

Table of Contents

1 Seguritat en instal·lacions elèctriques.....	2
1.1 Efectes fisiològics de l'electricitat.....	2
1.2 Toma de terra.....	5
1.3 Llei d'Ohm, aplicada a les descàrregues.....	14
1.4 Procedimientos de seguridad.....	23
1.5 Respuesta a una emergencia.....	29
1.6 Causas frecuentes de accidentes.....	31
1.7 Diseño de dispositivos seguros.....	34
1.8 Utilización segura del polímetro (multímetro).....	42
1.9 Soluciones.....	53

1 Seguritat en instal·lacions elèctriques

1.1 Efectes fisiològics de l'electricitat

La majoria de nosaltres hem experimentat alguna forma de "descàrrega" elèctrica, en la qual l'electricitat provoca en el nostre cos dolor. Si tenim sort, l'abast d'aquesta experiència es limita a pessigolles. Quan treballem amb circuits elèctrics capaços de subministrar grans potències a les càrregues, les descàrregues elèctriques es converteixen en un problema molt més greu, i el risc de sofrir-les és molt major. En aquests casos, el dolor és la conseqüència menys greu de la descàrrega. Quan el corrent elèctric es condueix a través d'un material, qualsevol oposició a aquest flux d'electrons (resistència) provoca una dissipació d'energia, normalment en forma de calor. Aquest és l'efecte més bàsic i fàcil d'entendre de l'electricitat en els teixits vius: el corrent fa que s'escalfin. Si la quantitat de calor generada és suficient, el teixit pot cremar-se. L'efecte és fisiològicament el mateix que el mal causat per una flama oberta o una altra font de calor a alta temperatura, tret que l'electricitat té la capacitat de cremar teixit per sota de la pell, fins i tot cremar òrgans interns. Un altre efecte del corrent elèctric sobre el cos, potser el més important en termes de perillositat, afecta al sistema nerviós. Per "sistema nerviós" s'entén la xarxa de cèl·lules del cos anomenades "cèl·lules nervioses" o "neurones" que processen i condueixen la multitud de senyals responsables de la regulació de moltes funcions corporals. El cervell, la medul·la espinal i els òrgans del cos funcionen en conjunt, permetent sentir, moure's, respondre, pensar i recordar. Les cèl·lules nervioses creen i emeten senyals elèctrics de molt baixa tensió i intensitat en resposta a uns certs compostos químics anomenats neurotransmissors. També actuen al revés, alliberant neurotransmissors en ser estimulades amb senyals elèctrics.

Si es condueix un corrent elèctric de magnitud suficient a través d'un ésser viu (humà o un altre), el seu efecte serà anul·lar els petits impulsos elèctrics generats normalment per les neurones, sobrecarregant el sistema nerviós i impedit que els senyals reflexos i volutius (són els senyals que provoquen les contraccions voluntàries dels músculs) actuïn sobre els músculs. Els músculs activats per un corrent extern (descàrrega) es contreuen involuntàriament, sense que la víctima pugui fer res per a evitar-ho.

Aquest problema és especialment perillós si la víctima entra en contacte amb un objecte sota tensió amb les mans. Els músculs de l'avantbraç responsables de doblegar els dits tendeixen a estar millor desenvolupats que els músculs responsables d'estendre els dits, per la qual cosa si tots dos grups de músculs intenten contreure's a causa d'un corrent elèctric conduït a través del braç de la persona, els músculs "flexors" guanyaran, tancant-se el puny.

Això farà que la víctima estrenyi fortament el cable amb la mà empitjorant així la situació en assegurar un excel·lent contacte amb el cable. La víctima serà incapaç de deixar anar el conductor.

Aquesta contracció muscular involuntària es denomina tètanus. Els electricistes familiaritzats amb aquest efecte de la descàrrega elèctrica sovint es refereixen a una víctima immobilitzada de la descàrrega elèctrica com "congelada en el circuit". El tètanus induït per descàrrega elèctrica només pot interrompre's detenint el corrent a través de la víctima. Fins i tot quan es deté el corrent, és possible que la víctima no recuperi el control voluntari dels seus músculs durant un temps, ja que l'equilibri químic dels neurotransmissors s'ha descompensat.

Aquest principi s'ha aplicat a les pistoles atordidores, com les Taser, que electrocuten momentàniament a la víctima amb un impuls d'alt voltatge subministrat entre dos elèctrodes. Una descàrrega ben col·locada té l'efecte d'immobilitzar temporalment (uns minuts) a la víctima.

Una descàrrega elèctrica també pot afectar el múscul del diafragma que controla els pulmons i el cor quedant parats, en un estat de tètanus, pel corrent elèctric. Fins i tot corrents massa baixes per a provocar el tètanus, són capaçes d'alterar els senyals de les cèl·lules nervioses prou com perquè el cor no pugui bategar correctament, provocant un estat conegut com a fibril·lació.

Un cor fibril·lant és ineficaç per a bombar sang als òrgans vitals del cos. La mort per asfíxia i/o aturada cardíaca serà el resultat d'un corrent elèctric prou fort.

Curiosament, el personal mèdic utilitza una forta descàrrega de corrent elèctric en el pit d'una víctima per a "reactivar" un cor fibril·lant i que aquest torni a bategar al seu ritme normal.

La forma en què el corrent altern afecte a l'organisme depèn en gran manera de la seva freqüència. La CA de baixa freqüència s'utilitza en les llars estatunidenques (60 Hz) i europeus (50 Hz) i és de 3 a 5 vegades més perillosa que el corrent continu de la mateixa tensió i amperatge.

“El corrent altern de baixa freqüència provoca contracció muscular prolongada (tetània), que pot congelar la mà a la font de corrent, prolongant l'exposició.

El corrent continu sol provocar una única contracció convulsiva, que sovint obliga la víctima a allunyar-se de la font de corrent.”

Font

Robert S. Porter, MD, editor, “The Merck Manuals Online Medical Library”, “Electrical Injuries,” at <http://www.merck.com/mmpe/sec21/ch316/ch316b.html>

Resum

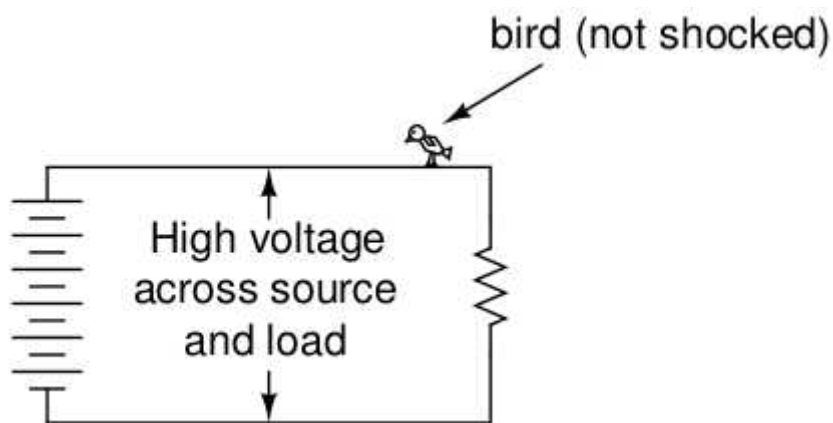
- El corrent elèctric és capaç de produir cremades profundes i greus a causa de la potència elèctrica dissipada a través de la resistència del cos.
- El tètanus és una estat en el qual els músculs es contreuen involuntàriament a causa del pas d'un corrent elèctric pel cos. La contracció involuntària dels músculs dels dits fa que la víctima no pugui deixar anar un conductor elèctric. Es diu que la víctima està "congelada".
- Els músculs del diafragma (pulmó) i del cor es veuen afectats de manera similar pel corrent elèctric. Fins i tot corrents massa petites per a induir el tètanus els poden paralitzar.
- El corrent continu (CC) presenta més probabilitats de provocar un tètanus muscular que el corrent altern (CA), per la qual cosa és més probable que la CC "congele" a una víctima en cas de descàrrega. No obstant això, la CA provoca la fibril·lació del cor de la víctima amb major probabilitat que el CC. La fibril·lació pot manifestar-se fins i tot passat un temps després de rebre la descàrrega.

1.2 Toma de terra

Com s'ha vist anteriorment, l'electricitat requereix un camí (circuit) entre dos punts (pols) entre els quals existeixi tensió, perquè flueixi un corrent.

L'electricitat estàtica causa descàrregues momentànies. El flux d'electrons és breu quan les càrregues estàtiques s'igualen entre dos objectes. Aquest tipus de descàrregues no solen ser perilloses.

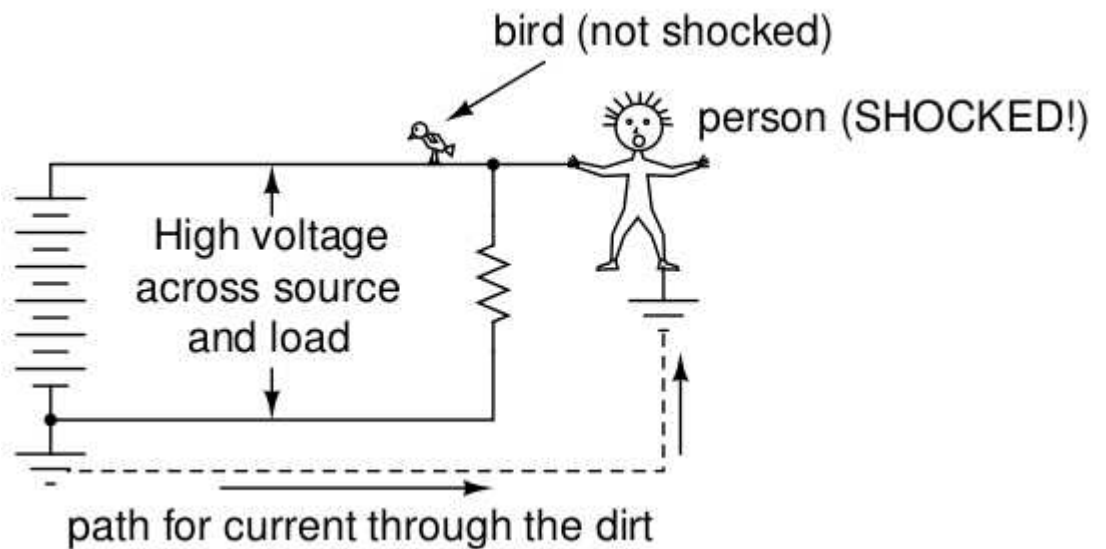
Són necessaris dos punts de contacte del cos perquè entri i surti el corrent. Els ocells poden posar-se sobre línies d'alta tensió sense sofrir una descàrrega, perquè el seu contacte amb el circuit és en un sol punt.



Perquè els electrons circulin per un conductor, és necessària una tensió que els mogui. La tensió, és sempre relativa a dos punts. No té sentit parlar de tensió si s'observa un únic punt del circuit. Falta un segon punt de referència. L'ocell, està en contacte amb un únic punt del circuit, per això no rep una descàrrega. Encara que les potes estiguin sobre el cable, és el mateix cable i la tensió en les potes és la mateixa. Elèctricament parlant, totes dues potes de l'ocell toquen el mateix punt, per tant no hi ha tensió entre elles per a causar un corrent a través del seu cos.

Es podria pensar que és impossible rebre una descàrrega elèctrica tocant un només cable. Com els ocells, que tocant un sol cable, no s'electrocuten. Desgraciadament, això no és cert. A diferència dels ocells, les persones solen estar dempeus sobre el sòl (terra) quan entren en contacte amb un cable amb tensió.

Generalment, un dels costats (pols) d'un subministrament elèctric està intencionadament connectat a terra. Si la persona toca el cable que no està connectat a terra, està fent una connexió a terra amb el seu cos. Es tracta d'un contacte entre dos punts del circuit, amb diferent tensió, la del conductor i la de la presa de terra.



El símbol de terra és el conjunt de tres ratlles horitzontals d'amplària decreixent situades en la part inferior esquerra del circuit. L'esquema mostra, que també els peus de la persona que rep la descàrrega, toquen terra.

La presa de terra del sistema elèctric consisteix en alguna mena de conductor metàl·lic enterrat profundament en el sòl per a fer el màxim contacte amb la terra. El conductor enterrat està connectat elèctricament al circuit mitjançant un cable gruixut. La connexió a terra de la víctima és a través dels seus peus, que estan en contacte amb la terra.

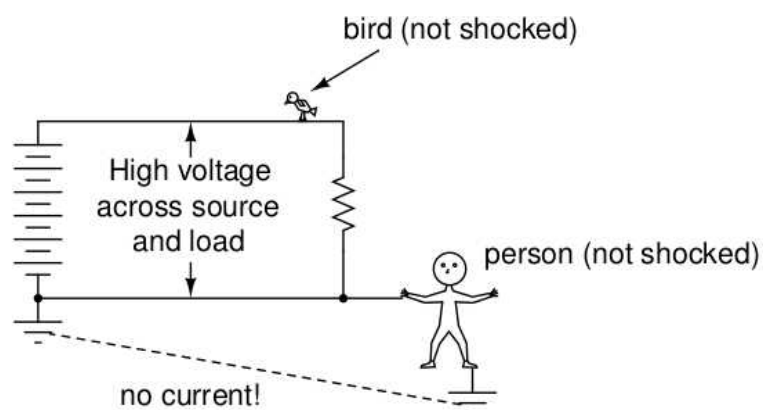
Observant l'esquema anterior, sorgeixen les següents preguntes:

Si la presència d'una presa de terra és la raó per la qual hi ha tensió entre el conductor del circuit i terra, no seria millor prescindir de la presa de terra?

La víctima de la descàrrega, probablement no camina descalça. Si els plàstics són aïllants, per què les sabates no la protegeixen de la descàrrega?

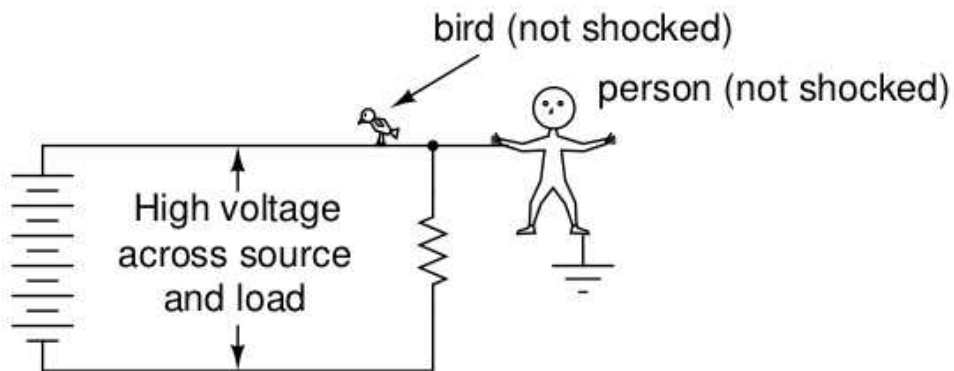
És el sòl un bon conductor? Si és possible rebre una descàrrega a través del sòl, perquè no s'utilitza terra com a material conductor en els circuits elèctrics?

La resposta a la primera pregunta és que un punt de connexió a terra en un circuit elèctric garanteix que un dels seus costats tingui el mateix potencial que la terra i es pot tocar sense perill de rebre una descàrrega. Si la persona de l'esquema toqués la part inferior de la resistència, no passaria res, encara que els seus peus estiguessin en contacte amb terra:

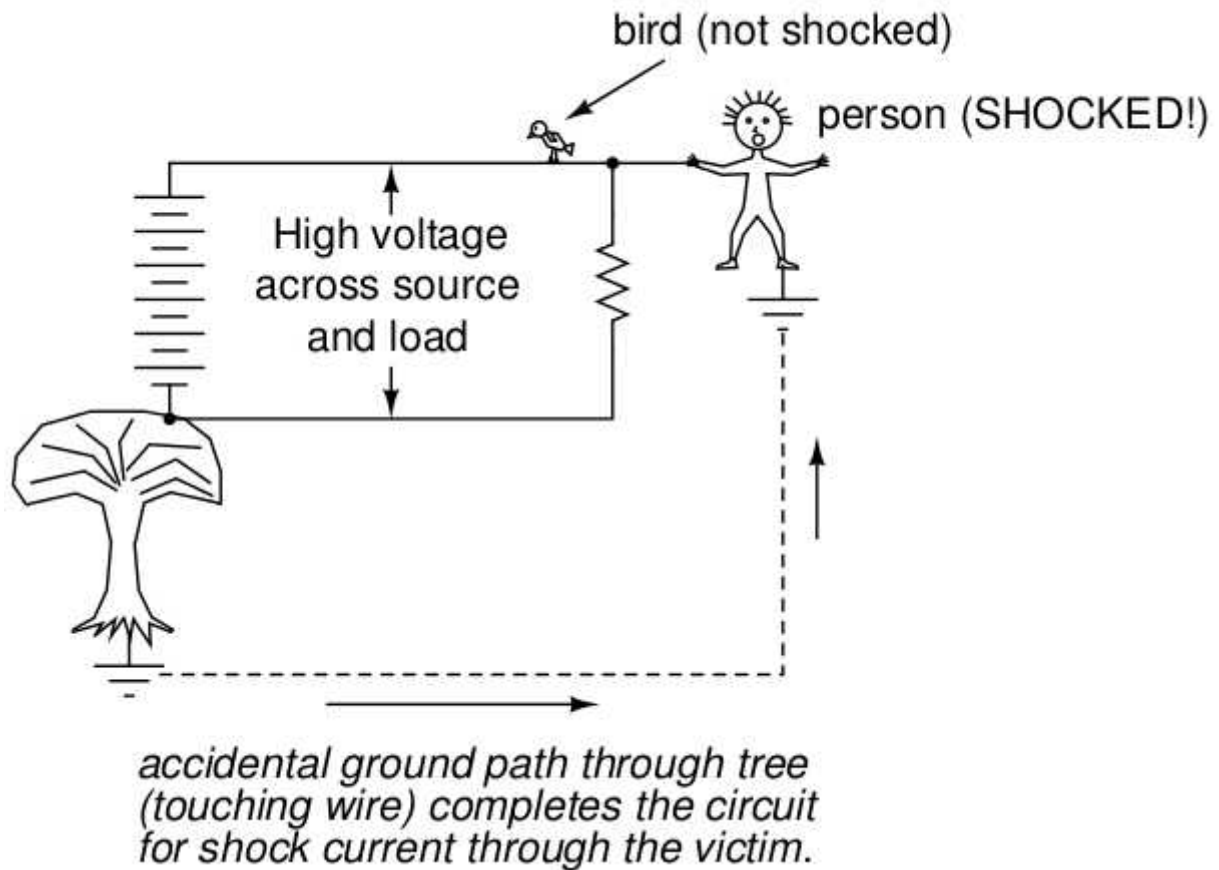


La connexió a terra del circuit garanteix que almenys una part del circuit serà segura de tocar. Però què passa si es deixa un circuit completament sense connexió a terra? No faria això segur el circuit complet, perquè només hi hauria tensió entre els pols del generador, no cap a terra?

En teoria, sí. En la pràctica, no. Sense connexió a terra, la situació seria la següent:

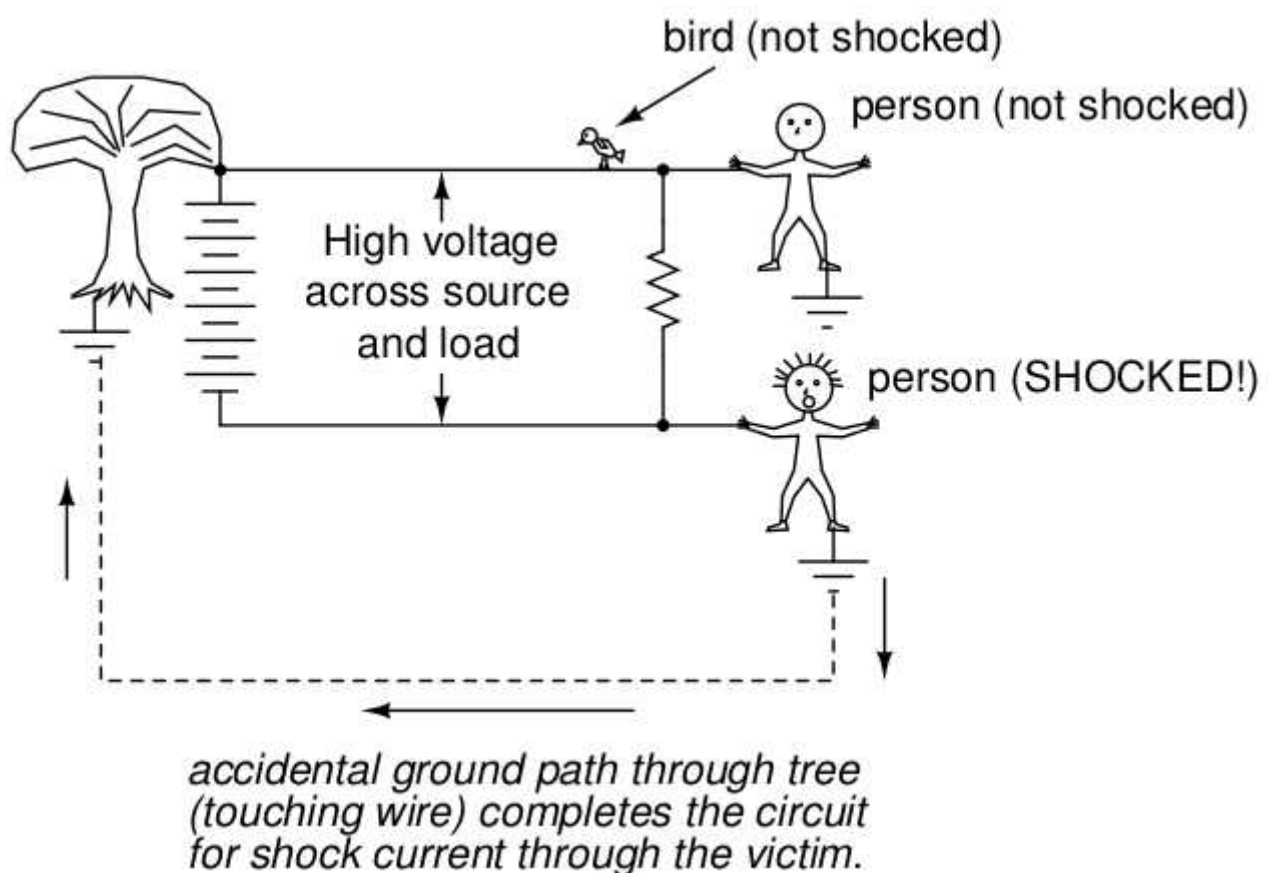


A pesar que els peus de la persona estan en contacte amb terra, qualsevol punt del circuit hauria de poder tocar-se sense perill. Com no s'ha tancat el circuit entre els costats inferior i superior de la font de tensió, no circula corrent per la persona. No obstant això, aquesta situació canviaria amb una presa de terra accidental. Si la branca d'un arbre toqués una línia elèctrica, la connectaria a terra.



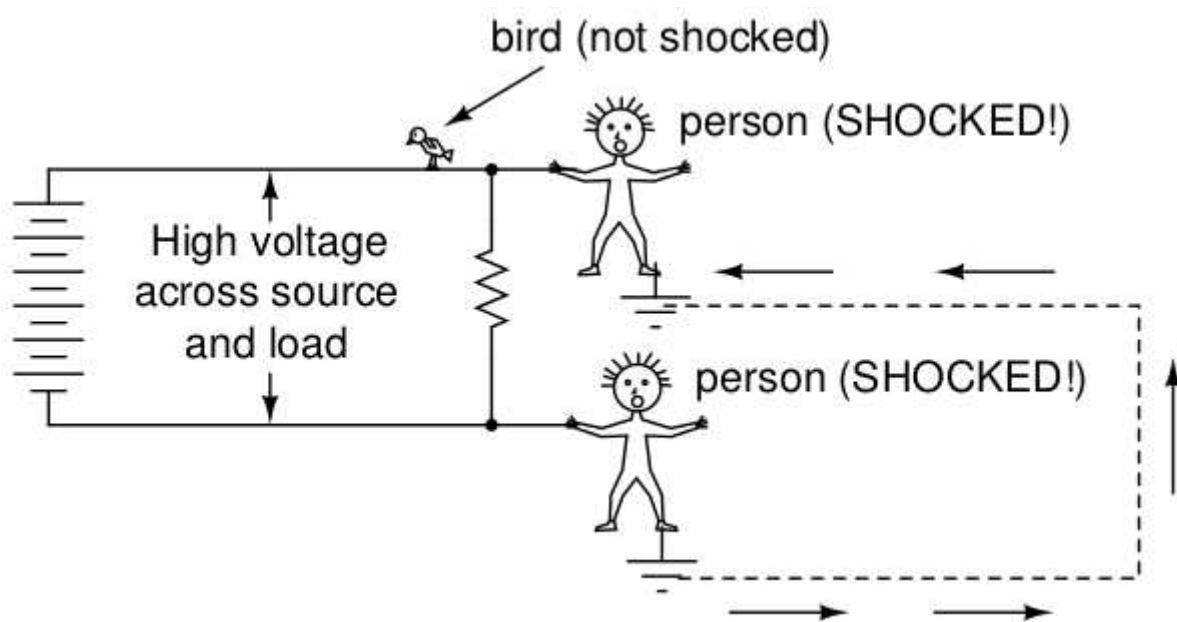
Una connexió accidental d'aquest tipus entre un conductor del sistema elèctric i la terra es denomina falla a terra. Les falles a terra poden deure's a moltes causes, com l'acumulació de brutícia en elements d'aïllament de les línies elèctriques, filtració d'aigua en els conductors subterranis de les línies elèctriques, ocells que es posen en les línies elèctriques, ponteiant la línia amb la torre de cablejat amb les seves ales...

Les falles a terra solen ser imprevisibles a causa de les seves múltiples causes. Per exemple el contacte del cable amb les branques d'un arbre . Si un arbre fregués el cable superior del circuit, seria segur tocar el superior i perillós l'inferior. Si l'arbre toca el cable inferior, la situació s'inverteix i el perill el presenta el cable superior.



Amb una branca d'arbre en contacte amb el cable superior, aquest cable es converteix en el conductor a terra en el circuit, fent de presa de terra. Per tant, no hi ha tensió entre aquest cable i terra, però sí entre el cable inferior i terra.

Es considera ara un sistema elèctric sense connexió a terra i sense arbres, però aquesta vegada amb dues persones tocant cables diferents:



Les persones estan tocant cables de diferent potencial. A través dels peus de les persones, la terra tanca el circuit i ambdues reben una descàrrega.

Encara que cada persona pensi que està fora de perill tocant un sol punt del circuit, les seves accions combinades creen un escenari mortal.

Una persona tocant un cable del circuit actua com la falla a terra que fa que sigui insegur tocar un cable diferent per a l'altra persona. Aquesta és la raó per la qual els sistemes elèctrics sense connexió a terra són perillosos. La tensió entre qualsevol punt del circuit i terra és imprevisible, perquè una falla a terra pot donar-se en qualsevol punt del circuit en qualsevol moment. Únicament l'ocell, que no té cap connexió a terra es troba segur.

Gràcies a la presa de terra, tots aquells components del circuit connectats a terra deixen de ser perillosos, en el que a descàrregues elèctriques es refereix, perquè mai presentaran tensió. Aquesta opció és millor que cap presa de terra.

En resposta a la segona pregunta, el calçat amb sola de goma proporciona cert aïllament elèctric que ajuda a protegir les persones de la conducció del corrent elèctric a través dels seus peus. No obstant això, els dissenys de calçat més comuns no estan pensats per a ser elèctricament "segurs", les seves soles són massa fines i els materials inadequats. A més, qualsevol humitat, brutícia o sals conductores, procedents de la suor corporal, en les soles de les sabates reduiran el poc valor aïllant que tingui la sabata.

S'ofereixen sabates fabricades específicament per a treballs elèctrics perillosos, així com gruixudes catifes de goma per a treballar en circuits amb tensió. Aquests equips especials han d'estar completament nets i secs per a ser eficaços.

El calçat normal no és suficient protecció contra les descàrregues elèctriques.

Les recerques realitzades sobre la resistència de contacte entre parts del cos humà i punts de contacte (com el sòl) mostren una àmplia gamma de valors de resistència:

- Contacte de mà o peu, aïllat amb cautxú: 20 M Ω típic.
- Contacte dempeus a través de sola de sabata de cuir (sec): 100 k Ω a 500 k Ω
- Contacte del peu a través de sola de sabata de cuir (humit): 5 k Ω a 20 k Ω

Font

Robert S. Porter, MD, editor, "The Merck Manuals Online Medical Library", "Electrical Injuries," at <http://www.merck.com/mmpe/sec21/ch316/ch316b.html>

El cautxú no sols és un material molt millor aïllant que el cuir, sinó que la presència d'aigua en una substància porosa com el cuir redueix considerablement la seva resistència elèctrica.

En resposta a la tercera pregunta, la brutícia no és un bon conductor (almenys quan està seca!). No és un conductor adequat per a conduir un corrent que alimenti una càrrega. No obstant això, com veurem en el següent apartat, es necessita molt poc corrent per a ferir o matar a una persona, així que fins i tot la mala conductivitat de la brutícia és suficient per a proporcionar un camí per al corrent mortal, havent-hi tensió suficient, com sol ocórrer en els sistemes elèctrics.

Algunes superfícies de terra són millors aïllants que unes altres. L'asfalt, per exemple, en estar compost per olis, presenta una resistència molt major que la majoria dels tipus de terra o roca. El

formigó tendeix a tenir una resistència bastant baixa a causa del seu contingut d'aigua i electròlits (substàncies químiques conductores).

Resum

- Una descàrrega elèctrica només pot produir-se quan hi ha contacte amb almenys dos punts del circuit, amb diferència de tensió entre ells.
- Els circuits elèctrics han de tenir un punt que està "connectat a terra". La presa de terra consta de barres o plaques metàl·liques enterrades en el sòl, que garanteixen que una part del circuit està sempre a potencial de terra.
- Una falla a terra és una connexió accidental entre un conductor del circuit i la terra.
- Es fabriquen sabates i catifes aïllants especials per a protegir les persones de les descàrregues per conducció a terra, però fins i tot aquests equips han d'estar nets i secs per a ser eficaços.
- El calçat normal no presenta suficient aïllament per a protegir una persona d'una descàrrega.
- Encara que la brutícia és un mal conductor, pot conduir suficient corrent com per a ferir o matar a una persona.

1.3 Llei d'Ohm, aplicada a les descàrregues

Una frase comuna que se sent en referència a la seguretat elèctrica diu: "No és el voltatge que mata, sinó el corrent". Encara que hi ha alguna cosa de veritat en això, no és tan simple. Si el voltatge no representés perill, no es col·locarien cartells advertint: PERILL - ALTA TENSIÓ!

El principi que "el corrent mata" és essencialment correcte. És el corrent elèctric la que crema els teixits, congela els músculs i fa fibrillar els cors. No obstant això, el corrent elèctric no es produeix per si sol, ha d'haver-hi una tensió disponible per a causar un flux d'electrons a través d'una víctima. El cos d'una persona també presenta una resistència al corrent que cal tenir en compte.

Prenent la Llei d'Ohm per a la tensió, el corrent i la resistència, i expressant-la en termes de corrent per a un voltatge i una resistència donats, resulta aquesta equació:

$$I = \frac{E}{R} \qquad \text{corriente} = \frac{\text{tensión}}{\text{resistencia}}$$

La quantitat de corrent que travessa un cos és igual a la quantitat de tensió aplicada entre dos punts d'aquest cos, dividida per la resistència elèctrica que ofereix el cos entre aquests dos punts.

Evidentment, com més gran sigui el voltatge disponible per a fer que els electrons flueixin, més fàcilment ho faran a través d'una resistència donada. D'aquí el perill de l'alta tensió. Tensió significa potencial per a grans fluxos de corrent a través del cos, la qual cosa causarà lesions o mort. Per contra, quanta més resistència ofereixi un cos al corrent, menor serà el flux a una tensió determinada. La perillositat de la tensió depèn de la resistència total que hi hagi en el circuit per a oposar-se a ella.

La resistència corporal no és una constant, varia d'una persona a una altra, fins i tot d'un moment a un altre.

Existeix una tècnica de mesurament del greix corporal basada en el mesurament de la resistència elèctrica entre els dits dels peus i de les mans. Diferents percentatges de greix corporal proporcionen diferents resistències. Aquesta és només una de les variables que influeixen a la resistència elèctrica en el cos humà. Perquè el mesurament sigui precís, la persona ha de regular la

seva ingesta de líquids durant diverses hores abans de la prova, la qual cosa indica que la hidratació corporal és un altre factor que influeix en la resistència elèctrica del cos.

La resistència corporal també varia en funció de la forma en què es produeix el contacte amb la pell: és de mà a mà, de peu a peu, de mà a colze, etc.?

La suor, en ser ric en sals i minerals, és un excel·lent conductor d'electricitat per ser un líquid.

També ho és la sang, amb un elevat contingut de substàncies químiques conductores. Per tant, el contacte amb un cable fet per una mà suosa o una ferida oberta oferirà molta menys resistència al corrent que el contacte amb la pell neta i seca.

Subjectant una sonda del polímetre en cada mà amb els dits (mans netes i seques), la resistència que es mesura és d'aproximadament 1 milió d'ohms (1 MΩ). El mesurador indica menys resistència al estrenyer les sondes amb força i major resistència sense estrènyer-les. Treballant en un entorn industrial calorós i brut, la resistència entre les mans probablement seria molt menor, presentant menys resistència i una major amenaça de descàrrega elèctrica.

Quin és el corrent perjudicial?

L'efecte del corrent sobre el cos depèn de diversos factors. La química corporal individual té un impacte significatiu en com el corrent elèctric afecta a un individu. Algunes persones són molt sensibles al corrent i sofreixen espasmes musculars amb les descàrregues d'electricitat estàtica. Altres persones a penes perceben una descàrrega d'electricitat estàtica i molt menys experimenten un espasme muscular. Malgrat aquestes diferències, s'han desenvolupat directrius aproximades a través de proves que indiquen que es necessita molt poc corrent per a manifestar efectes nocius.

Les xifres de corrent de la següent taula s'indiquen en miliamperes:

BODILY EFFECT	DIRECT CURRENT (DC)	60 Hz AC	10 kHz AC
Slight sensation felt at hand(s)	Men = 1.0 mA Women = 0.6 mA	0.4 mA 0.3 mA	7 mA 5 mA
Threshold of perception	Men = 5.2 mA Women = 3.5 mA	1.1 mA 0.7 mA	12 mA 8 mA
Painful, but voluntary muscle control maintained	Men = 62 mA Women = 41 mA	9 mA 6 mA	55 mA 37 mA
Painful, unable to let go of wires	Men = 76 mA Women = 51 mA	16 mA 10.5 mA	75 mA 50 mA
Severe pain, difficulty breathing	Men = 90 mA Women = 60 mA	23 mA 15 mA	94 mA 63 mA
Possible heart fibrillation after 3 seconds	Men = 500 mA Women = 500 mA	100 mA 100 mA	

Aquestes xifres són només aproximades, ja que persones amb diferent química corporal poden reaccionar de manera diferent. S'ha suggerit que un corrent altern a través del tòrax de només 17 miliamperes és suficient per a induir la fibril·lació en determinades condicions.

La majoria de les dades relatives a la fibril·lació induïda procedeixen d'assajos amb animals.

Suposem que es col·loquen les mans sobre els terminals d'una font de tensió alterna a 60 Hz . Quanta tensió seria necessària, tenint les mans netes i seques, per a produir un corrent de 20 miliamperes (suficient per a provocar tètanus i ser incapaç de deixar anar la font de tensió)?

Con la Ley de Ohm ($E=IR$) se calcula:

$$E = IR$$

$$E = (20 \text{ mA})(1 \text{ M}\Omega)$$

$$E = 20.000 \text{ voltios, o } 20 \text{ kV}$$

Se ha de tener en cuenta que se trata del "mejor de los casos" (piel limpia y seca) desde el punto de vista de la seguridad eléctrica, y que esta cifra de tensión representa la cantidad necesaria para inducir una descarga eléctrica necesaria para inducir el tétanos. Se necesitaría mucha menos tensión para provocar una descarga dolorosa. Además, los efectos fisiológicos de una determinada cantidad de corriente pueden variar significativamente de una persona a otra. Estos cálculos no son más que estimaciones aproximadas.

Con agua rociada en los dedos para simular el sudor, se ha medido una resistencia de mano a mano de sólo 17.000 ohmios (17 k Ω). Esto teniendo en cuenta que las puntas de las sondas de medición se están tocando sólo con un dedo de cada mano. Calculando la tensión necesaria para provocar una corriente de 20 miliamperios, se obtiene:

$$E = IR$$

$$E = (20 \text{ mA})(17 \text{ k}\Omega)$$

$$E = 340 \text{ voltios}$$

En esta condición, más cercana a la realidad, sólo harían falta 340 voltios de potencial de una de mis manos a la otra para provocar 20 miliamperios de corriente. Sin embargo, aún es posible recibir una descarga mortal con una tensión menor. Siempre que la resistencia del cuerpo sea mucho menor. Por ejemplo un anillo metálico reduce la resistencia en caso de contacto con un objeto metálico grande como una tubería metálica o una herramienta. En este caso, la resistencia corporal

podría descender hasta los 1.000 ohmios (1 k Ω), lo que hace que una tensión aún menor represente un peligro potencial:

$$E = IR$$

$$E = (20 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega)$$

$$E = 20 \text{ voltios}$$

En estas condiciones, 20 voltios son suficientes para producir una corriente de 20 miliamperios a través de una persona. Esta corriente sería suficiente para inducir el tétanos. Se ha indicado que una corriente de sólo 17 miliamperios puede inducir fibrilación ventricular (corazón). Con una resistencia de mano a mano de 1000 Ω , bastarían 17 voltios para crear esta peligrosa situación:

$$E = IR$$

$$E = (17 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega)$$

$$E = 17 \text{ voltios}$$

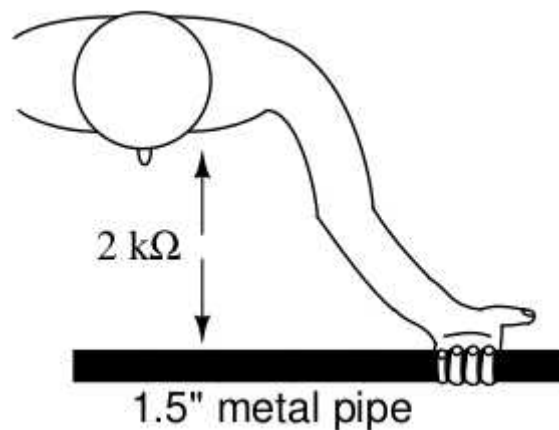
Diecisiete voltios no es mucho en lo que a sistemas eléctricos se refiere. Es cierto que se refiere a una tensión alterna de 60 Hz y una excelente conductividad del cuerpo, pero demuestra que incluso tensiones muy bajas puede representar una amenaza grave en determinadas condiciones.

Las condiciones necesarias para producir 1.000 Ω de resistencia corporal (piel sudorosa con el contacto hecho en un anillo de oro) no tienen por qué ser tan extremas. La resistencia corporal puede disminuir con la aplicación de voltaje (especialmente si el tétanos hace que la víctima agarre con más fuerza un conductor), de modo que con una tensión constante la descarga puede aumentar en gravedad tras el contacto inicial. Lo que comienza como una descarga leve, lo suficiente para "congelar" a una víctima, que no pueda soltarse, se puede convertir en una descarga mortal, al disminuir la resistencia del cuerpo y aumentar la corriente durante la descarga.

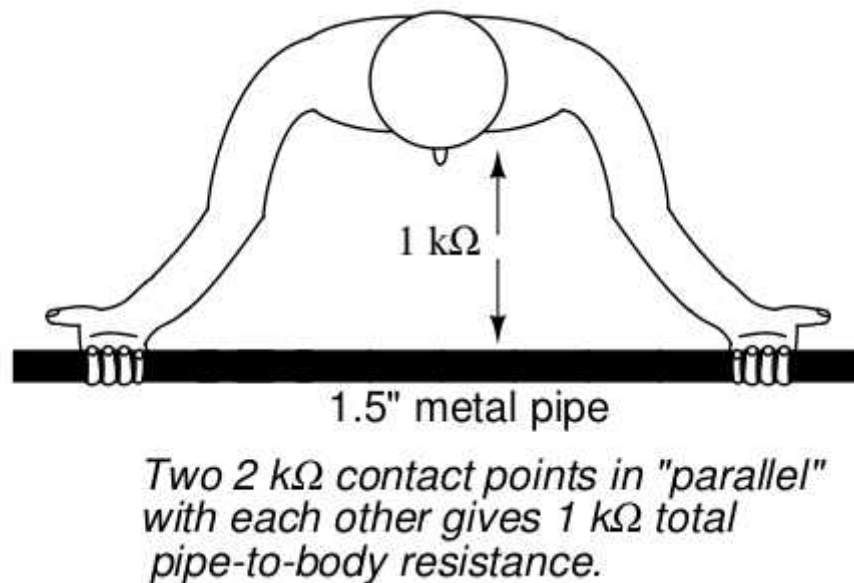
Valores para la resistencia eléctrica de una persona, en diferentes condiciones:

- Alambre tocado con el dedo: 40.000 Ω a 1.000.000 Ω en seco, 4.000 Ω a 15.000 Ω en húmedo.
- Alambre cogido con la mano: 15.000 Ω a 50.000 Ω en seco, 3.000 Ω a 5.000 Ω en húmedo.
- Alicates metálicos cogidos con la mano: 5.000 Ω a 10.000 Ω en seco, 1.000 Ω a 3.000 Ω en húmedo.
- Contacto con la palma de la mano: 3.000 Ω a 8.000 Ω en seco, 1.000 Ω a 2.000 Ω en húmedo.
- Tubo metálico de 35 mm agarrado con una mano: 1.000 Ω a 3.000 Ω en seco, 500 Ω a 1.500 Ω en húmedo.
- Tubo metálico de 35 mm agarrado por dos manos: 500 Ω a 1.500 k Ω en seco, 250 Ω a 750 Ω en húmedo.
- Mano sumergida en líquido conductor: 200 Ω a 500 Ω .
- Pie sumergido en líquido conductor: 100 Ω a 300 Ω .

E valor de resistencia agarrando una tubería con las dos manos es exactamente la mitad de cuando la tubería se agarra con una sola mano.



Con dos manos, el área de contacto es el doble que con una mano. Esta es una lección importante: la resistencia eléctrica entre objetos en contacto disminuye con el aumento de la superficie de contacto. Con las dos manos sujetando el tubo, los electrones tienen dos rutas paralelas por las que fluir del tubo al cuerpo (o viceversa).



Se verá más adelante que los conductores en paralelo siempre dan como resultado una resistencia total menor que cualquier conductor considerado aisladamente.

En la industria, se suele considerar peligrosas tensiones que superen los 30 voltios.

Una persona precavida debe evitar el contacto con objetos bajo tensión superior a 30 voltios, y no confiar en la resistencia normal del cuerpo para protegerse de una descarga. Dicho esto, sigue siendo una excelente idea mantener las manos limpias y secas y quitarse todo adorno metálico al trabajar con electricidad. Incluso con voltajes bajos, los adornos metálicos pueden suponer un peligro al conducir suficiente corriente como para quemar la piel, si se ponen en contacto entre dos puntos de un circuito. Los anillos de metal, especialmente, han sido la causa de más de un dedo quemado al hacer de puente entre dos puntos de un circuito de baja tensión.

Además, las tensiones inferiores a 30 V pueden ser peligrosas, ya que la persona se puede asustar por una descarga y hacer un movimiento brusco que, accidentalmente, la ponga en contacto con un punto de tensión superior o cause algún otro peligro.

Recuerdo una vez trabajando arreglando automóvil un caluroso día de verano. Yo llevaba pantalones cortos y mi pierna desnuda estaba en contacto con el parachoques cromado del vehículo, mientras apretaba las conexiones de la batería. Cuando toqué con una llave metálica el lado positivo (no conectado a tierra) de la batería de 12 voltios, sentí un hormigueo en la pierna (en el punto donde mi pierna tocaba el parachoques). La combinación del contacto firme con el metal y mi piel sudorosa hizo posible sentir una descarga con sólo 12 voltios de potencial eléctrico.

Afortunadamente, no pasó nada, pero si el motor hubiera estado en marcha y la descarga la hubiera sentido en la mano en lugar de en la pierna, podría haber sacudido el brazo por reflejo y haberlo puesto en la trayectoria del ventilador, o haber dejado caer la llave metálica sobre los bornes de la batería, causando un cortocircuito.

La corriente eléctrica puede ser una causa indirecta de lesiones al provocar movimientos incontrolados.

Del camino de la corriente tome a través del cuerpo, depende su peligrosidad.

La corriente afectará a todos los músculos que encuentre en su recorrido. Dado que los músculos del corazón y los pulmones (diafragma) son probablemente los más importantes para la supervivencia, las descargas que atraviesan el pecho son las más peligrosas. Por eso, la corriente de una mano a otra es muy peligrosa y frecuentemente causa de lesión o muerte.

Para evitar que esto ocurra, es aconsejable utilizar una sola mano trabajando en circuitos con tensión peligrosa, guardando la otra mano en un bolsillo para no tocar nada accidentalmente.

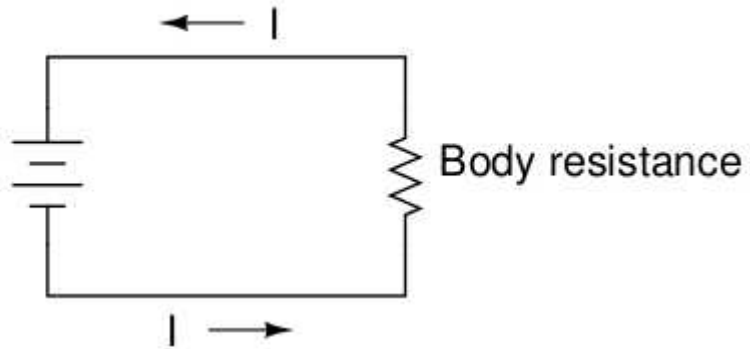
Por supuesto, siempre es más seguro trabajar en un circuito sin tensión, pero esto no siempre es práctico o posible. Para trabajar con una sola mano, se suele preferir la mano derecha en lugar de la izquierda por dos razones: la mayoría de las personas son diestras (lo que les permite una mayor coordinación a la hora de trabajar) y el corazón suele estar situado en el lado izquierdo del pecho.

Para los zurdos, este consejo puede no ser válido. Si una persona tiene poca coordinación con la mano derecha, puede ponerse en mayor peligro si utiliza esta mano.

Conviene utilizar la mano con la que uno se sienta más cómodo, incluso si la corriente de descarga a través de esa mano representa un mayor peligro para el corazón.

La mejor protección contra las descargas de un circuito bajo tensión es la resistencia y la resistencia se puede aumentar mediante el uso de herramientas, guantes, botas y otros equipos aislantes. La

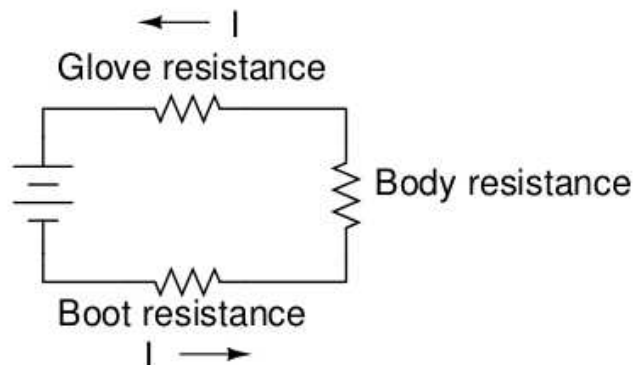
corriente en un circuito es una función del voltaje disponible dividido por la resistencia total en la trayectoria del flujo. Como se verá con más detalle más adelante, las resistencias se suman cuando sólo hay un camino para que fluyan los electrones:



Person in direct contact with voltage source:
current limited only by body resistance.

$$I = \frac{E}{R_{\text{body}}}$$

El siguiente es el circuito equivalente para una persona con botas y guantes de protección:



Person wearing insulating gloves and boots:
current now limited by *total* circuit resistance.

$$I = \frac{E}{R_{\text{glove}} + R_{\text{body}} + R_{\text{boot}}}$$

Dado que la corriente eléctrica debe atravesar las botas, el cuerpo y los guantes para completar su circuito de vuelta a la batería, la suma de estas resistencias opone al flujo de electrones mayor resistencia que cualquiera de las resistencias consideradas individualmente.

La seguridad es una de las razones por las que los cables eléctricos suelen estar recubiertos de material aislante.

Sin embargo, el aislamiento de los conductores de alta tensión no es suficiente para garantizar la seguridad en caso de contacto accidental. Por eso, estas líneas se mantienen fuera del alcance público.

Resumen

- La gravedad de las lesiones dependen del valor de la corriente de descarga. Un voltaje más alto causa corrientes mayores y por tanto más peligrosas. La resistencia se opone al paso de la corriente, reduciéndola, por lo que es una buena medida de protección contra las descargas.
- Se considera que cualquier tensión superior a 30 V puede causar descargas peligrosas.
- No es recomendable llevar objetos metálicos como anillos, collares, reloj, pulseras o pendientes cuando se trabaja cerca de circuitos eléctricos, ya que pueden facilitar un accidente.
- Los voltajes bajos pueden ser peligrosos aunque sean demasiado bajos para causar directamente una lesión. Una descarga inofensiva puede asustar a la víctima, haciendo que se sobresalte y sufra un accidente.
- Cuando sea necesario trabajar en un circuito bajo tensión, es conveniente utilizar sólo una mano a fin de evitar que se produzca una descarga eléctrica mortal de mano a mano (a través del pecho).

1.4 Procedimientos de seguridad

Siempre que sea posible, desconectar la alimentación de un circuito antes de realizar cualquier trabajo. Todas las fuentes de energía deben ponerse en Estado de Energía Cero, es decir, en un estado en el que no puedan liberar energía. Esta lección se centra en la seguridad eléctrica, sin embargo, muchos de estos principios también se aplican a sistemas no eléctricos.

Asegurar algo en un Estado de Energía Cero significa desconectarlo de cualquier tipo de energía potencial o energía almacenada, incluyendo pero no limitado a:

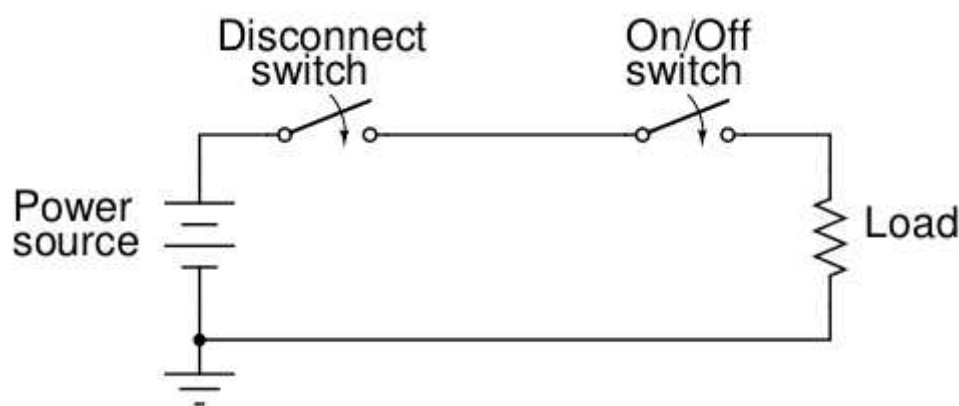
- Tensión peligrosa
- Presión de muelles
- Presión hidráulica (líquido)
- Presión neumática (aire)
- Peso en suspensión
- Energía química (sustancias inflamables o reactivas)
- Energía nuclear (sustancias radiactivas)

La tensión, por su propia naturaleza, es una manifestación de la energía potencial. En un apartado anterior de estos apuntes se utilizó un líquido elevado como analogía de la energía potencial de la tensión, que tiene la capacidad (potencial) de producir corriente (flujo), pero que únicamente desarrolla ese potencial al establecerse un camino para la corriente entre los polos de la fuente de tensión.

Un par de cables con alta tensión entre ellos no parecen peligrosos aunque alberguen suficiente energía potencial para causar una corriente mortal a través de una persona. Aunque el voltaje no se perciba, tiene el potencial de causar lesiones, y ese potencial debe ser neutralizado antes de que sea seguro manipular los cables.

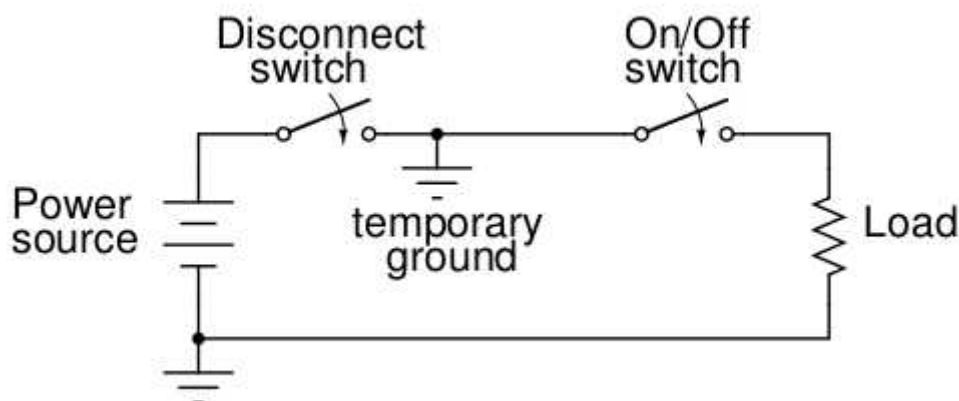
Todos los circuitos bien diseñados tienen un mecanismo de desconexión. A veces estos "desconectores" tienen la doble función de abrirse automáticamente a causa de corrientes excesivas, en este caso se llaman "disyuntores". Otras veces, los seccionadores son dispositivos estrictamente manuales sin función automática.

En cualquier caso, deben utilizarse correctamente. El dispositivo de desconexión debe ser independiente del interruptor utilizado para encender y apagar un dispositivo o alimentar un circuito. Se trata de un interruptor de seguridad, que sólo debe utilizarse para poner el sistema en un estado de energía cero:



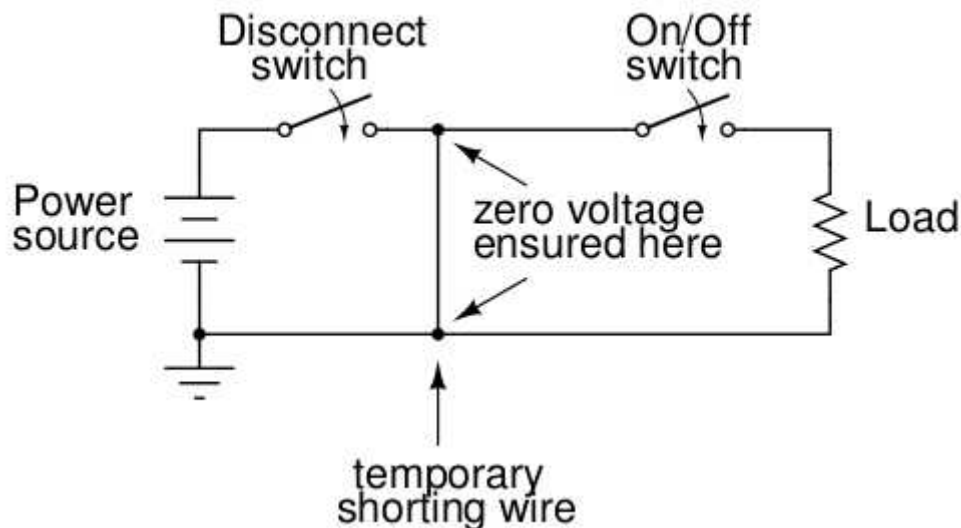
Con el interruptor de desconexión en la posición "abierto" como se muestra (sin continuidad), el circuito está abierto y no circulará corriente. Habrá tensión cero a través de la carga, y la tensión de la fuente caerá en los contactos abiertos del interruptor de desconexión. No es necesario desconectar el conductor inferior, ya que está a potencial de tierra, y es mejor dejarlo así.

Para la máxima seguridad del personal que trabaja en este circuito, podría establecerse una conexión a tierra temporal en el lado superior de la carga, para garantizar que nunca se produzca una caída de tensión a través de la carga:



Con una conexión a tierra temporal, ambos lados del cableado de carga están conectados a tierra, asegurando un estado de energía cero en la carga.

Una conexión a tierra realizada a ambos lados de la carga es eléctricamente equivalente a un cortocircuito de la carga con un cable. Ésta es otra forma de reducir la energía a cero.



En este punto conviene mencionar que los dispositivos de protección contra sobreintensidad no están pensados para proteger contra descargas eléctricas. Su única función es proteger los conductores contra el sobrecalentamiento debido a corrientes excesivas.

El cable de cortocircuito temporal que se acaba de describir, provocaría una sobreintensidad en el circuito si hubiese tensión entre los conductores y tierra, y el dispositivo de protección contra sobreintensidad dispararía, desconectando el circuito de la fuente de tensión.

Es decir, el cortocircuito se provocaría para proteger a los trabajadores, mediante el dispositivo de protección contra sobreintensidad, cuya función no es proteger contra descargas eléctricas, sino contra corrientes excesivas.

Es importante poder asegurar cualquier dispositivo de desconexión en la posición abierta (apagado) y asegurarse de que permanezcan así mientras se trabaja en el circuito, para ello es necesario establecer un sistema de seguridad estructurado. Este sistema se utilizado habitualmente en las instalaciones industriales se denomina bloqueo/etiquetado.

El procedimiento de bloqueo/etiquetado funciona de la siguiente manera: todas las personas que trabajan en un circuito protegido tienen su propio candado personal o candado de combinación que colocan en la palanca de control de un dispositivo de desconexión antes de trabajar en el sistema.

Además, deben rellenar y firmar una etiqueta que cuelgan de su candado en la que describen la naturaleza y duración del trabajo que pretenden realizar en el sistema. Si hay varias fuentes de energía que "bloquear" (múltiples desconexiones, fuentes de energía tanto eléctricas como mecánicas que deben asegurarse, etc.), el trabajador debe utilizar tantos bloqueos como sea necesario para asegurar el Estado de Energía Cero del sistema, antes de empezar a trabajar. De este modo, el sistema se mantiene en un Estado de Energía Cero hasta que se retira el último candado de todos los dispositivos de desconexión.

Si se toma la decisión de reenergizar el sistema y el candado de una persona sigue colocado después de que todos los demás hayan retirado los suyos, la etiqueta identificaría a esa persona y el trabajo que está haciendo.

Incluso con un buen programa de seguridad de bloqueo y etiquetado, sigue siendo necesario actuar con diligencia y tomar precauciones de sentido común. Esto es especialmente cierto en entornos industriales en los que multitud de personas pueden estar trabajando en un dispositivo o sistema simultáneamente. Es posible que algunas de esas personas no conozcan el procedimiento de bloqueo/etiquetado, o puede que lo conozcan pero no lo hayan seguido. No debe darse por hecho que todo el mundo cumple con las normas de seguridad.

Después de haber bloqueado y etiquetado una instalación eléctrica con el candado personal, se debe volver a comprobar si realmente está libre de tensión. Una forma de comprobarlo es ver si la máquina (o lo que sea en lo que se esté trabajando) se pone en marcha si se acciona el interruptor o botón de arranque. Si se pone en marcha, hay tensión y peligro. Si no se pone en marcha, también puede haberla.

Por eso, siempre se debe comprobar si hay presencia de tensión peligrosa con un polímetro, antes de tocar cualquier conductor del circuito. Para mayor seguridad se ha de comprobar el correcto funcionamiento del polímetro, antes y después de medir tensión en la instalación.

El procedimiento a seguir es:

- Comprobar que el polímetro funciona correctamente utilizándolo en una fuente de tensión conocida.
- Comprobar con el polímetro que la instalación realmente se encuentra libre de tensión (Estado de Energía Cero).
- Volver a comprobar el polímetro en una fuente de tensión conocida, para asegurarse de que sigue funcionando correctamente.

Aunque esta cantidad de comprobaciones del polímetro puede parecer excesiva, siempre cabe la posibilidad de que el polímetro sufra un defecto. Detectar un polímetro defectuoso puede salvar la vida de la persona que lo utiliza. **Más vale perder un minuto de la vida, que la vida en un minuto.**

Una vez cumplido el protocolo de seguridad anteriormente descrito, se puede proceder a tocar los conductores de la instalación eléctrica. Pero teniendo una última precaución, que es tocar el conductor primero con el dorso de la mano, en vez de con la palma. La razón es que si hubiera tensión, a pesar de las comprobaciones anteriores, la reacción de la mano a la descarga sería cerrarse en un puño. Por un lado, al tocar el conductor con el dorso de la mano se evita la mano lo agarre al cerrarse en puño, por otro lado, el movimiento de cerra la mano en puño, hace que su dorso deje de tocar el conductor, finalizando la descarga.

Es éste la última precaución que cualquier persona debe tomar antes de empezar a trabajar en una instalación eléctrica, y nunca debe utilizarse como primer método de comprobación de tensión.

Si alguna vez hay motivos para dudar de la fiabilidad de un polímetro, debe utilizarse otro polímetro para obtener una "segunda opinión".

Resumen

- Estado de Energía Cero: Cuando un circuito, dispositivo o sistema se ha desconectado de modo que no exista energía potencial que pueda causar daños a alguien que trabaje en él.
- Los interruptores de desconexión deben estar presentes en un sistema eléctrico correctamente diseñado, para permitir alcanzar un Estado de Energía Cero.
- Pueden conectarse cables temporales de puesta a tierra o cortocircuito a una carga que esté siendo reparada, como protección adicional para el personal que trabaje con dicha carga.
- El sistema de bloqueo y etiquetado funciona de la siguiente manera: para asegurar que se trabaja en un sistema en Estado de Energía Cero, el trabajador coloca un candado personal y una etiqueta en cada dispositivo de desconexión de energía. La etiqueta describe la naturaleza y duración del trabajo que se va a realizar, y quién lo está haciendo.
- Comprobar siempre que un circuito se ha asegurado en Estado de Energía Cero con equipos de prueba después de "bloquearlo". Comprobar el medidor (polímetro) antes y después de medir tensión en el circuito para asegurar de que funciona correctamente.
- Cuando llegue el momento de tocar el conductor o conductores de un sistema eléctrico, supuestamente libre de tensión, hacerlo primero con el dorso de una mano, de modo que si se produce una descarga, la reacción muscular aleje la mano del conductor y no lo agarre.

1.5 Respuesta a una emergencia

A pesar de los procedimientos de bloqueo y etiquetado y de las múltiples repeticiones de las normas de seguridad eléctrica en la industria, siguen produciéndose accidentes. La gran mayoría de las veces, estos accidentes son el resultado de no seguir los procedimientos de seguridad adecuados. Pero sean cuales sean sus causas, ocurren, y cualquiera que trabaje con sistemas eléctricos debe ser consciente de ello y saber lo que hay que hacer en caso de una descarga eléctrica.

Si hay personas inconscientes o paralizadas, lo primero que debe hacerse es cortar la corriente abriendo el interruptor de desconexión o el disyuntor correspondiente. Si se toca a una persona que está recibiendo una descarga eléctrica, se corre el riesgo de recibir una descarga uno mismo. Antes de socorrer a alguien, debe uno asegurarse de que no será una víctima más.

Si la fuente de energía puede ser desconocida, o está alejada y el tiempo necesario para desconectarla hiciese improbable la supervivencia de la víctima, cabe la consideración de intentar desconectar a la víctima del elemento bajo tensión, empujándola o golpeándola con un objeto aislante (palo o tablero plástico). Otra opción es utilizar un cable no conectado, por ejemplo de un alargador, envolver con el cable a la víctima y alejarla tirando por los extremos del cable. Debe tenerse en cuenta que la víctima puede estar sujetando el conductor causante de la descarga con todas sus fuerzas, así que no será fácil rescatarla.

Una vez que se ha desconectado a la víctima de la fuente de energía eléctrica de forma segura, se debe comprobar la respiración y el pulso.

Si se tienen conocimientos en reanimación cardiopulmonar, deben aplicarse a la víctima hasta que llegue personal médico.

Si la víctima está consciente, lo mejor es que permanezca inmóvil hasta que llegue al lugar personal médico cualificado. Si la víctima entrase en un estado de shock fisiológico, un estado de circulación sanguínea insuficiente, debe mantenerse lo más caliente y cómoda posible.

Una descarga eléctrica insuficiente para causar la parada inmediata del corazón puede ser lo bastante fuerte como para causar irregularidad en el pulso o un ataque al corazón varias horas después, por lo que la víctima debe prestar mucha atención a su propio estado tras el incidente. Idealmente debería quedar bajo supervisión médica.

Resumen

- La persona que recibe una descarga eléctrica debe ser desconectada de la fuente de energía eléctrica.
- Localizar el interruptor/disyuntor de desconexión y desconectar la fuente de tensión.
- Si no fuera posible acceder al dispositivo de desconexión se puede intentar sacar a la víctima del circuito con un objeto aislante, como una tabla de madera seca o un cable eléctrico aislado.
- Las víctimas necesitan una respuesta médica inmediata: comprobar la respiración y el pulso, y aplicar reanimación cardiopulmonar.
- Si una víctima sigue consciente después de haber recibido la descarga, debe ser vigilada de cerca y atendida hasta que un equipo de emergencias capacitado la atienda.
- Existe peligro de shock fisiológico, por lo que hay que mantener a la víctima abrigada y cómoda.
- Las víctimas de una descarga pueden sufrir problemas cardíacos hasta varias horas después de recibirla. El peligro de una descarga eléctrica no termina tras la atención médica inmediata, las víctimas han de quedar en observación.

1.6 Causas frecuentes de accidentes

Debido al uso generalizado de aparatos eléctricos, el riesgo de accidente por descarga eléctrica afecta a la población en general, no sólo a los profesionales del sector.

Como se ha visto antes, la resistencia de la piel y del cuerpo influyen directamente en el peligro que una instalación eléctrica presenta. A mayor resistencia del cuerpo, menor será la corriente, y menos grave serán las consecuencias de una descarga a una determinada tensión. Por el contrario, cuanto menor sea la resistencia del cuerpo, mayor será la gravedad de las lesiones.

La forma más fácil de disminuir la resistencia de la piel es humedecerla. Por lo tanto, tocar dispositivos eléctricos con las manos mojadas, los pies mojados o sudorosos (el agua salada es mucho mejor conductora de la electricidad que el agua dulce) es peligroso. En el hogar, en el cuarto de baño se deben extremar las precauciones para evitar que personas mojadas entren en contacto con aparatos eléctricos. Un buen diseño del cuarto de baño situará las tomas de corriente lejos de bañeras, duchas y lavabos para desincentivar el uso de aparatos eléctricos en sus proximidades. Los teléfonos que se conectan a una toma de corriente también son fuentes de tensión peligrosa (la tensión del circuito abierto es de 48 voltios de CC, y la señal de llamada es de 150 voltios AC). Cualquier voltaje superior a 30 se considera potencialmente peligroso. Los aparatos como teléfonos y radios no deben utilizarse nunca, jamás en la bañera. Incluso los aparatos que funcionan con pilas deben evitarse. Algunos dispositivos que funcionan con pilas emplean circuitos de aumento de tensión y son potencialmente letales.

También las piscinas son lugares donde se debe prestar especial atención durante la manipulación de aparatos e instalaciones eléctricas.

Las herramientas eléctricas y los cables alargadores han de ser revisados regularmente en todos sus componentes aislados para garantizar su correcto estado. Al menor indicio de que un aislamiento está defectuoso la herramienta o el cable deben ser sustituidos o reparados.

Una línea de alta tensión caída a tierra presenta un peligro evidente. Mantenerse lo más alejado posible de la línea caída es la mejor protección.

Resumen

- La humedad aumenta el riesgo de descarga eléctrica al disminuir la resistencia de la piel.
- Sustituir inmediatamente los alargadores y herramientas eléctricas desgastados o dañados. Se puede evitar el uso de un cable alargador o de una herramienta eléctrica en mal estado, cortando la clavija macho del cable de alimentación.
- Las líneas del tendido de suministro eléctrico son muy peligrosas y deben evitarse a toda costa. Si una línea de alta tensión toca el suelo, debe evitarse mantener ambos pies en contacto con el suelo. Conviene ponerse sobre un pie o correr (sólo un pie en contacto con el suelo), alejándose de la zona de peligro.

SOCIEDAD / SUCEOS Y TRIBUNALES | el suceso tuvo lugar durante la celebración de la fiesta de los quintos el domingo 3 de agosto de 2014

Un joven muere electrocutado cuando orinaba junto a una farola en Bunyola



Escucha la noticia



bunyola

Un joven de 18 años ha muerto esta madrugada electrocutado al apoyarse en una farola durante la celebración de la fiesta de los quintos que se celebraba en la localidad mallorquina de **Bunyola**.

El suceso se ha producido poco después de las 0.30 horas a consecuencia de la **conexión defectuosa** de la farola, según han comprobado los investigadores de la Guardia Civil que se han hecho cargo del caso.

Fuentes del instituto armado, de la policía municipal y del servicio de emergencias médicas 061 han indicado que el joven murió en el acto, por lo que los sanitarios desplazados hasta el lugar no han podido hacer que recuperara el pulso pese a practicarle maniobras de reanimación cardiopulmonar.

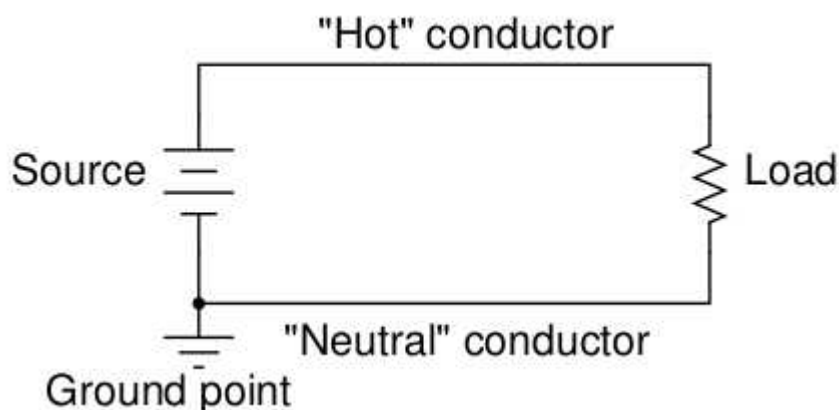
Las fiestas han sido suspendidas de inmediato y un psicólogo adscrito a los servicios públicos de emergencias ha atendido a los allegados de la víctima, que iba a cumplir 19 años el próximo mes de octubre.

ETIQUETAS **BUNYOLA** **JOVEN**

Suscríbete aquí gratis a nuestro **boletín diario**. Síguenos en Twitter, Facebook, Instagram y TikTok. Toda la actualidad de Mallorca en **mallorcadiario.com**.

1.7 Diseño de dispositivos seguros

Como se vio anteriormente, un sistema eléctrico sin conexión segura a tierra es impredecible desde el punto de vista de la seguridad. No hay forma de saber la tensión que existe entre cualquier punto del circuito y la toma de tierra. Al conectar a tierra un lado de la fuente de tensión del sistema eléctrico, se garantiza que al menos un punto del circuito es eléctricamente común con la tierra y, por lo tanto, no presenta peligro de descarga. En un sistema eléctrico simple de dos hilos, el conductor conectado a tierra se denomina neutro, y el otro conductor se denomina fase, también conocido como vivo, caliente o activo:



La conexión a tierra, no afecta de ninguna manera a la fuente de tensión y la carga. Su única finalidad es la seguridad de las personas, ya que garantiza que al menos un punto del circuito se puede tocar sin peligro (tensión cero a tierra).

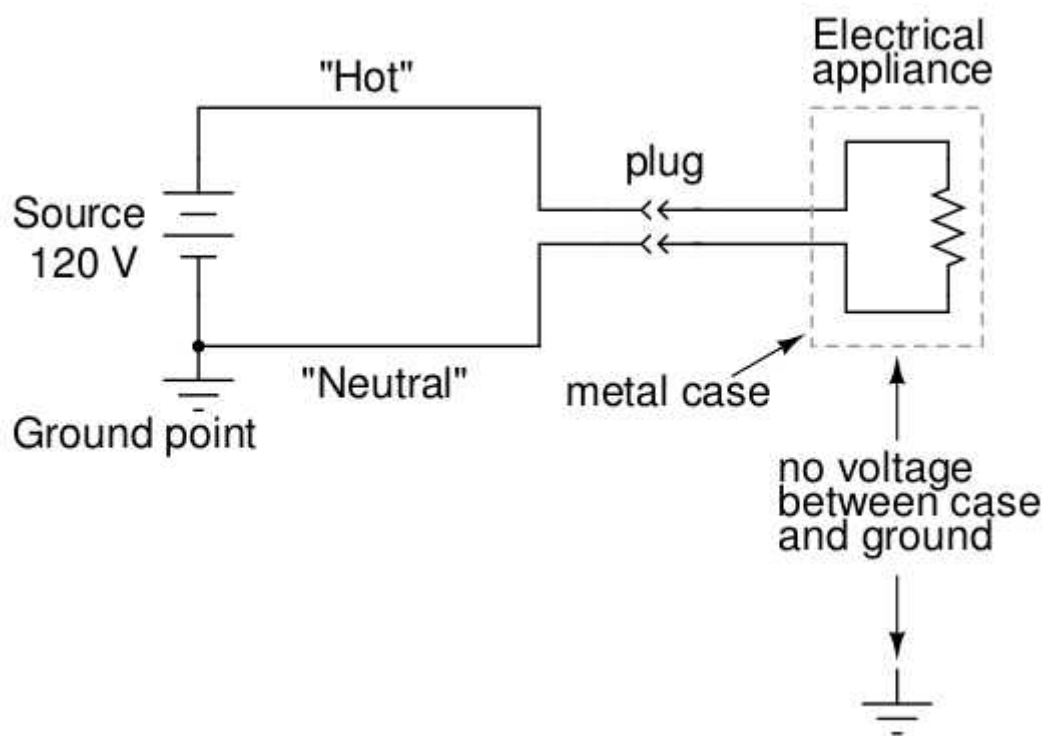
El lado "caliente" del circuito, presentará riesgo de descarga al tocarlo, a menos que se desconecte el circuito de la fuente de tensión (lo ideal es utilizar un procedimiento sistemático de bloqueo/etiquetado).

Esta diferencia en el peligro de los conductores es importante de entender. Las siguientes ilustraciones muestran el cableado de una vivienda.

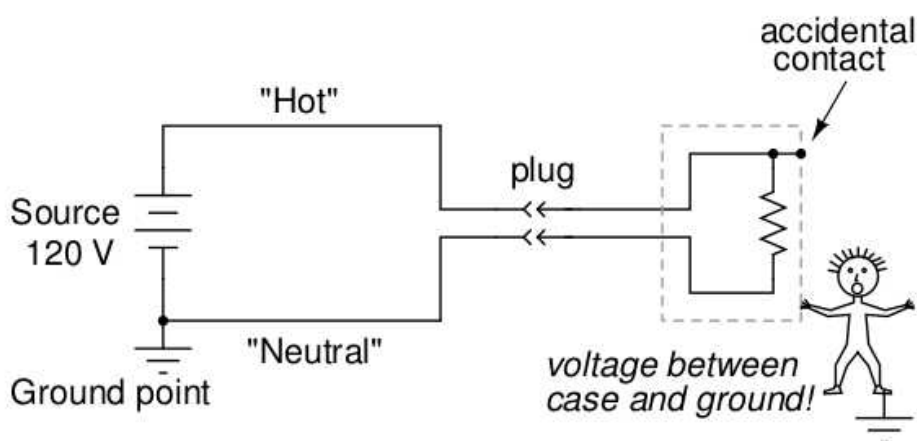
Si observamos un electrodoméstico sencillo, como una tostadora con una carcasa metálica conductora, veremos que no debería haber riesgo de descarga cuando funciona correctamente.

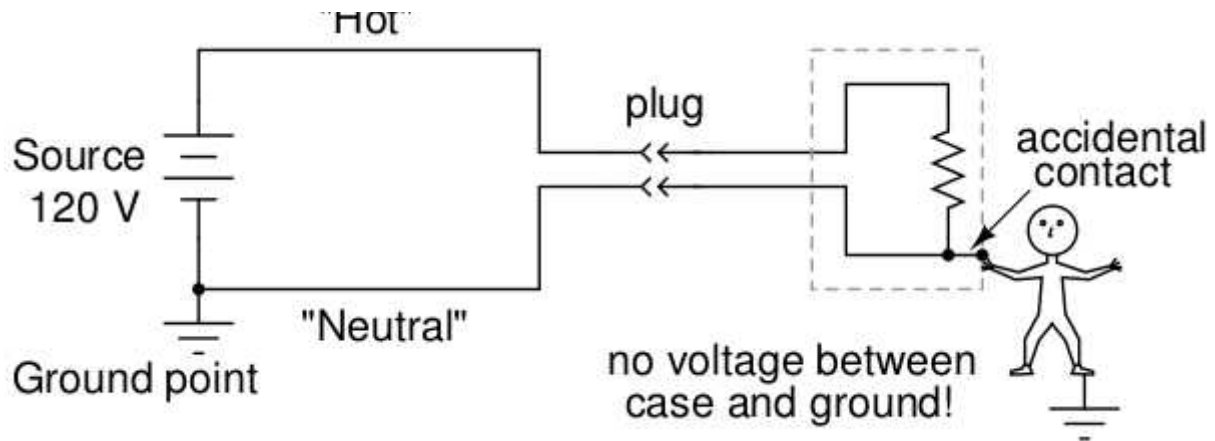
Si observamos un electrodoméstico sencillo, como una tostadora con carcasa metálica conductora, veremos que no debería haber riesgo de descarga cuando funciona correctamente.

Los cables que conducen la corriente al elemento calefactor de la tostadora están aislados del contacto con la carcasa metálica (y entre sí).



Sin embargo, si el conductor de fase del interior de la tostadora entrara accidentalmente en contacto con la carcasa metálica, ésta recibiría la tensión de fase, y al tocar la carcasa presentaría el mismo peligro que tocar el conductor desnudo. El riesgo de descarga eléctrica depende del cable que se toque accidentalmente, fase o neutro.

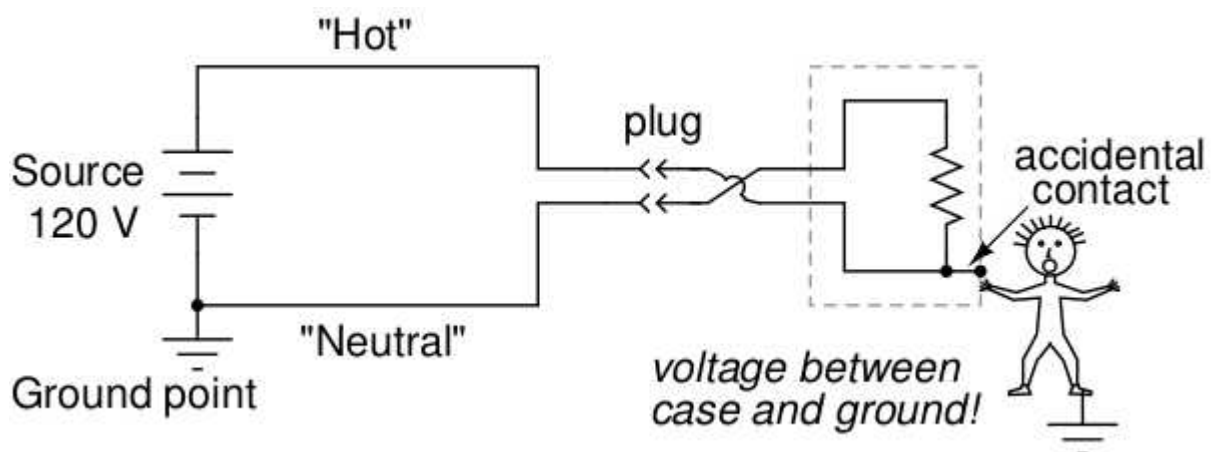




Si la fase entra en contacto con la carcasa, pone en peligro al usuario de la tostadora. En cambio, si el cable neutro entra en contacto con la carcasa, no hay peligro de descarga eléctrica.

Se puede intentar diseñar los dispositivos eléctricos minimizando la posibilidad de contacto de la fase con la carcasa, aunque lo ideal sería que ni fase, ni neutro entrasen accidentalmente en contacto con la carcasa.

Sin embargo, esta medida preventiva sólo es eficaz si se puede garantizar la polaridad del enchufe, porque si el enchufe puede invertirse, los conductores que anteriormente eran neutro se vuelven fase y los que eran fase se vuelven neutro.



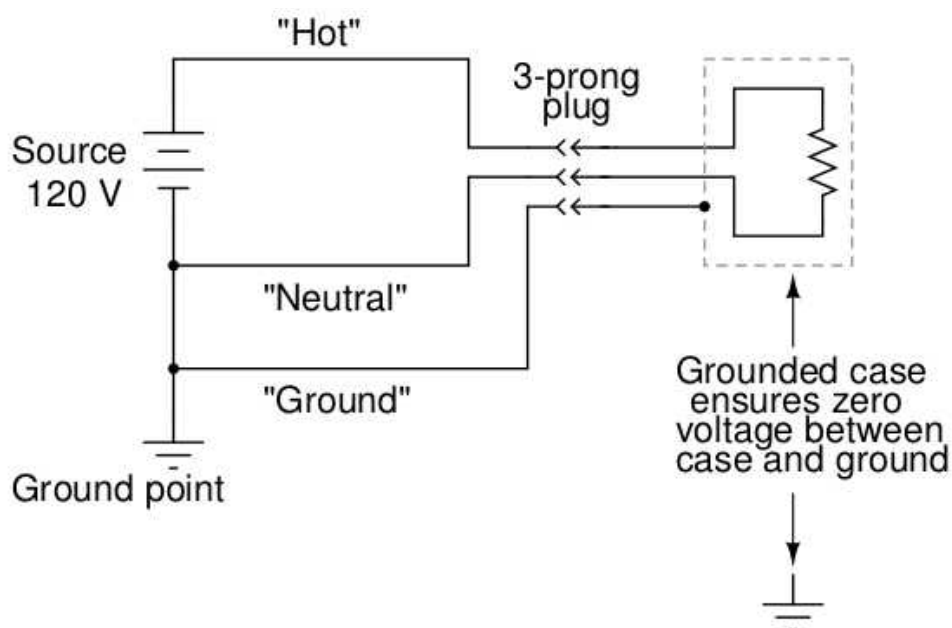
Los electrodomésticos diseñados de este modo suelen venir con enchufes "polarizados", en los que las clavijas son de forma o grueso diferentes. Las tomas de corriente se diseñan, de forma que el enchufe sólo puede ser insertado en la toma en una posición determinada, evitando los cambios de polaridad.



Otra opción es hacer que la carcasa exterior del aparato no sea conductora. Estos aparatos se denominan de doble aislamiento, ya que la carcasa aislante sirve como una segunda capa de aislamiento, además de la de los propios conductores. Si un cable del interior del aparato entra accidentalmente en contacto con la carcasa, no existe peligro alguno para el usuario del aparato.



Una carcasa de material conductivo, se puede conectar a tierra.

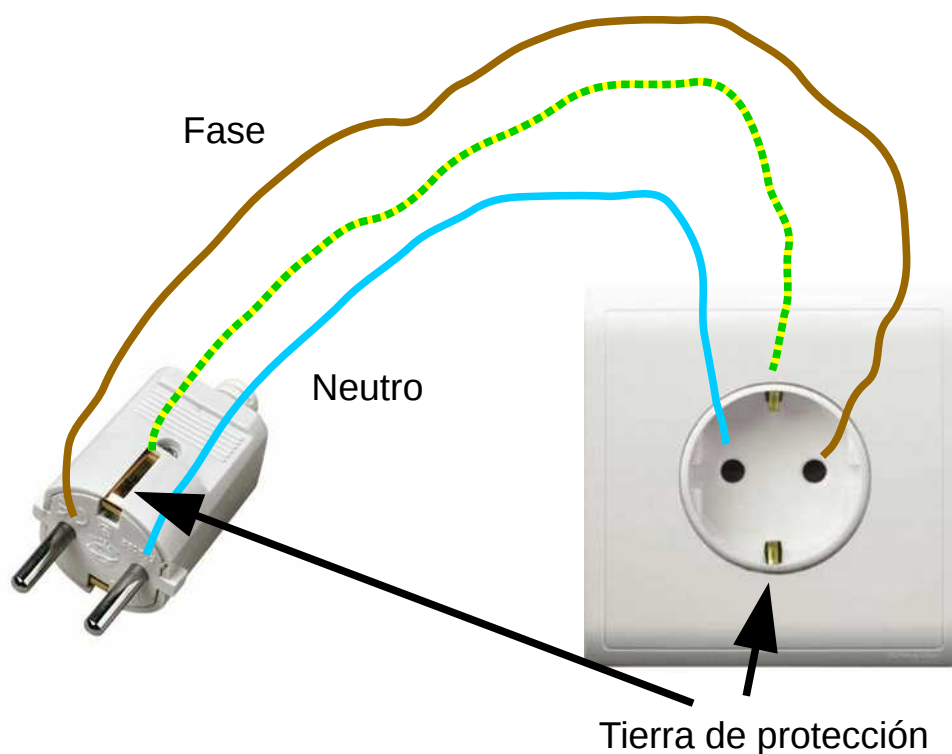


El tercer conductor del cable de alimentación proporciona una conexión eléctrica directa entre la carcasa del aparato y la toma de tierra, haciendo que los dos puntos sean eléctricamente comunes, evitando una caída de tensión entre ellos. Si el conductor de fase toca accidentalmente la carcasa metálica del aparato, se creará un cortocircuito, disparando los dispositivos de protección contra sobrecorrientes. El usuario del aparato permanecerá a salvo.

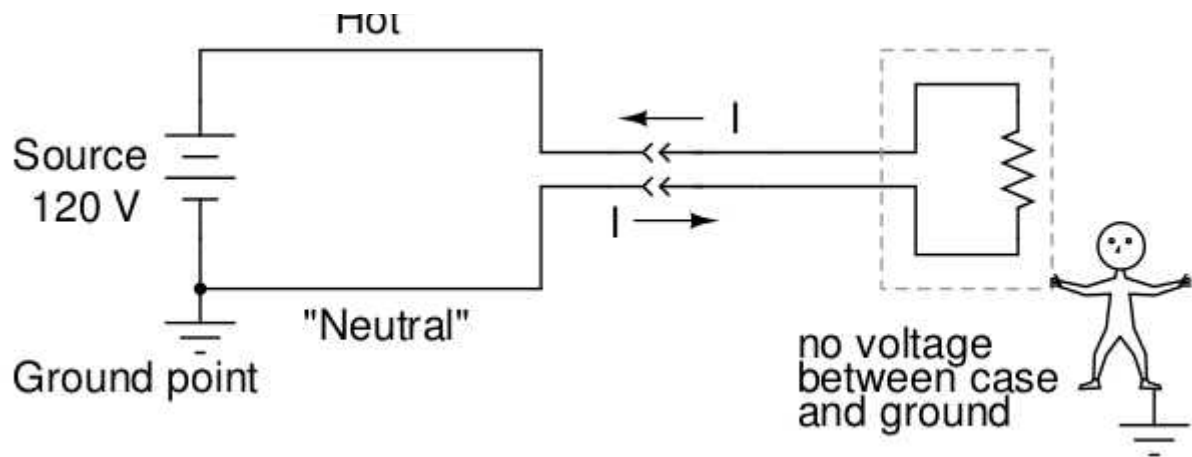
Es muy importante asegurar que la tierra de protección está correctamente conectada a la carcasa del aparato, en la clavija del enchufe y en la toma de corriente que alimenta el aparato. Si una de estas conexiones falta, la protección contra descarga por contacto de fase con la carcasa falla.

¡ATENCIÓN!

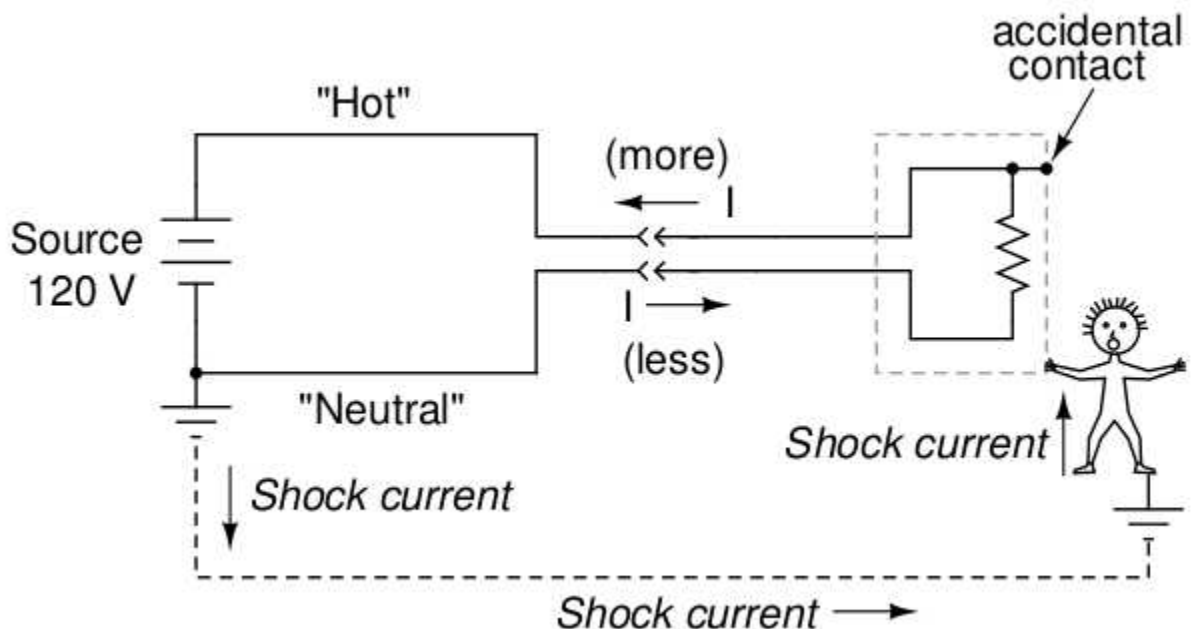
La falta de conexión de la tierra de protección no influye en el funcionamiento del aparato y puede pasar desapercibida fácilmente.



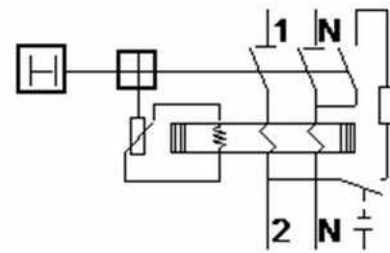
Una protección adicional contra las descargas eléctricas debe instalarse en el cuadro eléctrico de la instalación, se trata de un dispositivo llamado interruptor diferencial.



En la imagen superior, se muestra un aparato cuyo correcto funcionamiento, desde el punto de vista del peligro de descarga, se puede comprobar observando las corrientes de entrada y salida que circulan por los conductores de fase y neutro. La corriente de fase debe ser igual a la de neutro. Si no lo fueran iguales, significa que hay una derivación de corriente a tierra. La causa de esta derivación puede ser una persona recibiendo una descarga, como se muestra en la siguiente imagen.



El interruptor diferencial dispara al detectar una diferencia de corriente entre fase y neutro, desconectando el cricuito de la alimentación.



Los interruptores diferenciales disponen de un pulsador de prueba que sirve para comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo. Al accionar el pulsador de prueba se provoca una diferencia entre las corrientes de fase y neutro. Si el funcionamiento es correcto, el interruptor diferecial debe dispararse, al pulsar el botón de prueba.

Resumen

- Las instalaciones eléctricas suelen tener un polo de la fuente de tensión conectado a tierra para garantizar la seguridad en ese punto.
- El conductor "conectado a tierra" en un sistema eléctrico se denomina conductor neutro, mientras que el conductor no conectado a tierra se denomina fase.
- La puesta a tierra de las instalaciones eléctricas se hace por motivos de seguridad contra descargas. La puesta a tierra no influye en el funcionamiento de la carga.
- La seguridad eléctrica de un electrodoméstico u otra carga puede mejorarse utilizando diversos métodos, como enchufes polarizados, doble aislamiento o los enchufes con toma de tierra.
- Los interruptores diferenciales funcionan abriendo sus contactos, desconectando la carga, al detectar una diferencia de corriente entre los conductores de fase y neutro. Durante el funcionamiento correcto, no debería haber diferencia de corriente. Una diferencia de corriente significa que hay una derivación de corriente a tierra.

1.8 Utilización segura del polímetro (multímetro)

Utilizar un polímetro de forma segura y eficaz es quizá la habilidad más valiosa para un técnico, tanto por su propia seguridad como por su destreza en el trabajo.

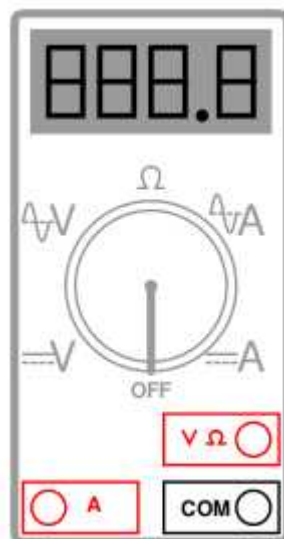
Al principio se puede sentir reparo a utilizar un polímetro, sabiendo que se está conectando a circuitos con tensión potencialmente mortal. Esta preocupación es razonable, siempre es mejor proceder con cautela al utilizar instrumentos de medición. El descuido, más que ningún otro factor, es la causa de que técnicos experimentados sufran accidentes.

El polímetro es la herramienta de medición más común en el trabajo del técnico.

Polímetro significa medidor de diversas magnitudes, de hecho con él se pueden medir, entre otras, tensión, intensidad de corriente y resistencia. En manos de un técnico capacitado, el polímetro es a la vez una herramienta de trabajo eficaz y un dispositivo de seguridad. Sin embargo, en manos de alguien ignorante o descuidado, el polímetro puede convertirse en un peligro utilizándolo en una instalación bajo tensión.

Existen muchas marcas diferentes de polímetros, con múltiples modelos y diferentes características.

El multímetro que se muestra a continuación es un diseño "genérico", que se utilizará para enseñar los principios básicos de uso:



La pantalla es de tipo "digital", muestra valores numéricos mediante cuatro dígitos de forma similar a un reloj digital.

El selector giratorio (ahora en posición de apagado) tiene cinco posiciones de medición diferentes: dos en "V", dos en "A" y una en el centro, mostrando la letra griega ómega (Ω) que representa la "resistencia".

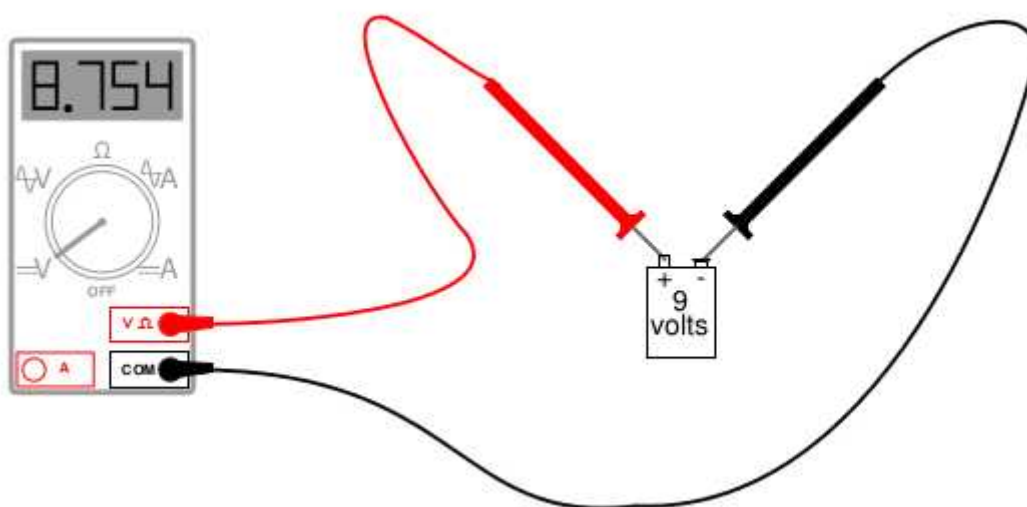
Uno de los dos ajustes "V" y "A", están divididos muestra un par de líneas horizontales (una continua y otra discontinua). Los otros ajustes muestran una línea discontinua con una curva irregular encima. Las líneas paralelas representan el ajuste para corriente continua (DC, cc), mientras que la curva representa el ajuste para corriente alterna (AC, ca).

La "V" significa (tensión) y la "A" "amperaje" (corriente).

El medidor utiliza circuitos distintos para medir la cc y ca. El usuario debe seleccionar el tipo de tensión (V) o corriente (A) que desea medir. Aunque no se ha hablado de la corriente alterna en detalle, esta distinción en la configuración del medidor es importante.

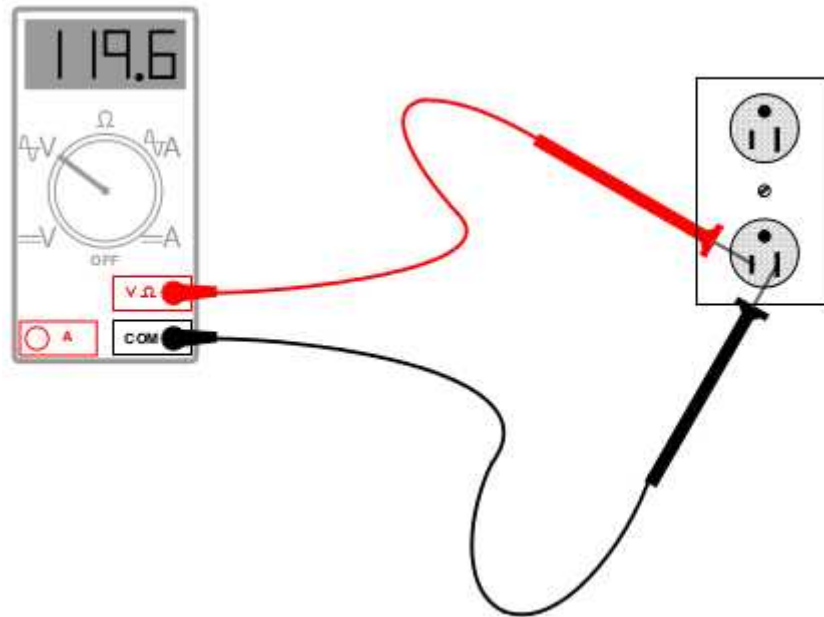
El multímetro dispone de tres tomas diferentes a las que se pueden conectar las sondas (puntas) de medición. La sonda negra se conecta siempre a la toma negra del multímetro, la que está marcada "COM" de común. La sonda roja se conecta a la toma roja marcada para tensión y resistencia, o a la toma roja marcada para corriente.

En el siguiente ejemplo, el polímetro se utiliza para medir la tensión de una batería. Como las baterías generan cc, será necesario hacer la selección correspondiente.



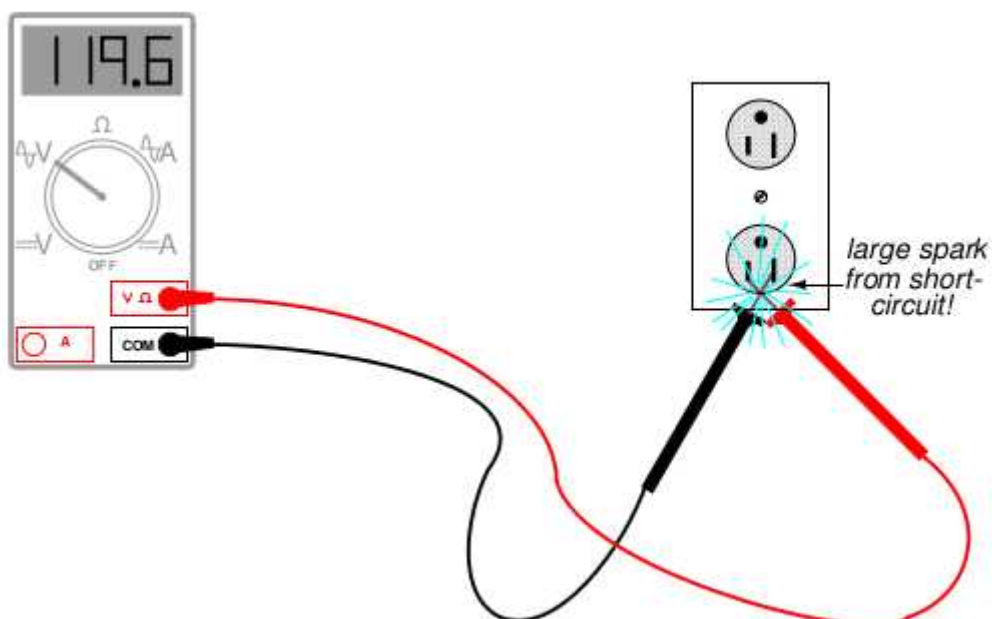
La sonda negra está conectada a la toma común, la roja a la toma V, Ω y el selector en posición de V en cc.

En el siguiente ejemplo se mide la tensión alterna de una toma de corriente doméstica.



Ahora el selector pasa a la posición de V ac, las sondas de medición quedan en las posiciones anteriores.

En ambos ejemplos, es fundamental que las puntas de las sondas no se toquen, pues causarían un cortocircuito.



Ésta es una de las formas en que un polímetro puede convertirse en una fuente de peligro si se utiliza de forma inadecuada.

La medición de la tensión es quizá la función más común para la que se utiliza un polímetro. Es la principal medición que se realiza con fines de seguridad (parte del procedimiento de bloqueo/etiquetado). Como la tensión se mide siempre entre dos puntos, el medidor debe estar firmemente conectado estos dos puntos del circuito para que proporcione una medición fiable.

Esto significa que el usuario debe sujetar una sonda con cada mano para asegurar el contacto adecuado durante la medición.

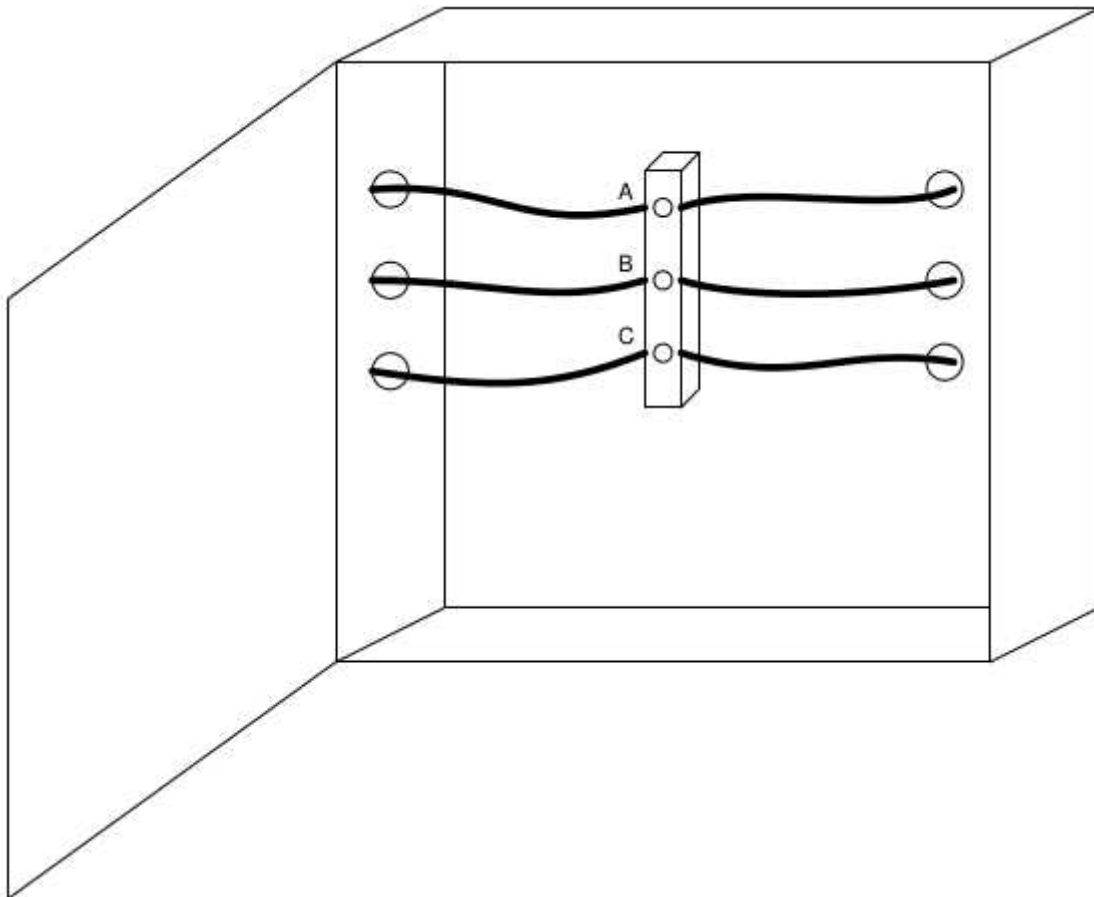
Esta situación es un peligro potencial, ya que la descarga de mano a mano presenta el mayor peligro, al circular la corriente por el pecho de la víctima (corazón, diafragma). Si el aislamiento de protección de las sondas está desgastado o agrietado, es posible que los dedos del usuario entren en contacto con los conductores de la sonda durante la medición, provocando una descarga. Sería más seguro utilizar una sola mano para agarrar las sondas. Como sujetar las sondas con una sola mano resulta incómodo, existen accesorios en forma de pinza que se pueden montar sobre las puntas de la sonda. La pinza se sujeta, con una sola mano al punto de medición, de manera que la sonda queda fija en este punto. Así se pueden realizar las mediciones cómodamente, sin tener que estar sujetando las sondas con ambas manos.

Al comprobar la tensión de un circuito, se debe hacer siempre tanto para cc como para ca. Esta es una manera de averiguar si un circuito está bajo tensión y de qué tipo es la tensión.

En el siguiente ejemplo, se debe comprobar que tres conductores están libres de tensión.

El primer paso es comprobar que el polímetro mide correctamente tensión en una toma con tensión conocida.

El siguiente paso es comprobar que los tres conductores están libres de tensión. ¿Pero entre cuales de ellos se debe hacer la medición?



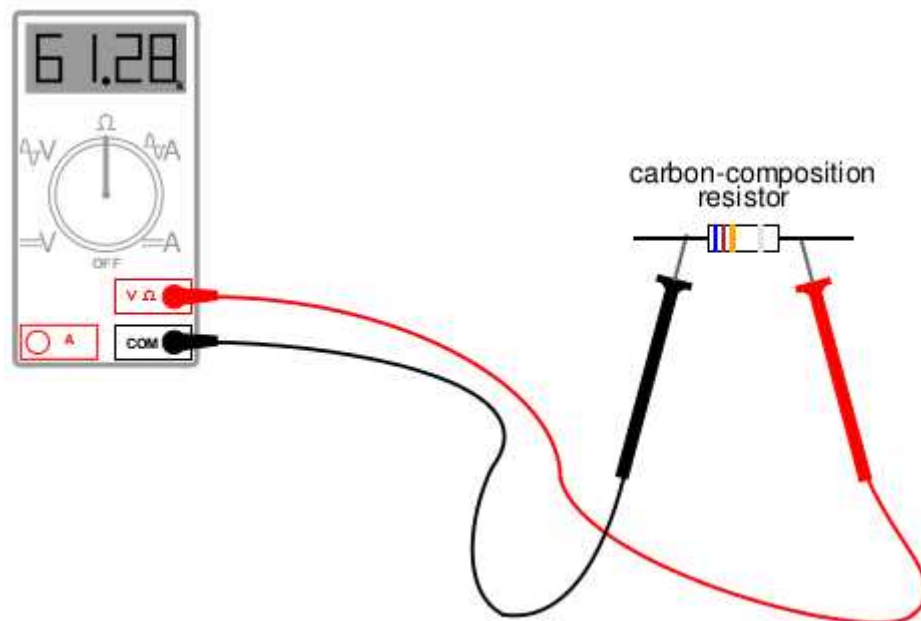
No quedará más remedio que hacer la medición de todas las combinaciones posibles, es decir, será necesario medir entre AB, BC y AC. La medición se hará una vez en ac (6 mediciones) y otra en cc. Finalmente se deberá medir si hay tensión entre los conductores y tierra, en ac y cc (6 mediciones). Esto da un total de 12 mediciones.

Tras haber realizado todas las mediciones, se volverá a comprobar el funcionamiento del polímetro en una toma con tensión conocida.

Sólo a partir de este momento, tras todas las pruebas realizadas, suponemos que los cables se encuentran libres de tensión. La última medida de precaución es realizar el primer contacto con un conductor con el dorso de la mano.

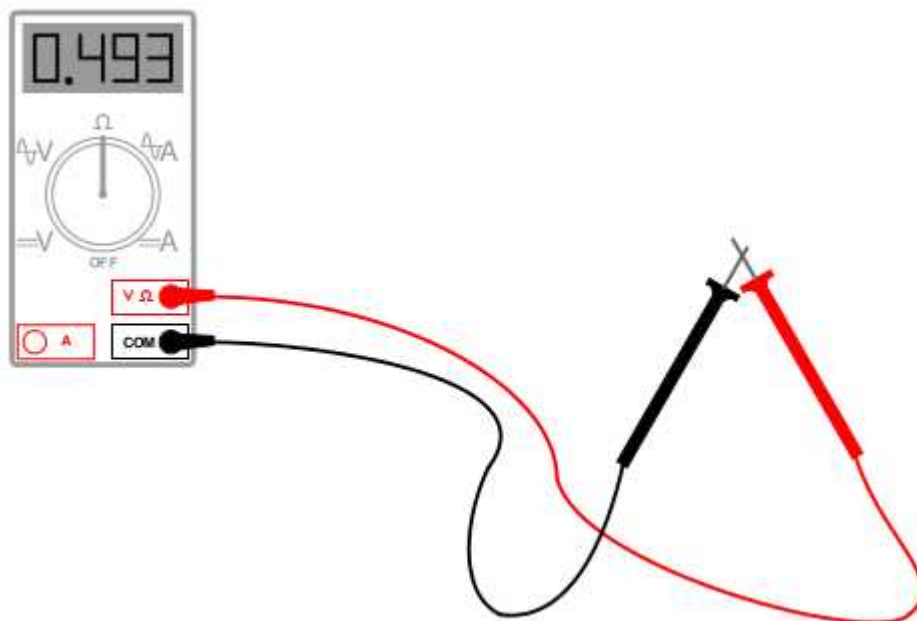
Utilizar el polímetro para la medición de resistencia es mucho más sencillo. Las sondas de medición quedarán en las mismas tomas que se utilizaron para medir tensión. Únicamente el selector pasará

de V a Ω . Con las sondas de medición se tocan los extremos del componente cuya resistencia se quiere averiguar. El polímetro indicará la resistencia del componente en ohmnios.

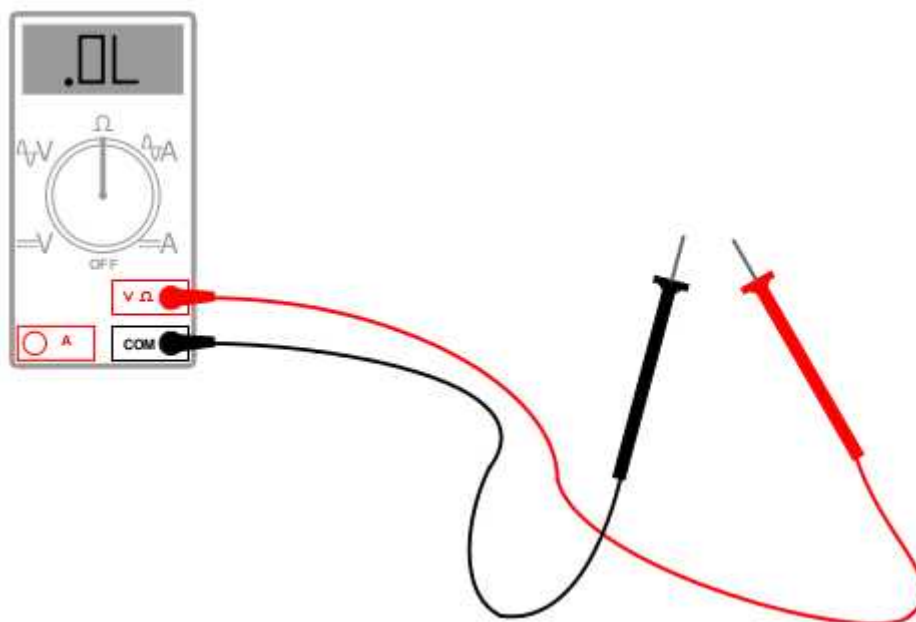


Al medir resistencia, es importante recordar, que el componente cuya resistencia se mide esta libre de tensión, normalmente se desconectará del circuito. Si el componente estuviera bajo tensión durante la medición, el valor mostrado seguramente sea erróneo. Además, el polímetro puede quedar averiado.

La medición de resistencia resulta también muy útil para medir continuidad entre dos puntos de un circuito. Continuidad entre dos puntos significa que el circuito no está interrumpido entre estos dos puntos y que la resistencia entre ellos es prácticamente cero. El polímetro suele presentar una posición específica para seleccionar la medición de continuidad, pitando cuando la resistencia entre los dos puntos de medición es cero. Se puede comprobar el correcto funcionamiento de la medición de continuidad, juntando las puntas de las sondas para comprobar que el polímetro pita.

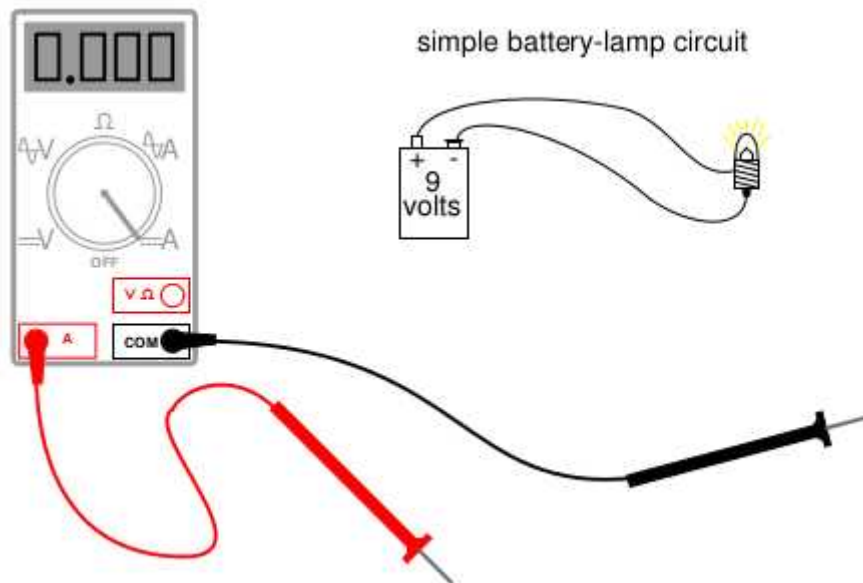


Al separar las puntas de las sondas, la pantalla indicará OL, que significa Open Loop (circuito abierto).

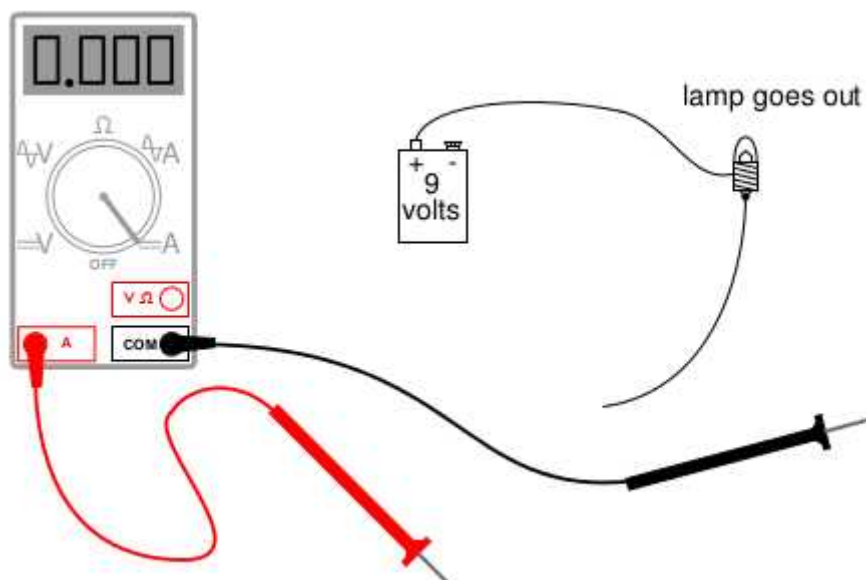


La aplicación más peligrosa y compleja del polímetro es, con diferencia, la medición de corriente. La razón es muy sencilla, para que el polímetro pueda medir la corriente, esta debe circular por el polímetro. Para ello es necesario abrir el circuito e integrar el polímetro en el mismo. Antes de integrar el polímetro en el circuito, se seleccionará A, en cc o ca, según el caso, y se conectará la sonda de medición roja en la toma A.

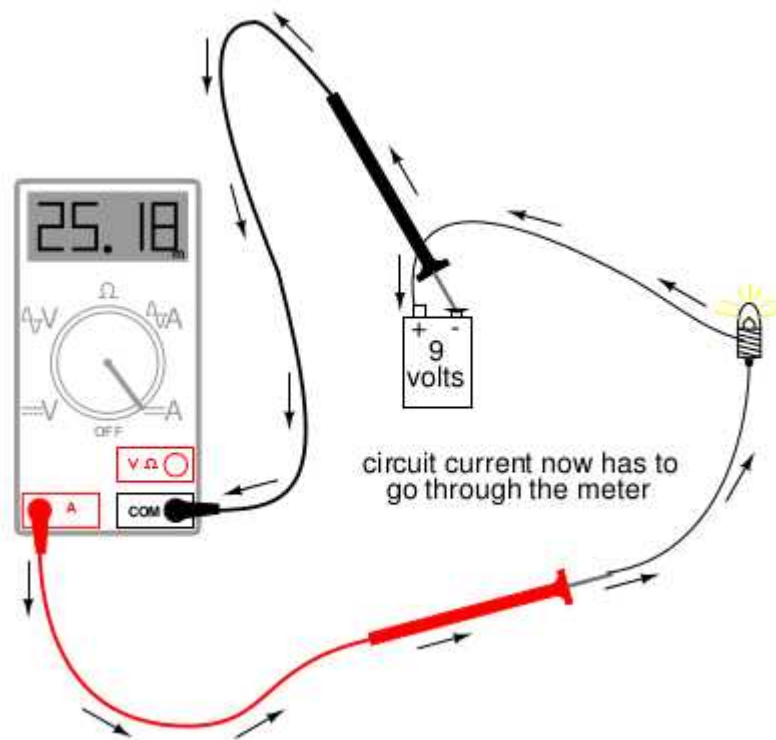
La siguiente imagen muestra el polímetro preparado para medir corriente.



A continuación se abre el circuito, para poder conectar el polímetro.

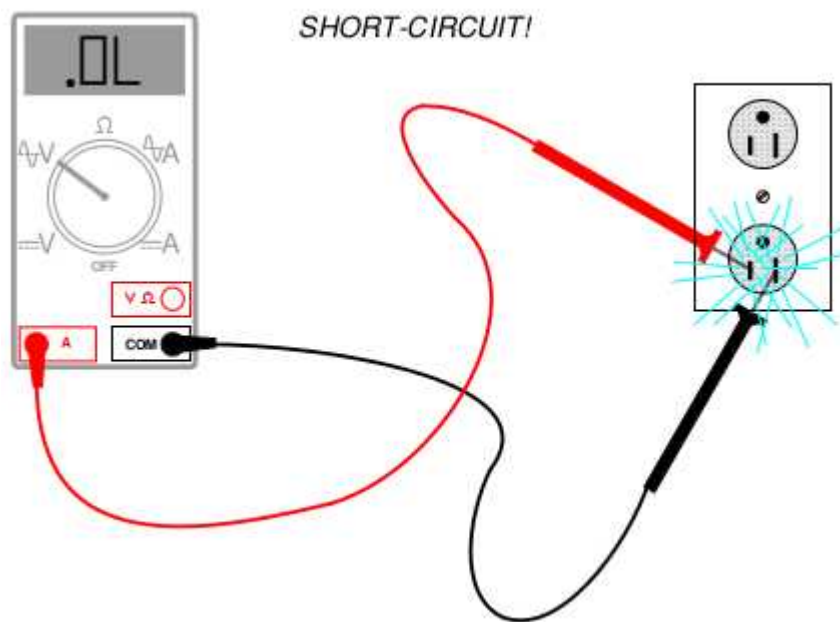


El último paso consiste en en puentear con el polímetro el circuito interrumpido, conectando la sonda negra al conductor negativo y la roja al positivo.



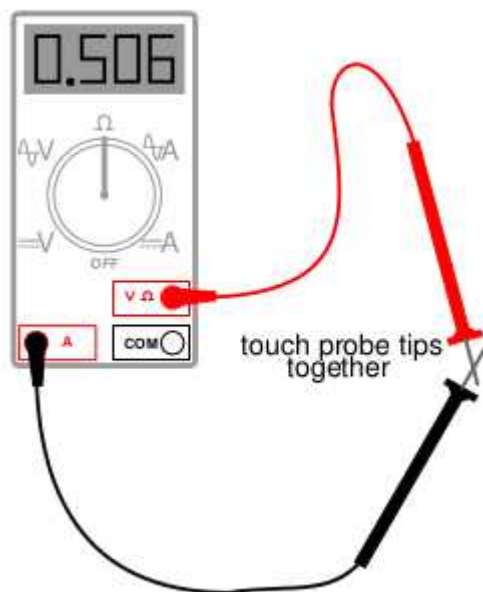
Este ejemplo muestra un circuito muy seguro, ya que 9 voltios apenas suponen un peligro. Sin embargo, en circuitos con tensiones más elevadas, medir la corriente podría ser muy peligroso. Incluso si la tensión es baja, la corriente podría ser lo suficientemente alta como para que se produzca una chispa en el momento en el que se establece la conexión de la última sonda.

Otro peligro potencial al utilizar un polímetro es que esté en modo de medición de corriente (amperímetro) al intentar medir tensión. Cuando se mide corriente, integrando el polímetro en el circuito, este debe ofrecer la mínima resistencia. Si accidentalmente se dejan las sondas de medición en los contactos A y COM, y sólo se ajusta el selector a V, el polímetro provocará un cortocircuito al tocar las sondas dos puntos con diferente tensión. Aunque los polímetros están equipados con un fusible interno para evitar daños mayores en caso de cortocircuito, es muy probable que el medidor quede averiado.

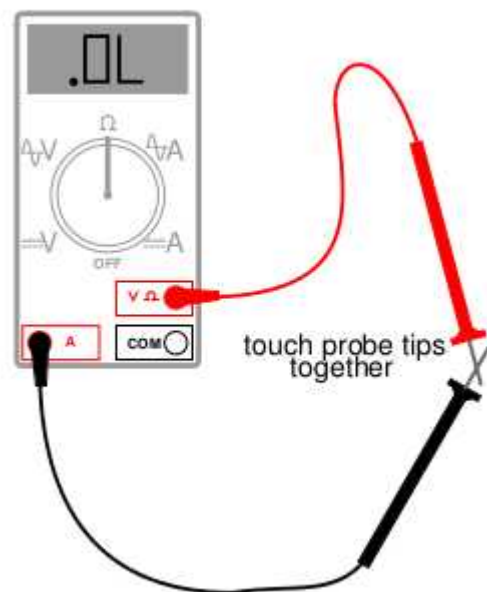


La siguiente imagen muestra cómo probar el correcto estado del fusible del polímetro.

Indication with a good fuse



Indication with a "blown" fuse

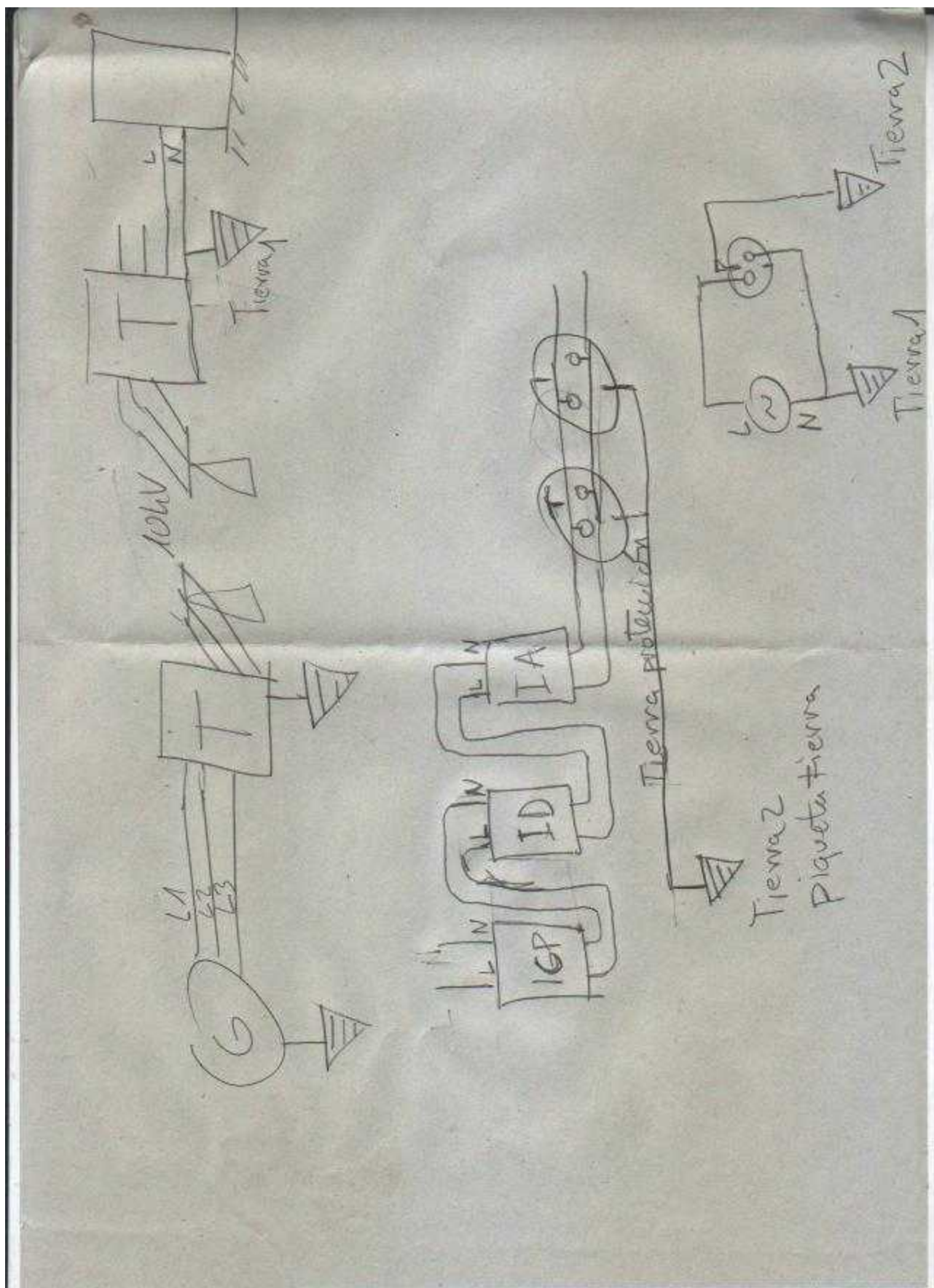


Si el estado del fusible es correcto, el polímetro indicará resistencia cero. Si el fusible estuviese fundido, indicará OL (o equivalente).

Resumen

- Un medidor capaz de comprobar la tensión, la corriente y la resistencia se denomina polímetro, multímetro, tester.
- La tensión siempre se mide entre dos puntos de un circuito. En este modo de medición, al polímetro también se le llama voltímetro. Se debe tener precaución de no tocar las sondas del medidor, ni de que las sondas se toquen entre ellas, pues se causaría un cortocircuito.
- Para comprobar si un circuito está libre de tensión, se debe utilizar el polímetro en modo de medición de tensión alterna y continua. Se debe comprobar la tensión entre todas las combinaciones de pares de conductores, y entre los conductores individuales y tierra.
- Cuando están en el modo de medición de tensión (voltímetro), los polímetros tienen una resistencia muy alta entre sus contactos y, en consecuencia, entre las sondas de medición, si éstas están correctamente conectadas..
- No intentar nunca medir la resistencia o la continuidad en un circuito que esté bajo tensión.
- En el mejor de los casos, las lecturas de resistencia que se obtengan serán inexactas y, en el peor, el medidor podría dañarse y el usuario podría sufrir lesiones.
- Los polímetros en modo de medición de corriente (amperímetros), siempre están integrados en un circuito, de modo que los electrones tienen que fluir a través del polímetro.
- En el modo de medición de corriente (amperímetro), los polímetros prácticamente no presentan resistencia entre sus contactos. El objetivo es permitir que la corriente fluya a través del medidor con la menor dificultad posible. Si no fuera así, el medidor añadiría una resistencia al circuito, reduciendo la corriente.

1.9 Soluciones



Estos apuntes son una adaptación de “Lessons in electric circuits volume 1 DC” , del autor Tony R. Kuphaldt.

Traducción y adaptación Paulino Posada

Traducción realizada con la versión gratuita del traductor www.DeepL.com/Translator