



PUESTAS A TIERRA

CAPÍTULO XXIII

INDICE

1.- Objeto de las Puestas a Tierra	1
2.- Puestas a Tierra. Definición.	1
3.- Presentación de datos y planos de Puesta a Tierra.....	1
4.- Puestas a tierra en pequeños o medianos suministros eléctricos individuales.....	2
5.- Partes que comprenden las Puestas a Tierra.....	2
5.1.- Tomas de Tierra.	5
5.2.- Líneas principales de Tierra.	5
5.3.- Derivaciones de las Líneas principales de Tierra.....	5
5.4.- Conductores de Protección.	6
6.- Prohibición de incluir en serie las Masas y los elementos metálicos en el circuito de Tierra.....	6
7.- Tomas a Tierra independientes.....	6
8.- Electrodos, naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de Instalación.....	7
8.1.- Naturaleza de los Electrodos.....	7
8.2.- Constitución de los Electrodos Artificiales.	7
8.2.1.- Placas Enterradas.	8
8.2.2.- Picas Verticales.....	8
8.2.3.- Conductores enterrados horizontalmente.....	8
9.- Resistencia de Tierra.	10
10.- Características y condiciones de Instalación de las Líneas de Enlace con Tierra, de las Líneas principales de Tierra y de sus derivaciones.	12
10.1.- Naturaleza y Secciones Mínimas.	12
10.2.- Tendido de los Conductores de Línea de Enlace con Tierra.....	13
10.3.- Tendido de los Conductores de la Línea principal de Tierra y sus derivaciones.	13
10.4.- Conexiones de los Conductores de los Circuitos de Tierra con las Partes Metálicas y Masas y con los Electrodos.....	14
10.5.- Prohibición de interrumpir los Circuitos de Tierra.....	14
11.- Separación entre las Tomas de Tierra de las Masas de las Instalaciones de utilización y de las Masas de una Sub-Estación (S.E.).....	15
12.- Revisión de Tomas de Tierra.....	15
13.- Descargas a tierra artificiales en viviendas individuales.....	16

1.- Objeto de las Puestas a Tierra.

Las puestas a tierra se establecen con objeto, principalmente, de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas (tensión de contacto), entre distintos lugares del suelo en las inmediaciones de la puesta a tierra (tensión de paso), asegurar la actuación de las protecciones (R de la puesta a tierra) y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Las puestas a tierra, a las que se refiere al presente Reglamento se aplicarán a todo elemento, o parte de la instalación, que otras disposiciones prescriban como obligatoria su puesta a tierra.

Información complementaria sobre puesta a tierra se establecen en la Norma de Instalaciones Capítulo I.

2.- Puestas a Tierra. Definición.

La denominación "puesta a tierra" comprende toda la ligazón metálica directa, sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo, o grupo de electrodos, enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta o la de descarga de origen atmosférico.

3.- Presentación de datos y planos de Puesta a Tierra.

Se deberán presentar en las Oficinas Comerciales tanto de Montevideo como del Interior para ser sometido a la aprobación:

- A) Medidas de resistividad del suelo (método de Wenner a: 1, 2, 4 y 8 m), cuando el cliente tenga que construir el local de la subestación, o un puesto de conexión.
- B) Un esquema unifilar de puesta a tierra
- C) Planos de planta y corte a escala de la puesta a tierra.
En B y C se indicarán:
 - 1) Ubicación, secciones y tipos de conductores; ubicación, dimensiones y tipo de electrodos.

- 2) Identificación y ubicación de las cámaras donde se encuentran los puntos de puesta a tierra.

En el proyecto, planos y memoria descriptiva correspondientes deberán indicarse los valores de las corrientes de defecto a masa y tiempos de duración de las mismas, según las protecciones propuestas, como así también las tensiones de paso y de contacto en los puntos de riesgo, y la resistencia de tierra esperada.

Se entiende por punto de riesgo a todo punto de la instalación accesible por personal no especializado, o sin protección especial, en el que puedan producirse tensiones superiores a 24 o 50 V, según corresponda, sin elemento de protección eléctrica adecuado que limite el tiempo de duración de la sobretensión.

4.- Puestas a tierra en pequeños o medianos suministros eléctricos individuales.

En el caso de viviendas, pequeños comercios o industrias individuales, ubicados en predios independientes, y cuyas cargas solicitadas no superen los 15 kW en 220 V, o los 20 kW en 380 V, las secciones de los conductores de protección serán los indicados en el numeral 10.-. En estos casos, si el suelo es de conductividad adecuada y las condiciones obtenidas con un electrodo simple son suficientes para alcanzar los objetivos expresados en el numeral 1.- en lugar de utilizar el anillo de enlace con tierra será suficiente con conectar la línea principal de tierra con el electrodo en la respectiva cámara. En el caso de que esta solución no fuese suficiente se deberá adoptar el criterio reglamentario más adecuado.

Si fuera necesaria la instalación de pararrayos para proteger un área de pequeñas dimensiones, se deberá respetar, en todo lo expresado en la figura referida al "esquema de un sistema de puesta a tierra".

5.- Partes que comprenden las Puestas a Tierra.

Todo el sistema de puesta a tierra constará de las siguientes partes:

- Tomas a tierra.
- Líneas principales de tierra.
- Derivaciones de las líneas principales de tierra.
- Conductores de protección.

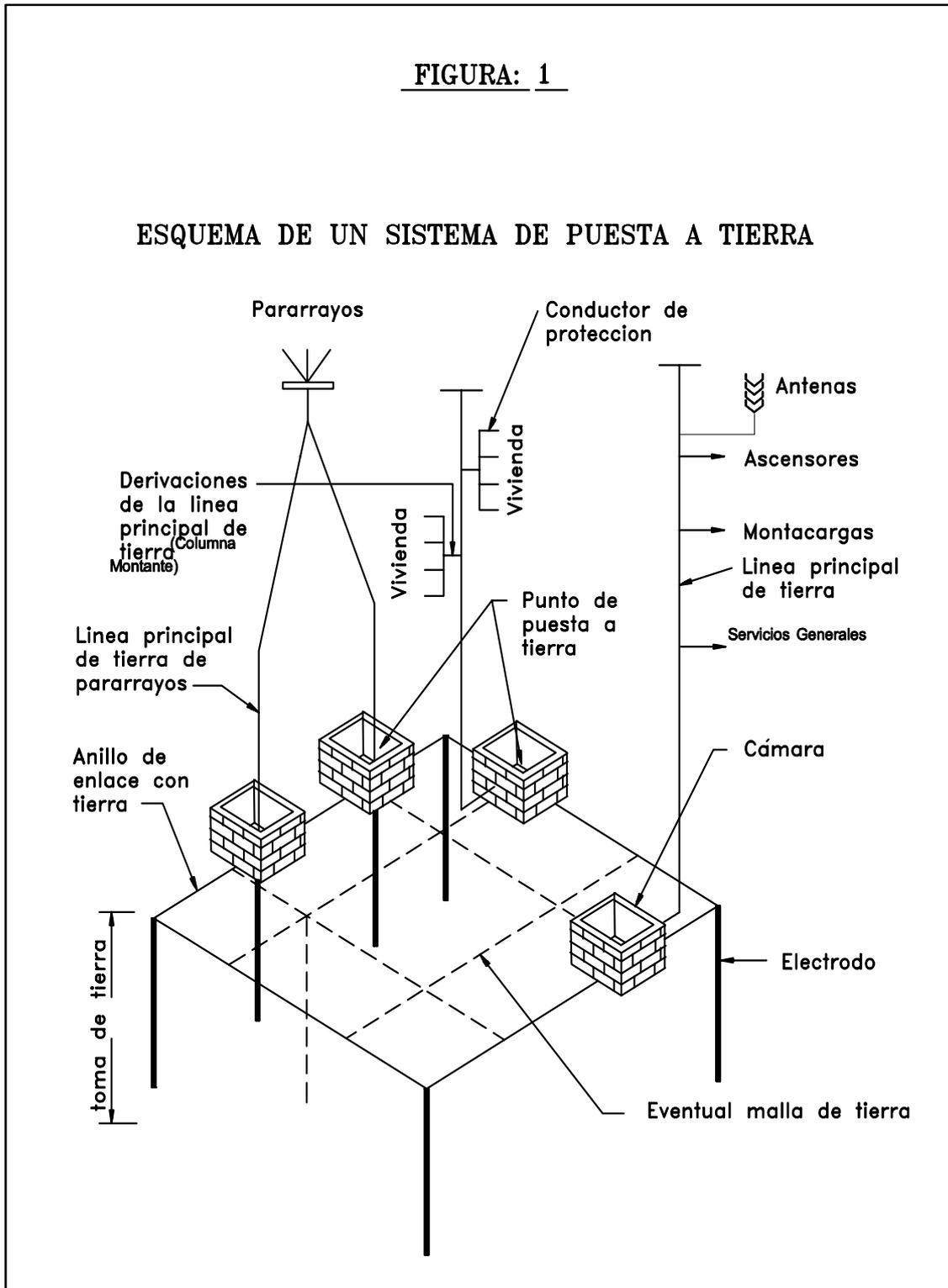
El conjunto de conductores, así como sus derivaciones y empalmes, que forman las diferentes partes de las puestas a tierra, constituyen el circuito de puesta a tierra.

Con carácter general, respecto a los materiales que se emplean en la realización de las puestas a tierra, se deberá tener especial cuidado de que sean capaces de soportar las condiciones más severas con respecto a materiales metálicos, corrosión galvánica intergranular, corrosión galvánica por contacto entre diferentes metales y aleaciones, oxidación etc., materiales sintéticos, rayos solares, elevación brusca de temperatura, congelamiento, dilatación o contracciones por envejecimiento y fragilidad.

En la figura 1 se representa un esquema orientativo de un sistema de puesta a tierra.

FIGURA: 1

ESQUEMA DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



5.1.- Tomas de Tierra.

Las tomas de tierra estarán constituidas por los elementos siguientes:

- Electrodo. Es una masa metálica, permanentemente en buen contacto con el terreno, para facilitar el paso a éste de las corrientes de defecto que puedan presentarse o la carga eléctrica que tenga o pueda tener.
- Línea de enlace con tierra. Está formada por los conductores que unen el electrodo, o conjunto de electrodos, con el punto de puesta a tierra.
- Punto de puesta a tierra. Es un punto situado fuera del suelo que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Las instalaciones que lo precisen, dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra, convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión (regleta, placa, borne, etc.) que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados, separarse éstas, con el fin de poder realizar la medida de la resistencia de tierra.

5.2.- Líneas principales de Tierra.

Las líneas principales de tierra estarán formadas por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas, generalmente a través de los conductores de protección. Los conductores si son de acero deben ir inmersos en el hormigón, y las partes expuestas al aire ambiente deberán estar zincadas por inmersión en caliente.

5.3.- Derivaciones de las Líneas principales de Tierra.

Las derivaciones de las líneas de tierra estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

5.4.- Conductores de Protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos conductores que unen las masas:

- a otras masas.
- a elementos metálicos distintos de las masas.
- a un relé de protección.

En los suministros de UTE en Baja Tensión, no deberá unirse en ningún lugar el conductor neutro con la red de puesta a tierra del cliente.

6.- Prohibición de incluir en serie las Masas y los elementos metálicos en el circuito de Tierra.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos, cualquiera que sean éstos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra, se efectuará por derivaciones desde éste.

7.- Tomas a Tierra independientes.

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto de un punto a potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando la otra toma disipa la máxima corriente de tierra prevista.

8.- Electrodeos, naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de Instalación.

8.1.- Naturaleza de los Electrodeos.

Los electrodeos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electrodeos artificiales los establecidos con el objeto de obtener la puesta a tierra, y por electrodeos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearán solamente electrodeos artificiales.

En el sistema de puesta a tierra eléctrica, se podrán emplear las fundaciones de hormigón armado como parte del conjunto de electrodeos artificiales cuando estas estén específicamente construidas cuidando las condiciones necesarias para su empleo con ese fin.

8.2.- Constitución de los Electrodeos Artificiales.

Los electrodeos podrán estar constituidos por:

- Electrodeos simples constituidos por barras, tubos, placas, cables, pletinas u otros perfiles, preferentemente de cobre.
- Anillos o mallas metálicas constituidos por elementos indicados anteriormente o por combinaciones de ellos.

Los electrodeos serán de metales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno, tal como el cobre, el hierro galvanizado, hierro sin galvanizar con protección catódica o fundición de hierro. Para este último tipo de electrodeos, las secciones mínimas serán el doble de las secciones mínimas que se indican para los electrodeos de hierro galvanizados por inmersión en caliente (Test de Preece, mínimo 6 inmersiones).

- La sección de un electrodo no debe ser inferior a la sección del conductor que constituye la línea principal de tierra.

Advertencia:

En un sistema de puesta a tierra todos los electrodeos y el anillo de enlace con tierra serán del mismo metal conductor.

8.2.1.- Placas Enterradas.

Las placas de cobre tendrán un espesor mínimo de 2 mm y las de hierro galvanizado de 4 mm. En ningún caso la superficie útil de la placa será inferior a 0,5 m². Se colocarán en el terreno en posición vertical y en el caso en que sea necesaria la colocación de varias placas, de ser posible se separarán unos 3 metros unas de otras.

8.2.2.- Picas Verticales.

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Electrodo tipo "copperweld".
- Perfiles de acero galvanizado de 60 mm de lado, como mínimo.
- Barras de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de acuerdo a la Norma UTE 3.90.01.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 m. Si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, por lo menos, a la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser, preferentemente, mayor que en el caso anterior.

8.2.3.- Conductores enterrados horizontalmente.

Estos conductores pueden ser:

- Conductores o cables de cobre desnudo de 35 mm² de sección, como mínimo.
- Pletinas de cobre de ,como mínimo, 35 mm² de sección y 2 mm de espesor.

- Pletinas de acero galvanizado de , como mínimo, 100 mm² de sección y 4 mm de espesor.
- Cables de acero galvanizado de 95 mm² de sección, como mínimo. El empleo de cables formados por alambres menores de 2,5 mm de diámetro está prohibido.
- Alambres de acero como mínimo 20 mm² de sección cubiertos con una capa de cobre de 350 micrones, de espesor, como mínimo.

Los electrodos deberán estar enterrados a una profundidad que impida sean afectados por las labores del terreno y por las heladas y nunca a menos de 50 cm.

El terreno será tan húmedo como sea posible y preferentemente tierra vegetal, prohibiéndose constituir los electrodos por piezas metálicas simplemente sumergidas en agua. Se tendrán a suficiente distancia de los depósitos o infiltraciones que puedan atacarlos , y si es posible, fuera de los pasos de personas y vehículos.

Para la puesta a tierra de apoyos de líneas aéreas y columnas de alumbrado, se dispondrá como mínimo de electrodos que tengan en conjunto una superficie de contacto con el terreno de 0,25 m². En todo caso será imprescindible la verificación de la resistencia eléctrica de la puesta a tierra, la que deberá asegurar la actuación de la protección en caso de defecto a tierra.

Como superficie de contacto con el terreno, para las placas se consideran las dos caras, mientras que para los tubos solo cuenta la superficie externa de los mismos.

Al instalarse electrodos protegidos contra la corrosión mediante recubrimientos especiales, se tomarán las debidas precauciones para no dañar la capa protectora.

9.- Resistencia de Tierra.

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

24 V en local o emplazamiento conductor

50 V en los demás casos.

Estos valores para corrientes de defecto que sean eliminadas en menos de 5 segundos.

Si las condiciones de la instalación son tales que puedan dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados.

En todos los suministros eléctricos de UTE, en Baja Tensión, es obligatorio la instalación de un interruptor diferencial, posterior al ICP, en el tablero general del cliente.

La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma, y de la resistividad del terreno en el que se establece.

Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

La tabla I da, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con el fin de obtener una primera aproximación de la resistencia de tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medios indicados en la tabla II.

Bien entendido que los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia de tierra del electrodo.

La medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la tabla III, estimar el valor medio local de la resistividad del terreno; el conocimiento de este valor puede ser útil para trabajos posteriores efectuados en unas condiciones análogas.

TABLA I

Naturaleza del terreno	Resistividad ($\Omega \times m$)
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcilloso	50 a 500
Arena silícea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600

TABLA II

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad ($\Omega \times m$)
Terrenos cultivables y fértiles, Terraplenes compactos y húmedos	50
Terrenos cultivables poco fértiles, terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3000

TABLA III

ELECTRODO	RESISTENCIA DE TIERRA
Placa enterrada vertical	$R = 0,8 \frac{\rho_a}{P}$
Pica vertical	$R = \frac{\rho_a}{L}$
Conductor enterrado Horizontalmente	$R = 2 \frac{\rho_a}{L}$
R, resistencia de tierra (Ω) ρ_a , resistividad ($\Omega \times m$) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

10.- Características y condiciones de Instalación de las Líneas de Enlace con Tierra, de las Líneas principales de Tierra y de sus derivaciones.

10.1.-Naturaleza y Secciones Mínimas.

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

- a) La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación, no debe originar en el conductor una temperatura cercana a la de fusión ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de duración de la falta, el cual solo podrá ser considerado como menor de dos segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.
- b) Los conductores no podrán ser, de menos de 16 mm^2 de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm^2 para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de 16 mm^2 ó 35 mm^2 , según el caso.

Salvo para aquellos suministros cuyas líneas repartidoras sean de sección inferior, en cuyo caso serán de igual sección que los conductores de fase.

10.2.-Tendido de los Conductores de Línea de Enlace con Tierra.

Los conductores de enlace con tierra desnudos, enterrados en el suelo, se considerarán que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes, se mantendrá entre los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer, entre estos conductores, en casos de falta.

10.3.-Tendido de los Conductores de la Línea principal de Tierra y sus derivaciones.

El recorrido de estos conductores será lo mas corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico.

10.4.- Conexiones de los Conductores de los Circuitos de Tierra con las Partes Metálicas y Masas y con los Electrodo.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desean poner a tierra, como con el electrodo.

A estos efectos se disponen que las conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con partes metálicas y con los electrodos, se efectúen con todo cuidado por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva, por medio de: tornillos con elementos elásticos de presión residual permanente, adecuados; elementos de compresión; remaches; etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas. A este fin, y procurando siempre que la resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán estos en forma adecuada con envoltentes o pastas, si ello se estimase conveniente.

Atento que las cañerías de OSE actualmente son de plastiducto como las instalaciones dentro de las viviendas, no se pueden conectar las tierras a dichas cañerías.

10.5.-Prohibición de interrumpir los Circuitos de Tierra.

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Solo se permite disponer de un dispositivo de corte mediante elementos abulonados con presión permanente elástica en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

11.- Separación entre las Tomas de Tierra de las Masas de las Instalaciones de utilización y de las Masas de una Sub-Estación (S.E.).

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de una SE. Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y las de las masas de la SE, se considera que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplen todas y cada una de las condiciones siguientes:

- a) No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras de la SE con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- b) La distancia entre las tomas de tierra de la SE y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (100 ohmios metro). Cuando el terreno sea muy mal conductor, esta distancia será aumentada.
- c) La SE está situada en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

En caso de ser imposible respetar lo expresado en: a); b) y c), en la etapa de proyecto y por lo menos 60 días antes del comienzo de las obras edilicias, se solicitará a la Oficina Técnica de UTE el estudio de una posible solución alternativa.

12.- Revisión de Tomas de Tierra.

Se aconseja que personal, técnicamente competente, efectúe la comprobación, de la toma de tierra, anualmente en la época en que el terreno este más seco. Para ello, se medirá la resistencia de la tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos, así como también los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se aconseja se pongan al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años. Especialmente en los casos en que algunos de dichos elementos no sean de cobre macizo.

13.- Descargas a tierra artificiales en viviendas individuales.

Con motivo de no autorizarse la conexión a las cañerías de OSE para descargas a tierra al estarse utilizando cañerías de material no conductor por parte de los mismos, a continuación detallamos como construir algunas de las tierras artificiales:

- a) En un pozo de dos metros de profundidad se colocará un cable de cobre desnudo de 35 mm^2 o un caño galvanizado de 2 pulgadas de diámetro y que termine en su parte superior en una cámara adecuada. En el mismo con un bulón de bronce de 9 mm ($3/8''$), se conectara el conductor de la tierra. La misma para ser aceptada no debe sobrepasar los 5 ohmios.
- b) En un pozo de 1,50 metros de profundidad se colocara una chapa de cobre electrolítico de $0,50 \text{ m}^2$ de superficie y 2 mm de espesor o de hierro galvanizado por inmersión en caliente de 4 mm de espesor.

Esta chapa deberá ubicarse verticalmente rodeándola de tierra negra (humus). Colocar un caño de PVC que parta desde una zona cercana a la parte inferior de la placa para verter agua en la misma.

El conductor de tierra debe ser abulonado con elemento de bronce y proteger al conductor de tierra desde la chapa hasta la toma de tierra de la vivienda con un caño de PVC o de fibrocemento.

El valor de la resistencia de la puesta a tierra, se recomienda que no sobrepase los 5 ohms.

De no obtenerse con un solo electrodo los valores de resistencia indicados anteriormente, se deberá instalar más de un dispositivo, respetando las separaciones indicadas en el apartado 7.

Debido al empleo obligatorio del interruptor diferencial de alta sensibilidad, (30 mA), el valor de 5 ohms podrá tener, en tal caso, un valor de resistencia algo mayor. (Ver Cap. VI, apartado 3.2.2.).