

## Seguridad laboral - Ropa de protección ante el fuego repentino y el arco eléctrico - nuevos ensayos

autor: Ing. Nicolas Minguez – [cenbasdobrasil@msn.com](mailto:cenbasdobrasil@msn.com)

### Sinopsis

A menudo los trabajadores de diferentes áreas de operación y mantenimiento están expuestas a riesgos que pueden causar lesiones graves o incluso llevar a la muerte. Entre los casos que surten mayor impacto debido a la letalidad, o las consecuencias, que conducen a que el empleado tenga un accidente así son el **arco eléctrico** o **fuego repentino**, este último también conocido como *flash fire*.

En las industrias petrolera, del gas, química y petroquímica, la amenaza de las exposiciones al fuego repentino, ha hecho necesario el uso de ropa ignífuga

Por lo tanto, la demanda de ropa de protección con un mayor poder ignífugo (a prueba de fuego) y de aislamiento térmico, muy mencionadas en el mercado como prendas (FR -resistente al fuego), se convirtió en algo normal, en vista que el contacto de ropa común con un arco eléctrico, chispa, calor o salpicaduras de metal puede ser el comienzo de una quemadura que se propaga incluso después de la extinción de la causa inicial, ampliando aún más las consecuencias del accidente.

La norma NFPA 2112, determina los requisitos mínimos de evaluación, ensayos y la aprobación de la prenda ya terminada (después de la confección). El cumplimiento de la NFPA 2112, en relación al fuego repentino, debe ser probada por los informes de las pruebas de acuerdo con la norma ASTM F 1930 y ASTM D 6413

La exposición al fuego, para la prueba NFPA 2112, se fija en 3 segundos en quemaduras de menos del 50% del cuerpo de acuerdo con las normas. La ropa protectora secundaria se diseña para proporcionar al trabajador **“un tiempo de escape de unos segundos”**

En el periodo 2006-2012, donde el precio del petróleo permitió inversiones en este campo, el Brasil creó un sistema de ensayos de ropas de protección contra el fuego repentino y el arco eléctrico que permiten hoy en día a cualquier confección de ropa de trabajo, y a los usuarios también, verificar la protección que se les da a los trabajadores.

Los laboratorios de la Universidad de San Pablo (USP) y del SENAI-Cetiqt en Rio de Janeiro, entidades sin fin de lucro, comenzaron en 2015 a ejecutar estos ensayos, por solicitud de diversas petroleras, con resultados sorprendentes.

Nuevas fibras sintéticas y el algodón revestido tienen características diferentes. ¿Cómo seleccionarla? Cuidados con el mantenimiento.

### Introducción

Este trabajo técnico va dirigido a aquellos que trabajan en locales con presencia de productos peligrosos sean ellos provocadas por gases y vapores de líquidos inflamables, por polvos combustibles como aluminio, harinas de trigo, soja, maíz, fibras de madera, nylon, que ante una eventual explosión o incendio pueden prender fuego la ropa o en circuitos eléctricos energizados donde la energía incidente generada por un corto-circuito puede provocar quemaduras en la piel.

La mayoría de los prestadores de servicio en estas áreas no preservan bien sus uniformes y es de responsabilidad de la empresa que los contrata cuidar por su seguridad.

Sepa cual documento usted puede pedir antes de decidir una contratación.

Evite contratar empresas cuyos funcionarios no utilicen la ropa de trabajo adecuada evitando de esta forma responsabilidades desnecesarias.

## Desarrollo

### 1) Riesgos en el Trabajo

Las actividades desarrolladas en la industria del Petróleo y gas presenta diversos riesgos para los operadores por la característica de manipular sustancias peligrosas. Estos riesgos están declarados en las hojas de seguridad de los productos (MSDS) y por su característica de inflamabilidad también traen junto el riesgo de incendio por lo tanto su cuerpo corre el riesgo térmico de sufrir quemaduras en caso de incendio. A pesar de las diversas medidas de protección utilizadas para evitar el contacto con estos productos sea por su almacenamiento en recipientes cerrados como el proceso en locales herméticos y las distancias de protección respetadas, precisamos utilizar como último recurso un equipo de protección personal que sea la última barrera para que el producto y sus consecuencias (incendio) lleguen hasta el cuerpo de los funcionarios. No cabe duda de que la mejor manera de prevenir los accidentes de trabajo es eliminar los riesgos o controlarlos lo más cerca posible de su fuente de origen. Cuando esto no es factible, debe ser necesario facilitar al trabajador, algún tipo de elemento de protección personal. Por lo tanto el equipo o elemento de protección personal debe ser utilizado sólo cuando las condiciones lo requieran, cuidando

de optar por aquellos que cubran nuestras necesidades de uso sin elegir al azar.



En el Brasil el órgano mayor de reglamentación sobre la seguridad en el trabajo es el Ministerio de Trabajo y Empleo (MTE) que por intermedio de la Secretaría de Inspección y del Departamento de Seguridad y Salud en el Trabajo normalizan y fiscalizan las prácticas sobre salud y seguridad en el trabajo en todo el territorio brasileño.

Desde 1978 la Norma Reglamentadora Nº 6 del MTE estableció las exigencias legales para los Equipos de Protección Personal (EPP) teniendo como objetivo la

protección de los trabajadores contra los riesgos susceptibles de amenazar la seguridad y salud en el trabajo.

Es importante resaltar que el uso de EPP's no asegura la protección total del trabajador, con todo, en la mayoría de los casos, minimiza los daños causados por eventuales accidentes o exposiciones insalubres prolongadas, siendo, por consiguiente un factor diferencial de extrema importancia para la vida en un ambiente de trabajo.

Entre los EPP recomendados están:

- Protección a la Cabeza (cráneo)
- Protección de Ojos y Cara
- Protección a los Oídos
- Protección de las Vías Respiratorias
- Protección de Manos y Brazos
- Protección de Pies y Piernas
- Cinturones de Seguridad para trabajo en Altura
- Ropa de Trabajo
- Ropa Protectora

En el Brasil los EPP's no pueden ser utilizados, ni comercializados, simplemente por ser EPP's. Sea de origen nacional o importado es necesario que reciba una aprobación del Ministerio de Trabajo y Empleo (MTE) que se denomina CA (Certificado de Aprobación). Con este procedimiento, el Ministerio de Trabajo se asegura de permitir que sean utilizados apenas EPP que han tenido algún ensayo de desempeño atendiendo a las normas técnicas vigentes.

Y estos ensayos deberán ser realizados en laboratorios acreditados por el MTE, sean dentro o fuera del país. Existiendo laboratorio en territorio brasileño tiene exclusividad sobre un determinado ensayo. Dentro de los EPP's recomendados tenemos la Ropa de Trabajo en general y la Ropa Protectora para riesgos específicos.

Las Ropas de Trabajo generalmente están asociadas a los uniformes. Los uniformes son un determinado padrón de vestuario usado por miembros de una organización en el sentido de crear una padronización, sin necesariamente darle protección a algún riesgo específico al usuario.

La Ropa Protectora precisa definir claramente el riesgo del que pretende ser su última barrera, como fue realizado el cálculo de ese riesgo de acuerdo a la función del usuario, la debida orientación al usuario sobre su uso y mantenimiento y la periodicidad de su cambio cuando ya no sea eficiente.

Y además los trabajadores deben conocer los riesgos a los que se encuentran sometidos. Como dice la Organización Internacional del Trabajo (OIT), *“Todo trabajador tiene el derecho de conocer los riesgos que corre en el ejercicio de su función”*.

Veamos los riesgos que pretendemos asociar a estas ropas.

## 2) Riesgo Eléctrico – Arco eléctrico

Todos los trabajadores que se encuentren cerca de una instalación eléctricamente energizada tienen riesgo eléctrico. El Riesgo Eléctrico es un riesgo cognitivo, o sea solo se controla con el conocimiento, y no todos tienen esa preparación o capacitación específica., por lo tanto precisamos tener cuidados especiales con aquellos trabajadores que sin tener conocimiento eléctrico trabajan en las cercanías de estas instalaciones.

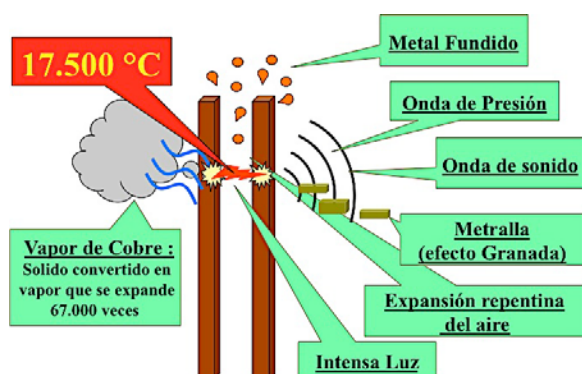
Y dentro de los riesgos eléctricos encontramos principalmente a los riesgos de electrocución y a los riesgos del arco eléctrico .



Los riesgos de electrocución se tratan con materiales aislantes de contacto directo (guantes aislantes, alfombras, suelas dieléctricas, etc) en baja tensión (hasta 1000 Volt), con materiales aislantes de contacto indirecto (pertigas, protectores, etc.) en tensiones hasta 33000 Volt y con materiales conductores al potencial existente en tensiones arriba de 33000 Volt.

Los riesgos al arco eléctrico son aquellos a los que son sometidos los trabajadores que se encuentren a una determinada distancia de un punto eléctricamente energizado y que en la eventual situación de un arco eléctrico podrán sufrir las consecuencias de él por estar el punto energizado en la línea directa libre hacia el funcionario.

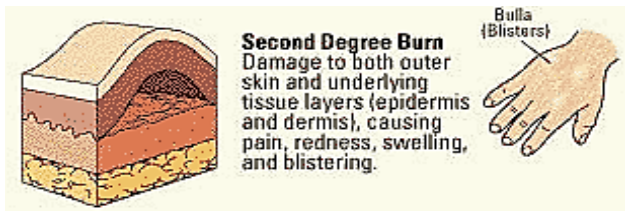
## 3) Arco eléctrico – consecuencias



Cuando un arco eléctrico sucede existen diversos efectos en un mismo momento. Por un lado una intensa luz generada por la chispa provocada, por otro una onda de choque provocada por la expansión repentina del aire alrededor del local del arco así como un estruendo sonoro, el material en el punto que sufrió el corto-circuito se funde, parte llega a vaporizarse y partículas incandescentes son desprendidas en un efecto de “ametralladora”. Y además de la onda de presión, como en toda explosión, hay una onda de temperatura que puede llegar a los 17.500 °C.

Por lo tanto aquellos funcionarios que se encuentren a una determinada distancia de un punto eléctrico energizado y que puedan recibir los efectos de este arco eléctrico deberán estar protegidos ante sus consecuencias. Es así que precisamos definir cuáles son las distancias de protección para trabajar sin la necesidad de utilizar estas ropas.

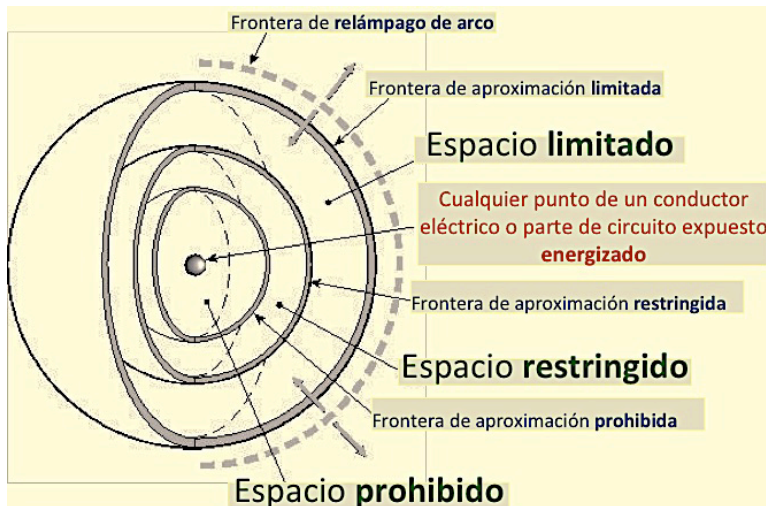
La Organización Mundial de la Salud (OMS) determina el grado de quemadura de la piel humana por una escala de primer grado, segundo grado y tercer grado dependiendo de las capas de tejido humano que son afectados. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) recomienda que se proteja a los trabajadores para que los efectos de la temperatura no provoquen una quemadura mayor que la de segundo grado.



Una quemadura de **segundo grado** implica la quemadura de la primera y segunda capa de piel. La piel se pone intensamente roja y forma ampollas. Hay dolores severos e hinchazones y se presenta la posibilidad de infección.

**LIMITE de 1,2 cal/cm<sup>2</sup>**

Por lo tanto precisamos garantizar que los trabajadores trabajen protegidos, sea porque se encuentren a una distancia tal que la energía incidente en ese lugar, a esa distancia, sea inofensiva (no supere los 1,2 cal/cm<sup>2</sup> recomendados) o sea que están protegidos por algún tipo de vestimenta.



Para el primer caso se calcula, de acuerdo a la norma IEEE 1485 lo que se denomina “Frontera de relámpago de arco” así descrito en la norma de seguridad eléctrica NFPA 70E . Y allí los técnicos de seguridad de la empresa colocarán una barrera de conos y cintas indicando que se está trabajando en un local energizado y con puntos accesibles y en caso de un arco eléctrico la energía incidente llegará a esa posición con el límite permisible de 1,2 cal/cm<sup>2</sup>.



Para el segundo caso, de proteger al operario, se precisa verificar, a partir de ese cálculo, cuál será la energía incidente al cuerpo de la persona en el caso de un corto-circuito y, como la energía es inversamente proporcional a la distancia, la energía real a la distancia prevista de operación. Una vez verificados estos valores se deberá seleccionar los EPP's adecuados (ropa, balaclava o capucha, y guantes). Esto es válido para todas las personas que trabajan en industrias, concesionarias de servicios eléctricos y demás personas que intervengan en circuitos que no han podido ser des-energizados y precisan de protección.

En el Brasil, desde la edición de la Norma Reglamentadora N° 10 del Ministerio de Trabajo en el 2004, es obligatoria la protección de las personas que trabajan en circuitos energizados. La forma de cálculo permite definir, principalmente, el índice ATPV (Arc Thermal Performance Value) definido e incorporado a la norma americana ASTM F1506 en el año 1999.

ATPV es el valor máximo de la energía incidente sobre el tejido sin permitir que la energía en el lado del cuerpo de la persona (interior protegido) exceda el valor límite de quemadura de segundo grado, o sea que no pase de los 1,2 cal/cm<sup>2</sup> (o 5 Joules por cm<sup>2</sup>) y no entre en combustión. O dicho de otra forma es el “Valor de Protección Térmica” de una ropa sin permitir que se queme más del 50% del cuerpo.

Este valor es medido por tests específicos exponiendo el material a los arcos eléctricos en diferentes condiciones de corriente y tiempo de exposición. En algunos casos, no es posible medir esta energía debido a la carbonización del tejido.



| Riesgo   | Categoría del Riesgo | Energía Incidente (cal/cm2) | ATPV mínimo (cal/cm2) |
|----------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Mínimo   | 0                    | hasta 1,2                   | no aplicable          |
| Bajo     | 1                    | 1,2 - 4                     | 4                     |
| Medio    | 2                    | 4,1 - 8                     | 8                     |
| Alto     | 3                    | 8,1 - 25                    | 25                    |
| Muy Alto | 4                    | 25,1 - 40                   | 40                    |

En esta situación es utilizado un valor denominado EBT (Breakopen Threshold Energy), que es el valor medio de los 5 valores máximos de energía incidente que no provoca el "break open" del tejido, o sea, el material carbonizado no presenta apertura en la camada interna (próximo a la parte protegida) mayor de que 0,5 pulgada<sup>2</sup> en área o rajadura mayor de que 1 pulgada de largo. Actualmente existen 3 normas para testes de tejidos y ropas para protección contra quemaduras por

arcos eléctricos, la ASTM-F 1959/F1959M-1999, IEC-61482-1 y CENELEC ENV 50354:2000 de la comunidad europea.

Tanto la ASTM como la IEC, establecen criterios de test y análisis para establecer cuantitativamente la característica térmica del material y el desempeño de protección con determinación del ATPV o EBT así permitiendo comparar el desempeño de diferentes materiales de protección y escoger la protección mas adecuada para el nivel de riesgo existente en el local de trabajo.

La norma CENELEC establece criterio de test cualitativo definiendo la corriente y el tiempo del arco admisible, sin medición de la energía, y verifica si el material pasó o no paso en el test dentro de los parámetros establecidos através de la inspección visual y tiempo de combustión del material. Existen 2 niveles de test controlando la corriente en los electrodos y con el tiempo definido de 500 ms:

Clase 1 - 4 kA, 500 ms y

Clase 2 - 7 kA, 500 ms

Esta Clasificación es la vigente en Argentina de acuerdo a la norma técnica IRAM 3904. Esta norma fue escrita en 2001 en forma experimental . Ha sido traducida en base a la norma inglesa BS ENV 50354/2001 que desde 2008 ha sido anulada y reemplazada por la UNE-EN 61482-1-2:2008 bajo el título :*Trabajos en tensión. Ropa de protección contra los peligros térmicos de un arco eléctrico. Parte 1-2: Métodos de ensayo. Método 2: Determinación de la clase de protección contra el arco de los materiales y la ropa por medio de un arco dirigido y constreñido (caja de ensayo).* (IEC 61482-1-2:2007).

Pero hasta el momento IRAM no la ha actualizado

Por lo tanto este analisis del riesgo eléctrico considera una energia muy alta liberada en forma instantanea provocando temperaturas muy elevadas en cortos espacios de tiempo.

Es importante destacar que, tanto el tejido plano o de malla, asi como la pieza confeccionada, deben pasar por los ensayos de conformidad para el arco eléctrico, obteniendo los valores finales de ATPV para esa pieza confeccionada. O sea que los proveedores de tejidos y las confecciones deben realizar individualmente estos ensayos con los costos de cada caso.. Esto es así porque muchas veces el tejido puede ser apropiado al riesgo pero no garantiza que la pieza despues confeccionada lo será. El modelo, los accesorios, las lineas de costura y el montaje de la pieza pueden presentar puntos débiles, componentes combustibles o fallas de proyecto, haciendo con la ropa de protección final no sea efectiva.

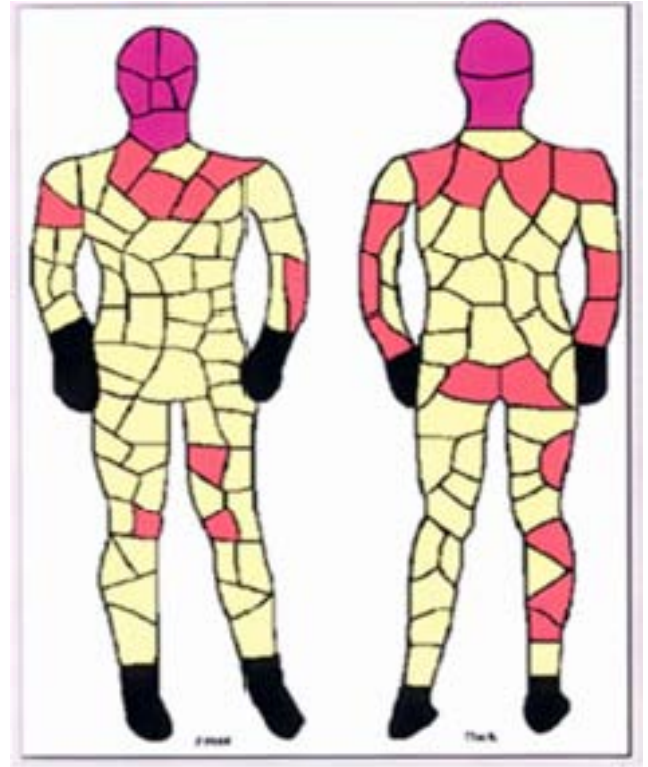
#### 4) Riesgo Térmico – Fuego repentino

En los casos de los trabajadores que manipulan productos inflamables es considerada la probabilidad de derrame de estos productos y, ante una fuente de ignición, las consecuencias de su inflamación.

El incendio de los productos inflamables puede provocar temperaturas elevadas y este riesgo se denomina Riesgo Térmico. Se lo tratará como un efecto de Fuego Repentino y sus tejidos deberán ser del tipo FR (Flame o Fire Resistant), o resistentes al fuego. Este riesgo es inherente a las actividade del sector de Petroleo y Gas y es uno de los requisitos mas solicitados.

#### 5) Fuego repentino –

Existe en USA un programa de certificación de ropas resistentes al fuego repentino definido por la norma NFPA 2112 que determina los requisitos mínimos para evaluar, ensayar y aprobar la ropa pronta, de acuerdo al modelo y las medidas pre-establecidas. Los informes finales de los ensayos se deberán realizar de acuerdo a lo establecido en las normas ASTM F 1930 y ASTM D 6413.



La ASTM F 1930 es un método de ensayo que proporciona una evaluación del desempeño de una ropa contra el fuego repentino utilizando un maniquí instrumentado vestido con la ropa pronta de acuerdo al modelo y medidas Pre-establecidas. Este maniquí posee mas de 100 sensores internos que detectan, por medio e la temperatura, el porcentaje de quemadura y el local donde ocurren.

Por otro lado la ASTM D 6413, *Standard Test Method for Flame resistance of Textiles*, es un método de ensayo que evalua y describe la respuesta del material textil al calor y a la llama bajo condiciones de laboratorio controladas. El ensayo es realizado en el sentido de la trama del tejido donde la muestra es posicionada en el sentido vertical sobre una llama controlada y expuesta durante un periodo de tiempo específico . Despues de ese tiempo la llama es retirada. La NFPA 2112 establece el límite de carbonización de 102 mm sobre el tejido y un tiempo de extinción del fuego, despues de retirada la fuente de calor, de 2 segundos. En este método pueden ser evaluadas muestras textiles con accesorios que puedan ser parte de la ropa como fajas reflexivas.

El riesgo de Fuego Repentino es un riesgo térmico de menor intensidad que el arco eléctrico pero de mayor duración (2-3 segundos) . Se presume que este es el tiempo en el que una persona, sintiendo el calor de la llama, conseguiría retirarse del lugar.

Por lo tanto es un riesgo térmico, al igual que el del arco eléctrico, pero de diferentes características. El tejido puede ser el mismo pero los ensayos son diferentes porque los riesgos son diferentes.

#### 6) Composición de los tejidos

Por lo anteriormente dicho es evidente que los tejidos poseen características específicas de protección. Para asegurar esa protección la tecnología envuelta en su proceso de fabricación impone el empleo de tejidos con espesura (gramatura) superior a los tejidos normales a pesar de que esto sea siempre motivo de estudio y evolución.

La gramatura media de los tejidos para protección al arco eléctrico y fuego repentino varían entre 170 gramos/metro<sup>2</sup> y 330 g/m<sup>2</sup>.

Estas gramaturas mas altas, propias de arcos eléctricos de mayor intensidad de la energía incidente, provocan incomodidades en el usuario y atentan contra su correcto uso.

Este tema es de crucial importancia cuando se trata de EPP porque las incomodidades en su uso deben ser evitadas.

En las nuevas tecnologías el uso de materiales sintéticos viene generando resultados animadores en relación a su desempeño contra la temperatura, pero precisamos prestar atención a esas incomodidades generadas por el uso de tejidos que “respiran” poco.

Los avances tecnológicos en el segmento de beneficiamiento químico permitieron, en los últimos años, el tratamiento de fibras y/o tejidos de algodón por medio de la polimerización de las fibras con agentes ignífugos manteniendo sus características de protección durante toda la vida útil del producto desde que se siga las orientaciones del fabricante en relación al mantenimiento de la pieza.

Esta tecnología esta haciendo con que el algodón, un material totalmente desfavorable a la aplicación contra el arco eléctrico y el fuego repentino debido a su facilidad de combustión, conquiste cada vez mas el mercad de EPP's.

Los tejidos que hoy en dia se utilizan para confección de ropas de protección para arco eléctrico, fuego repentino y cortes mecánicos , son:

- a) Algodón
- b) Lana
- c) Celulosa Regenerada FR
- d) Modacrilica
- e) Aramidas
- f) Polibenzimidazol

a) Algodón

Fibra natural de origen vegetal cuya composición polimérica es una celulosa. Es caracterizada, basicamente, por el confort al usuario debido a la alta hidrofiliadade (capacidad de absorber y retener agua) de la materia prima .

**Transpirable:** retiene el flujo y permite el paso del aire a través de sus fibras.

**Garantiza un nivel óptimo de humedad:** permite el justo intercambio de humedad con el exterior, reduciendo la deshidratación.

**Compatible con el pH fisiológico:** no altera la acidez natural del cuerpo.

**Hipoalergénico,** dermatológicamente testado: atenúa y ayuda a prevenir los riesgos de irritaciones, picores, infecciones y alergias.

**Suave:** tacto suave y agradable con una máxima protección.

Es interesante notar que estos diversos usos para la fibra de algodón y otras partes de la planta de algodón no son una proposición ya sea/o, o sea opcional. Cada cosecha de algodón provee fibras para usos en textiles y en no tejidos — así como semillas de algodón para aceite o para suplementos alimenticios, y borrrillas para celulosa. La historia del algodón, que se remonta a 6.000 años, ha visto su gama de desafíos, pero estos desafíos se han superado a través de perseverancia e innovación. Cuando se examina de esta manera, las perspectivas para el algodón se ven limitadas solamente por la imaginación.

b) Lana

Fibra animal derivada de la piel de los ovinos que despues de su tosa es procesada industrialmente para fines textiles. El tejido e lana sirve como aislante térmico, no calienta tanto cuando expuesto al sol (mantiene la temperatura del cuerpo entre 5 a 8 grados mas baja cuando comparada a los tejidos sintéticos expuestos al sol), permite que el cuerpo “respire”, es naturalmente elástico por lo tanto mas confortable y no se arruga. Es muy utilizada en accesorios para el invierno como guantes, gorros y bufandas.

La lana en su estado natural es retardante a la llama entrando en combustión solo a temperaturas mas elevadas que el algodón y algunas fibras sintéticas. La protección térmica provista es elevada debido a la superficie peluda de los tejidos que reduce el grado de contacto del tejido con la piel. Tejidos de lana poseen amplia utilización en ropa de protección de los trabajadores en fundiciones por el hecho que las salpicaduras del metal fundido no se adieren a la ropa.

c) Celulosa Regenerada FR

Fibra artificial oriunda de la pulpa de la celulosa que posee características de resistencia a la llama por el agregado de una substancia retardante incorporada en la sección transversal de la fibra. Comercialmente

conocida como Lenzing FR, la fibra posee excelente poder de absorción de humedad y ventilación, fácil de teñir además de toque extremadamente agradable, semejante a las fibras Lyocell o Modal, posee importantes propiedades para la confección de ropas de protección orientadas al confort del usuario.

Posee propiedades únicas de aislamiento térmico combinadas con la resistencia permanente a las llamas ofreciendo protección contra el calor y las llamas en una gama de aplicaciones. La celulosa regenerada FR, a pesar de ser una fibra artificial es biodegradable, teniendo en vista su materia prima de composición natural (celulosa).

Es creciente su aplicación en el mercado de ropas en mezclas con aramidas. Comparativamente al algodón el factor precio es una desventaja de las fibras de celulosa regenerada FR.

#### d) Modacrílica

Fibra sintética compuesta por co-polímeros de acrílico modificados donde la acrilonitrila se asocia a varios otros polímeros como el poli (cloruro de vinilo) (PVC), formando un co-polímero diferente para cada asociación molecular. La acrilonitrila debe estar presente entre 35 a 85% del peso total del co-polímero. Las fibras modacrílicas poseen diferentes propiedades que son semejantes a la fibra de acrílico, pero debido al método diferenciado de asociación de los polímeros son alcanzadas características especiales no observadas en estas últimas como, por ejemplo, el retardo a llama y baja combustión, cualidades que sirven para el cumplimiento de las exigencias en revestimientos de superficies y ropas de protección. Las modacrílicas son mejores conductoras del calor, con eso una de las propiedades más interesantes de los tejidos que contemplan esta materia prima en su composición es la protección contra los efectos térmicos del arco eléctrico.

Por poseer una densidad relativamente baja proporcionan ropas de protección relativamente confortables pero su resistencia mecánica es moderada y su tenacidad baja con durabilidad comparable a las de fibra de lana.



#### e) Aramidas

Las fibras de aramida, una abreviación del término "aromatic polyamide", pueden ser divididas en dos clases básicas: para-aramida y meta-aramida. Las clases son diferenciadas por la conformación de los monómeros que determinan la estructura molecular de las cadenas del polímero. Las fibras son fácilmente distinguidas por el color y se diferencian significativamente en determinadas propiedades físicas y químicas. Las para-aramidas son amarillas brillantes y las meta-aramidas blancas.

Las para-aramidas son conocidas por su alta resistencia mecánica teniendo cinco veces más resistencia que un hilo de acero de la misma masa y posee un módulo de elasticidad semejante al del vidrio sin presentar la misma fragilidad, lo que justifica su amplio uso en chalecos anti-bala. Pueden ser encontradas en hilos continuos o fibras cortadas. Presentan propiedades contra rompimientos, roturas y abrasión.

Las fibras de meta-aramida son conocidas por sus propiedades químicas y elevada resistencia térmica. Temperaturas de hasta 200°C no provocan ningún daño en las propiedades eléctricas y mecánicas de los productos conteniendo meta-aramida y sus propiedades son preservadas hasta con exposición continua a temperaturas de 220°C. No se derriten, no salpican y ni entran en combustión en contacto con el aire. Las fibras son livianas proporcionando ropas de protección más confortables al compararlas con otras fibras.

Un ejemplo comercial es DuPont™ Kevlar® así como en Holanda y Japón la Teijin Aramid™ producen el Twaron® y Technora® y en Francia Kermel produce la para-aramida **Twin® Kermel®**

Las alternativas son diversas con el nombre genérico de aramidas.

#### f) Polibenzimidazol (PBI)

El Polibenzimidazol (PBI) es una fibra sintética con punto de fusión elevado, que dependiendo de su aplicación, y del tiempo de exposición, puede soportar temperaturas de hasta 430°C



Posee elevada resistencia mecánica con compresión y recuperación semejantes al del aluminio. Tiene buena resistencia química a ambientes químicos agresivos, (mejor que muchos otros polímeros de desempeño elevado) pero es atacado por solventes agresivos a temperaturas elevadas, por soluciones ácidas disueltas en agua y, en menor escala, por soluciones alcalinas. A pesar de absorber lentamente un elevado porcentaje de agua, es estable a la hidrólisis y resistente a los vapores de alta presión.

Debido a su excepcional estabilidad térmica y química, el PBI es utilizado para confeccionar ropa de protección de alto desempeño, tales como camperas de bomberos, ropas espaciales de astronautas, guantes de protección para altas temperaturas, entre otras aplicaciones.

USOS En materia textil es muy utilizado en trajes de bomberos sobretodo en EE.UU.

#### FABRICANTES

BWF Tec GmbH & Co. KG Alemania

Draper Knitting EE.UU.

Dale Intertec Ltd Reino Unido

Gentex Corporation - Corporate Headquarters Fire Protection Products Group EE.UU

#### COSTOS

US \$1350-2000 / Ton

Este producto es mas utilizado en las Brigadas de Incendio de las empresas.

#### 7) Recomendaciones

- La posibilidad de conocer el ATPV de las prendas nos permite definir un vestuario de Nivel 2 (8 cal/cm<sup>2</sup>) para todos los funcionarios que esten expuestos a riesgos de Fuego Repentino como forma de cubrir a todos los productos inflamables del mercado de Petroleo y Gas.
- Ante la facilidad de ensayar muestras aleatorias de prendas provistas nos permitirá evaluar los proveedores entre lo que comprometen a entregar y lo que entregan.
- La ropa de trabajo para protección debe tener grabada en local visible la protección que posee en ATPV (o en kA si fuese de origen europeo) para facilitar el trabajo de los tecnicos de seguridad.
- La ropa de trabajo deberia ser de color claro para identificar rapidamente la posible contaminación con materiales inflamables que la dejarian sin protección.

#### 8) Conclusiones

El segmento de ropas de protección individual tiene una importancia fundamental en la preservación de la última barrera contra el arco eléctrico y el fuego repentino que al funcionario le queda. Las empresas, sensibles con esta situación están analizando profundamente los riesgos a los cuales exponen sus funcionarios para garantizar su seguridad, gastar lo imprescindible en ello pero desperdiciar dinero en productos inadecuados sean porque protegen de cosas que en la empresa no tienen o sea porque los productos provistos por las confecciones son de diferente performance de aquellos prometidos.



Principal conclusión: **Toda ropa resistente al arco eléctrico es resistente a la llama (FR) , pero no toda la ropa resistente a la llama es resistente al arco eléctrico.**

Por lo tanto, los ensayos de arco eléctrico son los mas difundidos en el mundo y el ATPV es considerado como referencia mundial de protección.

#### 9) ¿Como estamos en Argentina?

Laboratorio

Cambio cada 6 meses . Si lo vas a tener que cambia, que sea comfortable.

En Argentina desde hace un tiempo el Laboratorio de Potencia del LEME en la Universidad nacional de La Plata esta estudiando y trabajando sobre temas relacionados con indumentaria de protección, y en particular sobre el ensayo de materiales y prendas utilizados ante riesgo de exposición a un arco eléctrico.

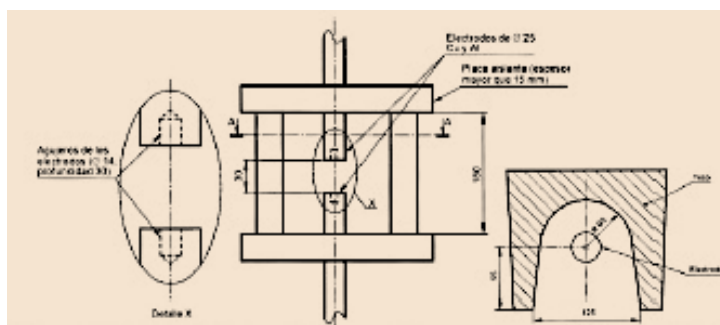


Fig. 1 - Detalle de la caja de ensayo de la norma IRAM 3904/2004 [3]

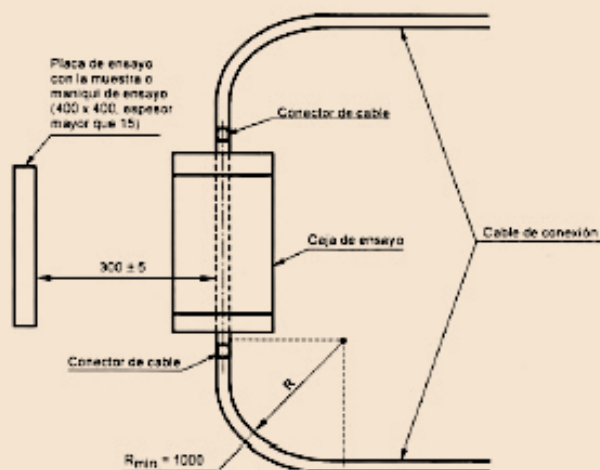


Fig. 2 - Esquema de instalación según norma IRAM 3904/2004 [3]



Foto 1 - Caja de ensayo según norma IRAM 3904/04 [3].

En este sentido, en el Laboratorio de Potencia del LEME pueden efectuar el ensayo correspondiente, de acuerdo a las exigencias de norma IRAM 3904, vigente actualmente en nuestro país.

|                                    |                                                                                           |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tensión de vacío:</b>           | 400 V c.a. $\pm 5\%$                                                                      |
| <b>Intensidad de la corriente:</b> | Para Clase 1: 4 kA $\pm 5\%$<br>Para Clase 2: 7 kA $\pm 5\%$                              |
| <b>Duración:</b>                   | 500 ms $\pm 0,5\%$                                                                        |
| <b>Frecuencia:</b>                 | (50 $\pm 0,1$ ) Hz                                                                        |
| <b>Factor de potencia:</b>         | Debe ser tal que permita que el arco eléctrico no se extinga durante el ensayo            |
| <b>Conector entre electrodos:</b>  | Alambre de cobre, con diámetro máximo de 0,5 mm colocado en el interior de los electrodos |

laboratório muestran las metodologías de ensayo.

El ensayo consiste en exponer los materiales y las prendas confeccionadas a un arco eléctrico generado por una corriente de 4kA o 7kA por un período de 500 mSeg localizados entre dos electrodos con una tensión de 400 Volt . En el caso del tejido las muestras estan dentro de una cajá de yeso con los electrodos separados a 30 mm entre si.

En el caso de la ropa ya confeccionada (método 2 de la norma) se debe emplear un maniquí que comprenda solo la parte del torso y con los parâmetros que se muestran en la tabla abajo.

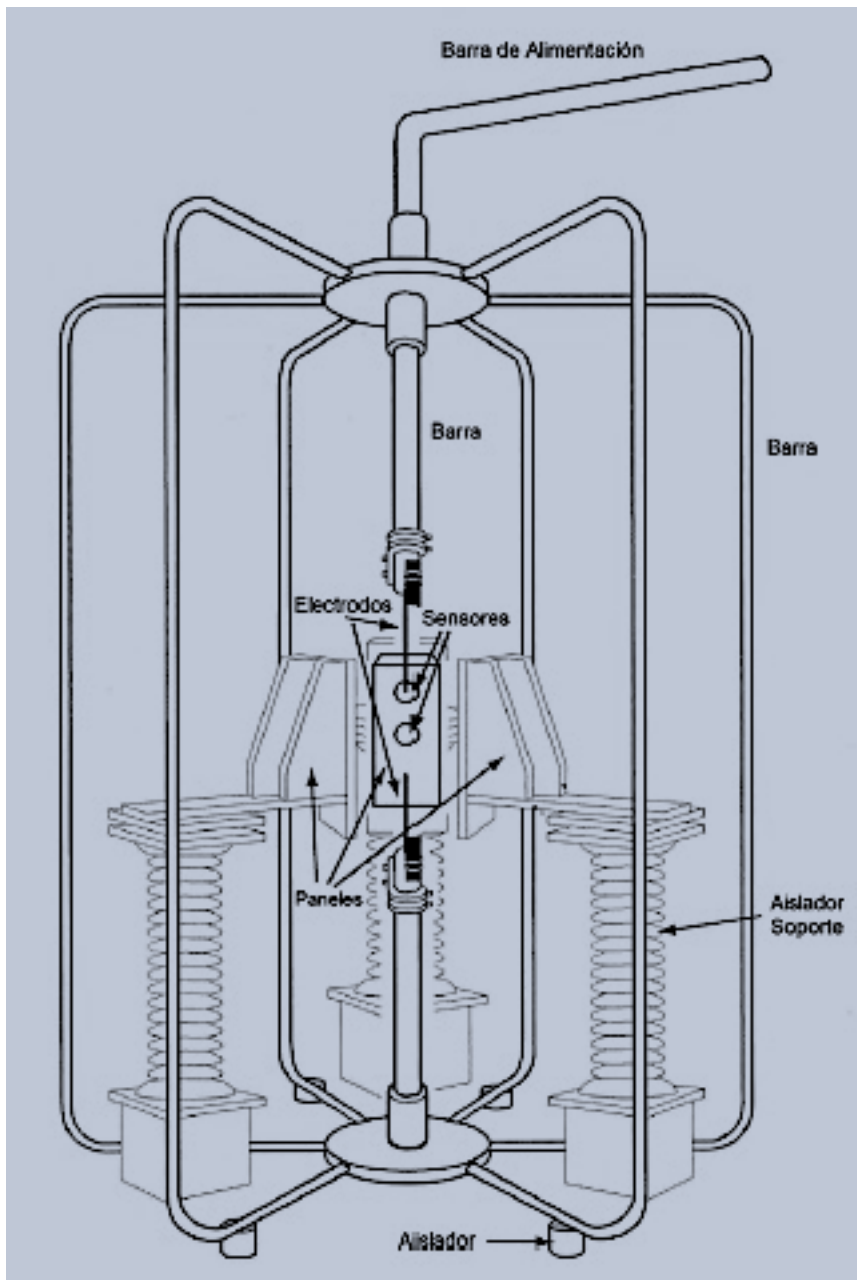
El resultado se considera satisfactorio cuando se cumplen los siguientes requisitos:

- Tempo de persistência de la llama (si hubiera) menor o igual a 5 segundos
- Ausência de agujeros de mas de 5 mm en el material

En su canal de YouTube, se pueden ver videos de algunos de los ensayos de arco eléctrico que han efectuado:

[https://www.youtube.com/channel/UCvseGjFZE84jD-qRuZ\\_4YVA](https://www.youtube.com/channel/UCvseGjFZE84jD-qRuZ_4YVA)

Por otra parte, en la publicación que realizaron el año pasado (2015) para un congreso de IEEE en Mexico, en el que presentaron una descripción general sobre el tema y dieron un breve detalle del ensayo que se realiza en el



- Inexistência de fusión a través del material

En el caso de la prueba de indumentaria (método 2) se agrega, como exigência, que los elementos de cierre con que este provista la prenda, funcionen adecuadamente despues e la exposición al arco.

Las normas americanas ASTM F 1959 y la internacional IEC 61482-1-1 se realizan en un arco abierto generado entre dos eléctrodos separados a 300 mm y obliga, por la distancia, a utilizar tensiones de prueba de vários kV. Así es como se determina el parâmetro conocido como ATPV .

El ensayo de muestras (método A) se basa en la generación de un arco eléctrico en una configuración de tipo coaxial simétrica, colocando três muestras del material a ensayar, en forma también simétrica.

En la figura abajo se muestra el esquema de prueba. La disposición del ensayo consiste en dos eléctrodos de varilla de acero inoxidable, enfrentados verticalmente a una distancia de 300 mm, entre los cuales se genera el arco eléctrico, y seis barras que forman una configuración coaxial para el retorno de la corriente. Cada una de las três muestras de material a probar se coloca sobre sendos paneles de soporte, ubicados a 300 mm del eje longitudinal

de los eléctrodos, y desplazados entre sí un angulo de 120°. Los paneles deben tener como mínimo 550 mm de altura y 200 mm de ancho, y estar provistos de dos calorímetros de cobre electrolítico para determinar la energia incidente. La disposición adoptada permite la formación ininterrompida del arco eléctrico.

Para el caso del ensayo de indumentaria ya confeccionada (método B), se propone un montaje siilar, pero colocando en lugar de paneles de soporte maniquíes de material no inflamable ni metálico, que incluyan el torso y eventualmente los brazos.

Créditos: este texto arriba expuesto fue extraído del articulo publicado en el Congreso en Mexico en marzo 2015 abajo descripto



**CIINDET 2015**

**XII Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico,  
25 al 27 de marzo de 2015, Cuernavaca Morelos, México.**

## **Implementación en Argentina del ensayo de arco eléctrico sobre indumentaria de protección**

**C. D. Arrojo, R. Dias, member IEEE, J. C. Scaramutti, member IEEE, H. A. Nastta.**

**SERIE SEGURIDAD, HIGIENE Y  
MEDICINA DEL TRABAJO  
Núm. 64**

### **SEGURIDAD EN LA UTILIZACION DE FIBRAS MINERALES Y SINTETICAS**

**Documento de trabajo e Informe de la Reunión  
de Expertos sobre Seguridad en la Utilización  
de Fibras Minerales y Sintéticas,  
Ginebra, 17-25 de abril de 1989**

**Contribución de la OIT al Programa Internacional  
de Seguridad de las Sustancias Químicas (IPCS)  
efectuado en forma conjunta por el  
Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas,  
la Organización Internacional del Trabajo  
y la Organización Mundial de la Salud**

**OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO GINEBRA**

#### **10) ¿Que podemos hacer en Argentina?**

Para que Argentina no se quede alejado del mundo y que tenga un fortalecimiento real de su independencia en la industria textil y de confección nacional en este segmento, potencialmente muy lucrativo, es necesario que haya una actuación conjunta entre los diversos sectores ligados a la industria textil nacional, principalmente en 4 acciones: formación profesional, investigación colaborativa y aplicada (industria y centros de tecnología), inversión en nuevas tecnologías (fibras y beneficiamientos del algodón) y en la organización y comunicación entre las industrias nacionales orientadas para el segmento.

Una de las principales acciones es participar del Comité Técnico de IRAM que elabora las normas para actualizar nuestra norma IRAM 3904 a la realidad del mercado mundial, o sea, con parametros de ATPV

#### **Conclusiones**

- Las recomendaciones realizadas por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) es para tener cuidado con las fibras utilizadas. El documento examina los problemas de seguridad e higiene que plantea la utilización de fibras minerales y sintéticas en lugares de trabajo, tomando debidamente en consideración los instrumentos internacionales

pertinentes.

Los tres primeros capítulos tratan de las fibras minerales artificiales, de las fibras minerales naturales, de las fibras sintéticas orgánicas ((fibras aramidas, fibras de carbono y de grafito, y las fibras a base de poliolefinas)) y de los efectos para la salud de todos estos tipos de fibras. Los capítulos siguientes examinan las medidas de prevención y de protección y la legislación y la práctica vigentes en determinados países.

#### **PERIODICIDAD DE ENTREGA DE ROPA**

**Convenio Colectivo**

**PETROLEROS PRIVADOS - CEOPE CEPH - Pcia. de CHUBUT**



## **Ropa de trabajo y elementos de protección personal**

### **Art. 15 -**

1) Ropa de trabajo: Las empresas proveerán al personal operativo cada cuatro (4) meses y sin cargo, un mameluco o pantalón y camisa, y un par de calzado de seguridad. La primera provisión al personal ingresante será de dos (2) mamelucos y dos (2) pares de calzado. También se proveerá al personal cada cuatro meses de un (1) gorro de abrigo y de dos (2) pares de medias.

Para los trabajadores afectados al servicio de perforación la primera entrega será de cuatro (4) unidades.

Además, el personal recibirá una vez al año un (1) mameluco térmico o una campera de abrigo. La elección de una u otra prenda la deberá comunicar el delegado a la empresa a más tardar a fines del mes de marzo de cada año y deberá ser uniforme para todo el personal de la empresa.

Para el personal administrativo, de limpieza o de atención de comedores en planta se proveerá un pantalón, camisa y un par de calzado de seguridad cada 6 meses. Para el personal ingresante la primera entrega será doble.

Además, el personal administrativo recibirá una vez cada 2 años una (1) campera de abrigo.

2) Elementos de protección personal: Las empresas proveerán a sus trabajadores en forma obligatoria, elementos e indumentarias de protección personal acordes con la función que éstos realizan, como ser:

a) Para los trabajadores que desempeñan su tarea a la intemperie una capa o pantalón y chaleco de agua, y un par de botas de goma una vez al año.

b) Al personal que preste servicios en plataforma, pernocte en campamento o yacimiento con permanencia en el equipo se le deberá proveer ropa blanca adecuada para dicha circunstancia, cada tres días.

c) Casco, protectores visuales, antiparras, guantes y protectores auditivos, con la periodicidad habitual conforme las funciones que desarrolle el trabajador o cuando se encuentren deteriorados.

El uso de los elementos de seguridad provistos por la empresa es obligatorio por parte de los trabajadores y lo deberán utilizar durante toda la jornada de trabajo.

La Secretaría de Seguridad y Medio Ambiente del SPGPCH podrá sugerir otros elementos de seguridad que considere necesarios según la actividad que realicen las empresas y conforme sea su uso establecer la periodicidad de reposición de los elementos. Esta sugerencia no será vinculante.

Será obligación de los trabajadores el buen uso de las prendas y elementos otorgados y las empresas se harán cargo por su cuenta y orden del lavado de la indumentaria de trabajo provista para la labor operativa.

### **Reposición elementos de protección personal y ropa de trabajo deteriorados**

**Art. 16 -** Los elementos de protección personal y la ropa de trabajo que hayan sufrido un deterioro tal que los inutilice para su fin, serán repuestos sin cargo por la empresa contra entrega del elemento deteriorado. En tal supuesto, el plazo para la siguiente entrega de la ropa de trabajo y/o elemento de protección personal prevista en el artículo anterior, se computará a partir de la fecha de reposición.

Realmente, si la periodicidad va a ser tan corta entonces pensemos en utilizar: ROPA ENSAYADA EN LABORATORIO (sea en el LEME en La Plata por la norma europea o en el SENAI en Rio de Janeiro por la norma americana + PRECIO (cuanto mas cantidad de alternativas se permitan, mayor competencia) + CONFORT del empleado.

## **Bibliografía**

"The other Electrical Hazard: Electrical Arc Blast Burns". IEEE Transaction on Industrial Applications, Vol. 1A-18, No 3, p. 246 May/June 1982. Ralph Lee

"Estimativa de energia e determinação da proteção contra queimaduras". Eletricidade Moderna – Junho de 2000 – L. K. Tomiyoshi

Standard IEEE-1584TM - 2002 - IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations - 2002

ASTM- F-1959/F1959M- 99 "Standard Test Method for Determining the Arc Thermal Performance Value of Materials for Clothing" - 1999

CENELEC – ENV 50354:2000 "Electrical test methods for materials and garments for use by workers at risk from exposure to an electric arc" – 2000

IEC – 61482-1:2002 “Live working- flame resistant materials for clothing for thermal protection of workers – Thermal hazards of an electric arc- Part 1- Test methods” - 2002  
IEC – 62271-200 – “High voltage switchgear and control gear – Annex A – 2003  
“Protective Clothing Guidelines For Electric Arc Exposure”. IEEE Paper No. PCIC-96-34; Dr. Thomas E. Neal, Allen H. Bingham, Richard L. Doughty. 1996  
“The use of Low-voltage Current Limiting Fuses to Reduce Arc-Flash Energy” ". IEEE Transaction on Industry Application, Vol. 36, No 6 Nov/Dec. 2000; pp 1741-1749 R. L. Doughty, Dr. Thomas E. Neal, T.L. Macalady, V. Saporita, and K.Borgwald.  
“Predicting Incident Energy to Better Manage The Electric Arc Hazard on 600 V Power Distribution Systems". IEEE Transaction on Industry Application, Vol. 36, No 1 Jan;Feb;2000; Richard L. Doughty, Dr. Thomas E. Neal, H. Landis Floyd, II.



## **CV Nicolás Mínguez**

### **Mini biografía**

**Ingeniero electro-electrónico con pos graduación en Seguridad en el Trabajo y Auditor Líder de OHSAS 18001, consultor técnico en 12 países de Latinoamérica siendo editor de normas técnicas en Argentina y Brasil con 30 años de experiencia en locales con Atmosferas Explosivas de gases/vapores inflamables y polvos combustibles.**