

21 Seguridad en las instalaciones electrotécnicas

- **Esquema TN-S.** El conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema (Figura 21.19).

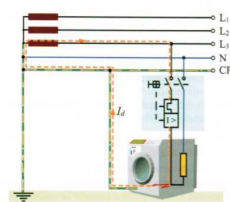


Figura 21.19. Esquema TN-S.

En este caso el conductor de protección que une las masas de la instalación está conectado directamente al punto neutro del transformador de distribución y a la toma de tierra del mismo. En estas condiciones, en el caso de que se produzca un fallo de aislamiento en una de las fases, provocará un cortocircuito entre la fase y el conductor de protección que está unido al neutro. La corriente de defecto que aparece, por tanto, será muy alta y suficiente para hacer que el interruptor automático de protección corte la alimentación en un tiempo muy corto y elimine la tensión de contacto elevada (tensión entre fase y neutro).

La ventaja que posee este sistema frente al TT es que no sería necesaria la instalación de interruptores diferenciales para la protección de contactos indirectos, ya que en caso de defecto serían los propios dispositivos de corte contra cortocircuitos (fusibles e interruptores automáticos) usados en la línea los que cortarían la alimentación.

Para dar más seguridad al sistema, la ITC-BT 24 también admite la utilización de dispositivos de protección de corriente diferencial-residual, como el interruptor diferencial.

- **Esquema TN-C.** El conductor neutro y el de protección forman un solo conductor en todo el esquema (Figura 21.20).

En este caso es el propio neutro el que hace las veces de conductor de protección y se conecta directamente a las masas. Aquí es importante que no exista la posibilidad de que el conductor neutro pueda adquirir tensiones peligrosas respecto al suelo del local. Además, es necesario asegurarse de que no se interrumpa en ningún momento el conductor neutro mientras se mantiene la tensión en las fases, ya que de esta forma desaparecería la conexión de

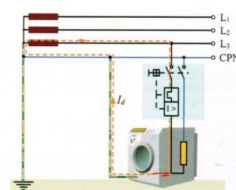


Figura 21.20. Esquema TN-C.

las masas con la toma de tierra de la alimentación, con el consiguiente peligro que ello conlleva.

Para este tipo de esquema no se admite el uso de dispositivos de protección de corriente diferencial-residual, quedando la protección contra contactos indirectos solamente a cargo de los dispositivos de corte por máxima corriente, tales como interruptores automáticos y fusibles.

Tanto para el esquema TN-S como para el TN-S el REBT en la ITC-BT 24 tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

Las características de los dispositivos de protección y las secciones de los conductores se eligen de manera que, si se produce en un lugar cualquiera un fallo, de impedancia despreciable, entre un conductor de fase y el conductor de protección o una masa, el corte automático se efectúe en un tiempo igual, como máximo, al valor especificado, y se cumpla la condición siguiente:

$$Z_l \cdot I_d \leq U_0$$

Z_l = Impedancia del bucle de defecto, incluyendo la de la fuente, la del conductor activo hasta el punto de defecto y la del conductor de protección, desde el punto de defecto hasta la fuente.

I_d = Es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de corte automático en un tiempo como máximo igual al definido en la Tabla 21.7 para tensión

Tabla 21.7. Tiempos de interrupción de los dispositivos de corte automático.

U_0 (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

nominal igual a U_0 . En caso de utilización de un dispositivo de corriente diferencial-residual, I_d es la corriente diferencial asignada y U_0 es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

Utilización de material de clase II

El REBT en la instrucción ITC-BT 43 realiza una clasificación de los receptores en lo relativo a la protección contra los choques eléctricos tal como se muestra en la Tabla 21.8.

Así, por ejemplo, las herramientas eléctricas portátiles manuales utilizadas en obras o en emplazamientos muy conductores (húmedos, mojados, etc.), deben ser de clase II o III (Figura 21.21).

Para la clase II se excluye la conexión a tierra de las masas de los aparatos, con lo que se elimina la posibilidad de que aparezcan tensiones peligrosas respecto al suelo en los chasis de este tipo de receptores por un defecto de aislamiento. Como contrapartida se dota a los mismos de un doble aislamiento que evita la posibilidad de que los usuarios de los receptores queden en contacto con la posible tensión de defecto.

Protección en los locales o emplazamientos no conductores

Este tipo de protección sólo es posible en locales que estén perfectamente aislados en relación a tierra y se fundamenta en que las personas están eficazmente protegidas mediante aislamiento eléctrico del puesto de trabajo. Si lo comparamos con el sistema de protección basado en la utilización de material de clase II, mientras en este último se

Seguridad en las instalaciones electrotécnicas 21

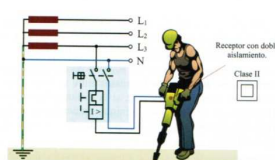


Figura 21.21. Protección mediante empleo de material de clase II.

reforzaba el aislamiento de pequeños aparatos eléctricos, aquí se trata de realizarlo en el entorno de instalaciones de mediano tamaño.

Para llevar a cabo esta medida de protección se aísla eléctricamente el suelo con materiales adecuados, incluido el punto de fijación de las máquinas al suelo.

A este respecto, en la ITC-BT 24 se indica lo siguiente: esta medida de protección está destinada a impedir en caso de fallo del aislamiento principal de las partes activas, el contacto simultáneo con partes que pueden ser puestas a tensiones diferentes.

Se admite la utilización de materiales de la clase 0 a condición de que las masas estén dispuestas de manera que, en condiciones normales, las personas no hagan contacto simultáneo: bien con dos masas, bien con una masa y cualquier elemento conductor, si estos elementos pueden encontrarse a tensiones diferentes en caso de un fallo del aislamiento principal de las partes activas.

En estos locales (o emplazamientos), no debe estar previsto ningún conductor de protección.

Tabla 21.8. Clasificación de los receptores en lo relativo a la protección contra los choques eléctricos.

	Clase 0	Clase I	Clase II	Clase III
Características principales de los aparatos	Sin medios de protección por puesta a tierra	Previstos medios de conexión a tierra	Aislamiento suplementario pero sin medios de protección por puesta a tierra	Previstos para ser alimentados con baja tensión de seguridad (MBTS)
Precauciones de seguridad	Entorno aislado de tierra	Conexión a la toma de tierra de protección	No es necesaria ninguna protección	Conexión a muy baja tensión de seguridad
Indicaciones en la placa de características	Clase 0 o sin indicación	Clase I o el símbolo de puesta a tierra	Clase II o el símbolo	Clase II o valor de la tensión nominal

21 Seguridad en las instalaciones electrónicas

Las prescripciones del apartado anterior se consideran satisfechas si el emplazamiento posee paredes aislantes y si se cumplen una o varias de las condiciones siguientes:

- Alejamiento respectivo de las masas y de los elementos conductores, así como de las masas entre sí. Este alejamiento se considera suficiente si la distancia entre dos elementos es de 2 m como mínimo, pudiendo ser reducida esta distancia a 1,25 m por fuera del volumen de accesibilidad.
- Interposición de obstáculos eficaces entre las masas o entre las masas y los elementos conductores. Estos obstáculos son considerados como suficientemente eficaces si dejan la distancia a franquear en los valores indicados en el punto anterior.
- No deben conectarse ni a tierra ni a las masas y, en la medida de lo posible, deben ser de material aislante.
- Aislamiento o disposición aislada de los elementos conductores. El aislamiento debe tener una rigidez mecánica suficiente y poder soportar una tensión de ensayo de un mínimo de 2.000 V. La corriente de fuga no debe ser superior a 1 mA en las condiciones normales de empleo.

Las Figuras 21.22 y 21.23 contienen ejemplos explicativos de las disposiciones anteriores.

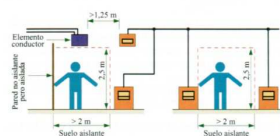


Figura 21.22. Ejemplos de protección en los locales no conductores (a).

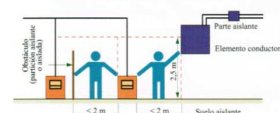


Figura 21.23. Ejemplos de protección en los locales no conductores (b).

Las paredes y suelos aislantes deben presentar una resistencia no inferior a:

- 50 k Ω , si la tensión nominal de la instalación no es superior a 500 V.
- 100 k Ω , si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V.

Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra

La aplicación de este sistema de protección queda limitado para instalaciones de poca extensión, o para factorías con sistema de generación propio de energía eléctrica o transformador propio.

Este sistema de protección consiste en unir eléctricamente las masas de una instalación mediante un conductor de protección, con el fin de evitar que pueda aparecer una diferencia de potencial entre dos masas. De esta forma, la conexión equipotencial lo que consigue, en todo momento, es que las tensiones que pudieran aparecer entre dos masas accesibles para una persona, debido a un defecto de aislamiento, sea igualada, lo que elimina el riesgo de electrocución aunque se toquen las masas.

A este respecto, en la ITC-BT 24 se indica lo siguiente: Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores que sean simultáneamente accesibles.

La conexión equipotencial local así realizada no debe estar conectada a tierra, ni directamente ni a través de masas o de elementos conductores.

Deben adoptarse disposiciones para asegurar el acceso de personas al emplazamiento considerado sin que éstas puedan ser sometidas a una diferencia de potencial peligrosa. Esto se aplica concretamente en el caso en que un suelo conductor, aunque aislado del terreno, está conectado a la conexión equipotencial local.

Protección por separación eléctrica

Este sistema consiste en separar eléctricamente el circuito de la instalación eléctrica del local o emplazamiento de la alimentación eléctrica del sistema de distribución pública. Para ello se pueden utilizar transformadores de aislamiento, tal como se muestra en la Figura 21.24.

En el caso de que se produjese un fallo de aislamiento en uno de los conductores de la red de utilización, la masa quedaría unida eléctricamente con él; sin embargo no aparecería ninguna tensión respecto al suelo gracias a la separación del circuito proporcionado por el transformador, evitando así el riesgo de contacto indirecto.

Con este sistema sólo quedamos protegidos ante el primer defecto que se produzca en una masa, ya que si se produjese otro defecto en una masa próxima y éste entrara en con-

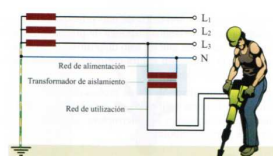


Figura 21.24. Protección por separación eléctrica.

tacto con un conductor activo diferente al de la otra masa, aparecería entre las dos masas toda la tensión de la alimentación. Si en estas condiciones, una persona toca simultáneamente las dos masas, existe un riesgo elevado de electrocución con una tensión de contacto igual a la de alimentación.

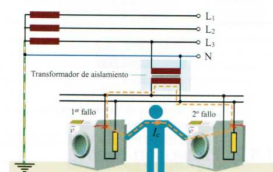


Figura 21.25. Riesgo de electrocución en la protección por separación de defectos simultáneos.

Para evitar este peligro se deben conectar las masas de la red de utilización mediante conductores de equipotencialidad no conectados a tierra (Figura 21.26). De esta manera,

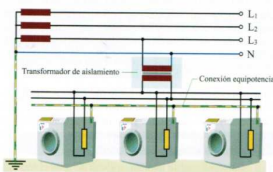


Figura 21.26. Conexión equipotencial para evitar el peligro de defectos simultáneos.

© Cengage Learning Paraninfo

si de forma fortuita se produjese un fallo de aislamiento simultáneo en dos masas de la misma instalación, el conductor de equipotencialidad cortocircuitaría cualquier tensión que pudiera aparecer entre las masas, siendo los interruptores automáticos o fusibles los que corten la alimentación en un tiempo como máximo igual al indicado en la Tabla 21.7.

El sistema de protección se puede aplicar a cualquier tipo de locales y su utilización evita el corte de la alimentación cuando aparece un solo defecto de aislamiento. Sobre todo está indicado como sistema de protección para locales muy conductores, húmedos y mojados, siendo imprescindible ubicar el transformador separador fuera del local.

A este respecto, en la ITC-BT 24 se indica lo siguiente: El circuito debe alimentarse a través de una fuente de separación, es decir:

- Un transformador de aislamiento.
- Una fuente que asegure un grado de seguridad equivalente al transformador de aislamiento anterior, por ejemplo un grupo motor generador que posea una separación equivalente.

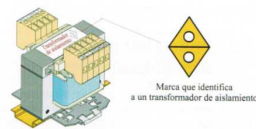


Figura 21.27. Transformador de aislamiento.

En el caso de que el circuito separado no alimente más que un solo aparato, las masas del circuito no deben ser conectadas a un conductor de protección.

En el caso de un circuito separado que alimente muchos aparatos, se satisfarán las siguientes prescripciones:

Las masas del circuito separado deben conectarse entre sí mediante conductores de equipotencialidad aislados, no conectados a tierra. Tales conductores no deben conectarse ni a conductores de protección, ni a masas de otros circuitos ni a elementos conductores.

- Todas las bases de tomas de corriente deben estar provistas de un contacto de tierra que debe estar conectado al conductor de equipotencialidad descrito en el apartado anterior.
- Todos los cables flexibles de equipos que no sean de clase II, deben tener un conductor de protección utilizado como conductor de equipotencialidad.

21 Seguridad en las instalaciones electrotécnicas

21.5 Riesgos de la electricidad sobre los materiales

Las instalaciones eléctricas pueden producir fallos que den lugar un exceso de la intensidad de corriente que fluye por los conductores o receptores eléctricos. Si estos fallos no se detectan y eliminan con rapidez y eficacia, pueden provocar incendios o deterioro del material aislante de los elementos eléctricos. Esto puede ocasionar quemaduras o la electrocución de las personas al quedar las partes de la instalación sin su debida protección aislante.

Además, los conductores eléctricos de las instalaciones deberán poseer una sección adecuada, según la intensidad máxima, intensidad de cortocircuito, caída de tensión máxima admisible y que respete la normativa vigente, para evitar que se produzca sobrecalentamiento por efecto Joule. También es importante observar que los niveles de aislamiento de los conductores y de los diferentes elementos de la instalación sean apropiados para la tensión nominal del circuito y también respeten la normativa vigente.

Los fallos que pueden dar lugar a un exceso de corriente son debidos a sobreintensidades y sobretensiones.

21.5.1. Protección contra sobreintensidades

Las sobreintensidades son debidas fundamentalmente a sobrecargas y cortocircuitos. Los elementos de protección más comúnmente utilizados para estos fallos son los interruptores automáticos, los fusibles y los relés térmicos.

A este respecto, en la ITC-BT 22 se indica lo siguiente:

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

Protección contra cortocircuitos. En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando

se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.



Figura 21.28. Sistemas de protección contra sobreintensidades.

21.5.2. Protección contra sobretensiones

Una sobretensión es una elevación de la tensión nominal de la instalación, que suele tener muy corta duración, pero que puede producir un gran daño en los elementos de la instalación eléctrica.

La causa más habitual de sobretensiones suele ser la provocada por los rayos provenientes de descargas de origen atmosférico. También pueden ser originadas por una variación excesiva de intensidad de corriente por los conductores de la red, desconexión de transformadores, conmutación de redes, etc.

A este respecto, en la ITC-BT 23 se indica lo siguiente: La incidencia que la sobretensión puede tener en la seguridad de las personas, instalaciones y equipos, así como su repercusión en la continuidad del servicio es función de:

- La coordinación del aislamiento de los equipos.
- Las características de los dispositivos de protección contra sobretensiones, su instalación y su ubicación.
- La existencia de una adecuada red de tierras.



Figura 21.29. Sistemas de protección contra sobretensiones.

21.6 Normativa sobre seguridad

Dada la importancia que tiene la seguridad de las personas en los entornos de trabajo y en concreto en el sector eléctrico, la Administración en conjunto con la Unión Europea ha impulsado la adopción de normas reglamentarias específicas en distintos ámbitos con el fin de promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo.

21.6.1. Ley de Prevención de Riesgos Laborales

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales constituye el elemento de referencia sobre la que se fundamenta la normativa sobre la seguridad y salud en el trabajo. La finalidad de esta ley se resume en los siguientes aspectos:

- **Prevención** para evitar riesgos en la actividad laboral.
- **Reducción o eliminación de los riesgos** del trabajo.
- **Formación** de los trabajadores en temas de prevención y seguridad en el trabajo.
- **Planificación de la prevención.**



** En el CD-ROM que se incluye con este texto contiene el texto íntegro de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Actividad Propuesta 21.1

Lee la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y realiza un extracto con la relación de capítulos y artículos de esta Ley.

21.6.2. Normativa sobre seguridad en el sector eléctrico

Hay una gran cantidad de leyes, reales decretos, reglamentos, guías técnicas y normas en relación a la seguridad y salud en el sector eléctrico. En la Tabla 21.9 se expone un resumen de las que se han considerado más importantes:

Tabla 21.9. Normativa sobre seguridad en el sector eléctrico.

Normativa sobre seguridad en el sector eléctrico
R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
Guía Técnica de aplicación del R.D. 614/2001.
R.D. 842/2002, de 2 agosto, en el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
Guía Técnica de Aplicación del R.D. 842/2002.
R.D. 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
R.D. 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
R.D. 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
R.D. 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
R.D. 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.



** En el CD-ROM que se incluye con este texto podrás consultar algunos de los textos legales relativos a la normativa que figuran en la Tabla 21.9.

21 Seguridad en las instalaciones electrotécnicas



En las siguientes direcciones de Internet podrás encontrar cualquier texto legal que necesites:

<http://www.boe.es>
<http://www.mtas.es/lnsh/legislation>

Además de la normativa mencionada, AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) se dedica a la redacción y aprobación de las normas de origen español, designadas con las siglas UNE (Una Norma Española). AENOR tiene publicada una amplia colección de normas UNE relativas a la seguridad. Dada su extensión hemos incluido un listado resumido de ellas en el CD-ROM.



**** El CD-ROM que se incluye con este texto contiene un documento con el listado de las normas UNE relativas a la seguridad.**



Debido a que las normas UNE están protegidas por la normativa de propiedad intelectual, para poder consultarlas deberás de adquirirlas en <http://www.aenor.es>

Actividad Propuesta 21.2

Consulta en el CD-ROM de los documentos con el contenido del R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico y de su guía técnica de aplicación.

Realiza índice con los contenidos de las diferentes disposiciones que aparecen en este Real Decreto e incluye un extracto de los mismos.



**** La solución a esta Actividad Propuesta se encuentra en el CD-ROM que acompaña a este texto.**

21.7 Normas de seguridad para la realización de trabajos eléctricos

En la actualidad está vigente el R.D. 614/2001 sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. En él se obliga al empresario a «que adopte las medidas necesarias para que de la utilización o presencia de la energía eléctrica en los lugares de trabajo no se deriven riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores». Asimismo, delimita el campo de trabajo ante una línea eléctrica, porque

dependiendo de la tensión, el riesgo es mayor o menor y, por lo tanto, el trabajo debe realizarse a más o menos distancia.

Las normas de seguridad a tener en cuenta para la realización de trabajos eléctricos dependerán, por tanto, de la tensión nominal de la instalación y de si dichos trabajos se ejecutan en ausencia de tensión o con tensión. Por supuesto, las normas de seguridad deberán extremarse más en los casos de trabajos con tensiones elevadas y en aquellas operaciones en las que no es posible suprimir la tensión de alimentación.

21.7.1. Normas generales

- Las personas que trabajan en las instalaciones eléctricas de baja o alta tensión tienen que ser debidamente formadas en los métodos de trabajo adecuados y siguiendo las normas de prevención y seguridad.
- Se debe hacer un uso correcto del equipo de trabajo y del equipo de protección individual.
- Un emplazamiento en el que hay que trabajar, no puede ser considerado sin tensión si no ha sido verificada la ausencia de tensión.
- Queda terminantemente prohibido tocar y efectuar trabajos en instalaciones de alta tensión, aunque se haga con guantes o herramientas aislantes, a no ser que se realicen con las medidas de protección adecuadas a *trabajos en tensión*. Esta prohibición no limita el uso de petis de maniobra, dispositivos de verificación de ausencia de tensión o dispositivos de control de tensión, siempre y cuando se realicen según las prescripciones reglamentarias.
- Para la realización de maniobras sobre aparatos de corte serán necesarias al menos dos de las siguientes protecciones: banqueta o alfombra aislante, pértiga aislante, guantes aislantes o conexión equipotencial. En caso de que el mando del aparato esté al alcance del público, debe quedar siempre enclavado después de cada maniobra.
- Mientras duran los trabajos en tensión no se deben llevar elementos o accesorios metálicos de cualquier tipo.
- Los operadores de instalaciones eléctricas de baja o alta tensión irán vestidos con ropa de trabajo adecuada a la instalación. Se recomienda la ropa de algodón o fibras artificiales resistentes al fuego. La ropa con fibras acrílicas no es aconsejable.
- Antes de utilizar aparatos o máquinas eléctricas, es necesario informarse sobre las precauciones que hay que tomar por su uso y respetarlas escrupulosamente.
- No tirar de los cables eléctricos para mover o desplazar los aparatos o máquinas eléctricas.

- Respetar las señales de advertencia y las protecciones, cuya misión es evitar el contacto de partes del cuerpo con piezas bajo tensión.
- Prestar especial atención a las medidas de seguridad específicas si se realizan trabajos eléctricos en zonas húmedas o mojadas.

21.7.2. Trabajos en ausencia de tensión

El primer principio que se establece es que, siempre que sea posible, los trabajos que se efectúen en una instalación eléctrica o su proximidad han de realizarse en ausencia de tensión. Este requisito es el más importante, ya que gran parte de los accidentes graves son debidos a su incumplimiento.

La definición de trabajos sin tensión es la de «trabajos en instalaciones eléctricas que se realizan después de haber tomado todas las medidas necesarias para mantener sin tensión la instalación».

Es importante destacar que los trabajos de supresión de la tensión y los de reposición de la misma una vez finalizado el trabajo en ausencia de tensión, han de ser realizados por «trabajadores autorizados» y en el caso de instalaciones de alta tensión deberán ser «trabajadores cualificados». Los trabajos de supresión y reposición de la tensión tienen, por definición, consideración de trabajos en tensión.

El proceso para suprimir la tensión antes de realizar los trabajos requeridos sin tensión es conocido como las **cinco reglas de oro**, que son las que indican en la Tabla 21.10.

Tabla 21.10. Cinco reglas de oro para trabajos sin tensión.

Procedimiento para suprimir la tensión	
Cinco reglas de oro	1.ª Desconectar todas las fuentes de tensión mediante interruptores o seccionadores que aseguren que sea imposible su cierre inesperado.
	2.ª Prevenir posibles realimentaciones de la tensión durante la realización de los trabajos, o antes de dar éstos por finalizados.
	3.ª Verificación de la ausencia de tensión antes de comenzar los trabajos.
	4.ª Poner a tierra y en cortocircuito todas las fuentes de tensión.
	5.ª Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

© Cengage Learning Paraninfo



Figura 21.30. Cinco reglas de oro para trabajos sin tensión.

1.ª regla. Desconectar

Con el fin de aislar la parte de la instalación donde se va a realizar el trabajo sin tensión, se deben abrir todos los interruptores o interruptores automáticos y seccionadores, mediante los cuales dicha instalación se pueda conectar a las fuentes de alimentación conocidas. También puede utilizarse para ello la extracción de fusibles y la apertura de los puentes empleados para unir distintos tramos de una línea o instalación eléctrica.

La apertura debe comenzar accionando los aparatos preparados para abrir con carga (interruptores o interruptores automáticos). Después se abrirán los seccionadores. Lo anterior se puede complementar con la retirada de los fusibles y, en su caso, la apertura de los puentes, extracción de carretones, etc., con el fin de aumentar las garantías de



Figura 21.31. Desconexión de todas las fuentes de tensión.

21 Seguridad en las instalaciones electrónicas

mantener aislada la instalación en la que va a realizarse el trabajo.

Los condensadores u otros elementos de la instalación que mantengan tensión después de la desconexión deberán descargarse mediante dispositivos adecuados.

Para realizar la desconexión en condiciones seguras, es necesario tener en cuenta las características y limitaciones intrínsecas de cada tipo de aparato. Así, para los aparatos más corrientes deben tenerse en cuenta las indicaciones de la Tabla 21.11.

Tabla 21.11. Característica y limitaciones de los dispositivos de desconexión.

Seccionadores	Pueden abrir y cerrar un circuito cuando es despreciable la corriente a interrumpir o establecer, es decir, cuando no hay carga conectada.
Interruptores	Son capaces de establecer e interrumpir corriente, en las condiciones normales del circuito, comprendidas circunstancialmente las condiciones especificadas de sobrecarga en servicio.
Interruptores automáticos, («disyuntores»)	Son capaces de establecer e interrumpir corriente, en las condiciones normales del circuito, así como corrientes en condiciones anormales, especificadas del circuito, tales como las de cortocircuito.

La desconexión debe incluir el conductor neutro cuando exista. En este caso, que suele ser habitual en las instalaciones de baja tensión, si es posible, la desconexión del conductor neutro debe ser la última en realizarse (y cuando se efectúe la conexión, la primera en ser efectuada).

2.ª regla. Prevenir cualquier posible realimentación

Después de la realización de la desconexión se ha de proceder al bloqueo de los dispositivos utilizados en esta primera etapa, de tal forma que se impida una realimentación accidental de la instalación.

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

372

En el caso de utilizar el bloqueo o enclavamiento mecánico del mecanismo de maniobra, éste se puede efectuar mediante el empleo de candados o cerraduras, combinados, en su caso, con cadenas, pasadores u otros elementos destinados a conseguir la inmovilización del órgano de accionamiento del aparato de maniobra (véase Figura 21.32).



Figura 21.32. Ejemplo de sistemas de enclavamiento y señal de prohibido maniobrar.

Junto al dispositivo de bloqueo, se recomienda colocar una señal que indique la prohibición de maniobrar el aparato, sobre todo si no se ha podido realizar el bloqueo mecánico del mismo.

En todo caso, el órgano de accionamiento del dispositivo de desconexión debería tener un diseño apropiado para realizar su bloqueo. También es aconsejable que facilite la colocación de señales de «prohibido maniobrar» complementadas, en caso necesario, con los datos que permitan la identificación del responsable de la desconexión, la fecha y hora de su ejecución y el teléfono de contacto (Figura 21.33).



Figura 21.33. Señales de prohibido maniobrar aparatos de corte.

© Cengage Learning Paraninfo

Muchos de los aparatos de maniobra, sobre todo los utilizados en las instalaciones de alta tensión, emplean fuentes de energía auxiliar para su accionamiento, motores eléctricos, aire comprimido o energía acumulada mediante resortes. Todas estas fuentes auxiliares y de energía deben desactivarse.

En el caso de los seccionadores, otra forma de prevenir su reconexión consiste en el bloqueo físico, que se logra intercalando una placa de material aislante, con las características de aislamiento adecuadas, y diseñada especialmente para tal fin (Fig. 21.34).

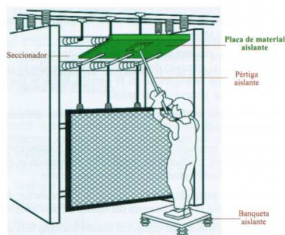


Figura 21.34. Bloqueo físico de un seccionador con placa aislante.

Un ejemplo de bloqueo eléctrico para realizar trabajos baja tensión en las líneas de enlace un edificio de viviendas sería el retirar y guardar los fusibles generales, que se alojan en la caja general de protección (CGP), mientras duren los trabajos eléctricos.

3.ª regla. Verificar la ausencia de tensión

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

Para verificar la ausencia de tensión en cables o conductores aislados que puedan confundirse con otros existentes en la zona de trabajo, se utilizarán dispositivos que actúen directamente en los conductores (pinchacables o similares), o se emplearán otros métodos, siguiéndose un procedimiento que asegure, en cualquier caso, la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico.



Figura 21.35. Verificación de la ausencia de tensión.

La verificación de la ausencia de tensión debe hacerse en cada una de las fases y en el conductor neutro, en caso de existir. También se recomienda verificar la ausencia de tensión en todas las masas accesibles susceptibles de quedar eventualmente en tensión.

Se pueden utilizar discriminadores que permiten comprobar si existe tensión y, en caso de existir, a qué valor corresponde en la gama de tensiones normalizadas de 230 o 400 voltios, sin necesidad de indicar el valor exacto.

4.ª regla. Poner a tierra y en cortocircuito

La etapa de puesta a tierra y en cortocircuito, de los elementos que pudieran ponerse accidentalmente en tensión, es la que verdaderamente va a garantizar la situación de seguridad de los trabajadores/as durante la realización de los trabajos.

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

- En las instalaciones de alta tensión.
- En las instalaciones de baja tensión que, por inducción, o por otras razones, puedan ponerse accidentalmente en tensión.

Este riesgo ha de ser evaluado previamente en función de las circunstancias que concurran y, en general, se deberá proceder a la puesta a tierra y en cortocircuito cuando se presenten riesgos similares a los que pueden afectar a las instalaciones de alta tensión. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en los trabajos realizados en líneas aéreas de baja tensión, sobre todo las construidas con conductores desnudos. Estas líneas podrían entrar accidentalmente en tensión debido a diferentes causas:

- Por inducción debida a los campos electromagnéticos producidos por otras líneas aéreas, de alta o baja tensión, que discurren en las inmediaciones.

21 Seguridad en las instalaciones electrotécnicas

- Por inducción debida a campos electromagnéticos de alta frecuencia producidos por antenas radioemisoras cercanas.
- Por descargas atmosféricas en forma de rayo.
- Por contacto fortuito de la línea en la que se trabaja con un conductor de otra línea o instalación en tensión, etc.

Por el contrario, en las instalaciones de baja tensión que no puedan ponerse accidentalmente en tensión no es necesario colocar la puesta a tierra y el cortocircuito en la zona de trabajo.

Una puesta a tierra y en cortocircuito de la instalación colocada correctamente constituye una medida preventiva de gran eficacia para proteger a los trabajadores de la exposición a diferencias de potencial peligrosas, originadas por averías, errores o situaciones que puedan transmitir o inducir en la instalación tensiones imprevistas. Esta medida es la que garantiza el mantenimiento de la situación de seguridad durante todo el tiempo que duran los trabajos en la instalación. Sin embargo, para que la protección sea efectiva es necesario garantizar que la puesta a tierra esté correctamente instalada.

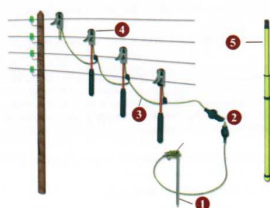


Figura 21.36. Ejemplo de equipo portátil de puesta a tierra y en cortocircuito (CATU).

1. Piqueta o electrodo de toma de tierra.
2. Pinza o grapa de conexión a la toma de tierra.
3. Conductores de puesta a tierra y en cortocircuito.
4. Pinzas para conectar a los conductores de la instalación.
5. Pértiga aislante.

Los equipos o dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito deben conectarse en primer lugar a la toma de tierra y a continuación a los elementos a poner a tierra, y deben ser visibles desde la zona de trabajo.

374

Los conductores utilizados para efectuar la puesta a tierra, el cortocircuito y, en su caso, el puente, deberán ser adecuados y tener la sección suficiente para la corriente de cortocircuito de la instalación en la que se colocan.

La secuencia de operaciones para colocar una puesta a tierra y en cortocircuito en baja tensión podría ser la siguiente:

- Comprobar el verificador de ausencia de tensión.
- Comprobación visual del buen estado del equipo de puesta a tierra y cortocircuito.
- Comprobación visual del buen estado del equipo de protección individual, especialmente de los guantes aislantes para baja tensión.
- Ponerse los guantes aislantes, las gafas inactivas, la pantalla facial, el casco de seguridad y, si procede, el arnés o cinturón de seguridad (si la pantalla facial es inactiva, no son necesarias las gafas).
- Situar sobre la banqueta, tarima o alfombra aislante, cuando proceda.
- Verificar la ausencia de tensión entre fases y entre cada fase y neutro, mediante un verificador de tensión o un voltímetro (comprobar antes su funcionamiento).
- Conectar la pinza de puesta a tierra en el conductor de protección o en la toma de tierra del cuadro de baja tensión.
- Conectar las pinzas del equipo al neutro y a cada una de las tres fases mediante las pértigas adecuadas para baja tensión, si se trata de líneas aéreas, o bien mediante los terminales adecuados si se trata de cuadros de baja tensión (en este último caso, también se puede realizar la conexión mediante cartuchos diseñados para insertar en los portafusibles, una vez retirados los fusibles del cuadro).

En las Figuras 21.37 y 21.38 se muestra el equipo de protección individual requerido para la colocación y la retirada de la puesta a tierra en baja tensión.

EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

GUANTES AISLANTES
GAFAS O PANTALLAS FACIALES (Riesgo de arco eléctrico)
ARNÉS O CINTURÓN DE SEGURIDAD (Riesgo de caída en altura)
CASCO DE SEGURIDAD AISLANTE
GUANTES DE PROTECCIÓN (Riesgo mecánico y arco eléctrico)
ROPA Y CALZADO DE TRABAJO ADECUADA

Figura 21.37. Equipo de protección individual para trabajos eléctricos.

© Cengage Learning Paraninfo

21 Seguridad en las instalaciones electrotécnicas

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

Los Equipos de Protección Individual utilizados en los trabajos de reposición de la tensión han de cumplir los mismos requisitos que los utilizados en la desconexión de la instalación.

21.7.3. Trabajos en tensión

Los trabajos en tensión representan un elevada probabilidad de sufrir un choque eléctrico. La estadística de accidentes nos indica que un 40% de los accidentes de origen eléctrico se originan mientras se realizan trabajos en tensión, por lo que dichos trabajos sólo podrán ser realizados por trabajadores cualificados (véase Tabla 21.12), siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayado sin tensión.

Tabla 21.12. Cuadro resumen de la formación/capacitación mínima de los trabajadores.

	Trabajos sin tensión		Trabajos en tensión	
	Supresión y reposición de la tensión	Ejecución de trabajos sin tensión	Realización	Reponer fusibles
Baja tensión	A	T	C	A
Alta tensión	C	T	C + AE (con vigilancia de un jefe de trabajo)	C

T = Cualquier trabajador
A = Autorizado
C = Cualificado
C + AE = Cualificado y Autorizado por Escrito
+ Los trabajos con riesgos eléctricos en AT no podrán ser realizados por trabajadores de una Empresa de Trabajo Temporal (RD 616/1999).

Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.

El método de trabajo empleado y los equipos y materiales utilizados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico, garantizando, en particular, que el trabajador no pueda contactar accidentalmente con cualquier otro elemento a potencial distinto al suyo.

376



Figura 21.41. Ejemplos de señales de obligación para trabajos eléctricos.

Entre los equipos y materiales citados se encuentran:

- Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, vainas, etc.) para el recubrimiento de partes activas o masas.
- Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc.).
- Las pértigas aislantes.
- Los dispositivos aislantes o aislados (banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, etc.).
- Los equipos de protección individual frente a riesgos eléctricos (guantes, gafas, cascos, etc.).

21.8 Primeros auxilios en los accidentes eléctricos

Por lo general, la vida de una persona que ha sufrido un accidente eléctrico depende de la rapidez con que le sean aplicados los primeros auxilios en el lugar del accidente.

Las tensiones por encima de 50 voltios pueden ser peligrosas y alcanzando los 100 voltios pueden ser mortales, según las circunstancias.



Figura 21.42. Ejemplos de señales relativas a los equipos de salvamento o socorro.

En estos casos, lo primero que hay que hacer es interrumpir el circuito eléctrico y procurar separar al accidentado del contacto eléctrico lo más rápido posible, tomando las debidas medidas de precaución personal para evitar la

Seguridad en las instalaciones electrotécnicas 21

electrocución del propio socorrista. En caso de peligro, se puede retirar al accidentado con un objeto aislante y perfectamente seco, como un palo, una cuerda, etc. Esto se hace todavía más necesario en los caso de ALTA Tensión, donde hay que aislarse perfectamente los pies y manos con calzado y guantes aislantes, utilizando pértigas aislantes, banquetas, etc.

El siguiente paso a llevar cabo si el accidentado no respira es aplicar con rapidez la respiración artificial y el masaje cardíaco si fuese necesario. Además, se debe avisar rápidamente a un médico. En el caso de que el pulso y la respiración fuesen normales después del accidente, es necesario colocar al accidentado de costado, retirándole las prótesis dentales y la sangre que pudiera existir en la boca, y procurando dejar libres las vías respiratorias.

En el caso de tener que aplicar la respiración artificial, se coloca al accidentado en el suelo y boca arriba. Se aflojan las vestiduras y se inspecciona la cavidad bucal con el objeto de eliminar aquellos objetos que pudieran impedir nuestra tarea. Seguidamente, el socorrista se arroja al lado del accidentado, le tapa la nariz, aspira profundamente e insufla aire con fuerza en la boca de dicho accidentado, procurando sujetar, al mismo tiempo, la cabeza hacia atrás

del mismo. Una vez hecho esto, se le ayuda a expulsar el aire de los pulmones oprimiéndole el pecho. Esta operación se debe repetir unas quince veces por minuto, hasta que respire por sí solo.

Estos primeros auxilios pueden salvar la vida de una persona, aun después de transcurridos varios minutos, incluso horas de aplicación ininterrumpida. Por eso es muy importante saber que aunque un accidentado no respire no significa su muerte y, por supuesto, conocer la técnica de la respiración artificial (Figura 21.43).



Figura 21.43. Técnica de reanimación mediante respiración artificial.

Tabla 21.13. Recomendaciones a seguir en caso de electrocución.

Tratamiento		Cualquiera que sea la causa del accidente eléctrico, nunca toques al accidentado con las manos al desado a menos que estés absolutamente seguro de que no existe peligro para ti
		1. Desconecta el aparato eléctrico supuestamente causante de la electrocución o extrae el fusible.
		2. Retira al accidentado del contacto eléctrico usando materiales no conductores tales como palos de madera, ropa seca, etc.
		3. Pide ayuda.
		4. Si la respiración y el pulso se han detenido, se DEBEN COMENZAR LAS TÉCNICAS DE REANIMACIÓN.