando se realizan trabajos en instalaciones subterráneas, se tiene que mantener la siguiente distancia de seguridad:

- Cuando se realizan trabajos con herramientas manuales, la distancia mínima de seguridad es de 0,5 metros.
- Cuando se realizan trabajos con herramientas o útiles mecánicos, la distancia mínima de seguridad es de un metro.



Imagen 29. Distancias de seguridad subterránea



En la realización de trabajos que se lleven a cabo en presencia de tensión (no aplica para rescates) es necesario observar las siguientes distancias de seguridad:

Tabla 2. Distancia de seguridad en función de la tensión

TENSIÓN C.A. (KV)	DISTANCIA (m)
Hasta 1	0,5
Hasta 10	0,8
Hasta 15	0,9
Hasta 20	0,95
Hasta 25	1
Hasta 30	1,1
Hasta 45	1,2
Hasta 66	1,4
Hasta 110	1,8
Hasta 132	2
Hasta 220	3
Hasta 380	4

3.3.2. SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE LAS DIFERENTES SUBESTACIONES

Cada tipo de subestación cuenta con diferentes sistemas de protección. A continuación se describen aquellos que se encuentran en las subestaciones de intemperie y urbanas:

- **Las subestaciones de intemperie** se pueden proteger con pórticos metálicos de entrada y salida para evitar el peligro de incendio que albergan los transformadores y las líneas eléctricas de entrada y salida. Bajo dichos pórticos, se encuentran fusibles y seccionadores cilíndricos de más de un metro de altura, con aceite o hexafluoruro de tungsteno en su interior con objeto de apagar “chispas” de los posibles arcos voltaicos que pudieran originarse. Los modelos con aceite, al igual que en los transformadores, si se calientan demasiado pueden arder. Así que, para evitar este calentamiento, se instalan unos transformadores que están también conectados a los pórticos (en la parte trasera) mediante fusibles o seccionadores. Estos transformadores se refrigeran mediante aceite mineral, disponen de un sumidero para la recogida del aceite y pozo apaga incendios. Cuentan con sistemas de detección y extinción automáticos, si bien pueden poner en riesgo la estabilidad estructural del edificio bajo el que están debido a las altas temperaturas en caso de incendio.
- **Las subestaciones urbanas** no cuentan con pórticos para protegerlas, porque se tratan de líneas de alimentación subterráneas que cuentan con celdas de entrada y salida. Se trata de armarios metálicos que alojan los interruptores, fusibles y/o seccionadores. El material de fabricación es auto-extinguible y para los arcos voltaicos llevan hexafluoruro de tungsteno, además cuentan con sistemas de detección automática y extinción por agua en forma de niebla o inundación de gases inertes.

El sistema de protección de los centros de transformación prefabricados y subterráneos son parecidos.

3.4. FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR RIESGO ELÉCTRICO Y SU CLASIFICACIÓN

Las estadísticas indican que la mayoría de los incendios que ocurren en **viviendas** se deben a la electricidad. De ellos, el mayor número está ocasionado por cortocircuitos debidos a rotura de aislamientos en cables o enchufes, o a sobrecargas originadas por conectar a una misma línea distintos consumidores eléctricos mediante los denominados “ladrones” de salidas múltiples que se conectan a enchufes.

Existe una amplia casuística para este tipo de incendios, por citar algunos de los que se pueden registrar:

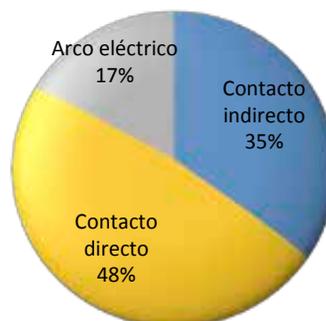
- En las líneas de distribución de baja tensión, que van desde los centros de transformación (CT) hasta la caja general de protección (CGP).
- En las líneas aéreas pueden estar ocasionados por empalmes y conexiones.
- En las líneas subterráneas pueden originarse por la acción de los roedores y la humedad.
- También puede haber incendios en cualquier parte de la instalación de enlace o en CGP.
- Centralización de contadores.
- Maquinaria de ascensores o plataformas elevadoras de garajes.
- En líneas repartidoras de viviendas.

Los estudios estadísticos relativos a la frecuencia de los accidentes eléctricos, deben ser analizados en torno a tres ámbitos diferentes:

- Accidentes ocurridos durante el trabajo en empresas sobre todo de tipo industrial.
- Accidentes que sufren los profesionales vinculados a la producción, transporte y distribución de la electricidad.
- Accidentes domésticos.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España publicó un estudio en el que se clasificaban los tipos de accidentes por riesgo eléctrico:

- El 35% de los accidentes eléctricos son por contacto directo.
- El 17% son por contacto indirecto.
- El 48% son por arco eléctrico.

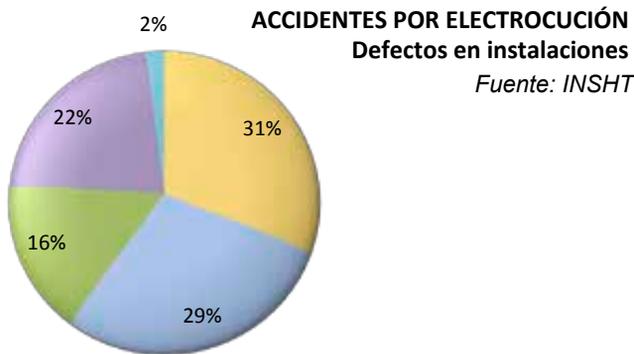


ACCIDENTES POR ELECTROCUCIÓN ESTADÍSTICA SEGÚN FORMA

Fuente: INSHT

Entre las causas que propiciaron los accidentes se encontró que de las personas que estaban involucradas en el accidente:

- El 26% conocía que había tensión, pero desestimaron el riesgo.
- El 23% llevo a cabo una incorrecta manipulación de los aparatos de maniobra.
- El 20% desconocía la existencia de electricidad.
- En el 16% utilizó herramientas no aisladas.
- En el 15% desconocía las características de la instalación.



- Sistema de protección contra incendio eléctrico inadecuado
- Cable de puesta a tierra seccionado o no conectado
- Fallo de protecciones diferenciales
- Inexistencia de puesta a tierra
- Aislamiento de protección defectuoso

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

4. EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD EN EL ORGANISMO

Los accidentes eléctricos no son especialmente numerosos, pero producen una elevada gravedad en las personas que los sufren. Son especialmente graves cuando la corriente que viaja por el interior del cuerpo entra en contacto con órganos vitales como el corazón o los pulmones.

Las personas electrocutadas deben ser tratadas lo antes posible por personal sanitario o bien personal que cuente con entrenamiento para intervenir en este tipo de situaciones. Aunque en apariencia no existan lesiones, ni tampoco se haya producido la pérdida de conocimiento o bien esta haya sido mínima. El daño en el organismo puede aparecer al cabo de unas horas o incluso días más tarde.

La atención en estos primeros minutos es de vital importancia, y en muchos casos será determinante en el pronóstico de la víctima. El intervalo entre el estado de muerte aparente (estado en el que los signos vitales parecen faltar, sin embargo la detención de la vida no es definitiva) y el de muerte real, es cuando se deben aplicar las maniobras de reanimación al electrocutado, siempre que se cuente con un entrenamien-

to para ello. De lo contrario, habrá que acompañar al herido hasta que se cuente con un profesional sanitario.



"Manual de intervenciones sanitarias en emergencias" para ampliar información sobre técnicas de reanimación cardiopulmonar.

A menudo, el accidente eléctrico se acompaña de fracturas o contusiones motivadas por contracciones musculares, o por proyección del accidentado lejos de la fuente que generó la corriente eléctrica (conductor), sobre todo si es desde un lugar elevado. Las más frecuentes son las fracturas de cráneo, columna vertebral y miembros. Es necesario estar advertido de ello con el fin de, tras reanimar al electrocutado, explorarle y, si existen fracturas, proceder de acuerdo con las normas básicas de primeros auxilios.

En términos generales, la gravedad del accidente eléctrico radica en una alteración funcional del organismo y, por tanto, si se consigue salvar la vida, no suelen quedar huellas de esta acción de la corriente en el organismo y la persona salvada permanece con todas sus facultades en perfecto estado.

En España, existe una norma que contiene información esencial sobre los efectos de la corriente eléctrica sobre las personas y los animales (Norma UNE 20572-1: 1997 que a su vez se basa en la Norma Internacional CEI 479 partes 1 y 2). En ella se tratan en detalle los efectos de la corriente que atraviesa el cuerpo humano. Los efectos que se pueden apreciar a primera vista después de producirse una descarga eléctrica en el organismo son los siguientes:

- Sacudida eléctrica, sin pérdida de conocimiento.
- Lesiones traumáticas asociadas.
- Estado de muerte aparente.
- Quemaduras y otras lesiones locales.
- Parálisis y convulsiones.
- Trastornos de los órganos de los sentidos.

Los efectos que no se pueden apreciar a simple vista después de producirse una descarga eléctrica en el organismo y que para su identificación y tratamiento requieren la intervención de persona que haya recibido un entrenamiento de tipo médico sanitario pueden ser:

- **Tetanización muscular:** ocurre cuando el cuerpo está en contacto con una intensidad de corriente eléctrica denominada "corriente límite" o "umbral de no soltar" (10 mA). En este caso, si el cuerpo está en contacto eléctrico, se impide la separación del punto de contacto al anular la capacidad muscular.
- **Paro respiratorio:** ocurre cuando la corriente eléctrica circula de la cabeza a algún miembro del sistema nervioso respiratorio (en ocasiones se necesita la respiración artificial durante horas).
- **Asfixia:** cuando la corriente atraviesa el tórax e impide la contracción del diafragma.
- **Fibrilación ventricular:** ruptura del ritmo cardiaco debido al paso de corriente por el corazón. Se interrumpe la circulación sanguínea y en pocos minutos conduce a lesiones irreversibles del cerebro.
- **Quemaduras:** producidas por la energía liberada en forma calorífica (medido en Joule). La gravedad de la

lesión depende del órgano o la parte afectada. Un calentamiento excesivo de núcleos nerviosos vitales puede desembocar en una parálisis localizada.

Estas reacciones de la electricidad en el cuerpo humano dependen de la intensidad y del tiempo de paso, pero esta relación no es lineal, depende del trayecto a través del cuerpo, de la frecuencia de la corriente y de la tensión de contacto aplicada, así como de la humedad de la piel.

Lamentablemente este tipo de accidentes, en algunos casos, tienen como consecuencia la muerte.

Los principales signos de la muerte son: el enfriamiento del cuerpo, la rigidez y las livideces cadavéricas. Signos que se hacen ostensibles después de un tiempo de que ha sobrevenido la muerte.

Los mecanismos de muerte por electrocución más frecuentes son:

- **Parálisis de los centros nerviosos superiores.** Inhibición temporal que lleva consigo el cese de las principales funciones vitales.
- **Fibrilación ventricular.** Las fibras del corazón se contraen independientemente con una gran descoordinación y sin la fuerza necesaria para que la sangre llegue a los órganos vitales.
- **Parálisis de los músculos respiratorios.** Producto de la tetanización de estos músculos, bajo el efecto de la corriente.

4.1. INTENSIDAD

La máxima intensidad que una persona puede llegar a soportar sin peligro, independientemente del tiempo de exposición a la misma, se llama **umbral de seguridad**. Diferentes estudios realizados sobre el cuerpo humano lo han establecido en 30 mA. Pero es importante tener claro que “la intensidad es la que mata”.

En el caso de España la Norma técnica 400 (INSHT), la Norma UNE 20572-1:1997 y CEI 479-1 y 2-1994 especifican los efectos que tiene la corriente alterna y la corriente continua en función de la intensidad de la corriente y del tiempo de paso:

- Para corriente alterna, hay cuatro zonas principales que dependen directamente de la intensidad de corriente y del tiempo de paso. En estas cuatro zonas se darán los siguientes efectos:

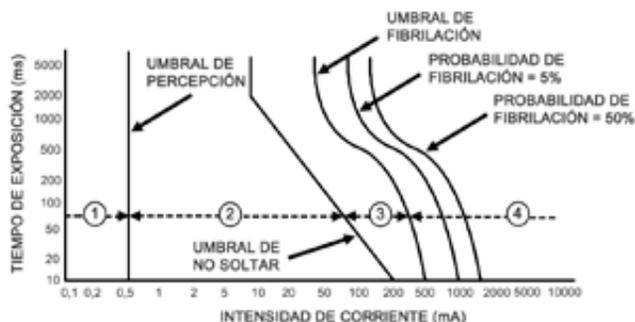


Imagen 30. Efectos de la corriente alterna sobre el organismo

Tabla 3. Efectos fisiológicos de la corriente alterna (INSHT, 1995)

ZONA	LÍMITES	EFFECTOS FISIOLÓGICOS
1	Hasta 0,5 mA línea a	Habitualmente, ninguna reacción
2	De 0,5 mA hasta línea b	Habitualmente, ningún efecto peligroso
3	De línea b hasta curva c1	Habitualmente, ningún daño orgánico. Con duración superior a dos segundos se pueden producir contracciones musculares que dificultan la respiración, y paradas temporales del corazón sin llegar a la fibrilación ventricular.
4	Por encima de curva c1	Riesgo de parada cardíaca por: fibrilación ventricular, parada respiratoria y/o quemaduras graves.

- Para **corriente continua**, se puede ver la siguiente representación gráfica, donde se deducen cuatro zonas para los diferentes efectos fisiológicos:

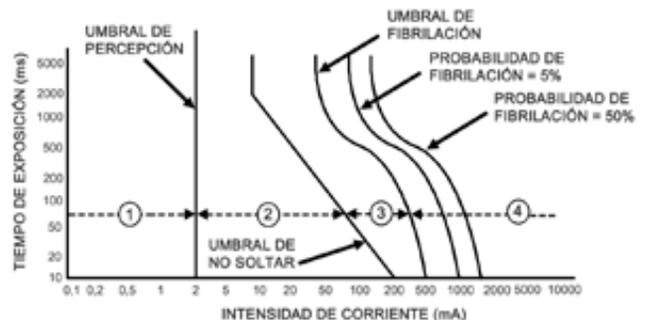


Imagen 31. Efectos de la corriente continua sobre el organismo

Tabla 4. Efectos fisiológicos de la corriente continua (INSHT, 1995)

ZONA	LÍMITES	EFFECTOS FISIOLÓGICOS
1	Hasta 2 mA línea a	Habitualmente, ninguna reacción. Ligera sensación de picazón cuando se establece y se interrumpe la corriente.
2	De 2 mA hasta línea b	Habitualmente, ningún efecto peligroso.
3	De línea b hasta curva c1	Habitualmente, ningún daño orgánico. El aumento de la corriente y del tiempo es susceptible de provocar perturbaciones reversibles de formación y de conducción de impulsos en el corazón.
4	Por encima de curva c1	El aumento de la corriente y del tiempo provoca efectos patofisiológicos peligrosos, por ejemplo quemaduras profundas que se añaden a los efectos de la zona.

4.2. RESISTENCIA DEL CUERPO

Para una tensión fija aplicada al cuerpo humano, la corriente que circula depende de la resistencia que presente dicho organismo. Sin embargo, esta es muy variable y depende de multitud de factores, internos y externos, tales como las con-

diciones fisiológicas de la piel (espesor y dureza), la tensión, presión y superficie del punto de contacto, el recorrido de la corriente por el cuerpo y el estado fisiológico del organismo.

La piel es un órgano que aísla del medio externo y, por ello, ofrece una determinada resistencia al paso de la corriente eléctrica. Los tejidos (formados por la dermis y la epidermis) que la componen son muy malos conductores, por lo que actúan como un condensador. Frente a la corriente continua, la piel presenta una mayor resistencia que frente a corriente alterna.

Si se eliminan los valores extremos, que son excepcionales, los límites relativamente normales de la resistencia de la piel quedan comprendidos entre 1.000 y 100.000 óhmios.

A modo orientativo se suelen considerar los siguientes valores medios para la resistencia del cuerpo humano, a la frecuencia normal de 50 Hz:

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

En el caso de los bomberos, las condiciones de trabajo a veces son extremas, y su organismo está sometido a una resistencia por debajo de los 1.000 óhmios, debido a que los equipos de protección individual les provocan mucha sudoración en su cuerpo.

A su vez, la presión sobre el punto de contacto influye negativamente en la resistencia. Cuando, en BT, el contacto es puntiforme*, actúa sobre la piel una gran densidad de corriente. Al fallar la resistencia cutánea por quemaduras, solo queda la resistencia de los tejidos internos.

Según la **Ley de Ohm**, para una tensión de línea de 220 V y una persona de resistencia tipo de 1000 óhmios, la intensidad eléctrica que circula por su cuerpo es de 22 mA, muy por encima de los 30 establecidos como "umbral de seguridad", por lo que el riesgo de accidente con peligro de muerte es muy elevado.

Según el cuadro de **Dalziel** (Iberdrola, 2007), que fue un científico del siglo pasado que estudió los efectos del paso de una corriente por el cuerpo humano, podemos ver los efectos que se producen en el organismo en función de la resistencia para tensiones dadas:

Tabla 5. Efectos en el organismo en función de la resistencia a diferentes tensiones (Iberdrola, 2007)

R Cuerpo y R Contacto	Tensión de la corriente		
	100 v	1.000 v	10.000 v
500-1.000 óhmios	Muerte cierta Quemaduras ligeras	Muerte probable Quemaduras evidentes	Supervivencia posible Quemaduras serias
5.000 óhmios	Shock molesto No hay lesiones	Muerte segura Quemaduras ligeras	Muerte probable Quemaduras serias
50.000 óhmios	Sensación apenas perceptible	Shock molesto No hay lesiones	Muerte segura Quemaduras ligeras

Aunque esta tabla detalla las lesiones provocadas en el organismo de forma general, se sabe que la resistencia a la elec-

* Ver glosario

tricidad varía entre diferentes personas. Esta diferencia se encuentra notablemente disminuida en individuos enfermos, sobre todo si tienen lesiones en la piel, o con una debilidad constitucional evidente, así como en personas sanas que por cualquier circunstancia se encuentran en condiciones de cierta vulnerabilidad: hambre, sueño, sed, fatiga, preocupaciones. Esto debe tenerse muy en cuenta, ya que puede ocurrir que la misma corriente eléctrica que en algún momento no causó ningún daño en una persona en contacto con ella, en otro puede llegar a producirle incluso la muerte.

4.3. TENSIÓN DE SEGURIDAD

La tensión de seguridad o tensión límite de seguridad (U_L) es la tensión por debajo de la cual no hay peligro para las personas.

La Norma española UNE 20460 determina que según las condiciones del entorno (en presencia o no de agua), la tensión límite de seguridad para la corriente **alterna** es de:

- 50 V para los locales secos.
- 25 V para los locales húmedos.
- 12 V para los locales mojados, por ejemplo, para las obras en el exterior.



Ejemplo

Partiendo nuevamente de la Ley de Ohm, para una persona con una resistencia de 1.000 óhmios en local húmedo, 2.500 óhmios en local seco y tomando como referencia de intensidad la del umbral de seguridad de 30 mA, tenemos que:
En local seco:

$$V = IR = 2500 \cdot 0,03 = 75$$

En local húmedo:

$$V = IR = 1000 \cdot 0,03 = 30$$

Si se aplica la Ley de Ohm, se llegará a la conclusión de que con tensiones inferiores a los 50 V (en seco) y a los 25 V (en húmedo), el margen de seguridad es bastante amplio.

4.4. FRECUENCIA Y FORMA DE LA CORRIENTE

La Norma UNE 20572 partes 1 y 2 (basada en la Norma Internacional CEI 479 partes 1 y 2), trata sobre los efectos de la corriente a diferentes frecuencias. A continuación, se resumen los aspectos más destacados:

- **Efectos de la corriente alterna de frecuencias superiores a 100 Hz**

Cuanto más aumenta la frecuencia de la corriente, más disminuyen los riesgos de fibrilación ventricular; no obstante aumentan los riesgos de quemaduras.

Generalmente, se considera que las condiciones de protección contra los contactos indirectos son idénticas a 400 Hz que a 50 o 60 Hz, es decir, se pueden emplear los mismos dispositivos diferenciales a ambas frecuencias, ya que aunque aumente el umbral de disparo del diferencial, también disminuye la peligrosidad de la corriente, es decir, se necesita más corriente para hacer el mismo daño.

La norma indica que el factor de frecuencia (relación entre la corriente a la frecuencia f y la corriente a la fre-



cuencia de 50/60 Hz) para un mismo efecto fisiológico considerado, aumenta con la frecuencia.

La corriente produce un daño máximo a la frecuencia de 50/60 Hz. Por ejemplo, la intensidad de tetanización, que es de 10 mA a 50 Hz, pasa a 90 mA en corriente continua y a 80 mA a 5 kHz. Por otro lado, se ha constatado que de 10 a 100 kHz el umbral de percepción aumenta aproximadamente de 10 mA a 100 mA en valor eficaz.

- **Efectos de la corriente continua**

La corriente continua es menos peligrosa que la alterna. Es más fácil soltar la mano de objetos en tensión continua que de objetos en tensión alterna. En corriente continua, el umbral de fibrilación ventricular es mucho más elevado.

- **Efectos de corrientes con formas de onda especiales**

El desarrollo de la electrónica de mando hace que se puedan crear, en caso de defecto de aislamiento, corrientes cuya forma se componga de corriente alterna a la cual se superponga una componente continua. Los efectos de estas corrientes sobre el cuerpo humano son intermedios entre los de la corriente alterna y los de la corriente continua.

- **Efectos de las corrientes impulsionales**

Proviene de las descargas de condensadores y pueden presentar ciertos peligros para las personas en caso de defecto de aislamiento. El factor principal que puede provocar una fibrilación ventricular es el valor de la cantidad de electricidad (It) o de energía (I^2t) para duraciones de choque inferiores a 10 ms. El umbral de dolor depende de la carga del impulso y de su valor de cresta.

De una forma general, el umbral del dolor es del orden de 50 a $100 \cdot 10^6 A^2s$

Cuando la frecuencia aumenta por encima de 1.000 Hz, los umbrales de acción de la corriente aumentan, y se sabe bien que la utilización médica de aparatos de alta frecuencia no ocasiona ninguna percepción dolorosa al paciente, sino solamente un efecto térmico.

4.4.1. TIEMPO DE CONTACTO

Los efectos de la corriente, por lo general, son cuatro veces menos peligrosos que los de la alterna a 50 Hz, a igualdad de tensión y corriente.

Con tensiones e intensidades muy bajas (pero superiores al "umbral de no soltar", estipulado en 10 mA, se pueden originar en el organismo contracciones musculares que, sin suponer pérdida de control muscular, pueden tener diversas consecuencias debido al tiempo de contacto del organismo con la corriente. Numerosas investigaciones han demostrado que para que se produzca una fibrilación ventricular, es necesario que el tiempo de contacto con la corriente eléctrica sea de al menos un segundo.

4.4.2. TRAYECTORIA INTERNA

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

entra en contacto con algún órgano vital (corazón, los pulmones, el cerebro, etc.). En este sentido serán un peligro potencial las corrientes que viajen en las siguientes direcciones:

- Desde la mano derecha hasta la izquierda.
- Desde la mano izquierda hasta la derecha.
- Desde la cabeza a las manos.
- Desde la cabeza a los pies.

Otro factor a tener en cuenta es el contacto entre la mano y el conductor eléctrico. Si este contacto se realiza con la palma, la tetanización muscular hará que esta se cierre sobre el conductor y no sea posible soltarse. Por este motivo, en las intervenciones de rastreo en espacios sin visibilidad se debe ir palpando con el revés de la mano en vez de con la palma de la misma.



En resumen, con tensiones altas la norma es que se produzcan quemaduras eléctricas más o menos graves. Las tensiones por debajo de 2.000 V son las que suelen producir la fibrilación ventricular.

5. ~~NORMATIVA~~

~~El Ministerio de Industria y Energía, en consenso con las compañías suministradoras de energía, propone las normas que han de seguir las instalaciones y máquinas eléctricas, normas que pretenden unificar los criterios que regulan aspectos de dichos elementos como su construcción, su rentabilidad, su seguridad, su fiabilidad y su calidad a la hora de materializar los suministros de energía. Estas normas o reglamentos son:~~

- ▲ ~~Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT). REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto.~~
- ▲ ~~Reglamento de líneas de AT.~~
- ▲ ~~Reglamento de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.~~
- ▲ ~~Ley de acometidas eléctricas.~~
- ▲ ~~Ley de verificaciones eléctricas.~~
- ▲ ~~Normativa de las diferentes compañías eléctricas (Iberdrola, Endesa, etc).~~
- ▲ ~~Recomendaciones UNESA para equipos eléctricos.~~
- ▲ ~~Normas UNE-EN.~~
- ▲ ~~Reglamentación municipal.~~

5.1. ~~REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN~~

~~El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (art. 1), establece las condiciones técnicas y garantías que han de poseer las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión, con el objeto de:~~

- ~~Preservar la seguridad de las personas y los bienes.~~
- ~~Asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.~~
- ~~Contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.~~

Más adelante, dicho Reglamento (art. 2) indica que “se aplicará a las instalaciones que distribuyan la energía eléctrica, a las generadoras de electricidad para consumo propio y a las receptoras, en los siguientes límites de tensiones nominales: corriente alterna ≤ 1.000 voltios corriente continua ≤ 1.500 voltios.”

Este Reglamento se aplica “a las nuevas instalaciones, a sus modificaciones y a sus ampliaciones, así como a las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor:

- Que sean objeto de modificaciones de importancia, reparaciones de importancia y a sus ampliaciones.
- En lo referente al régimen de inspecciones, si bien los criterios técnicos aplicables en dichas inspecciones serán los correspondientes a la reglamentación con la que se aprobaron.
- Cuando su estado, situación o características impliquen un riesgo grave para las personas o los bienes, o se produzcan perturbaciones importantes en el normal funcionamiento de otras instalaciones, a juicio del Órgano Competente de la Comunidad Autónoma.”

Este Reglamento NO se aplica “a las instalaciones y equipos de uso exclusivo en minas, material de tracción, automóviles, navíos, aeronaves, sistemas de comunicación, y los usos militares y demás instalaciones y equipos que estuvieran sujetos a reglamentación específica”.

Solo se aplicarán prescripciones específicas (que serán objeto de las correspondientes ITC Instrucciones Técnicas Complementarias, a las instalaciones o equipos que utilizan “muy baja tensión” (< 50 V en corriente alterna y ≤ 75 V en corriente continua, como las redes informáticas y similares), siempre que su fuente de energía sea autónoma, no se alimenten de redes destinadas a otros suministros, o que tales instalaciones sean absolutamente independientes de las redes de baja tensión con valores por encima de los fijados para tales pequeñas tensiones.

Tabla 6. Clasificación de las tensiones (REBT, 2002)

CLASIFICACIÓN DE LAS TENSIONES (art.4)		
Muy baja tensión	CA	CC
	$U_n \leq 50V$	$U_n \leq 75V$
Tensión usual	CA	CC
	$50 < U_n \leq 500 V$	$75 < U_n \leq 750 V$
Tensión especial	CA	CC
	$500 < U_n \leq 1.000 V$	$750 < U_n \leq 1.500 V$

Las **tensiones nominales** usualmente utilizadas en las distribuciones de corriente alterna serán:

- a) 230 V entre fases para las redes trifásicas de tres conductores.
- b) 230 V entre fase y neutro, y 400 V entre fases para las redes trifásicas de cuatro conductores.

En las **redes de distribución**, las instalaciones se definirán según la tensión entre fase y tierra o entre dos conductores de fase (art.8).

Las **instalaciones de alumbrado exterior** han de reunir ciertas condiciones en función de situación de intemperie y por el riesgo de ser accesibles fácilmente (art.9).

Los **tipos de suministro** (art. 10) se clasifican en:

- a) **Suministros normales:** una empresa suministra la energía a un abonado en un solo punto de entrega por la totalidad de la potencia contratada por el mismo.
- b) **Suministros complementarios o de seguridad:** complementan al suministro normal para garantizar su continuidad. Pueden provenir de la misma empresa suministradora o de dos diferentes. Se considera suministro complementario aquel que, aun partiendo del mismo transformador, dispone de línea de distribución independiente desde su mismo origen en baja tensión. Se clasifican en suministro de socorro, suministro de reserva y suministro duplicado:
 - **Suministro de socorro** (15% del contratado para el suministro normal).
 - **Suministro de reserva** (25% del contratado para el suministro normal), pensado para mantener un servicio restringido de los elementos de funcionamiento indispensables de la instalación receptora.
 - **Suministro duplicado** ($> 50\%$ del contratado para el suministro normal).

La **acometida** (parte de la instalación de la red de distribución que alimenta la caja o cajas generales de protección) es responsabilidad de la empresa suministradora, por lo que debe asumir su inspección y verificación final (art.15).

Las **instalaciones de enlace** (unen la caja general de protección con las instalaciones interiores o receptoras del usuario) constan de los siguientes elementos:

- Caja general de protección: incorporan alojan elementos de protección de las líneas generales de alimentación y constituyen el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.
- Línea general de alimentación: enlaza una caja general de protección con las derivaciones individuales que alimenta.
- Elementos para la ubicación de contadores.
- Derivación individual: parte de la línea general de alimentación que comprende los aparatos de medida, mando y protección.
- Caja para interruptor de control de potencia.
- Dispositivos generales de mando y protección.

Las compañías suministradoras facilitarán los valores máximos previsibles de las **potencias o corrientes de cortocircuito** de sus redes de distribución, con el fin de que el proyectista tenga en cuenta este dato en sus cálculos.

La norma que incluye todas estas indicaciones (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) también determina, por ejemplo, quién es responsable del mantenimiento y verificación/inspección de las instalaciones, la normativa de referencia, los accidentes, las infracciones y sanciones, etc.



Tabla 7. Índice de las instrucciones técnicas complementarias

Instrucción	Título	Instrucción	Título
ITC-BT-01	Terminología	ITC-BT-27	Instalaciones interiores en viviendas. Locales que contienen una bañera o ducha
ITC-BT-02	Normas de referencia en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión	ITC-BT-28	Instalaciones en locales de pública concurrencia
ITC-BT-03	Instaladores autorizados	ITC-BT-29	Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión
ITC-BT-04	Documentación y puesta en servicio de las instalaciones	ITC-BT-30	Instalaciones en locales de características especiales
ITC-BT-05	Verificaciones e inspecciones	ITC-BT-31	Instalaciones con fines especiales. Piscinas y fuentes
ITC-BT-06	Redes aéreas para distribución en baja tensión	ITC-BT-32	Instalaciones con fines especiales. Máquinas de elevación y transporte
ITC-BT-07	Redes subterráneas para distribución en baja tensión	ITC-BT-33	Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales y temporales de obras
ITC-BT-08	Sistema de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica	ITC-BT-34	Instalaciones con fines especiales. Ferias y stands
ITC-BT-09	Instalaciones de alumbrado exterior	ITC-BT-35	Instalaciones con fines especiales. Establecimientos agrícolas y hortícolas
ITC-BT-10	Previsión de cargas para suministros en baja tensión	ITC-BT-36	Instalaciones a muy baja tensión
ITC-BT-11	Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas	ITC-BT-37	Instalaciones a tensiones especiales
ITC-BT-12	Instalaciones de enlace. Esquemas	ITC-BT-38	Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención
ITC-BT-13	Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección	ITC-BT-39	Instalaciones con fines especiales. Cercas eléctricas para ganado
ITC-BT-14	Instalaciones de enlace. Línea general de alimentación	ITC-BT-40	Instalaciones generadoras de baja tensión
ITC-BT-15	Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales	ITC-BT-41	Instalaciones eléctricas en caravanas y parques de caravanas
ITC-BT-16	Instalaciones de enlace. Contadores: ubicación y sistemas de instalación	ITC-BT-42	Instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo
ITC-BT-17	Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia (ICP)	ITC-BT-43	Instalación de receptores. Prescripciones generales
ITC-BT-18	Instalaciones de puesta a tierra	ITC-BT-44	Instalación de receptores. Receptores para alumbrado
ITC-BT-19	Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales	ITC-BT-45	Instalación de receptores. Aparatos de caldeo
ITC-BT-20	Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación	ITC-BT-46	Instalación de receptores. Cables y folios radiantes en viviendas
ITC-BT-21	Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras	ITC-BT-47	Instalación de receptores. Motores
ITC-BT-22	Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobrecargas	ITC-BT-48	Instalación de receptores. Transformadores y autotransformadores. Reactancias y rectificadores. Condensadores
ITC-BT-23	Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones	ITC-BT-49	Instalaciones eléctricas en muebles
ITC-BT-24	Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos	ITC-BT-50	Instalaciones eléctricas en locales que contienen radiadores para saunas
ITC-BT-25	Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características	ITC-BT-51	Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios
ITC-BT-26	Instalaciones interiores en viviendas. Prescripciones generales de instalación		

5.2. OTRAS FUENTES DE REGLAMENTACIÓN

El Reglamento de Líneas Áreas de Alta Tensión especifica que dichas líneas son las de corriente alterna trifásica a 50 Hz de frecuencia, con tensión nominal eficaz entre fases ≥ 1.000 V. Se clasifican en tres categorías y determinan las directrices y documentos necesarios para los proyectos y los elementos utilizados en las líneas (conductores, aisladores, etc.), así como los cálculos mecánicos y eléctricos necesarios, las prescripciones especiales y derivaciones, el seccionamiento y las protecciones.

El Reglamento de Centrales, Subestaciones y Centros de Transformación, establece las condiciones técnicas y garantías de seguridad en este tipo de instalaciones.

UNESA (Asociación Española de la Industria Eléctrica), organización sectorial para la coordinación, representación, gestión, fomento y defensa de los intereses de las empresas eléctricas asociadas (Iberdrola, Endesa, Unión Fenosa, Hidroeléctrica del Cantábrico y Viesgo (grupo Enel) colabora con las administraciones públicas elaborando estudios y propuestas normativas relacionados con sus fines.

Estas propuestas, que se convierten en normas de las propias compañías, establecen los requisitos que han de cumplir las instalaciones eléctricas (documentación, requisitos técnicos...) para poder contratar el servicio. Determinan también las inspecciones de verificación de dichos requisitos y el mantenimiento y reparación de las líneas de su propiedad. El fin último es estandarizar las instalaciones y equipos eléctricos para garantizar la fiabilidad y seguridad de las instalaciones y favorecer la reducción de costes.



CAPÍTULO

2

Valoración e intervención en incidentes con riesgo eléctrico



1. VALORACIÓN DE LA INTERVENCIÓN

Como en toda intervención que realiza el Servicio de bomberos, cuando se da una situación con riesgo eléctrico es necesario que el mando que se encuentra a cargo realice una valoración de la situación y ponga en marcha las acciones pertinentes para cada uno de los casos que pueden presentarse.

Esta valoración comienza cuando se recibe la llamada de aviso. En este primer contacto se recaba toda la información posible respecto al incidente para transportar al equipo que participará en la intervención y acometer todas las acciones necesarias. Una vez en el lugar del incidente, el mando pone en marcha el plan de acción viendo realmente los riesgos inminentes, la envergadura del siniestro, el equipo humano, el material del que dispone en ese momento, etc. Esta valoración y toma de decisiones no termina aquí, porque durante la intervención puede encontrarse con imprevistos que le obliguen a encauzar el plan de acción original.

2. INTERVENCIÓN EN INCIDENTES CON ALTA Y BAJA TENSIÓN

Para llevar a cabo una intervención con éxito se tiene que tener en cuenta las características de la situación. Es decir si el incidente tiene lugar en alta o baja tensión, con corriente o sin ella, en intemperie, en un local, en una caseta, en el subsuelo... (en caseta de obra civil o en subterráneo habrá una gran acumulación de humos tóxicos combustibles).



Algunas pautas para reconocer si la instalación es de baja o alta tensión consiste en observar las instalaciones eléctricas frente a las que nos encontramos, de forma que:

- Si hay líneas aéreas o subterráneas entre ciudades y pueblos lo más normal es que vayan a alta tensión.
- Líneas en el interior de las ciudades y pueblos normalmente transportarán baja tensión.
- Si al observar el tipo de torre y los aisladores (se calculan unos 10 Kv por aislador) se ve que las torres metálicas cuanto más altas y grandes son, mayor tensión portan. Además, el número de aisladores es más elevado, así como la distancia entre conductores, que a su vez pueden contar con más de uno por fase.

2.1. INCIDENTES CON ALTA TENSIÓN

2.1.1. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN GENERAL EN ALTA TENSIÓN

a) Valoración del tipo de incidente

Como hemos comentado, debemos deducir si se produce en alta o baja tensión, cuánta tensión tiene la línea, si se ha producido en subsuelo o en intemperie, etc.

b) Corte de suministro eléctrico

En el caso de España, tras haber identificado el riesgo y la posible propagación, se solicita a la compañía eléctrica el corte del suministro, para lo cual se deben dar los datos de localización, según la placa de la compañía y el número de la subestación o centro de transformación. En el caso de los CT de intemperie y los de vegetación además de los datos anteriores también se proporciona el número de apoyo en el que se encuentra ubicado. Normalmente, el personal de la compañía acude físicamente al lugar del riesgo, aunque sea posible realizar el corte desde el centro de control ya que es necesario asegurarse del corte visible de todas las líneas de entrada y salida de alta y baja tensión.

Si no se puede cortar la tensión para una subestación transformadora, se emplean métodos que permitan trabajar a distancia como monitores de agua o espuma.

c) Distancias de seguridad

Se mantiene la distancia de seguridad adecuada a cada situación.

d) Zonificar/balizar

Se delimita la zona (con cintas de balizaje) con mayor o menor medida, dependiendo de la magnitud del siniestro, para evitar más daños y tener un mayor control de la intervención. A la vez que se impide el acceso a la zona de trabajo de personas y vehículos (especialmente el paso al bajo cableado o zonas de baja tensión).

2.1.2. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN ESPECÍFICO PARA UN INCENDIO EN ALTA TENSIÓN

Los siniestros ocasionados en instalaciones de AT, como ocurre en subestaciones o centros de transformación forestal, son provocados por los cables que caen o los incendios en vehículos por contacto directo. Una vez que se han llevado a cabo las medidas plasmadas en el protocolo de actuación general se procede a:

a) Verificar el corte de energía

Una vez que la compañía comunica el corte de energía, se verifica que no hay tensión en los conductores de fase y a continuación se siguen una pautas según sea la instalación que se interviene:

- En **subestaciones transformadoras (ST)** es necesario verificar que las líneas entrantes y salientes están en descargo (a tierra y en cortocircuito). En este tipo de instalaciones hay que tener especial cuidado con los equipos incendiados con gran volumen de aceites tanto transformadores, interruptores y aparataje eléctrica, ya que debido a las altas temperaturas que alcanzan y gracias a sobrepresiones internas pueden romperse violentamente.

- En **centros de transformación (CT) cerrados** de superficie o bien subterráneos Una vez confirmado el corte del suministro se solicita la puesta a tierra y el cortocircuito de las líneas que alimentan el CT (instalación en descargo).
- En **CT en intemperie** donde el transformador queda al descubierto, si está clara la localización de la caja general de protección (CGP), se corta el suministro en BT retirando fusibles de forma rápida para evitar el cebado del arco voltaico o abriendo el interruptor de corte en caso de que exista. Con esta maniobra se corta el consumo de BT, pero permanece la tensión en bornas de entrada, así que hay que pedir el corte de suministro a la empresa correspondiente y así queda la parte de AT también desconectada.

b) Control de la propagación

En este tipo de incendios (AT) se deberá tener un control de la propagación, a fin de aislarlo en una determinada área. Se deben valorar los riesgos cercanos y balizar la zona, teniendo en cuenta las distancias de seguridad según la tensión de la línea y otros factores como una posible explosión de la aparamenta, debido a su ruptura violenta por sobrepresiones interiores por alta temperatura.

En AT el control de la propagación se realiza a través de vehículos de extinción, monitores para echar el agua o la espuma a gran distancia, a ráfagas discontinuas si se cuenta con tensión. Si no cuenta con tensión se realiza a través del vehículo y con independencia de la instalación de extinción. En la instalación hidráulica a realizar por parte de los servicios de bomberos, se emplea mangaje de 45 mm a salida de vehículo seguido de bifurcación de 45-25 mm y mangajes de 25 mm con lanza, para emitir agua pulverizada y refrigerar más rápido, y para cortar la propagación y la extinción. Otra posible instalación es directamente la salida de 45 mm.

c) Extinción

Una vez asegurada la zona de posibles propagaciones y eliminada la tensión eléctrica, se procede a la extinción del incendio.

Las **subestaciones** que cuentan con **grandes niveles de tensión**, necesitan métodos de extinción que permitan trabajar a una distancia mínima de cinco metros, y para ello se usan monitores de agua o espuma. Si se trata de subestaciones urbanas subterráneas, se evacua el edificio. Aunque existan medios de detección y extinción automáticos, a veces es necesaria la intervención de los bomberos, por lo que se actúa una vez cortado el suministro, como ocurre en un incendio de interior sin visibilidad debido al denso humo existente por los numerosos materiales plásticos. Una vez cortado el suministro eléctrico, los materiales de fabricación suelen ser auto-extinguibles (salvo en el caso del aceite).

Cuando los **transformadores** se encuentran fuera de población alojados en postes metálicos, se debe mantener una distancia de seguridad de, al menos, vez y media la altura del poste y extinguir con agua una vez cortada la alimentación. Cuando están alojados en casetas prefabricadas, hay que tener la precaución de no emplear agua hasta haber verificado el corte del suministro.

Si es necesario intervenir con corriente, se emplea chorro discontinuo de espuma y control de gases calientes que puedan salir al exterior, evitando acceder al centro de transformación aun cuando esté sin tensión. También se emplean técnicas de ventilación con la instalación en descargo.

En CT en caso de tener que intervenir con presencia eléctrica, se realiza un control de la propagación dependiendo de su envergadura; si es de gran envergadura y se puede entrar, hay que comprobar dónde se encuentra el mismo y delimitar la zona de AT y BT.

En zona de BT proceder al corte y extinción, mientras que en la zona de AT esperar a que quede en descargo para controlar el incendio.

Para CT en intemperie, si está en descargo (estado particular de instalación fuera de servicio previsto, especialmente, para dejar la instalación en condiciones de seguridad para efectuar trabajos sobre la misma o en sus proximidades y que incluye la puesta a tierra y en cortocircuito por personal de la compañía presente en el lugar), se emplea agua y/o espuma, mientras que con suministro eléctrico se controla con chorro discontinuo de espuma o agua para evitar la propagación.

d) Vuelta a la normalidad

Una vez extinguido el incendio, se hace una nueva evaluación para verificar que todo ha salido bien y la compañía eléctrica queda a cargo de la reparación. Los bomberos regresan al parque y emiten un parte relacionado con la intervención.



En los incendios de alta tensión siempre se han de seguir los siguientes pasos:

1. Valoración del incendio.
2. Solicitar el corte del suministro eléctrico aportando toda la información relacionada con el equipo (datos de localización según la placa de la compañía y el número de la subestación o centro de transformación).
3. Respetar la distancia de seguridad.
4. Zonificar/balizar.
5. Verificar el corte de energía.
6. Controlar la propagación.
7. Extinción del incendio.
8. Actuar para restablecer la normalidad.

2.1.3. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN ESPECÍFICO PARA EL RESCATE EN ALTA TENSIÓN

En un rescate con presencia eléctrica, se dan casuísticas muy diversas que van desde una grúa en contacto con líneas de alta tensión, hasta accidente en alumbrado público, o bien una o varias personas accidentadas con presencia eléctrica.

El rescate de personas es una acción prioritaria frente a la extinción. Depende de si el incendio ocurre en alta o baja tensión. Se tiene que actuar con mucha prudencia y tranquilidad pese a la presión mediática que pueden generar este tipo de accidentes. Si al intervenir no se observan adecuadas medidas de seguridad se podría tener un accidente dado que la electricidad no se ve.

- Valorar los recursos disponibles: para alta tensión emplear pértiga aislante, detector de tensión para pértiga (luminoso o acústico-luminoso), pértiga de rescate, gancho de rescate, alfombrilla y banqueta aislantes y guantes dieléctricos.
- Valorar riesgos inminentes: se valoran los posibles riesgos dentro de la zona afectada para evitar que se agrave el incidente y dar al rescatador y a la víctima una mayor seguridad. Este tipo de riesgos comprenden desde incendios provocados por la caída de un conductor a suelo forestal, la explosión del depósito de un transformador o de un interruptor, el “latigazo” de un cable roto debido a un reenganche, etc.

En caso necesario se tomar medidas para evitar una posible caída de la víctima.

- Proceder al rescate:
 - Si la víctima **no está en contacto con partes en tensión**, se procede a **realizar el rescate**, y se le aleja de todas aquellas partes próximas que pudieran permanecer en servicio, y manteniendo siempre las distancias de seguridad durante toda la operación.
 - Si la persona o personas **permanecen en contacto con la instalación**, antes de proceder a su rescate, se tiene que confirmar dicho corte con la empresa suministradora y que la instalación se encuentre en descargo (a tierra y en corto). De no producirse dicha confirmación, se retira a la víctima con medios adecuados. Por ejemplo, si la víctima está en una torreta. Si la víctima no está en contacto con partes en tensión se procede a su rescate, y se le aleja de todas las partes próximas que pudieran permanecer en servicio y manteniendo la distancia de seguridad.
 - **Rescate/accidente en alumbrado público** (farolas): lo primero que hay que hacer es encontrar el armario o el cuadro general de protección de baja tensión que alimenta la instalación y abrir el interruptor general de protección o los magnetotérmicos para retirar los fusibles.

Si no es posible la intervención durante el día se hace de la siguiente forma: se actúa sobre las farolas anterior y posterior de la afectada por el accidente, se accede a la caja de conexión que se encuentra en cada una de ellas y se desconectan o se cortan los cables de los cuatro bornes que hay en su interior para dejar aislada la farola afectada.

Si no es posible la intervención durante la noche (intervención urgente): se actúa sobre la farola anterior y posterior a la afectada por el accidente, se retira con un destornillador aislado la tapa de conexiones y se procede al corte (con la cizalla dieléctrica) de dos o más cables a la vez, lo que provoca un cortocircuito para que dejen de actuar los magnetotérmicos y, por último, se dejan los cables cortados en contacto por si tuviera algún tipo de rearme.



Imagen 32. Alumbrado de una calle

- Si el **rescate es de un maquinista no afectado**, debido a un contacto directo de su máquina con una línea de alta tensión, se siguen los pasos anteriores. Una vez cortado el suministro, se retira la máquina del tendido y se avisa al maquinista de que se mantenga en su interior (gracias al efecto “jaula de Faraday” allí no corre peligro). Si no se puede mover, no hay corte de suministro y la máquina comienza a arder. El maquinista tiene que saltar de la máquina lo más lejos posible sin tocarla, y alejarse de ella con pasos cortos o a saltitos con los pies juntos.
- Aplicar inmediatamente los primeros auxilios que precise la situación.
- Extinción si procede: con los medios extintores adecuados al nivel de tensión existente.
- Vuelta a la normalidad: realizar un informe respecto a la intervención realizada.

2.2. INCIDENTES CON BAJA TENSIÓN

2.2.1. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN GENERAL EN BAJA TENSIÓN

a) Corte del suministro eléctrico

Se garantiza el corte de suministro vía compañía eléctrica (en el caso de que el incendio tenga lugar fuera del centro transformador y dentro del límite de la propiedad de la compañía) o bien por el equipo de intervención si el incendio tiene lugar en el interior de la vivienda. Dicho corte puede llevarse a cabo de la siguiente forma:

- **Líneas de distribución:** lo primero que se busca es el cuadro de baja que alimenta los cables para retirar los fusibles de forma rápida. A continuación, se realiza el corte de trenzado para así cortar su alimentación. Para ello, se sueltan las bridas de unión, se separan los cables con herramienta aislante y se procede al corte de los conductores (uno a uno, y el neutro en último lugar) con la cizalla dieléctrica. Por último, se procede a la extinción.
- **Caja general de protección:** cortar con cizalla dieléctrica el cable de la acometida que la alimenta. Normalmente las entradas son por la parte superior, y las salidas, por la inferior. Por último, se procede a la extinción.
- **Centralización de contadores:** se retiran los fusibles de la CGP que alimentan el cuadro de contadores. Si no es posible conseguirlo o si después de retirar los fusibles el incendio persiste, se procede a la extinción. Al quitar el interruptor general de maniobra hay que tener en cuenta que se dejan fuera de servicio los ascensores, ventilación forzada de garajes, etc...
- **Vivienda:** se localiza la CGP y se retiran los fusibles, uno o tres, según el grado de electrificación. Si no es posible acceder a la CGP, se debe actuar en el interruptor general de maniobra del cuarto de contadores. Si esto tampoco es posible, se abren los elementos del cuadro de mando y protección ubicados dentro de la vivienda (diferencial, interruptor general, PIA, etc...), y, por último, se procede a la extinción.
- **Vivienda unifamiliar o industria:** se localiza el armario de protección y medida, situado normalmente en la fachada principal junto a la puerta de entrada. En caso de tenerlo ahí, se abre el interruptor general de maniobra y se retiran los fusibles uno a uno lo más rápido posible para evitar el cebado del arco. Se comprueba que no hay otras fuentes de corriente como generadores, y, por último, se procede a la extinción.

b) Distancia de seguridad

Observar la distancia de seguridad recomendada para cada caso.

2.2.2. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN ESPECÍFICO PARA LA EXTINCIÓN DE UN INCENDIO

a) Control de la propagación

Para evitar que el incendio o los daños se extiendan, hay que refrigerar con extintores de polvo químico, CO₂ y polvo polivalente ABC. Si la instalación eléctrica no tuviera corriente, pueden usarse también agua pulverizada o espumas.

b) Extinción del incendio

Una vez cortado el suministro, se monta la instalación con mangaje de 45 mm seguido de bifurcación 45-25 mm con mangaje o mangajes de 25 mm y lanza de 25 mm (para la extinción de incendio en intemperie si no es de mucha envergadura). Si el incendio es de gran envergadura, la instalación anterior podría ser válida. También puede realizarse con mangajes de 45 mm y monitores para largo alcance. En caseta, local o subterráneo, la extinción del incendio puede hacerse bien con extintores de CO₂ o polvo polivalente ABC, o bien con instalación de agua o espumas acompañadas de técnicas de ventilación.

En **líneas de distribución** (cable trenzado) se utiliza extintor en polvo químico seco o polivalente. La extinción del incendio depende de si se están produciendo cortocircuitos; si es así, resulta más difícil y es necesario el corte de suministro eléctrico.

Se utiliza agua pulverizada con corte rápido para enfriar el aislamiento trenzado, y agua a chorro discontinuo en caso de encontrarse a una altura inaccesible o que los cortocircuitos o radiaciones no permitan acercarse.

En **CGP** se debe emplear polvo químico seco o polivalente, y en el caso de haber cortocircuitos se tiene que cortar la corriente; también se puede utilizar agua pulverizada con corte rápido para enfriar y bajar calorías.

En la **centralización de contadores**, siempre que sea posible, se debe utilizar los extintores de CO₂ y, si no es eficaz, se recurre al extintor de polvo polivalente ABC. Si hay cortocircuitos, se debe cortar la corriente eléctrica y usar agua pulverizada para enfriar y bajar calorías.

c) Vuelta a la normalidad

Una vez extinguido el incendio y verificada nuevamente la situación, se procede al restablecimiento de la normalidad en la medida de las posibilidades. Puede ser que no se pueda rearmar un cuadro eléctrico si el siniestro ha destruido las protecciones; en este caso el propietario deberá hacer las reparaciones pertinentes. Emitir un informe de la intervención.



2.2.3. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN ESPECÍFICO PARA EL RESCATE

a) Valorar el tipo de material a utilizar

Alfombra aislante, extractor de fusibles, cizalla aislante, llaves de cruceta aisladas, alicate aislado, cortacables aislado, destornilladores estrella y plano aislados, guantes dieléctricos, guantes de trabajo, pinza amperimétrica, comprobador de tensión o polímetro, traje de protección, etc.

Para el rescate de víctimas en centros de transformación se guarda la **distancia de seguridad requerida**, y se emplea **equipo de protección individual específico** a cada situación (por ej.: banqueta, pértiga de salvamento, guantes aislantes, etc.). Nunca se establece en contacto a mano descubierta con partes desnudas o ropas mojadas de la víctima. En viviendas, no es necesario mantener una distancia de seguridad, pero también se debe emplear el equipo de protección necesario para el nivel de tensión existente.

b) Rescate

Aplicar inmediatamente los primeros auxilios precisos a la situación.

c) Extinción si procede

Con medios extintores adecuados al nivel de tensión existente, si no se ha podido realizar el corte.

d) Vuelta a la normalidad

Avisar a la empresa eléctrica del accidente para las estadísticas y mantenimiento de sus instalaciones. Emitir un informe de la intervención.

3. VALORACIÓN DINÁMICA DE INTERVENCIÓN

Las medidas tomadas según el plan de acción propuesto originalmente no siempre son buenas, de hecho, pueden llegar a empeorar la situación. Por ejemplo, si en el incendio de un transformador con miles de litros de aceite incendiado se vierte agua y se hace que la balsa desborde, al igual que en un fuego de hidrocarburos, se puede empeorar la situación y propagar el incendio a zonas *a priori* no afectadas.

Si las acciones no conducen al final pretendido, es necesario **reevaluar y cambiar el plan** para llevarlo a buen término.

