

# RIESGO DE FUEGO REPENTINO EN EL ARCO ELÉCTRICO

AUTOR: SILVIO CANOBI

En las empresas petroleras, eléctricas, petroquímicas, etc existe la presencia de riesgos altamente lesivos para sus trabajadores, a saber: flamazos y/o explosiones de arcos eléctricos. Por supuesto que estos incidentes ó accidentes pueden y deben preverse mediante sistemas de prevención adecuados, pero en caso de que exista solo un accidente, éste puede, incluso, llegar a ser mortal dependiendo de su severidad. En el mejor de los casos puede resultar en quemaduras de segundo ó tercer grado en el trabajador afectado.

En esta contribución el autor enfatiza en la importancia de dotar al personal operativo de prendas protectivas ignífugas, cuáles son las propiedades de las mismas, que Normativas existen al respecto y el impacto que estos accidentes presentan sobre las diversas telas existentes en el mercado.

## **“Comprendiendo los riesgos del fuego repentino”**

### **Definición del fuego repentino:**

Es un flamazo inesperado de corta duración, 3 segundos o menos (2 cal/cm<sup>2</sup> por segundo)  
Dos estándares han definido lo que es fuego repentino: NFPA Y CGSB

NFPA: Asociación Nacional de Protección del Fuego. (USA):

**NFPA 2113**

CGSB: Comité General de Estándares de Canadá.

**CAN/CGSB 155.20**

### **Peligro potencial de un fuego repentino o flamazo:**

NFPA (2112 o 2113) provee una guía para conocer el grado potencial de que ocurra un flamazo basada en:

- La proximidad del trabajo a un área de peligro.
- Presencia de materiales inflamables durante las operaciones.
- Condiciones operativas.
- Antecedentes de accidentes ocurridos.
- Controles de ingeniería.

### **¿Por qué es necesaria la ropa resistente a la llama o ignífuga?**

- Las lesiones más graves y las muertes producidas por quemaduras son causadas por ropa no resistente a las llamas, las cuales continúan ardiendo aún cuando la fuente de ignición ha cesado.
- La ropa resistente a las llamas es autoextinguible, como consecuencia limitan enormemente el área lastimada.
- Alrededor de 7000 prendas al año son reportadas como quemadas (en USA).

### **Peligros de utilizar prendas convencionales en áreas de trabajo**

Los trabajadores utilizan normalmente en áreas de trabajo de riesgo, prendas de algodón - poliéster

- La OSHA (Occupation Safety Health Administration) prohíbe utilizar prendas que pudiesen contribuir a causar daño por quemaduras
- Los tejidos no resistentes a la llama arderán y se derretirán en casos de fuego o arco eléctrico, incrementando y extendiendo la gravedad de las quemaduras
- Las telas no ignífugas entran en ignición en 1 segundo.

### **Tejidos ignífugos Vs. tejidos retardantes:**

- Los tejidos retardantes tienen aditivos que impiden el daño o la sustentación de la combustión.
- Ser ignífugo es la característica de no sostener o bloquear la combustión en el aire, según lo definido por la ASTM D6413:
  - La tela no debe arder mas de dos segundos luego que la fuente de ignición haya cesado
  - El tiempo en que la tela continúa en incandescencia no debe superar los 2 segundos.

- La cantidad de tejido quemado luego que la fuente de ignición haya cesado, no debe ser mayor a 4 pulgadas (10 cm.)
- Las telas ignífugas resisten infinitos lavados sin perder sus propiedades, los retardantes a lo sumo 50 lavados industriales o 100 lavados caseros.

### **Protección primaria vs. Protección secundaria:**

#### **Protección primaria:**

Cuando hay una alta posibilidad de que ocurra un gran flamazo o fuego repentino (La exposición es de más de tres segundos) Ej.: ropa para bomberos

- Protección secundaria: cuando existe alguna posibilidad de que ocurra un flamazo o un fuego repentino (Pantalones, Camisas, Overoles)
- La ***protección secundaria*** es el tema de esta presentación

#### **ASTM F1930**

- Provee un método de prueba para testear el comportamiento de la ropa ignífuga en un fuego repentino
- Se utiliza un maniquí resistente al calor con más de 100 sensores
- Da un perfil del cuerpo en porcentajes de quemaduras de 2do y 3er grado

#### **NFPA 2112**

- *Norma sobre prendas ignífugas para la protección personal en la industria contra fuegos repentinos o flamazos*
- Esta norma fue creada en el año 2001 para unificar y ordenar un criterio en la selección de una prenda ignífuga
- Se aplica para la protección personal en la industria (Eléctrica, Petrolera, Química, etc.) y no para prendas de bombero
- Norma consensuada

#### **Significado de la 2112**

- Establece un límite para las quemaduras totales del cuerpo, luego de un severo flamazo de 3 segundos. El criterio es simple: Cumple con la norma ó falla y no cumple  
Las normas anteriores a la 2112 hablaban de no dañar al cuerpo. Algo muy genérico sin especificaciones
- Define un flamazo o fuego repentino
- Estar alerta de la vasta disparidad de protección entre prendas o tejidos

#### **Requerimientos de la NFPA 2112**

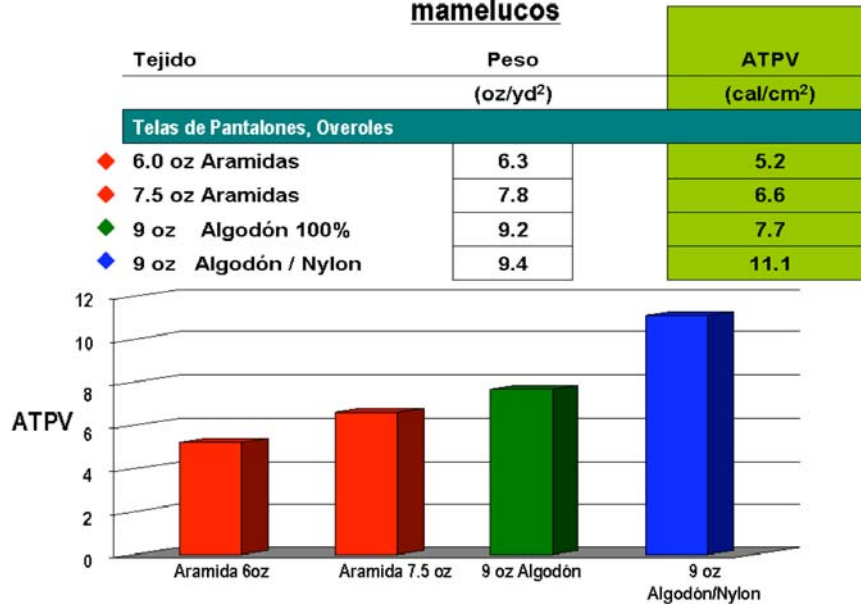
- Los tejidos deberán:
  - Ser ignífugos luego de 100 o más lavados. Deberán ser ignífugos toda su vida útil
  - Certificar normas de protección termal, estabilidad termal y resistencia al calor
  - Luego de ser testeados en un maniquí termal con sensores, con una ropa interior de algodón por debajo de la prenda, y luego de un flamazo de 3 segundos, el resultado deberá ser que el cuerpo humano no se queme más del 50%

#### **Certificación de la norma NFPA 2112**

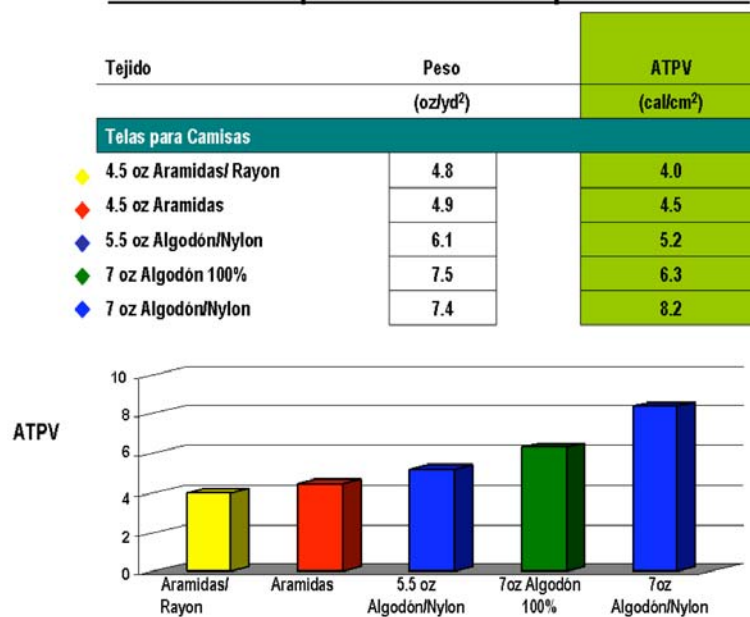
- Las prendas y sus componentes deben estar certificados por una tercera parte. (Ej: Laboratorios UL).
- Inspección anual y testeo de los materiales y sus componentes
- Auditoria anual para evaluar la calidad del sistema

## Resultados:

### Análisis comparativo de telas para pantalones, chaquetas o mamelucos



### Análisis comparativo de telas para camisas



### Mantenimiento de las prendas ignífugas (FRC)

- Las prendas deben estar limpias para maximizar su performance
- Los contaminantes pueden “ocultar o enmascarar” las propiedades ignífugas de la prenda
- Elección de cuidados:
  - Lavado casero
  - Lavado industrial
  - Lavado a seco
- Lavado hogareño, industrial o a seco están OK

- El lavado industrial limpia mejor.
- Con el lavado casero las prendas duran más, se desgastan menos.

### **Lavado de prendas ignífugas: Lo que NO se debe hacer**

- El uso repetitivo de blanqueadores, podrán dañar las propiedades ignífugas de los tejidos.
- Los suavizadores de tejidos son inflamables.
- Las manchas con productos inflamables, si no son sacadas con el lavado, pueden encenderse e incrementar las lesiones.

### **Protección:**

- Las prendas deben ser fáciles de usar.
- Las propiedades ignífugas del tejido deberán mantenerse toda la vida útil de la prenda.
- La prenda deberá ser apropiada para cada peligro:
  - Arco eléctrico, Flamazo, salpicaduras de metales ferrosos, etc.
- Los tests de los tejidos deben obedecer a estándares reconocidos (NFPA/ASTM) y realizadas por laboratorios independientes.
- A mayor peso del tejido mayor protección.

## **“Comprendiendo los riesgos del Arco Eléctrico”**

### **Definición de Arco Eléctrico:**

Es una liberación peligrosa de energía creada por una falla eléctrica.

La electricidad irá a través del camino de menor resistencia. Cuando el paso de la electricidad es súbitamente interrumpido, la electricidad tratará de crear un nuevo sendero a través de los gases de la atmósfera.

Esta liberación de energía contendrá:

- Energía Térmica.
- Energía Acústica.
- Onda de Presión.
- Esquirlas.

### **¿Qué causa un arco eléctrico?**

- Una falla mecánica
- Una sobrecarga de corriente
- Un contacto accidental

### **Variables de un arco eléctrico**

Las variables que tienen efecto en el tamaño y en la energía de un arco eléctrico son:

- Amperaje
- Voltaje
- Intervalo del arco
- Tiempo de cierre
- Distancia desde el arco
- Trifásica o monofásica
- Espacio confinado

### **¿Qué equipamiento puede causar un arco eléctrico?**

El equipamiento típico que puede causar arcos voltaicos puede ser:

- Equipo de subestaciones de transmisión y distribución.
- Cables de tendido eléctrico.
- Conjunto de empalmes.
- Instrumentos para mediciones (Instalaciones – Removido).

- Tableros y placas de control.
- Interruptores de bajo y alto voltaje.
- Transformadores

#### **Bases de la energía del Arco:**

- La exposición de energía está expresada en calorías/cm<sup>2</sup>
- 1 cal/cm<sup>2</sup> = La parte más caliente de un encendedor encendido por un segundo
- Una exposición de solo 1-2 calorías causará quemaduras de 2do. Grado en la piel humana
- Las prendas no ignífugas pueden encenderse 4-5 calorías
- Normalmente los arcos eléctricos liberan de 5 a 30 calorías, también son comunes liberaciones de energía de 30 a 60 calorías.

#### **Evento del Arco Eléctrico (Estadísticas de USA)**

- Alrededor del 80% de las lesiones por electricidad son resultantes de quemaduras de arco eléctrico y el ardor de ropa inflamable.
- La temperatura del arco puede alcanzar los 35000 grados F (19.426,66 grados C).
- Las quemaduras fatales pueden ocurrir a 3 mts de distancia del arco.
- Alrededor de 2000 casos de quemaduras severas por año, debido a arcos eléctricos (en USA).

#### **Límite de encendido de ropa no ignífuga:**

| Descripción de la Tela          |        |                | Punto de ignición<br>(cal/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|--------|----------------|---------------------------------------------|
| Peso (onza/yarda <sup>2</sup> ) | Color  | Tejido         |                                             |
| 4.6                             | Blanco | Jersey knit    | 4.3                                         |
| 5.2                             | Azul   | Twill          | 4.6                                         |
| 6.2                             | Blanco | Fleece (polar) | 6.4                                         |
| 6.9                             | Azul   | Twill          | 5.3                                         |
| 8.0                             | Negro  | Twill          | 6.1                                         |
| 8.3                             | Blanco | Satén          | 11.6                                        |
| 11.9                            | Beige  | Duck           | 11.3                                        |
| 12.8                            | Azul   | Denim (jean)   | 15.5                                        |
| 13.3                            | Azul   | Denim (jean)   | 15.9                                        |

**Fuente: "Testing Update on Protective Clothing & Equipment for Electric Arc Exposure". IEEE Paper N° PCIC-97-35.-**

#### **Ingeniería en Telas Resistentes a las Llamas:**

- Fibras naturales.
- Fibras sintéticas.
- Mezcla de fibras naturales y sintéticas.

La resistencia a las llamas debe ser durable a los lavados, al uso, al desgaste continuo del medio ambiente, etc, por toda la vida útil de la prenda.

#### **¿Qué significa Ropa Ignífuga?**

- Prendas confeccionadas con telas que se autoextinguen.

- Telas que pueden ser naturales o sintéticas.
  - Resistencia a infinitos lavados.
  - Desarrolladas para limitar (no eliminar) las lesiones por quemaduras.
  - Supervivencia, extensión del daño, tiempo de recuperación y calidad de vida
- Dependen del comportamiento de la ropa ignífuga.

### **Visión general de la Seguridad Eléctrica**

La seguridad en el campo eléctrico de trabajo es uno de los peligros más observados.

Datos estadísticos de Estados Unidos (en Argentina no se disponen aún de datos verificables):

- 432 muertes relacionadas con trabajos eléctricos el año pasado
- Es la cuarta causa en accidentes fatales, la mayor parte <600V
- 7600 lesiones en el trabajo por año

**La seguridad en el campo eléctrico está ahora en 4to lugar sobre diez, dentro de las normas más violadas (de acuerdo a OSHA)**

### **OSHA 29 CFR 1910.269**

- Generación de electricidad, transmisión y distribución.
- OSHA fue la primera en abordar el problema del arco eléctrico.
- Se requiere de ropa que no agregue más daños.
- Originalmente no había requerimientos específicos.

### **Aplicación de 1910.269**

(Directiva # CPL 2-1.38)

Parte XI. Sección D, Equipo de Protección Personal

“El personal debe, como mínimo utilizar ropa ignífuga cuando exista un mínimo de ATPV de 5.0 cal/cm2...”

(Nota: NFPA 70E asiste al usuario en la selección del equipo de protección apropiado)

### **NFPA 70E**

Normas y requerimientos de seguridad para trabajadores del rubro eléctrico y sus áreas de trabajo (Cubre la protección personal)

- Creada en 1979 como una ayuda a la OSHA para prácticas de trabajo seguras, que fuesen consistentes con el Código Nacional Eléctrico (USA).
- La versión actualizada hasta el año 2000 contiene parámetros de protección contra arcos eléctricos, los cuales incluyen ropa, guantes y otros equipos de Protección Personal.
- Norma Consensuada.



### **Significado de la Norma NFPA 70E:**

- ◆ Para todos los trabajadores realizando tareas en ó cerca de un área eléctricamente energizada.
- ◆ Focalizada en la reducción de las lesiones y no en las “no lesiones”.
- ◆ Cuantificación del riesgo
- ◆ Correlación directa del comportamiento del tejido con el riesgo específico.

### **NFPA 70E – Protección al arco eléctrico**

Parte II, Capítulo 3 – Equipamientos de protección personal y otros equipos de protección:

\* El propósito de esta sección es proveer protección de la cabeza a los pies, cuando hay riesgo de un arco eléctrico.

\* El plan de protección está en el cálculo de los niveles de energía y/o una simple tarea basada en una matriz.

### Energía del Arco vs Distancia

- ◆ La energía aumenta dramática y proporcionalmente de acuerdo a la distancia al arco:  
(Ejemplo de arco: 22.000A, 480V, 6 ciclos)

|                      |            |            |            |             |            |           |
|----------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-----------|
| <b>Distancia:</b>    | <b>24"</b> | <b>18"</b> | <b>15"</b> | <b>12"</b>  | <b>10"</b> | <b>8"</b> |
| <b>Calorías/Cm2:</b> | <b>2.7</b> | <b>3.2</b> | <b>7.5</b> | <b>12.2</b> | <b>18</b>  | <b>30</b> |

### ASTM F1959

- Método de prueba para determinar el ATPV (valor de la protección al arco voltaico) de materiales o tejidos para prendas de protección
- Las telas son testeadas en paneles en una sola fase de un arco al aire libre
- Los resultados se pueden obtener en ATPV o EBT

### Equipamiento para realizar las mediciones:

- Hasta 8.000 amperes y Hasta 12 pulgadas de espacio.
- Hasta 12 pulgadas de distancia
- Ciclos variados para reproducir diferentes energías. Calorímetros de cobre miden la temperatura

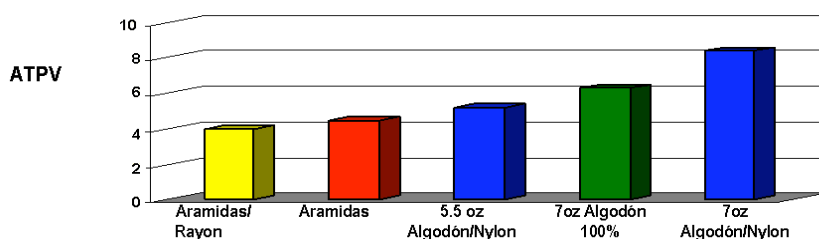
### Valor de la Protección al Arco Voltaico (ATPV):

Es el incidente sobre una tela, medido en calorías/cm2 que resulta en un 50% de probabilidades de un comienzo de quemadura de 2do grado, basado en la **curva de stoll**.

- Límite de Energía en el punto anterior a la rotura del tejido (EBT): Es un promedio de cinco resultados según los cuales no se producirá la rotura del tejido ni pronosticarán quemaduras de 2do grado.

### Análisis comparativo de telas para camisas

| Tejido                    |  | Peso<br>(oz/yd <sup>2</sup> ) | ATPV<br>(cal/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------------|--|-------------------------------|--------------------------------|
| <b>Telas para Camisas</b> |  |                               |                                |
| ◆ 4.5 oz Aramidas/ Rayon  |  | 4.8                           | 4.0                            |
| ◆ 4.5 oz Aramidas         |  | 4.9                           | 4.5                            |
| ◆ 5.5 oz Algodón/Nylon    |  | 6.1                           | 5.2                            |
| ◆ 7 oz Algodón 100%       |  | 7.5                           | 6.3                            |
| ◆ 7 oz Algodón/Nylon      |  | 7.4                           | 8.2                            |



| mamelucos                            |                               | ATPV                   |
|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Tejido                               | Peso<br>(oz/yd <sup>2</sup> ) | (cal/cm <sup>2</sup> ) |
| <b>Telas de Pantalones, Overoles</b> |                               |                        |
| ◆ 6.0 oz Aramidas                    | 6.3                           | 5.2                    |
| ◆ 7.5 oz Aramidas                    | 7.8                           | 6.6                    |
| ◆ 9 oz Algodón 100%                  | 9.2                           | 7.7                    |
| ◆ 9 oz Algodón / Nylon               | 9.4                           | 11.1                   |

| Fabrica            | ATPV |
|--------------------|------|
| Aramida 6oz        | 5.2  |
| Aramida 7.5 oz     | 6.6  |
| 9 oz Algodón       | 7.7  |
| 9 oz Algodón/Nylon | 11.1 |

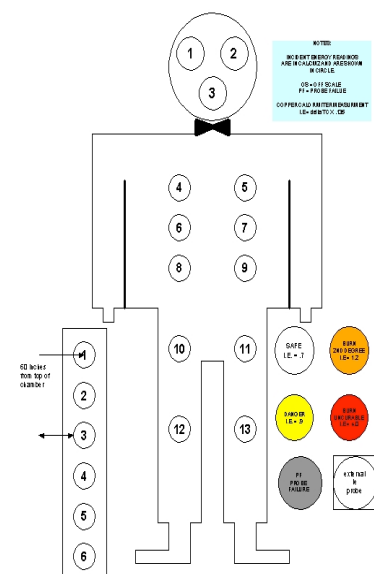
● *Estandarización y especificación para el uso de tejidos ignífugos a ser utilizados por trabajadores del sector eléctrico, los cuales estarán expuestos a arcos eléctricos momentáneos y riesgos térmicos.*



- Describe el comportamiento mínimo requerido para prendas destinadas a proteger contra un arco eléctrico
- Norma consensuada.

- Los tejidos deberán:
  - Ser ignífugos a infinitos lavados
  - Ser testeados de acuerdo al método de prueba ASTM F1959, para determinar su comportamiento frente al arco eléctrico

## A person is standing against a grey concrete wall with graffiti. They are wearing a blue jumpsuit, a blue hard hat, and a black respirator mask. They are also wearing a brown harness and white gloves. A coiled orange hose is on the ground next to them.

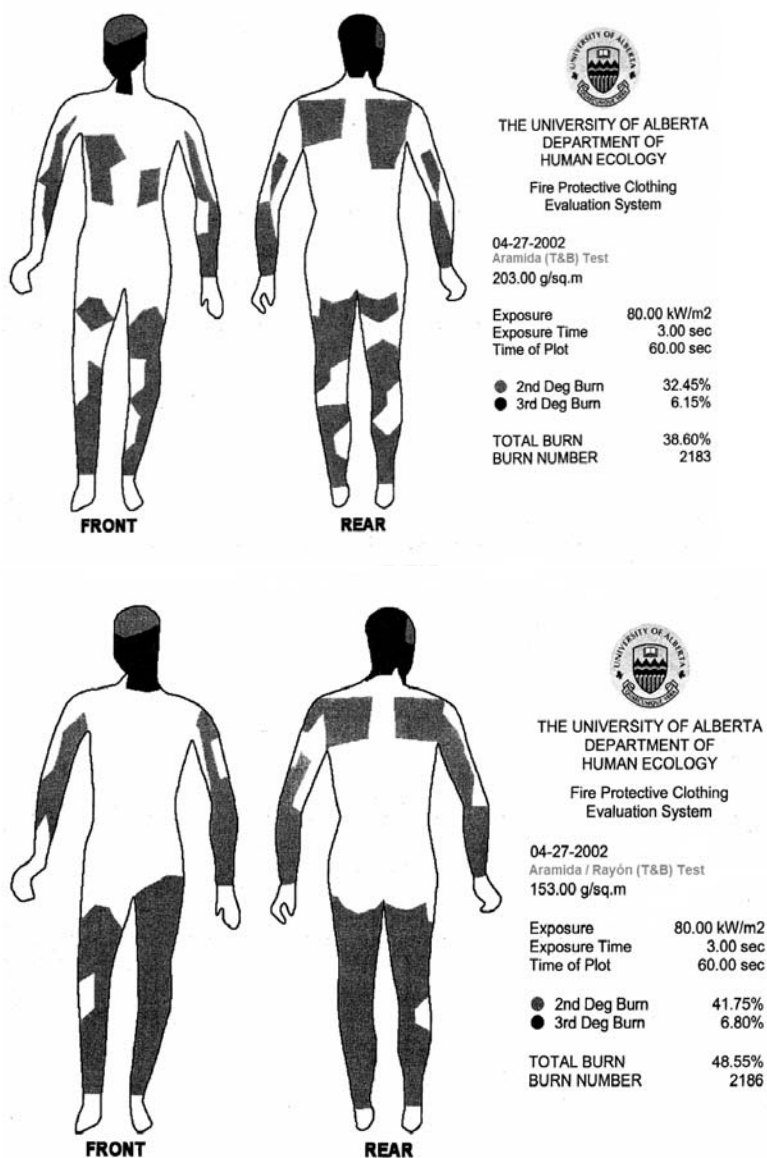


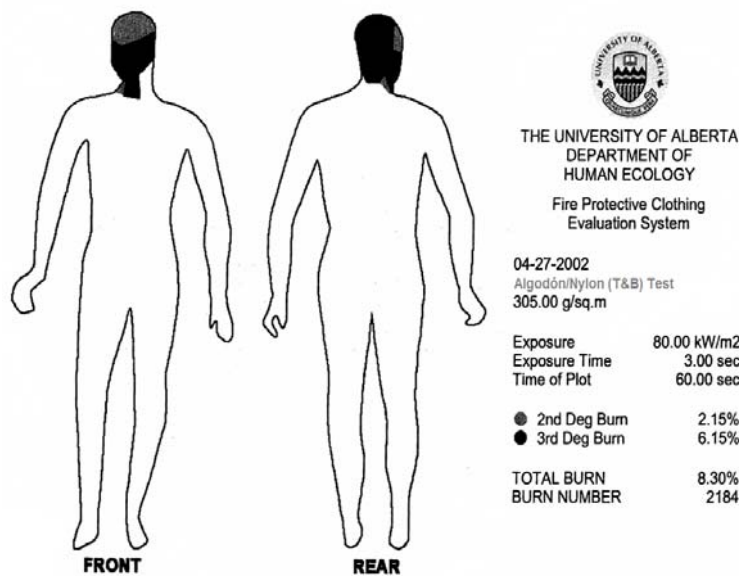
## Resultados

- La ropa no ignífuga, incluidos los jeans (Denim) mayores a 11 oz es extremadamente peligrosa e inapropiada.
- Los arcos eléctricos en espacios confinados actúan diferente y son más peligrosos que los arcos eléctricos que ocurran al aire libre.
- Algunos tejidos que se comportan muy bien contra arcos al aire libre, se comportan pobremente contra arcos en espacios confinados.
- Las mantas ignífugas en algunos casos pueden ser útiles, si fueron hechas con tela ignífuga apropiada, y estuvieron colgadas correctamente.

- Las diferentes capas de tejido son vitales para la protección.
- Utilizar siempre anteojos de seguridad y protector facial.
- La existencia de mucho calor puede llegar a producir una visible bola de fuego, la cual encenderá en la ropa no ignífuga.
- Cubo protector para trabajos en altura no significa protección de piernas

## Porcentajes de Quemaduras en el Cuerpo:





### **Mantenimiento de las prendas ignífugas (FRC):**

- Las prendas deben estar limpias para maximizar su performance.
- Los contaminantes pueden “ocultar o enmascarar” las propiedades ignífugas de la prenda
- Elección de cuidados
  - Lavado casero
  - Lavado industrial
  - Lavado a seco
- Lavado hogareño, industrial o a seco están OK

Telas que poseen propiedades ignífugas permanentes, independientemente de la cantidad de lavados:

- Algodón, Algodón/Nylon
- Aramidas, Aramida/Rayon
- Aramida/Kevlar
- El lavado industrial limpia mejor
- Con el lavado casero las prendas duran más, se desgastan menos.

### **Conclusión:**

- La ropa de protección secundaria fue diseñada para proveernos segundos de escape, y no para proteger de un fuego sostenido.
- Si Ud. cree que va a existir la posibilidad de un flamazo de más de 4 segundos, necesita usar ropa de protección primaria: chaquetón y pantalones de bomberos.

### **Acrónimos:**

**O.S.H.A.:** Occupational Safety and Health Administration \_USA.

**N.I.O.S.H.:** National (US) Institute for Occupational Safety and Health.

**N.F.P.A.:** National Fire Protection Assosiation. (USA)

**C.G.S.B.:** Canadá General Standars Buró.

**A.S.T.M.:** American Society of Tests & Methods.

### **Bibliografía:**

- o “OSHA 29 CFR 1910.269”
- o NFPA 70E
  - o Parte I – Establecimiento de los requisitos de seguridad.
  - o Part II – Prácticas de seguridad relacionadas con el trabajo.
  - o Part III – Requerimientos de seguridad para tareas de mantenimiento.
  - o Part IV – Requerimientos de seguridad para equipos especiales.
- o ASTM F1959
- o ASTM F1506
- o “Testing Update on Protective Clothing & Equipment for Electric Arc Exposure”. IEEE Paper N° PCIC-97-35

### **Curriculum del Expositor:**

**Silvio Andrés Canobi** – Trabaja desde hace cuatro años en A Marshall Moffat S.A., como Gerente Técnico de Ventas. Ha realizado cursos de capacitación sobre telas ignífugas en Chicago (2005) y Nueva York (2006) y cursos sobre Elementos de Protección Personal para Arcos Eléctricos (Salisbury) Illinois (2005) .

Es miembro integrante de la Comisión IRAM de Indumentaria de Protección desde hace 2 años y es Miembro NFPA.

Estudiante de la Licenciatura de Higiene & Seguridad en el Trabajo en I.A.S.-