

Seguridad y maniobra en alta tensión (Tomo I)

Edición: Mayo 1994

VOCABULARIO UTILIZADO EN INSTALACIONES.-

A continuación se indica el vocabulario utilizado en gran parte de las maniobras.

Cerrar o conectar (interruptor o seccionador).

Operación que consiste en realizar la maniobra de cierre.

Abrir o desconectar.

Operación que consiste en realizar la maniobra de apertura.

Poner en servicio.

Maniobra de un aparato, dando continuidad a un circuito, por medio de la cual se pone en tensión la instalación.

Dejar fuera de servicio.

Operación inversa de la anterior.

Reponer servicio.

Operación que consiste en volver a poner en servicio una instalación que anteriormente se había dejado fuera de servicio.

Acoplar.

Maniobra que hay que realizar para conectar en paralelo dos generadores, dos transformadores, dos relés, etc... por motivos de explotación.

La maniobra de acoplar entraña el cumplimiento de unas condiciones preliminares algunas de las cuales pueden imposibilitar dicha maniobra.

Poner a tierra.

Operación de unir, mediante un elemento conductor, a una toma de tierra, un aparato o parte de una instalación eléctrica.

Poner en cortocircuito.

Operación de unir entre si todas las fases de una instalación, mediante un elemento conductor.

Verificación de ausencia de tensión.

Operación necesaria para comprobar que una instalación, o parte de ella, no tiene tensión.

Punto de alimentación.

Punto por el que una línea o una red recibe la energía eléctrica.

Punto de suministro de energía.

Punto por el que se suministra a una instalación de consumo.

Tensión de puntas.

Se dice que un circuito tiene "**tensión en puntas**" cuando está alimentado éste desde otro lugar, dispone de servicio en dicho punto, pero sin demandar carga alguna aunque con posibilidades de hacerlo inmediatamente por accionamiento de un aparato de cierre.

Tensión de retorno.

Se dice que en un circuito hay "**tensión de retorno**" cuando, estando aparentemente sin servicio, por tener abierta su alimentación habitual, aparece tensión por una alimentación accidental a través de otra vía, como puede ser la red de baja tensión (en caso de transformadores), o bien otro punto de la misma red de A.T.

Alimentación en puntas.

Se dice que una instalación o un centro está alimentado en puntas cuando se alimenta por una sola vía consumiendo toda la energía que llega hasta ella.

Bloqueo o enclavamiento de un aparato.

Es el conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato y mantenerlo en posición determinada.

Un dispositivo de enclavamiento subordina la posibilidad de funcionamiento de un aparato a la posición o al funcionamiento de uno o varios elementos del equipo.

Secuencia de maniobra.

Orden previamente establecido en el que se suceden una serie de maniobras.

Mecanismo de disparo.

Artificio que actúa mecánicamente sobre el enclavamiento de un aparato para provocar su disparo por medio de una energía acumulada.

Dispositivo de reenganche.

Dispositivo que vuelve a poner en su posición de enganche a un mecanismo.

Sobrecarga.

Potencia suministrada a carga superior a aquella para la que se ha previsto una instalación o un elemento de una instalación.

Perturbación.

Modificación accidental de un circuito eléctrico de sus condiciones de funcionamiento.

Falta.

Modificación accidental local de las características de un circuito eléctrico. Ejemplo: rotura de conductor . . . etc.

Hay diversos tipos como son:

- Transitorias, que desaparecen por si solas.
- Fugaz, cuya supresión no necesita intervención en el lugar donde se ha producido.
- Permanente, cuya supresión necesita una intervención en el lugar en que se ha producido.
- Intermitente, que se produce en el mismo lugar a intervalos de tiempo reducidos y bajo el efecto de una misma causa.

Cortocircuito.

Conexión voluntaria o accidental de dos puntos de un circuito por una impedancia insignificante.

Defecto de aislamiento.

Disminución o desaparición accidental de la resistencia de aislamiento entre un conductor y tierra (o masa) o entre conductores.

El mantenimiento como base y fundamento de la seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión

Andrés Granero Martín

Con el título genérico «El mantenimiento como base y fundamento de la seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión» se quiere destacar la responsabilidad a la que induce la necesidad, cada vez mayor, de garantizar la calidad en el suministro de energía por parte de las compañías de electricidad y por otra, la de incrementar la especialización de las empresas de servicios que deberán evolucionar con las nuevas técnicas de mantenimiento donde la seguridad integral del hombre y la máquina es el objetivo primordial.

Mantenimiento y seguridad

El mantenimiento es un pilar básico de la seguridad, sin el cual, muchos de sus objetivos no podrían llevarse a efecto. Normas elementales de seguridad como la que a continuación se expone, así nos lo manifiesta:

«Es preferible prescindir de los sistemas de seguridad, si éstos no se mantienen en perfectas condiciones de servicio».

De aquí se deriva la condición de que sin el mantenimiento, las protecciones mal concebidas o inoperantes, *inducen a un falso sentimiento de seguridad* cuyo riesgo es más elevado que el no disponer de ellas.

El mantenimiento y la seguridad, coinciden en formas y procedimientos:

- El mantenimiento previene la avería de la máquina.
- La seguridad previene el accidente del hombre.

Tanto los accidentes de trabajo como las averías son incidentes que histórica y sutilmente, de forma apriorística, se diferencian, para poder distinguir entre seguridad y mantenimiento preventivo. Ambos utilizan procedimientos, normas y prescripciones relacionadas: *La protección de la máquina, también ampara la integridad del hombre.*

Norma de seguridad conocida como el *dualismo hombre-máquina* donde nuevamente las reglas de seguridad recurren a la prevención técnica para garantizar la integridad del hombre, con ello se quiere significar que el control de los factores humanos resulta más difícil y problemático que el de los factores técnicos. A pesar de la importancia del factor humano, para lograr una seguridad eficaz es más acertado actuar sobre el factor técnico. La seguridad técnica resulta ser la idónea porque para proteger al hombre paradójicamente deberemos olvidarnos de él. Esta es la llamada *Paradoja del factor técnico*.

Los objetivos básicos del mantenimiento son:

- Reducir las interrupciones del servicio eléctrico imprevistas.
- Aumentar la disponibilidad y vida de la instalación.

- Mantener y mejorar las condiciones de seguridad tanto de las instalaciones como del personal.

Por consiguiente, es acertado decir que el mantenimiento es un método importante de prevención, integrado a la seguridad, y que la seguridad integral alcanza su capacidad preventiva cuando es intrínseca e inherente. *Intrínseca* porque deberá estar metida dentro de la instalación e *inherente* porque será inseparable en condiciones normales de explotación.

La seguridad, analizada bajo un prisma prevencionista está relacionada con cuatro factores dependientes los unos de los otros:

- *Fiabilidad*. Es la probabilidad con que un sistema o componente, realiza una o varias funciones establecidas, en unas condiciones dadas y durante un espacio de tiempo dado.
- *Disponibilidad*. Es la probabilidad de que un sistema o componente sea mantenido o restablecido a un estado en el que pueda cumplir la función requerida.
- *Mantenibilidad*. Es la probabilidad para que una operación determinada de mantenimiento pueda ser efectuada durante un intervalo de tiempo dado.
- *Seguridad*. Es la aptitud de un sistema o componente para evitar acontecimientos graves en su servicio durante un espacio de tiempo dado.

«Es preferible prescindir de los sistemas de seguridad, si estos no se mantienen en perfectas condiciones de servicio».

Definiciones adoptadas por el CEI publicaciones 271 y 271A, donde debe observarse que el término «aptitud» ha sido reemplazado por el de «probabilidad» en las definiciones precedentes con el fin de permitir un análisis probabilístico; excepto en el concerniente a la seguridad que continúa siendo un concepto determinista y para el cual se ha conservado el término «aptitud».

Estos factores característicos de la seguridad pueden parecer contradictorios:

Una excelente *mantenibilidad* de un sistema o componente va en detrimento de su *fiabilidad*, en cambio, la *disponibilidad* de este, es por su parte, un compromiso entre la *fiabilidad* y la *mantenibilidad*.

De igual forma podíamos asimilar contradicciones entre seguridad y disponibilidad, puesto que cuando el sistema presenta menos riesgos es precisamente cuando éste está parado, entonces la seguridad será máxima pero la disponibilidad será nula.

Sin embargo, cuando hablamos de factores técnicos y humanos no podemos entenderlos como condiciones desligadas, pues su conjunto constituye una sola seguridad con dos vertientes, dicho de otra forma, tras todo fallo técnico existe siempre una acción u omisión humana

que lo explica, es decir: *fallos humanos que explican los fallos técnicos*.

En las instalaciones eléctricas, al igual que en cualquier instalación industrial, la seguridad integral deberá estar circunscrita en torno al proyecto, el montaje, la explotación y la conservación. De todas ellas, es en la etapa de proyecto de la instalación cuando más seguridad se puede llevar a efecto, al igual que cualquier fallo de seguridad en el diseño, puede comportar un riesgo en las etapas sucesivas. Desde el punto de vista del mantenedor, tanto los productos como las instalaciones eléctricas desarrolladas por los servicios técnicos son netamente funcionales desde el punto de vista del servicio que deben prestar. Sin ánimo de crítica, es cada vez más frecuente encontrar determinada aparatamenta, máquinas o la propia instalación, cuyo entretenimiento exige una vigilancia o revisión periódica en los que sus accesos son muy limitados, de dimensiones muy reducidas que obligan a extremar las precauciones por ser difícil alcanzar sus elementos sin peligro de la integridad física.

Pero, también es cierto, que las prescripciones de seguridad y normativas legales que incluyen la Reglamentación Eléctrica en vigor, y establecen las condiciones técnicas y garantías de seguridad, poseen un característico «acantonamiento» que con frecuencia entorpece, dificulta o imposibilita la aplicación racional de los niveles de aceptación que la tecnología impondría. Suelen ser lentas en su elaboración, con condicionantes demagógicos y políticos desorientadores, con grandes dificultades en la traducción jurídica de las exigencias técnicas tanto en la forma como en el verbo, normas legales que con frecuencia, o no existen, o llegan tarde, suelen ser inconcretas, vacías, y hasta contradictorias... Estos problemas dificultan el progreso de la seguridad, conduciendo a la inmovilidad y al retroceso.

Sólo un completo conocimiento de los riesgos, nos permitirá en cada caso, utilizar los medios de protección adecuados y las prescripciones de seguridad necesarias para prevenir el accidente.

Analicemos pues, la seguridad bajo sus distintos aspectos, comenzando con los riesgos que de forma general pueden presentarse en las instalaciones eléctricas de alta tensión y las posibles soluciones que mitigan o disminuyen los efectos de los posibles accidentes o siniestros.

Técnicas operativas en seguridad

Tal y como se ha venido indicando, son dos las vertientes que nos pueden conducir hacia la seguridad integral.

a) Técnicas operativas que inciden sobre el factor técnico:

- *De concepción*. Tales como:
- Seguridad en el diseño y proyecto de instalaciones.
- Seguridad en el diseño y proyecto de equipos.
- Seguridad en el diseño de los métodos de trabajo, etc.
- *De corrección*. Como pueden ser:

- Adaptación de sistemas de seguridad.
- Adaptación de defensas y resguardos.
- Adaptación a las nuevas normativas.
- Mantenimiento preventivo, etc.

b) Técnicas operativas que inciden sobre el factor humano:

- Tales como:
- Selección de personal.
- Formación en Seguridad.
- Adiestramiento.
- Acciones de grupo.
- Disciplina, etc.

Riesgos en las instalaciones eléctricas de alta tensión

Los riesgos a los que un trabajador cualificado está expuesto en una instalación de alta tensión podemos resumirlos en los siguientes:

- Fulguraciones.
- Electrocutaciones.
- Sobrestima de la capacidad física.
- La rutina.

Las *fulguraciones*, se pueden neutralizar utilizando los medios de protección adecuados, tales como:

- Guantes ignífugos.
- Pantallas faciales.
- Gafas inactivas.
- Traje de trabajo de algodón.
- Casco de seguridad.

Las *electrocutaciones* se pueden eliminar utilizando los medios de protección necesarios, así como la aplicación adecuada de las Normativas, Procedimientos y Prescripciones de Seguridad.

Las protecciones a utilizar serían:

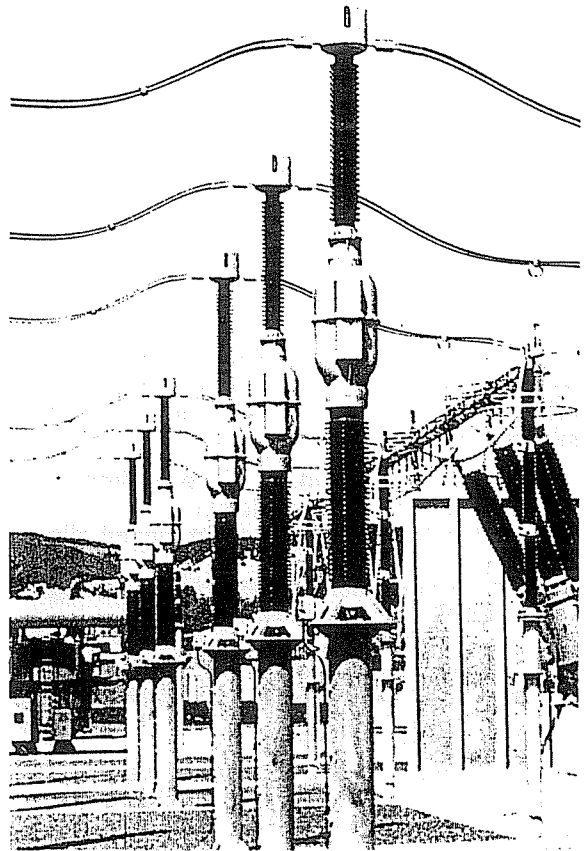
- Guantes dieléctricos.
- Botas de protección.
- Esterilla dieléctrica o banqueta.
- Casco de seguridad.
- Pértigas de maniobra.
- Pantallas protectoras.
- Verificadores de ausencia de tensión.
- Equipos de puesta a tierra.

La *capacidad física* de los operarios se debe determinar en la planificación de los trabajos, eligiendo los procedimientos más adecuados así como herramientas y equipos necesarios que faciliten la labor encomendada. Planificar significa detectar todos los riesgos implícitos en cada trabajo.

- Hay que evitar la improvisación.
- Se tiene que potenciar el profesionalismo.

La *rutina* en el trabajo es con toda seguridad el riesgo más difícil de prevenir, se va arraigando de forma paulatina en el trabajador conforme este va adquiriendo un mayor nivel profesional. La rutina es sin lugar a dudas, el factor humano desencadenante del mayor número de accidentes, las estadísticas así nos lo demuestran.

La rutina es sin lugar a dudas la causa más frecuente de accidente en el sector eléctrico y sobre todo en los trabajos de mantenimiento de instalaciones eléctricas, se manifiesta paradójicamente,



como consecuencia de un alto nivel de seguridad y profesionalidad en el colectivo de especialistas.

Curiosamente es en los trabajos *habituales* donde se practica la nefasta *rutina*, quizás por tratarse de tareas fáciles por ser repetitivas, en cambio, en los trabajos de emergencias (averías, prisas, situaciones anómalas...), paradójicamente, de manera sistemática desaparece la rutina y con ella también el accidente, debido a que el especialista intuye el peligro, detecta el riesgo lo considera y lo combate porque tiene a su alcance: *formación, aptitud, suficiencia* pero sobre todo la *actitud*, es decir, la voluntad de querer desarrollarlo, y es precisamente sobre la actitud del individuo donde la rutina actúa desarrollando prácticas inseguras que tarde o temprano degeneran en accidentes.

Para evitar la proliferación de prácticas inseguras, actos rutinarios, gestos nefastos, etc. es necesario:

- Concienciar
- Formar
- Reciclar

Factores de riesgo en instalaciones de alta tensión

Existen factores de riesgo durante la explotación de las instalaciones de alta tensión que condicionan su normal funcionamiento entre las que podíamos citar:

Factores pasivos:

Son circunstancias mecánicas y ambientales que degradan los mecanismos por desgaste y contaminación respectivamente.

Uso inadecuado de equipos:

Consecuencia de una deficiente preparación, entrenamiento o motivación del personal operario.

Perturbaciones eléctricas:

Cortocircuitos, sobrecargas, sobretensiones, etc. que comportan situaciones de riesgo tales como: incendios, explosiones, emisión de productos tóxicos, contactos indirectos, transferencias de tensiones y otros.

Para soslayar estos factores de riesgo existen recursos de diseño en el proyecto y correctivos en mantenimiento que los eliminan o reducen considerablemente, tales como:

- Normas de seguridad, para el explotador
- Procedimientos de explotación
- La calidad del servicio (continuidad, disponibilidad)
- Las posibilidades de reparación (emergencia, intercambiabilidad)
- La elección de tensiones y niveles de aislamiento del aparellaje
- Las prestaciones de la aparelladura (poder de corte y de cierre)
- El régimen de neutro
- La selectividad de las protecciones
- La estabilidad del funcionamiento
- La caída de tensión (normales y al arranque)
- La compensación de energía reactiva...

Sólo un completo conocimiento de los riesgos nos permitirá en cada caso, utilizar los medios de protección adecuados y las prescripciones de seguridad necesarias para prevenir el accidente.

Prevención y análisis de riesgos en instalaciones de AT

Corrientes admisibles en sistemas eléctricos

Naturaleza de las sobreintensidades:

En ciertas condiciones, los valores de corriente normales pueden en toda o en parte de una instalación eléctrica, sobrepasar los límites de la corriente de servicio admisible en permanencia. Estas sobreintensidades, por efecto Joule, producen el calentamiento de los conductores, los aislantes y de todos aquellos materiales que estén en contacto, es preciso, por tanto, eliminar rápidamente este defecto para prevenir los riesgos de destrucción de máquinas, incen-

dios, explosiones, etc. Las sobreintensidades según su magnitud podemos dividir las en sobrecargas cuando la potencia absorbida por los aparatos en servicio sobrepasa su potencia nominal, y cortocircuitos que se producen por la unión accidental de dos puntos de distinto potencial eléctrico, a través de un circuito de mínima impedancia.

En general, llamamos sobreintensidades, a aquellos casos en que las corrientes corresponden a condiciones anormales de explotación, bien por su excesiva duración o por sus excesivos valores.

Causas y efectos de las corrientes de cortocircuito

Los defectos de aislamiento son la principal causa que producen fallos y descargas disruptivas en los diversos componentes del sistema eléctrico, pueden venir inducidos por motivos tales como: Sobretensiones, sobrecargas con el subsiguiente calentamiento de la aparelladura, abrasión debido a la expansión y contracción, o la entrada de cuerpos extraños en los equipos. En las líneas de transporte de energía eléctrica, se desarrollan faltas, por causas tales como: el viento, el hielo y el aguanieve, grandes pájaros que puentean los aisladores, descargas atmosféricas, ramas de árboles, brazos de grúa y otras causas.

Cortocircuitos y arcos eléctricos en alta tensión

Debido a la gran energía liberada en el cortocircuito, es común sobretodo en AT que, estas produzcan arcos eléctricos en la instalación.

Los efectos que puedan derivarse de ello estarán en función de la potencia del arco eléctrico, siendo ésta el producto de la corriente del arco, de la tensión y del tiempo o persistencia del mismo.

Por regla general, el cortocircuito aparece en alta tensión como consecuencia de defectos de aislamiento, por elementos de maniobra averiados, por sobretensiones y con cierta frecuencia por manipulaciones inadecuadas.

Los componentes del propio circuito eléctrico limitan los valores y efectos de la corriente de cortocircuito, y concretamente las impedancias de los transformadores, reactancias, cables, barras conductoras, etc. Efectivamente, la inserción de reactancias limitadoras de corriente de cortocircuito son utilizadas con éxito en alta tensión. Sin embargo, existen casos donde su utilización es desfavorable, por ejemplo, durante el arranque de motores de gran capacidad las caídas de tensión originadas serían inadmisibles, es desaconsejable su aplicación en estos casos.

Debido al continuo incremento en la demanda de energía eléctrica, debemos tener presentes las variaciones que experimentan las impedancias de los componentes de una instalación eléctrica, al verse alterados, sustancialmente los parámetros iniciales de proyecto y por consiguiente su seguridad.

Los cortocircuitos en AT generalmente, suelen ir acompañados por arcos eléctricos formados por la ionización del aire a altas temperaturas (aproximadamente 15.000 °K en su núcleo) son muy ligeros y movibles por lo que pueden ser

trasladados por corrientes de aire o atraídos por campos magnéticos, a su paso originan nuevos defectos en la instalación o accidentes por electrocución en caso de no ser extinguidos rápida y eficazmente.

El arco eléctrico, con su elevada temperatura, calienta el aire circundante de forma explosiva y aumenta considerablemente la presión en volúmenes cerrados, tales como cabinas prefabricadas, recintos herméticos, cámaras de extinción de disyuntores, etc... Este aumento de presión tan considerable, sobrepasaría los límites de carga mecánica de estas envolventes si no estuviesen equipadas con sus correspondientes válvulas de expansión.

Las directrices sobre pruebas de arco eléctrico parasitario en las instalaciones de alta tensión aún no han sido elaboradas (podremos localizar recomendaciones al respecto, en la publicación IEC 298, 2.ª edición o VDE 0670, parte 601). Por consiguiente los fabricantes de material eléctrico para alta tensión deberán justificar la validez de soluciones técnicas adecuadas para hacer frente al arco interno parasitario en instalaciones bajo envolvente metálica que garanticen la seguridad del operario y de la instalación (ver fig. 1 y tabla I).

Necesidad del relé de sobreintensidad

La intensidad de corriente, es el parámetro más utilizado en las protecciones eléctricas para determinar si la conducción eléctrica de un sistema es o no normal, así como para prevenir y limitar el temido cortocircuito. Los relés de impedancia y componentes simétricas de intensidad y tensión serían más perfectos como protección de los sistemas de potencia de AT pero ello restaría agilidad a la distribución y tecnificaría en exceso las empresas eléctricas.

El relé es el elemento de constitución cerebral que usando uno varios de los efectos de la física, detectan los defectos eléctricos induciendo a otros elementos a su corrección. En el límite, «ordenan» a los elementos de corte a interrumpir la conducción de energía.

La fiabilidad es el grado de certeza que se espera del relé para llevar a cabo su función correctamente, su seguridad es la ausencia de operaciones incorrectas debidas a causas externas y su selectividad es la capacidad entre los defectos que se producen en los equipos bajo su control y los adyacentes.

Los aparatos de maniobra, cortacircuitos y elementos de protección semejantes deberán interrumpir la corriente de forma omnipolar y a ser posible libre de arco inverso, cerca del paso por cero natural. Empleando resistencias en los interruptores se disminuyen las sobretensiones de ruptura (véase sobretensiones internas).

Sobretensiones

Es un concepto, que por regla general, se le considera ligado únicamente a fenómenos atmosféricos, al menos en lo que a protecciones para su limitación se refiere, no se suele tener la misma prevención para las sobretensiones transitorias de origen interno que suelen darse con mayor frecuencia y degradan de forma progresiva el aislamiento del equipo eléctrico. En la actualidad, con el auge experimentado por los equipos de aislamiento sólido, se hace más necesaria su utilización (v. UNE 21-087-81). Igualmente se hace necesaria la utilización de autoválvulas, en disyuntores de corte al vacío, debido a los fenómenos de sobretensión experimentados en el transcurso de la maniobra, el desarrollo de esta técnica, después de unos años de incertidumbre, es de evolución muy lenta.

Deberemos distinguir, por consiguiente, entre sobretensiones internas y externas.

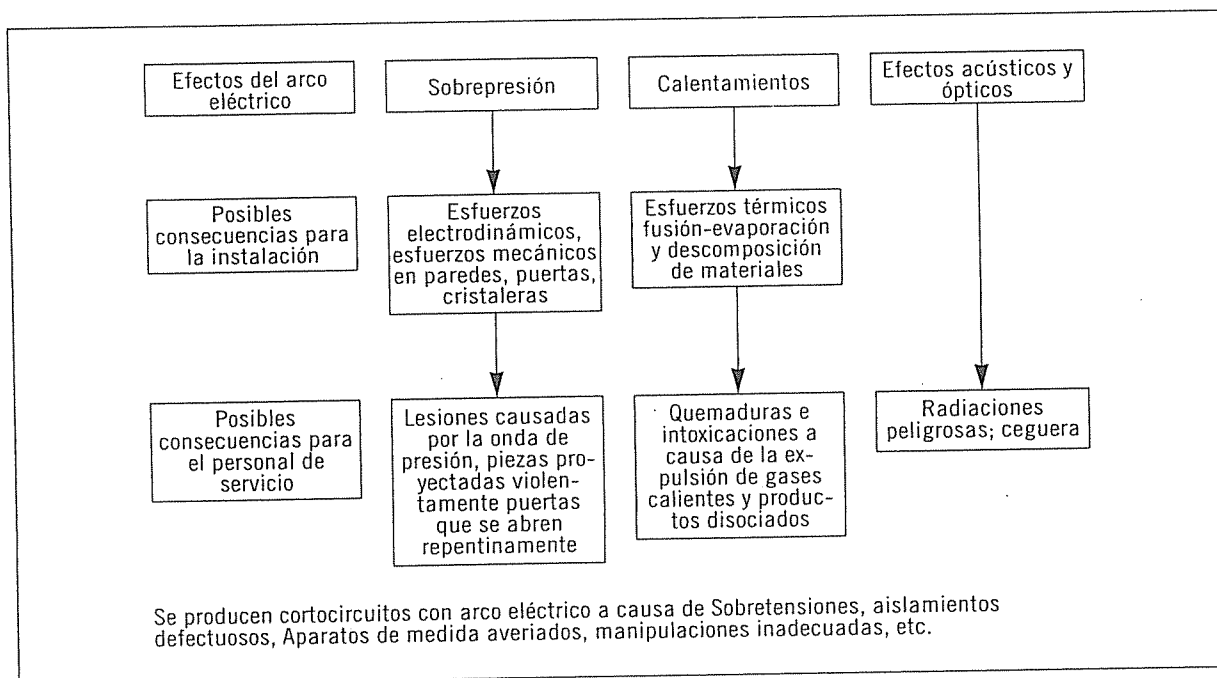


Fig. 1. Efectos y consecuencias del arco eléctrico.

Tabla I. Medidas para limitar los efectos del arco eléctrico. Según CEI 298/UNE 20.099

1	2	3
Lugares donde se puede cebar el arco con más frecuencia	Causas posibles de posibles defectos	Ejemplos de medidas a tomar
Terminales de cables	Diseño no apropiado	Elegir dimensiones suficientes
	Instalación defectuosa	Evitar el cruce de cables. Control de trabajo en obra
	Defecto de aislamiento sólido o líquido. (Falta de aislamiento)	Control de trabajo y/o ensayo dieléctrico en obra. Comprobación periódica del nivel de líquidos
Seccionadores, Interruptores, Seccionadores de p.a.t.	Falsas maniobras	Enclavamientos, reapertura retardada, accionamiento manual independiente. Poder de cierre sobre cortocircuito para los interruptores y seccionadores de p.a.t. Instrucciones al personal operario
Conexiones atornilladas y contactos	Corrosión	Utilización de revestimientos anticorrosivos y/o grasa. Encapsulado si fuese necesario
	Montaje defectuoso	Control del trabajo y medios apropiados
Transformadores de medida	Ferorresonancia	Evitar estas influencias eléctricas con un diseño adecuado de los circuitos
Interruptores automáticos	Mantenimiento insuficiente	Mantenimiento regular programado, instrucciones al personal operario
Todas las localizaciones	Error del personal	Limitación de acceso por compartimentación, encapsulado aislante de partes activas, instrucciones al personal operario
	Envejecimiento dieléctrico	Ensayo individual de descargas parciales
	Contaminación, humedad, penetración de polvo, insectos, etc. Sobretensiones.	Medidas para asegurar que se alcanzan las condiciones de servicio especificadas. Protección contra el rayo. Coordinación de aislamiento adecuada. Ensayos dieléctricos en obra.
Rápida desconexión del defecto iniciado por detectores sensibles a la luz, a la presión o al calor o por protección diferencial de barras colectoras. Utilización de fusibles adecuados, asociados a los dispositivos de conexión para limitar la corriente de paso y la duración del defecto. Maniobra a distancia. Trampillas limitadoras de presión.		

Sobretensiones internas

Las sobretensiones dinámicas provienen de la desaparición repentina de toda o de una parte de la carga. Son de frecuencia industrial y pueden llegar a ocasionar elevaciones de tensión con relación a tierra entre 1,3 y 1,7 veces la tensión normal de servicio. Su duración varía entre algunas décimas de segundo, a varios segundos.

Las sobretensiones de ruptura resultan de interrumpir cargas inductivas o capacitivas. Son de frecuencia muy variable (de algunas decenas a algunas centenas de veces la frecuencia industrial). Su valor de cresta con relación a tierra varía entre 1,5 y 3 veces el valor de cresta de la tensión nominal. Su duración es de algunos cientos a algunos millares de microsegundos.

También pueden producirse sobretensiones por fenómenos de resonancia (p. ej. por ferorresonancia), por pérdidas o cortocircuitos a tierra, al conectar y desconectar líneas y transformado-

res, etc. su magnitud dependerá de la naturaleza de la avería, de la forma de conexión del neutro de la red, de las características de las maniobras y la configuración de la red.

Para evitar la ferorresonancia no deberán ponerse fusibles ni efectuar conexiones de forma unipolar en el lado de alta tensión de los transformadores de tensión. En caso de transformadores de tensión con aislamiento unipolar, pueden amortiguarse las oscilaciones armónicas aplicando una carga óhmica adicional a los transformadores. Ello se consigue conectando una resistencia de valor apropiado que cierre el circuito de los devanados auxiliares conectados en triángulo abierto.

En instalaciones de media y alta tensión con entrada por cables suelen producirse sobretensiones por reflexión, a pesar de la atenuación de la onda de choque por el cable. Por lo tanto, hay que colocar un juego de pararrayos autovalvulares en las cercanías del transformador. En caso de que la longitud del cable supere los 30

metros será conveniente instalar también pararrayos en el paso de la línea aérea al cable. Los tramos de cable a lo largo de una línea aérea deberán protegerse colocando autoválvulas en ambos terminales (v. VDE 0675).

La mayoría de las sobretensiones se traducen en un aumento de la tensión media de la red respecto a tierra. Se puede, pues, utilizar para amortiguar su amplitud, la puesta a tierra de un punto de la red (neutro de un generador, transformador, o de una bobina zig-zag).

Sobretensiones externas

Las sobretensiones de origen atmosférico aparecen en el curso de tormentas como consecuencia de descargas. Son unidireccionales y de frente muy escarpado, su valor de cresta vendrá limitado por los aparatos de protección —si existen— y si no por el nivel de aislamiento de la red. Se ha demostrado experimentalmente que su forma de onda es la llamada 1/50 (que alcanza su valor de cresta en un microsegundo, y vuelve a su semiamplitud al cabo de 50 microsegundos).

Desafortunadamente cuando en un sistema eléctrico se desea reducir las sobretensiones consecuentemente aumentaremos las sobreintensidades y viceversa, no se conocen soluciones que solventen satisfactoriamente estas dos exigencias contradictorias, será necesario privilegiar una u otra adoptando el régimen de neutro que represente el mejor compromiso para el caso considerado.

Medidas para limitar las sobretensiones (tabla II).

Influencia de la disposición del punto neutro sobre el comportamiento de fallos en la red trifásica de alta tensión

Para la mayoría de las redes de media tensión la puesta a tierra del neutro a través de resistencia de bajo valor óhmico ($ID \geq 20 \text{ A}$) permite obtener resultados satisfactorios. Según el tipo de explotación, exija o no una continuidad absoluta de servicio y la necesidad de limitar a valores bajos las corrientes de falta a tierra, compatibles con la presencia de máquinas rotativas de media tensión, se adoptará un valor de la resistencia suficiente para limitar los daños en caso de defecto.

Valores bajos de resistencia de neutro imponen la necesaria apertura de los elementos de

La rutina en el trabajo es con toda seguridad el riesgo más difícil de prevenir.

corte de la instalación ante un primer defecto, sin embargo, amortigua eficazmente las sobretensiones y permite la utilización de protecciones simples y selectivas. El nivel de aislamiento exigido a los componentes de la instalación es reducido y consecuentemente poco costoso.

Valores elevados de resistencia de neutro permite la continuidad del servicio ante la aparición de un primer defecto. Pero ello motiva la aparición de sobretensiones elevadas por lo que los materiales de la instalación deberán tener un nivel de aislamiento más alto y por consiguiente un costo mayor que en el caso anterior. Es más compleja la realización de protecciones selectivas y exige la presencia de personal cualificado de mantenimiento para garantizar un buen nivel de aislamiento y una intervención rápida en caso de un primer defecto de aislamiento, pues aparte de los daños que se agravan con el tiempo, se corre el riesgo de que se produzca un segundo defecto en otra fase, transformándose el defecto a tierra en falta entre fases de fuerte intensidad, en cuyo caso los elementos de corte y protección de la instalación deberán funcionar instantáneamente.

Resumidamente vamos a analizar la influencia de la disposición del punto neutro sobre el comportamiento de los fallos en la red:

1. Neutro aislado

- Permite la continuidad del servicio si se produce una pérdida a tierra de una fase.
- Si el fallo no se elimina, un nuevo defecto en otra fase puede dar lugar a tensiones peligrosas para el personal y riesgos de incendios.
- El voltaje en las fases sanas se eleva en 1.732 Un. (1.º fallo).
- En este tipo de instalaciones el equipo deberá poseer el aislamiento pleno.

Tabla II. Medidas para limitar sobretensiones

Forma	Magnitud	Duración	Medidas limitadoras
Sobretensiones a la frecuencia de servicio	1.15...1.4 veces la tensión de servicio	Varios segundos	Regulación de tensión en alternadores, transformadores, reactancias de compensación
Sobretensiones por faltas a tierra o falsas maniobras	2.0...3.0 veces el valor máximo de la tensión de servicio fase a tierra o fase contra fase	Semiondas de la frecuencia de red	Interruptores sin arco inverso, con resistencias apagachispas, puesta a tierra en neutro de baja impedancia, bobinas apagachispas de contactos a tierra, autoválvulas...
Sobretensiones atmosféricas	100 KV a varios 1000 KV	Microsegundos	Cables pararrayos, buena toma de tierra del poste, autoválvulas, condensadores protectores de sobretensiones, trayectos protectores de arcos...

- Impulsos momentáneos de tensión producidos por corrientes transitorias, sobrepasarían los límites de aislamiento previstos, perforando el aislamiento.

2. Neutro a tierra directo

- Limita las sobretensiones del sistema.
- Elimina rápidamente las pérdidas a tierra.
- Interrumpe rápidamente el suministro eléctrico.
- Los daños pueden ser elevados si no se prevén interruptores de alto poder de ruptura para limitar las elevadas corrientes de cortocircuito a tierra.
- Evita la resonancia de defectos a tierra.
- Adecuado para sistemas de AT y BT no se utiliza para MT.

3. Neutro a tierra a través de resistencia de bajo valor

- Utilizado en sistemas de MT limita la corriente de defecto a tierra a algunos cientos de amperios.
- Protege las máquinas rotativas contra daños por sobrecalentamiento del hierro.
- Las elevadas corrientes en el centro provocarían la actuación de las protecciones contra sobreintensidad.
- Las pérdidas a tierra deberán eliminarse de igual forma que con el neutro directo a tierra.
- Pueden producirse circuitos resonantes si la capacidad y resistencia de defecto son similares.

4. Neutro a tierra a través de una elevada resistencia

- Combina las ventajas de los sistemas aislados y los directamente puestos a tierra.

- Los defectos unipolares a tierra permiten la continuidad del servicio.
- Las sobretensiones transitorias del sistema se mantienen dentro de los márgenes tolerables por el aislamiento (250 % de lo normal).
- La corriente permanente de fallo a tierra se mantiene menor del 1 % de la corriente trifásica de cortocircuito.
- Estos valores no activan las protecciones de sobreintensidad.
- Los dispositivos de localización de fallos son más precisos que con el neutro aislado debido al flujo de la corriente de defecto.
- Es precisa la localización y reparación del 1.º fallo antes de la aparición del 2.º defecto.
- Amortigua las oscilaciones que generan los arcos a tierra.

Transferencia de tensiones en CCTT

Por su especial interés en seguridad y los peligros que comporta para las personas que manipulan en instalaciones de MT haremos un estudio más detallado sobre riesgos de transferencia de tensiones en centros de transformación recojiendo textos del proyecto de la reglamentación vigente y en concreto a la Instrucción Técnica Complementaria n.º 13 del MIE RAT que es la que más cambios ha experimentado en su contexto con relación a la reglamentación anterior del año 1949.

La mayoría de los fenómenos que pueden dar lugar a riesgos en un CT provienen de las corrientes a tierra de los circuitos de AT, bien por defectos a tierra o por corrientes procedentes de descargas atmosféricas.

La configuración más generalizada de CT en función de la conexión de sus masas a los electrodos de tierra, serían las siguientes: (véase fig. 2 y tabla III).

Tabla III. Resumen de casuística

Causas	Efectos producidos	Tipos de CCTT coincidentes en el efecto
A	a1 Aparecen tensiones de paso principalmente en las proximidades del electrodo de AT	1, 2, 3, 4, 5
	a2 Aparecen tensiones de contacto en las proximidades del electrodo de AT al tocar masas de aparamenta de AT	1, 2, 3, 4, 5
	a3 Aparecen tensiones de contacto tocando las masas de la aparamenta de BT	1, 2, 3, 4, 5
	a4 Aparecen tensiones de contacto tocando dos masas unidas a distintos electrodos de tierra	1, 2, 3, 4
	a5 El devanado de BT está sometido a sobretensión respecto a las masas del transformador	1, (2), 4
	a6 Aparecen tensiones de paso y de contacto en las proximidades del CT	1, 2, 3, 4, 5
	a7 Puede aparecer cebamiento de retorno en BT	1, 4, 5
B	b1 Aparecen tensiones de contacto tocando las masas de la aparamenta de BT	1, 2, 3, 4
	b2 Aparecen tensiones de contacto tocando dos masas pertenecientes a los dos electrodos de tierra	1, 2, 3, 4
C	c1 Mayor elevación de tensión de los sistemas de tierra tanto por falta a tierra en AT como en BT	1, 2, 3, 4, 5
	c2 Menor transferencia de tensión a los consumos por faltas a tierra en AT	1, 2, 3, 4, 5
	c3 Menor posibilidad de cebamiento en la instalación de BT por faltas en AT	1, 2, 3, 4, 5
D	d1 Puede perforarse el devanado de BT más fácilmente cuanto más impedancia tenga el devanado de AT	1, (2), 3, 4, 5, 6
	d2 Pueden transferirse sobretensiones al resto de las líneas de BT	1, (2), 3, 4, 5, 6

A. Por falta a tierra en AT o descarga en autoválvulas de AT.

B. Por falta a tierra franca en BT o corriente de fuga a tierra en instalación de abonado.

C. Debido a los efectos A y B y estar las tierras separadas.

D. En caso de posibilidad de sobretensiones en BT.

(2). Significa que el efecto respectivo aparece, pero limitado o disminuido.

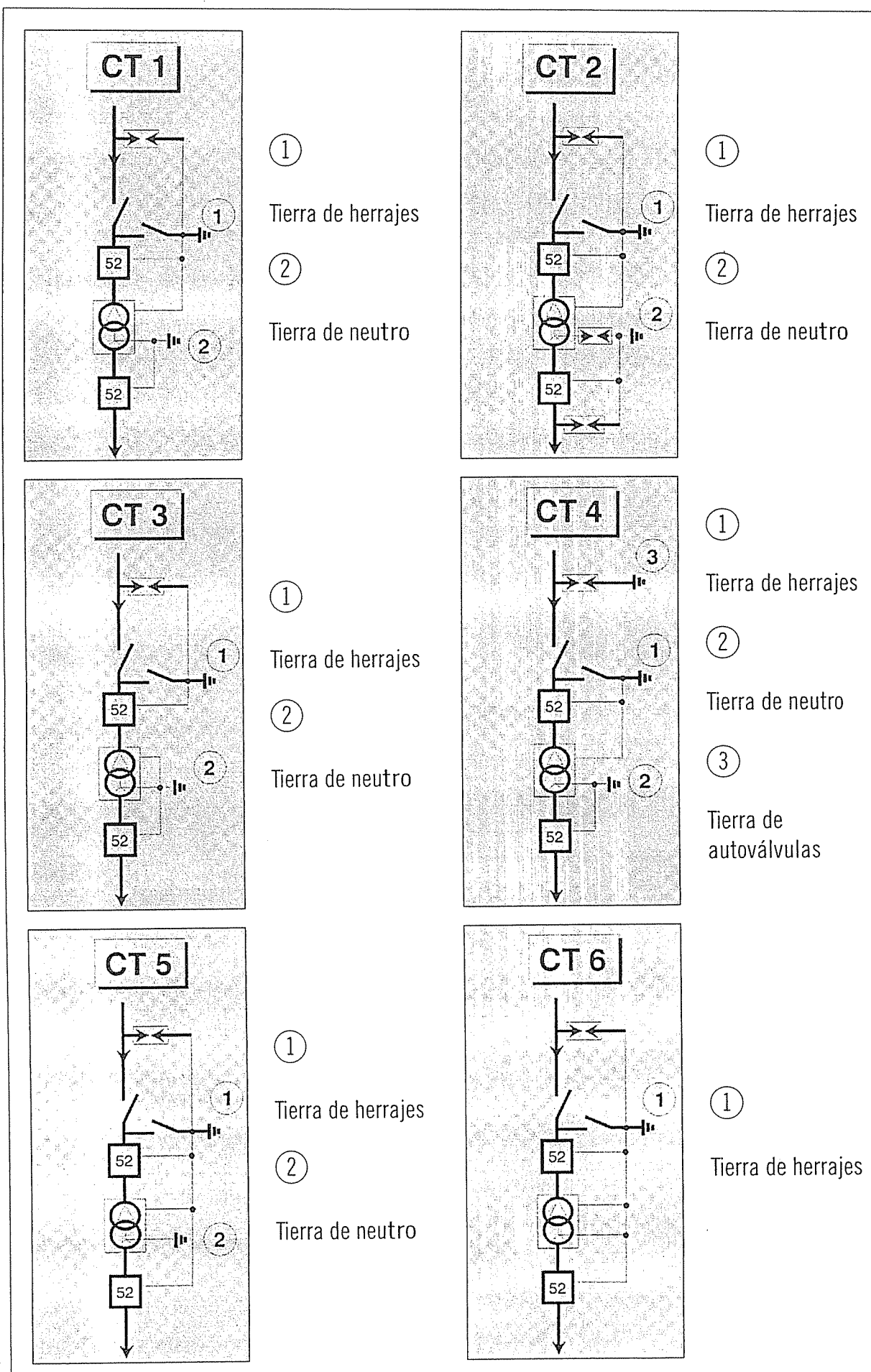


Fig. 2.

1.º Caso: dos electrodos de tierra seprados

Uno el de AT, para conectar las masas de la aparamenta de AT (pantallas de cables, cubas de transformadores, tierra de autoválvulas, etc.).

Otro, el de BT, alejado del anterior (destinado al neutro, herrajes, pantallas de cables, todo ello de BT).

En este tipo de CT admitiremos varias salidas aéreas y subterráneas de BT siendo la entrada de AT aérea con transformación por cable subterráneo. En las salidas subterráneas de BT se pone el neutro a tierra en diversos puntos de su recorrido, en tanto que las líneas aéreas no.

No se establecen precauciones especiales en las inmediaciones e interior del CT, que eviten tensiones de paso y contacto en dichos lugares.

Análisis de riesgos que comportaría la disposición descrita

A) Por falta a tierra en AT o descargas de las autoválvulas, aparecen:

- a1) Tensiones de paso en las proximidades del electrodo de AT.
- a2) Tensiones de contacto en las proximidades del electrodo de AT, al tocar masas de aparamenta de AT.
- a3) Tensiones de contacto al tocar las masas de la aparamenta de BT.
- a4) Tensiones de contacto al tocar dos masas unidas a distintos electrodos de tierra.
- a5) El devanado de BT estará sometido a una sobretensión respecto a las masas del transformador (núcleo magnético).
- a6) Aparecerán tensiones de paso y contacto en las inmediaciones del CT.
- a7) Se originarán cebamientos de retorno en BT.

B) Por falta a tierra franca en BT o por corrientes de fuga a tierra en las instalaciones de BT aparecen:

- b1) Tensiones de contacto, al tocar las masas de la aparamenta de BT.
- b2) Tensiones de contacto, al tocar dos masas pertenecientes a dos electrodos distintos de tierra.

C) Por estar los electrodos de tierra separados, aparecen:

- c1) Mayor elevación de tensión en los sistemas de puesta a tierra, tanto por falta a tierra en AT como en BT.
- c2) Mayor inyección de tensión longitudinal en la instalación de BT en el caso de falta a tierra en AT.
- c3) Menor posibilidad de cebamiento en la instalación de BT, en el caso de falta a tierra en AT.

D) Por sobretensiones atmosféricas si no se disponen de autoválvulas en BT aparecen:

- d1) Perforación del devanado de BT del transformador, tanto más fácilmente cuanto mayor sea su impedancia en AT.
- d2) Transmisión de sobretensiones a través de las líneas de BT.

2.º Caso: igual disposición que en 1º añadiendo autoválvulas en BT

Para este tipo de disposición del CT se proponen las siguientes soluciones:

- 1.º) Una autoválvula entre el electrodo de AT y BT.
- 2.º) Tres autoválvulas, dispuestas entre las tres fases de BT y tierra.
- 3.º) Las soluciones 1.ª y 2.ª a la vez.

Con la primera solución, la protección es suficientemente buena cubriendo un 90 % de los riesgos.

Con la 2.ª solución se cubren algo más que con la 1.ª, pero se necesitarán tres autoválvulas.

Y por último, con la soluciones 1.ª y 2.ª a la vez, se cubren el 100 % de los casos, aunque son necesarias cuatro autoválvulas en BT.

3.º Caso: dos electrodos de tierra separados (variante 1.º)

En esta disposición se prevé un electrodo para todas las masas de la aparamenta de AT exceptuando la cuba del transformador que irá unida conjuntamente con su neutro de BT y masas de la aparamenta de BT.

Admitiremos varias salidas aéreas y subterráneas de BT y en AT la entrada es aérea y la salida con cable subterráneo. En las salidas subterráneas el neutro toma tierra en varios puntos de su recorrido, y en las aéreas no.

No se establecen precauciones especiales en las inmediaciones del CT que eviten tensiones de paso y contacto en dichos lugares.

Análisis de riesgos que comportaría la disposición descrita

A) Por falta a tierra en AT o descarga de las autoválvulas, aparecen:

Lo descrito en a1), a2), a3), a4) y a6) para el 1.º caso.

a5) El devanado de BT no recibe sobretensiones contra las masas del transformador, salvo las inductivas y capacitivas que consideramos despreciables.

a7) No se originan cebamientos de retorno en BT.

a8) Las autoválvulas de AT, en general, protegen menos al transformador.

B) Por falta a tierra en BT, o por corriente de fuga a tierra en las instalaciones:

b1) y b2) igual que en el caso 1.º.

C) Por estar las tierras separadas:

c1), c2) y c3) igual que en el 1.º caso.

D) Por sobretensiones atmosféricas, al no disponer el CT autoválvulas en BT:

d1) y d2) igual que en el 1.º caso.

4.º Caso: idem al 1.º caso pero con electrodo independiente para autoválvulas

Con esta disposición A), B), C) y D) son equivalentes al 1.º caso, pero el transformador y el aparellaje de AT están, por lo general, menos protegidos contra las sobretensiones de AT.

5.º Caso: dos electrodos de tierra separados (variante 2.ª)

En esta disposición se prevé un electrodo de tierra para todos los herrajes y masas del CT, tanto de AT como de BT incluidas las autoválvulas de AT, y otro electrodo de tierra exclusivamente para el neutro.

No se toman precauciones especiales en las inmediaciones e interior del CT para evitar tensiones de paso y contacto peligrosas.

Análisis de riesgos que comportaría la disposición descrita

A) Por falta a tierra en AT o descarga en las autoválvulas, aparecen:

a1), a2), a3) y a6) igual que en el 1.º caso.

a4) No aparecen tensiones de contacto al tocar las masas del CT.

a5) No aparecen sobretensiones transferidas a la BT.

a7) Pueden aparecer cebamientos de retorno entre la cuba y BT.

B) Por falta a tierra en BT:

No existirán ni tensiones de paso ni de contacto.

C) Por estar las tierras separadas:

c1), c2), y c3) igual que en el 1.º caso.

D) Por sobretensiones atmosféricas al no tener autoválvulas en BT:

d1) y d2) igual que en el 1.º caso.

6.º Caso: electrodo único de puesta a tierra

Todas las masas del CT irán unidas a un solo electrodo de tierra, obteniéndose equipotencialidad total. Se adoptan ciertas precauciones en el exterior que evitan las tensiones de paso y contacto.

Análisis de riesgos que comportaría la disposición descrita

Se eliminan todos los inconvenientes de los apartados A), B) y C) excepto que puede transfe-

rirse mayor tensión a la BT a no ser que la resistencia total conjunta de AT y BT unidas equipotencialmente tengan un valor inferior a 1 Ohm. De igual forma, pueden transferirse tensiones más fácilmente desde las SSTT de las compañías eléctricas.

En el supuesto D) sucede igual que en el 1.º caso. Cuadro resumen de estos seis casos (véanse fig. 2 y tabla III).

Conclusiones

De lo expuesto en los seis casos anteriores podemos sacar las conclusiones siguientes:

1.ª Que es recomendable, desde el punto de vista de la seguridad, que hayan tierras separadas para el neutro de BT, puesto que de este modo se evitan transferencias de tensión hacia la BT.

2.ª Que las tierras separadas perjudican a los transformadores.

3.ª Que de no tomarse medidas especiales, no se podrán evitar tensiones de paso peligrosas en el interior del CT y disminuir las de paso y contacto en el exterior.

4.ª Que las autoválvulas de AT deben estar lo más cerca posible del elemento a proteger y unidas a la misma tierra que sus masas.

5.ª Que es conveniente disponer en el CT autoválvulas en BT.

6.ª Que todas las masas accesibles desde el interior deberán estar unidas (equipotencialidad parcial).

7.ª Que es conveniente que el neutro de BT tome tierra el mayor número de veces posible en su recorrido.

Causas y circunstancias de los accidentes de origen eléctrico

Andrés Granero

1.- ESTADISTICAS

Las estadísticas de siniestralidad laboral constituyen un instrumento importante en prevención, ya que permiten jerarquizar los riesgos y elaborar programas coherentes de prevención. En España, la elaboración de dichas estadísticas es una de las funciones encomendadas al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Para ello se recoge la información contenida en el documento oficial denominado PARTE DE ACCIDENTE DE TRABAJO. Este documento presenta en la actualidad algunas limitaciones, con relación al tipo de accidentes así como a la redacción y codificación, que son necesarios conocer para delimitar adecuadamente la información.

Los principales aspectos a tener en cuenta son:

ACCIDENTES CONTABILIZADOS

Solamente se han contabilizado los accidentes de trabajo que han causado baja por un tiempo no inferior a un día.

REDACCION DEL PARTE DE ACCIDENTE

El impreso de parte de accidentes es general para cualquier tipo de accidentes y no específico para el eléctrico y salvo que se realice posteriormente una investigación, no hay posibilidad de comparar la veracidad.

Es muy fácil que un accidente de origen eléctrico, se registre como de otro tipo, según la manifestación final del mismo.

CODIFICACION DE LOS PARTES DE ACCIDENTES

Uno de los conceptos utilizados para la elaboración de estadísticas es el denominado FORMA

AÑO	NUMERO DE ACCIDENTES (%)			
	LEVES	GRAVES	MORTALES	TOTALES
1º	4.098 (93,11)	164 (3,73)	139 (3,16)	4.401 (100,00)
2º	3.162 (93,41)	136 (4,02)	87 (2,57)	3.385 (100,00)
3º	2.853 (93,61)	109 (3,57)	86 (2,82)	3.048 (100,00)
4º	3.025 (93,80)	132 (4,10)	68 (2,10)	3.225 (100,00)
5º	2.704 (92,14)	136 (4,64)	85 (2,91)	2.925 (100,00)
6º	2.339 (93,08)	135 (4,14)	90 (2,76)	3.255 (100,00)
VALOR MEDIO	3.030 (93,08)	135 (4,14)	90 (2,76)	3.225 (100,00)

DE PRODUCIRSE LOS ACCIDENTES. Dentro de dicho concepto, cualquier accidente de origen eléctrico se codifica con el poco apropiado término de CONTACTO ELECTRICO, sin posibilidad de tener una clasificación más detallada. Lo mismo nos ocurre con el concepto denominado AGENTE MATERIAL.

De lo anteriormente expuesto puede deducirse que esta fuente de datos es parcial o incompleta.

1.1 Evolución cronológica del número de accidentes

La evolución queda reflejada en la presente tabla.

En ella se representa por un año y según el grado de lesión, el número de accidentes y su relación en % con el número total de accidentes anual.

De esta tabla podemos deducir para el periodo considerado, por término medio, que de los accidentes ocurridos por contacto con la corriente eléctrica:

- 1º) El 93,08 % han tenido consecuencias leves.
El 4,14 % graves.
El 2,78 % mortales.

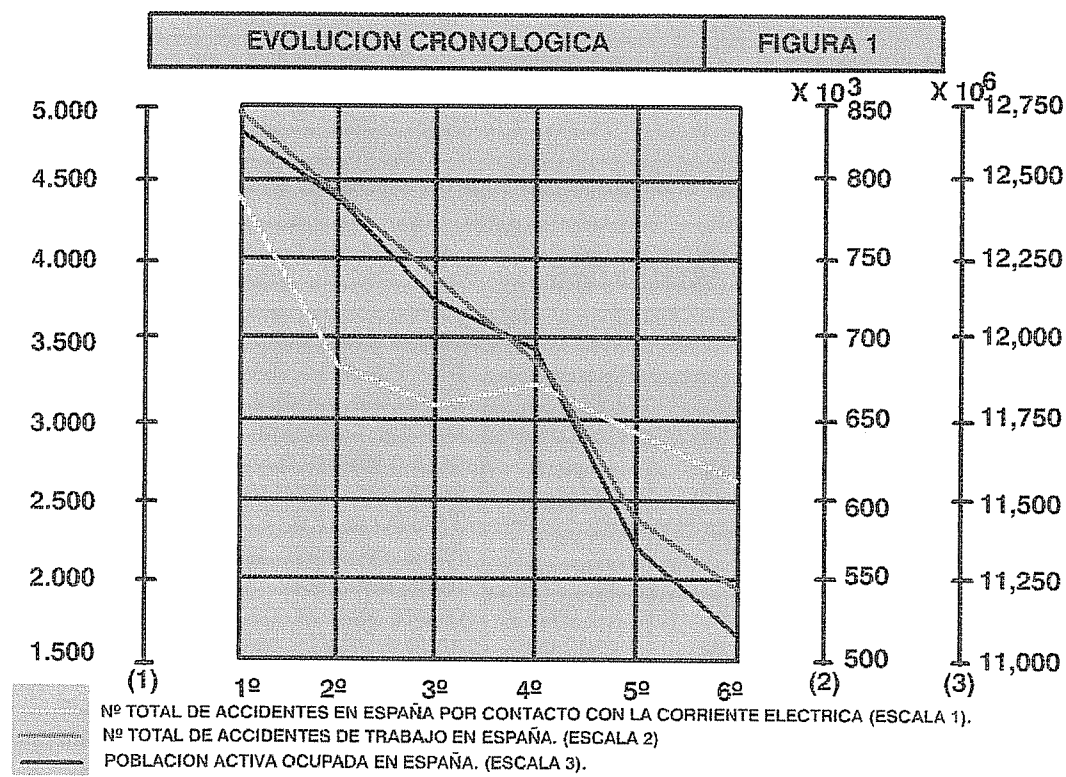
2º) Se han producido por término medio 3.225 accidentes por contacto eléctrico, siendo:

90 Mortales.
135 Graves.

3º) Por otra parte, se se observa el número total de accidentes por año, se aprecia una clara tendencia a la disminución. Una tendencia del mismo signo se observa, en la evolución cronológica del número de accidentes leves. La tendencia correspondiente a los accidentes graves y mortales también es descendente, pero en menor valor que en los casos anteriores.

Si tenemos en cuenta la evolución cronológica que presenta el mismo periodo, el número total de accidentes de trabajo y la población activa ocupada en España, se deduce que evidentemente existe una fuerte tendencia a la disminución.

En la Figura 1. Se representa gráficamente ambas distribuciones, junto a la del total de accidentes por contacto con la corriente eléctrica.



Esta tendencia contrasta con la de menor disminución de los accidentes graves y mortales, lo que hace pensar que la disminución de la población activa, afecta menos a ocupaciones especializadas que hacen operaciones de mayor riesgo.

1.2 Importancia relativa de los accidentes por contacto con la corriente eléctrica.

La comparación año por año del número total de accidentes por contacto con la corriente eléctrica y el número total de accidentes de trabajo, muestra que la importancia numérica del problema es relativamente pequeña, según se muestra en la siguiente tabla.

PERIODO ANUAL	VALOR PORCENTUAL % DE LA RELACION ACCE/ACB			
	LEVES	GRAVES	MORTALES	TOTALES
1º	0,49	1,24	8,69	0,52
2º	0,40	1,14	5,93	0,42
3º	0,39	0,98	5,91	0,41
4º	0,45	1,19	5,23	0,47
5º	0,46	1,21	6,92	0,49
6º	0,44	1,16	6,92	0,47
VALOR MEDIO	0,44	1,16	6,64	0,46

ACCE= Accidentes por contacto con la corriente eléctrica.

ACB = N° total de accidentes de trabajo con baja.

consecuencias de los accidentes por contacto con la corriente eléctrica, donde estriba el interés de un tratamiento preventivo del problema.

Si la comparación la realizamos contemplando el grado de lesión, vemos que mientras los accidentes, leves por contacto eléctrico suponen el 0,44 % del total de accidentes, los accidentes graves por el mismo concepto suponen ya un 1,15 % y los mortales el 6,64 %. Es aquí precisamente, en la mayor gravedad de las

1.3 Lesiones ocasionadas por los accidentes por contacto con la corriente eléctrica.

Los datos se presentan en valores porcentuales con relación al número total de accidentes por contacto con la corriente eléctrica, dentro del periodo analizado, considerando dos aspectos: "Tipo de lesión" y "Ubicación de la lesión".

1.3.1 Tipo de lesión

La observación de la tabla 3 nos confirma que las lesiones más frecuentes son:

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LOS ACCIDENTES POR CONTACTO CON LA CORRIENTE ELECTRICA TIPO DE LESION - GRADO DE LESION				TABLA 3
TIPO DE LESION	VALOR PORCENTUAL (%)			
	LEVES	GRAVES	MORTALES	TOTAL
Quemaduras	53,081	2,336	0,177	55,594
Efectos nocivos de la Electricidad	18,982	1,054	2,019	22,055
Traumatismos Superficiales	12,437	0,117	0,042	12,596
Otras	8,778	0,478	0,499	9,755
TOTAL	93,278	3,985	2,737	100

El 55,549 % del total de los accidentes son quemaduras, la mayoría de ellas de carácter leve (53,081 %), el 2,336 % graves y el 0,177 % mortales. No siendo posible distinguir por el sistema de codificación (partes de accidente) el grado de quemadura producida ni la naturaleza de la misma (quemadura por arco eléctrico o quemadura por efecto Joule).

El segundo lugar lo ocupa otro tipo de lesión definido vagamente como "Efectos nocivos de la electricidad" que ocupa el 22,055 % del total de accidentes, llevándose la mayor parte el grupo de leves (18,982 %), siendo solamente el 1,054 % el de graves. Sin embargo este tipo de lesión produce el mayor número de accidentes mortales.

En tercer lugar aparece el tipo de lesión denominado "traumatismos superficiales" con poca incidencia en los accidentes graves y mortales.

1.3.2 Ubicación de la lesión

El estudio de la tabla 4 nos da como como la zona de más frecuencia afectada, las manos, con un 43,093 %, siendo la mayoría de caracter leve.

La segunda zona más afectada son, los ojos, donde es aún más acusado el caracter leve de las lesiones. No obstante y a pesar de estos datos estadísticos, dada la importancia de estos organos, no debemos desistir en recomendar la utilización de protección ocular, sobre todo para proyecciones,

En tercer lugar aparece un tipo de ubicación inconcreto " Zonas múltiples" con un 17,751 % del total pero sin embargo registra una mayor incidencia en los graves, suponiendo un 56,56 % del total de accidentes graves y el 85,79 % del total de los accidentes mortales (referidos a los eléctricos).

La falta de concreción en la descripción del tipo de lesión y de su ubicación, llevan a una codificación en los apartados generales, de poca utilidad preventiva. En el caso, por ejemplo de "Efectos nocivos de la electricidad" "Zonas múltiples" que sin embargo absorben el mayor número de graves y mortales.

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LOS ACCIDENTES POR CONTACTO CON LA CORRIENTE ELECTRICA. UBICACION DE LA LESION - GRADO DE LESION	TABLA 4
--	----------------

UBICACION DE LA LESION	VALOR PORCENTUAL (%)			
	LEVES	GRAVES	MORTALES	TOTAL
MANOS	42,304	0,789	0	43,093
OJOS	19,235	0,177	0	19,412
ZONAS MULTIPLES	13,149	2,254	2,348	17,751
MIEMBROS SUPERIORES (Excepto manos)	8,334	0,318	0	8,652
CARA (Excepto ojos)	2,687	0,107	0	2,794
PIES	2,348	0,053	0	2,401
MIEMBROS INFERIORES (Excepto pies)	1,842	0,059	0	1,901
OTRAS	3,379	0,23	0,383	3,996
TOTAL	93,278	3,987	2,731	100

1.4 Causas y circunstancias de los accidentes de origen eléctrico, en baja tensión

Los datos del presente texto, han sido extraídos del análisis de 319 informes de investigación de accidentes ocurridos durante un periodo de cinco años. Durante este transcurso de tiempo, se registraron un total de 9.198 accidentes por contacto con la corriente eléctrica.

En la toma de datos se han tenido en cuenta las siguientes variables:

- * Grado de lesión.
- * Forma de producirse los accidentes.
- * Características del accidente.
- * Agente material.
- * Trabajo desarrollado.
- * Causas del accidente.

1.4.1 Grado de la lesión

En la tabla 5 se recoge la distribución de los accidentes analizados, según el grado de lesión:

<i>DISTRIBUCION SEGUN EL GRADO DE LA LESION DE LOS ACCIDENTES ANALIZADOS.</i>		<i>TABLA 5</i>
<i>GRADO</i>	<i>Nº CASOS</i>	<i>%</i>
<i>LEVES</i>	<i>77</i>	<i>24.10</i>
<i>GRAVES</i>	<i>149</i>	<i>48.70</i>
<i>MORTALES</i>	<i>93</i>	<i>29.20</i>
<i>TOTAL</i>	<i>319</i>	<i>100.00</i>

1.4.2 Formas de producirse los accidentes

Tal como se indica en la tabla 6, puede apreciarse que existen tres formas distintas de producirse los accidentes en baja tensión.

<i>DISTRIBUCION SEGUN LA FORMA DE PRODUCIRSE EL ACCIDENTE</i>		<i>TABLA 6</i>
<i>FORMA DEL ACCIDENTE</i>	<i>Nº CASOS</i>	<i>%</i>
<i>ARCO ELECTRICO</i>	<i>153</i>	<i>47.96</i>
<i>CONTACTO DIRECTO</i>	<i>110</i>	<i>34.48</i>
<i>CONTACTO INDIRECTO</i>	<i>56</i>	<i>17.55</i>
<i>TOTAL</i>	<i>319</i>	<i>100.00</i>

Estos datos demuestran que el arco eléctrico es la forma mas frecuente. Sin embargo son los contactos directos e indirectos, es decir, los accidentes en que tiene lugar un paso de corriente por partes del cuerpo, los que dan lugar a consecuencias mas graves, ya que ambos acumulan el 98.92 % de los accidentes mortales. Véase tabla 7:

1.4.3 Características del accidentado

En la tabla 8 se muestra la relación entre la categoría profesional y la edad del accidentado. Deduciéndose que la accidentabilidad se concentra en:

Oficiales entre 21 y 40 años (34.5 %).

Peones especialistas entre 21 y 50 años (22.3 %).

RELACION: FORMA DE ACCIDENTE - GRADO DE LA LESION				TABLA 7
FORMA DE ACCIDENTE	Nº DE CASOS DE ACCIDENTES INVESTIGADOS			
	LEVES	GRAVES	MORTALES	TOTAL
CONTACTO DIRECTO	13 (4.8)	39 (12.23)	58 (18.18)	110 (34.48)
CONTACTO INDIRECTO	10 (3.13)	12 (3.76)	34 (10.66)	56 (17.55)
ARCO ELECTRICO	54 (16.93)	98 (30.72)	1 (0.31)	153 (47.96)
TOTAL	77 (24.14)	149 (46.71)	93 (29.15)	319 (100.0)

(*) VALOR PORCENTUAL RESPECTO AL TOTAL DE CASOS.

A nivel global, el mayor numero de accidentes se registra entre los 21 y los 30 años y a partir de ahí van disminuyendo con el aumento de edad

RELACION ENTRE LA CATEGORIA PROFESIONAL Y LOS GRUPOS DE EDAD							TABLA 8
CATEGORIA PROFESIONAL DEL ACCIDENTADO	GRUPO DE EDAD (AÑOS)						TOTAL
	-20	21-30	31-40	41-50	51-65	+65	
TECNICO	0 (0.0)	3 (0.9)	3 (1.3)	4 (0.3)	1 (0.3)	0	11 (3.4)
ENCARGADO	1 (0.3)	5 (1.6)	10 (3.1)	7 (2.2)	3 (0.9)	0	26 (8.2)
OFICIAL	17 (5.3)	61 (19.1)	49 (15.4)	13 (4.1)	13 (4.1)	0	153 (48.0)
PEON ESPECIALISTA	11 (3.4)	29 (9.1)	22 (6.9)	20 (6.3)	9 (2.8)	0	91 (28.5)
AYUDANTE	2 (0.6)	8 (2.5)	2 (0.6)	3 (0.9)	1 (0.3)	0	16 (5.0)
APRENDIZ	16 (5.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)	0	17 (5.3)
OTROS	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)	3 (0.9)	1 (0.3)	0	5 (1.6)
TOTAL	47 (14.7)	106 (33.2)	87 (27.3)	50 (15.7)	29 (2.1)	0	319 (100.0)

(*) VALOR PORCENTUAL RESPECTO AL TOTAL DE CASOS

Para averiguar si esta tendencia es debida a la mayor experiencia se ha elaborado la tabla 9 donde se relaciona la categoría profesional con la experiencia y formación en electricidad.

RELACION ENTRE LA CATEGORIA PROFESIONAL CON LA EXPERIENCIA Y FORMACION EN ELECTRICIDAD					TABLA 9
CATEGORIA PROFESIONAL DEL ACCIDENTADO	EXPERIENCIA				
	A	B	C	D	TOTAL
TECNICO	1 (0,8)	0	0	5 (4,0)	6 (4,8)
ENCARGADO	0	1 (0,8)	1 (0,8)	10 (7,9)	12 (9,5)
OFICIAL	6 (4,8)	7 (5,6)	23 (18,3)	40 (31,7)	76 (60,3)
PEON ESPECIALISTA	5 (4,0)	4 (3,2)	10 (7,9)	6 (4,8)	25 (19,8)
AYUDANTE	0	2 (1,6)	1 (0,8)	1 (0,8)	4 (3,2)
APRENDIZ	0	0	3 (2,4)	0	3 (2,4)
OTROS	0	0	0	0	0
TOTAL	12 (9,5)	14 (11,1)	38 (30,2)	62 (49,2)	128 (100,0)

(*) Valor porcentual respecto al total de los casos

EXPERIENCIA:	A = Mayor de un mes.	C = Entre 1 año y 5 años.
	B = Entre 1 mes y 1 año.	D = Mayor de 5 años.

Esta tabla muestra paradójicamente que el nº de accidentes aumenta con la experiencia. Siendo este resultado opuesto al obtenido anteriormente, por lo que puede afirmarse que la experiencia no influye en la distribución de accidentes según la edad.

Además se observa una mayor concentración de accidentes en zonas de mayor envergadura o categoría, lo que hace pensar que los trabajos de mayor responsabilidad y por tanto de mayor riesgo, recaen sobre personas de mayor cualificación profesional y experiencia. Lo cual es preocupante ya que denota que los trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas no se realizan adecuadamente.

1.4.4 Agente material

En la tabla 10 con los resultados obtenidos, se ha tratado de identificar la parte del agente material mas estrechamente relacionado con el accidente.

Así, por ejemplo, un contacto directo con el borne del cuadro de una grúa, se registra el agente como " Cuadro eléctrico - Bornes " y no "Grúa". Lo mismo, si ha sido un contacto indirecto con la envolvente o carcasa de un taladro portátil registraremos el agente material como "Receptor portátil - carcasa" y no "Herramienta eléctrica portátil". Siendo esta formula mas operativa.

Los receptores en general ocupan 144 accidentes, que suponen el 45.14 % del total de los casos, destacando dentro del grupo:

- 13.8% las tomas de corriente.
- 12.8% las carcasas de receptores fijos y portátiles.
- 11% cables y conductores flexibles de alimentación, incluidos los prolonga-dores.

Los cuadros suponen 102 accidentes, siendo el 31.97% de los casos analizados, destacando dentro de este capítulo:

- 13.2% cortacircuitos fusibles.
- 8.8% los bornes.
- 8.2% las barras y conductores.

RELACIÓN ENTRE AGENTE MATERIAL Y FORMA DE ACCIDENTE			TABLA 10	
AGENTE MATERIAL	FORMA DE ACCIDENTE			
	CONT. DIREC.	CONT. INDIR.	ARCO ELECT.	TOTAL
Redes aéreas de Dist. B.T. Conductores.	21 (6.6)	1 (0.3)	3 (0.9)	25 (7.8)
Canalizaciones fijas B.T. Conductores.	8 (2.5)	4 (1.3)	1 (0.3)	13 (4.1)
Condensadores.	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)	1 (0.3)
Interruptores automático.	5 (1.6)	1 (0.3)	15 (4.7)	21 (6.6)
Seccionador con fusibles.	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (1.6)	5 (1.6)
Seccionador con cuchillas.	1 (0.3)	0 (0.0)	5 (1.6)	6 (1.9)
Auxiliares de mando finales de carrera.	1 (0.3)	1 (0.3)	0 (0.0)	2 (0.8)
Cuadros eléctricos. Conductores y Barras.	9 (2.8)	0 (0.0)	17 (5.3)	26 (8.2)
Cuadros eléctricos. Bornes.	5(1.6)	2(0.6)	21 (6.6)	28 (8.8)
Cuadros eléctricos: Cortacircuitos fusibles.	5 (1.6)	0 (0.0)	37 (11.6)	42 (13.2)
Cuadros eléctricos: Contadores.	0 (0.0)	1 (0.3)	5 (1.6)	6 (1.9)
Receptores: Tomas de corriente.	15 (4.7)	3 (0.9)	26 (8.2)	44 (13.8)
Receptores: Bornes conexión.	3 (0.9)	2 (0.6)	0 (0.0)	5 (1.6)
Receptores móviles: Cables de alimentación.	9 (2.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	9 (2.8)
Receptores portátiles: Conductores flexibles.	15 (4.7)	4 (1.3)	7 (2.2)	26 (8.2)
Receptores: Interruptor incorporado.	0 (0.0)	1 (0.3)	3 (0.9)	4 (1.3)
Receptores fijos: Carcasas.	0 (0.0)	17 (5.3)	2 (0.6)	19 (5.9)
Receptores portatiles:Carcasas.	4 (1.3)	17 (5.3)	1 (0.3)	15 (4.7)
Recptores portátiles: Casquillos portalámparas.	9 (2.8)	2 (0.6)	4 (1.3)	15 (4.7)
TOTAL	110 (34.5)	56 (17.6)	153 (48.0)	319 (100.0)

En cuanto a la forma de producirse el accidente, el grupo que absorbe mayor número de arcos eléctricos es el de los cuadros, con 80 casos sobre 153, lo que supone el 52.30%.

En cuanto a contactos directos e indirectos el grupo receptores es el que mayor número presenta, con 55 casos sobre 110 (50%) y 48 sobre 56 (82.1%) respectivamente.

1.4.5 Trabajo desarrollado

En la tabla 11 se ha relacionado el tipo de trabajo desarrollado, con las características del local en el que dicho trabajo ha sido realizado.

CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL	TIPO DE TRABAJO DESARROLLADO					TABLA 11	
	Eléctrico sin tension	Eléctrico con tensión	Eléctrico en prox. tensión	No Elect. en prox. tensión	Utilizando receptores	Maniob. elem. inst. elect.	TOTAL
Zona exterior	4 (1.3)	13(4.1)	10(3.1)	7(2.2)	18(5.6)	8(2.5)	60(18.8)
Zona estacionamiento	0	0	0	0	0	1(0.3)	1(0.3)
Zona oficinas	0	0	0	0	1(0.3)	0	1(0.3)
Taller mantenimiento	2(0.6)	4(1.3)	0	0	1(0.3)	1(0.3)	8(2.5)
Zona produccion	10(3.1)	31(9.7)	10(3.1)	12(3.8)	45(14.1)	32(10.0)	140(43.9)
Sala servicio eléctrico	3(0.9)	33(10.3)	16(5.0)	5(1.6)	4(1.3)	15(4.7)	76(23.8)
Sala baterías acumuladores	0	0	1(0.3)	0	0	1(0.3)	2(0.6)
Sala servicio no eléctrico	0	1(0.3)	2(0.6)	0	5(1.6)	2(0.8)	10(3.1)
Servicios higiene	0	1(0.3)	0	0	1(0.3)	0	2(1.6)
Salas uso medico	2(0.6)	0	0	0	2(0.6)	0	4(1.3)
Almacenes	0	2(0.6)	0	0	3(0.9)	0	5(1.6)
Cámaras frigoríficas	0	0	0	0	3(0.9)	0	3(0.9)
Laboratorio	1(0.3)	0	0	0	0	0	3(0.9)
Otros	2(0.6)	1(0.3)	0	0	1(0.3)	2(0.6)	6(1.9)
TOTAL	24(7.5)	86(27.0)	39(12.2)	24(7.5)	84(26.3)	62(19.4)	319(100.0)

La zona de producción es la mas conflictiva con un 43.9% de los accidentes registrados, destacando:

- * Uso de receptores 14.1%.
- * Maniobras con elementos de las instalaciones 10%.
- * Trabajo eléctrico con tensión 9.7%.

La sala de servicio eléctrico con 76 accidentes supone el 23.8%. Los trabajos con mayor siniestralidad son:

- * Circuitos eléctricos con tensión 27%.
- * Uso de receptores 26.3%.

1.4.6 Causas de accidentes

Existe una normativa la cual esta ampliamente desarrollada en las "Prescripciones de seguridad para Trabajos y Maniobras en Instalaciones Eléctricas", de UNESA, donde además se exige la puesta a tierra y en cortocircuito.

Los accidentes ocasionados por infringir estas normas se han considerado dentro de este primer grupo, (a).

En el grupo (b), se consideran todos los accidentes debidos a causas varias propias del accidentado, como distracción, falta de concentración, despreocupación, conducta ilógica,

errores, olvidos, etc. El empleo consciente de útiles, herramientas o protecciones defectuosas, o el no empleo de las disponibles.

En el tercer grupo (c) se consideran los accidentes producidos por no haber informado o instruido sobre la aplicación de las Normas de Seguridad, así como falta o insuficiencia de vigilancia. Se incluyen asimismo la falta de revisiones de los útiles e instalaciones, diseño incorrecto de los sistemas de prevención y protección o falta de los elementos necesarios de protección.

Los accidentes debidos a defectos técnicos concretos, como mal funcionamiento de un determinado sistema de protección, se clasifican como "Defectos en receptores", o "Defectos en Instalaciones", según corresponda.

<i>CAUSAS DE ACCIDENTES</i>		<i>TABLA 12</i>	
<i>GRUPO DE CAUSAS</i>		<i>Nº ACCIDENTES</i>	<i>%</i>
<i>a) INFRACCION NORMAS DE SEGURIDAD</i>		<i>188</i>	<i>18.4</i>
<i>b) CONDUCTA INCORRECTA DEL ACCIDENTADO</i>		<i>232</i>	<i>22.8</i>
<i>c) CONDUCTA INCORRECTA DE TERCEROS</i>		<i>282</i>	<i>27.7</i>
<i>DEFECTOS EN RECEPTORES</i>		<i>123</i>	<i>12.1</i>
<i>DEFECTOS EN INSTALACIONES</i>		<i>193</i>	<i>19.0</i>
<i>TOTAL</i>		<i>1.018</i>	<i>100.0</i>

INFRACCIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD.-

En la tabla 13 se presenta el numero de respuestas validas para cada una de las causa consideradas dentro de este grupo.

<i>CAUSAS DE ACCIDENTE POR INFRINGIR LAS NORMAS DE SEGURIDAD</i>			<i>TABLA 13</i>
<i>ESPECIFICACION DE CAUSAS</i>	<i>CODIGO</i>	<i>Nº RESPUESTAS</i>	<i>%</i>
<i>No desconexión de las fuentes de tensión</i>	<i>1.1</i>	<i>120</i>	<i>35.9</i>
<i>No realización del bloqueo o señalización de los aparatos de corte</i>	<i>1.2</i>	<i>8</i>	<i>2.4</i>
<i>No comprobación de la ausencia de tensión</i>	<i>1.3</i>	<i>38</i>	<i>11.4</i>
<i>No realización de la puesta a tierra y en cortocircuito.</i>	<i>1.4</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>
<i>No delimitación de la zona de trabajo</i>	<i>1.5</i>	<i>8</i>	<i>2.4</i>
<i>No se aisló o recubrió la zona próxima en tensión</i>	<i>1.6</i>	<i>61</i>	<i>18.3</i>
<i>Protecciones personales no utilizadas</i>	<i>1.7</i>	<i>98</i>	<i>29.3</i>
<i>TOTAL</i>		<i>334</i>	<i>100.0</i>
<i>NOTA: El numero de casos (Investigación de accidente) que han presentado causas en este grupo es de 188.</i>			

Los resultados demuestran que los trabajos tienden a realizarse preferentemente en tensión, cuando debiera ser lo contrario.

Solamente los cuadros eléctricos dan lugar al 40.4% de los accidentes, lo que hace pensar que cierto numero de trabajos deben realizarse forzosamente en tensión, por falta de dispositivos que permitan dejar sin tensión la salida o las salidas precisas, lo cual es un problema de proyecto o diseño.

Se agudiza el problema si se observa que en este agente se concentra la mayor parte de las respuestas que indican la no utilización de barreras, pantallas o cubiertas aislantes para aislar la zonas próximas en tensión. Esto hace pensar en la existencia de cuadros reducidos, con ausencia de separaciones aislantes con una alta densidad de aparatos que reduce la zona efectiva de trabajo.

También es cierto que en demasiados casos se ha presentado la causa, "Protecciones personales no utilizadas". Es interesante conocer si esta infracción se mantiene en personas con formación profesional eléctrica. En la tabla 14 se relaciona el grupo de causas con la experiencia.

Los datos muestran claramente que no solamente se mantiene sino que desplaza del primer lugar a la causa "no desconexión de las fuentes de tensión". Lo cual confirma la realización de trabajos con exceso de confianza y menosprecio del riesgo, poniendo de manifiesto la necesidad de una formación específica y de la habilitación correspondiente para la realización de trabajos concretos.

INFRACCION DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD, RELACION CON LA EXPERIENCIA PARA EL CASO AFIRMATIVO DE FORMACION EN ELECTRICIDAD					TABLA 14
CAUSAS	EXPERIENCIA				
	A	B	C	D	%
(1.1) Tecnico	7	8	19	23	57 (30.0)
(1.2) Encargado	0	0	1	1	2 (1.1)
(1.3) Oficial	0	3	6	9	18 (9.5)
(1.4) Peon Espec.	0	0	1	0	1 (0.5)
(1.5) Ayudante	1	1	0	1	3 (1.6)
(1.6) Aprendiz	4	8	9	18	39 (20.5)
(1.7) Otros	7	8	23	32	70 (36.8)
TOTAL	8	14	33	46	
CASOS	(7.9)	(13.9)	(32.7)	(45.5)	

(*) TOTAL RESPUESTAS 190

TOTAL CASOS 101

EXPERIENCIA: A.- Menor de 1 mes.

C.- Entre 1 año y 5 años

B.- Entre 1 mes y 1 año.

D.- Mayor de 5 años.

Es probable que estos y otros problemas se solucionarían de raíz si en el diseño de los equipos o en el proyecto de las instalaciones se tomaran en consideración aspectos tales como:

- * Posibilidad de cualquier sistema de distribución.
- * Intercambiabilidad de cualquier sistema de distribución.
- * Espacios vacíos para posibles modificaciones o ampliaciones.
- * Zonas funcionales claramente diferenciadas y separadas.
- * Barras de alimentación, horizontales en la parte superior y a partir de ellas las barras colectoras, verticales, aisladas mediante tabiques, pantallas o fundas.
- * Identificación de conductores.

★ Construcción espaciosa, sin aplicar estrictamente las normas en cuanto a líneas de fuga y distancias mínimas.

CONDUCTA INCORRECTA DE TERCEROS

En la tabla 15 se presenta el número de respuestas válidas para cada una de las causas consideradas dentro de este grupo.

ESPECIFICACION DE CAUSAS	TABLA 15		
	CODIGO	Nº RESPUESTAS	%
FALTA DE INSTRUCCIONES CONCRETAS	3.1	33	7,1
FALTA DE CAPACITACION OPERARIO	3.2	81	17,5
FALTA DE SUPERVISION EN EL TRABAJO	3.3	60	12,9
ELEM. DE COMPROBACION PROTEC.O HERRAMIENTAS INDISPONIBLES O DEFECTUOSAS.	3.4	90	19,4
MANTENIMIENTO INADECUADO.	3.5	77	16,6
BLOQUEO PROTECCIONES	3.6	6	1,3
DISEÑO INCORRECTO DE SISTEMAS DE PROTECCION.	3.7	88	19
REPARACION INCORRECTA	3.8	29	6,3
TOTAL RESPUESTAS	-----	464	100

DEFECTOS EN RECEPTORES

Los resultados de la Tabla 16 matizan los problemas ya comentados y aclaran las situaciones por las que las tomas de corriente, envolventes y conductores acumulan la mayor parte de los accidentes con receptores.

DEFECTOS EN RECEPTORES ESPECIFICACION DE CAUSAS	TABLA 16
--	----------

ESPECIFICACION DE CAUSAS	CODIGO	Nº RESPUESTAS	%
CONDUCTORES DE PROTECCION CORTADO O NO CONECTADO	4.1	14	9,66
CONDUCTOR DE PROTECCION INEXISTENTE	4.2	15	10,34
CLAVIJA INEXISTENTE.	4.3	25	17,24
CLAVIJA, BASE O PROLONGADOR INADECUADO	4.4	20	13,79
INEXISTENCIA DE ELEMENTOS EN TENSION ACCESIBLES	4.5	39	26,9
AISLAMIENTOS DEFECTUOSOS EN CONDUCTORES MOVILES DE ALIMENTACION A RECEPTORES	4.6	32	22,07
TOTAL RESPUESTAS	-----	145	100

TOTAL CASOS = 123

También ponen de manifiesto problemas de diseño, de adecuación a las influencias externas y de mantenimiento.

DEFECTOS EN INSTALACIONES

En la tabla 17 aparecen como causas más frecuentes:

ESPECIFICACION DE CAUSAS			TABLA 17
	CODIGO	Nº RESPUESTAS	%
EXISTENCIA DE ELEMENTOS EN TENSION ACCESIBLES	5.1	69	30,4
INEXISTENCIA DE SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS	5.2	39	17,2
INEFICACIA EN LA ACTUACION DEL SIST. DE PROTECCION CONTRA CONT. IND. (incluyendo el funcionamiento)	5.3	42	18,5
SIST. DE PREVENCION CONTRA CONT. IND. INADECUADO A LAS INFLUENCIAS EXTERNAS.	5.4	16	7
INEXISTENCIA DE SEPARADORES ENTRE FUSIBLES.	5.5	23	10,1
INEXISTENCIA DE TOMAS DE CORRIENTE.	5.6	19	8,4
TOMAS DE CORRIENTE INADECUADAS.	5.7	17	7,5
IMPOSIBILIDAD DE CORTE OMNIPOLAR	5.8	2	0,9
TOTAL DE RESPUESTAS		227	100

TOTAL CASOS = 193

- Existencia de elementos en tensión accesibles = 30,40 %
- Ineficacia en la actuación de los sistemas de protección contra contactos indirectos (incluido el no funcionamiento) = 18,5 %
- Inexistencia de sistemas de protección contra contactos indirectos = 17,18 %
- Inexistencia de separadores entre fusibles = 10,13 %

En cuanto a la ineficacia en la actuación de los sistemas de protección contra contactos indirectos, se han podido determinar los motivos concretos. En la Tabla 18 se presentan los resultados, destacándose los siguientes :

- Conductor de protección no conectado a la puesta a tierra.
- Utilización de elementos constituyentes del sistema de protección inadecuados.
- Avería en el funcionamiento de los dispositivos diferenciales.
- Puesta a tierra inexistente.

ESPECIFICACION			TABLA 18
	CODIGO	Nº RESPUESTAS	%
PUESTA A TIERRA INEXISTENTE	5.3.1	8	15,4
CONDUCTOR DE PROTECCION NO CONECTADO A LA PUESTA A TIERRA	5.3.2	15	28,8
AUSENCIA DE DISPOSITIVOS DIFERENCIALES	5.3.3	2	3,8
AVERIA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DIFERENCIALES	5.3.4	12	23,1
ASLAMIENTO DE PROTECCION DEFECTUOSO	5.3.5	1	1,9
UTILIZACION DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PREVENCION CONTRA CONT. IND. NO ADECUADO	5.3.6	14	26,9
TOTAL PARCIAL		52	100



MODULO DE SEGURIDAD

**- RIESGO ELECTRICO-
INFORMACION TECNICA**

INDICE

1.- INTRODUCCION.

2.- DEFINICION DEL RIESGO DE ELECTROCUCION.

- 2.1.- Tipos de contacto eléctrico.
- 2.2.- Métodos de prevención.

3.- FACTORES QUE CONDICIONAN LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE SOBRE EL CUERPO HUMANO.

- 3.1.- Intensidad.
- 3.2.- Resistencia eléctrica del cuerpo humano.
- 3.3.- Frecuencia
 - 3.3.1.- Efecto de las altas frecuencias.
 - 3.3.2.- Efecto de la corriente continua.

3.4.- Tiempo de contacto.

4.- EFECTOS DEL PASO DE CORRIENTE POR EL CUERPO HUMANO.

- 4.1.- Efectos fisiológicos directos.
- 4.2.- Efectos fisiológicos indirectos.
- 4.3.- Efectos indirectos.

1.- INTRODUCCION.

Desde que en el siglo pasado, se lograron las primeras experiencias y aplicaciones con la electricidad, se ha llegado hoy día a que el tipo de energía más utilizada sea la energía eléctrica. Actualmente es difícil encontrar una actividad que no esté directa o indirectamente relacionada con la electricidad.

Su gran difusión industrial y doméstica, unida al hecho de que no es perceptible por los sentidos, únicamente se conoce por sus efectos, hacen caer al individuo en una rutina, despreocupación y falta de prevención en su utilización. Por otra parte dada su naturaleza y los efectos muchas veces mortales que ocasiona su paso por el cuerpo humano, hacen que la corriente eléctrica sea una fuente de accidentes de tal magnitud que no deben ser regateados esfuerzos para frenar la proliferación de estos accidentes.

2.- DEFINICION DEL RIESGO DE ELECTROCUCION.

Directamente asociado con el proceso físico equivalente se puede definir como riesgo de electrocución para las personas a: "La posibilidad de circulación de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano".

Analizando esta definición podemos considerar los siguientes aspectos:

a) Para que exista posibilidad de circulación de corriente eléctrica es necesario:

- Que exista un circuito eléctrico formado por elementos conductores.
- Que el circuito esté cerrado o pueda cerrarse.
- Que en el circuito exista una diferencia de potencial mayor que cero.

b) Para que exista la posibilidad de circulación de corriente por el cuerpo humano, es necesario:

- Que el cuerpo humano sea conductor (que no esté aislado).
- Que el cuerpo humano forme parte del circuito.
- Que existe entre los puntos de "entrada" y "salida" de la corriente eléctrica una diferencia de potencial mayor que cero.

Cuando estos requisitos se cumplan se podrá afirmar que existe o puede existir riesgo de electrocución. No obstante, esto no es suficiente porque necesitaremos valorar la posibilidad de CONSECUENCIAS y la gravedad de las mismas. Estos aspectos deberán tener en cuenta las características del cuerpo humano en cuanto a que órganos afectará el paso de corriente y cuál es la duración de este paso de corriente, por lo que será necesario valorar o estudiar los posibles circuitos que siga la corriente de este paso de corriente.

En definitiva el modelo físico que nos servirá de base para la comprensión del llamado riesgo de electricidad se reduce a un circuito eléctrico, en el que el cuerpo humano actúa como un elemento conductor y por tanto con una determinada resistencia óhmica, y cuyo paso de intensidad se ve regulado, en función de la tensión aplicada por la Ley de Ohm, que en su forma más simplificada responde a la ecuación:

$$I = V \text{ (diferencia de potencial)}$$

$$R \text{ (resistencia óhmica)}$$

2.1.- TIPOS DE CONTACTO ELECTRICO.

Los contactos eléctricos pueden ser:

- directos
- indirectos

Se define por contacto directo aquel contacto de personas con partes activas de materiales y equipos. Entendiéndose por partes activas, aquellas que están normalmente bajo tensión.

Se define por contacto indirecto aquel contacto de personas con masas puestas accidentalmente bajo tensión. Se entiende por masa el conjunto de partes metálicas de un aparato o instalación que en condiciones normales están aisladas de las partes activas.

2.2.- METODOS DE PREVENCION.

Los métodos de prevención están destinados a prevenir los contactos eléctricos, siendo su fin el evitar que circulen por la persona corrientes peligrosas, para ello se puede actuar de las siguientes formas:

- Por disminución de la tensión aplicada (tensiones de seguridad).
- Por desconexión en caso de defecto (relés diferenciales en B.T).
- Por aumento de la resistencia presentada por el cuerpo humano (protecciones).
- Imposibilitando que exista el contacto eléctrico (distancia).

3.- FACTORES QUE CONDICIONAN LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE SOBRE EL CUERPO HUMANO.

Como se ha apuntado anteriormente es la intensidad que circula a través del cuerpo humano y no la tensión o diferencia de potencial la causa que determina la gravedad de los accidentes de origen eléctrico.

Naturalmente el paso de la corriente por el cuerpo humano y sus efectos vendrán determinados por otros factores como son:

- Valor de intensidad (amperios).
- Resistencia del cuerpo humano.
- Frecuencia.
- Tiempo de contacto.
- Recorrido de la corriente a través del cuerpo.
- Tipo de corriente (continua o alterna).

3.1.- VALOR DE LA INTENSIDAD.

Existe una relación directa entre el efecto de la energía eléctrica sobre el cuerpo humano y el valor de la corriente de contacto. Por ello es necesario definir dos conceptos que servirán como referencia cuando estudiemos los valores de seguridad, de esta forma, se distinguen:

a) Umbral de percepción.

Definido como el valor de la corriente de contacto, que puede soportar el cuerpo humano cuando sujetando con las manos un electrodo en tensión, sufre cosquilleo sin sensación desagradable de daño físico o dolor muscular.

b) Corriente límite.

Definida como la intensidad que es capaz de soportar el cuerpo humano cuando estando sujetando un electrodo con las manos, conserva la posibilidad de soltar el electrodo, mediante la utilización de los mismos músculos que están siendo estimulados por la corriente.

Es evidente que los valores de la intensidad no son constantes puesto que dependen de cada persona y del tipo de energía, continua o alterna. Por ello es comprensible que se definan como valores estadísticos de forma que sean válidos para un determinado porcentaje de la población normal.

En la tabla siguiente se relacionan valores obtenidos experimentalmente.

TABLA Nº 1

Efectos cuantitativos de la corriente eléctrica en el hombre

mA

EFECTO	CORRIENTE CONTINUA		CORRIENTE ALTERNA			
			50 Hz		10.000 Hz	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Ligera sensación en mano	1	0'6	0'4	0'3	7	5
Umbral de percepción	5'2	3'5	1'1	0'7	12	8
Choque indoloro sin pérdida del control muscular	9	6	1'8	1'2	17	11
Choque doloroso sin pérdida del control muscular	62	41	9	6	55	37
Choque doloroso umbral de corriente límite	76	51	16	10'5	75	50
Choque doloroso y grave contracciones musculares y dificultad de respiración	90	60	23	15	94	63

TABLA N° 2

INTENSIDAD	EFFECTOS FISIOLOGICOS
1 a 2 mA	Umbral de sensación. Cosquilleo.
9 mA (hombre) 6 mA (mujer)	Contracción muscular. La víctima puede desprenderse del contacto.
A partir de 9 mA	Contracción muscular.
20 mA	Apenas soportable.
25 mA	Se pueden tener efectos fatales si la corriente no se corta.
30 mA	Mortal después de 3".
100 mA	Ventrículos del corazón en estado de tremulación fibrilar. Perturbación del ritmo y la coordinación del órgano. La circulación sanguínea se detiene. Muerte segura si no se interviene. Ninguna lesión interna. Ninguna quemadura.
1 A	Muerte casi cierta. Quemaduras.

3.2 RESISTENCIA ELECTRICA DEL CUERPO HUMANO

La resistencia del cuerpo humano depende de muchos factores. Cualquier evaluación a priori puede ser errónea, en relación con el momento preciso en que se presenta el defecto. Se han realizado muchos experimentos que permiten afirmar que esta resistencia es función de distintos factores, entre otros:

- Superficie de contacto
- Dureza de la epidermis
- Grado de la humedad de la piel
- Edad
- Sexo
- Peso de la persona
- Estado fisiológico de los individuos (tasa de alcohol en sangre, cansancio, etc.)

Conocidos estos parámetros, cada persona presentará distintos valores de resistencia eléctrica al paso de la corriente, pero está aceptado considerar que el cuerpo humano se comporta de distinta manera según se encuentre en locales húmedos o secos. En el primer caso, se considera que el cuerpo humano ofrece una resistencia óhmica de 800, mientras que en el segundo caso esta resistencia se sitúa en 1500.

A partir de estos datos y teniendo en cuenta que una intensidad de 30 mA durante 1 segundo no produce efectos irreversibles, surge el concepto de TENSION DE SEGURIDAD, que es aquella tensión que aplicada al cuerpo humano no desencadena una circulación de corriente de valores peligrosos para éste. Las tensiones de seguridad resultantes serán:

- Locales húmedos: $800\Omega \times 0,03 \text{ A} = 24 \text{ V}$.
- Locales secos: $1600\Omega \times 0,03 \text{ A} = 48 \text{ V}$.

El reglamento electrotécnico para baja tensión fija las tensiones de seguridad tanto para corriente continua como para corriente alterna en 24 V. para locales húmedos y 50 V para locales secos a la frecuencia de 50 Hz.

3.3. FRECUENCIA

El cuerpo humano se comporta de distinto modo frente a una corriente continua que ante una corriente alterna.

Mientras el umbral de percepción para la mayoría de las personas en corriente continua se sitúa en torno a los 5,2 mA (hombres), este umbral es de 1,1 mA en corriente alterna a la frecuencia industrial de 50 Hz.

El valor correspondiente al concepto de corriente límite queda fijado en 76 mA (hombres) en corriente continua y 16 mA en corriente alterna.

En la tabla anterior podemos comprobar que el concepto de corriente límite en corriente continua es sensiblemente igual que la corriente alterna a una frecuencia de 10.000 Hz.

Es decir el grado de peligrosidad es equivalente en ambos casos.

3.3.1. Efecto de las altas frecuencias

En corrientes de alta frecuencia los niveles de seguridad aumentan notablemente respecto a la frecuencia industrial (50 Hz) ya que los umbrales de percepción son mucho más elevados. Esto es debido a que por efecto pelicular, efecto Kelvin, la corriente tiende a circular por la piel sin penetrar en el cuerpo. Aunque desde el punto de vista eléctrico el riesgo en altas frecuencias es menor, no puede olvidarse que debido a campos electromagnéticos, éstos dan lugar a un calentamiento de los tejidos que pueden producir alteraciones metabólicas, o lesiones de otro tipo como:

- Lesiones provocadas por aumento de temperatura en el organismo.
- Lesiones locales: cataratas por ejemplo.
- Quemaduras provocadas por elementos metálicos en contacto con el cuerpo: anillos, empastes dentales.

3.3.2. Efecto de la corriente continua.

La corriente continua da efectos diferentes según la fuente, así por ejemplo, son más graves los efectos de una corriente continua por rectificación que la obtenida por máquina rotativa ya que en el 1º caso tiende a comportarse como corriente alterna.

3.4. TIEMPO DE CONTACTO.

A partir del valor definido como corriente límite, este factor condiciona la gravedad de las consecuencias del paso de corriente por el cuerpo humano, hasta tal extremo que no se puede hablar del factor intensidad sin referenciar el tiempo de paso.

Está aceptado desde el punto de vista de seguridad establecer un plano en tres zonas que son:

- Zona I (zona de seguridad).
- Zona II (zona de peligro).
- Zona III (zona crítica o mortal).

Zona I

Percepción de la corriente hasta el momento en que no es posible soltarse voluntariamente del contacto. No hay repercusión sobre el ritmo cardíaco, ni el sistema nervioso.

Zona II

Intensidad soportable. Aumento de la presión sanguínea. Irregularidad del ritmo cardíaco y el sistema nervioso. Paro cardíaco reversible. Estado de coma a partir de 50 mA.

Zona III

Se presenta la fibrilación ventricular y el estado de coma. La curva que limita las zonas I y II es la llamada curva de seguridad, puesto que da los valores límites admisibles sin que existan consecuencias.

La dirección seguida por la corriente de contacto, define un recorrido que condiciona los efectos sobre el cuerpo humano. Así todos aquellos recorridos que interesan al tórax o la cabeza son más graves que las demás.

Como ejemplo de los recorridos más peligrosos se pueden mencionar:

- Mano - pie del lado contrario.
- Mano - cabeza.
- Mano derecha - Tórax - Mano izquierda.
- Pie derecho - pie izquierdo.

4.- EFECTOS DEL PASO DE CORRIENTE POR EL CUERPO HUMANO.

Los efectos producidos por la corriente a su paso por el cuerpo humano se clasifican en tres grupos.

- Efectos fisiológicos directos del choque eléctrico.
- Efectos fisiológicos indirectos del choque eléctrico.
- Efectos secundarios indirectos del choque eléctrico.

4.1. EFECTOS FISIOLÓGICOS DIRECTOS DEL CHOQUE ELÉCTRICO.

Son consecuencias fisiológicas inmediatas al accidente eléctrico, los más importantes son:

a) Umbral de percepción: Este se sitúa entre 1 y 3 mA. Estos valores no ofrecen peligro y el contacto puede ser mantenido.

b) Electrización: A medida que la intensidad crece el efecto de hormigueo se hace más desagradable. Una corriente de unos 8 mA que aparece bruscamente provoca habitualmente movimientos reflejos que pueden provocar efectos secundarios.

c) Tetanización muscular: El paso de la corriente provoca contracciones musculares, tetanización de los músculos de la mano y brazo que se opone a soltar los objetos que se tienen asidos. Normalmente aparece entre 10 y 15 mA.

d) Fibrilación ventricular: Definida como la asinergia de las contracciones de las diferentes fibras musculares cardíacas. Su efecto sobre el organismo es un paro circulatorio por ruptura del ritmo cardíaco. Aparece normalmente según las condiciones de la persona a los 30 mA. Consecuencias mortales, si la corriente no se corta: reversible si $t < 0,1$ segundo. Se produce cuando la corriente pasa por el corazón.

Circuitos probables: Mano - tronco - pie.

Mano derecha - tronco - mano izquierda.

e) Paro respiratorio: Se produce cuando la corriente circula de la cabeza a algún miembro, atravesando el centro nervioso respiratorio y provocando inhibición nerviosa.

f) Asfixia: Se presenta cuando la corriente atraviesa el tórax. Impide la contracción de los músculos de los pulmones por tetanización del diafragma y por tanto la respiración.

4.2. EFECTOS FISIOLÓGICOS INDIRECTOS DEL CHOQUE ELÉCTRICO.

a) Transtornos cardiovasculares:

El choque eléctrico provoca perturbaciones en el ritmo cardíaco, que pueden llegar al infarto de miocardio, aparte de taquicardias.

El choque eléctrico puede actuar como factor desencadenante y revelador de lesiones preexistentes.

b) Quemaduras internas:

Generalmente cuando se produce un choque eléctrico se originan quemaduras de 3º grado, las cuales se caracterizan porque la superficie afectada, al destruirse la piel en todo su espesor, presenta un aspecto blanquecino o francamente carbonizado, de gran sequedad y escaso dolor de tacto puesto que se produce una zona de necrosis (tejidos muertos), que puede alcanzar a los órganos vecinos profundos incluso nervios, músculos y huesos.

Estas graves lesiones son causadas por:

- La llama.
- El arco voltaico.
- El efecto Joule al contacto directo con los tegumentos.

c) Quemaduras de superficie:

La gravedad de las quemaduras viene condicionada por dos factores:

- La superficie corporal afectada.
- La profundidad de las lesiones.

Estas quemaduras se producen generalmente por los efectos del arco eléctrico cuyas temperaturas pueden llegar a 4000°.

La gravedad de las quemaduras puede alcanzar toda la gama del primer al tercer grado.

d) Manifestaciones renales:

Los riñones pueden quedar bloqueados como consecuencia de las quemaduras, puesto que se ven obligados a eliminar la gran cantidad de mioglobina y hemoglobina que les invaden después de abandonar los músculos afectados, así como las sustancias tóxicas que resultan de la descomposición de los tejidos por quemaduras externas.

e) Otros trastornos:

Estos pueden ser:

- Oculares, generalmente inflamatorios, sin embargo se pueden llegar a producir cataratas 46 meses después del accidente eléctrico.
- Nerviosos.
- Auditivos.

4.3. EFECTOS INDIRECTOS DEL CHOQUE ELECTRICO.

Son debido principalmente a actos involuntarios de los individuos afectados por el choque eléctrico, fundamentalmente son:

- Caídas de altura.
- Golpes contra objetos.
- Proyección de materiales.

NORMAS DE SEGURIDAD

MANIOBRAS EN ALTA TENSION (5 REGLAS DE ORO)

NORMA DE SEGURIDAD PARA LA APLICACION DE LAS "5 REGLAS DE ORO" SOBRE INSTALACIONES ELECTRICAS

1.1.- RESUMEN 5 REGLAS DE ORO.

1º Regla de oro:

- Abrir siempre todas las "fuentes de tensión" en las instalaciones donde se trabaje.
- Abrir siempre todas las "posibles fuentes de tensión" en las instalaciones donde se trabaje.
- Será "corte visible" correcto cuando las cuchillas de conexión del aparato de corte estén separadas a la distancia máxima admitida por el mismo.
- La separación mínima entre los extremos de un puente abierto será la distancia técnica (distancia de proyecto).
- En las instalaciones de B.T. debe realizarse también el "corte" del conductor neutro.

2º Regla de oro:

- Se enclavará o bloqueará siempre que sea posible el mando de todo aparato de corte.
- Se señalizará siempre adecuadamente tanto el mando de accionamiento, como el propio aparato.
- En las instalaciones de B.T. se bloqueará si es posible también el aparato que corte el conductor neutro, en todo caso se señalizará de forma adecuada.
- La señalización colocada deberá estar bien visible y la inscripción será:

"PROHIBIDO MANIOBRAR: TRABAJOS"

3º Regla de oro:

- Siempre que se deba trabajar en una instalación se comprobará la ausencia de tensión en la misma.
- Se verificará antes y después de la comprobación de la ausencia de tensión el correcto funcionamiento del detector.
- Siempre que se realice una comprobación de ausencia de tensión se considerará la instalación en tensión.
- Para la comprobación de la ausencia de tensión deberá elegirse el detector adecuado a la tensión nominal de la instalación y entorno de la misma.

4º Regla de oro:

- Colocar siempre la "puesta a tierra y en cortocircuito" en la instalación previo descargo de la misma para obtener lo que se llama "zona protegida".
 - Colocar tantas puestas a tierra y en cortocircuito como zonas de trabajo se hayan programado.
 - Se colocarán tantas PAT como posibles fuentes de tensión existan en la zona de trabajo.
 - Es preceptivo para actuar en una instalación en descargo que esta, tenga bien definidos los límites de:
 - Zona protegida.
 - Zona de trabajo.
 - En una instalación de B.T. se logra la PAT a través del neutro, pero cuando se actúe en tramos de instalación seccionados la PAT se conseguirá mediante una piqueta clavada en el suelo.
 - La secuencia a seguir para colocar una "puesta a tierra y en cortocircuito" será:
 - conectar la pinza de toma de tierra
 - conectar las pinzas en los conductores
- en la desconexión se procederá inversamente.
- Cuando se coloque un equipo de PAT se tendrá especial cuidado en mantener el conductor de PAT lo mas alejado del cuerpo.

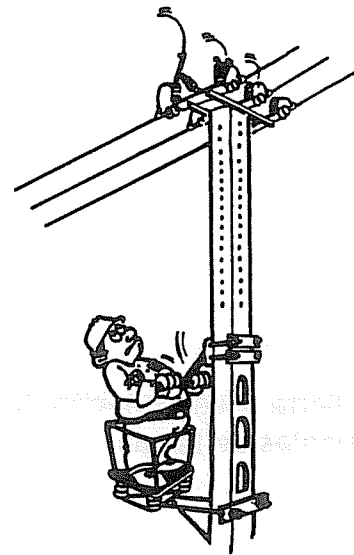
5º Regla de oro:

- Se señalizarán siempre los mandos de maniobra de los aparatos de corte.
- Se señalizarán siempre las zonas definidas para la realización de trabajos.
- Se delimitarán siempre las zonas definidas perfectamente para la realización de trabajos.
- Cuando las circunstancias lo exijan se realizará la delimitación mediante dispositivos aislantes.
- En base a la superficie a señalizar y delimitar se adoptará la mas conveniente, o sea:
 - señalizar y delimitar la zona en descargo o
 - señalizar y delimitar la zona en tensión.
- Cuando las circunstancias lo exijan debe señalizarse y delimitarse verticalmente.

- 5 REGLAS DE ORO -

NO COMENZAR NINGUN TRABAJO EN LAS INSTALACIONES DE ALTA TENSION SIN:

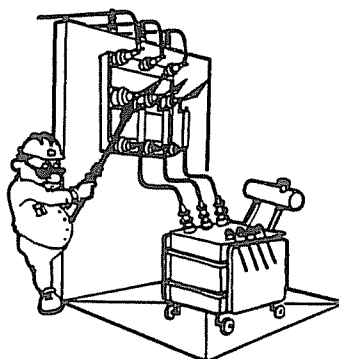
1. Abrir con corte visible todas las posibles fuentes de tensión maniobrando primero interruptores y a continuación seccionadores.



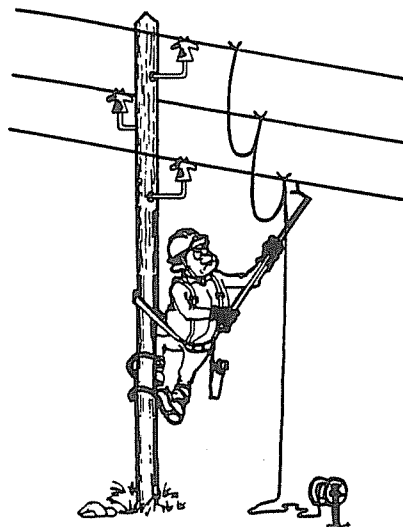
2. Enclavar o bloquear los aparatos de corte y colocar en sus mandos la señal adecuada.



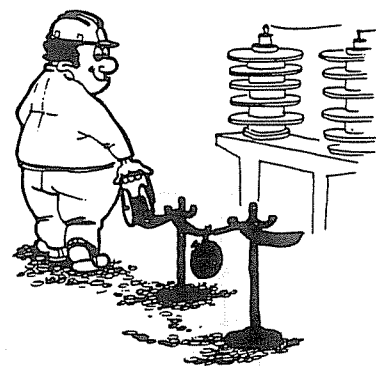
3. Reconocer la ausencia de tensión en todos los conductores de la instalación afectada por los trabajos.



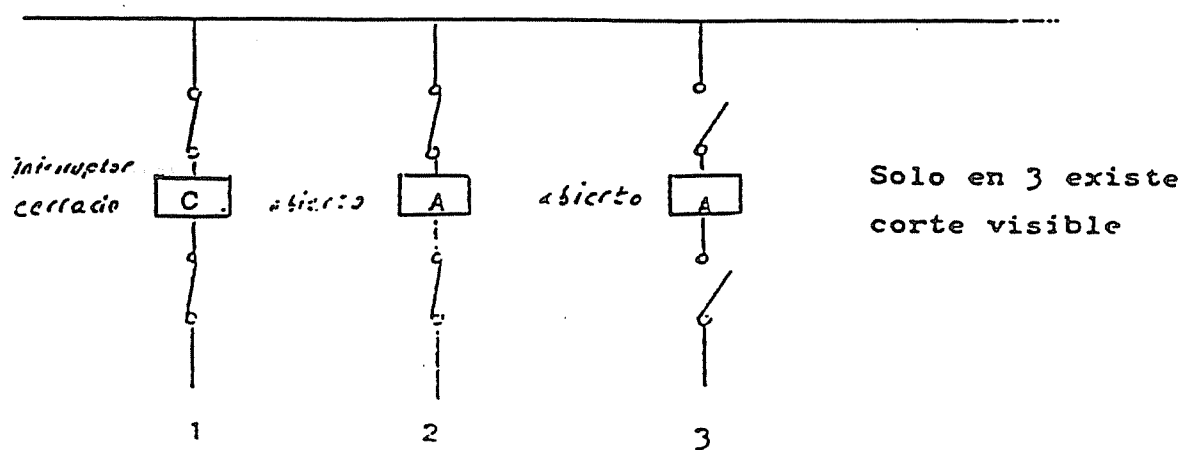
4
. Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.



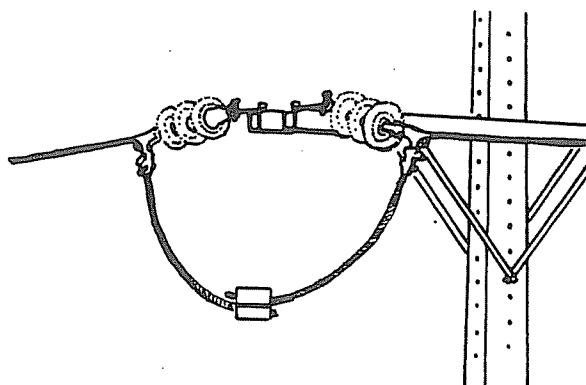
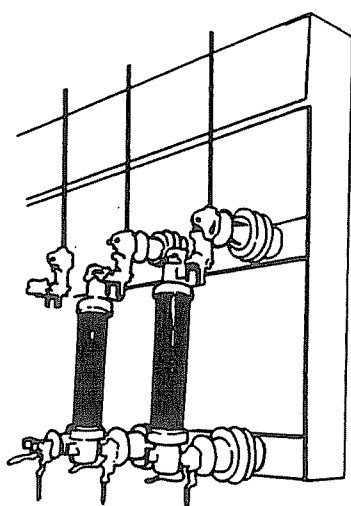
5. Colocar las señales de seguridad adecuadas delimitando la zona de trabajo.



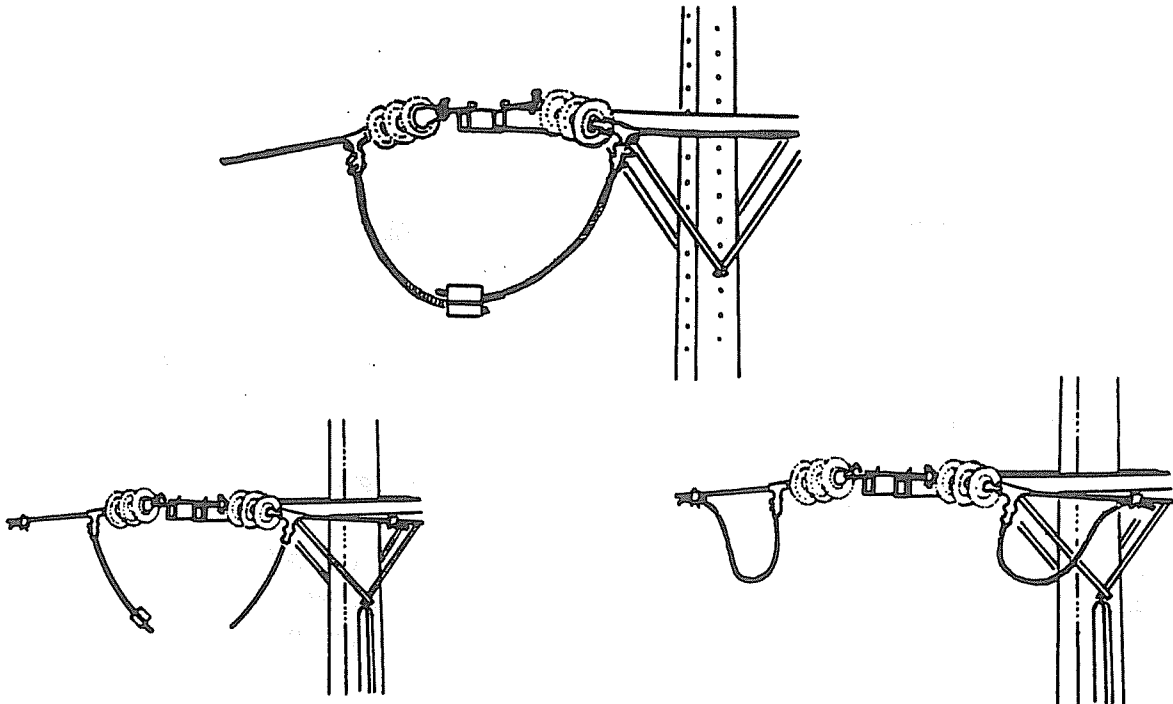
Generalmente antes y después de los interruptores se instalan seccionadores, independientemente de que los interruptores proporcionen o no corte visible



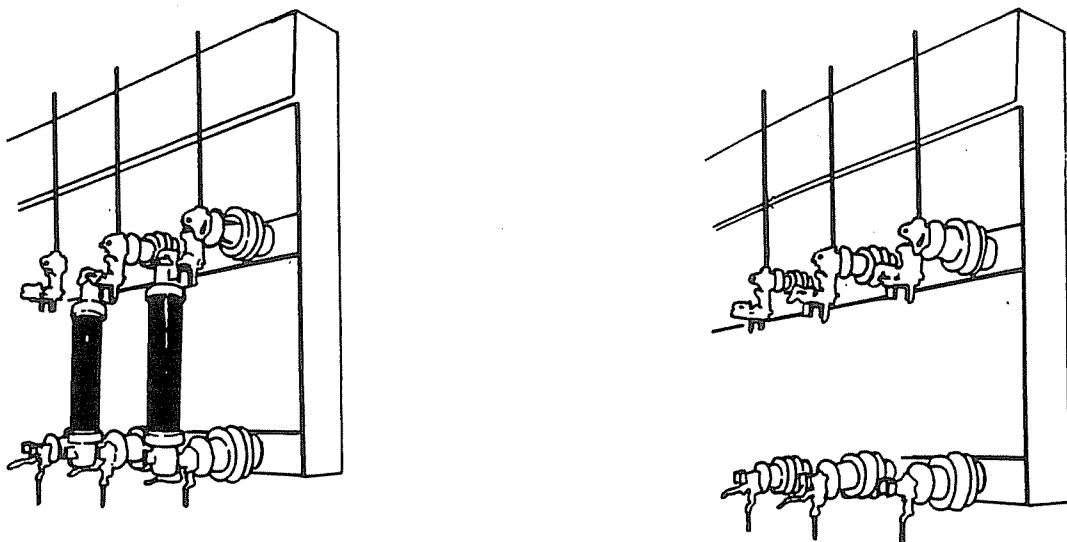
Además de los seccionadores y algunos tipos de interruptores, hay otros medios para conseguir el corte visible, como son los fusibles y los puentes.



Ahora bien, desde el punto de vista de Seguridad, para que exista corte visible correcto mediante puentes, la separación entre sus extremos deberá ser como mínimo igual a la longitud de las cadenas de aisladores y debidamente sujetos a la línea para evitar contactos fortuitos producidos por el viento.



Por medio de la extracción de todos los fusibles, se obtiene también el corte visible.



FUENTES DE TENSION

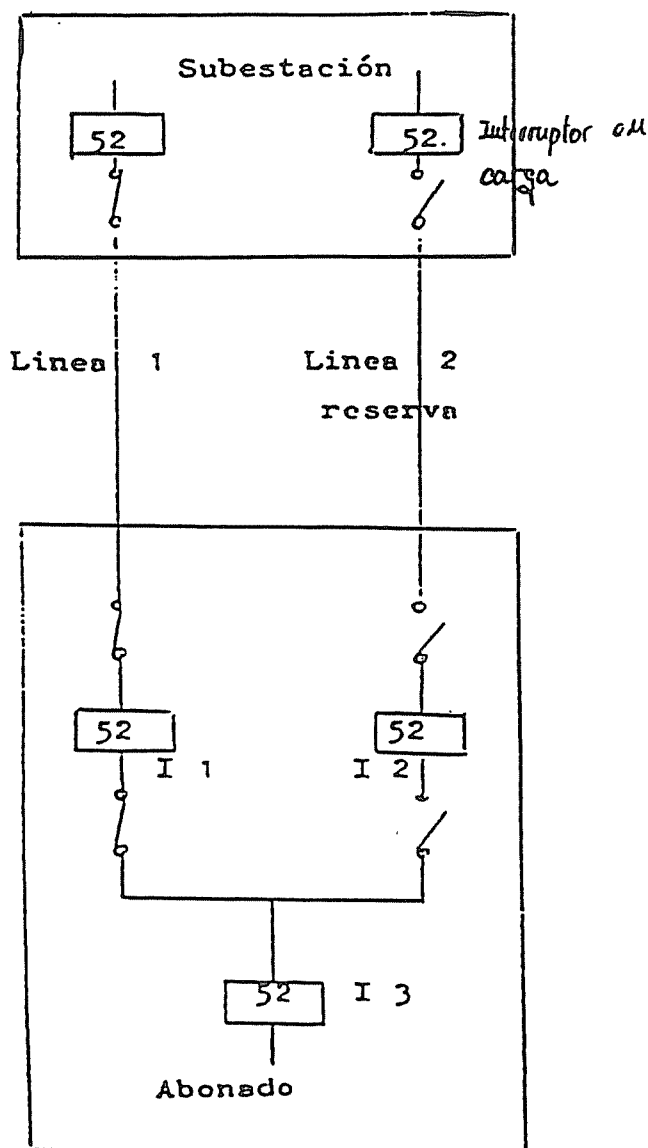
Cualquier elemento de una instalación eléctrica por la cual llega una tensión se considera que es una fuente de tensión.

Cualquier elemento de una instalación por la cual puede llegar una tensión debido a causas imprevistas, se considera que es una POSIBLE FUENTE DE TENSION.

Analicemos las tensiones que surgen por causas imprevistas dentro de las instalaciones eléctricas.

TENSION DE RETORNO por doble suministro a los abonados:

Hay abonados que tienen dos líneas de suministro L1 y L2.



Si trabaja con la línea L1 tendrá la línea L2 en reserva.

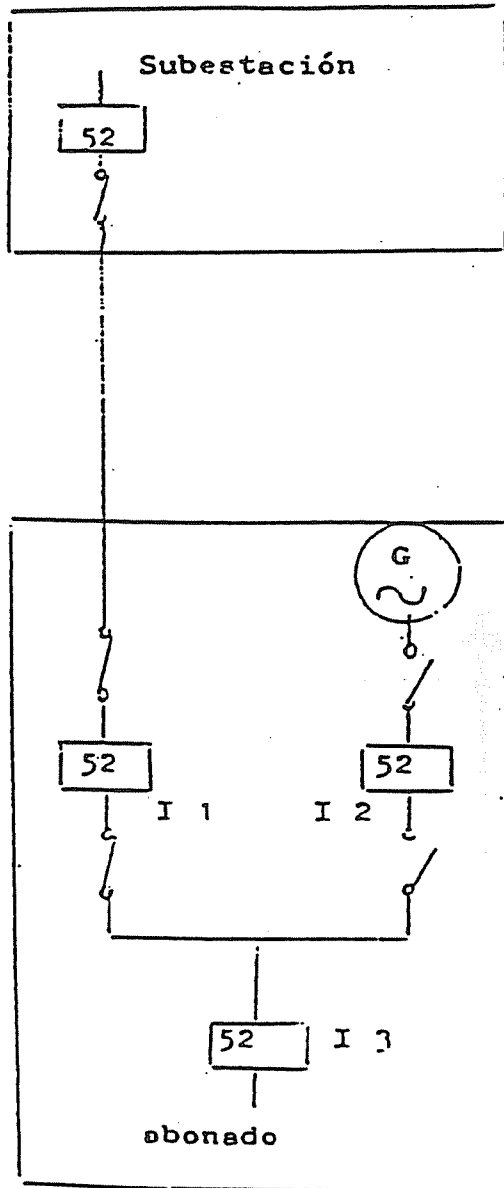
La situación será:

- interruptor I1 cerrado
- interruptor I2 abierto
- interruptor I3 cerrado.

Si por una razón cualquiera hay que dejar la línea L1 sin tensión, el abonado pasará a tomar suministro de la L2.

Si en estas condiciones no se abre el interruptor I1, la línea L1 quedará en tensión aunque dicha línea esté abierta en la subestación.

TENSION DE RETORNO por abonados con una sola línea de suministro pero con grupo generador instalado para casos de falta de suministro.



La situación normal de trabajo será:

- interruptor I1 cerrado
- interruptor I2 abierto
- generador G parado
- interruptor I3 cerrado

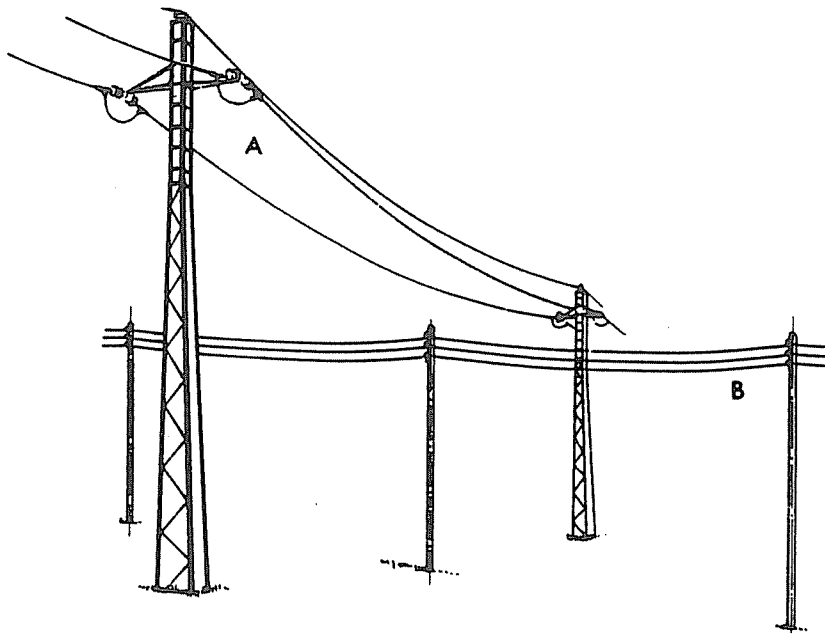
Si por una razón cualquiera hay que dejar la línea L1 sin tensión, el abonado arranca y acopla el generador G cerrando el interruptor I2.

Si en estas condiciones no se abre el interruptor I1 la línea L1 quedará en tensión aunque esté abierta en la subestación.

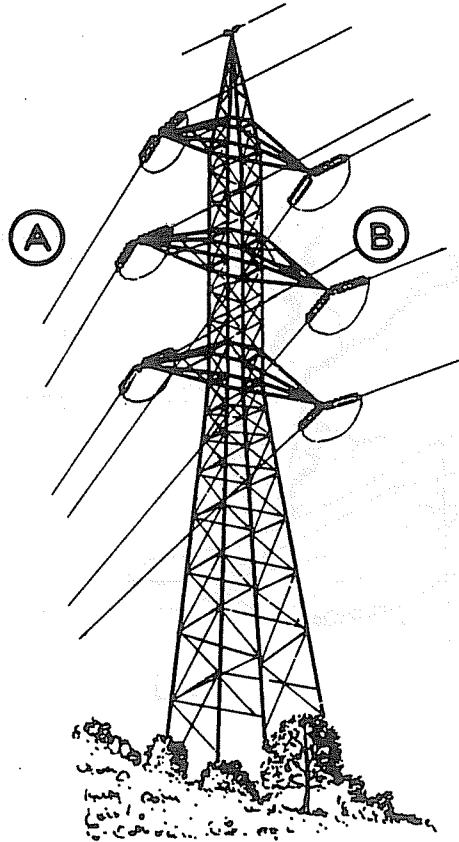
TENSION POR CAIDA DE CONDUCTORES EN EL CRUZAMIENTO DE LINEAS.

En un momento determinado la línea B se encuentra sin tensión por razones de trabajo. La línea A está con tensión.

Si en estas condiciones se rompe un conductor de la línea A y cae sobre la línea B, esta se pondrá en tensión.



TENSION POR FENOMENOS DE INDUCCION

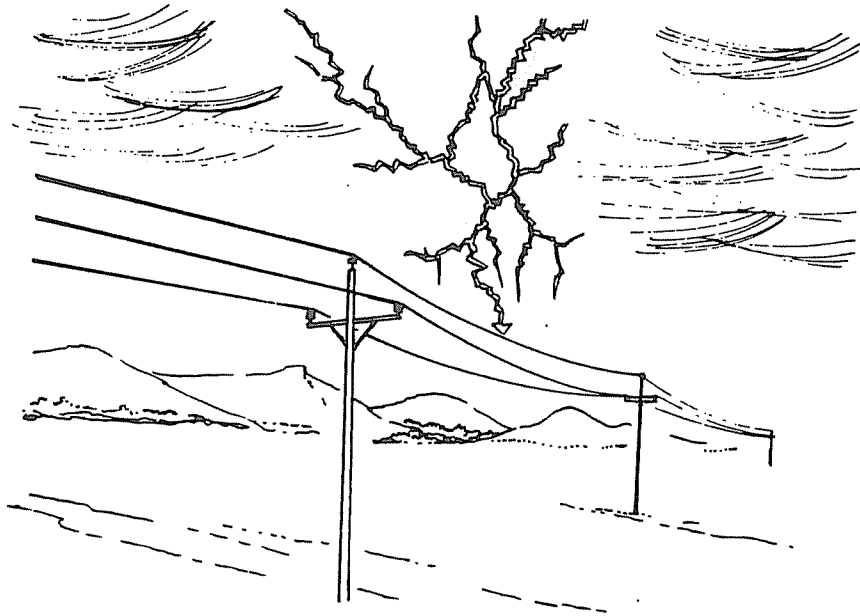


Por razones de trabajo se deja la línea A sin tensión. La línea B permanece en tensión. Las líneas de transporte A y B están montadas sobre las mismas torres. Generalmente estas líneas gemelas están ambas a la misma tensión.

El fenómeno de inducción de la línea B sobre la línea A, hace que aparezca sobre esta una tensión.

TENSION POR FENOMENOS ATMOSFERICOS

Por razones de trabajo, en un momento determinado la línea se encuentra sin tensión.
Por las condiciones atmosféricas cae un rayo sobre los conductores de la línea. Esta se pondrá momentáneamente en tensión.



CIERRE INTEMPESTIVO

Se conoce como cierre intempestivo de un elemento de corte EL CIERRE NO DESEADO (IMPREVISTO O POR ERROR) de dicho elemento.

El cierre de un interruptor por accionar involuntariamente sobre la maneta de control.

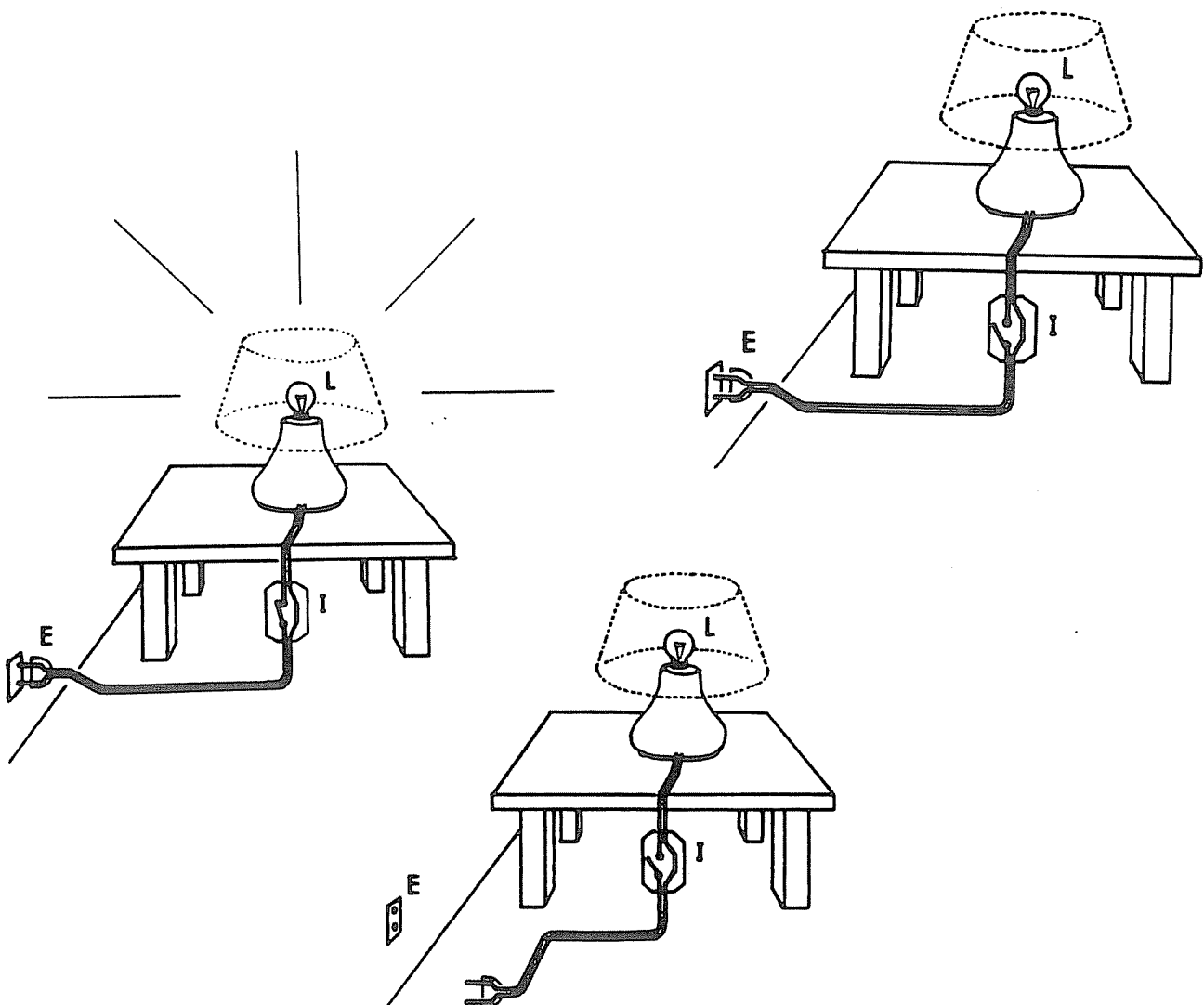
El cierre de un seccionador por caída accidental de un objeto sobre las cuchillas.

El cierre de un interruptor debido a un contacto accidental en circuito de control.

Son ejemplos de cierres intempestivos.

Antes de pasar a la aplicación de la primera regla de oro debemos conocer que se entiende por:

- circuito con tensión y con carga
- circuito con tensión y sin carga
- circuito sin tensión y sin carga



Los puentes sólo permiten abrir o cerrar un circuito sin tensión, a no ser que se haga con procedimientos especiales, Trabajos en Tensión, estando el circuito sin carga.

Los fusibles son elementos de corte que solamente permiten en A.T. abrir o cerrar un circuito sin tensión.

Para conseguir el corte visible en instalaciones de A.T. es necesario seguir un orden determinado al efectuar las maniobras. El orden de maniobras es siempre el mismo, como veremos.

SEGUNDA REGLA

ENCLAVAMIENTO O BLOQUEO, SI ES POSIBLE, DE LOS APARATOS DE CORTE Y SEÑALIZACION EN EL MANDO DE ESTOS.

ENCLAVAMIENTO O BLOQUEO

Se llama enclavamiento o bloque de un aparato, al conjunto de operaciones destinadas a IMPEDIR LA MANIOBRA de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.

En las instalaciones eléctricas el enclavamiento o bloqueo de los aparatos impide su accionamiento aunque ocurran algunas de estas incidencias:

FALLO TECNICO
ERROR HUMANO
CAUSAS IMPREVISTAS

El cierre de un interruptor debido a un contacto eléctrico accidental en su circuito de mando o control podría poner en tensión una parte de la instalación.

El cierre de un seccionador por caída de un objeto sobre sus cuchillas podría cerrar éstas y poner en tensión una parte de la instalación.

El cierre del interruptor (de la línea 1, por ejemplo) actuando equivocadamente sobre su maneta en lugar de sobre la maneta de la línea 2 podría poner en tensión una parte de la instalación.

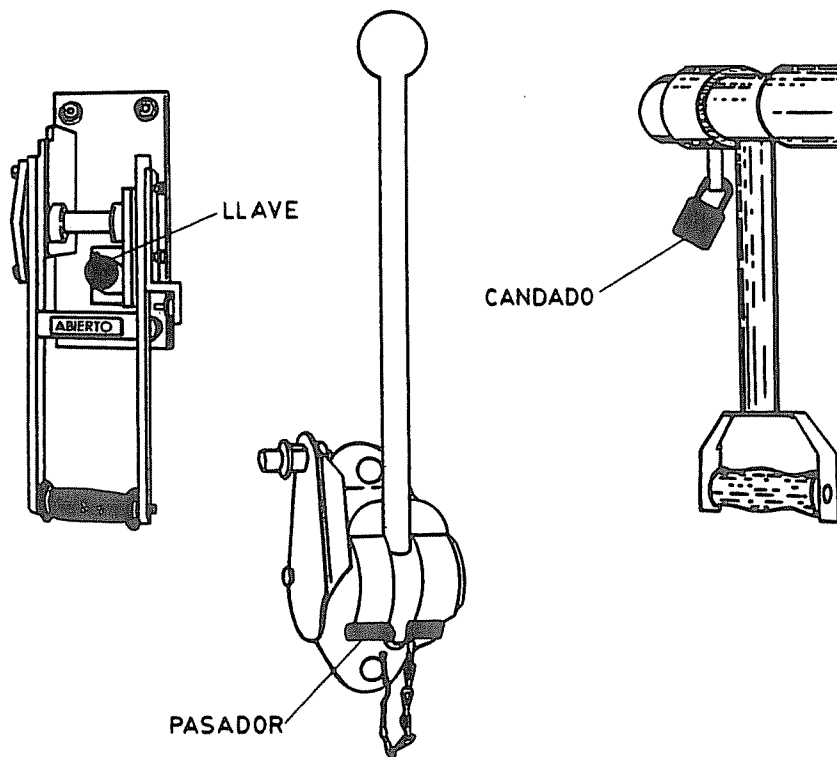
Resumiendo:

Una vez cumplida la apertura con CORTE VISIBLE de los aparatos de corte, es necesario el ENCLAVAMIENTO O BLOQUEO de los mismos.

El BLOQUEO de las instalaciones eléctricas puede conseguirse mediante los siguientes sistemas.

MECANICOS
ELECTRICOS
NEUMATICOS
FISICOS

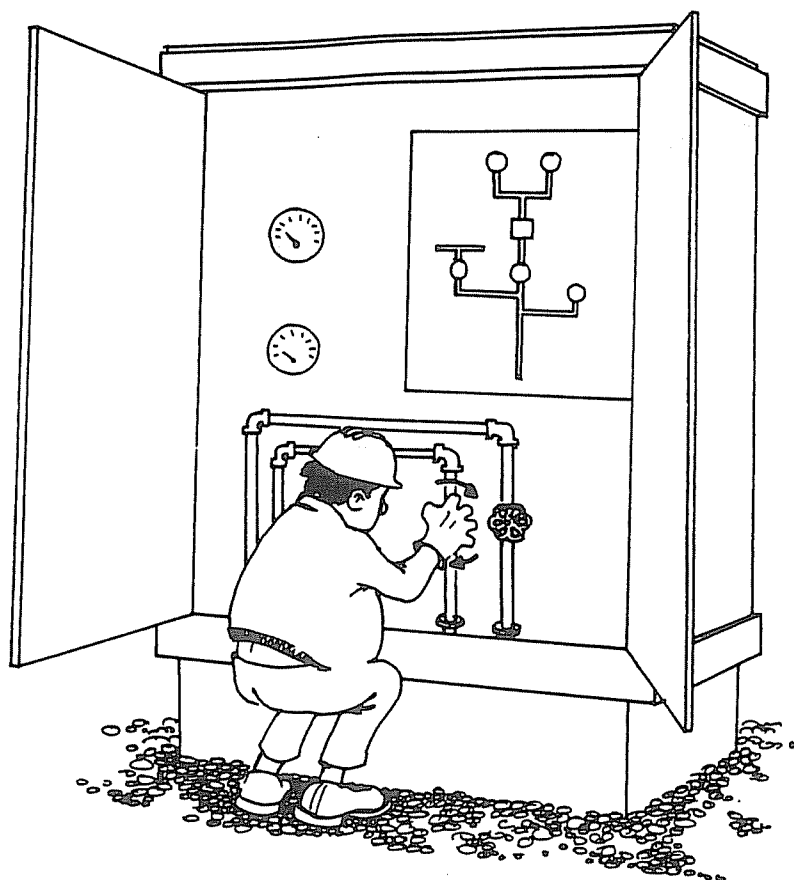
El bloqueo mecánico consiste en inmovilizar el mando del aparato mediante candados, cerraduras, cadenas, bulones, pasadores, etc.



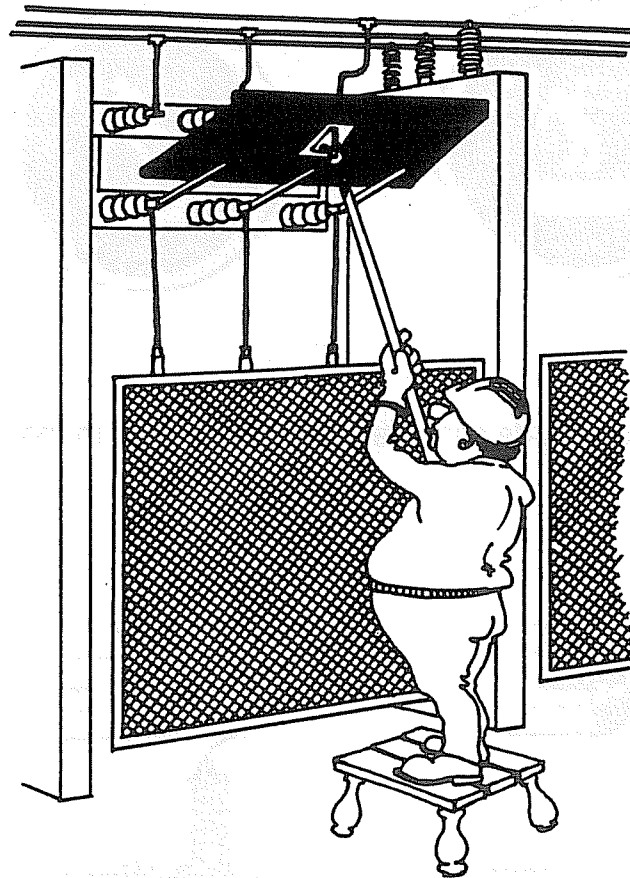
El bloqueo eléctrico consiste en impedir el funcionamiento del aparato mediante la apertura de su circuito de accionamiento.



El bloque neumático consiste en impedir el accionamiento del aparato actuando sobre la alimentación de aire comprimido y vaciando el calderín del interruptor.



El bloqueo físico consiste en colocar entre las cuchillas del aparato, el elemento de bloqueo correspondiente que imposibilite físicamente la unión de sus contactos.



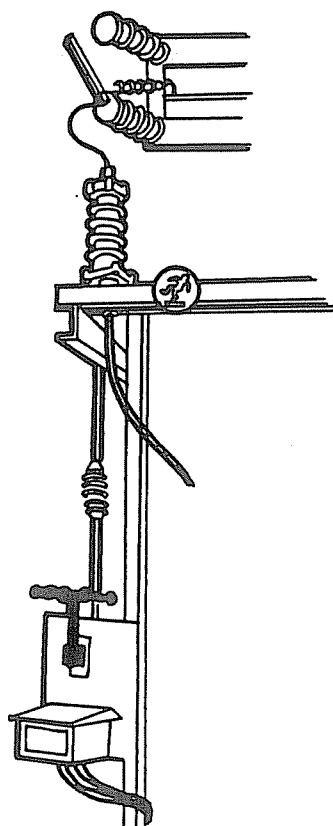
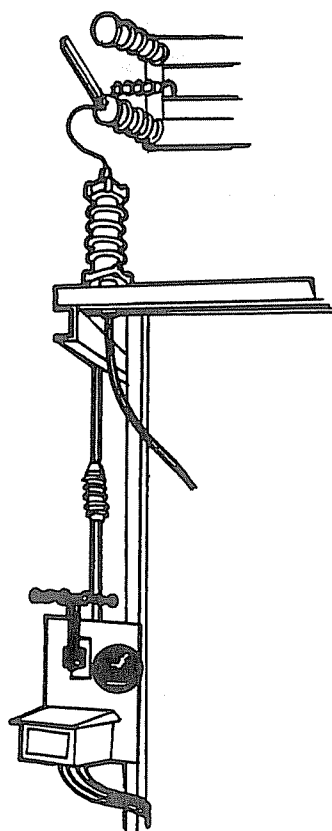
SEÑALIZACION

Señalizar un aparato de corte es indicar claramente mediante frases o símbolos las limitaciones a que está sometido ese aparato.

Esta operación se realiza mediante carteles, señales o mandatos normalizados, como los de las figuras.



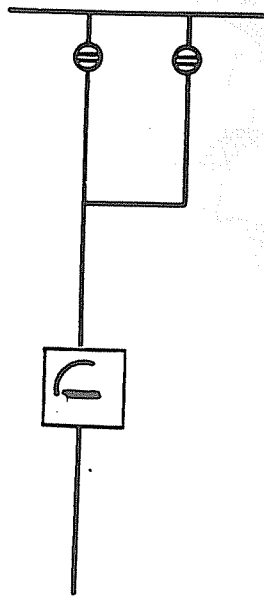
La señalización de los aparatos de corte debe colocarse en el mando de accionamiento de los mismos.



Cuando el aparato de corte, además del mando de accionamiento local, tenga mando de accionamiento a distancia, la señalización se colocará en ambos mandos de accionamiento.

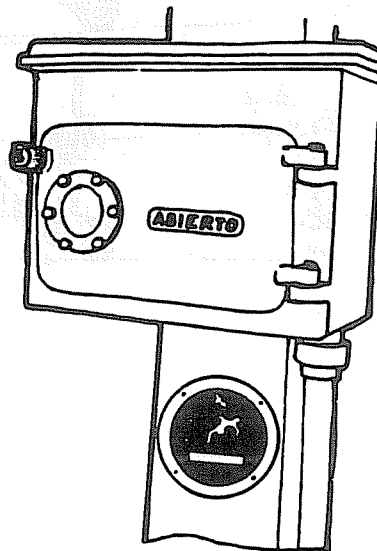
INTERRUPTOR

Mando a distancia



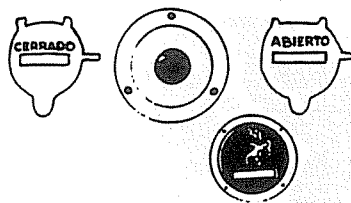
INTERRUPTOR

Mando local



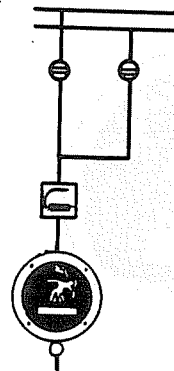
INTERRUPTOR

Mando local

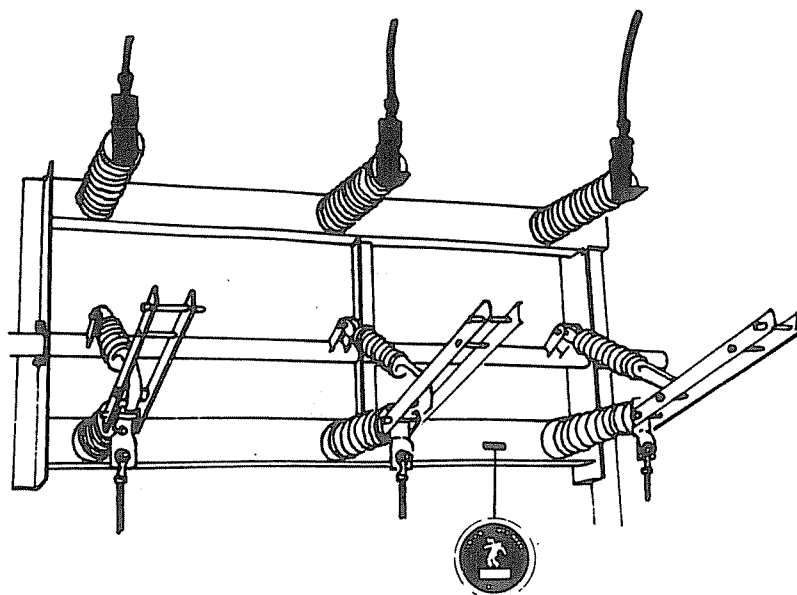


INTERRUPTOR

Mando a distancia



Cuando el aparato de corte no dispone de mando de accionamiento, la señalización se colocará en el propio aparato o en sus proximidades.



Los carteles normalizados y obligatorios para utilizar en la señalización de los mandos de los aparatos de corte son los representados en las figuras.

El recuadro en blanco que aparece en las dos, se utiliza para escribir el nombre de la persona que ha solicitado el corte.



LAS CINCO REGLAS DE ORO

TERCERA REGLA

RECONOCIMIENTO DE LA AUSENCIA DE TENSION.

Consiste en realizar una serie de operaciones mediante aparatos adecuados para comprobar que no hay tensión en los conductores de una instalación eléctrica.

Al decir ausencia de tensión nos estamos refiriendo a la tensión que tiene la instalación en su funcionamiento normal, es decir, a la tensión nominal.

Por supuesto que si en una instalación no existe la tensión nominal, tampoco podrá haber una tensión superior a ella. PERO SI INFERIOR.

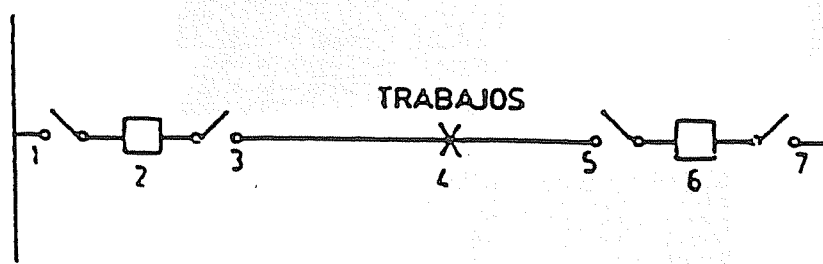
Por ejemplo, si en una instalación de tensión nominal 13 KV comprobamos la ausencia de tensión, podemos asegurar que no hay 13 KV de tensión y también podemos asegurar que no hay 30 KV. Sin embargo debido a los efectos de inducción y capacidad, etc. si puede existir otra tensión inferior, por ejemplo de 1.000 V.

Ahora bien, esta posible tensión aun supondría un riesgo para trabajar en una instalación si no se cumple la 4ª regla de oro (Puesta a tierra y en cortocircuito), que veremos más adelante.

El reconocimiento de la ausencia de tensión debe realizarse en:

Donde se han abierto las fuentes de alimentación. (Lado zona de trabajo).

Donde se realizarán los trabajos.



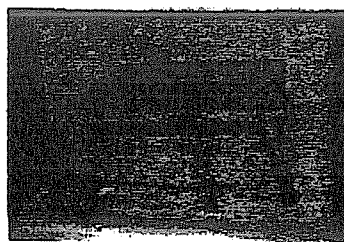
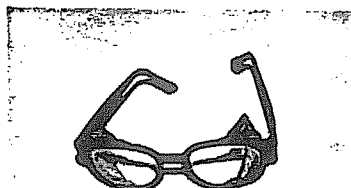
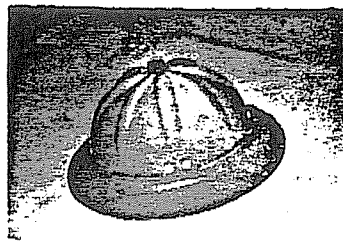
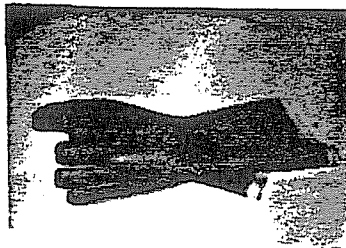
Para el reconocimiento de la ausencia de tensión hay que ACTUAR COMO SI LA INSTALACION ESTUVIESE CON TENSION y para ello hemos de tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Usar el EQUIPO DE PROTECCION adecuado.
- Mantener las DISTANCIAS DE SEGURIDAD.
- Comprobar la ausencia de tensión EN TODOS LOS CONDUCTORES.

USAR EL EQUIPO DE PROTECCION ADECUADO

Esto quiere decir que además de la pértiga aislante, para el reconocimiento de la ausencia de tensión deberán emplearse según los casos los siguientes elementos de protección:

- Guantes aislantes.
- Casco de protección.
- Gafas (si existe riesgo ocular).
- Banqueta o alfombra aislante siempre que sea posible.



MANTENER LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

Ya que debemos actuar suponiendo que la instalación está con tensión, supone que hay que mantener las distancias de seguridad.

Se llama distancia de seguridad a la MINIMA DISTANCIA que debe existir entre el punto más próximo en tensión y cualquier parte extrema del operario.

La DISTANCIA DE SEGURIDAD depende de la TENSION NOMINAL de la instalación de que se trate.

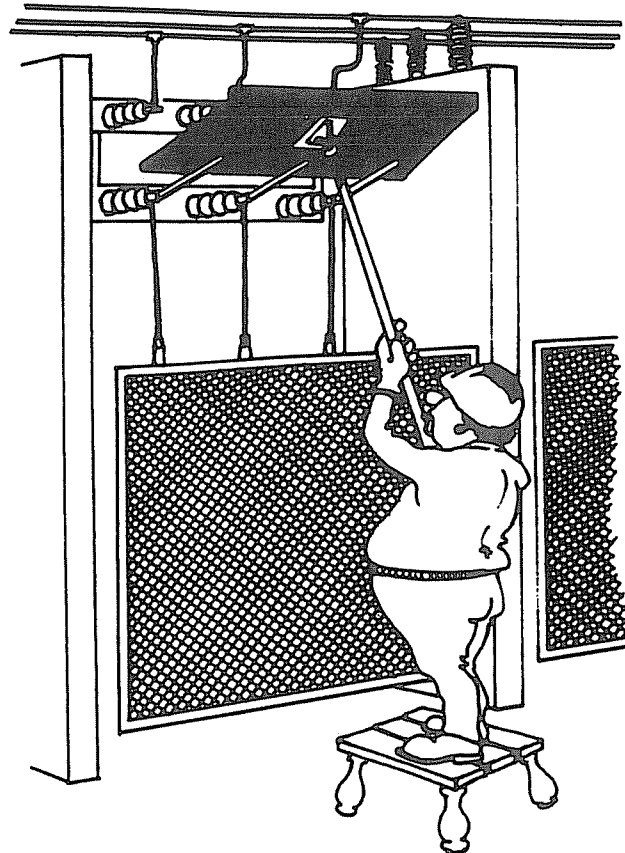
DISTANCIAS DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES NO AISLADAS.

Hasta 10 KV	0,80 m.
Hasta 15 KV	0,90 m.
Hasta 20 KV	0,95 m.
Hasta 25 KV	1,00 m.
Hasta 30 KV	1,10 m.
Hasta 45 KV	1,20 m.
Hasta 66 KV	1,40 m.
Hasta 110 KV	1,80 m.
Hasta 132 KV	2,00 m.
Hasta 220 KV	3,00 m.
Hasta 380 KV	4,00 m.

La distancia de seguridad se mide entre el punto más próximo con tensión y cualquier parte del operario (incluida la herramienta o material conductor que pueda llevar).

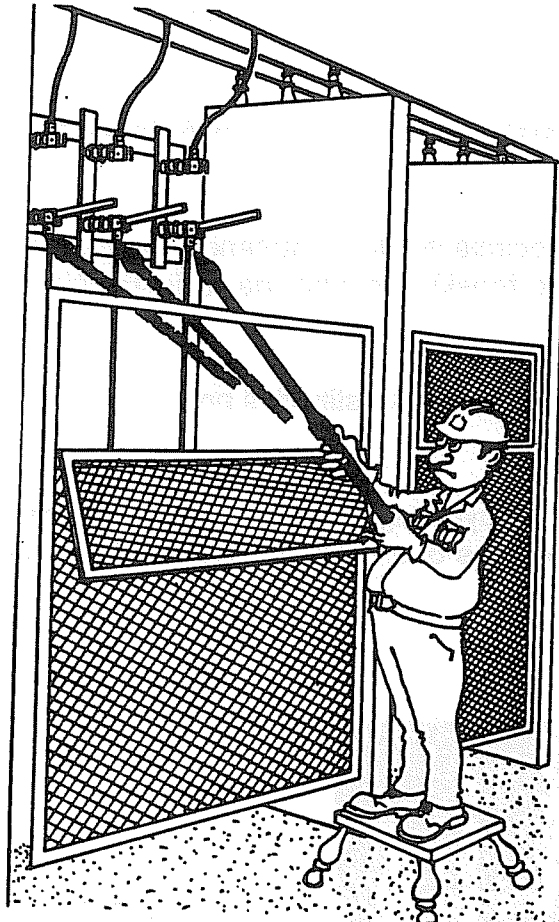
Si la tensión nominal de la instalación está comprendida entre dos valores de la tabla, se tomará la distancia de seguridad correspondiente al mayor de los valores.

En los trabajos próximos a instalaciones con distancias inferiores a las de seguridad se interpondrán pantallas aislantes.



COMPROBAR LA AUSENCIA DE TENSION EN TODOS LOS CONDUCTORES.

Para realizar esta misión se utilizan unos aparatos especiales llamados DETECTORES DE AUSENCIA DE TENSION.



El detector de ausencia de tensión es un aparato que por emisión de una señal luminosa, acústica o mixta, indica por contacto o proximidad inmediata la presencia de tensión en un conductor.

El detector de tensión también se conoce con el nombre de VERIFICADOR DE AUSENCIA DE TENSION (V.A.T)

ES IMPRESCINDIBLE COMPROBAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL DETECTOR INMEDIATAMENTE ANTES Y DESPUES DE SU UTILIZACION.

CAMPO DE UTILIZACION

Una de las características a tener en cuenta en los detectores de ausencia de tensión, es el campo de utilización.

El campo de utilización de un detector abarca un intervalo de tensiones fuera del cual no debe emplearse.

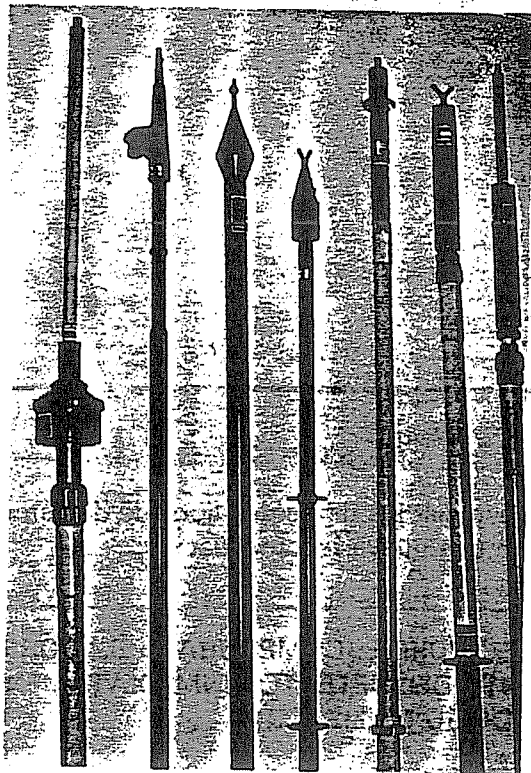
Los límites de este campo están fijados por una tensión inferior y otra superior entre los cuales el detector debe utilizarse.

Según esto para el reconocimiento de la ausencia de tensión debe elegirse el detector adecuado de modo que la tensión nominal de la instalación esté dentro del campo de utilización del detector.

La mayoría de los detectores están constituidos por:

UNA CABEZA DETECTORA

UNA PERTIGA AISLANTE (cuya longitud depende de la tensión nominal de la instalación. Lleva una señal o guardamanos que indica la posición límite de las manos, que no debe sobrepasarse.



TIPO		PATENT	
		Nº	
DETECTOR DE TENSION			
13 a 66 kV			
VERIFICACION →	☐	← DETECCION	
	☐	← DESCONECTADO	

Los tipos de detectores más utilizados son:

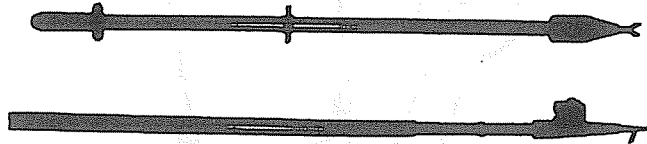
- detector óptico
- detector acústico
- detector óptico-acústico

DETECTOR OPTICO:

Indica la ausencia o presencia de tensión mediante lámparas que se iluminan cuando se toca con él algún elemento con tensión. En algunos detectores es suficiente aproximarles al elemento conductor sin llegar a tocarle.

Para instalaciones interiores se utilizan detectores con lámpara de neón.

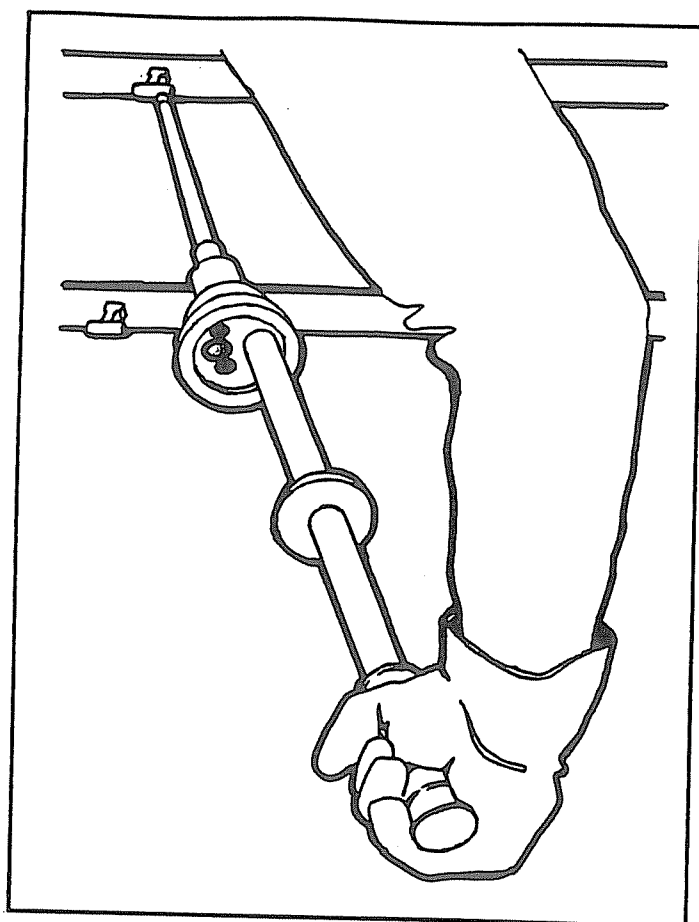
Para instalaciones exteriores también pueden utilizarse este tipo de detectores, pero presentan el inconveniente de que con la luz natural la iluminación de la lámpara de neón no se aprecia fácilmente.



Hay detectores ópticos que sirven para las instalaciones interiores y exteriores que constan de lámparas de incandescencia roja y verde que nos indican:

LUZ ROJA PRESENCIA DE TENSION

LUZ VERDE AUSENCIA DE TENSION



DETECTOR ACUSTICO:

Indica la ausencia o presencia de tensión mediante dispositivos que emiten un sonido cuando se toca con él algún elemento en tensión. En algunos detectores es suficiente con aproximarlos sin necesidad de llegar a tocar el elemento en tensión.



DETECTOR OPTICO-ACUSTICO:

Indica la ausencia o presencia de tensión mediante lámparas y dispositivos acústicos.

Las indicaciones de los detectores óptico-acústicos son:

LUZ ROJA

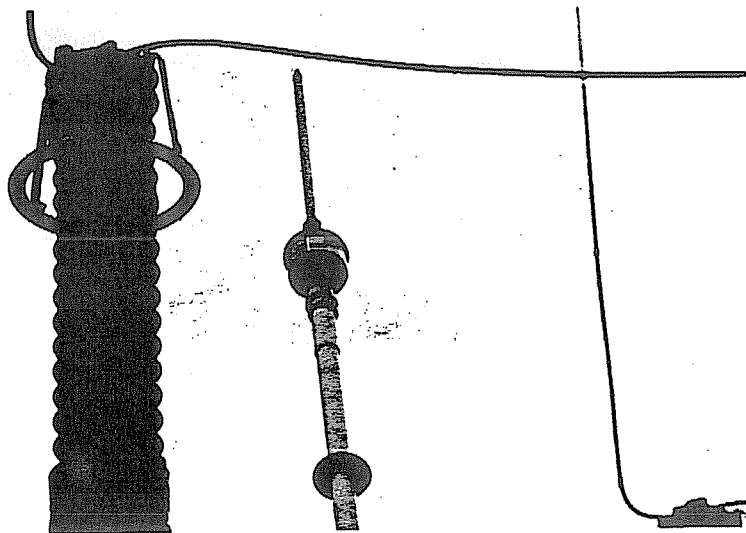
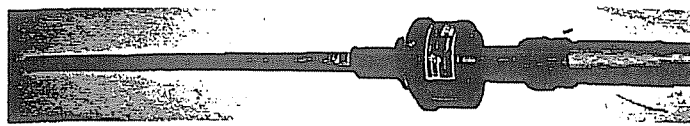
SONIDO

PRESENCIA DE TENSION

LUZ VERDE

SIN SONIDO

AUSENCIA DE TENSION

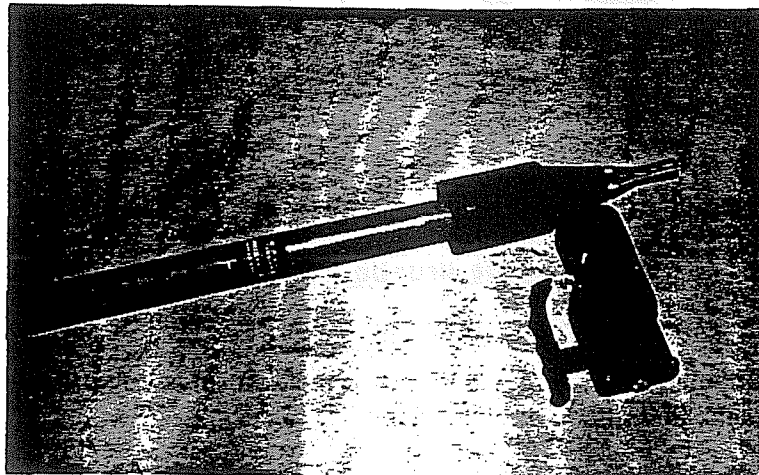


Recordemos que:

ES IMPRESCINDIBLE COMPROBAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL DETECTOR INMEDIATAMENTE ANTES Y DESPUES DE SU UTILIZACION.

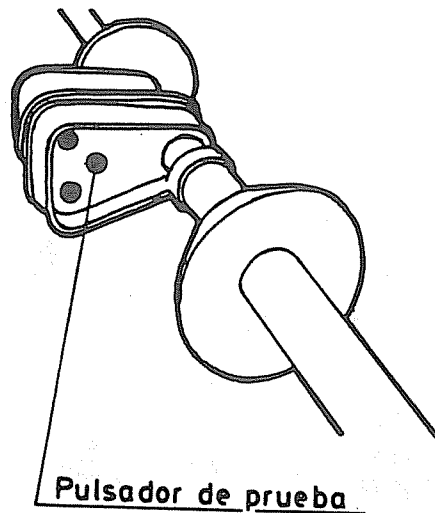
En los detectores ópticos con lámparas de neón esta comprobación puede realizarse de dos maneras:

- Tocando con el detector una parte de la instalación que se sabe está a la tensión nominal.
- Utilizando un comprobador (magneto, electrónico, etc.) que crea una alta tensión, encendiéndose la lámpara del detector.

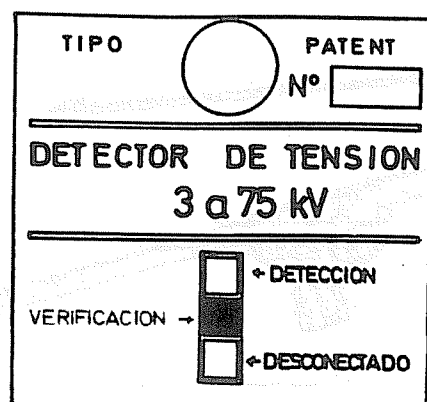


Los detectores ópticos con lámparas rojas y verdes pueden comprobarse también como los detectores de neón.

Sin embargo los detectores ópticos de esta clase, disponen para su comprobación, de pulsadores de prueba de circuito y batería. Es decir, son AUTOCOMPROBABLES.



Los detectores acústicos pueden comprobarse como los detectores de neón, pero tienen también pulsadores de prueba de circuito y batería, es decir, son AUTOCOMPROBABLES.



El detector acústico de la figura dispone de un conmutador con tres posiciones:

- Desconectado
- Verificación (comprobación de funcionamiento)
- Detección (verificación de ausencia de tensión)

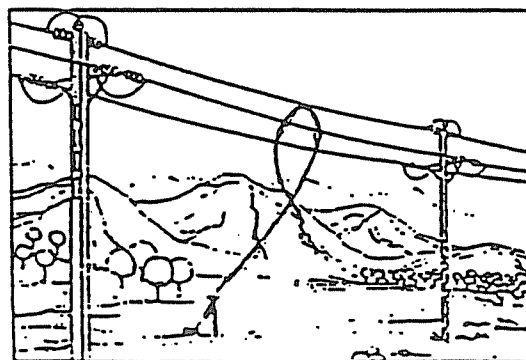
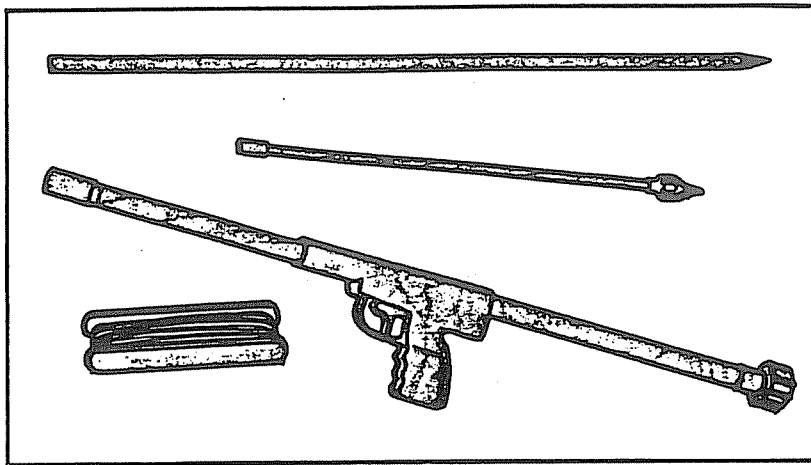
Los detectores óptico-acústicos pueden comprobarse como los detectores de neón y son también AUTOCOMPROBABLES, disponiendo por tanto, de pulsadores de prueba de circuito y batería.

Además de los detectores vistos existen otros dispositivos utilizados para el reconocimiento de la ausencia de tensión en líneas aéreas o subterráneas, como son:

FUSIL LANZACABLES

SIERRA CORTACABLES

El fusil lanzacables es un dispositivo de reconocimiento de la ausencia de tensión utilizado exclusivamente en líneas aéreas de altura no superior a 30 metros. Consiste en lanzar sobre los conductores u hilo fusible, uno de cuyos extremos se ha unido previamente a tierra.



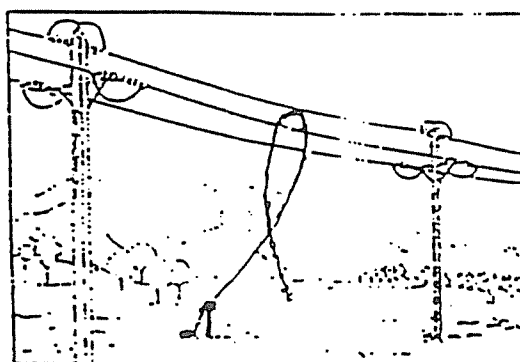
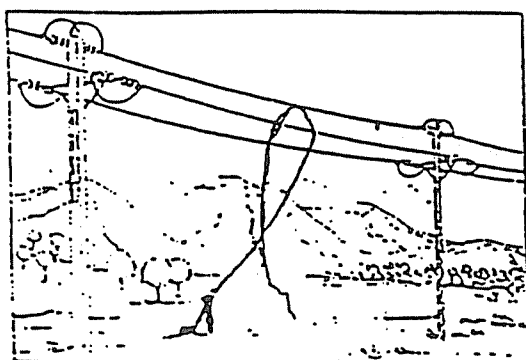
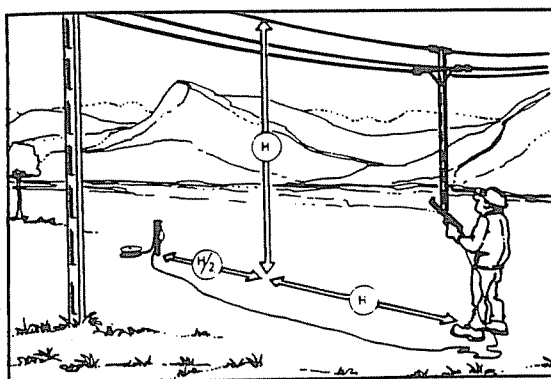
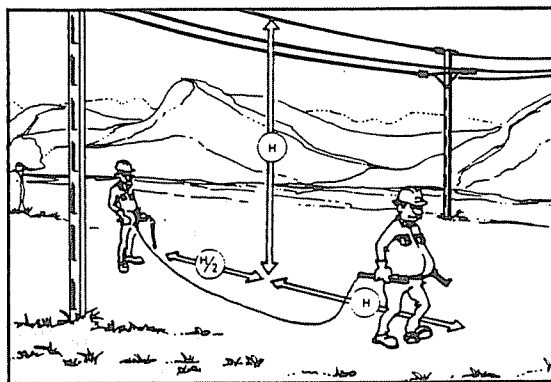
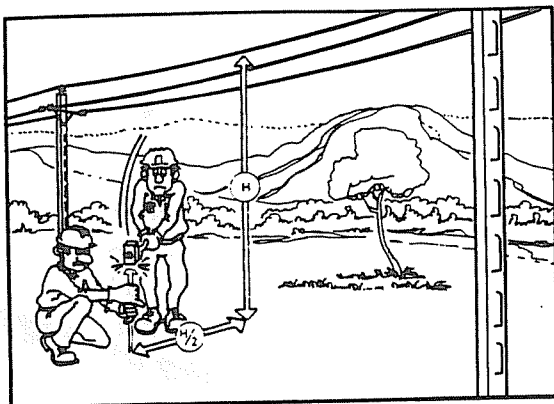
La utilización del fusil lanzacables se realiza de la siguiente manera:

1º Se clava una pica de tierra a una distancia del pie de la línea aproximadamente igual a la mitad de la altura de los conductores. Fig.1

2º El operario se desplaza hacia el otro lado de la línea extendiendo una longitud de hilo aproximadamente vez y media la altura de los conductores. Fig.2.

3º Una vez armado el fusil se ata el extremo libre del hilo a la flecha y se introduce en el mismo. Fig.3.

4º Se dispara el fusil de manera que la flecha y el hilo fusible queden en la posición de la figura. Fig.4.



La sierra cortacables es un dispositivo de reconocimiento de la ausencia de tensión utilizado exclusivamente en líneas subterráneas de distribución hasta 72,5 KV.

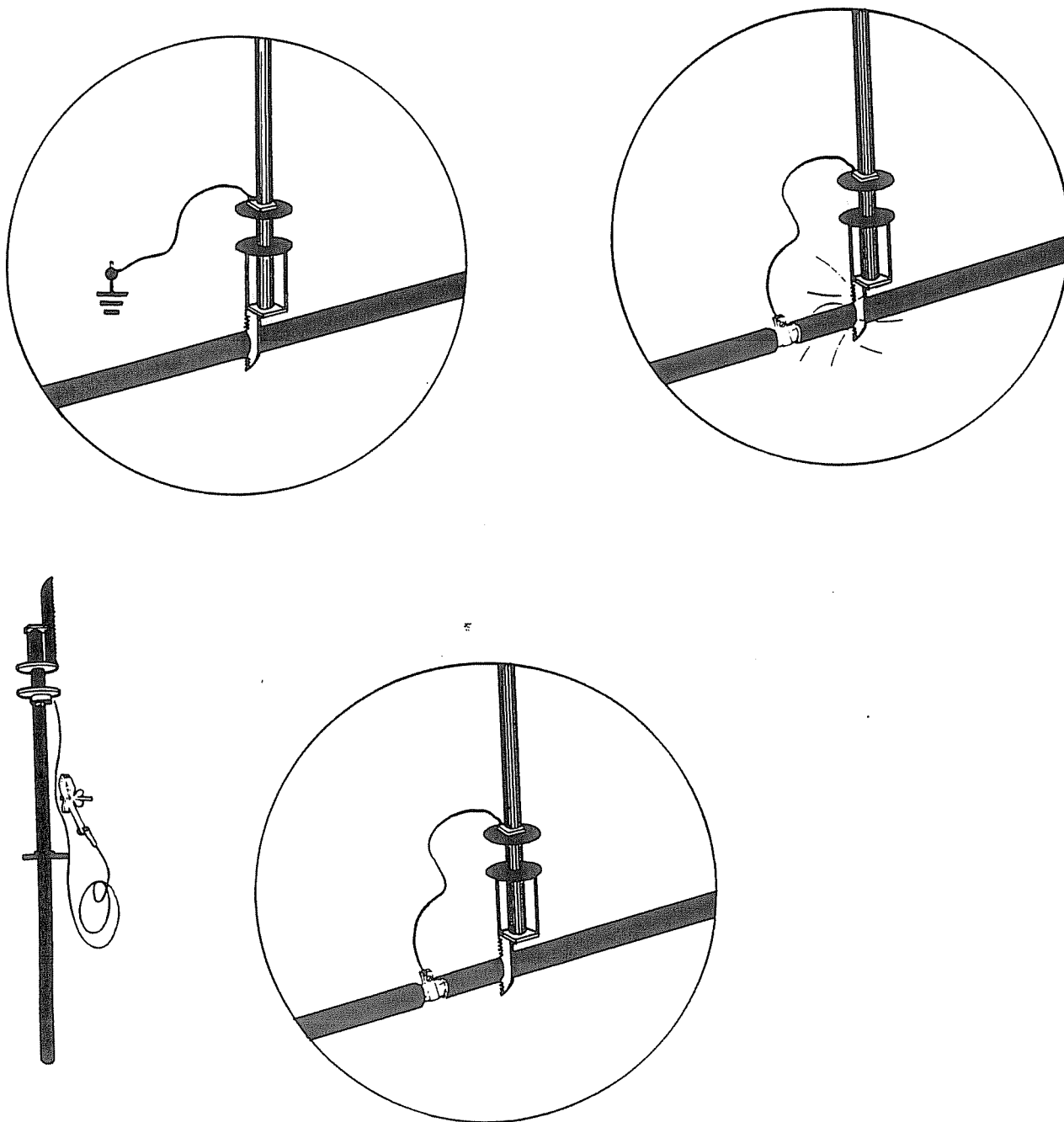
Consiste en una pértiga aislante en uno de cuyos extremos va acoplada una hoja de sierra y un cable de puesta a tierra. La longitud de la pértiga depende de la tensión nominal de la instalación.

La utilización de la sierra cortacables se realiza de la siguiente manera:

1º Se monta la sierra y se conecta la toma de tierra:

- a una pica auxiliar, o
- a la pantalla del propio cable que está unida a tierra.

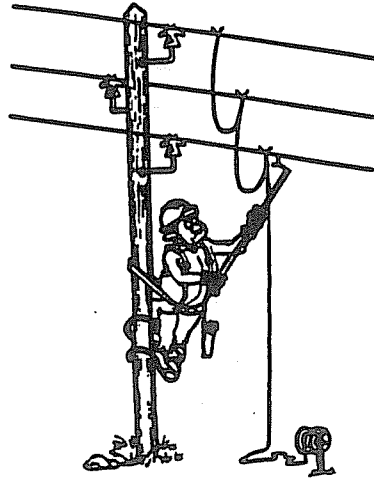
2º Se comienza a serrar el cable hasta que la hoja de sierra alcanza al conductor.



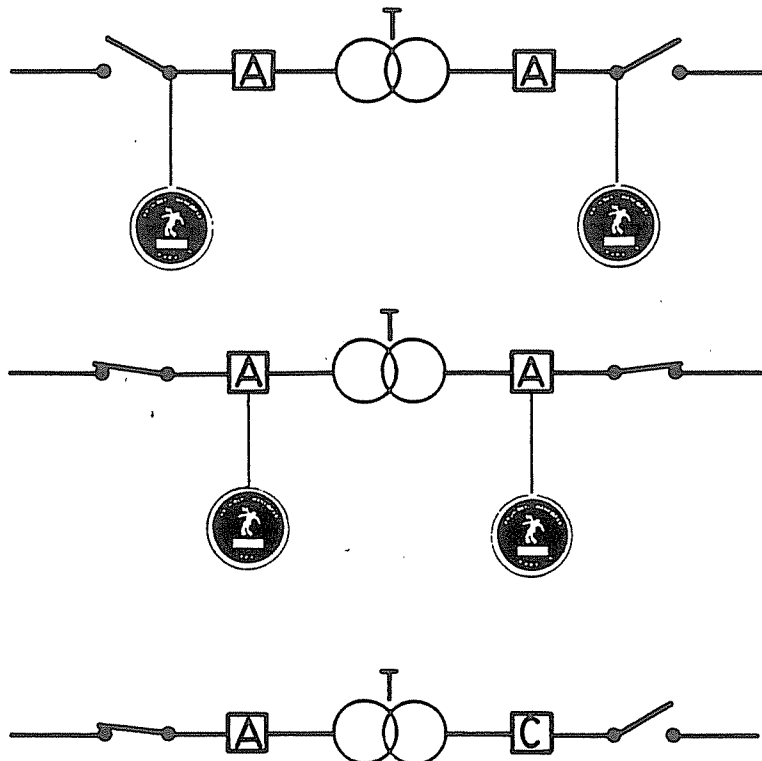
LAS CINCO REGLAS DE ORO

CUARTA REGLA

PUESTA A TIERRA Y EN CORTOCIRCUITO DE TODAS LAS POSIBLES FUENTES DE TENSION.

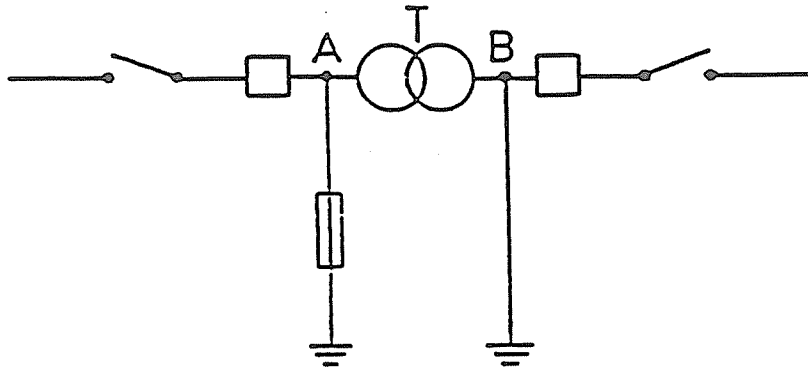


Para poner en práctica la cuarta regla de oro, es necesario haber cumplido con las tres reglas anteriores.

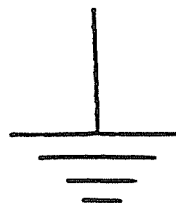


Se dice que una instalación eléctrica está PUESTA A TIERRA, cuando está UNIDA DIRECTAMENTE con tierra mediante elementos conductores.

Unir directamente con tierra, significa que el elemento conductor sea continuo, sin ningún dispositivo que dificulte esta conexión.



El símbolo de la puesta a tierra es el de la figura



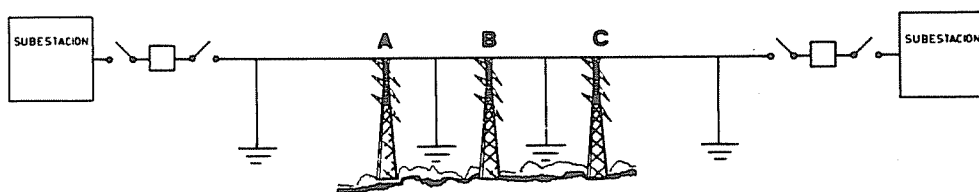
Se observa en la figura anterior que se han colocado tierras en la instalación a ambos lados del transformador, que es donde vamos a trabajar.

Se hace así porque la 4ª regla de oro ordena que las tierras han de colocarse a ambos lados de la parte de la instalación donde se realizarán los trabajos.

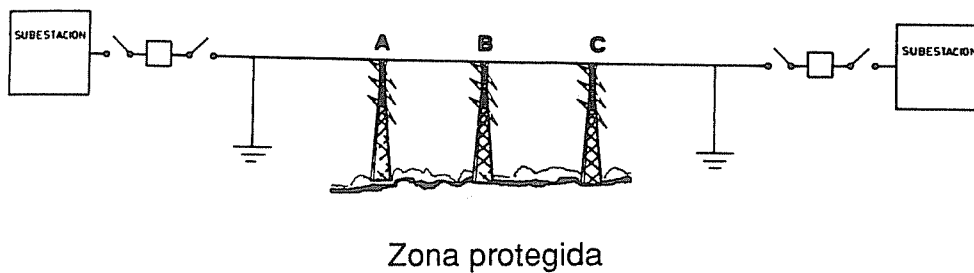
A cada lado de la instalación en donde se va a trabajar se colocan dos equipos de puesta a tierra:

UNO EN LAS PROXIMIDADES DEL PUNTO DE CORTE VISIBLE.

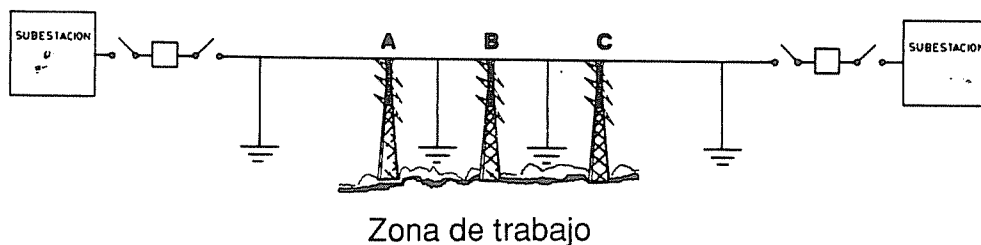
OTRO EN LAS PROXIMIDADES INMEDIATAS DEL LUGAR DONDE SE REALIZAN LOS TRABAJOS.



La parte de la instalación comprendida entre los equipos de puesta a tierra situados en las inmediaciones de los puntos de corte, se llama ZONA PROTEGIDA.



La parte de la instalación comprendida entre los equipos de puesta a tierra más próximos al lugar donde se van a realizar los trabajos se llama ZONA DE TRABAJO que es la de máxima seguridad.



En ocasiones se puede prescindir de las puestas a tierra que determinan la zona de trabajo, siempre que las distancias sean cortas y las puestas a tierra colocadas en los puntos de corte sean visibles por los operarios que realizan el trabajo o estén bajo su control.

CORTOCIRCUITO

Se dice que una instalación eléctrica está en cortocircuito cuando todos los elementos conductores que la constituyen están unidos entre sí.

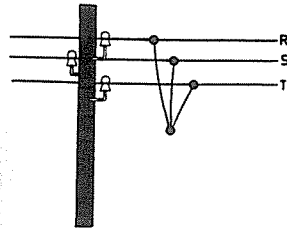


Figura 1

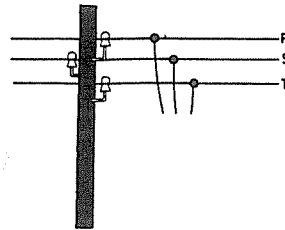
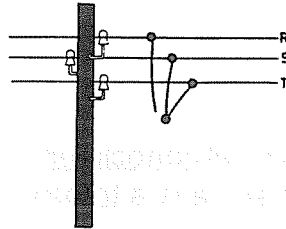
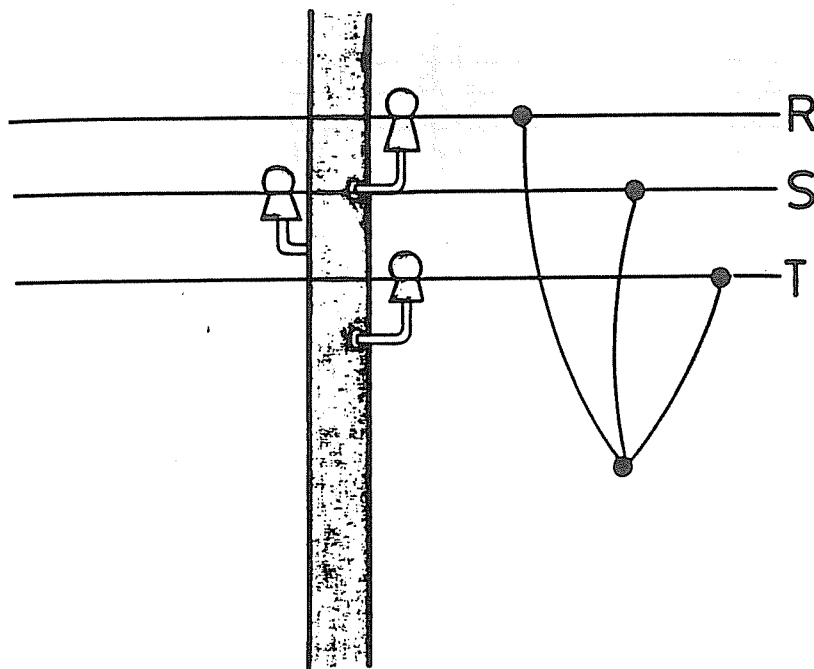


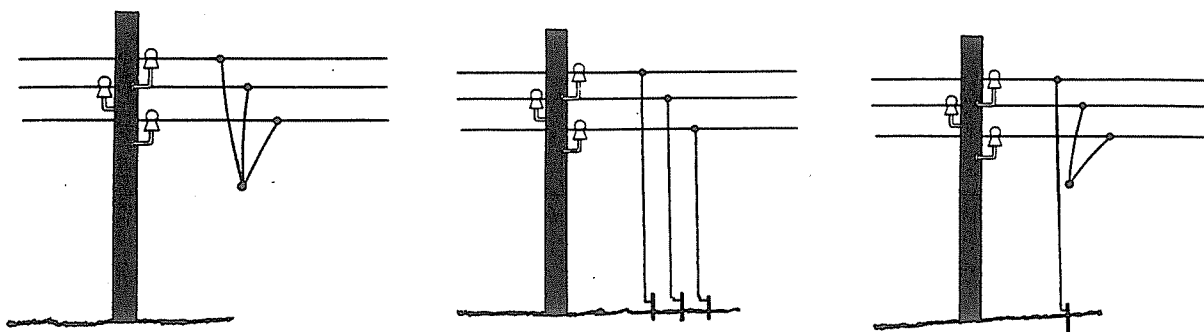
Figura 2



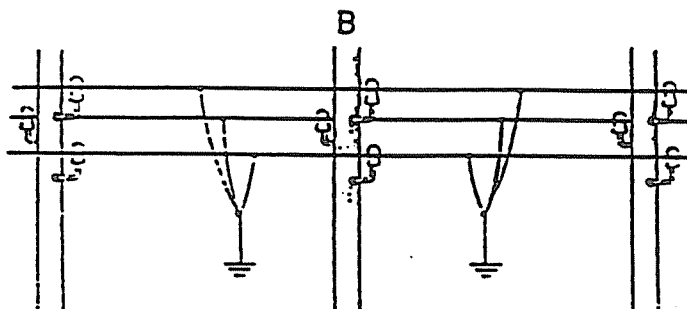
El cortocircuito realizado en una instalación eléctrica origina la unión equipotencial (igual tensión) de los elementos cortocircuitados.



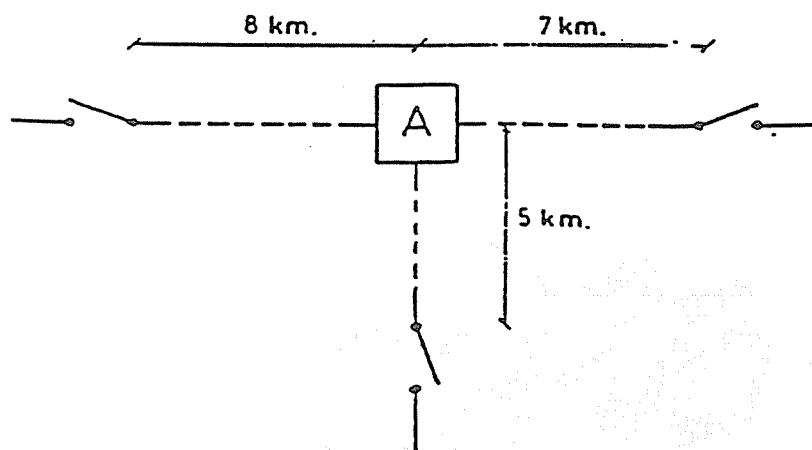
Hemos dicho que la protección completa de una instalación eléctrica de A?T?, se compone de la puesta a tierra y en cortocircuito de los elementos conductores de la instalación.



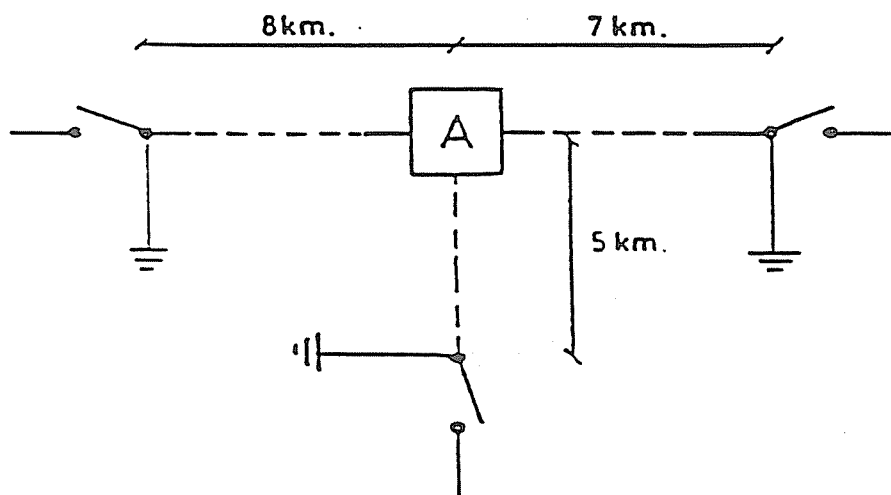
Al igual que sucedía con la puesta a tierra, el cortocircuito de la instalación eléctrica, se debe realizar a ambos lados del lugar donde se vaya a trabajar y lo más próximo posible a él, de modo que no dificulte los trabajos a realizar.



La protección de puesta a tierra y en cortocircuito se ha de colocar en todos aquellos puntos de una instalación eléctrica desde los cuales pueda llegar una tensión al lugar donde se realizarán los trabajos.



Las puestas a tierra y en cortocircuito colocadas en la siguiente figura delimitan, como hemos dicho, la zona protegida.

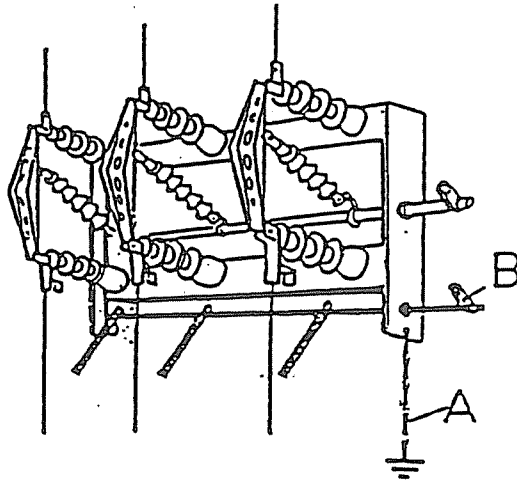


TIPOS DE PUESTA A TIERRA EXISTENTES EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

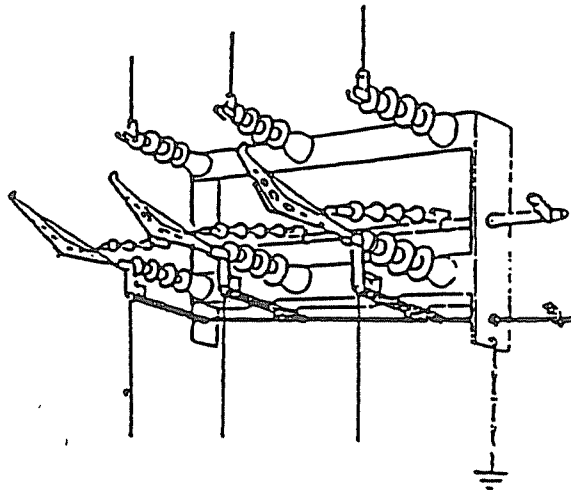
TIERRAS FIJAS

TIERRAS TEMPORALES O PORTATILES

Se dice que una puesta a tierra es FIJA cuando forma parte permanente de una instalación eléctrica.



Para poner a tierra y en cortocircuito una instalación eléctrica con puestas a tierra fijas, basta con cerrar el seccionador de puesta a tierra.

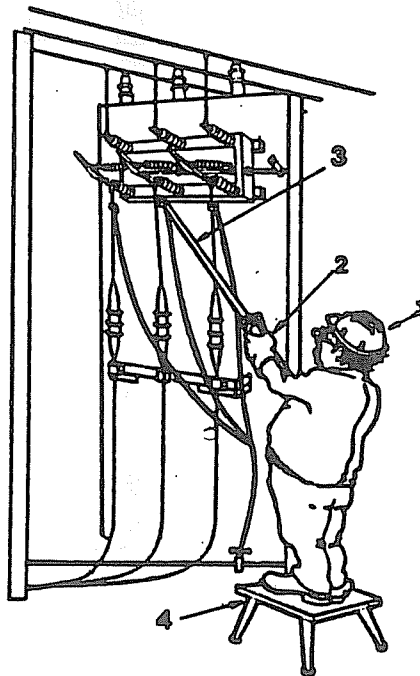


Se dice que un equipo de puesta a tierra y en cortocircuito es TEMPORAL O PORTATIL cuando no forma parte permanente de una instalación eléctrica, sino que se coloca en el momento de realizar algún trabajo.

Hay muchos modelos de equipos de puesta a tierra y en cortocircuito, dependiendo del fabricante y del tipo de instalación a que van destinados.

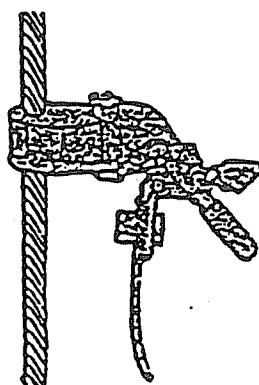
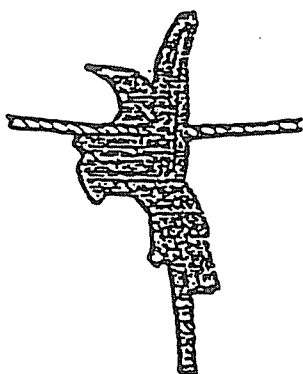
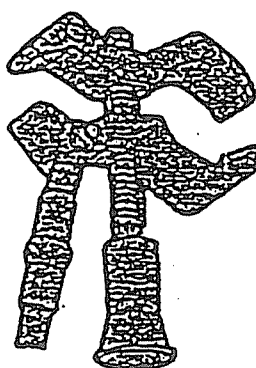
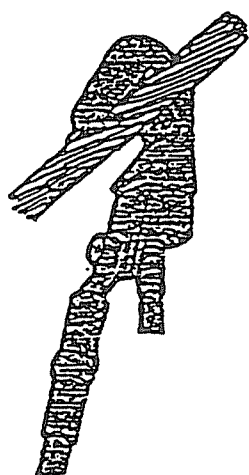
Básicamente un equipo de puesta a tierra portátil consta de los siguientes elementos:

- A. PINZAS DE CONEXION.
- B. CONDUCTORES DE PUESTA EN CORTOCIRCUITO.
- C. CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.
- D. TORNO DE PUESTA A TIERRA O PINZA DE TIERRA.
- E. PICA DE TOMA DE TIERRA.

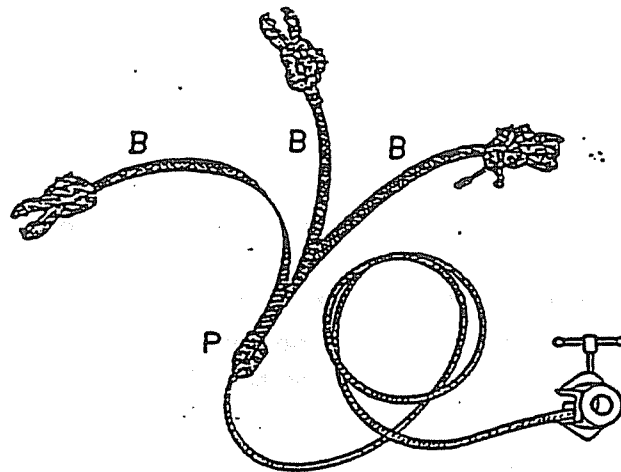


PINZAS

Elementos del equipo de puesta a tierra portátil cuya misión es unirse al conductor eléctrico por presión sobre él.

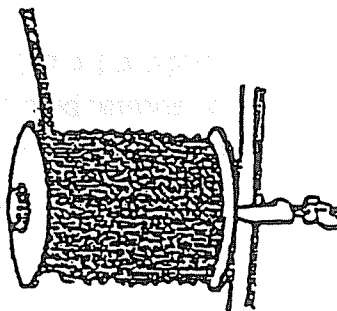


La parte del equipo señalado con la letra B tiene como misión unir los conductores de la instalación en un punto común señalado con la letra P.



La figura 1 representa el elemento del equipo que une el punto común de los conductores de puesta en cortocircuito con el elemento clavado a tierra.

La figura 2 representa el elemento del equipo que se clava en la tierra.



CONEXION

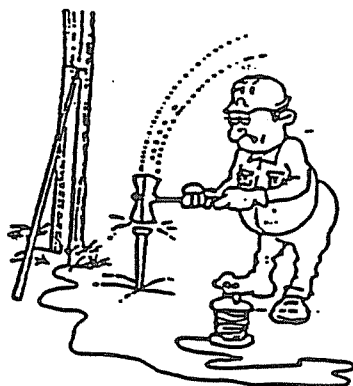
Vimos que cuando la puesta a tierra es fija, para cumplir con la 4º regla de oro, es suficiente con cerrar el seccionador de la puesta a tierra.

Veamos cual es el proceso de realización que se sigue en la aplicación de esta regla, cuando se trata de equipos portátiles.

El primer paso para la conexión del equipo de puesta a tierra es:

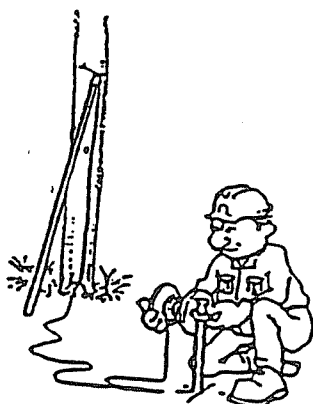
CLAVAR LA PICA DE TOMA DE TIERRA EN EL SUELO.

En el caso de que exista red o malla de tierra, no será necesaria esta operación, ya que esta red realiza igual función que la pica de toma de tierra.



El segundo paso del proceso de conexión de puesta a tierra es:

CONECTAR EL CABLE DE PUESTA A TIERRA A LA PICA CLAVADA EN EL SUELO O A LA RED DE TIERRA EXISTENTE. Se deberá apretar bien el tornillo de presión de los cables de puesta a tierra, procurando que las superficies estén limpias.



El tercer paso del proceso de conexión de puesta a tierra es:

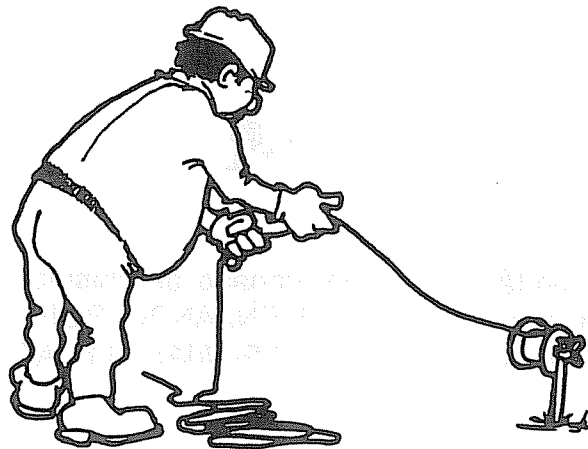
DESENGROLLAR TOTALMENTE EL CABLE DE PUESTA A TIERRA.

Normalmente viene enrollado en un tambor por comodidad de transporte.

Se desenrolla totalmente para:

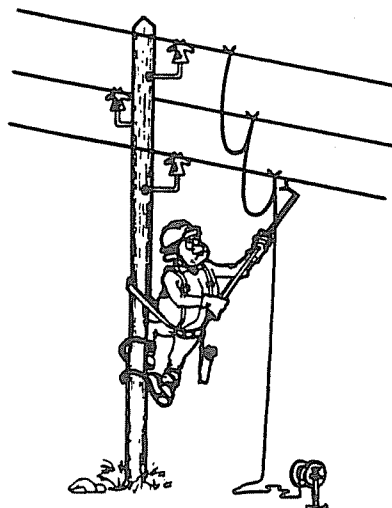
1º Ver si el cable tiene continuidad.

2º Evitar que el arrollamiento del cable aumente la resistencia dificultando el paso de la corriente.



El cuarto paso del proceso de conexión de puesta a tierra y en cortocircuito es:

UNIR ELECTRICAMENTE EL EQUIPO DE PUESTA A TIERRA CON LA INSTALACION QUE SE DESEA PROTEGER MEDIANTE LAS PINZAS DE CONEXION DEL EQUIPO.



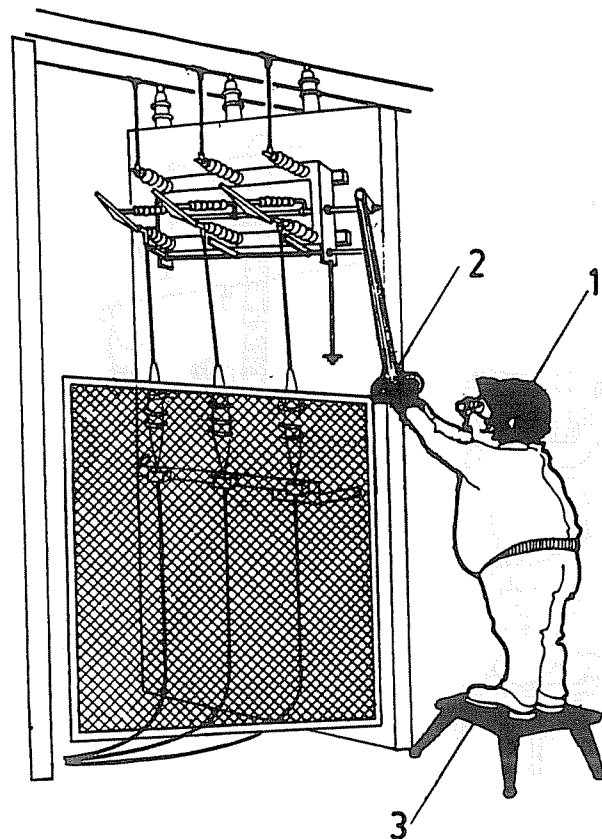
En los equipos de tierras portátiles, el conexonado del mismo a los conductores de la instalación, se debe realizar **SIEMPRE COMENZANDO POR EL CONDUCTOR MAS CERCANO AL OPERARIO Y ACABANDO POR EL MAS ALEJADO.**

DESCONEXION

Para la DESCONEXION del equipo de puesta a tierra y cortocircuito se procederá en el ORDEN INVERSO utilizando para la conexión.

Para la realización práctica de la puesta a tierra y en cortocircuito (conexión y desconexión), el operario se sirve de los elementos de protección personal necesarios, como:

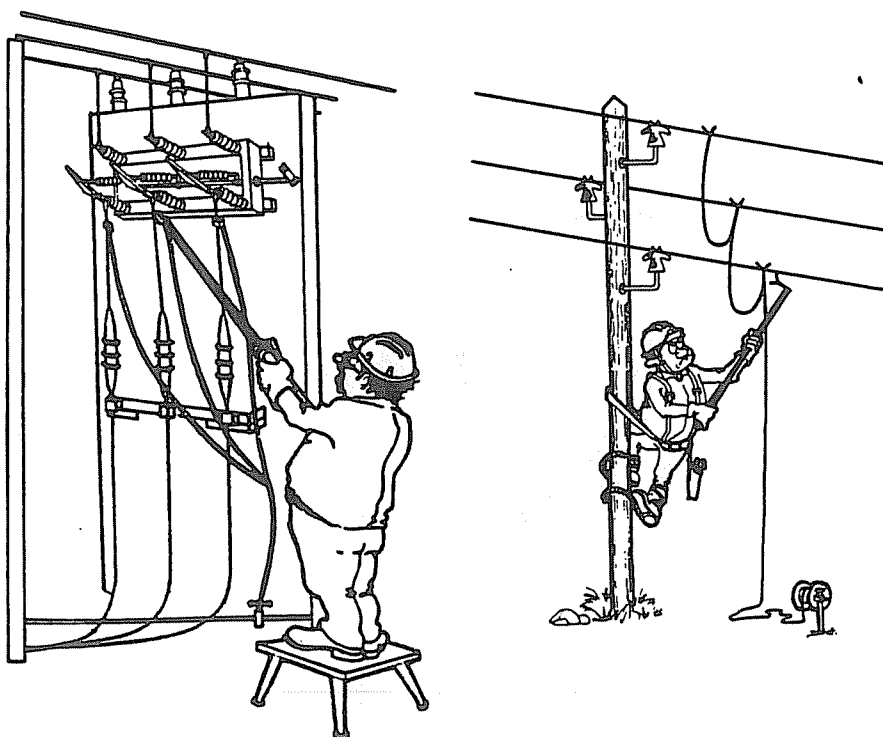
PERTIGA, GUANTES DE ALTA TENSION, CASCO, CINTURON DE SEGURIDAD, ETC.



La figura representa un operario cerrando un seccionador de puesta a tierra. Las condiciones de trabajo cambian y por tanto los materiales de protección y seguridad serán diferentes.

Veamos las figuras 1 y 2. En ambos casos hay varios elementos de protección comunes. No obstante nos detendremos en la necesidad de la pértiga como elemento de protección indispensable para la puesta a tierra y en cortocircuito con equipos portátiles, cualquiera que sea el tipo de instalación.

La pértiga a utilizar ha de estar dimensionada como mínimo a la tensión nominal de la instalación donde se va a trabajar.



LAS CINCO REGLAS DE ORO

QUINTA REGLA

COLOCAR LAS SEÑALES DE SEGURIDAD ADECUADAS DELIMITANDO LA ZONA DE TRABAJO.

SEÑALIZAR una zona de trabajo es indicar mediante frases o dibujos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidentes. De esta forma el operario percibe la indicación de la señal y actúa en consecuencia.

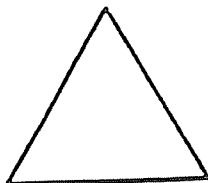
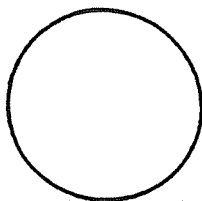
Las señales de Seguridad se clasifican:
por su COLOR
Por su FORMA

Cada color de los utilizados nos envía un mensaje.

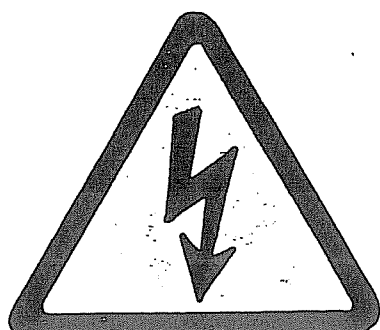
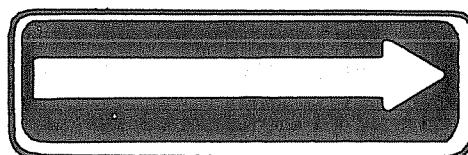
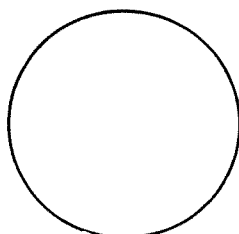
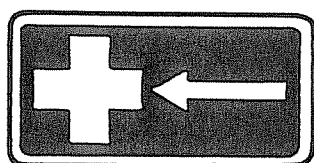
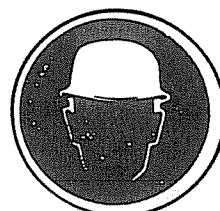
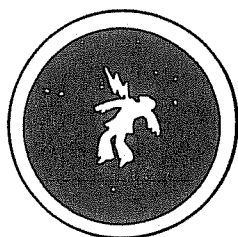
ROJO	indica	PROHIBICION O PARADA
AMARILLO	indica	ATENCION O PELIGRO
VERDE	indica	SITUACION DE SEGURIDAD
AZUL	indica	OBLIGACION

Cada forma de las utilizaciones corresponde a un concepto.

CIRCULARES	indican	OBLIGACION O PROHIBICION
TRIANGULARES	indican	ADVERTENCIA
RECTANGULARES	indican	INFORMACION



Además del color y de la forma, el significado de la señal se complementa con el símbolo o las palabras que se representan en las mismas, tal y como se indica en las figuras.



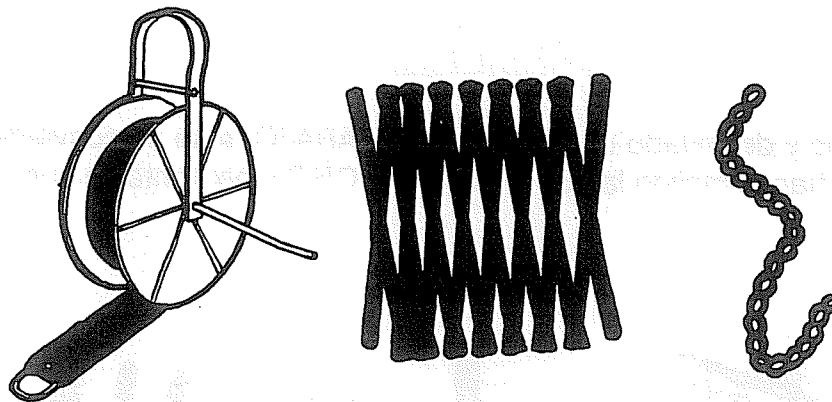
Recordemos que la 5ª regla dice:

COLOCAR LAS SEÑALES de seguridad adecuadas, DELIMITANDO la zona de trabajo.

No basta con señalar, hay que DELIMITAR la zona de trabajo.

Delimitar una zona de trabajo es marcar sus límites claramente, así como los accesos, mediante:

VALLAS
CINTAS
CADENAS



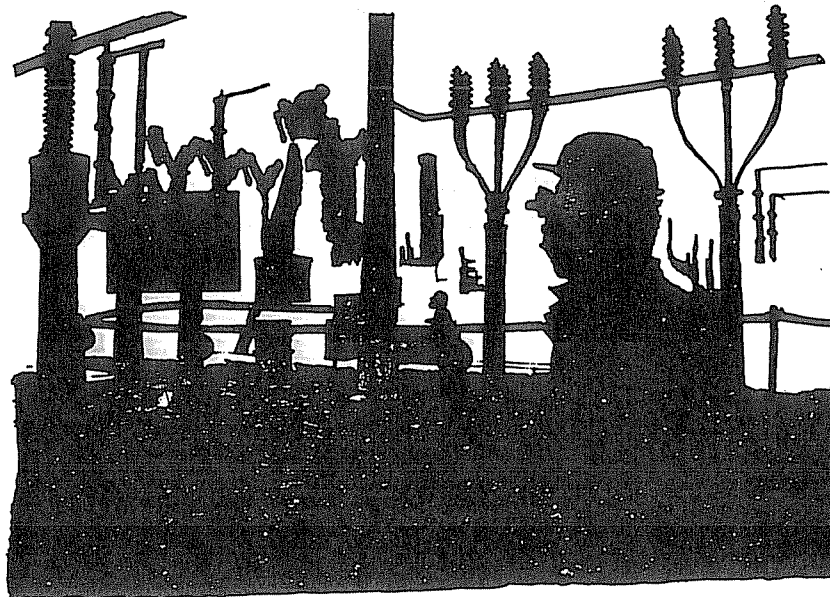
Las cintas, vallas y cadenas suelen ser de color rojo.
Para una buena observación de la señal, durante la noche se acompañan de luces autónomas e intermitentes que indican:

¡ ATENCION !

Como hemos dicho, la delimitación se realiza por medio de cintas, vallas y cadenas que deben acompañarse de BANDEROLAS, ESTANDARTES O CARTELES.



Una vez señalizado y delimitado una ZONA DE TRABAJO, esta se convierte en ZONA DE SEGURIDAD. Se han cumplido las 5 REGLAS DE ORO y por tanto se puede trabajar en la instalación.



MODULO DISTANCIAS DE SEGURIDAD
- INFORMACION TECNICA -

DISTANCIAS DE SEGURIDAD

1.- OBJETO

1.1. Medios.

2.- DEFINICION DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

3.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD CON RELACION A LA TENSION.

4.- TENSIONES NOMINALES.

5.- APLICACIONES DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD EN LAS OPERACIONES.

5.1. Operaciones para las que no se necesita descargo.

5.1.1. Comprobación ausencia de tensión.

5.1.2. P.A.T. líneas aéreas apoyos de madera u hormigón 1 y 2 circ.

5.1.3. P.A.T. líneas aéreas apoyos de hormigón y metálicos 1 y 2 circ.

5.1.4. P.A.T. en postes conversión líneas aéreas en subterránea.

5.1.5. P.A.T. cambio fusibles sobre postes de transformación.

5.1.6. P.A.T. cambio fusibles sobre trafos en CC.TT.

5.1.7. P.A.T. reposición aceite a transformadores.

5.2. Trabajos en los que será necesario el descargo de las instalaciones.

6.- ELEMENTOS PARA DISMINUIR LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

6.1. Placas para CC.TT.

6.1.1. Placas dieléctricas.

6.1.2. Placas no dieléctricas.

1.- OBJETIVO

El objetivo del presente módulo es impartir la información necesaria para que aplicando las DISTANCIAS DE SEGURIDAD correctas eliminar el riesgo de accidente de electrocución por contactos accidentales mediante la separación física por la distancia citada o por colocación de BARRERAS DIELECTRICAS.

1.1. MEDIOS

Los medios que pueden proporcionar la eliminación del riesgo citado son:

- Distanciamiento o separación entre el operario y los puntos con tensión, habitual o accidental.
- Placas dieléctricas.
- Pértigas aislantes.
- Herramientas aislantes.
- Equipo de protección personal.

2.- DEFINICION DE DISTANCIA DE SEGURIDAD

Es aquella que existe entre el punto más desfavorable del operario, herramientas o materiales que éste manipule y el punto de la instalación con tensión más próximo.

La distancia definida tiene una relación directa con la tensión nominal de la instalación.

3.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD CON RELACION A LA TENSION NOMINAL

<u>Tensión entre fases</u>	<u>Distancia mínima</u>
Hasta 10 KV	0,80 m
Hasta 15 KV	0,90 m
Hasta 20 KV	0.95 m
Hasta 25 KV	1,00 m
Hasta 30 KV	1,10 m
Hasta 45 Kv	1,20 m
Hasta 66 KV	1,40 m
Hasta 110 KV	1.80 m
Hasta 132 KV	2,00 m
Hasta 220 KV	3,00 m
Hasta 380 KV	4,00 m

No se deben interpolar distancias para tensiones nominales intermedias, no contempladas en este cuadro, tomándose como base el situarse siempre a la distancia señalada para la tensión inmediata superior a la que se va a trabajar si aquella no estuviese referida en este cuadro.

Para tensiones inferiores a 1.000 V. se debe considerar como distancia mínima de seguridad la de 0,40 m.

Las distancias mínimas de seguridad indicadas se pueden reducir si se protegen adecuadamente con aislantes las instalaciones o se interponen mamparas o placas entre dichas instalaciones con tensión y la zona de trabajo.

Para el personal no especializado en instalaciones eléctricas se fijarán distancias superiores a las mencionadas y éstas en cada caso, se estudiarán en función del tipo de trabajo y entorno del mismo.

4.- TENSIONES NOMINALES.

"Tensión nominal" es la tensión eficaz medida entre las fases de una instalación eléctrica. Esta denominación se refiere a determinadas características de su funcionamiento.

Tensión más elevada es aquella máxima "tensión eficaz" entre fases, que en un instante dado, pueden presentarse en un punto cualquiera de la instalación en condiciones normales de explotación.

En el siguiente cuadro se especifica la tensión más elevada que corresponde a una tensión nominal determinada:

<u>Tensión nominal (KV)</u>	<u>Tensión más elevada (KV)</u> (según Norma C.E.I.)
3	3,6
6	7,2
10	12,-
15	17,5
20	24,-
30	36,-
45	52,-
66	72,5
132	145,-
220	245,-
380	420,-

5.- APLICACIONES DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD

5.1. TRABAJOS PARA LOS QUE NO SE NECESITA DESCARGAR INSTALACIONES.

Se podrán realizar trabajos sin necesidad de descargar las instalaciones cuando dichos trabajos consistan en la observación, comprobación, medición o reparación en las que no se exija sobrepasar las distancias mínimas señaladas en el punto 3.

5.1.1. Comprobación "ausencia de tensión"

Cuando no hayan las distancias mínimas de seguridad para realizar un trabajo se deberá de solicitar un descargo, que una vez autorizado y para lograr la zona de trabajo se deberán cumplir las 5 reglas de oro:

- 1º Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión.
- 2º Enclavamiento o bloqueo de los mismos.
- 3º Comprobar ausencia de tensión.
- 4º Puesta a tierra y en cortocircuito de todos los conductores.
- 5º Señalización y delimitación de la zona de trabajo.

Para realizar la 3º regla de oro se tendrá en cuenta las figuras I y II.

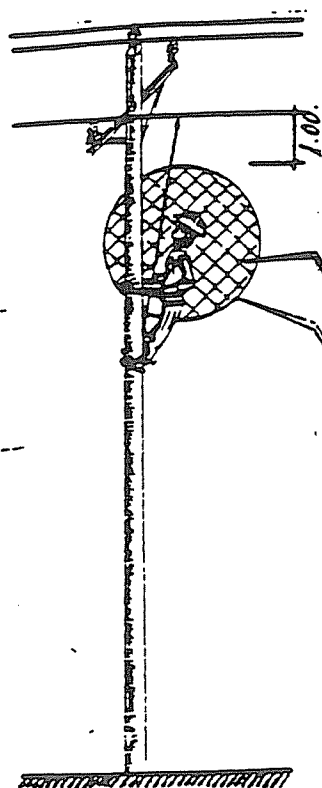
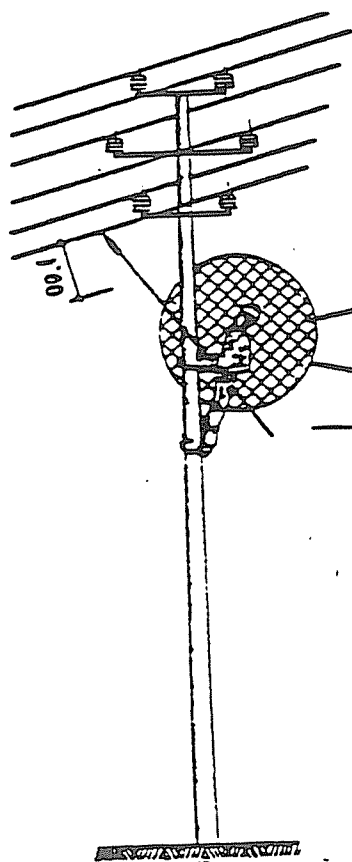


Fig. nº 1.- El operario comprueba la ausencia de tensión con la pértiga detectora en una línea en descargo de un circuito de M.T. y posterior P.A.T. de la misma.

Situación del operario para comprobar ausencia de la tensión y colocación de las tierras

Zona mas peligrosa a 4.00 m. de distancia



Situación del operario para comprobar ausencia de la tensión y colocación de las tierras

Zona mas peligrosa a 1.00 m. de distancia

Fig. nº 2.- El operario comprueba la ausencia de tensión con la pértiga detectora de una línea en descargo de dos circuitos de M.T. y posterior P.A.T. de la misma.

5.1.2. P.A.T. en líneas aéreas con apoyos de madera u hormigón con 1 ó 2 circuitos.

Es evidente que las longitudes de los armados que se tienen normalizados en ENHER con crucetas normales (1.380 mm. 1 circuito) o especiales (1.980 mm. 2 circuitos) sobre apoyos de madera u hormigón no existe la distancia mínima de seguridad entre los puntos en tensión y el fuste o cuerda de apoyo por donde normalmente se accede a los herrajes y conductores; esa falta de distancia obliga a no pasar de la zona de seguridad cuando se quiera realizar cualquier observación sobre la línea; esta zona de seguridad queda definida mediante un círculo en la figuras nº 1 y 2.

Esa zona de seguridad solamente se podrá sobrepasar cuando se haya comprobado la ausencia de tensión de las fases inferiores y hayan sido puestas a tierra. La ascensión se realizará realizando las mismas operaciones en fases superiores siempre en este orden de abajo hacia arriba.

5.1.3. P.A.T. en líneas aéreas con apoyos de hormigón o metálicos en 1 y 2 circuitos.

Las operaciones a realizar en este tipo de instalaciones serán similares a las descritas para las líneas sobre apoyos de madera, con la salvedad de que al ser armados de mayor longitud se podrá, en algunos casos, acceder por el fuste hasta llegar a la altura de las crucetas desde donde se realizarán las operaciones de detección de la ausencia de tensión y la colocación de las pinzas de P.A.T., pero siempre sin sobrepasar la zona de seguridad.

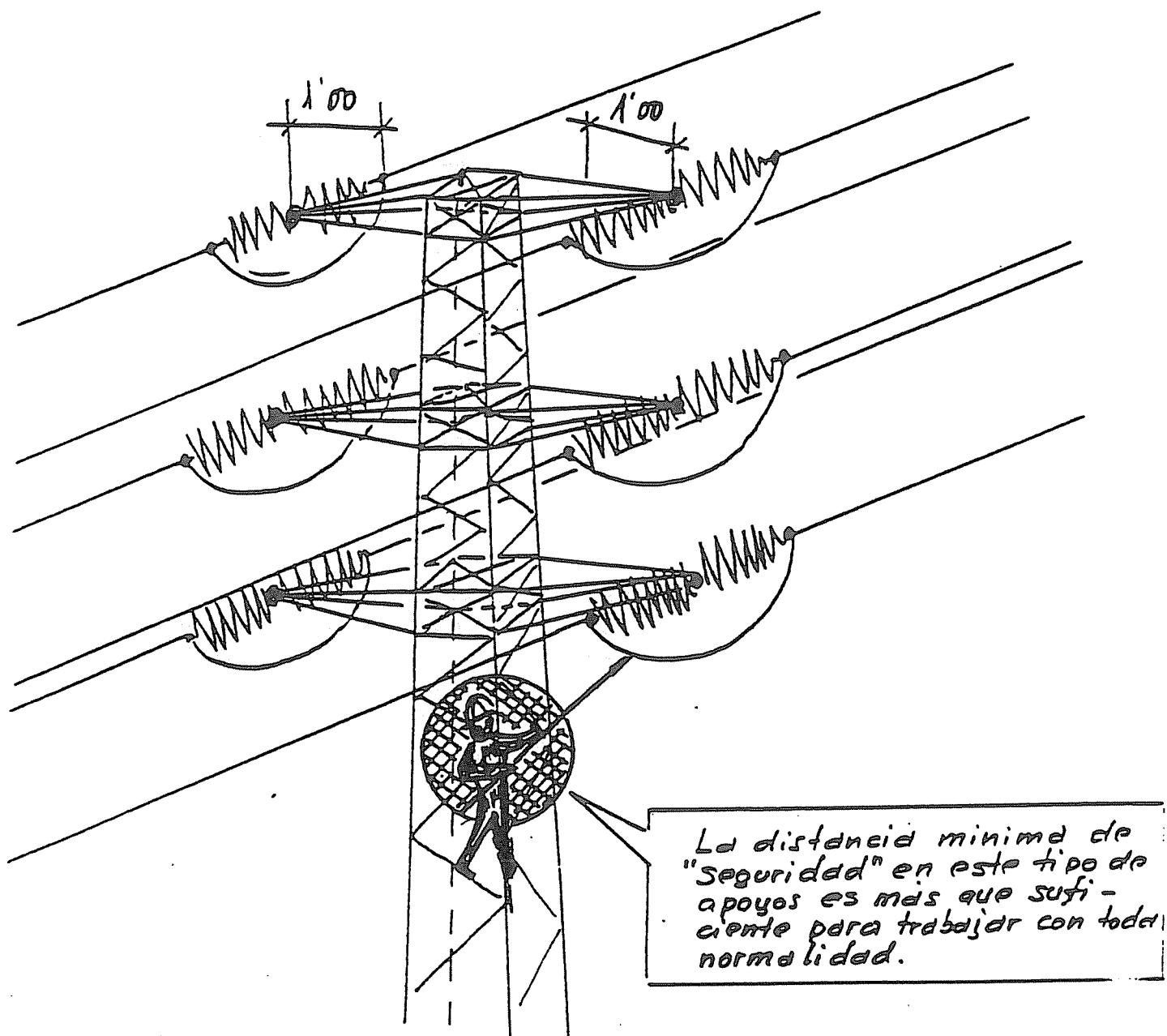


Fig. 3:

Zona de seguridad de acceso prohibido en apoyos de doble circuito y en los que gracias a su armado se pueda acceder hasta las crucetas.

5.1.4. P.A.T. en postes conversación línea aérea a subterránea.

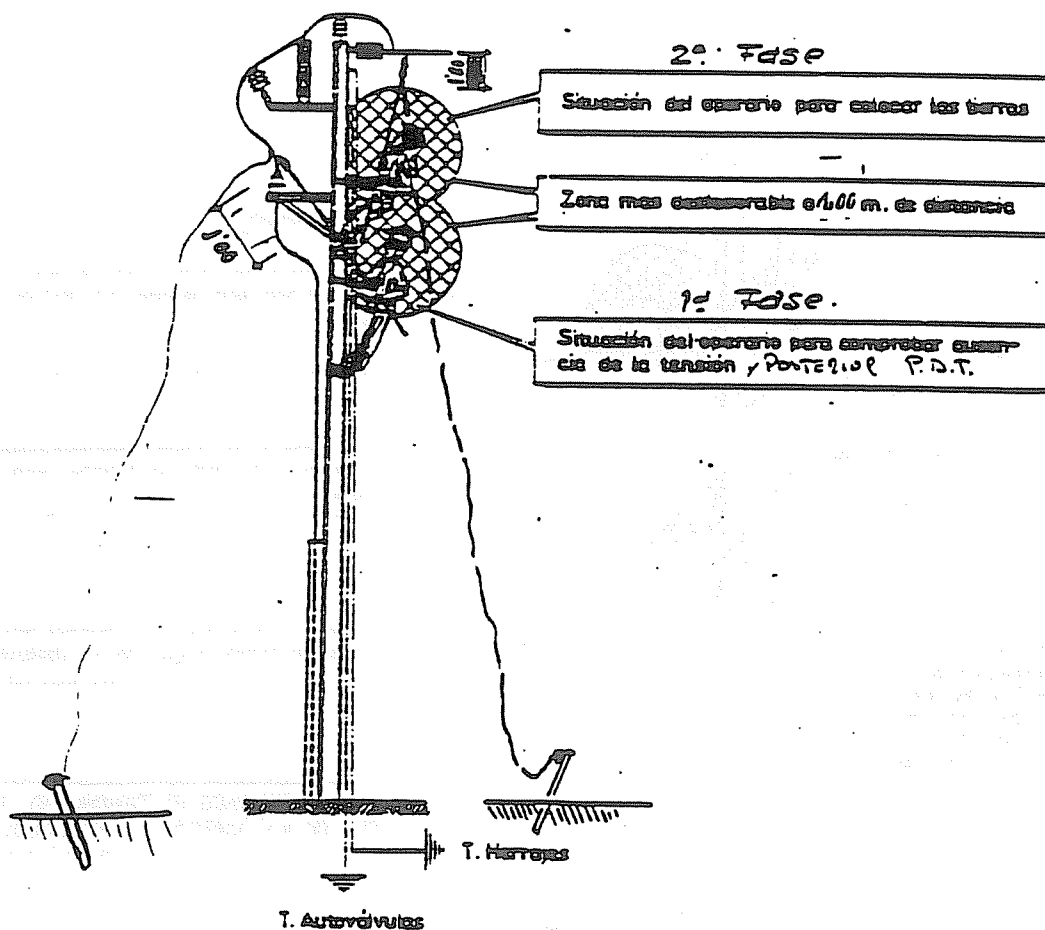


Fig. nº 4: El operario comprueba la ausencia de tensión con la pértiga detectora de una línea en descargo de un circuito conversión a subterránea de M.T. y posterior P.A.T. de la misma.

Para acceder a la cogolla del apoyo primero comprobará la ausencia de tensión en las botellas terminales y colocará la P.A.T. correspondiente para poder continuar subiendo.

5.1.5. Cambio de fusibles sobre postes de transformación.

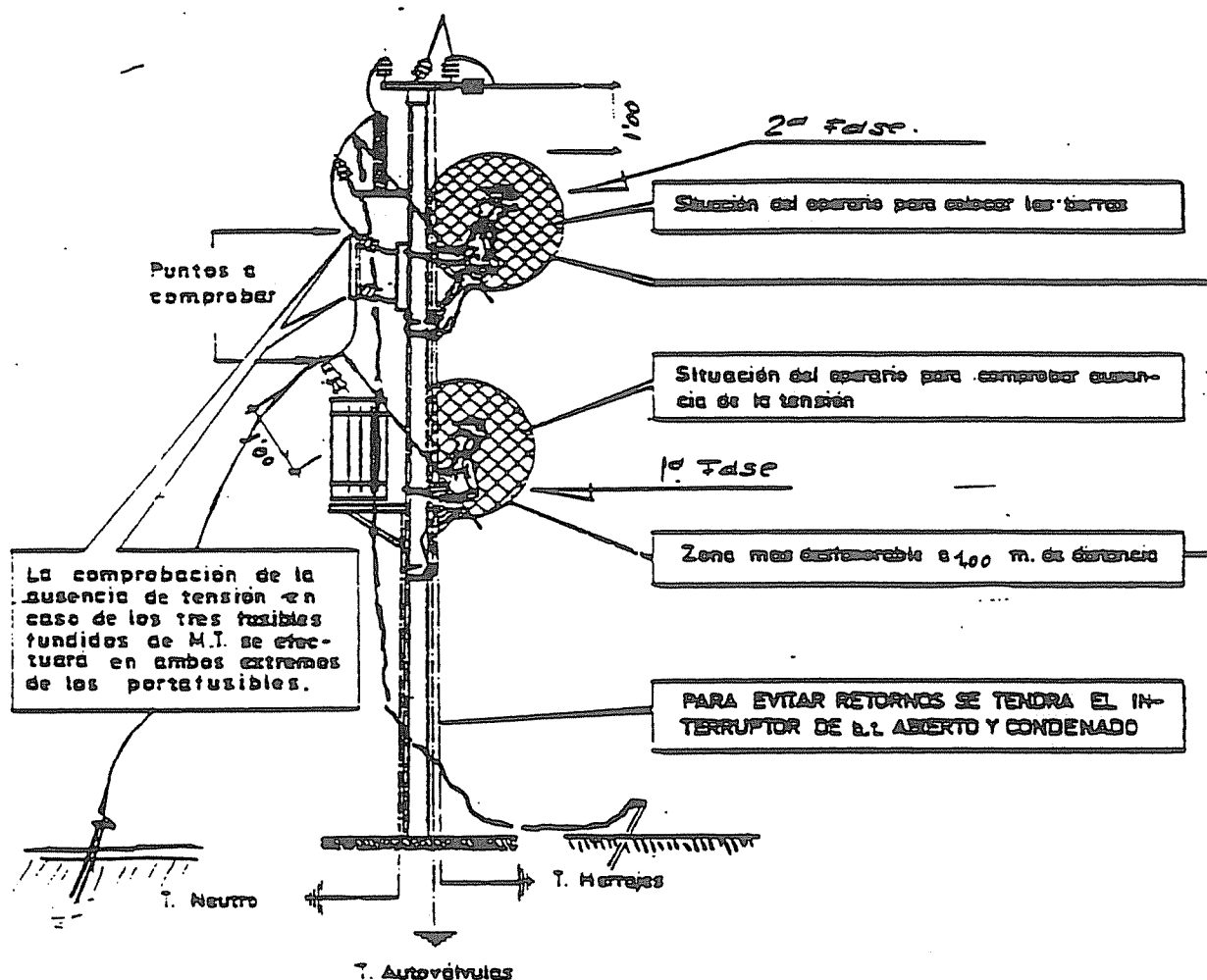


Fig. nº5: El operario comprueba la ausencia de tensión con la pértiga detectora de un P.T. en descargo de M.T. y posterior P.A.T. del mismo, con seccionador en cabecera del apoyo. Para crear la zona de trabajo, colocará la P.A.T. primero en el primario del transformador y posteriormente en salida del seccionador.

5.1.6. y 5.1.7. P.A.T. para cambio de fusibles sobre trafos CC.TT. y P.A.T. para reposición aceite a transformadores.

Las operaciones a que se refieren estos apartados 5.1.6. y 5.1.7., tienen como denominador común el tener que acceder a unos recintos por lo general de reducidas dimensiones y con los posibles puntos en tensión situados a escasa distancia del operario o de las herramientas y medios utilizados por él; por lo tanto como regla de oro fijaremos:

NO SE DEBERAN ABRIR LAS PUERTAS DE PROTECCION sin haber realizado previamente las operaciones siguientes: verificar la ausencia de tensión y colocación de las "tierras" correspondientes según se muestra gráficamente en las figuras que se acompañan (nº 6, 7, 8 y 9) tomando todas las precauciones de protecciones que se exigen en: "las normas de seguridad para las puestas a tierra".

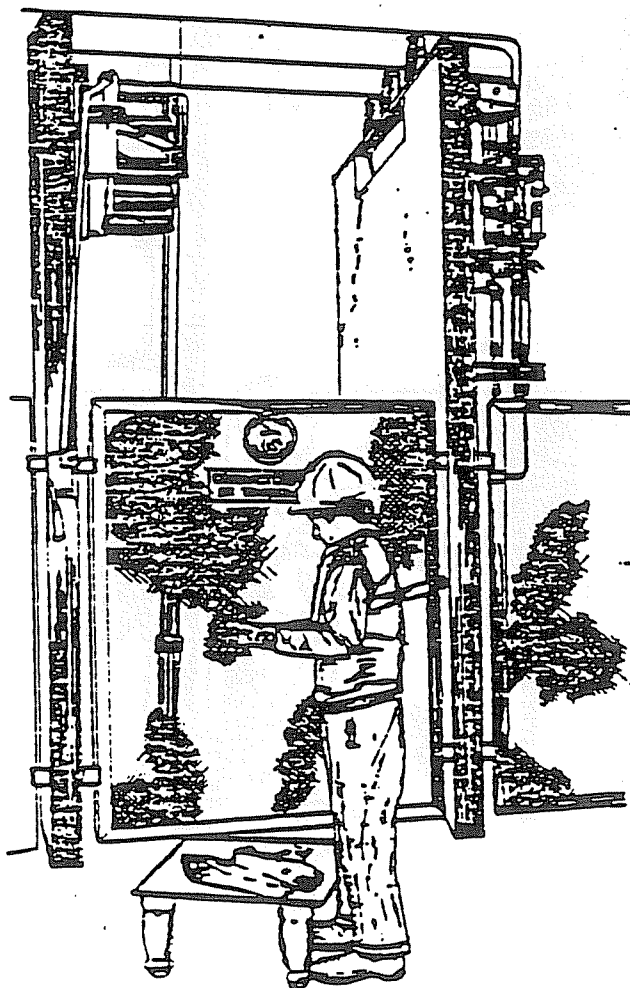


Fig. nº6: Verificación de la lámpara de neón de la pértiga detectora con la magneto, antes y después de la comprobación de la ausencia de tensión.

Si en algún caso hay la necesidad de abrir las rejas de protección para verificar la ausencia de tensión y posterior P.A.T. se podrá abrir la reja señalizando o controlando los movimientos del operario por parte del Jefe de trabajo o Agente de descargo.

Asimismo, se pondrá a tierra y en cortocircuito el cuadro b.t. para crear la zona de trabajo. (caso de no poder colocar el cuadro b.t. a tierra se hará la P.A.T. en el primario del transformador).

Una vez realizadas todas las operaciones que se describen se podrá acceder al interior de las celdas retirando las rejas de protección para proceder a la revisión o reparación de los elementos averiados correspondientes.

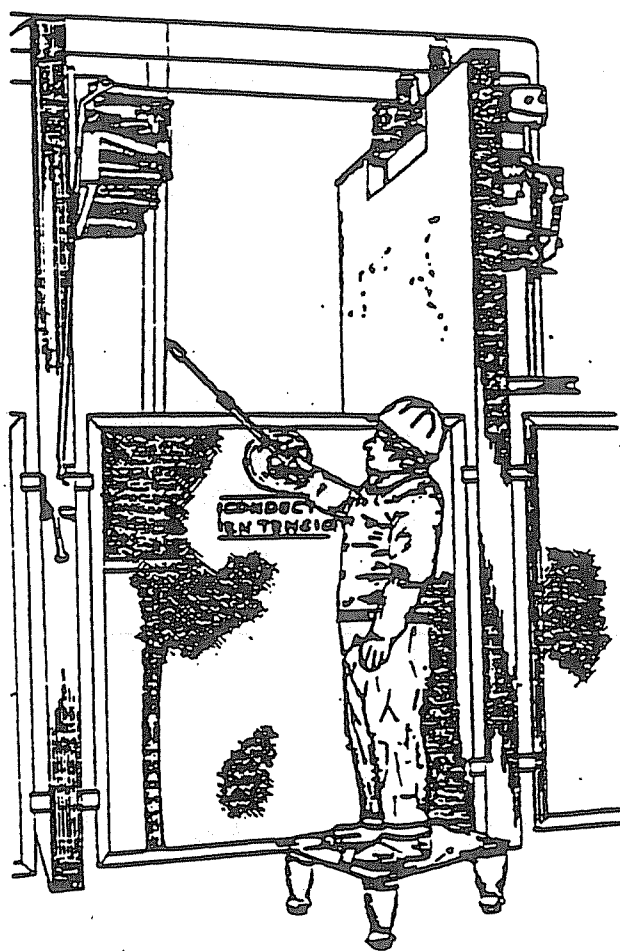


Fig. nº7: Comprobación de la ausencia de tensión, con pértiga detectora, desde el exterior de la celda.

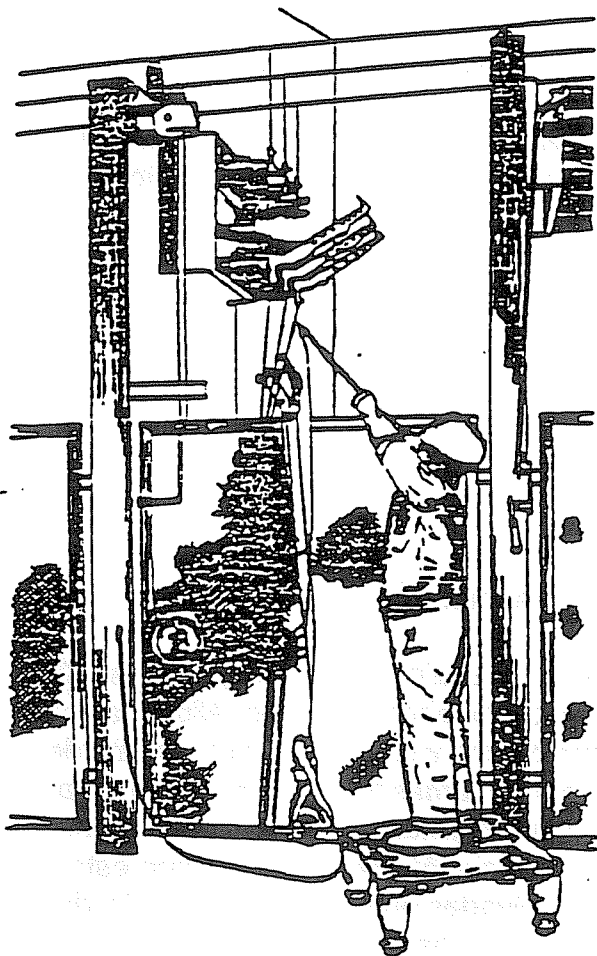
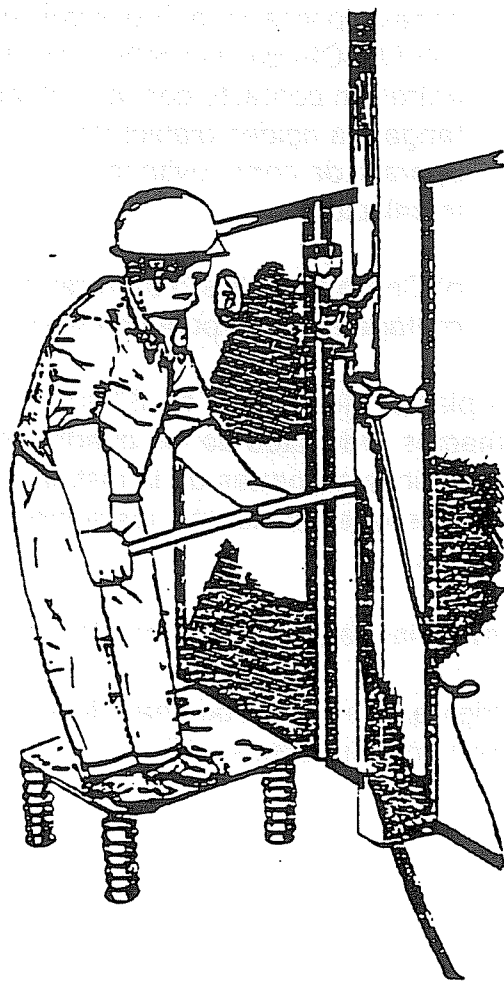


Fig. nº 8: Colocación de la P.A.T. desde el exterior de la celda y por encima de la reja de protección.

Fig. nº 9: Colocación de la P.A.T. desde el exterior de la celda y por el hueco existente entre el escudillo y el marco del tabique.



6.- ELEMENTOS PARA DISMINUIR LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

Para reducir las distancias mínimas de seguridad, se utilizan elementos, (placas dieléctricas), con la suficiente rigidez dieléctrica para impedir el paso de corriente entre la instalación con tensión y cualquier parte de la zona de trabajo.

6.1. PLACAS PARA CC.TT. CC.DD Y OTROS.

- Placas dieléctricas MT/BT.

- Placas no dieléctricas.

6.1.1. Placas dieléctricas MT/BT.

Las placas dieléctricas de MT se utilizan fundamentalmente de dos maneras:

a) En los aparatos de corte en donde existe tensión en una de sus partes, ver figs. 10, 11 y 12, con el fin de conseguir realizar los trabajos correspondientes, por ello, una vez colocadas dichas placas dieléctricas entre los puntos con y sin tensión del aparato de corte se podrá situar el operario o los materiales y herramientas por él utilizados a menor DISTANCIA que las de SEGURIDAD indicadas anteriormente, llegando incluso a poder entrar en contacto con las placas sin riesgo de electrocución siempre y cuando éstas tengan la rigidez dieléctrica apropiada y estando apoyadas en la parte sin tensión del aparato de corte, evitando que entre en contacto con las partes energizadas de la instalación.

b) Como pantallas o barreras físicas en instalaciones de las que los operarios deban protegerse, al no poder conseguir mantener las distancias de seguridad reglamentarias.

Las placas dieléctricas de BT se utilizan principalmente para protegerse en contra de los contactos indirectos de los cuadros de BT existentes en la CC.TT. y en otros casos más esporádicos en partes de la instalación por falta de distancias de seguridad respecto a los operarios que maniobran los aparatos de la instalación, o, en su caso, realizan trabajos diversos.

El material de que están constituidas es EPOXI, P.V.C. o cualquier dieléctrico análogo.

La rigidez dieléctrica que han de tener estas placas hasta la perforación será de 2 veces la tensión nominal, más 1 KV.

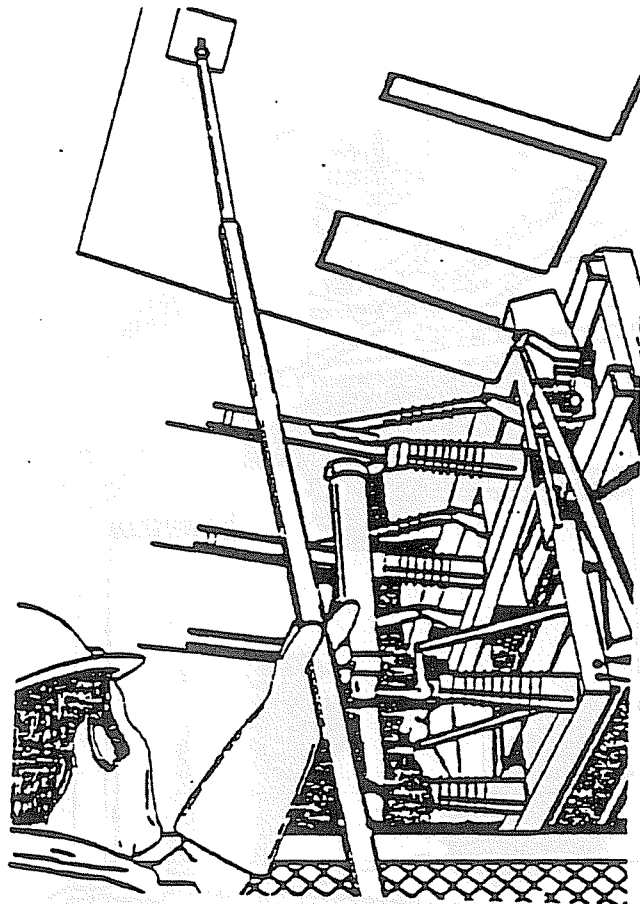


Fig. nº 10: Ejemplo de colocación de una placa dieléctrica en un interruptor MESA. Una vez colocada la placa y puesta a tierra y en cortocircuito el cuadro de BT o en primario del transformador se pueden cambiar los fusibles siempre que el operario no rebase la altura de la placa. Caso contrario se debe "descargar" la instalación.

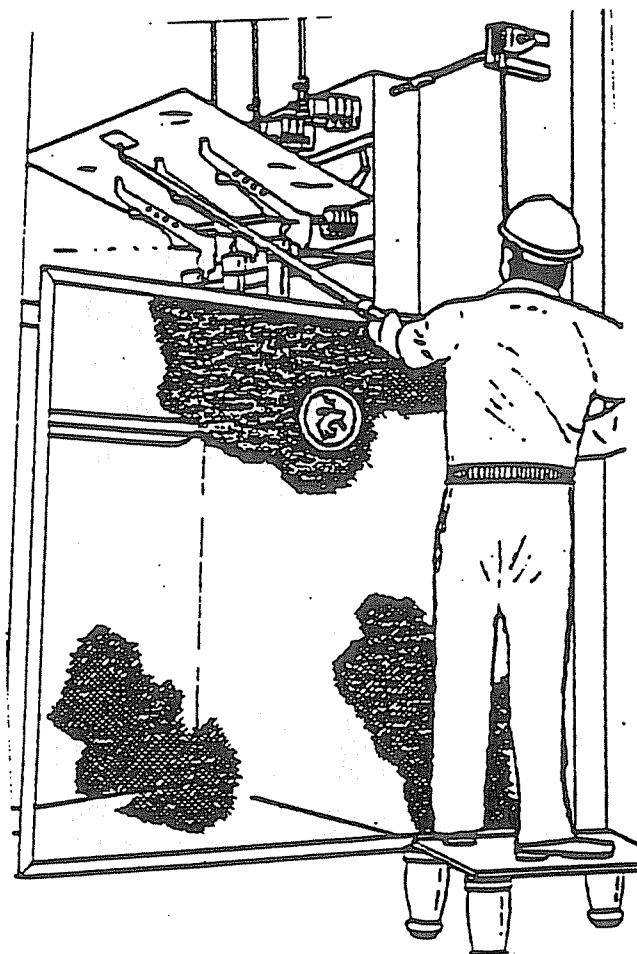


Fig. nº 11: Colocación de una placa dieléctrica para facilitar el cambio de fusibles de M.T. en un interruptor Stop-Arc, actuando siempre por debajo de la misma, y teniendo el cuadro de B.T. a tierra y en cortocircuito o en el primario del transformador.

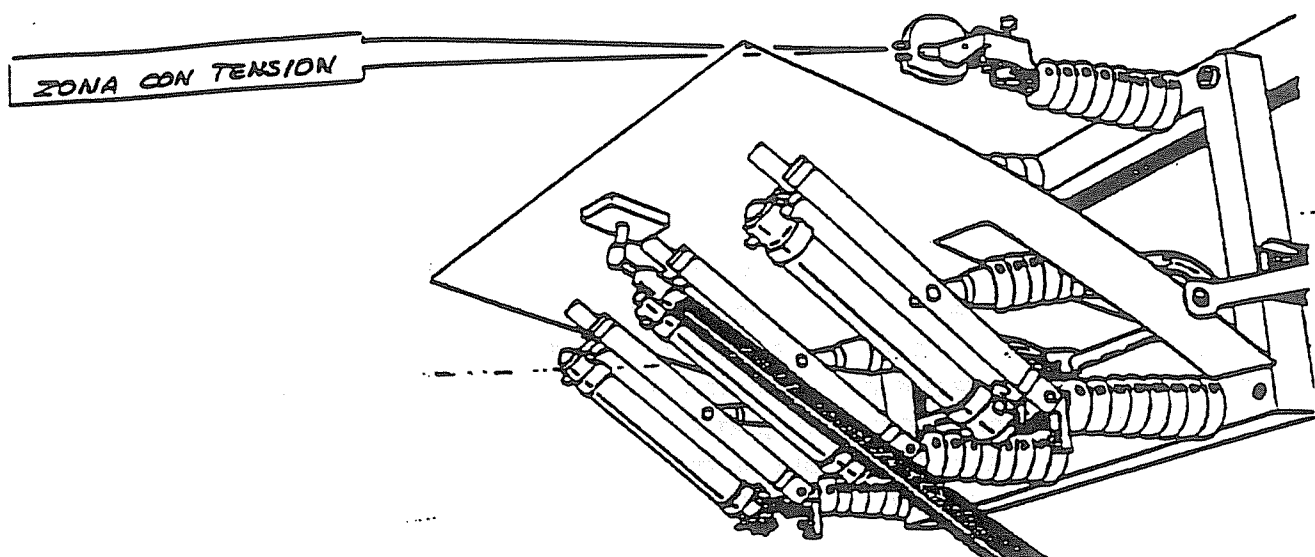


Fig. nº 12: Colocación de una placa dieléctrica, para poder efectuar el cambio de fusibles de M.T. actuando siempre en la parte inferior de la misma. En este tipo de seccionador COOK es ineludible la colocación de la mencionada placa para cambiar los fusibles. Caso contrario "descarga" la instalación.

Una vez situada la placa y fijada adecuadamente, podremos acceder a sustituir el fusible averiado o bien reponer aceite en el trafo o cualquier tipo de operación siempre que se trabaje por debajo de la placa dieléctrica, que es la que nos ofrece la zona de seguridad adecuada, junto con la puesta a tierra y en cortocircuito el cuadro de B.T.

6.1.2. Placas no dieléctricas.

Son aquellas que no teniendo la suficiente rigidez pueden llegar a ser conductoras de la electricidad. Su utilización se limitará sólo y exclusivamente como barrera física ante los elementos en tensión, pero por su condición de no dieléctrica su instalación se realizará en "descarga", dejando la separación reglamentaria entre los elementos en tensión y las masas. Un ejemplo de aplicación de estas barreras físicas es el siguiente:

Se trata de confeccionar unos terminales interiores en una celda de reducidas dimensiones y donde tenemos puntos en tensión a unas distancias inferiores a las mínimas de seguridad.

Se trata de confeccionar unos terminales en una celda de reducidas dimensiones donde tenemos puntos en tensión a unas distancias inferiores a la mínimas de seguridad.

Dado que para esta operación deberíamos realizar un "descargo" durante todo el tiempo que conlleve la confección de los terminales, se podría sin disminuir las garantías de seguridad de los operarios, realizar un pequeño descargo para situar a las distancias reglamentarias entre las masas y los elementos en tensión, las placas no dieléctricas o barreras físicas; una vez situadas y fijas éstas normalizar el servicio y proceder a la elaboración de los terminales sin riesgo posible de contactos con los puntos en tensión; cuando se hayan acabado de realizar los terminales se efectúa otro pequeño descargo para poder retirar las placas e introducir en el sistema la línea para la que se han confeccionado los terminales. A continuación se normaliza el servicio de la instalación.

La descripción de este ejemplo demuestra una de las posibilidades de evitar siempre el riesgo valiéndose de las experiencias y huir de las temeridades que significa trabajar en puntos donde los elementos en tensión y el operario, puedan estar por debajo de las mínimas DISTANCIAS DE SEGURIDAD indicadas en el nº 3.