

ROPA DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP) CONTRA ARCO ELÉCTRICO, EXPOSICIÓN TÉRMICA POR FUEGO DE CORTA DURACIÓN Y EXPOSICIÓN A LLAMAS POR TRABAJOS CON ELECTRICIDAD.

AUTOR:

Jean Barrera Gilabert
Sección Elementos de Protección Personal

1. INTRODUCCIÓN.

Las entidades empleadoras de sectores como la generación eléctrica, la distribución de energía, la minería, entre otros, enfrentan riesgos asociados a trabajos realizados bajo tensión eléctrica. Estos riesgos están relacionados con la exposición a arcos eléctricos, exposición térmica por fuego de corta duración y, exposición a las llamas por diversas causas, los cuales pueden ocasionar lesiones, quemaduras e incluso la muerte. Debido a la peligrosidad de estas actividades, es fundamental priorizar las medidas de control para mitigar estos riesgos, aplicando controles ingenieriles y administrativos. Sin embargo, para aquellos riesgos residuales, el uso de Elementos de Protección Personal (EPP) en trabajos bajo tensión eléctrica se vuelve imprescindible.

En este contexto, es importante destacar que la certificación de los EPP diseñados específicamente para estos propósitos se convierte en una herramienta esencial para proteger a los trabajadores expuestos, puesto que controla la calidad de EPP en base al cumplimiento de normas técnicas y reglamentarias. todos, aspectos que deben ser considerados quienes fabrican, importan, comercializar y utilizan cuando ponen a disposición de las personas trabajadoras estas tecnologías de protección.

Considerando lo señalado, la presente nota técnica trata sobre a la ropa de protección utilizada por trabajadores expuestos a distintos riesgos derivados del trabajo con electricidad, señalando las principales normas técnicas en la materia, así como informar respecto de sus propósitos y alcance.

2. OBJETIVOS.

Describir los riesgos por exposición a arco eléctrico, fuego de corta duración y exposición a las llamas debido a trabajos con electricidad.

Señalar las principales normas técnicas por las cuales se certifican y registran los elementos de protección personal del tipo ropa de protección confeccionada contra exposición a arcos eléctricos, exposición térmica por fuego de corta duración y exposición a llamas generadas por trabajos bajo tensión eléctrica.

3. ALCANCE

La siguiente nota técnica se centra en aspectos técnicos asociados a ropa de protección utilizada por trabajadores expuestos a arco eléctrico, fuego de corta duración y exposición a llamas debido a trabajos bajo tensión eléctrica. Para esto, se consideran las siguientes normativas internacionales NFPA 2112, ASTM F1506, IEC 61482. Cabe señalar que, pueden existir otras normativas no incluidas en la presente nota técnica.

4. DEFINICIONES

ELIM (Incident Energy Limit) (Limite de Energía Incidente) = kJ/m2 (cal/cm2) Valor numérico de la energía incidente atribuida a un producto (material o ropa), por debajo del cual todas las respuestas del producto están por debajo de la curva de Stoll y sin apertura.

ATPV: (Arc Thermal Performance Value) = kJ/m2 (cal/cm2) Valor numérico de la energía incidente atribuida a un producto que describe sus propiedades térmicas de atenuación de un flujo de calor generado por un arco eléctrico.

EBT: (Breakopen Threshold Energy) = kJ/m2 (cal/cm2) Valor numérico de la energía incidente atribuida al producto que describe sus propiedades de ruptura cuando se expone a la energía térmica generada por un arco eléctrico.

Tiempo de la llama: Tiempo para el cual una llama en la muestra de prueba es visible después del final de la duración del arco eléctrico.

Resistencia a la llama: propiedades evidenciadas por materiales de ropa que cumplen con los requisitos limitados de propagación de la llama según IEC EN 61842-2.

Flujo de Calor: Intensidad térmica transmitida por un arco eléctrico indicado por la cantidad de transferencia de energía neta por unidad de superficie y tiempo.

Ignición: Inicio de la llama y la combustión.

Energía incidente: Energía térmica resultante de un arco eléctrico, recibida en un área de superficie unitaria a una distancia específica del arco eléctrico.

Respuesta del Material: Reacción del material a un arco eléctrico caracterizado por la ignición, el tiempo de combustión (tiempo de la llama), la apertura, la fusión, el goteo, la contracción, etc.

Ropa de Protección: Ropa que cubre o reemplaza la ropa personal, y que está diseñada para proporcionar protección contra uno o más peligros.

Curva de Stoll: Modelo empíricamente predicho de lesiones por quemaduras en la piel de segundo grado; La curva de Stoll define una relación entre la tasa de energía absorbida y la tolerancia de la piel humana.

Arco Abierto (Open Arc): "Ensayo de arco eléctrico"; Arco eléctrico entre dos electrodos opuestos verticalmente destinado a proporcionar una distribución homogénea de la energía emitida alrededor del eje formado por los electrodos y donde la energía emitida no se dirige por medio de restricciones físicas (por ejemplo, recinto, pared).

Clase de protección; APC: Categoría de protección térmica de arco de un material y/o producto ensayado de acuerdo con el ensayo de caja [APC1 o APC2).

5. DESARROLLO.

5.1. Riesgos por exposición a arco eléctrico, exposición térmica por fuego de corta duración y exposición a llamas por trabajos con electricidad.

El arco eléctrico es un fenómeno que ocurre cuando una corriente fluye a través del aire debido a una diferencia de potencial suficientemente grande entre dos partes activas de una instalación eléctrica. Esta diferencia, puede ser entre dos fases o entre una fase y tierra. Cuando el voltaje es lo suficientemente alto, ioniza el aire que las separa, permitiendo que la corriente pase, generando el arco eléctrico. Este fenómeno puede originarse tanto por fallos técnicos como por errores humanos en las instalaciones eléctricas o en sus cercanías.

Durante un arco eléctrico, se alcanzan temperaturas extremadamente altas, de hasta 20.000 °C, lo que provoca la vaporización de los materiales cercanos. Esta vaporización genera un aumento en el flujo de corriente y un incremento de la temperatura, creando el denominado plasma de arco. Este plasma es altamente reactivo debido a la ruptura de los enlaces químicos y el estado ionizado de los elementos involucrados.

Además de los efectos térmicos, el arco eléctrico también genera una alta presión que puede alcanzar entre 2 y 3 bares, lo cual puede destruir las instalaciones cercanas y causar daños físicos a las personas trabajadoras. Por parte de los riesgos higiénicos físicos, los niveles de sonido generados por la explosión pueden superar los 160 dB, lo que representa un riesgo para la audición. Asimismo, el arco eléctrico emite radiaciones electromagnéticas, principalmente en el espectro ultravioleta (UV) e infrarrojo (IR), que también deben ser considerados como peligros adicionales para los trabajadores. [Dominguez INSST, 2022]



Imagen N° 1:

Maniquí de ensayo con chaqueta expuesta a ensayo en caja.
Fuente: Guía para la selección de equipamiento de protección personal contra los efectos térmicos de un arco eléctrico, elaborada por la ISSA, 2da Edición, 2011.

El fuego repentino ocurre cuando se libera un gas inflamable o se genera una nube de partículas finamente divididas, como polvo de carbón o grano, en concentraciones superiores al límite inferior de explosividad. Cuando estas nubes de vapor o gas se encienden, el fuego se propaga rápidamente, creando una bola de fuego o un frente de llama impulsado por convección externa (como el viento). La energía térmica de la bola de fuego o el frente de llama se expande a gran velocidad, aumentando considerablemente el área de peligro. Este tipo de incendio puede generar una exposición térmica de corta duración, pero con un nivel de intensidad tal que las personas o equipos dentro del alcance del calor radiante pueden sufrir graves quemaduras o daños en cuestión de segundos.

Bajo el mismo contexto, la exposición térmica puede ocurrir por eventos relacionados con la rápida liberación de calor y la propagación de llamas intensas que, aunque de corta duración, son lo suficientemente potentes como para causar daños graves a personas trabajadoras, principalmente a aquellas con protección inadecuada. Los riesgos térmicos asocia-

dos a estos incendios son significativos, por tanto, requieren de ropa de protección adecuada que pueda resistir la exposición térmica y las llamas intensas durante el tiempo que dure el incidente, minimizando el riesgo de lesiones. [NFPA 2112:2023]

5.2. Consecuencias

La exposición a estos riesgos puede tener consecuencias mortales o graves, como quemaduras externas de segundo o tercer grado (Ver Figura N° 1), quemaduras internas en la garganta y pulmones por inhalación de gases calientes y metales vaporizados, daños auditivos por niveles elevados de ruido, daños oculares debido a la radiación UV e IR, y problemas de salud derivados de la inhalación de productos tóxicos como plásticos y metales vaporizados.

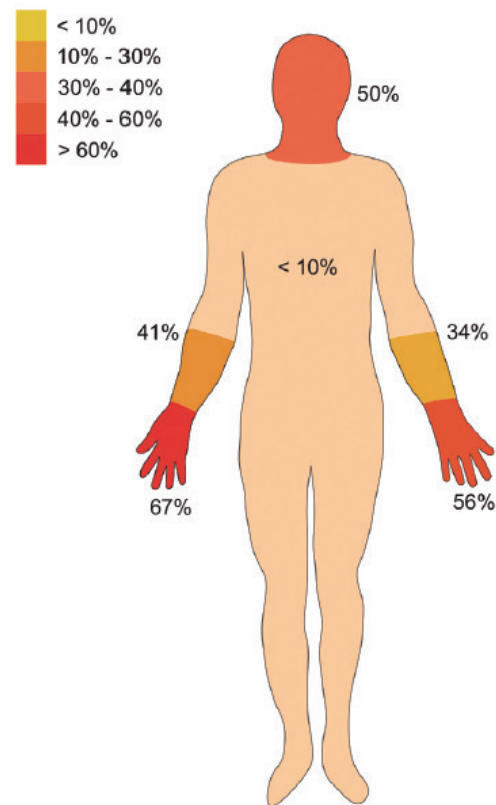


Figura N° 1:

Referencia de distribución de lesiones por exposición a un arco eléctrico, basada en un estudio realizado por el Instituto de Investigaciones de Accidentes Eléctricos (Alemania). Fuente: Guía para la selección de equipamiento de protección personal contra los efectos térmicos de un arco eléctrico, elaborada por la ISSA, 2da Edición, 2011.

5.3. Ropa de Protección

La ropa de protección contra exposición a arco eléctrico, exposición térmica por fuego de corta duración y llamas, tiene como propósito proteger a las personas trabajadoras de quemaduras graves, lesiones por presión, daños por radiación ultravioleta e infrarroja, y otros efectos peligrosos generados durante un incidente eléctrico.

Esta ropa, debe estar fabricada con materiales que tienen propiedades específicas que permitan resistir las altas temperaturas.

Actualmente, la ropa de protección debe cumplir con normativas y estándares internacionales. En el Registro de Fabricantes e Importadores de Elementos de Protección Personal del ISP, son frecuentes los EPP que cumplen con estándares americanos como ASTM F1506 y NFPA 2112 y, europeos como la normativa técnica IEC 61482, en sus distintas partes. Con todo, los productos certificados bajo estas normativas ofrecen el nivel adecuado de protección (en sus respectivos alcances y limitaciones).

5.4. Normativas Técnicas

5.4.1. NFPA 2112 (National Fire Protection Association) Standard on Flame-Resistant Clothing for Protection of Industrial Personnel Against of Industrial Personnel Against Short-Duration Thermal Exposures from Fire (Edition 2023)

Esta norma americana proporciona requisitos mínimos para el diseño, construcción, evaluación y de certificación de prendas resistentes a las llamas. La normativa también se refiere a otras prendas como, por ejemplo: capuchas y cubiertas faciales de protección, utilizadas por una persona trabajadora.

Esta normativa, tiene como propósito proteger contra una lesión por quemaduras proporcionando un grado de protección a la persona y reducir la gravedad de las lesiones por quemaduras resultantes durante la salida o la exposición accidental térmica de corta duración fuego.

Además, esta norma plantea lineamientos específicos para la elaboración de trajes que protejan

a la persona trabajadora frente a posibles lesiones que generen quemaduras de segundo y tercer grado, ocasionadas por la aparición de fuego de forma repentina.

Cabe señalar que este estándar no cubre ropa de protección para extinción de incendios forestales, rescate técnico, extinción de incendios estructurales, extinción de incendios de proximidad o cualquier otra operación de extinción de incendios o emergencias con materiales peligrosos.

El marcado para estos EPP, conforme la normativa NPFA 2112 (2023) señala que la ropa debe contar con un etiquetado visible y permanentemente. El idioma exigido por normativa debe ser el inglés, sin embargo, se permite información en un idioma complementario. El etiquetado incluye:

- Información sobre la certificación de la vestimenta conforme a la norma NFPA 2112 e identificando a la entidad certificadora.
- Símbolos y otras representaciones pictóricas se permiten que complementen las declaraciones expresadas.
- Para esta versión de la norma, la etiqueta debe poseer declaraciones como:
 - "THIS CLOTHING ITEM MEET THE REQUIREMENTS OF NFPA 2112-2023".
 - "DO NOT REMOVE".
- Información relativa a modelo, número o diseño de la prenda, nombre del fabricante o identificación, dirección fabricante, país de fabricación, número de identificación de la prenda del fabricante, número de lote o número de serie, talla, información relativa a los materiales.

5.4.2. ASTM F1506 (American Society for Testing and Materials) Standard Performance Specification for Flame Resistant and Electric Arc Rated Protective Clothing Worn by Workers Exposed to Flames and Electric Arcs

Entre el alcance señalado por la normativa ASTM F1506 en su versión 2022, especifica que esta establece los requisitos mínimos de desempeño para determinar

- a. La calificación del arco de los tejidos;
- b. Resistencia a la llama de los tejidos y subconjuntos;
- c. La durabilidad mecánica de los tejidos y subconjuntos;
- d. Los requisitos mínimos de construcción y desempeño de la prenda; y
- e. Los requisitos de etiquetado de la prenda para la ropa de protección completa usada por los trabajadores expuestos a llamas y arcos eléctricos.

Respecto a este último literal, la norma señala que el etiquetado tiene como propósito entregar al usuario final (persona trabajadora) la información necesaria para la selección de la prenda. También, como ocurre con la adopción de cualquier medida de control de riesgo, la norma indica la necesidad de realizar la evaluación de riesgos respectiva.

De esta forma, la normativa define los criterios de rendimiento y pruebas que deben superar los tejidos y subconjuntos y prendas para garantizar que ofrecen protección frente a arcos eléctricos, estableciendo claramente, la exigencia de un nivel de protección térmica (ATPV) y (EBT) mínimo para la ropa, asegurando de esta forma, que la prenda puede resistir la exposición a temperaturas extremas generadas por un arco eléctrico.

Cuando se evalúe la ropa de protección de acuerdo con los procedimientos de prueba que se establecen en este documento, las telas deben cumplir con los valores especificados individualmente de las siguientes propiedades: solidez del color (como cambio de tono de lavado, cambio de tono de limpieza en seco y cambio dimensional); características iniciales de inflamabilidad y características de inflamabilidad después de 25 lavados/limpieza en seco (como la duración de la carbonización y el tiempo de post llama); y clasificación de la prueba de arco.

El marcado para estos EPP, conforme la normativa ASTM F1506 (versión 2022) señala que la ropa debe etiquetarse. El etiquetado incluye la siguiente información:

- a. Indicación sobre el cumplimiento de esta normativa.

- b. Identificación del fabricante. La prenda debe tener una etiqueta que indique el nombre o la marca del fabricante.
- c. La identificación del tejido debe estar claramente indicado en la etiqueta.
- d. Código de seguimiento o identificación de la prenda.
- e. Tamaño (talla) de la prenda e información sobre cuidado y contenido de fibra.
- f. Informar nivel de protección ya sea calificación ATPV (Arc Thermal Performance Value) o calificación EBT (Breakopen Threshold Energy) representativa de los materiales de construcción.

5.4.3. IEC 61482-1-1:2019. Métodos de ensayo - Método 1: Determinación de la clasificación del arco eléctrico (ELIM, ATPV y/o EBT) de los materiales de la ropa y de la ropa de protección mediante un arco abierto

Esta Norma internacional, especifica los procedimientos y métodos de ensayo para determinar la característica de arco de los materiales y prendas de vestir resistentes a la llama, o conjuntos de prendas destinados a ser usados en ropa para personas trabajadoras, si existe un riesgo de arco eléctrico. Se utiliza un arco abierto en condiciones controladas de laboratorio para determinar los valores de ELIM, ATPV o EBT de materiales, prendas o conjuntos de prendas.

NOTAS:

- El usuario puede, si lo desea, clasificar el rendimiento de protección del arco dentro de los niveles de protección de la característica del arco basados en valores ELIM, ATPV y/o EBT que se correspondan mejor con los diferentes niveles de peligro y riesgo que puedan resultar de su propio análisis de riesgo.
- Este documento no está dedicado a clasificar el rendimiento de protección de arco del material y la ropa en clases de protección de arco. Los procedimientos que determinan estas clases de protección de arco APC1 y APC2 se especifican en la Norma IEC 61482-1-2, que utiliza un arco restringido para los ensayos.

- Este método de ensayo no está destinado y no es apropiado para evaluar si los materiales o las prendas son resistentes al fuego o no, ya que esto está cubierto en la Norma IEC 61482-2.

Es importante mencionar que esta norma cubre los efectos térmicos de un arco eléctrico, pero no otros efectos del arco como ruido, emisiones de luz, aumento de presión, calentamiento de aceite, descargas eléctricas, consecuencias de shocks físicos y mentales o influencias tóxicas.

Es importante señalar que el enfoque de esta norma es muy específico para el arco eléctrico¹ y está alineado con la protección térmica que establece la norma estadounidense como ASTM F1506.

5.4.4. IEC 61482-1-2:2014 Métodos de ensayo - Método 2: Determinación de la clase de protección contra el arco del material y la ropa mediante el uso de un arco restringido y dirigido (prueba de caja)

Esta parte de la Norma IEC 61482 especifica procedimientos destinados a ensayar materiales y prendas de vestir resistentes al calor y a las llamas utilizados por las personas trabajadoras cuando hay un riesgo de arco eléctrico. Se utiliza un arco eléctrico dirigido y limitado en un circuito de ensayo para clasificar el material y la ropa en dos clases de protección contra el arco², las cuales se presentan a continuación:

- a. Clase 1 (APC 1 “Arc Performance Class 1”)
- b. Clase 2 (APC 2 “Arc Performance Class 2”)

Esta norma internacional no está dedicada a medir los valores de clasificación de arco (ATPV, ELIM o EBT), ya que los procedimientos que determinan estos valores de clasificación de arco se prescriben en la Norma IEC 61482-1-1, usando un arco abierto para la prueba.

1 La ropa protectora para trabajos que usan intencionalmente un arco eléctrico, como la soldadura por arco o antorcha de plasma, no está cubierta por este documento

2 La elección de una clase u otra dependerá de las condiciones del ensayo y los resultados obtenidos, lo que es esencial para garantizar una protección adecuada en situaciones reales de exposición a arcos eléctricos

Es importante mencionar que no están cubiertos por esta norma otros efectos del arco eléctrico además de los efectos térmicos, como ruido, emisiones de luz, aumento de la presión, aceite caliente, descargas eléctricas, consecuencias físicas y mentales del choque o influencias tóxicas, como a su vez también aquella ropa de protección que utiliza intencionalmente un arco eléctrico (por ejemplo, soldadura de arco o antorcha de plasma).

5.4.5. IEC 61482-2:2018, Ropa de protección contra los riesgos térmicos de un arco eléctrico - Parte 2: Requisitos

Esta parte de la Norma IEC 61482, consiste en el establecimiento de métodos de ensayo aplicables a los materiales y prendas de la ropa de protección utilizada en trabajos donde exista el riesgo de exposición a arco eléctrico³.

Esta normativa cubre los efectos térmicos de un arco eléctrico. Pero no otros efectos como ruido, emisiones de luz, aumento de presión, aceite caliente, descarga eléctrica, consecuencias del shock físico y mental o influencias tóxicas. Además, el documento no cubre la protección de ojos, cara, cabeza, manos y pies contra el peligro de arco eléctrico.

NOTA: Se están desarrollando requisitos y ensayos para cubrir los peligros de arco eléctrico en estas partes del cuerpo.

Por último, al igual que las normativas anteriores, esta norma no cubre la ropa de protección para trabajos que utilicen intencionadamente un arco eléctrico, como la soldadura por arco o el soplete de plasma.

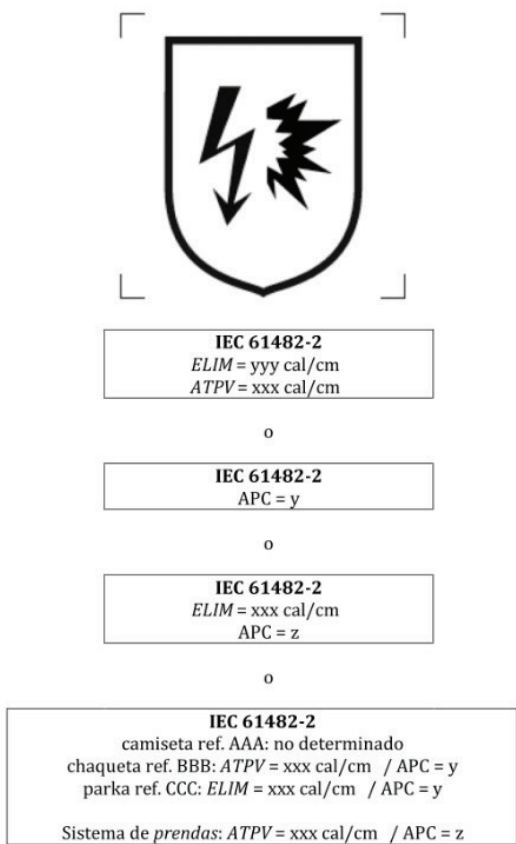
Respecto al marcado para estos EPP, conforme la normativa **IEC 61482-2: (Versión 2018)**, se señala que la ropa debe estar marcada al menos con la información que se describe en el Capítulo A.1. Además, debe cumplir con los requisitos generales de marcado de la Norma ISO 13688.

Dicho lo anterior, cada prenda o sistema de prendas que cumplan con la normativa mencionada debe

3 El riesgo de descarga eléctrica no está cubierto por este documento, que es aplicable en combinación con las normas que cubren dichos riesgos

poseer una etiqueta de marcado que deberá contener al menos los siguientes elementos:

- a. Nombre, marca comercial u otro medio de identificación del fabricante o de su representante autorizado
- b. Designación del tipo de producto, nombre comercial o código
- c. Designación de tamaño de acuerdo con el capítulo 6 de la norma ISO 13688:2013
- d. Etiquetado de cuidados según normas ISO 3758 y/o ISO 30023
- e. Símbolo IEC 60417-6353:2016-02- Protección contra el efecto térmico del arco eléctrico - y, junto al símbolo, el número de la norma IEC correspondiente (IEC 61482-2) y la protección térmica del arco en forma de característica de arco (ELIM y/o el valor más bajo de APTV o EBT) y/o clase de protección de arco (APC1 o APC2)



Ropa de protección contra los riesgos térmicos por arco eléctrico
Fuente: IEC 61482-2:2018,

NOTA: El marcado de un sistema de prendas debe mencionar cada elemento del sistema, identificado por código de referencia claro y, si se determina, la protección térmica del arco obtenida, así como las características de arco y/o la clase de protección de arco de todo el sistema de prendas

6. CONCLUSIÓN

Puesto que en la actualidad no existen entidades de certificación nacionales autorizadas por el ISP, prestadoras de los servicios de control y certificación para estos productos, es aplicable la validación de la certificación extranjera que obtienen estas tecnologías de protección en el extranjero a través del mecanismo del Registro de Fabricantes e Importadores de Elementos de Protección Personal. En función de lo anterior, la ropa de protección contra riesgos por exposición a arco eléctrico, exposición térmica por fuego de corta duración y exposición a llamas por trabajos con electricidad deben cumplir requerimientos internacionales en la materia, como las normativas NFPA 2112 y ASTM F1506, IEC 61482-1-1, IEC 61482-1-2 y IEC 61482-2; todas normativas en sus propósitos y alcances respectivos.

En este contexto, el Registro de Fabricantes e Importadores (RFI) administrado por el Instituto de Salud Pública de Chile es esencial puesto que su propósito es validar en el país la certificación otorgada por Organismos de Certificación. Esto permite que, en el país, las empresas comercializadoras pongan a disposición de la población trabajadora, de acuerdo con la reglamentación, EPP de calidad certificada.

Con todo, también es fundamental que las entidades empleadoras usuarias de estos productos se instruyan y capaciten a sus trabajadores en la materia, conociendo las normativas aplicables, entendiendo sus alcances y, revisando la información técnica que acompaña el EPP como, por ejemplo, estatus de certificación del EPP, la información presente en el empaque del producto, etiquetado del producto e información contenida en los folletos informativos. Además, es importante destacar que, si bien la certificación de los EPP es fundamental, también lo es la gestión de los EPP en la empresa; incluyendo capacitación en la selección, uso y todo lo que esta

materia conlleva, para dar una protección apropiada frente a los riesgos ya descritos dado que, el solo el hecho de que el producto se encuentre certificado, no implica necesariamente que la medida sea efectiva. Toda esta información es indispensable para una correcta implementación de esta medida de control de riesgo en la entidad empleadora.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Guía para la protección de equipamiento de protección personal contra los efectos térmicos de un arco eléctrico - Edición 2011 – ISSA; International Social Security Association – (ISBN 978-3-937824-10-9).
- Equipos de Protección Personal Individual frente al arco eléctrico: principales novedades normativas – José María Domínguez Chamorro – Centro Nacional de Medios de Protección. INSST – 2022.
- NFPA 2112 (National Fire Protection Association) Standard on Flame-Resistant Clothing for Protection of Industrial Personnel Against of Industrial Personnel Against Short-Duration Thermal Exposures from Fire 2023.
- ASTM F1506 (American Society for Testing and Materials) Standard Performance Specification for Flame Resistant and Electric Arc Rated Protective Clothing Worn by Workers Exposed to Flames and Electric Arcs.
- ASTM F1959 (Standard Test Method for Determining the Arc Rating of Materials for Clothing) Standard Test Method for Determining the Arc Rating of Materials for Clothing.
- IEC 61482-1-1:2019 Métodos de ensayo - Método 1: Determinación de la clasificación del arco eléctrico (ELIM, ATPV y/o EBT) de los materiales de la ropa y de la ropa de protección mediante un arco abierto.
- IEC 61482-1-2:2014 Métodos de ensayo - Método 2: Determinación de la clase de protección contra el arco del material y la ropa mediante el uso de un arco restringido y dirigido (prueba de caja).
- IEC 61482-2:2018, Ropa de protección contra los riesgos térmicos de un arco eléctrico - Parte 2: Requisitos.