

Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano

Capítulo 2

CHANCE[®]

www.hubbellpowersystems.com
E-mail: hpsliterature@hps.hubbell.com



Teléfono: 573-682-5521

Fax: 573-682-8714

210 North Allen

Centralia, MO 65240, USA

©Copyright 2008 & 2010 Hubbell Incorporated

Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano

Charles Dalziel^[18,19] llevó a cabo gran parte de las primeras investigaciones sobre la reacción del cuerpo humano a la corriente eléctrica a finales de la década de 1940 y principios de la década de 1950. Utilizó voluntarios en sus experimentos y descubrió que el cuerpo reacciona de distintas maneras a diferentes intensidades de corriente eléctrica. Para la seguridad de los voluntarios esta investigación se llevó a cabo únicamente a intensidades bajas de corriente y en presencia de personal médico. Posteriormente, se realizaron investigaciones adicionales para determinar si era correcta la extrapolación de los resultados obtenidos por Dalziel a intensidades más elevadas.

Mediante el estudio de la tensión aplicada, la intensidad de corriente resultante y la reacción de los voluntarios, se obtuvo gran cantidad de información. Se realizaron cálculos para obtener un valor de resistencia para el cuerpo humano “medio”. En diversos experimentos se realizaron mediciones aplicando 21 voltios entre ambas manos y 10 voltios entre una mano y los pies. Los cálculos de resistencia utilizando las mediciones obtenidas arrojaron valores de 2.330 ohmios entre mano y mano y de 1.130 ohmios entre mano y pies. Estas primeras investigaciones realizadas a bajos niveles de tensión fijaron en 16 miliamperios la intensidad media de corriente segura por debajo del umbral de “no soltar” para un hombre “promedio”. Asimismo se determinó que el cuerpo humano responde a la corriente eléctrica de forma exponencial. Es decir, el cuerpo responde a una intensidad creciente de corriente con un acortamiento del tiempo de exposición de la misma forma que responde a una intensidad decreciente con una duración creciente de la exposición. La relación tiempo-intensidad se muestra en la Figura 2-1.

La investigación de Dalziel culminó en la Ecuación 1, indicada a continuación^[15]. En ella se relacionan la amplitud de la corriente y la duración de su paso a través del corazón con el umbral de fibrilación ventricular. Se han realizado estudios estadísticos que demuestran que el 99,5% de las personas son capaces de soportar el paso de una corriente de intensidad (I) durante el tiempo (t) indicado en esta ecuación sin entrar en fibrilación ventricular.

El valor k es una constante empírica, determinada estadísticamente, relacionada con la energía de descarga eléctrica tolerada por un determinado porcentaje de la población estudiada.

$$I = k / \sqrt{t} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde I = Intensidad de corriente en miliamperios
K = función de energía de descarga
= k_{50} equivale a 116 para un peso corporal de 50 kg (110 libras).
= k_{70} equivale a 157 para un peso corporal de 70 kg (155 libras).
t = tiempo en segundos

Mediante esta fórmula, puede determinarse que en promedio un operario de líneas de 50 kg debería ser capaz de soportar 67 miliamperios durante 3 segundos antes de entrar en fibrilación cardiaca, mientras que un operario de 70 kg soportaría 91 miliamperios. O que los mismos trabajadores serían susceptibles de entrar en fibrilación cardiaca tras una descarga de 670 A y 906 A, respectivamente, tras solo 0,03 segundos, equivalentes a unos 2 ciclos de corriente de 60 Hz a través de la cavidad torácica. No obstante, a tales intensidades pueden producirse otras lesiones, como quemaduras, en caso de generarse un arco eléctrico. Las intensidades mostradas en las tablas suelen redondearse para facilitar su presentación y memorización.

Las investigaciones de Dalziel también sirvieron de base para la tabla^[18,19] utilizada actualmente de forma generalizada en toda la industria eléctrica. La tabla presenta varias intensidades de corriente junto con la respuesta media del cuerpo humano. La tabla para 60 Hz se muestra en la Tabla 2-1.

Los estudios publicados suelen indicar valores de resistencia entre extremidades. Generalmente se indican valores entre mano y mano, entre una mano y ambos pies o entre un pie y el otro pie. En los estudios típicamente se indica la resistencia del cuerpo humano como 500 ohmios o 1.000 ohmios^[1]. Ninguno de estos valores es representativo de un trabajador concreto. Existen muchos otros valores que inciden en el valor total de resistencia del operario de línea, como son:

Efecto	Hombres	Mujeres
Sin sensación en la mano	0,4	0,3
Ligero cosquilleo (Umbral de percepción)	1,1	0,7
Descarga, sin dolor y sin pérdida de control muscular	1,8	1,2
Descarga, dolorosa pero sin pérdida de control muscular	9,0	6,0
Descarga dolorosa (Umbral de soltar)	16,0	10,5
Descarga intensa y dolorosa, contracción muscular, dificultad para respirar	23,0	15,0
Posible fibrilación ventricular		
Por descargas breves (0,03 seg.)	1.000	1.000
Por descargas más largas (3,0 seg.)	100	100
Fibrilación ventricular, muerte segura	Debe producirse durante fase susceptible del ciclo cardiaco para resultar mortal.	
Por descargas breves (0,03 seg.)	2.750	2.750
Por descargas breves (3,0 seg.)	275	275

Todos los valores en miliamperios Vef a 60 Hz.

Reacción del cuerpo “promedio” a diversas intensidades de corriente
Tabla 2-1

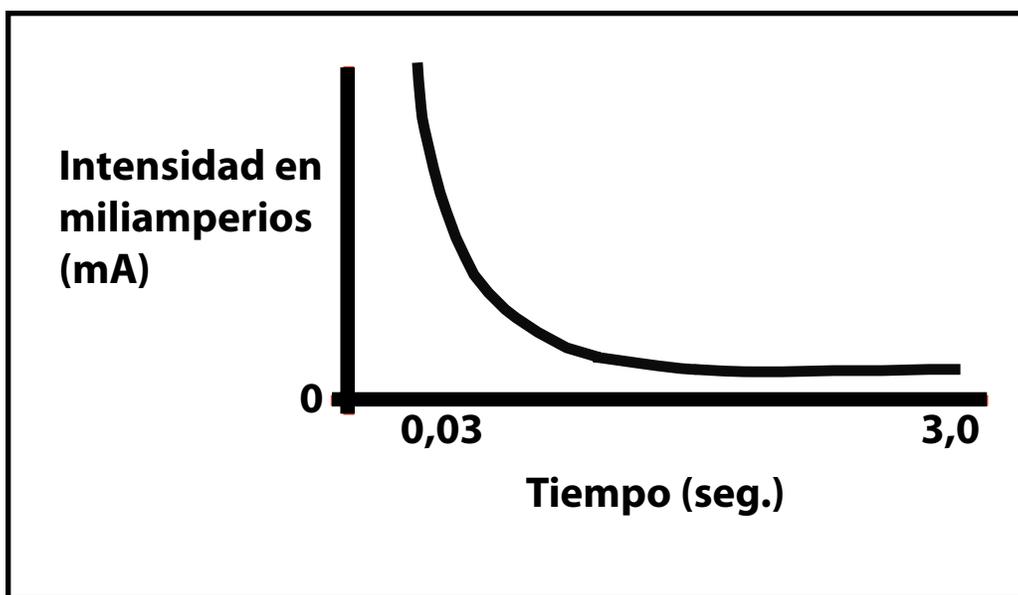


Fig. 2-1

¿Lleva guantes puestos? ¿De qué material están hechos? ¿Lleva calzado con suelas aislantes o conductoras? ¿Están muy encallecidas las manos del trabajador? La resistencia real de una persona trabajando puede variar entre un valor de 500 ohmios y varios miles de ohmios.

Actualmente la mayoría de los estudios tienen en cuenta un valor de resistencia del cuerpo humano de 1.000 ohmios, si bien un número cada vez mayor de compañías están utilizando el valor de 500 ohmios para darse un margen de seguridad. Aún cuando se trata de un valor aproximado, permite realizar cálculos y comparaciones entre los distintos equipos de seguridad ofertados. Puede añadirse resistencia para tener en cuenta la utilización de calzado o guantes de cuero de protección. La utilización de un valor distinto de resistencia del cuerpo humano por encima de los valores definidos en las normas, en cumplimiento de los requisitos específicos de las compañías, queda a discreción del usuario.

Si no está desactivado el reenganche automático, puede producirse una segunda descarga escasos instantes después de la primera. Si esta se produce en menos de 0,5 seg. desde el comienzo de la primera, se considerará una sola descarga de duración equivalente a la suma de las dos^[1]. El breve intervalo de tiempo sin paso de corriente no es suficiente para permitir a la persona recuperarse de la primera descarga antes de sufrir la segunda.

Se ha constatado que la trayectoria de corriente de consecuencias más graves es a través de la cavidad torácica. La trayectoria entre mano y pie, aunque menos peligrosa, puede seguir resultando mortal. Debe tenerse en cuenta que aún cuando una descarga eléctrica sea dolorosa pero no mortal, puede provocar un accidente asociado. La reacción a una descarga puede provocar que el sujeto pierda el equilibrio, sufra una caída o deje caer algún equipo o herramienta.

A niveles de tensión iguales o superiores a 1.000 voltios (1 kV) e intensidades superiores a 5 amperios, la resistencia del cuerpo disminuye, ya que se perfora la piel y la corriente atraviesa los tejidos húmedos internos, cuya resistencia es muy inferior. Este tipo de paso de corriente puede dar lugar a quemaduras en los órganos internos del cuerpo.

Los métodos de protección descritos más adelante pretenden garantizar que la tensión a través del cuerpo se mantenga por debajo de un nivel seguro preestablecido. Se debe bajar de los niveles elevados de corriente que dan lugar a quemaduras o lesiones graves a un nivel inferior al de la fibrilación cardíaca.

Merecen destacarse los siguientes niveles de corriente:

Nivel de percepción (nivel mínimo de corriente detectable por la mano desnuda) = 1,1 miliamperios*

Descarga, dolorosa pero sin pérdida de control muscular = 9 miliamperios*

Descarga dolorosa (Umbral de soltar) = 16 miliamperios*

Posible fibrilación ventricular:

Con una duración de 0,030 seg. > 1.000 miliamperios*

Con una duración de 3,000 seg. > 100 miliamperios*

*Estos valores equivalen a los niveles medios para hombres, desarrollados empíricamente a partir de las investigaciones de Charles Dalziel^[18,19].