

SEGURIDAD EN EL LABORATORIO DE ELECTRONICA CIRCUITOS ELECTRICOS

J.J.Luque Q.*, R.A.Miguel A.**

UNMSM – Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Peru

Escuela de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

* E-mail: *jluqueq@gmail.com, 04190236@unmsm.edu.pe **rmiguel@unmsm.edu.pe

Abstract – El presente informe tiene por objetivo principal dar a conocer las normas de seguridad que se deben tener presentes durante nuestra presencia en el un espacio de laboratorio de circuitos eléctricos o en general de cualquier laboratorio de electrónica. Normas que deben ser respetadas por todos los operarios ya sean alumnos o instructores para evitar accidentes, que en algunos casos nos podrían costar la vida. Además mencionare algunos conceptos básicos para entender dichas normas, como intensidad de corriente, voltaje, extintores de fuego eléctrico, pozo de tierra, etc... Y por ultimo una sección dedicada a los primeros auxilios en caso de algún incidente.

MARCO TEORICO

ACCIDENTES DE ORIGEN ELECTRICO

Los accidentes de origen eléctrico pueden provocar daños sobre las personas (lesiones, e incluso muertes) y sobre los bienes (equipos dañados, riesgo de incendio y explosiones). Sin embargo, la mayoría de los accidentes tienen su origen en una falla humana (por negligencia o ignorancia). Esto implica que podrían evitarse si las personas involucradas conocieran y llevaran a la práctica ciertas normas básicas de seguridad.

Clasificación de los accidentes eléctricos

- a) accidentes domésticos (de baja tensión).
- b) accidentes de trabajo al margen de los sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (baja y media tensión).
- c) accidentes de trabajo en los sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (baja, media y alta tensión).
- d) accidentes atmosféricos por caídas de rayos.

DESCARGA ELECTRICA

Se denomina descarga eléctrica en un objeto cuando la corriente eléctrica usa como medio de transmisión a este mismo. En el caso que este

objeto resulta ser el cuerpo humano, decimos entonces que la persona a sufrido una descarga eléctrica. La electricidad daña los tejidos al transformarse en energía térmica. El daño tisular no ocurre únicamente en el lugar de contacto con la piel, sino que puede abarcar a tejidos u órganos subyacentes a la zona de entrada o de salida de la corriente. El grado de lesión tisular depende de varios factores:

Intensidad de la corriente (en amperios), la cual, a su vez, depende del voltaje y de la resistencia de los tejidos al paso de la corriente (intensidad = voltaje / resistencia). Habrá más daño a mayor voltaje y menor resistencia. Las lesiones más severas se producen por corrientes de alto voltaje (mayor de 1000 voltios), pero una descarga “doméstica” con una corriente alterna de 110 voltios, puede ser mortal. La resistencia de los tejidos es variable.

Trayecto de la corriente a través del cuerpo: si se pueden identificar los puntos de entrada y de salida (donde hallaremos carbonización de la piel, denominada necrosis coagulativa), se puede sospechar el pronóstico y la gravedad del proceso valorando los tejidos que han podido ser dañados por la corriente. Recordemos que los tejidos más superficiales se enfriarán antes que los profundos, por los que el calentamiento puede ocasionar lesiones más graves. En general, son peores los trayectos “horizontales” (por ejemplo, brazo-brazo), que los verticales (como hombro-pierna).

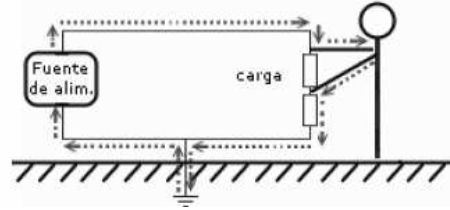
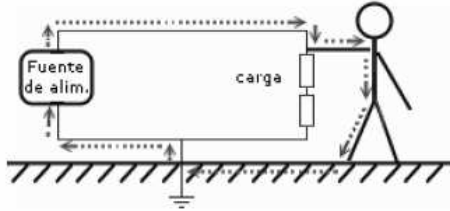
Duración del contacto con la corriente; a mayor tiempo de exposición, peores consecuencias. Tengamos además en cuenta otra consideración: la corriente alterna suele producir más daños que la corriente continua.

Nota: El rayo constituye un caso especial: puede originar descargas de hasta 100.000.000 de voltios, con una energía de hasta 200.000 amperios. Es corriente directa, y suele producir mínimas quemaduras superficiales con patrón en forma de araña o arborescente y sin alteraciones metabólicas; sin embargo, es habitual la asistolia (la asistolia suele originar el paro cardíaco).

Jaime Luque Q.

RIESGO ELÉCTRICO

El riesgo eléctrico consiste en la posibilidad de circulación de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Para que esto ocurra, el cuerpo debe formar parte de un circuito eléctrico. Algunos ejemplos:



El contacto se puede producir de dos formas:

Contacto directo: con las partes activas del equipo que están diseñadas para manejar corriente (cables, contactos, clavijas, barras de distribución, etc.)

Contacto indirecto: con las partes que habitualmente no están diseñadas para manejar corriente, pero que pueden quedar en tensión por algún defecto o deterioro.

ALTA Y BAJA TENSION ELECTRICA

Alta Tensión	Baja Tensión
<p>-Se considera instalación de alta tensión eléctrica aquella que genere, transporte, transforme, distribuya o utilice energía eléctrica con tensiones superiores a los siguientes límites:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Corriente alterna: Superior a 1000 voltios. *Corriente continua: Superior a 1500 voltios. <p>-Este tipo de tensión puede matar por destrucción de órganos vitales o por asfixia.</p> <p>-Las líneas de alto voltaje que conducen electricidad para su casa también pueden causar choques eléctricos mortales. Normalmente, cada línea conduce por lo menos 7,200 voltios, más que suficiente para causar la muerte o un daño muy serio.</p> <p>-La medición del alto voltaje se realiza mediante sondas o puntos de alto voltaje, lo que resulta costoso.</p> <p>-Este tipo de voltaje lo encontramos en un cinescopio (televisor), en el magnetrón (horno microondas), líneas de alto voltaje aéreas, etc.</p> <p>-Se debe mantener una distancia alrededor de unos 10 pies de la fuente de alto voltaje; tanto los objetos como a la misma persona. Trabajar solo si la fuente esta desconectada.</p>	<p>-Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se considera instalación de baja tensión eléctrica aquella que distribuya o genere energía eléctrica para consumo propio y a las receptoras en los siguientes límites de tensiones nominales:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Corriente alterna: igual o inferior a 1000 voltios. *Corriente continua: igual o inferior a 1500 voltios. <p>-Este tipo de voltaje puede ocasionar la muerte por fibrilación cardiaca.</p> <p>-La baja tensión se utiliza para el uso domestico, riego agrícola, alumbrado publico, bombeo de aguas potables, etc.</p> <p>-La medición de este voltaje suele realizarse mediante un voltímetro.</p> <p>-A pesar que este tipo de tensión resulta peligroso, no resulta necesario que la persona o los objetos se mantengan a gran distancia, ya que no forma campos magnéticos como los que forma aquellos de alta tensión.</p>

LA CORRIENTE ELECTRICA PUEDE MATAR A UNA PERSONA

La primera muerte por electrocución se comunicó en 1879. En países como los Estados Unidos se producen más de 1000 muertos anuales por esta causa, además de 150 muertos por rayo. Las quemaduras eléctricas representan un 2 % de los ingresos en las unidades de quemados de los hospitales, el 65 % se producen en el lugar de trabajo (normalmente

empresas eléctricas), el 32 % son domésticos y el 3 % de causas varias.

El cuerpo humano esta básicamente compuesto de agua, lo que lo convierte en un perfecto conductor de electricidad. Al realizar contacto con algún punto de voltaje, nuestro cuerpo actuara como puente de la descarga efectuada, la corriente al atravesar el cuerpo creara vibraciones, es decir, convertirá la energía eléctrica en energía calorífica lo que causara quemaduras tanto internas como externas, la parte mas afectada resulta ser el tejido nervioso

Jaime Luque Q.

ya que por su naturaleza mediante este se transmiten pequeñas cargas eléctricas (lo que conocemos como el sentido del tacto), comunicando a las diferentes partes del cuerpo humano con el cerebro. El corazón también funciona como un motor de pulsos, generando pequeñas cargas para poder bombear la sangre a través del cuerpo. En otras palabras si la corriente atraviesa nuestro cuerpo, esta afectara

directamente al corazón, tanto como al cerebro; dependiendo de la intensidad de la corriente, logrando en el peor de los casos la muerte del individuo.

Se ha demostrado experimentalmente que es la intensidad que atraviesa el cuerpo humano y no la tensión la que puede ocasionar lesiones debido al accidente eléctrico.

Corriente que atraviesa el cuerpo humano (mA)	EFFECTOS
Hasta 1	Imperceptible para el hombre.
De 2 a 3	Sensación de hormigueo.
De 3 a 10	La corriente no es mortal. El sujeto logra normalmente desprenderse del contacto.
De 10 a 25	Contracción muscular, aumento de tensión sanguínea.
De 25 a 80	Posible perturbación en el ritmo cardiaco y respiratorio. Posibilidad de parálisis cardiaca y respiratoria.
De 80 mA a 3 Amp.	Perturbación del ritmo cardiaco. Posibilidad de parálisis cardiaca y respiratoria.
Mayor a 3 Amp.	Especialmente peligrosa. Puede ocasionar fibrilación ventricular de consecuencias mortales en la mayoría de los casos, por lo general ocasiona la muerte.

Estos valores varían en función del tiempo de exposición:

Intervalos de Corriente	Tiempo de Contacto
20 – 50 mA	< 1 seg.
20 – 50 mA	> 1 seg.
50 – 500 mA	0,2 a 5 seg.
> 500 mA	0,2 a 5 seg.
20 – 50 mA	< 1 seg.
20 – 50 mA	> 1 seg.

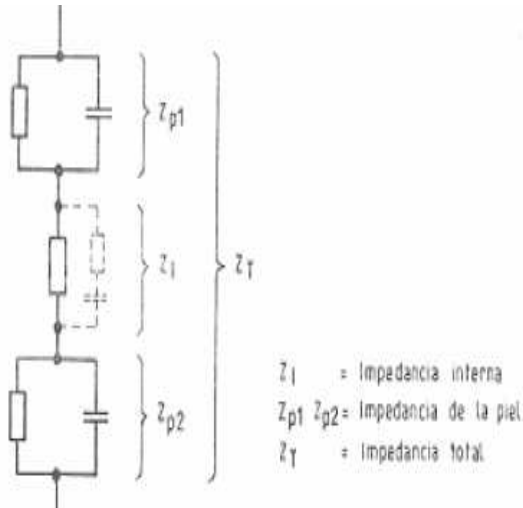
RESISTENCIA QUE OFRECE EL CUERPO HUMANO AL PASO DE LA CORRIENTE ELECTRICA

Entre los factores determinantes tenemos la edad, el sexo, las tasas de alcohol en sangre, el estado de la superficie de contacto (humedad, suciedad, etc.), la presión de contacto, etc. El valor máximo de resistencia se establece en 3000 Ohmios y el mínimo en 500 Ohmios. La piel seca tiene una gran resistencia, del orden de 4.000 Ohmios para la corriente alterna. En el caso de piel húmeda se reducen los niveles de resistencia hasta 1500 Ohmios, con lo que sólo con 100 V la intensidad que atraviesa el organismo puede producir la muerte. La sudoración también es un factor que puede disminuir la resistencia de la piel. La resistencia en el interior del organismo es, en general, 1000 veces menor que la de la piel, siendo menor para la corriente alterna. En el interior del organismo la resistencia disminuye en proporción directa a la cantidad de agua que presentan los distintos tejidos; así, de mayor a

menor resistencia tenemos los huesos, el tendón, la grasa, la piel, los músculos, la sangre y los nervios. La corriente siempre seguirá el recorrido que ofrezca una menor resistencia, este recorrido depende de donde estén aplicados los dos puntos de tensión (se forma un puente en el cuerpo humano) o la forma en que se realiza la descarga (cuando el cuerpo esta haciendo contacto con un punto de tierra.

IMPEDANCIA

El cuerpo humano presenta una impedancia compuesta de elementos resistivos y capacitivos.



Su valor dependerá de ciertos factores: edad, sexo, estado de la piel, órganos involucrados, superficie de entrada/salida, presión ejercida, tensión de contacto, frecuencia de la corriente (a mayor frecuencia, menor resistencia) y de la temperatura. Así, puede variar (normalmente) entre 600 ohms y 6000 ohms. Si la impedancia de la piel es elevada en comparación con la interna, predominará una destrucción local de tejido. Si en cambio es baja, predominarán lesiones internas como las cardíacas y cerebrales.

IMPEDANCIA DE LA PIEL

Su valor depende de:

- La humedad
- El espesor,
- Su estado, y
- Grado de limpieza,

Además de la tensión, de la frecuencia, de la duración, superficie y presión de contacto.

Impedancia Interna

La impedancia interna del cuerpo (que puede considerarse resistiva) es uno de los factores que determinan la trayectoria de la corriente. Su valor depende de la cantidad de agua presente en los tejidos. Así, de mayor a menor resistencia tenemos: los huesos, tendones, grasa, piel, músculos, sangre y nervios.



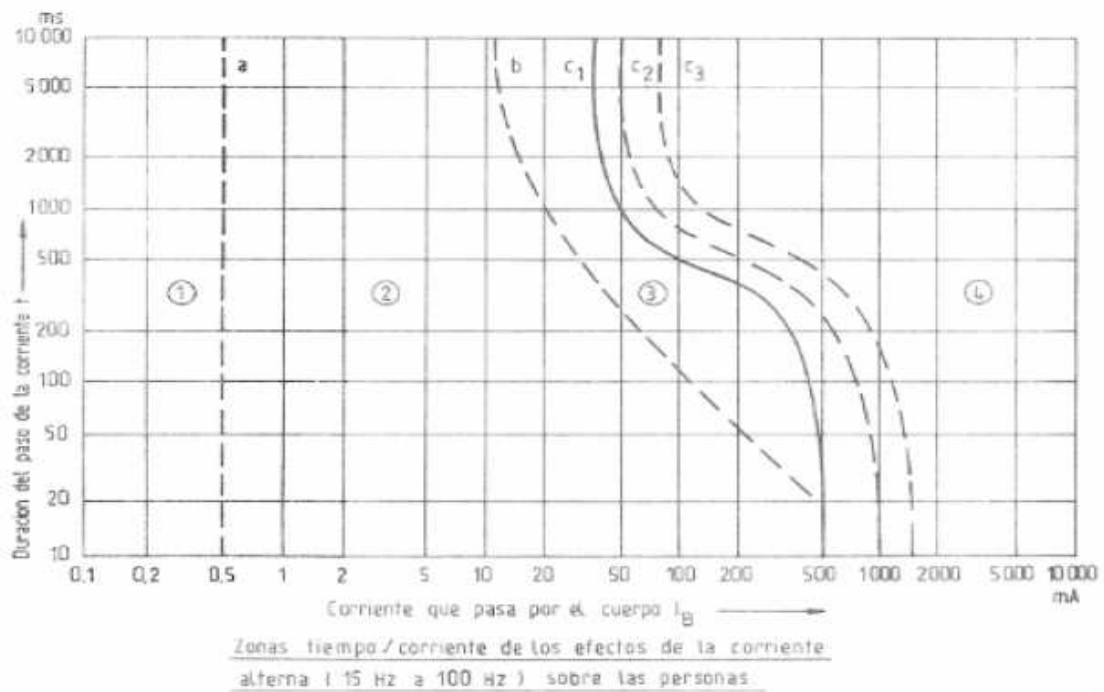
Las mayores lesiones se producen cuando la corriente circula en las siguientes direcciones:

- *Mano izquierda - pie derecho
- *Mano derecha - pie izquierdo
- *Manos - cabeza
- *Mano derecha - tórax - mano izquierda
- *Pie derecho - pie izquierdo

EFFECTOS DE LA HUMEDAD

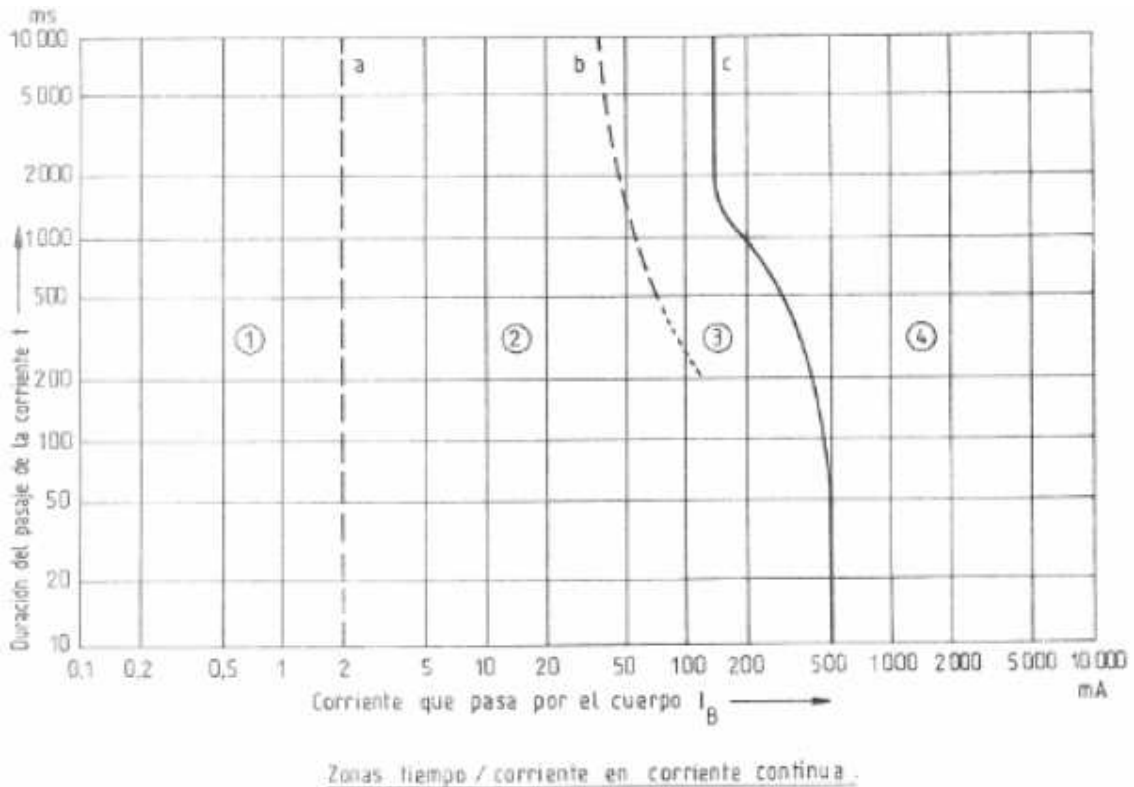
Para tensiones de contacto inferiores a 50V, la impedancia total del cuerpo humano se reduce de 10% a 25% si la superficie de contacto se encuentra mojada con agua común y hasta un 50% si se encuentran presentes soluciones conductoras. Para tensiones de contacto superiores a 50V, la impedancia total depende cada vez menos de la impedancia de la piel, tendiendo al valor de la resistencia interna luego de su perforación.

EFFECTOS FÍSICOS DE LA CORRIENTE
 (Según norma IRAM 2371-1)
 Corriente Alterna entre 15Hz y 100Hz



Nota 1: en lo que respecta a la fibrilación ventricular, esta figura se refiere a los efectos de la corriente que circula de la mano izquierda a los dos pies.
 Nota 2: el punto 500mA/100ms corresponde a una probabilidad de fibrilación del orden de 0,14%.

CORRIENTE CONTINUA



Nota 1: en lo que respecta a la fibrilación ventricular, esta figura se refiere a los efectos de la corriente que circula de la mano izquierda a los pies y para una corriente ascendente.

Nota 2: para tiempos menores que 500ms, el límite entre las zonas 2 y 3 no es conocido.

POZO DE TIERRA

Un pozo de tierra es una obra que se hace en la instalación interna del cliente con el fin de dirigir la energía perdida a la tierra, eliminando el riesgo de electrizamientos y descargas, en caso de fallas.

Para profundizar en la definición, podemos decir que es un pozo que contiene tierra tratada y aditivos químicos que aseguran una baja resistencia del terreno al paso de la corriente eléctrica, hasta donde se conecta el circuito de tierra de las instalaciones internas (en caso lo tuviera), con la finalidad de proteger a las personas e instalaciones de posibles electrizamientos.

CONSTRUCCIÓN DE UN POZO A TIERRA

Los objetivos de hacer un buen pozo a tierra, es que conduzca y absorba todas las corrientes anormales, evitar que aparezcan tensiones peligrosas para la vida humana, permitir que la protección del circuito eléctrico evite la falla inmediatamente de ocurrida esta.

La construcción de pozos es toda una técnica profesional, en la que la inversión que se haga en el equipamiento se vera reflejada en una buena construcción de pozo a tierra, algunos datos a tener en cuenta son:

*La tierra por su alto contenido de ácido de silicio y ácido de aluminio es altamente resistiva y esto hay que anularlo para la buena duración y confiabilidad del pozo de tierra.

*La estratificación del terreno y naturaleza de los suelos hay que saberla identificar ya que esto significa el grado de ser buen o no conductor en la influencia del comportamiento del suelo según su formación geológica y granulometación respectivamente.

*La humedad, temperatura, grado de sales disuelta, compactación del terreno maneja un papel predominante, saber regular y aprovechar estas para concluir con un buen trabajo.

*Tratamientos del terreno para mejorar la puesta a tierra.

*Área de influencia de cables de energía, señales de RF, EMI u otros campos magnéticos tienen mucho que ver hasta para escoger el criterio del lugar apropiado a escoger.

*Medición con Telurómetro, instrumento de medición del pozo, con 3 puntas, de Modelo Digital.

En la construcción del pozo a tierra se debe instalar una varilla de Cobre puro electrolítico de 2.40 mts de profundidad por ½ cm de diámetro con anillo de Cobre desnudo de 25 mm², con longitud de 13 mts.(Enrollado alrededor de la varilla de extremo a extremo) para darle mayor capacidad, que es con configuración helicoidal con la finalidad de soportar hasta de 100 KA, se escarba un pozo de 3 m de profundidad, y por lados 1 m. Y se prepara el terreno, retirando todas las piedras y reemplazando por tierra pura de cultivo tamizada 4 m³, con 3 dosis de Thourgel sustancia química para mejorar la resistividad del terreno con la finalidad de conseguir una baja resistencia en el terreno, de tal manera que sea un verdadero conductor de descarga ante altas corrientes existentes en todos los dispositivos o equipos que requieran un pozo a tierra. Confiable con las condiciones de seguridad, la varilla debe estar con 3 conectores. Se debe colocar tapa de registro con base de concreto pre-armado fijándolo alrededor con cemento, arena para poder efectuar algún mantenimiento en el futuro así como para medir el potencial existente, como también un tubo de PVC para llevar el cable desde el pozo hasta el tablero, en la que internamente estará el cable de calibre 6 AWG (3metros). El tiempo de vida del pozo es de 20 años, teniendo un buen mantenimiento preventivo.

EL TERRENO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN POZO DE TIERRA

El factor más importante de la resistencia a tierra no es el electrodo en sí, sino la resistividad del suelo mismo, por ello es requisito conocerla para calcular y diseñar la puesta a tierra de sistemas.

La resistividad del suelo es la propiedad que tiene éste, para conducir electricidad, es conocida además como la resistencia específica del terreno. En su medición, se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que éstos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, obteniéndose lo que se denomina "Resistividad Aparente" que para el interés de este trabajo, será conocida simplemente como: "resistividad del terreno".

La resistividad del terreno varía ampliamente a lo largo y ancho del globo terrestre, estando determinada por:

Sales solubles: La resistividad del suelo es determinada principalmente por su cantidad de

electrolitos; ésto es, por la cantidad de humedad, minerales y sales disueltas. Como ejemplo, para valores de 1% (por peso) de sal (NaCl) o mayores, la resistividad es prácticamente la misma, pero, para valores menores de esa cantidad, la resistividad es muy alta.

Composición Del Terreno: La composición del terreno depende de la naturaleza del mismo. Por ejemplo, el suelo de arcilla normal tiene una resistividad de 40-500 ohm-m por lo que una varilla electrodo enterrada 3 m tendrá una resistencia a tierra de 15 a 200 ohms respectivamente. En cambio, la resistividad de un terreno rocoso es de 5000 ohm-m o más alta, y tratar de conseguir una resistencia a tierra de unos 100 ohm o menos con una sola varilla electrodo es virtualmente imposible.

Estratigrafía: El terreno obviamente no es uniforme en sus capas. En los 3 m de longitud de una varilla electrodo típica, al menos se encuentran dos capas diferentes de suelos.

Granulometría: Influye bastante sobre la porosidad y el poder retenedor de humedad y sobre la calidad del contacto con los electrodos aumentando la resistividad con el mayor tamaño de los granos de la tierra. Por esta razón la resistividad de la grava es superior a la de la

arena y de que ésta sea mayor que la de la arcilla.

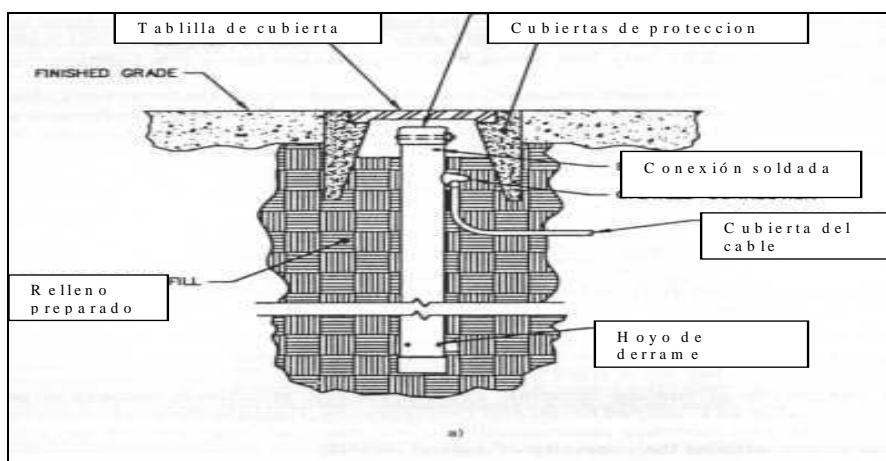
Estado Higrométrico: El contenido de agua y la humedad influyen en forma apreciable. Su valor varía con el clima, época del año, profundidad y el nivel freático. Como ejemplo, la resistividad del suelo se eleva considerablemente cuando el contenido de humedad se reduce a menos del 15% del peso de éste. Pero, un mayor contenido de humedad del 15% mencionado, causa que la resistividad sea prácticamente constante. Y, puede tenerse el caso de que en tiempo de secas, un terreno puede tener tal resistividad que no pueda ser empleado en el sistema de tierras. Por ello, el sistema debe ser diseñado tomando en cuenta la resistividad en el peor de los casos.

Temperatura: A medida que desciende la temperatura aumenta la resistividad del terreno y ese aumento se nota aún más al llegar a 0° C, hasta el punto que, a medida que es mayor la cantidad de agua en estado de congelación, se va reduciendo el movimiento de los electrolitos los cuales influyen en la resistividad de la tierra.

Compactación: La resistividad del terreno disminuye al aumentar la compactación del mismo. Por ello, se procurará siempre colocar los electrodos en los terrenos más compactos posibles.

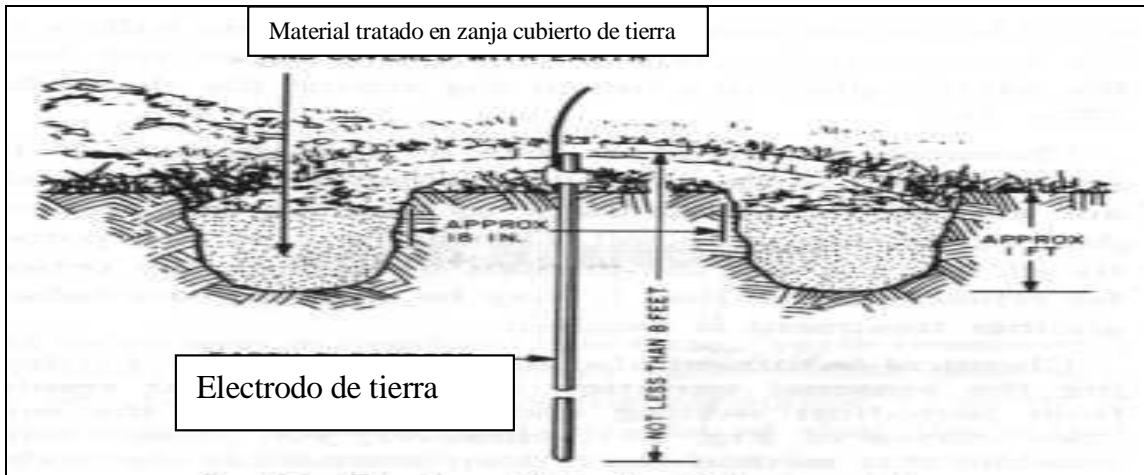
Naturaleza del terreno	Resistividad (Ohm-m)	Dosis THOR-GEL por m3
Terrenos cultivables y fértiles	50	1
Terraplenes compactos y húmedos	50	1
Terrenos cultivables poco fértiles terraplenes fofos	500	de 1 a 2
Suelos pedregosos desnudos arena seca, permeable	3 000	2
Suelos rocosos fraccionados	6 000	de 2 a 3
Suelos rocosos compactos	14 000	3

ESQUEMA DE UN POZO A TIERRA



Este método es efectivo donde hay poco espacio como en banquetas o estacionamientos, pero es fácilmente demostrable que la resistencia a tierra obtenida, puede ser fácilmente obtenida de una manera más económica con electrodos múltiples.

El otro método es excavar una zanja alrededor de la varilla y llenarla con unos 20 o 40 Kg. de los compuestos químicos mencionados arriba, diluyendo con agua.



La primera carga dura unos 2 o 3 años y, las posteriores aún más, por lo que el mantenimiento es menos frecuente con el tiempo.

Por último, se puede utilizar uno de los cementos puzolánicos grafíticos conductores (EarthLink 101, etc.) de la siguiente manera: se cubre el cable del electrodo [4/0 AWG] colocado horizontalmente en una zanja de unos 75 cm de profundidad, con una capa de cemento seco de unos 5 cm de grueso y 50 cm de ancho. Con el tiempo, el cemento toma la humedad del suelo y endurece. Este método desarrollado en Japón en los 70s, tiene la ventaja que no requiere mantenimiento, es antirrobo, y por el tipo de material, no se corroen los cables con el tiempo. Además se adapta perfectamente a los lugares donde la capa superficial es poco profunda y de alta resistividad.

El perforar y usar explosivos para hacer grietas en suelos rocosos, como se utiliza para cimentar las torres de líneas de transmisión, se ha utilizado en China para mejorar la resistividad de un terreno de alta resistividad, utilizando un material de baja resistividad para rellenar las grietas.

Como resultado del mejoramiento del terreno se observa en las mediciones que la variación estacional de la resistencia de un electrodo es mucho menor a la que pudiera obtenerse en un terreno natural no mejorado.

TIPOS DE POZO A TIERRA

(a) Por su resistencia final:

Pozos de comunicación e informática: $< 05 \Omega$

Pozos de alta tensión: $< 15 \Omega$

Para pozos de baja tensión: $< 10 \Omega$ (ohmios)

(b) Según su aplicación:

-Puesta a tierra de los sistemas eléctricos.- El propósito de aterrizar los sistemas eléctricos es para limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de rayos, fenómenos de inducción o, de contactos no intencionales con cables de voltajes más altos. Se logra uniéndolo mediante un conductor apropiado a la corriente de falla a tierra total del sistema, es decir una parte del sistema eléctrico al planeta tierra.

-Puesta a tierra de los equipos eléctricos.- Su propósito es eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida y las propiedades y, para que operen las protecciones por sobre corriente de los equipos. Se logra conectando al punto de conexión del sistema eléctrico con el planeta tierra, todas las partes metálicas que pueden llegar a energizarse, mediante un conductor apropiado a la corriente de corto circuito del propio sistema en el punto en cuestión.

-Puesta a tierra en señales electrónicas.- Para evitar la contaminación con señales en frecuencias diferentes a la deseada. Se logra mediante blindajes de todo tipo

conectados a una referencia cero, que puede ser el planeta tierra.

-Puesta a tierra de protección electrónica.- Para evitar la destrucción de los elementos semiconductores por voltaje, se colocan dispositivos de protección conectados entre los conductores activos y la referencia cero, que puede ser el planeta tierra.

-Puesta a tierra de protección atmosférica.- Sirve para canalizar la energía de los rayos a tierra sin mayores daños a personas y propiedades.

Se logra con una malla metálica igualadora de potencial conectada al planeta tierra que cubre los equipos o edificios a proteger.

-Puesta a tierra de protección electrostática.- Sirve para neutralizar las cargas electrostáticas producidas en los materiales dieléctricos. Se logra uniendo todas las partes metálicas y dieléctricas, utilizando el planeta tierra como referencia de voltaje cero.

MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL POZO A TIERRA

*Electrodo o varilla de cobre:

Los electrodos de puesta a tierra de cobre pueden ser uno o un grupo de los siguientes electrodos:

Electrodo de varilla de cobre, de un diámetro nominal no menor de 12 mm y de longitud no menor de 2,0 m, la profundidad mínima a la cual debe introducirse es de 2,5 m. Si se encuentra roca a menos de 1,25 m de profundidad, el electrodo debe enterrarse horizontalmente.

Electrodo embutido en una fundación o cimientado de concreto, por lo menos a 5 cm de la base que está en contacto directo con la tierra. El electrodo consiste de un conductor de cobre desnudo de por lo menos 6 m de longitud y de una sección no menor de 25 mm².

Electrodo compuesto de un conductor de cobre desnudo enterrado horizontalmente a una profundidad no menor de 0,75 m. El electrodo consiste de un conductor de cobre desnudo de por lo menos 10 m de longitud y de una sección no menor de 35 mm².

*Material circundante al electrodo.

*Elementos químicos para reducir la resistencia de puesta a tierra.

*Conectores entre el electrodo y conductor de puesta a tierra.

*Protección externa del pozo.

Formulas para el calculo de la resistencia de un electrodo

$$R = \frac{\rho_a}{2\pi r} \times \ln\left(\frac{2L}{r}\right) \quad R = 0.8 \times \frac{\rho_a}{P}$$

Donde:

ρ_a = Resistividad aparente
R = Resistencia
L = Longitud del electrodo
r = radio del electrodo

Donde:

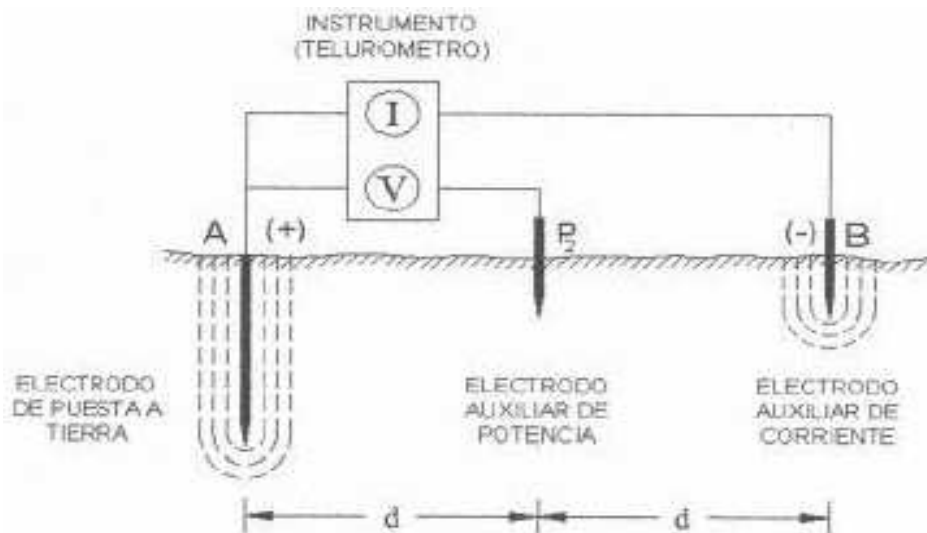
ρ_a = Resistividad aparente
R = Resistencia
P = Preimetro de la placa
0.8 = Factor de la placa

Las formulas descritas se utilizan para calcular cual sería la resistencia eléctrica de un electrodo o placa dentro del terreno natural, al resultado se deberá aplicar un factor de reducción que se obtiene cambiando el terreno natural por tierra de cultivo y aplicando THOR-GEL, en el siguiente orden: 1 dosis por m³ reducción 80 %, 2 dosis por m³ reducción 85 %, 3 dosis por m³ reducción 90 %.

MEDICIÓN DEL POZO AL FINALIZAR LA INSTALACIÓN

Esta medida es la verificación de la capacidad de evacuación y dispersión de la corriente eléctrica en el suelo, a cargo de una puesta a tierra desconectada; las medidas se hacen utilizando un telurómetro portátil de 3 o 4 bornes. Se inyecta una corriente a través del electrodo de la puesta a tierra A y se mide el alza de potencial por el electrodo auxiliar de potencia P2, conocido el valor de la tensión y la corriente se obtiene la resistencia de la puesta a tierra.

La forma precisa de medir la resistencia a tierra, es colocando el electrodo auxiliar de potencia P2 a una distancia "d" (igual al doble de la longitud del electrodo A) y a una distancia "2d" al electrodo auxiliar de corriente B con respecto al electrodo de puesta a tierra A, en línea recta, para que el electrodo P2 este fuera de las áreas de resistencia del electrodo A y B.



NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

Evite cometer errores y ocasionar lesiones a su persona o a sus compañeros de trabajo. Para ello lea y siga cuidadosamente las siguientes indicaciones:

- Reconozca su lugar de trabajo: dónde se localizan y cómo se accionan los interruptores de energía y los extintores.
- Aprenda primeros auxilios.
- Consulte los manuales antes de manejar equipos eléctricos.
- Sujete firmemente la clavija (no el cable) al desenchufar los equipos eléctricos. Tirar del cable puede dañar el cable, la clavija o el tomacorriente y resultar en choques eléctricos o incendios.
- Desenchufe los equipos, electrodomésticos y cables de extensión cuando no se encuentren en

uso, antes de inspeccionarlos, limpiarlos o arreglarlos.

- Reconozca los indicios de sobrecarga en los circuitos, incluyendo el parpadeo u oscurecimiento de las luces, fusibles quemados, tomacorrientes o cables de extensión calientes al tacto y disyuntores que se disparan.
- Verifique la existencia de una puesta a tierra efectiva en su instalación.
- No trabaje en zonas húmedas ni con líquidos u accesorios metálicos (anillos, cadenas, etc.)
- Nunca manipule dispositivos o circuitos energizados (verifique que están abiertos o desconectados). Compruebe la desconexión (por ejemplo empleando un voltímetro).
- Si necesita trabajar sobre circuitos energizados, siempre emplee herramientas de mango aislado.

LESIONES QUE PUDIERAN PRESENTARSE DURANTE UNA EXPERIENCIA DE LABORATORIO Y PRIMEROS AUXILIOS

Las lesiones dependerán de ciertos factores:

- Intensidad de la corriente que pasa por el cuerpo humano (como ya dijimos: en función de la tensión aplicada y la resistencia del cuerpo)
- Tipo de corriente: continua o alterna
- Tiempo de exposición
- Recorrido de la corriente eléctrica por el cuerpo humano

Y se clasifican de la siguiente manera:

Inmediatas

Directas: quemaduras internas y externas, destrucción muscular, fracturas (debidas a las fuertes sacudidas musculares), asfixia (cuando la corriente atraviesa el tórax), tetanización (anulación de la capacidad de reacción muscular que impide la separación voluntaria del punto de contacto), fibrilación ventricular (contracciones cardíacas desorganizadas de numerosas células ventriculares al mismo tiempo, por lo cual es corazón es incapaz de bombear sangre), lesión vascular, paro cardíaco.

Indirectas: debidas a actos involuntarios de las víctimas (caídas de altura y golpes contra objetos).

Mediadas

Se pueden citar: afectación renal, lesiones nerviosas, arritmias, bloqueos cardíacos, infarto, edema agudo de pulmón, cataratas (30 % de los casos cuando el contacto se hace por encima de las clavículas, en especial cuando es la cabeza). También pueden existir problemas neurológicos hasta tres años después de la lesión inicial (Frecuentemente se presentan alteraciones variables de la conciencia, alteraciones respiratorias y parálisis motoras transitorias).

TRATAMIENTO INMEDIATO

Accidentes en baja tensión

Cortar el suministro eléctrico antes de tocar a la víctima, si no es posible entonces romper el contacto con algún elemento no conductor seco (palo, cuerda, ropa). Siempre moverse sobre superficies secas. Si el accidentado está pegado al conductor, cortarlo (al conductor) con herramienta de mango aislante.

Mandar a buscar auxilio médico

Verificar la respiración y el pulso de la víctima. De ser necesario aplicar respiración artificial o resucitación cardiopulmonar (sólo si se está entrenado)

Si es necesario mover a la víctima, cerciórarse que no tenga fracturas o heridas internas.

Accidentes en alta tensión

Cortar la subestación correspondiente
Prevenir la posible caída si está en alto separe a la víctima con auxilio de pértiga aislante y estando provisto de guantes y calzado aislante y actuando sobre banqueta aislante.

Si está ardiendo utilizar mantas.

Mandar a buscar auxilio médico-

Verificar la respiración y el pulso de la víctima. De ser necesario aplicar respiración artificial o resucitación cardiopulmonar (sólo si se está entrenado).

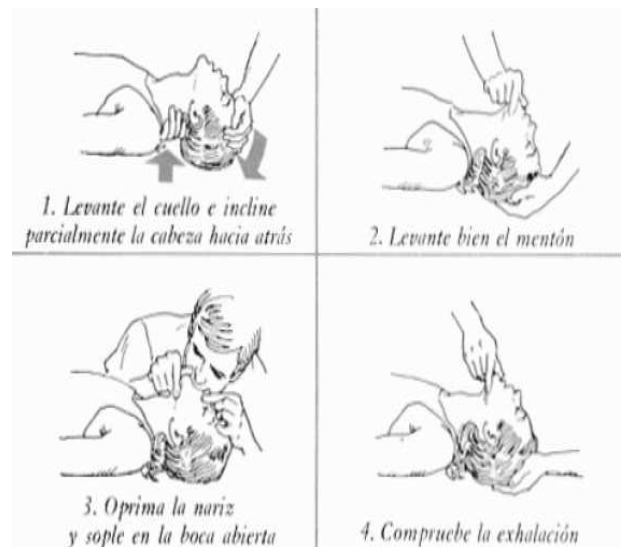
Si es necesario mover a la víctima, cerciórarse que no tenga fracturas o heridas internas.

INCENDIOS (DE ORIGEN ELÉCTRICO)

Utilizar únicamente extintores para fuego clase C (espuma de dióxido de carbono, o polvo químico seco)

RESPIRACION ARTIFICIAL

Procedimiento a aplicar en caso de paro respiratorio:



Jaime Luque Q.

Acotar al paciente de espaldas. Quitar cualquier materia extraña de la boca con los dedos. Ponerle una mano bajo el cuello, levantar un poco la cabeza y écharla hacia atrás, pero no demasiado.

Tirar del mentón del accidentado hacia arriba.

Colocar la boca firmemente sobre la boca abierta de la víctima; oprímirle las ventanas de la nariz para cerrarlas y sople lo bastante fuerte para hincharle el pecho.

Retirar la boca y asegurarse de percibir el sonido del aire exhalado.

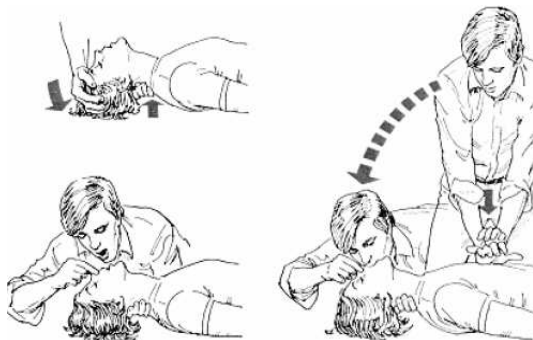
Repetir la maniobra, soplando vigorosamente cada cinco segundos.

En niños pequeños coloque su boca sobre la boca abierta y nariz de la víctima, y sople superficialmente cada tres segundos.

Nota sobre la respiración artificial: no suspender la maniobra hasta que la persona comience a respirar. Muchos accidentados no han revivido hasta después de varias horas de aplicarles respiración artificial.

RCP: RESUCITACIÓN CARDIOPULMONAR

Procedimiento a aplicar en caso de paro respiratorio y cardíaco:



Sacudir a la víctima por los hombros. Si no responde, llame a emergencia.

Acueste a la víctima de espaldas sobre el suelo.

De rodillas junto a ella, tantear el pecho del accidentado para encontrar el extremo inferior del esternón. Poner un dedo de la mano izquierda sobre el cartílago; luego acercarle la parte posterior de la mano derecha (nunca la palma) hasta la punta del dedo, retirar el dedo y colocar la mano izquierda sobre la derecha.

En seguida, empujar hacia abajo con un impulso rápido y firme para hundir el tercio inferior del esternón cerca de cuatro centímetros, lo cual se logra dejando caer el peso de su cuerpo y

levantándolo otra vez. Se repite cada segundo esta compresión rítmica: oprimiendo y soltando. Cada vez que se empuja, se obliga al corazón a contraerse y a impulsar la sangre por el cuerpo de la víctima.

Detenerse después de cada 15 compresiones para insuflarle profundamente aire dos veces de boca a boca.

Continuar hasta que la víctima tenga pulso.

Nota sobre la RCP: "Es posible mantener viva a una persona con este procedimiento por lo menos una hora. Puede darse el caso que el corazón vuelva a latir con normalidad y el enfermo persista en paro respiratorio. Inicie y no abandone prematuramente la RCP dando por pérdida una situación que en muchas ocasiones no lo es. No debe olvidarse que los paciente electrocutados que llegan vivos al hospital sólo tienen una mortalidad entre el 5 y 10 % aún en presencia de lesiones necróticas extensas."

Advertencia: aún cuando la RCP se efectúe correctamente, puede romper costillas.

Si se hace mal, la punta del esternón o una costilla rota podrían perforar el hígado o un pulmón. Por eso se recomienda adiestrarse adecuadamente en esta técnica. Pero en una emergencia, aunque carezca usted de preparación, intente la RCP. Sin ella, la persona cuyo corazón se ha detenido seguramente morirá.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

-Llegue a la conclusión de que los sistemas eléctricos son potencialmente letales para las personas. Pero conocer las características del peligro latente permite tomar los recaudos necesarios para evitar accidentes.

-En el laboratorio debemos Evitar trabajar con dispositivos o circuitos energizados para ello tenemos que verificar que están abiertos o desconectados y uno de los dispositivos con los que debemos tener mas cuidado son los capacitores porque pueden almacenar grandes voltajes.

-Para evitar descargas eléctricas lo recomendable es tocar el cable con el dorso de la mano ya que al circular una alta cantidad de corriente eléctrica por la mano los músculos de esta tienden a contraerse o encogerse produciendo que esta tome la forma

Jaime Luque Q.

de puño. Es decir si se hace contacto con el objeto electrizado con el dorso se tiene la posibilidad de retirar la mano o en el mejor de los casos que la corriente “rechaze” a la mano, en cambio, el hacer contacto con la palma ocasiona una contracción de la mano con lo que uno se queda pegado o agarrado al objeto electrizado y también al trabajar con altas tensiones hacerlo solo con una mano a la vez y no con las dos ya que podríamos proporcionar un puente eléctrico con nuestras manos y el sudor; la corriente pasaría directamente de un brazo al otro por el corazón produciendo un paro cardiaco. Lo recomendable es realizar la conexión con la mano derecha, manteniendo la izquierda amarrada a la cintura en la espalda, a menos que se tenga la suficiente experiencia.

BIBLIOGRAFIA

Libros:

[1]Boylestad - "Análisis Introdutorio de Circuitos" - 8va edición - sección 7.7 - La conexión a tierra.

[2]Irwin, David - "Análisis Básico de Circuitos en Ingeniería" - 5ta edición - sección 10.10 - Consideraciones de seguridad.

Revistas y Artículos:

[3]Manual de primeros auxilios

[4]Seguridad eléctrica: efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano - M. Villarrubia - Fac. de Física - Universidad de Barcelona.

[5]Normas IRAM

2371-1: Efecto del paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano - Diciembre 1987

2281-1: Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Consideraciones generales. Código de práctica – 1996.

Sitios Web

[6]<http://www.cirugest.com/revisiones/cir03-05/03-05-01.htm>

[7]<http://www.pnm.com/espanol/seguridad/lineas.htm>

[8]<http://www.comunidadelectronicos.com/articulos/altovol-trc.htm>

[9]<http://www.monografias.com/trabajos14/trmnpot/trmnpot2.shtml>

[10]http://bvpad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc230/doc230_7a.pdf#search=%22frecuencia%20tension%20electronica%22

[11]www.procobreperu.org/pub_red_elec01_1.htm

[12]<http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe01.html>

[13]<http://www.tomasdetierra.com/medic.html>

[14]http://www.sertec.com.py/telegia/telegia/informaciones/medicion_resistencia_puesta_tierra.html

[15]<http://www.otae.com/enchufes/mapamon.html>

[16]http://www.procobreperu.org/pub_red_elec991.htm

[17]http://www.para-rayos.com/thor_gel.html