



Industrial Data

ISSN: 1560-9146

ISSN: 1810-9993

industrialdata@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Perú

Neyra Vela, Frank

Seguridad eléctrica en el lugar de trabajo
Industrial Data, vol. 23, núm. 1, 2020, -Junio
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Perú

DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v23i1.16961>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81664593008>

- ▶ [Cómo citar el artículo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Más información del artículo](#)
- ▶ [Página de la revista en redalyc.org](#)



Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Seguridad eléctrica en el lugar de trabajo

FRANK NEYRA VELA ¹

RECIBIDO: 03/11/2019 ACEPTADO: 07/02/2020 PUBLICADO: 16/10/2020

RESUMEN

La electricidad es el motor del progreso en toda industria y la forma de energía más utilizada en el mundo actual; sin embargo, si no es protegida y no se tienen los conocimientos necesarios para manejarla, existe el potencial de que cause daño. La presente investigación abarca los principales riesgos en el manejo de la electricidad: el arco eléctrico y el choque eléctrico. Es por ello que se aplica una metodología en seguridad eléctrica que consiste en reconocer los peligros asociados al uso de la energía eléctrica para tomar acciones preventivas con la finalidad de evitar los riesgos que ocasionan lesiones o muertes. Al realizar un análisis del arco y choque eléctricos, los resultados aportan para la prevención de accidentes dentro del lugar de trabajo, según los estándares de las normas NFPA 70E y IEEE 1584-2002.

Palabras claves: seguridad eléctrica; arco eléctrico; choque eléctrico.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día para interactuar con cualquier sistema eléctrico se requiere un conocimiento previo de las normas que establecen los requisitos para el diagnóstico y evaluación de una instalación. Esto tiene por objetivo identificar las condiciones peligrosas, el deterioro físico, la mala utilización y otras situaciones que aumentan la probabilidad de riesgo para las personas y su patrimonio (Carlos y Campos, 2013); es por esta razón que se cuenta con requerimientos de seguridad, a nivel nacional, definidos en el Decreto Supremo n.º 024-2016-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (Ministerio de Energía y Minas, 28 de julio de 2016) y en la Resolución Ministerial n.º 111-2013-MEM-DM. Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad (Merino, 17 de marzo de 2013).

Es importante conocer la normativa vigente sobre la seguridad eléctrica, especialmente los riesgos de choque y arco eléctricos, los cuales han existido desde que el hombre empezó a utilizar la energía eléctrica. No obstante, el número de muertes, lesiones graves, quemaduras y pérdida de bienes ha aumentado debido a una falta de concientización sobre seguridad eléctrica (Industrial Technology Suppliers, Inc., 2014). La concientización sobre la problemática es una deficiencia que aún se presenta y que puede ser enfocada en los dos estados iniciales de las fases del aprendizaje: la incompetencia-inconsciente y la incompetencia-consciente (Sobrino, 2013); en otras palabras, en los trabajadores que no son conscientes del daño que podrían sufrir y en los que todavía no saben controlarlo. Al no estar informado sobre la problemática, cualquier trabajador de la industria, en general, se expone a peligros eléctricos con un gran potencial de causar daños. Sin embargo, estos peligros se pueden identificar como condiciones subestándares. Actualmente, las mejoras en seguridad requieren cumplir con las condiciones ligadas a los costos, a la burocracia en empresas, al compromiso, al interés de la alta dirección, entre otros; lamentablemente, muchas veces se espera la lesión o muerte de un trabajador para recién adoptar por la

¹ Ingeniero industrial. Actualmente, es ingeniero de seguridad y salud ocupacional en la Compañía Minera Antapaccay. (Arequipa, Perú).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1133-6875>
E-mail: Frank.Neyra@glencore.com.pe

condición más segura en las instalaciones para el empleado.

Sobrino (2013) menciona que la mejora continua y su aplicación pueden solucionar los problemas previstos y la administración de riesgos potenciales, tomando en cuenta que es un ciclo que se debe estar repitiendo constantemente. Asimismo, Niebel y Freivalds (2009) señalan que los accidentes son el resultado de una secuencia de eventos causados por múltiples razones. Por otro lado, con respecto a la teoría de la causalidad de Bird, es importante indicar que esta tiene como propósito neutralizar los efectos destructivos de pérdidas potenciales o reales, las cuales son consecuencia de acontecimientos no deseados; por ello, la correcta aplicación de los conocimientos y técnicas de un profesional en los métodos y procedimientos de un trabajo puede reducir las pérdidas causadas por este tipo de acontecimientos (Vásquez, 27 de marzo de 2017).

Considerando lo anterior, el principal objetivo de este artículo es relacionar las condiciones de trabajo con los riesgos eléctricos; además, se busca ampliar el conocimiento en cuanto a la exposición de riesgos con energía eléctrica para prevenir accidentes. A raíz de estos propósitos, se plantean como objetivos específicos identificar la manera en la que un factor contribuye a la intensidad de energía de un arco y choque eléctrico, y proponer un modo para prevenir o reducir accidentes relacionados a estos riesgos eléctricos. Cabe resaltar que la finalidad de este artículo está alineada con la teoría de Bird, ya que la necesidad de neutralizar las causas y efectos que generan accidentes en la industria debe realizarse mediante la administración de los peligros; es por ello que esta investigación impulsa a aportar soluciones preventivas para evitar accidentes relacionados con la energía eléctrica, incluyendo el uso de los equipos de protección personal y la tecnología que disminuya la severidad del riesgo.

Finalmente, este estudio toma en consideración las contribuciones de trabajos relacionados a la seguridad eléctrica, como el de López (2003), que aporta con el diseño de un programa en Microsoft Visual Basic 6.0 cuyo objetivo es analizar los riesgos eléctricos que suceden dentro de las oficinas y centros de cómputo, por medio de la identificación de peligros y la propuesta de acciones correctivas. Del mismo modo, se toma en cuenta el estudio de Clavijo, Vera y Landín (2009), el cual ayuda a cómo prevenir incendios al analizar los riesgos y peligros en estaciones de transformación de energía y centros de control de motores. A su vez, se consideró la tesis de Rivadeneira y Torres (2010),

quienes realizaron un estudio de fallas y control de protecciones de riesgos eléctricos y proponen un enfoque sobre diversos elementos de protección para asegurar la calidad de una instalación eléctrica, mostrando sus principales características, así como los equipos de protección personal obligatorios en el trabajo para conservar la vida de las personas. Asimismo, se revisó el análisis y gestión de riesgos realizado por Serrano (2011) para el mantenimiento de un sistema eléctrico con la metodología HAZOP, el cual busca asegurar posibles fallos que podrían conllevar a problemas económicos, políticos, sociales y ambientales. Finalmente, se examinó el texto de Trejo (2013), en donde se comparan las normas NFPA 70E e IEEE 1584-2002, y se determina la exposición de energía incidente a los trabajadores, encontrando algunos criterios de un sistema eléctrico de potencia industrial en el que la magnitud de la tensión de operación y de la corriente de corto circuito (arco eléctrico) pueden ocasionar daños a las personas; además, se establece la categoría de riesgo según el nivel de energía incidente y se identifican los equipos de seguridad (equipo de protección personal) para evitar accidentes.

METODOLOGÍA

La investigación es cuantitativa, puesto que se realizaron mediciones numéricas y reportes de lo sucedido. Las principales técnicas utilizadas fueron la entrevista, la observación y el análisis de datos o investigación documental; a continuación se detallan:

- La entrevista se realizó con personal de mantenimiento, con el cual se mantuvo una interacción directa
- La observación fue directa estructurada, porque se utilizó una guía de observación (estructurada), lista de frecuencias, lista de chequeo, registro anecdótico y un diario de campo
- El análisis documental consideró toda fuente de data secundaria, como investigaciones anteriores, libros, informes, reportes, guías, manuales, documentos electrónicos y páginas web, requisitos para la implementación de un sistema de gestión SSO (SGSSO) y normas legales nacionales e internacionales.

Asimismo, se tiene un nivel de investigación explicativa, debido a que se estableció una relación causal; es decir, no solo se buscó describir o acercarse a un problema, sino que se intentó encontrar las causas del mismo.

Por otro lado, la unidad de análisis correspondió a un grupo de trabajadores del área de mantenimiento eléctrico. En dicha área se desarrolló la medición, la cual fue de interés para el presente artículo.

Con respecto a la metodología del análisis de riesgos, se realizó un estudio de posibilidades y consecuencias de cada factor de riesgos eléctricos (arco y choque eléctrico), de tal forma que se puedan optimizar las condiciones de trabajo y así administrar el riesgo en el nivel más bajo como sea razonablemente factible. Para el riesgo de arco eléctrico, la National Fire Protection Association (2012) en conjunto con el Institute of Electrical and Electronics Engineers (2002) cuentan con métodos de cálculo para la energía incidente y las fronteras de protección; mientras que, para el choque eléctrico, se ha considerado a la ley de Ohm para determinar el paso de la corriente a través del cuerpo en diferentes escenarios.

RESULTADOS

En cuanto al análisis e interpretación de resultados, se planteó un criterio teórico de contraste para la hipótesis general, la hipótesis específica 1 y la hipótesis específica 2, considerando que el valor $p = 0.05$. Luego, cuando se obtenga el valor $p > 0.05$, se aceptará como respuesta válida H_0 . Pero, si se obtiene el valor $p < 0.05$, se aceptará como respuesta válida H_a . El modelo de regresión lineal y correlación de Pearson fue la estadística utilizada para el contraste de la hipótesis.

Planteo de hipótesis general

Se planteó la siguiente relación con respecto a la hipótesis general:

- H_0 : la relación de un análisis de riesgos eléctricos y las condiciones de trabajo no influye en reducir los accidentes eléctricos.
- H_a : la relación de un análisis de riesgos eléctricos y las condiciones de trabajo influye en reducir los accidentes eléctricos.

Tabla 1. Estadística de contraste de la hipótesis general.

Model	R	Sig. F Change
1	0.885	0.005

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando el software SPSS21, se identificó una correlación conjunta de $R = 0.885$ y un valor $p = 0.005$ (ver Tabla 1). Entonces, según el criterio teórico, se aceptó que existe una relación significativa, donde

las condiciones de trabajo y el análisis de riesgos eléctricos influyen en la reducción de los accidentes eléctricos.

Planteo de hipótesis específica 1

Se planteó la siguiente relación con respecto a la hipótesis específica 1:

- H_0 : la relación del valor nominal de un arco eléctrico no influye en la reducción de accidentes eléctricos.
- H_a : la relación del valor nominal de un arco eléctrico influye en la reducción de accidentes eléctricos.

Tabla 2. Estadística de contraste de la hipótesis específica 1.

Análisis_arco_eléctrico		
Pearson correlation	Reducción_Accidente_Eléctrico	0.646
Sig. (1-tailed)	Reducción_Accidente_Eléctrico	0.022
N.º	Reducción_Accidente_Eléctrico	10

Fuente: Elaboración propia.

Se identificó una correlación conjunta de $R = 0.646$ y un valor $p = 0.022$ (ver Tabla 2). Entonces, según el criterio teórico, se aceptó que existe una relación del valor nominal de un arco eléctrico y que además influye en la reducción de accidentes eléctricos.

Planteo de hipótesis específica 2

Se planteó la siguiente relación con respecto a la hipótesis específica 2:

- H_0 : la relación de la intensidad de un choque eléctrico no influye en la reducción de accidentes.
- H_a : la relación de la intensidad de un choque eléctrico influye en la reducción de accidentes eléctricos.

Tabla 3. Estadística de contraste de la hipótesis específica 2.

Análisis_choque_eléctrico		
Pearson correlation	Reducción_Accidente_Eléctrico	0.878
Sig. (1-tailed)	Reducción_Accidente_Eléctrico	0.000
N.º	Reducción_Accidente_Eléctrico	10

Fuente: Elaboración propia.

Se identificó una correlación conjunta de $R = 0.878$ y un valor $p = 0.000$ (ver Tabla 3). Entonces, según el criterio teórico, se aceptó que la relación de la intensidad de un choque eléctrico influye en la reducción de accidentes eléctricos.

DISCUSIÓN

El contraste de hipótesis realizado se evidencia en la Tabla 4 y en la Figura 1.

Tabla 4. Valoración de intervalos de correlación de Pearson.

Intervalo de correlación de Pearson	Valoración
De 0.000 a 0.20	Baja influencia
De 0.201 a 0.40	Moderado bajo
De 0.401 a 0.60	Moderado medio
De 0.601 a 0.80	Moderado alto
De 0.801 a 1.00	Alta influencia

Fuente: Elaboración propia.

La figura 1 muestra la influencia de los análisis de riesgos eléctricos con respecto a la reducción de accidentes eléctricos.

Los hallazgos obtenidos evidencian que la optimización de condiciones de trabajo, en base a un análisis de riesgos eléctricos, impacta directamente en la reducción de accidentes eléctricos,

lo que implica mejoras para evitar la materialización de estos riesgos conocidos como arco y choque eléctrico.

Los análisis de arco y choque eléctrico se deben de realizar para diferentes actividades en las que una persona esté expuesta al peligro eléctrico; de acuerdo con el resultado estadístico, se tienen las correlaciones de 0.646 y 0.878, respectivamente. Estas se interpretan como una influencia moderada alta y alta, con respecto a la reducción de accidentes; es por ello que, al realizar estos análisis, se tiene un gran aporte para evitar que los trabajadores se expongan a graves consecuencias ante este peligro.

En otras palabras, al gestionar y aplicar estos análisis, las variables de consecuencia y probabilidad disminuyen significativamente; por lo tanto, en caso llegase a suceder un accidente, ya sea por arco o por choque eléctrico, los daños en la persona serían menores o insignificantes. Y, por otro lado, si se aplican de forma óptima las medidas de control, es muy raro o poco probable que este tipo de fenómenos se presente.

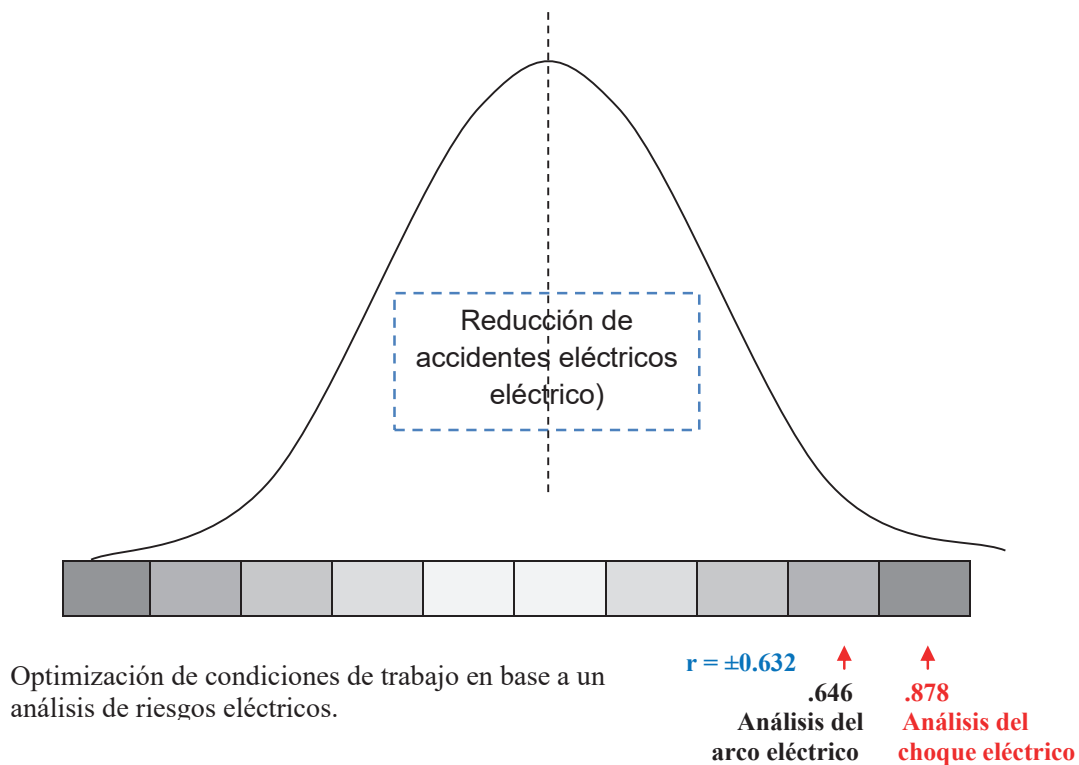


Figura 1. Correlación de Pearson.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis del arco eléctrico en sistemas eléctricos

Un arco eléctrico está compuesto por dos etapas. La primera es el relámpago de arco, donde la exposición a este fenómeno se expresa en cal/cm², y la segunda es la ráfaga de arco, el cual es un fenómeno que se caracteriza por emitir ondas expansivas y por alcanzar elevadas temperaturas (pico de 25 000 °C). La energía del arco eléctrico llega a ionizar el aire liberando plasma y vapores de materiales conductores. Este fenómeno se genera por los cortocircuitos causados por el contacto entre conductores (falta de aislamiento entre estos), calentamiento del circuito, fallas de contactores para abrir o cerrar circuitos, materiales o herramientas que caen en líneas energizadas, aumento de tensión, daños en los equipos o malas maniobras o malas prácticas de los equipos.

Los efectos y consecuencias que puede causar un arco eléctrico llegan a ser muy críticos, desde lesiones leves o graves (quemaduras), incrustaciones, daños auditivos o en la retina y pérdida de la vida; adicionalmente, producen daños en las instalaciones.

Calculo de arco eléctrico según IEEE 1584-2002

Las ecuaciones empíricas son desarrolladas por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) con un equipo de trabajo sobre arco eléctrico. Los siguientes parámetros y resultados de pruebas se aplicaron bajo ciertas condiciones especiales (ver Tabla 5).

El cálculo de la energía incidente del arco eléctrico se realizó para los siguientes dos escenarios:

- Caso 1: tensión de 480 VAC, con 30 mm de distancia entre conductores, en un compartimento tipo caja y con un tiempo de 0.1 segundos. Como resultado se llegó a

calcular una energía incidente de 5.12 cal/cm² a una distancia de alcance de 609 mm y una frontera de seguridad de 918 mm.

- Caso 2: tensión de 4.16 kVAC, con 104 mm de distancia entre conductores, en un compartimento tipo caja y con un tiempo de 0.1 segundos. Como resultado se llegó a calcular una energía incidente de 1.24 cal/cm² a una distancia de alcance de 910 mm y una frontera de seguridad de 1352 mm.

Para los casos anteriores se interpretó que, si aumenta la tensión y la distancia entre conductores, estos son inversamente proporcionales a la generación de energía incidente, y que la distancia de alcance de la energía incidente es directamente proporcional con respecto a las variables mencionadas.

Prevención del arco eléctrico

La única forma segura de prevenir el arco eléctrico es desenergizando el equipo antes de comenzar el trabajo, y, previo a ello, se debe de comprobar que esté realmente sin tensión. Aunque existen otros métodos para poder mitigar la severidad de este fenómeno, a continuación se presentan algunos ejemplos:

- El sistema de mitigación de relámpago de arco se genera al crear un sistema alterno de paso de corriente de baja impedancia, dirigiéndolo a un compartimento alterno controlado, lo que ocasiona que transfiera toda la energía en una dirección donde no se exponga al trabajador. Es decir, cuando se presenta un circuito con baja impedancia, el flujo de corriente tiene mayor tendencia a fluir por ese trayecto, ya que la ley de Ohm menciona que a menor resistencia aumenta la intensidad de corriente. De esta forma,

Tabla 5. Consideraciones a tomar para el uso de la norma IEEE 1584-2002.

Parámetros	Rango de aplicación		
Sistema de voltaje	0.208	15	kV
Frecuencia	50	60	Hz
Falla sólida de corriente	0.7	106	kA
Espacio entre electrodos	13	152	mm
Tipo de compartimento	Abierto, caja, MCC, panel, <i>switchgear</i> , cables		
Sistema de tierra	No tierra, tierra, alta resistencia a tierra		
Fases	Tres fases		

Fuente: National Fire Protection Association (2012).

se logra direccionar la corriente de falla a un compartimento diseñado para soportar la liberación de la energía incidente y evitar daños a la persona.

- El sistema de dispositivos de protección limitador de corriente es un sistema convencional que cuenta con relés de protección, los cuales mandan una señal a un interruptor para abrir un circuito debido a una falla de corriente. En este caso, se desea implementar un sistema compuesto por relés con sensores de luz para emitir una señal más veloz al interruptor; así se evita la generación de un arco eléctrico. Cabe mencionar que la señal que se emite debe ser menor de 6 ciclos; asimismo, se conoce la existencia de dispositivos que interactúan desde 3 hasta 5 ciclos, pero el factor a decidir si se genera una condición eléctricamente segura es el tiempo para activar los dispositivos de protección.
- La electricidad circula en conductores de cobre, con el movimiento de electrones libres, mientras que los protones y neutrones se mantienen quietos y alcanzan una velocidad de hasta 1 mm/s (0.001 m/s). Se piensa que la corriente es veloz simplemente porque los electrones libres que transfieren el flujo de corriente se encuentran por todo el circuito en una gran cantidad y en gran densidad; esta es la razón de la velocidad de la corriente. Se puede decir que por tal fenómeno se acerca a la velocidad de la luz, pero no es igual, ya que la velocidad de la luz tiene una constante de 299 792 458 m/s.
- En otras palabras, un relé de protección suele emitir una señal en 1 ciclo (0.016 s) y los interruptores demoran entre 3 a 5 ciclos, si se realiza la suma de ambos dispositivos. En el mejor de los casos se tiene una respuesta de

4 ciclos, mientras que en el peor, 6 ciclos. Si se tuviera la respuesta con un sensor de luz, es muy probable que se logre alcanzar hasta una respuesta de 2 ciclos, tiempo necesario para poder salvar más de una vida.

- Los equipos de protección personal (EPP) se tienen con los siguientes niveles de protección: 4, 8, 25 y 40 cal/cm², en las categorías 0, 1, 2, 3 y 4. Estos son trajes completos para todo el cuerpo y deben cumplir con los requisitos mínimos de la norma.

En caso se requiera realizar algún trabajo expuesto a una fuente de energía activa, se tendrá que contar con una serie de controles, procedimientos, permisos y sumo cuidado para realizar la tarea.

Un análisis de relámpago de arco debe determinar la frontera de seguridad para un relámpago de arco, es decir, la energía incidente, la distancia segura de trabajo y el EPP que las personas deben utilizar dentro de la frontera.

Análisis del choque eléctrico en sistemas eléctricos

Cuando se habla del choque eléctrico, se hace referencia al riesgo de mayor conocimiento y sobre el cual se basa la mayoría de normas de seguridad.

El efecto que tiene la corriente sobre el cuerpo varía en cada caso. El rango-efecto que se conoce por el paso de la corriente a través del cuerpo se muestra en la Tabla 6.

Aunque la corriente de choque no pase a través de un órgano vital, de todas formas puede generar lesiones severas o la muerte por quemaduras internas (5 amperios o más); estas quemaduras pueden causar una muerte retardada, debido a que son internas y de tercer grado.

Tabla 6. Rango y efecto de la corriente.

Corriente	Efecto
1 mA	Casi imperceptible
1-3 mA	Umbral de percepción (la mayoría de los casos)
3-9 mA	Sensación dolorosa
9-25 mA	Contracciones musculares (no se puede soltar)
25-60 mA	Parálisis respiratoria (puede ser fatal)
60 mA o más	Fibrilación ventricular (probablemente fatal)
4 A o más	Parálisis cardiaca (puede restablecerse mediante RCP)
5 A o más	Quemaduras de tejidos (fatal si daña órganos vitales)

Fuente: Industrial Technology Suppliers, Inc. (2014).

Como se ha mencionado, la resistencia del cuerpo es un factor importante para poder determinar la cantidad de corriente que pasa a través del cuerpo.

Calculo del choque eléctrico

Si se desea realizar un cálculo para los casos mencionados, es necesario hacer referencia a la ley de Ohm cuando dice que la corriente va ser igual al nivel de voltaje sobre la resistencia.

Para el primer caso se tenía un equipo con un nivel de tensión de 480 VAC, al cual se aplicó la formula siguiente:

$$I=V/R \dots I=480 \text{ Voltios} / 1000 \text{ Ohm} \dots =0.48 \text{ Amp o } 480 \text{ mA}$$

Para este caso se tuvo una resistencia de 1000 Ohm como valor referencial, la cual una persona normal tiene; es decir, bajo condiciones comunes de trabajo. Sin embargo, hay factores que producen variación en este último valor y por ello es variable la intensidad de corriente que logre atravesar el cuerpo.

Se podría decir que la mayoría de las muertes instantáneas producidas por un choque eléctrico están asociadas a la parálisis directa del sistema respiratorio (25 mA a más), a la detención del bombeo del corazón debido a una fibrilación ventricular (60 mA a más) o a la detención inmediata y completa del corazón (4 amperios a más).

Prevención del choque eléctrico

Para todo trabajo o entorno con exposición a una fuente de energía activa, la mejor prevención es realizar el aislamiento de esta energía y drenar toda la presencia de energía residual. Sin embargo, se consideran como sistemas de protección a aquellos que evitan los contactos directos e indirectos. Estas son las categorías de protección:

- Protecciones completas: diseñadas para evitar cualquier tipo de contacto con las partes energizadas; por ejemplo, cubrir completamente las partes activas con un aislamiento capaz de soportar influencias externas. La protección debe contar con barreras y envolventes fijos, seguros y robustos, brindando una calidad suficiente para asegurar los grados de protección requeridos.
- Protecciones parciales: diseñadas para evitar contacto accidental con las partes energizadas; es decir, las barreras y

envolventes deben estar instalados a modo de un obstáculo duro.

- Medidas de protección complementarias: son los interruptores diferenciales de alta sensibilidad ($I_{Dn} < 30 \text{ mA}$), cuya función es proteger al usuario en caso de contacto con el punto activo.
- Los equipos de protección personal dieléctricos, guantes dieléctricos (clases 00, 0, 1, 2, 3 y 4 con resistencia de 500, 1000, 7500, 17 000, 26 500 y 36 000 VAC, respectivamente), zapatos dieléctricos y cascos dieléctricos.

No obstante, la debilidad del interruptor diferencial es que no actúa de forma preventiva, sino que se activa cuando ya existe un choque eléctrico.

Finalmente, mantener una distancia segura de aproximación a los conductores o partes de circuitos eléctricos energizados expuestos es un medio efectivo para conservar un ambiente eléctricamente seguro.

CONCLUSIONES

- Luego de realizar análisis sobre riesgos eléctricos, se concluye que el arco eléctrico es la liberación sin control de energía en dos etapas (relámpago y ráfaga) y el choque eléctrico es el paso de corriente a través del cuerpo; ambos son efectos bajo una condición subestándar y generan consecuencias mortales.
- En la evaluación del arco eléctrico se llegó a calcular que, para un nivel de tensión de 480 V, la generación de energía incidente fue de 5.12 cal/cm^2 , a 918 mm de distancia segura; para un nivel de tensión de 4.16 kV, la generación de energía incidente fue de 1.24 kV , a una distancia segura de 352 mm. Se interpreta que, a mayor tensión y distancia entre conductores, estos son inversamente proporcional a la generación de energía incidente y que la distancia de alcance de la energía incidente es directamente proporcional. En otras palabras, no necesariamente se interpreta que un mayor nivel de tensión equivale a que la energía incidente también sea mayor; por lo tanto, las medidas de control se deben implementar para equipos de baja y media tensión.
- En la evaluación del choque eléctrico, se realizó el análisis en base a la ley de Ohm, con un nivel de tensión de 480 V y una resistencia humana promedio de 1000 Ohm,

y se obtuvo un paso de corriente de 480 mA, el cual es suficiente para matar a una persona. Por ello, se reafirma que, cuanto más alta sea la resistencia de un cuerpo, la corriente será inversamente proporcional; es decir, se requiere una resistencia de 1667 Ohm como mínimo para evitar una parálisis respiratoria o la muerte.

- Después de evidenciar las consecuencias por exposición a riesgos eléctricos, el aporte en la prevención de riesgos eléctricos al sistema de gestión de SSO es la aplicación de la jerarquía de controles, implementando controles de ingeniería de protección, mitigación, identificación y aislamiento; adicional a ello, es importante la capacitación y concientización de los trabajadores, especialmente los del control administrativo, y el uso de equipos de protección personal específicos para realizar ciertas tareas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por sus palabras y aliento incondicional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Carlos, C. y Campos, F. (2013). Diagnóstico y reacondicionamiento de instalaciones eléctricas en operación. *Electricidad. La revista energética de Nicaragua*, 3(9), 22.
- [2] Clavijo, R., Vera, V. y Landín, F. (2009). *Análisis de los riesgos y peligros de incendio en estaciones de transformación de energía y centro de control de motores*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- [3] Industrial Technology Suppliers, Inc. (2014). *Seguridad eléctrica alto voltaje en minería*. Ciudad de Panamá, Panamá: Industrial Technology Suppliers, Inc.
- [4] Institute of Electrical and Electronics Engineers (2002). *IEEE 1584-2002. Guide for performing arc flash calculations*. EE. UU.: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [5] López, J. (2003). *Programa en Microsoft Visual Basic 6.0 para el análisis de riesgos eléctricos en oficinas y centros de cómputo*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- [6] Ministerio de Energía y Minas (28 de julio de 2016). *Decreto Supremo n.º 024-2016-EM. Aprueban Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Recuperado de http://minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=1&idLegislacion=10221.
- [7] Merino, J. (27 de marzo de 2013). *Resolución Ministerial n.º 111-2013-MEM-DM. Aprueban Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad*. Recuperado de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Resol-111-2013-MEM-DM.pdf.
- [8] National Fire Protection Association (2012). *NFPA 70E. Standard for electrical safety in the workplace*. EE. UU.: National Fire Protection Association.
- [9] Niebel, B. y Freivalds A. (2009). *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México D. F., México: McGraw-Hill.
- [10] Rivadeneira, L. y Torres, V. (2010). *Análisis de fallas y control de protecciones como prevención de riesgos eléctricos*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- [11] Serrano, J. (2011). *Análisis de gestión de riesgos en el mantenimiento de un sistema eléctrico, caso de: una subestación de alta tensión*. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, México.
- [12] Sobrino, J. (2013) *Hábitos para la mejora continua*. Lima, Perú: Ojo Pródigo.
- [13] Trejo, J. (2013). *Comparación de la Norma NFPA 70E y la IEEE 1584-2002 para el análisis del arco eléctrico para el uso adecuado del equipo de protección personal*. (Tesis de grado). Instituto Politécnico Nacional, México.
- [14] Vásquez, R. (27 de marzo de 2017). La teoría de la causalidad de Frank Bird. *Prevenir.com*. Recuperado de <https://prevenir.com/2017/03/27/la-teoria-la-causalidad-frank-bird/>.