

9.- MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA TENSIONES PELIGROSAS**9.0.- GENERALIDADES.**

9.0.1.- Al accionar un sistema o circuito eléctrico el operador corre el riesgo de quedar sometido a tensiones peligrosas por contacto directo o por contacto indirecto.

9.0.2.- Se entenderá que queda sometido a una tensión por contacto directo, cuando toca con alguna parte de su cuerpo una parte del circuito o sistema que en condiciones normales esta energizada.

9.0.3.- Se entenderá que queda sometido a una tensión por contacto indirecto, cuando toca con alguna parte de su cuerpo una parte metálica de un equipo eléctrico que en condiciones normales está desenergizada, pero que en condiciones de falla se energiza.

9.0.4.- Se protegerá al operador o usuario de una instalación o equipo eléctrico contra los contactos directos, utilizando alguna de las medidas prescritas en 9.1 o mediante combinación de ellas.

9.0.5.- Se protegerá al operador o usuario de una instalación o equipo eléctrico contra los contactos indirectos, limitando al mínimo el tiempo de la falla, haciendo que el valor del voltaje con respecto a tierra que se alcance en la parte fallada sea igual o inferior al valor de seguridad, o bien, haciendo que la corriente que pueda circular a través del cuerpo del operador, en caso de falla, no exceda de un cierto valor de seguridad predeterminado.

El cumplimiento de estas condiciones se logrará aplicando alguna de las medidas contenidas en 9.2 o en la sección 10.

9.0.6.- Para los efectos de fijar las medidas de seguridad originadas en la aplicación de los conceptos contenidos en 9.0.2 a 9.0.5, se establecen los siguientes valores:

9.0.6.1.- Se aplicará la definición de zona alcanzable establecida en 5.4.4.1 y hoja de norma N° 2.

9.0.6.2.- El valor de resistencia del cuerpo humano se considera igual a 2.000 Ohm, para los efectos de aplicación de esta Norma.

NA.- *Este valor de la resistencia del cuerpo humano debe considerarse sólo como un valor referencial, utilizable exclusivamente en el ámbito de la norma y restringido a alguno de sus aspectos específicos. No existe un único valor de la resistencia o impedancia equivalente del cuerpo puesto que su comportamiento está definido básicamente por la piel y la condición en que esta se encuentra en el momento del choque eléctrico. La resistencia del cuerpo entre ambas manos, con un contacto sin piel de por medio, tiene un valor medio para varones de edad intermedia del orden de 500 Ohm; sin embargo la presencia de una piel sana, seca y un poco más gruesa que el promedio, puede elevar el valor equivalente a cifras del orden de 1 Megohm. Desgraciadamente la piel pierde esta calidad de casi aislante con suma facilidad y por una amplia diversidad de motivos, de modo que para fines de estudios de seguridad esta cifra tan alta solo debe tomarse como un dato anecdótico, sin valor práctico.*

9.0.6.3.- Para los efectos de aplicación de esta Norma, se considerarán como máximos valores de tensión a los cuales puede quedar sometido el cuerpo humano sin ningún riesgo, 50 V en lugares secos y 24 V en lugares húmedos o mojados en general y en salas de operaciones quirúrgicas en particular.

- 9.0.6.4.- Se considerará piso aislante aquel que tenga una resistencia superior a 50.000 Ohm, en instalaciones que operen a una tensión de servicio de 380/220 V y a una frecuencia de 50 Hz.

Para establecer la calidad de aislante de un piso se efectuará una medida de resistencia colocando sobre él un paño húmedo de forma cuadrada y de aproximadamente 270 mm de lado; sobre él se colocará una placa metálica limpia, sin óxido, de forma cuadrada y de 250 mm por lado; sobre esta última se colocará una placa de madera de igual dimensión y de un espesor mínimo de 20 mm; el conjunto se cargará con un peso de aproximadamente 70 Kg. Ver hoja de norma N° 12.

Se medirá la tensión mediante un voltímetro de resistencia interna R_i , de aproximadamente 3.000 Ohm, sucesivamente entre:

- Un conductor de fase y la placa metálica: esta tensión la llamaremos V_2 .
- Entre el mismo conductor de fase y una toma de tierra eléctricamente distinta de la placa y de resistencia despreciable frente a R_i ; esta tensión la llamaremos V_1 .

La resistencia buscada estará dada por la expresión:

$$R_p = R_i \left[\frac{V_1}{V_2} - 1 \right]$$

En un mismo local se efectuarán por lo menos tres mediciones. Si existe un elemento conductor en la zona, por lo menos una de las mediciones deberá hacerse a una distancia de 1,00 m de él.

Para que el piso sea considerado aislante ninguna de las mediciones deberá arrojar valores inferiores a 50.000 Ohm. La disposición descrita aquí no es aplicable a sistemas o circuitos con neutro aislado de tierra.

9.1.- MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

- 9.1.1.- Se considerará suficiente protección contra los contactos directos con partes energizadas que funcionen a más de 50 V, la adopción de una o más de las medidas siguientes:

- 9.1.1.1.- Colocación de la parte energizada fuera de la zona alcanzable por una persona, definida en 9.0.6.1.
- 9.1.1.2.- Colocando las partes activas en bóvedas, salas o recintos similares, accesibles únicamente a personal calificado.
- 9.1.1.3.- Separando las partes energizadas mediante rejas, tabiques o disposiciones similares, de modo que ninguna persona pueda entrar en contacto accidental con ellas y que sólo personal calificado tenga acceso a la zona así delimitada.
- 9.1.1.4.- Recubriendo las partes energizadas con aislantes apropiados, capaces de conservar sus propiedades a través del tiempo y que limiten las corrientes de fuga a valores no superiores a 1 miliampere. Las pinturas, barnices, lacas y productos similares no se considerarán como una aislación satisfactoria para estos fines.

9.2.- MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

- 9.2.1.- La primera medida contra los contactos indirectos es evitar que estos se produzcan y esto se logrará manteniendo la aislación en los diversos puntos de la instalación en sus valores adecuados.

- 9.2.2.- Se considera que una instalación tiene un adecuado valor de resistencia de aislación si ejecutadas las mediciones en la forma que se describe a continuación se obtienen valores no inferiores a los prescritos:
- 9.2.2.1.- La resistencia de aislación de una instalación de baja tensión se medirá aplicando una tensión no inferior a 500 V y utilizando instrumentos de corriente continua.
- Durante el proceso de medición los conductores de la instalación o la parte de ella que se quiere medir, incluido el neutro, estarán desconectados de la fuente de alimentación.
- 9.2.2.2.- Se efectuará una primera medición de aislación con respecto a tierra, para lo cual se unirán entre sí todos los conductores de la instalación, exceptuando el de protección; se conectarán todos los artefactos de consumo y todos los interruptores estarán en la posición "cerrado".
- Se aceptará también que la medición se ejecute midiendo la aislación de cada conductor en forma individual, sin necesidad de unirlos.
- A continuación se efectuará una medida de aislación entre conductores, para lo cual éstos se separarán, se desconectarán los artefactos de consumo y los interruptores se mantendrán en la posición "cerrado". La medida se efectuará sucesivamente tomando los conductores de dos en dos.
- 9.2.2.3.- El valor mínimo de resistencia de aislación será de 300.000 Ohm para instalaciones con tensiones de servicio de hasta 220 V. Para tensiones superiores se aceptará una resistencia de aislación de 1.000 Ohm por volt de tensión de servicio para toda la instalación, si su extensión no excede de 100 m. Las instalaciones de extensión superior a 100 m se separarán en tramos no superiores a dicho valor, cada uno de los cuales deberá cumplir con el valor de resistencia de aislación prescrito.
- 9.2.3.- Asumiendo que aún en una instalación en condiciones óptimas, ante una situación de falla, una parte metálica del equipo puede quedar energizada, y además de la verificación y cumplimiento de lo prescrito en 9.2.2, se deberán tomar medidas complementarias para protección contra tensiones de contacto peligrosas. Estas medidas se clasificarán en dos grupos: los sistemas de protección clase A y los sistemas de protección clase B.
- 9.2.4.- En los sistemas de protección clase A, se trata de tomar medidas destinadas a suprimir el riesgo haciendo que los contactos no sean peligrosos, o bien impidiendo los contactos simultáneos entre las masas y los elementos conductores entre los cuales puedan aparecer tensiones peligrosas. Dentro de esta clase encontraremos los siguientes sistemas de protección:
- Empleo de transformadores de aislación.
 - Empleo de tensiones extra bajas.
 - Empleo de aislación de protección o doble aislación.
 - Conexiones equipotenciales.
- 9.2.5.- En los sistemas de protección clase B se exige la puesta a tierra o puesta a neutro de las carcasas metálicas, asociando ésta a un dispositivo de corte automático que produzca la desconexión de la parte de la instalación fallada; dentro de esta clase encontramos los siguientes sistemas:
- Puesta a tierra de protección y dispositivo de corte automático operado por corriente de falla.
 - Neutralización y dispositivo de corte automático operado por corriente de falla

9.2.6.- Sistemas de protección clase A. La aplicación de estas medidas, por sus características, serán posibles en casos muy restringidos y sólo para ciertos equipos o partes de la instalación.

9.2.6.1.- Empleo de transformadores de aislación : Este sistema consiste en alimentar el o los circuitos que se desea proteger a través de un transformador, generalmente de razón 1/1, cuyo secundario este aislado de tierra. Se deberán cumplir las condiciones siguientes:

- Su construcción será de tipo doble aislación.
- El circuito secundario no tendrá ningún punto común con el circuito primario ni con ningún otro circuito distinto.
- No se emplearán conductores ni contactos de tierra de protección en los circuitos conectados al secundario.
- Las carcazas de los equipos conectados al secundario no estarán conectados a tierra ni a la carcasa de otros equipos conectados a otros circuitos, pero la carcasa de todos los equipos conectados al circuito secundario y que pueden tocarse simultáneamente, estarán interconectados mediante un conductor de protección.
- El límite de tensión y de potencia para transformadores de aislación monofásicos será de 220 V y 10 KVA; para otros transformadores de aislación estos valores límites serán de 380 V y 18 KVA, respectivamente.
- En trabajos que se efectúen dentro de recipientes metálicos, tales como estanques, calderas, etc., los transformadores de aislación deben instalarse fuera de estos recipientes.

Este tipo de protección es aconsejable de usar en instalaciones que se efectúen en o sobre calderas, andamiajes metálicos, cascos navales y, en general, donde las condiciones de trabajo sean extremadamente peligrosas por tratarse de locales o ubicaciones muy conductoras. El empleo de este sistema de protección hará innecesaria la adopción de medidas adicionales.

9.2.6.2.- Empleo de tensiones extra bajas: En este sistema se empleará como tensión de servicio un valor de 42 V ó 24 V, de acuerdo a lo prescrito en 9.0.6.3. Su aplicación requiere del cumplimiento de las siguientes condiciones:

- La tensión extra baja será proporcionada por transformadores, generadores o baterías cuyas características sean las adecuadas para este tipo de trabajo.
- El circuito no será puesto a tierra ni se conectará con circuitos de tensión más elevada, ya sea directamente o mediante conductores de protección.
- No se podrá efectuar una transformación de media o alta tensión a tensión extra baja.

El empleo de este sistema de protección es recomendable en instalaciones erigidas en recintos o lugares muy conductoras y hará innecesaria la adopción de otras medidas adicionales de protección

NA.- *Como ejemplo de lugares muy conductoras pueden citarse piscinas en que se utilicen circuitos de iluminación subacuática, circuitos de alimentación a tinas domésticas de hidromasaje, saunas, etc.*

9.2.6.3.- Empleo de aislación de protección o doble aislación: Este sistema consiste en recubrir todas las partes accesibles de carcazas metálicas con un material aislante apropiado, que cumpla lo prescrito en 9.1.1.4 ó utilizar carcazas aislantes que cumplan iguales condiciones.

NA.- *El empleo de materiales no conductores en la construcción de las carcazas de electrodomésticos y máquinas herramientas portátiles ha hecho que este sistema de protección haya alcanzado una gran difusión y efectividad*

9.2.6.4.- Conexiones equipotenciales: Este sistema consiste en unir todas las partes metálicas de la canalización y las masas de los equipos eléctricos entre sí y con los elementos conductores ajenos a la instalación que sean accesibles simultáneamente, para evitar que puedan aparecer tensiones peligrosas entre ellos.

Esta medida puede, además, comprender la puesta a tierra de la unión equipotencial para evitar que aparezcan tensiones peligrosas entre la unión y el piso.

En las condiciones indicadas, deben insertarse partes aislantes en los elementos conductores unidos a la conexión equipotencial, por ejemplo, coplas o uniones aislantes en sistemas de cañerías, a fin de evitar la transferencia de tensiones a puntos alejados de la conexión.

Las puertas y ventanas metálicas o los marcos metálicos que estén colocados en muros no conductores y fuera del contacto de otras estructuras metálicas no necesitan conectarse a la conexión equipotencial.

El empleo de este sistema de protección es recomendable en lugares mojados, debiendo asociarse a uno de los sistemas de protección clase B.

9.2.7.- Sistemas de protección clase B. Son aquellos que se indican a continuación; en ellos, las puestas a tierra deberán cumplir lo prescrito en la sección 10.

9.2.7.1.- Dispositivos automáticos de corte por corriente de falla asociados con una puesta a tierra de protección. Este sistema consiste en la conexión a una tierra de protección de todas las carcazas metálicas de los equipos y la protección de los circuitos mediante un dispositivo de corte automático sensible a las corrientes de falla, el cual desconectará la instalación o el equipo fallado; Ver hoja de norma N° 13. La aplicación de este sistema requiere del cumplimiento de las siguientes condiciones:

- a) En instalaciones con neutro a tierra:
 - La corriente de falla deberá ser de una magnitud tal que asegure la operación del dispositivo de protección en un tiempo no superior a 5 segundos.
 - Una masa cualquiera no puede permanecer a un potencial que exceda el valor de seguridad prescrito en 9.0.6.3, en relación con una toma de tierra.
 - Todas las masas de una instalación deben estar conectadas a la misma toma de tierra.
- b) En instalaciones con neutro flotante o conectado a tierra a través de una impedancia

Se cumplirán las mismas condiciones de a); en donde no se pueda cumplir la primera condición, deberán cumplirse las siguientes otras condiciones:

- Deberá existir un dispositivo automático de señalización que muestre cuando se haya presentado una primera falla de aislación en la instalación.
- En caso de fallas simultáneas que afecten la aislación de fases distintas o de una fase y neutro, la separación de la parte fallada de la instalación debe asegurarse mediante dispositivos de corte automático que interrumpan todos los conductores de alimentación, incluso el neutro.

9.2.7.2.- Como dispositivos de corte automático para la aplicación de las medidas contenidas en 9.2.7.1 se podrán emplear fusibles o disyuntores, siempre que sus características de operación sean adecuadas. El empleo de estos dispositivos exigirá que la impedancia de falla tenga un valor extremadamente bajo y el valor de la resistencia de la tierra de protección debe ser tal que no permita la aparición de tensiones que excedan los valores de seguridad. En general, esto sólo será posible de obtener cuando el terreno sea buen conductor y cuando en la red exista un gran número de puestas a tierra de servicio. Ver sección 10.

En instalaciones en que la impedancia de falla y la puesta a tierra de protección tengan valores tales que no permitan el cumplimiento de las prescripciones de 9.2.7.1, se deberán utilizar los protectores diferenciales como dispositivos asociados a los de corte automático.

9.2.7.3.- Empleo de protectores diferenciales. Las condiciones de operación de un protector diferencial se establecen en la definición 4.1.27.4 de la sección Terminología, para una mejor comprensión de su alcance ver hoja de norma N° 13. En los casos en que el diferencial se emplee en instalaciones de uso doméstico o similar en caso de falla deberá interrumpir el suministro eléctrico al circuito protegido, aún en ausencia del conductor neutro. Otras características de este sistema de protección son las siguientes:

- El valor mínimo de corriente de falla diferencial a partir del cual el dispositivo opera determina la sensibilidad del aparato.
- El valor de resistencia de la puesta a tierra a que debe asociarse un protector diferencial se determinará de acuerdo a la sensibilidad de éste y debe cumplir la relación:

$$R = \frac{V_s}{I_s}$$

Siendo I_s el valor de la sensibilidad del diferencial expresado en Amperes, V_s el voltaje de seguridad de acuerdo a 9.0.6.3 y R la resistencia de puesta a tierra de protección.

- De forma similar, se puede emplear estos aparatos cuando se aplica el sistema de neutralización como medio de protección, cumpliendo las prescripciones del párrafo 9.2.7.4.

9.2.7.4.- Neutralización. Este sistema consiste en unir las masas de la instalación al conductor neutro, de forma tal que las fallas francas de aislación se transformen en un cortocircuito fase-neutro, provocando la operación de los aparatos de protección del circuito. Ver hoja de norma N° 14.

En la implementación de este sistema se pueden adoptar dos modalidades: la conexión directa de las carcasas al neutro de la instalación, figura 1 de hoja de norma N° 14, o la conexión de las carcasas a un conductor de protección asociado al neutro de la instalación, figura 2 de hoja de norma N° 14. Sin embargo, para los fines de aplicación de esta Norma sólo se considerará aceptable la Neutralización con un conductor de protección asociado al neutro.

Para utilizar este sistema de protección deben cumplirse las siguientes condiciones:

- La red de distribución deberá cumplir lo establecido en 10.1.6.
- Los dispositivos de protección deberán ser disyuntores o fusibles.
- La corriente de falla estimada en el punto será de una magnitud tal que asegure la operación de las protecciones en un tiempo no superior a 5 segundos.

- Todas las carcazas de los equipos deberán estar unidas a un conductor de protección, el que estará unido al neutro de la instalación.
- En caso de instalaciones alimentadas desde una subestación propia, el conductor de protección se conectará directamente al borne de neutro del transformador o al electrodo de tierra de servicio del mismo. En este caso la resistencia de la puesta a tierra de servicio de la subestación deberá tener un valor inferior a 20 Ohm.
- En caso de instalaciones con empalme en BT el conductor de protección se conectará al neutro en el empalme, debiendo además asociarse el sistema de neutralización a otro sistema de protección contra contactos indirectos que garantice que no existirán tensiones peligrosas ante un eventual corte del neutro de la red de distribución.
- La sección del conductor de protección será igual a la del neutro.
- El conductor de protección será aislado y de iguales características que el neutro

Se recomienda emplear el sistema de neutralización asociado a protectores diferenciales de alta sensibilidad, efectuando la unión entre el neutro y el conductor de protección antes del diferencial.

9.3.- **Protección contra sobretensiones en instalaciones y equipos**

Se recomienda instalar dispositivos protectores o supresores de sobretensión en circuitos de una instalación de consumo que alimente a consumos constituidos por equipos electrónicos, tales como computadores, máquinas de fax, impresoras, plantas telefónicas, reproductores de audio y vídeo, etc.