

SEGURIDAD ELÉCTRICA

Objetivos: Transmitir los modernos conceptos de Seguridad en relación a los riesgos que implica el uso de la Energía Eléctrica en Instalaciones Inmuebles para la vida del ser humano y la conservación de sus bienes.

I.- Efectos de la corriente eléctrica pasando a través del cuerpo humano.

Los valores de la impedancia total del cuerpo dados en la Tabla N1 son válidos para seres vivos siendo el camino de corriente mano a mano o mano a pie para una área de contacto de 50 cm² a 100 cm² y con piel seca. Con voltaje hasta 50V, los valores medidos con piel mojada con agua normal son de 10 a 25 % mas bajos que con piel seca, con soluciones conductivas del agua, la impedancia baja considerablemente la mitad de los valores en seco. Con voltaje más altos hasta 150 V, la impedancia del cuerpo depende solo ligeramente de la humedad y del área de contacto.

Tabla Nro. I			
VOLTAJE DE CONTACTO	VALOR DE Z _t QUE NO SUPERAN EL % DE POBLACION		
	5%	50%	95%
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	2200	3500
100	1200	1875	3200
125	1125	1625	2875
220	1000	1350	2125

Impedancia Interna del Cuerpo Humano como una función del camino de la corriente.

Valores Estadísticos de la Impedancia Total válidos para seres humanos vivos y para caminos de corriente mano a mano o mano a pie, para voltajes de contacto hasta 700V.

Mediciones realizadas sobre humanos vivos y muertos y análisis estadísticos de los resultados.

Procedimiento:

1) Mediciones fueron hechas sobre 50 personas vivas con voltaje de contacto hasta 15 V. y 100 personas con 25 V. con corriente de paso mano a mano y con superficie de contacto de aproximadamente 80 cm² en condiciones secas.

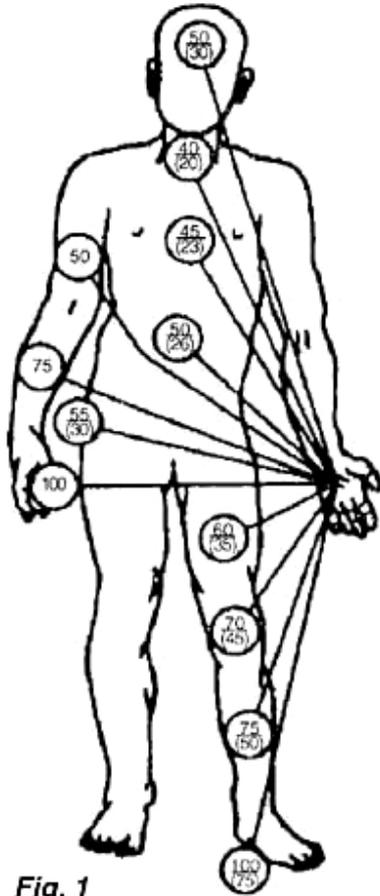


Fig. 1

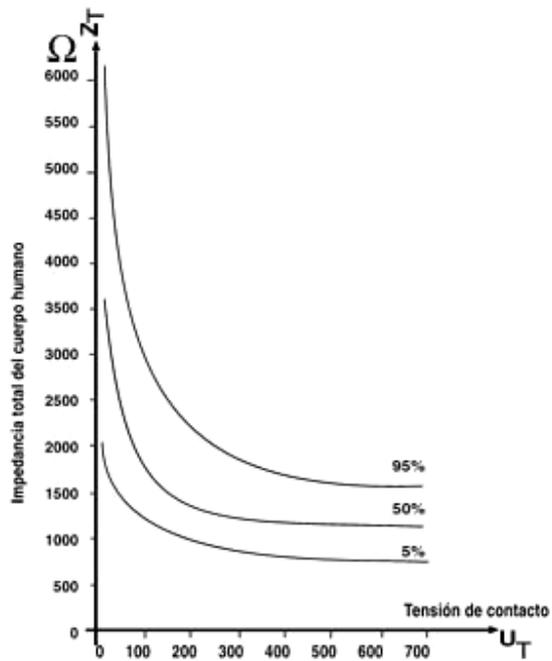


Fig. 2

Los valores de impedancia total del cuerpo para rangos de porcentaje de 5% - 50% y 95% de la población fueron determinados por dos métodos estadísticos los cuales dieron casi igual. Las mediciones fueron hechas 0,1 segundo después de aplicado el voltaje.

Efectos de la corriente alterna en el rango de 15 Hz a 100 Hz.

Definiciones

1) Umbral de Percepción: Es el valor mínimo de la corriente que causa alguna sensación para la persona atravesada por ella.

2) Umbral de desprendimiento: Es el valor máximo de corriente a la cual alguna persona agarrada a electrodos puede desprenderse de ellos.

3) Umbral de Fibrilación Ventricular: El valor mínimo de la corriente el cual causa fibrilación ventricular.

4) Período Vulnerable: El período vulnerable abarca una parte comparativamente reducida del ciclo cardíaco (10 al 20%), durante el cual las fibras del corazón están en estado no homogéneo de excitabilidad y la fibrilación ventricular ocurre si ellas son excitadas por una corriente eléctrica de suficiente valor.

Efectos de la corriente:

A) Umbral de Percepción: Este depende de varios parámetros tales como: área del cuerpo en contacto, condiciones del contacto (seco - mojado - temperatura) y también de las características fisiológicas de las personas, en general se toma 0,5 mA independiente del tiempo.

B) Umbral de desprendimiento: Al igual que en A) dependen de los mismos parámetros. Un valor de 10mA se considera normal .

C) Umbral de fibrilación ventricular: Este valor depende de parámetros fisiológicos (anatomía del cuerpo, estado del corazón, duración camino, clases de corrientes, etc. Con corriente de 50 y 60 Hz hay una considerable disminución del umbral de fibrilación y su aparición, si la corriente fluye más allá de un ciclo cardíaco (400 mseg.) Para shock eléctrico menor a 0,1 seg. la fibrilación puede ocurrir recién con corrientes mayores a 500 mA. **Y para 3 seg. a solo 40 mA.** La fibrilación ventricular es la causa principal de muerte por shock eléctrico, pero esta también se produce por asfixia o paros cardiacos. Otros efectos: Contracciones musculares, dificultades en la respiración, aumento en la presión y paros cardíacos transitorios pueden ocurrir sin llegar a la fibrilación ventricular. La corriente eléctrica tiene efectos sobre el cuerpo humano, posteriores al momento de su descarga. Así, se comprueban efectos luego de 6 meses en hombros y riñones por descargas recibidas a través de la mano.

Nota: Con corrientes de varios Amperes (3 a 5) hay energía como para originar incendios.

Descripción de Zonas (Ver Fig. Nro. 3)

Tabla Nro. II	
Zonas	Efectos Fisiológicos.
Zona I	Normalmente sin reacción.
Zona II	Usualmente sin efectos fisiológicos.
Zona III	Usualmente no se esperan daños orgánicos. Aparecen contracciones musculares y dificultad en la respiración, disturbios reversibles de impulsos

en el corazón. Paros cardiacos transitorios sin fibrilación ventricular se incrementan con la corriente y el tiempo.

Zona IV

En adición a los efectos de la Zona III, la probabilidad de fibrilación ventricular se incrementa hasta un 5% sobre (curva C2), y hasta un 50% (curva C3), y arriba de un 50% por encima de la curva c3. Los efectos de paros cardiacos, respiratorios y quemaduras pueden ocurrir con el incremento de la corriente y el tiempo .

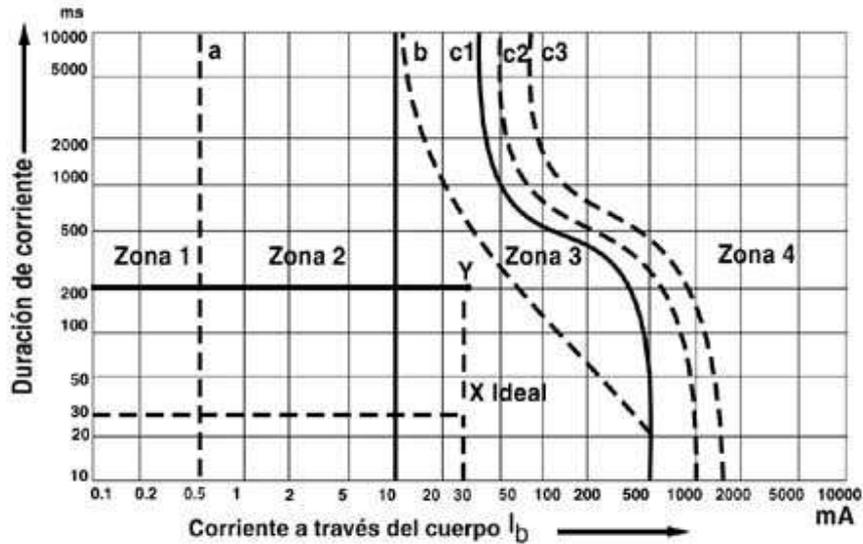


Fig. 3

Curva de Tiempo / Corriente de efectos de la corriente sobre las personas (15 a 100 Hz.).

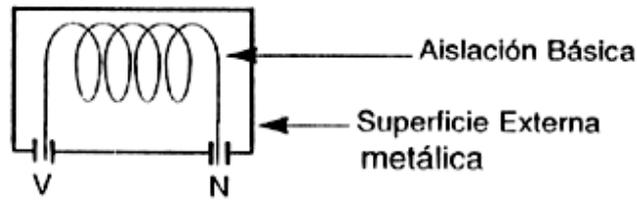
X: Punto de accionamiento de los Interruptores Automáticos de Corriente Diferencial.

30mA - Y - Accionamiento según Norma IRAM 2301.

II. Clasificación de los Equipos y Aparatos Eléctricos y Electrónicos en relación a la protección contra shock eléctrico

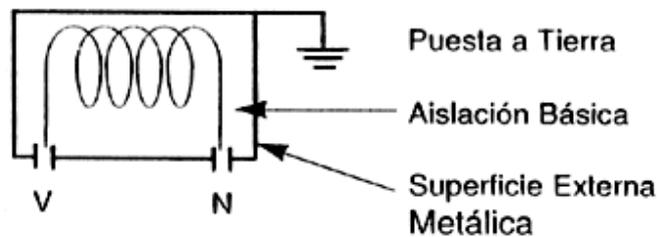
Clases de Equipos:

Equipo Clase O: Equipo en el cual la protección contra shock eléctrico se hace solo con aislación Básica, esto significa que no hay medios para la conexión o partes conductivas accesibles de un conductor de protección.

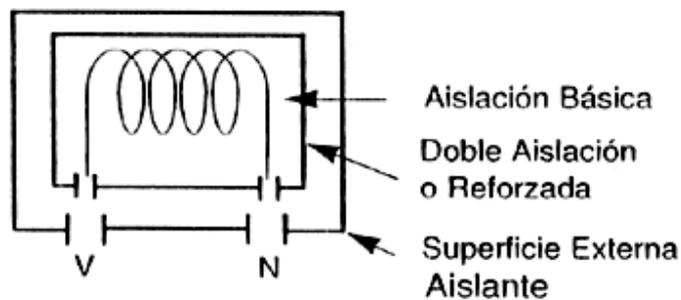


En Europa la aislación del piso y paredes y hasta una altura de 2,50 mts. debe ser mayor a $50k\Omega$

Equipo Clase I: Equipo en el cual la protección contra el shock eléctrico no se realiza solamente con aislamiento Básico, sino que incluye una protección adicional de tal forma que se permite la conexión de las (Masas) conductivas accesibles al conductor de protección (conectado a tierra) de tal manera que dichas partes no alcancen un potencial eléctrico en caso de falla de la aislamiento Básico.



Equipo Clase II: Equipo en el cual la protección contra el shock eléctrico no se realiza solamente con la aislamiento Básico, sino que incluye una protección adicional consistente en: doble aislamiento o aislamiento reforzado y que no permiten la provisión de una conexión a tierra. **Equipo Clase III:** Equipo en el cual la protección contra shock eléctrico se logra con un voltaje extra bajo de la alimentación.



Equipo Clase III: Equipo en el cual la protección contra shock eléctrico se logra con un voltaje extra bajo de la alimentación.

III. Protección contra shock eléctrico en Instalaciones Eléctricas de Inmuebles.

- a) Protección contra contactos directos.
- b) Protección contra contactos indirectos.
- c) Protección contra contactos directos e indirectos.

- a) Protección contra contactos directos
 - a1) Protección por aislamiento de partes vivas.
 - a2) Protección por barreras o envolturas.
 - a3) Protección por obstáculos.
 - a4) Protección por ubicación fuera del alcance de la mano.
 - a5) Protección adicional por dispositivos de Corriente Diferencial.

a) Protección contra contactos directos

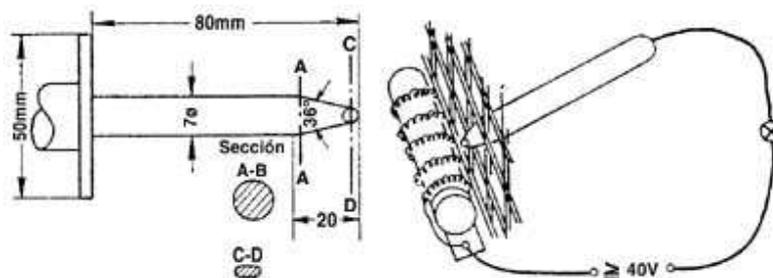
Concepto General:

Consiste en tomar todas las medidas destinadas a proteger a las personas contra los peligros que puedan resultar de un contacto con partes normalmente bajo tensión.

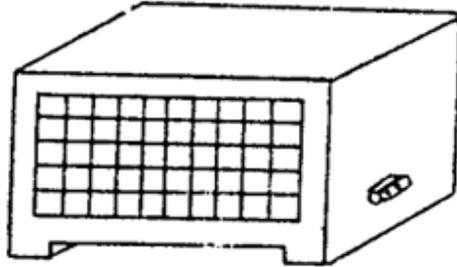
a1) Protección por aislamiento de partes vivas: Las partes vivas estarán completamente cubiertas con aislamiento, la cual sólo puede removerse por destrucción y con uso de herramientas, Pinturas - Barnices y productos similares no son considerados como aislantes adecuados para protección contra shock eléctrico en servicio normal.

a2) Protección por barreras o envolturas: Las partes vivas estarán internas en envolturas o atrás de barreras que provean por lo menos de un grado de protección IP2X (agujeros de \varnothing menor a 12 mm y distancia mayor a 80 mm = Como rejillas - chapas u otras protecciones mecánicas. Donde es necesario remover una barrera u abrir una envoltura o parte de ella, esto será posible solo por medio de una herramienta

- **Por el uso de una llave o herramienta.**
- **Después de desconectar la alimentación a las partes vivas.**
- **La alimentación será repuesta sólo después de reponer las barreras o cerrar las envolturas de protección.**



Dedo de prueba o sonda portátil de ensayo y su empleo.



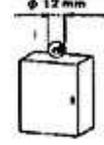
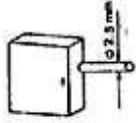
Protección mediante medidas especiales (rejilla).

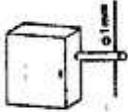
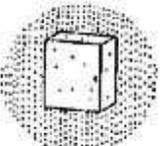
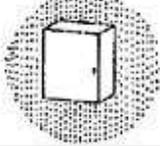
Clasificación de las protecciones por tres cifras.

IPXXX

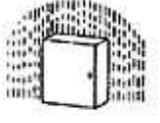
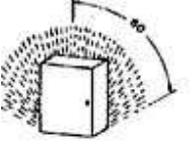
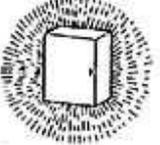
La primera cifra significa la protección que tiene el producto contra el ingreso de cuerpos sólidos de 80mm de longitud y diámetros tales como los indicados. La segunda cifra significa la protección que tiene el producto contra el ingreso de líquidos. La tercera contra impacto mecánico.

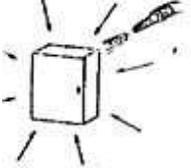
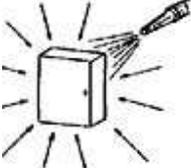
Protección contra los cuerpo sólidos:

IPX 1era. Cifra	IPO	Sin protección
	IP1	Protege a cuerpos mayores de 50 mm (contacto involuntario de las manos)
	IP2	Protege a cuerpos mayores de 12mm (dedo de la mano)
	IP3	Protege a cuerpos mayores de 2,5mm (destornillador, etc.)

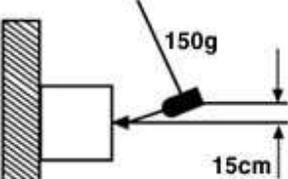
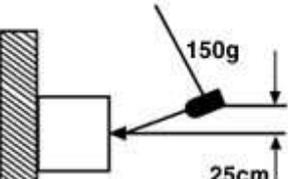
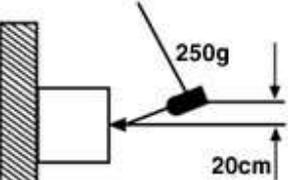
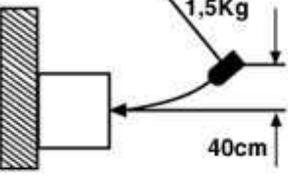
	IP4	Protege a cuerpos mayores de 1mm (clavos, etc.)
	IP5	Protege contra polvo. Se admite el ingreso que no perjudica el funcionamiento.
	IP6	Protege contra polvo. No se admite el ingreso de polvo.

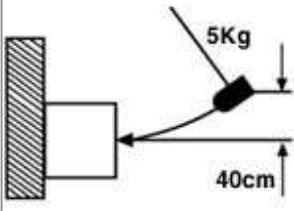
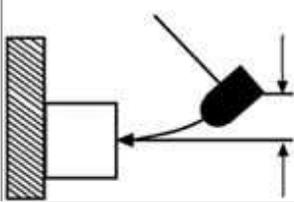
Protección contra líquidos:

IPX 2da. Cifra	IPXO	Sin protección
	IPX1	Protege contra caída vertical de gotas de agua
	IPX2	Protege contra caída vertical de gotas hasta 15° de la vertical
	IPX3	Protege contra caída vertical de gotas hasta 60° de la vertical
	IPX4	Protege contra proyección de agua en todas las direcciones

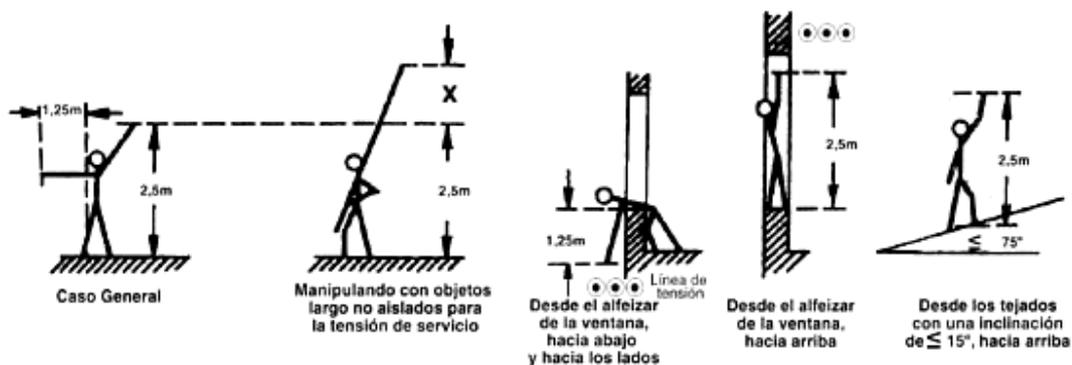
	IPX5	Protege contra chorros de agua en todas las direcciones
	IPX6	Protegido contra olas o chorros potentes

3ra. Cifra: Resistencia mecánica - IPXXX

CIFRA CARACTERÍSTICA	Método de prueba	Energía de Impacto Joule	Inscripción de la prueba
0			No protegido
*1		0,22	Resistencia al impacto de un peso de 150g. que cae desde 15 cm.
2		0,37	Resistencia al impacto de un peso de 150g. que cae desde 25 cm.
3		0,49	Resistencia al impacto de un peso de 250g. que cae desde 20 cm.
5		1,96	Resistencia al impacto de un peso de 500g. que cae desde 40 cm.

7		5,88	Resistencia al impacto de un peso de 1,5Kg. que cae desde 40 cm.
9		19,6	Resistencia al impacto de un peso de 5Kg. que cae desde 40 cm.

(*) Punto 7.2.8.1 - d) del Reglamento de AEA



Concepto de la tensión fuera del alcance de la mano

a3) Protección por obstáculos: Los obstáculos se utilizan para prevenir contactos no intencionales con partes vivas, pero no contactos intencionales por deliberada superación del obstáculo.

a4) Protección de ubicación fuera del alcance de la mano: Partes accesibles simultáneamente con diferentes potenciales no deberán estar dentro del alcance de los brazos. Se entiende así a partes que no están separadas, mas de 2,50 mts.

a5) Protección Adicional por dispositivos de corriente diferencial:

Nota: Esta protección se usa en adición a las

anteriores y nunca como alternativa de alguna de ellas.

Se usa el Interruptor Diferencial como protección Adicional que actúa con 30 mA y un tiempo no mayor de 0,2 seg. en caso de falla de los otros sistemas mencionados o negligencia del usuario.

Este método no evita accidentes provocados por contactos simultáneos (ambas manos) con partes vivas de distintas tensión, pero facilita la protección contra contactos indirectos, a la vez que permite condiciones de puesta a tierra técnica y económicamente factibles y tiene la ventaja adicional en cuanto a protecciones contra incendios, de supervisar permanentemente el Aislamiento de las partes bajo tensión.

b) Protección contra contactos indirectos

Protección contra shock eléctrico en caso de fallas:

Concepto General:

Consiste en tomar todas las medidas destinadas a proteger a las personas contra peligros que puedan resultar de un contacto con partes metálicas (masas), puestas accidentalmente bajo tensión, a raíz de una falla de aislamiento del aparato o equipo.

Definición de Masas: Conjunto de las partes metálicas de aparatos, de equipos, de canalizaciones eléctricas (cajas - gabinetes - tableros - bandejas porta - cables, etc.) que en condiciones normales están aisladas de las partes bajo tensión, pero que como consecuencia de una falla de aislamiento se ponen accidentalmente bajo tensión.

b1) Protección por desconexión automática de la tensión de Alimentación: Este sistema de protección consta de un sistema de puesta a tierra y un dispositivo de protección.

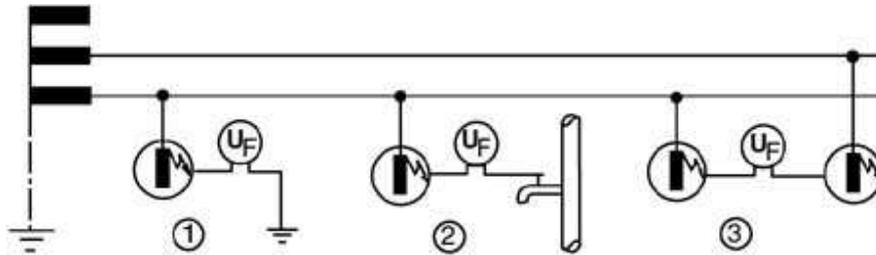
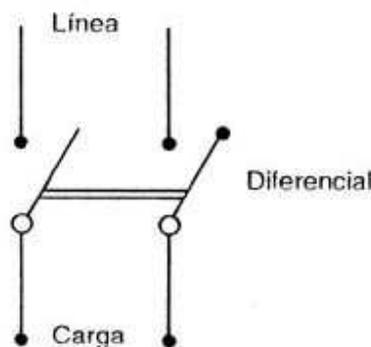


Fig. 4: Tensiones de defecto. Izquierda: entre una masa y tierra.
Centro: entre una masa y la tubería de agua. Derecha: entre dos masas.

La actuación coordinada del dispositivo de protección (I) con el sistema de puesta a tierra (II) permite que en caso de un falla de aislamiento de la instalación, se produzca automáticamente la separación de la parte fallada del circuito, de forma tal que las partes metálicas accesibles no adquieran una tensión de contacto mayor de 24v en forma permanente.

(I) Dispositivos de Protección:

Es un Interruptor automático que actúa por corriente de fuga (derivada a tierra), con valores de 30 mA y un tiempo no mayor de 0,2 seg. Debe responder a la Norma Iram 2301. (Tiempo ideal no mayor de 30mseg).



(II) Sistema de Puesta a Tierra:

Disposiciones Generales:

- a) En todos los casos deberá efectuarse la conexión a tierra de todas las masas de la Instalación.
- b) Las masas que son simultáneamente accesibles y pertenecientes a la misma instalación eléctrica estarán unidas al mismo Sistema de Puesta a Tierra.

c) El Sistema de Puesta a Tierra será eléctricamente continuo y tendrá la capacidad de soportar la corriente de cortocircuito máxima coordinada con las protecciones instaladas en el circuito.

d) El conductor de protección no será seccionado eléctricamente en punto alguno del circuito ni pasará por el interruptor diferencial, si lo hubiera.

e) La instalación se realizará de acuerdo a las directivas de la Norma IRAM 2281- Parte III.

Valor de la Resistencia de Puesta a Tierra.

a) Partes de la Instalación cubiertas por protección diferencial.

El valor de la resistencia de puesta a tierra será de 10 ohms, preferentemente no mayor que 5 ohms (IRAM 2281- Parte III).

FUSIBLE TIPO IRAM 2245 PARTE II (A)	RESISTENCIA PUESTA A TIERRA Ohm
10	0.50
16	0.28
32	0.13
63	0.07

INTERRUPTOR AUTOMATICO TIPO G IRAM 2169 (A)	RESISTENCIA PUESTA A TIERRA Ohm
10	0.38
15	0.28
32	0.15
--	--

INTERRUPTOR AUTOMATICO TIPO L 2169 - IRAM (A)	RESISTENCIA PUESTA A TIERRA Ohm
10	0.50
16	0.38
32	0.16
--	--

Estos valores indican que la protección es impracticable

b) Partes de la Instalación no cubiertas por Protector diferencial.

Los valores de resistencia a tierra necesarios para no superar los 24V son según se indica en la Tabla adjunta superior.

Toma a Tierra:

La toma a tierra está formada por el conjunto de dispositivos que permiten vincular con tierra el conductor de protección. Esta toma deberá realizarse mediante electrodos, dispersores, placas, cables o alambres cuya configuración y materiales deberán cumplir con las Normas IRAM siguientes : 2309 - 2310 - 2316 y 2317. Se recomienda instalar la toma de tierra en un lugar próximo al tablero principal (menor a 2mts.).

Conductor de Protección:

La puesta a tierra de las masas se realizarán por medio de un conductor denominado conductor de protección de cobre electrolítico aislado (Normas IRAM 2183 - 2220 - 2261 - 2262) que recorren las instalaciones y cuya sección mínima se establece con la fórmula (ver protección de cortocircuito).

En ningún caso la sección del conductor debe ser inferior a 2.5 mm².

"Este conductor estará conectado directamente a la toma de tierra e ingresará al sistema de cañerías de la instalación por la caja del tablero principal" y será aislado.

Otras disposiciones particulares:

Tomacorrientes con puesta a tierra: La conexión al borne de tierra del tomacorriente se efectuará desde el borne de conexión del conductor de protección existente en la caja, mediante una derivación con cable aislado.

Conexión a tierra de motores u otros aparatos de conexión fija: Se efectuará con un conductor de sección no menor a 2,5 mm² y en relación a la fórmula de la Protección de corto circuito.

Caños - Cajas - Gabinetes Metálicos: Para asegurar su efectiva puesta a tierra se realizará la conexión de todas las cajas y gabinetes metálicos con el conductor de protección, para lo cual cada caja y gabinete deberá estar provisto de un borne o dispositivo adecuado. Además deberá asegurarse la continuidad eléctrica con los caños que a las cajas acometen.

Caños - Cajas y Gabinetes de material aislante: El conductor de protección deberá conectarse al borne de

tierra previsto en las cajas y gabinetes. Los caños en tal caso deberán ser conectados a dicho conductor.

c) Protección contra contactos directos e indirectos
(Uso de fuentes de muy baja tensión de seguridad)

Requisitos: La protección contra contactos directos e indirectos se considera asegurada, si la tensión más elevada no supera 24V.

Tipos de Fuentes de muy baja tensión de Seguridad.

a) Transformador con separación eléctrica entre los circuitos primarios y secundarios: Tendrá una pantalla metálica intercalada entre dichos arrollamientos y, con el núcleo, se conectará aquella al sistema de tierra. La tensión primaria no superará los 500V y la secundaria los 24V. Deberá resistir un ensayo de 4000 VCA entre ambos arrollamientos y 2000 VCA entre ambos y tierra, durante un minuto. La resistencia de aislamiento entre ambos arrollamientos y entre estos contra tierra no será inferior a 5 Megaohm.

b) Motor-Generador separados eléctricamente: Por medio de un manchón aislante

c) Dispositivos electrónicos: En ellos se tomarán medidas que aseguren que en casos de defectos Internos la tensión de salida en sus bornes en ningún caso supere los 24V.

Condiciones de la Instalación de los sistemas de muy baja tensión:

- a) Los circuitos de M.B.T. Seguridad no deberán unirse eléctricamente a los conductores de protección pertenecientes a otros circuitos.
- b) Las masas de los circuitos de M.T.B. Seguridad no deberán ser conectadas a conductores de protección o masas de otros circuitos.
- c) Los conductores de los circuitos de M.B.T. deberán estar preferentemente separados de cualquier conductor de otro circuito, sino fuera ello posible se deberá hacer.
 - Colocarlos dentro de una cubierta o caño aislante.
 - Separados por una pantalla metálica puesta a tierra.

d) Las fichas y toma corrientes de los circuitos M.B.T.S. deberán cumplimentar lo siguiente: Las fichas deberán

tener un diseño tal que no les permita su inserción en circuitos de mayor tensión. Los toma corrientes no deberán poseer contactos para conductor de protección.

Condiciones especiales de seguridad para cuartos de baño.

Se definen las siguientes zonas:

- a) Zona de peligro:
- b) Zona de protección:
- c) Zona de restricciones:

a) Zona de peligro: Delimitada dentro del perímetro de la bañera y en 2,25 mts de altura medida desde el fondo de la misma.

b) Zona de protección: Delimitada por el perímetro que exceda en 0.60 mt el de la bañera o ducha hasta la altura del cieloraso.

c) Zona de restricciones: El volumen de la sala de baño exterior a la zona de protección. ! !

PROHIBICIÓN

En la zona de peligro, no se podrán instalar aparatos, equipos ni canalizaciones eléctricas a la vista (tableros con interruptores, interruptores de efecto, tomacorrientes, calefones eléctricos, artefactos de iluminación, cajas de conexión, cajas de paso, etc.. **En la zona de protección,** sólo podrán instalarse artefactos de iluminación y aparatos eléctricos de instalación fija. **Estos aparatos serán de Clase II y protegidos contra salpicaduras de agua IP44** (protege contra objetos sólidos mayores que 1 mm y contra salpicadura de agua que se produzca desde cualquier dirección). **El interruptor de la Serie Condor; 9001-8001 ó 7001 cumple con dicha condición.**

IV) Protección de Líneas de Instalaciones Eléctricas de Inmuebles.

Tipos:

- a) Protección contra sobrecargas (larga duración).
- b) Protección contra cortocircuitos (corta duración).
- c) Protección por fallas de aislamiento.

a) Protección contra sobrecargas (larga duración):

Concepto:

Las sobrecargas de corriente de larga duración dañan principalmente la aislamiento de los cables de la instalación eléctrica y también pueden dañar los bobinados de los motores conectados a la misma.

Los dispositivos de protección mas usados son el fusible y el termo magnético.

El fusible actúa con una característica que con el 1,45 veces de la corriente nominal interrumpa la misma en menos de 60 minutos.

El termo magnético actúa por una característica que hace que con 1,45 veces de la corriente nominal interrumpa dentro de los 60 minutos de producida la sobrecarga.

Las características de los elementos de protección (fusibles, interruptores termo magnéticos, etc.) deberán ajustarse al criterio siguiente: Una vez determinada la corriente del proyecto I_p de la instalación y elegida la sección del conductor los valores característicos de la protección deben cumplir con las condiciones simultáneas siguientes:

I_p igual o menor I_n igual o menor I_c

I_f igual o menor $1,45 I_c$

Donde:

I_p : Corriente de proyecto de la línea a proteger.

I_n : Corriente nominal de la protección.

I_c : Corriente admitida por el conductor de la línea a proteger.

I_f : Corriente de fusión del fusible o de funcionamiento de la protección, dentro de los 60 minutos de producida la sobrecarga.

b) Protección contra cortocircuitos (corta duración):

Concepto:

La sobrecarga de corriente de corta duración se produce por cortocircuito y origina corrientes de valores de 5 a 100 veces la corriente nominal o más.

El fusible cuando actúa interrumpiendo dichas corrientes es necesario reemplazar al alambre del mismo y en esta acción se cometen errores alterando la calibración correcta y permitiendo la circulación de corrientes mucho mayores que las previstas para la protección de la aislación de los cables.

El termo magnético actúa con distintas características frente a los cortocircuitos (Ver punto b2 de Puesta a Tierra en Instalaciones Eléctricas) y una vez eliminada la falla se lo puede reponer manteniendo

la calibración original; de allí la mayor difusión del mismo en la actualidad.

Estos elementos deberán ser capaces de interrumpir esa corriente de cortocircuito, antes que se produzcan daños en los conductores y conexiones debido a sus efectos térmicos y mecánicos.

La verificación térmica de los conductores a la corriente de cortocircuito deberá realizarse mediante la siguiente expresión:

$$S \geq \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K} \quad \text{para } t \geq 5 \text{ segundos}$$

Donde:	
S (mm²)	Sección real del conductor.
I_{cc} (A)	Valor eficaz de la corriente de cortocircuito máxima.
t (S)	Tiempo total de operación de la protección.
K=114	Para conductores de cobre aislados en PVC.
74	Para conductores de aluminio aislados en PVC.
142	Para conductores de cobre aislados en goma etilenopilénica o polietileno reticulado.
93	Para conductores de aluminio aislado en goma etileonoropilénica o polietileno reticulado.

Ejemplo: La colocación de un conductor de protección de 2,5 mm² cuadrados de cobre (mínimo recomendado) permite que en el caso de un cortocircuito de 3.000 A, con el uso de un termo magnético se interrumpa la corriente en 10 mseg sin sobrecalentamiento para el conductor de la instalación. Los valores de K han sido determinados considerando que los conductores se encuentran inicialmente a la temperatura máxima de servicio prevista por la Norma IRAM y que al finalizar el cortocircuito alcanzan a temperaturas máximas previstas por las mismas Normas (160°C) y tiempo menor a 5 seg.

c) Protección por fallas de Aislamiento

Concepto:

Las corrientes derivadas a tierra en una instalación son producidas por fallas del aislamiento de los conductores de la misma o de las uniones hechas en cajas de conexión a tomas corrientes e interruptores o en empalmes dentro de ellas o directamente en fallas de aparatos dispositivos o maquinas conectados a la misma.

La energía calórica que puede desarrollar un incendio en contacto con materiales inflamables se produce solo por algunos amperes (3 a 5). Las fallas de aislamiento de cables, accesorios de líneas o productos conectados a estas pueden originar dichos valores.

Un Interruptor Diferencial sensa permanentemente el nivel de aislamiento de una línea, y en el caso de corrientes de fuga a tierra superiores a 30 mA interrumpe la alimentación lo cual es ideal para prevenir incendios, por causas eléctricas

a) Nuevos conceptos sobre el efecto de la corriente eléctrica

Sobre el cuerpo humano.

Ultimas Investigaciones:

De las mediciones realizadas por el Ing. Biegelmeier en un circuito tal como se describe en la Figura Nro. IV se arrojó luz sobre una serie de aspectos de la electro patología del accidente eléctrico. El resumen de dichas mediciones puede establecerse a partir de la ecuación:

$$I^2 \cdot t = 50 \text{ a } 100 \text{ A}^2 \cdot \text{s} \cdot 10^{-6}$$

que establece el límite para un sensación neta de dolor, con una duración de tres medias ondas (30 milisegundos).

Una electrificación con valores de $I^2 \cdot t = 500 \text{ A}^2 \cdot \text{s} \cdot 10^{-6}$ se consideró insoportable.

**Tabla que relaciona el $I^2 \cdot t$ y los efectos fisiológicos
(para circulación longitudinal y transversal)**

$I^2 \cdot t$	
$A^2 \cdot s \cdot 10^{-6}$	Percepciones y Reacciones Fisiológicas
4 a 8	Sensaciones leves en dedos y en tendones de los pies.
10 a 30	Choque tetánico en dedos, muñecas y codos con suave contracción.
15 a 45	Choque tetánico en dedos, muñecas, codos y hombros - Sensación en las piernas.
40 a 80	Choque tetánico y doloroso en brazos y piernas.
70 a 120	Choque tetánico y ardiente dolor en brazos, hombros y piernas.

Ejemplos:

- a) Valor de corriente del Interruptor
Diferencial = 30 mA.
Tiempo de disparo = 100 mseg.

$$I^2 \cdot t = 90 \cdot 10^{-6} \text{ A} \cdot \text{seg.}$$

- b) Valor de corriente = 30 mA
Tiempo de disparo = 30 mseg.

$$I^2 \cdot t = 27 \cdot 10^{-6} \text{ A} \cdot \text{seg.}$$

Esto nos indica que si tomamos en cuenta la sensación de dolor ocasionada por el paso de la corriente eléctrica y no el efecto de fibrilación cardiaca **deberíamos utilizar interruptores diferenciales de $I= 30 \text{ mA}$ pero con un tiempo de corte no superior a 30 mseg.**

Debe dejarse aclarado que la corriente que pasa por el cuerpo humano mientras el diferencial no corta, según la aislación de nuestros pies sobre el suelo y la aislación del mismo con respecto a la tierra de referencia, puede ser de varias veces la corriente diferencial nominal y ello puede ocasionar sensaciones muy dolorosas como hemos mencionado. En el caso del baño, una persona que toca con ambas manos a un dispositivo en falla con pies desnudos y piso mojado **puede recibir una corriente de alrededor de 1 Amper.**

"De todo ello se deduce que los tiempo de corte no deberían ser superiores a 30 mseg en el interruptor diferencial que se utilice", si queremos evitar sensaciones muy dolorosas.

b) Puesta a tierra en instalaciones eléctricas de inmuebles.

Conceptos Generales:

Para evitar los contactos indirectos de las masas de la instalaciones se tomarán las siguientes disposiciones de seguridad preventiva:

b1) Toma de tierra.

b2) Dispositivos de protección adecuados.

- Fusibles (Norma IRAM 2245)
- Interruptores termomagnéticos (Norma IRAM 2169)
- Interruptores diferenciales (Norma IRAM 2301)

b3) Conductor de Protección para hacer la unión equipotencial de todas las masas con la toma de tierra.

b4) Conexiones de las masas de la instalación a la puesta de tierra.

b1) Toma de Tierra

Clasificación de las tomas de tierra:

- 1) Viviendas unifamiliares - departamentos - locales comerciales.
- 2) Grandes edificios para viviendas colectivas - hospitales - colegios - hoteles - supermercados y todo lugar con acceso al público.
- 3) Talleres, fábricas pequeñas y locales para depósito.

1) Tomas de tierra en viviendas unifamiliares, departamentos y locales comerciales:

La resistencia a tierra medida desde cualquier masa de la instalación, para el caso de usar interruptores diferenciales, no será mayor de 10 ohm (preferentemente 5 ohm).

En el caso que no se aplique el interruptor diferencial, el valor de la

resistencia se calculará para lograr una tensión de contacto indirecto no mayor que **24 VCA para ambientes secos y 12 VCA para pisos mojados**. Los valores de resistencia según el tipo de protector que se utilice están dados en el Curso 1ro. de Seguridad y no son mayores de 0,50 ohm lo cual es muy difícil de lograr.

La conexión del electrodo dispersor de la corriente a tierra desde la caja de toma se efectuará mediante conductor electrolítico cuya sección se calcula según se indica (1er. Curso de Seguridad) **y que sea como mínimo de 10 mm²**. Si el conductor es desnudo se lo protege dentro de un conductor no metálico enterrado 0,30 m. por debajo del nivel del suelo.

$$s = \frac{I\sqrt{t}}{K}$$

Se puede utilizar:

- **Jabalina**
- **Placas**
- **Cables, alambres o flejes enterrados**

Jabalinas: Se instalan preferentemente por hincado directo sin perforación. Su diámetro exterior mínimo será de 12,6 mm para las de Acero - Cobre IRAM (2309) y 14,6 mm para las de acero cincado en caliente (IRAM 2310). Ver figura pág.17 de IRAM 2310. La unión en la caja de toma de tierra se efectuará de forma de evitar pares electroquímicos y se harán por ejemplo con **grapas de bronce** o soldadura termoquímica.

Placas: Las placas de cobre tendrán un espesor mínimo de 3 mm., un área mínima de 0,50 m² y se enterrarán 1,50 m. como mínimo debajo del nivel del suelo. La unión con el conductor de protección se efectuará por soldadura termoquímica o autógena.

Cables, alambres, etc.: Serán de cobre electrolítico con sección mínima de 25 mm², cada uno de los alambres tendrá un diámetro de 2 mm como mínimo y se enterrarán a la profundidad de 70 cm. como mínimo.

2) Tomas de Tierra de Grandes edificios para viviendas colectivas y oficinas, hospitales, establecimientos educacionales, hoteles, bancos, supermercados, comercio y todo lugar con acceso de público.

En instalaciones por construir se colocará un conductor como toma de tierra, ubicándolo en el fondo de las zanjias de los cimientos en contacto íntimo con la tierra y de

manera que recorra el perímetro del edificio. Este conductor servirá de electrodo dispersor de la corriente de falla a tierra y podrá ser de:

a) Cable de cobre electrolítico desnudo de 35 mm² de sección nominal (IRAM 2022) mínimo y el diámetro mínimo de los alambres que lo componen será de 1,80 mm.

b) Alambre de acero-cobre de 5mm de diámetro con el 40% de conductividad respecto del cobre como mínimo.

c) Planchuelas de cobre electrolítico de 20 mm por 3 mm como mínimo.

En estos casos la sección se calcula en base a la formula:

$$s = \frac{I\sqrt{t}}{K}$$

Estos conductores se instalarán en forma de anillos o mallas y de ellos se realizarán derivaciones hasta el nivel del suelo a una caja de inspección (una por cada 30 m. de perímetro como mínimo). El conductor de derivación tendrá una sección por lo menos equivalente y será del mismo metal que el de la malla. Se unirán por medio de soldadura autógena o termoquímica, o por compresión con deformación plástica en frío.

NOTA: No se permiten uniones roscadas, abulonadas o remachadas.

La resistencia a tierra será igual o menor que 2 ohm.

En los lugares donde el conductor de puesta a tierra pueda ser dañado, **será protegido convenientemente colocándolo en un conducto preferentemente no metálico.**

3) Tomas de tierra en talleres, pequeñas fábricas y locales para depósitos.

Se aplicara al sistema de las viviendas unifamiliares, con la diferencia que la conexión del electrodo dispersor de la corriente a la tierra desde la caja del toma **será de 16 mm² como mínimo.** En todos los casos la sección se calcula por:

$$s = \frac{IV\sqrt{t}}{K}$$

b2) Dispositivos de protección (Interruptores termomagnéticos-diferenciales y fusibles).

Interruptores Termomagnéticos: (Norma IRAM 2169 de junio de 1991 ó IEC 889 - 1988.)

Estos interruptores protegen contra sobrecargas de las instalaciones de cableado en edificios. Actúan con un porcentaje por encima de la corriente nominal por acción térmica o por acción de una sobrecarga de varias veces la corriente nominal por acción magnética. Están capacitados para abrir el circuito en el caso de una corriente de varios cientos de veces la corriente nominal (cortocircuito).

Clasificación:

1) Por capacidad de cortocircuito nominal:

1.500 - 3.000 - 4.500 - 6.000 - 10.000 - 15.000 - amper.

Los más utilizados en instalaciones domiciliaria son los de 3.000 amper. (Debe conocerse la corriente presunta de cortocircuito para establecer si 3000 amper son suficientes).

Características de Operaciones tiempo-corriente.

Ensayo	Tipo	Corriente de ensayo	Condición Inicial	Límite del tiempo de desconexión y de no desconexión	Resultado a Obtenerse	Observaciones
a	B, C, D	1.13 In	Frío *	t >= 1h para I =<63A t >= 2h para In =<63A)	No Desconexión	
b	B, C, D	1.45 In	Inmediatamente después del ensayo a)	t > 1h para I =<63A) t < 2h para In >63A)	Desconexión	Corriente aumentada en forma continua en 5s
c	B, C, D	2.55 In	Frío *	1s < t < 60s / I =<32A) 1s < t < 120s / In >32A)	Desconexión	
d	B, C, D	3 In 5 In 10 In	Frío *	t >= 0,1s	No Desconexión	Corriente establecida por cierre de un interruptor aux.
e	B, C, D	5 In 10 In 20 In	Frío *	t < 0,1s	Desconexión	Corriente establecida por cierre de un interruptor aux.
(*) + el término frío significa sin carga previa a la temperatura de calibrado de referencia.						

2) Por desconexión instantánea:

Tipo	Gama
B	Mayor de 3 In hasta e incluyendo 5 In.
C	Mayor que 5 In hasta e incluyendo 10 In.
D	Mayor que 10 In hasta e incluyendo 20 In.

Interruptores Diferenciales:

Estos interruptores protegen contra las fugas de corrientes que pueden producirse a través de las masas metálicas de los aparatos (normalmente aisladas) y que por una falla de aislación del equipo, producto o instalación, derivan a tierra. Esta derivación a tierra de la corriente puede lograrse a través de un conductor de protección conectado entre la masa y tierra ó **lamentablemente a través de las personas si aquella conexión a tierra no se realizara.**

El interruptor diferencial actúa por la diferencia de corriente entre el polo de entrada y de salida del circuito, diferencia que es la corriente de falla o derivación a tierra.

Los valores apropiados de corrientes diferencial son: Para usos domiciliarios - oficinas de 30mA - 30mseg

Nota: Tanto en los interruptores termomagnéticos como diferenciales deben usarse productos que tengan Sello de Calidad de un Organismo de Certificación reconocido.

SELLOS	
IRAM:	Argentino
AENOR:	Español
IMQ:	Italiano
AFNOR:	Francés
VDE:	Alemán

BS:	Inglés
JIS:	Japonés
KEMA:	Holandés
UL:	Norteamericano
UNIT:	Uruguay
Inmetro	Brasil

b3) Conductor de Protección y colector:

Conceptos Generales: La puesta a tierra de las masas se efectuara mediante un conductor de protección, conectado al borne de puesta a tierra de los tomacorrientes ,cuando se utilizan estos, o al aparato , o maquina o artefacto cuya puesta a tierra deba realizarse.

Tendrá una sección no menor que la determinada por:

$$s = \frac{I\sqrt{t}}{K} \quad (1)$$

S= Sección real del conductor de protección en mm².

I= El valor eficaz de la corriente máxima de falla a tierra, en Amper.

t= Tiempo de activación del dispositivo de protección, en segundos.

K= Factor que depende del material del conductor de protección (ver 1ra. parte del curso).

NOTA: Esta fórmula es válida para tiempos de accionamiento de la protección no mayor que 5seg.

Tipos de conductores de protección

Puede ser:

1) Los conductores aislados que integran cables multipolares.

2) Los conductores unipolares de cobre aislados con la misma aislación que los activos y de color verde-amarillo.

3) Los elementos conductores tales como armazones metálicas de barras blindadas (blindobarras) y bandejas portacables siempre que se respete:

3.1. Su continuidad eléctrica.

3.2. Su sección transversal conductora de la corriente (1) de fuga a tierra.

3.3. No deben desmontarse secciones, si ello se hiciera colocar puentes que garanticen la continuidad eléctrica.

4) Los caños metálicos de las instalaciones eléctricas no deben ser considerados como conductor de protección (no garantizan la continuidad eléctrica). Sin embargo deben estar conectados a tierra, mediante el conductor de protección en cada caja de paso.

Reglas de instalación del conductor de protección.

Regla N 1: Está prohibido utilizar los conductores de protección para doble función como por ejemplo de protección y neutro.

Regla N 2: Los conductores de protección y uniones equipotenciales deben protegerse contra los deterioros mecánicos y químicos y contra los esfuerzos electro - dinámicos. Deben ser visibles y accesibles.

Regla N 3: No deben intercalarse en el conductor de protección los siguientes elementos: fusibles - interruptores o seccionadores. Se admite que sean interrumpidos por un dispositivo mecánico para realizar mediciones o comprobaciones.

Regla N 4: En las instalaciones eléctricas de edificios (viviendas colectivas, oficinas, talleres, comercios, sanatorios, etc.) la sección mínima de un conductor de protección aislado que acompañara a los conductores activos será:

Conductor colector en grandes edificios para viviendas colectivas u oficinas.

a) Por los conductos, cañerías, montantes que llevan los conductores eléctricos activos a los distintos pisos se instalara el conductor colector (cables o planchuelas) del que se derivarán a cada consumo sendos **conductores de**

protección de cobre electrolítico aislado.

b) En todos los casos la sección se determinara según la tabla IV.

c) En los lugares donde el conductor de protección de cobre pueda ser dañado será protegido mediante un caño de PVC pesado o metálico con un diámetro interior tal que el conductor de protección ocupe no mas del 35% de la sección interior del caño.

d) El conductor de protección colocado en bandejas porta - cables se instalara en su interior y será unido rígidamente a esta mediante tornillos o grapas de bronce estañado. El diámetro del tornillo no será superior a 1/3 del ancho de la barra del conductor de protección.

e) En los cielos rasos y pasos a través de paredes así como en lugares particularmente expuestos a esfuerzos mecánicos, **las líneas de tierra se protegerán siempre mecánicamente.**

TABLA IV			
Gama de corrientes de falla a tierra	Gama de corriente nominal del dispositivo de protección (fusible Iram 2245 o interruptor automático Iram 2169 o Iram 2218 que coordinarán con el conductor de protección (A)		Sección del conductor (cobre) de protección para las instalaciones puesta a tierra (mm ²)
100 a 2000	De 25 a	100	2,5
2100 a 3300	125 a	160	4
3400 a 3900		200	6
4000 a 5200		315	6
5300 a 7800		400	10
7900 a 13000		500	16
13100 a 15000		630	25
15100 a 55000	1000 a	3150	70
55100 a 80000		4000	95

b4) Conexión de las masas a la instalación de puesta a tierra.

1) En viviendas unifamiliares, departamentos, locales comerciales, oficinas publicas, sanatorios, clínicas y locales para depósitos: La conexión al conductor de protección de todas las partes metálicas aisladas del circuito eléctrico

(masas) como: toma-corrientes, fichas, motores, armazones de aparatos, cajas y tuberías; se efectuará de la manera siguiente:

a) Tomacorrientes: La conexión al borne de tierra del toma-corriente se efectuará desde el conductor de protección mediante una derivación con cable de cobre aislado color verde amarillo.

a1: Para tomas bipolares c/tierra con 1,5 mm² (12 hilos de 0,40)

a2: Para tomas tripolares c/tierra, según

$$s = \frac{IVt}{K}$$

y la tabla Nro. IV

b) Cable de puesta a tierra para fichas bipolares y tripolares: Será de la misma sección que los conductores de fase neutro. Se recomienda que dicho cable este incorporado al mismo cable flexible de alimentación.

c) Conexión a tierra de motores u otros aparatos eléctrico: Igual a b.

d) Cañerías, cajas y gabinetes metálicos: Para asegurar la continuidad a tierra, se realizara un puente en todas las cajas metálicas con el conductor de protección.

e) Cañerías de plástico: El conductor de protección debe conectarse al borne de tierra de todas las cajas metálicas que se encuentran en su camino de la instalación.

2) En grandes edificios para viviendas colectivas u oficinas: Rige lo dicho en el punto **1 anterior a través de sus puntos a, b, c, d y e.**

Referencias:

- 1.-** IEC Safety Handbook (Normas IEC Básicas de Seguridad 1era Edición 1985).
- 2.-** Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmueble. - (1992).
- 3.-** Normas VDE 0100 de Protección Eléctrica.
- 4.-** Nuevos conocimientos sobre el efecto de las corrientes eléctricas sobre el cuerpo humano - Protección contra contactos directos - H.C.Buhler - Profesor Emérito de Instalaciones Eléctricas del Instituto de Ingeniería de la Universidad de Tucumán.
- 5.-** Puesta a Tierra de Sistema Eléctricos - Código de Práctica - Consideraciones particulares para Inmuebles - Norma IRAM 2281 - Parte III - Diciembre de 1984.
- 6.-** Código de Práctica para Puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos - Generalidades Norma IRAM 2281 - Parte I -.
- 7.-** Materiales para Puesta a Tierra - Jabalina Cilíndrica de Acero - Cobre y sus accesorios. Norma IRAM 2309 - Mayo de 1989.
- 8.-** Materiales para Puesta a Tierra - Jabalina Cilíndrica de Acero cincado y sus accesorios. Norma IRAM 2310 - Agosto 1990.
- 9.-** Tabla Práctica para realizar Puesta a Tierra en Sistema Eléctricos. Revista de Seguridad Eléctrica N 6-7/ 1987- Ing. Victor L. Poggi.
- 10.-** Norma IRAM N 2169 - Interruptores Termomagnéticos. (1991)
- 11.-** Norma IRAM N 2301 - Interruptores Diferenciales.