



Riesgos en Trabajos en Alto Voltaje

Basado en la norma OSHA 29 CFR 1910.269

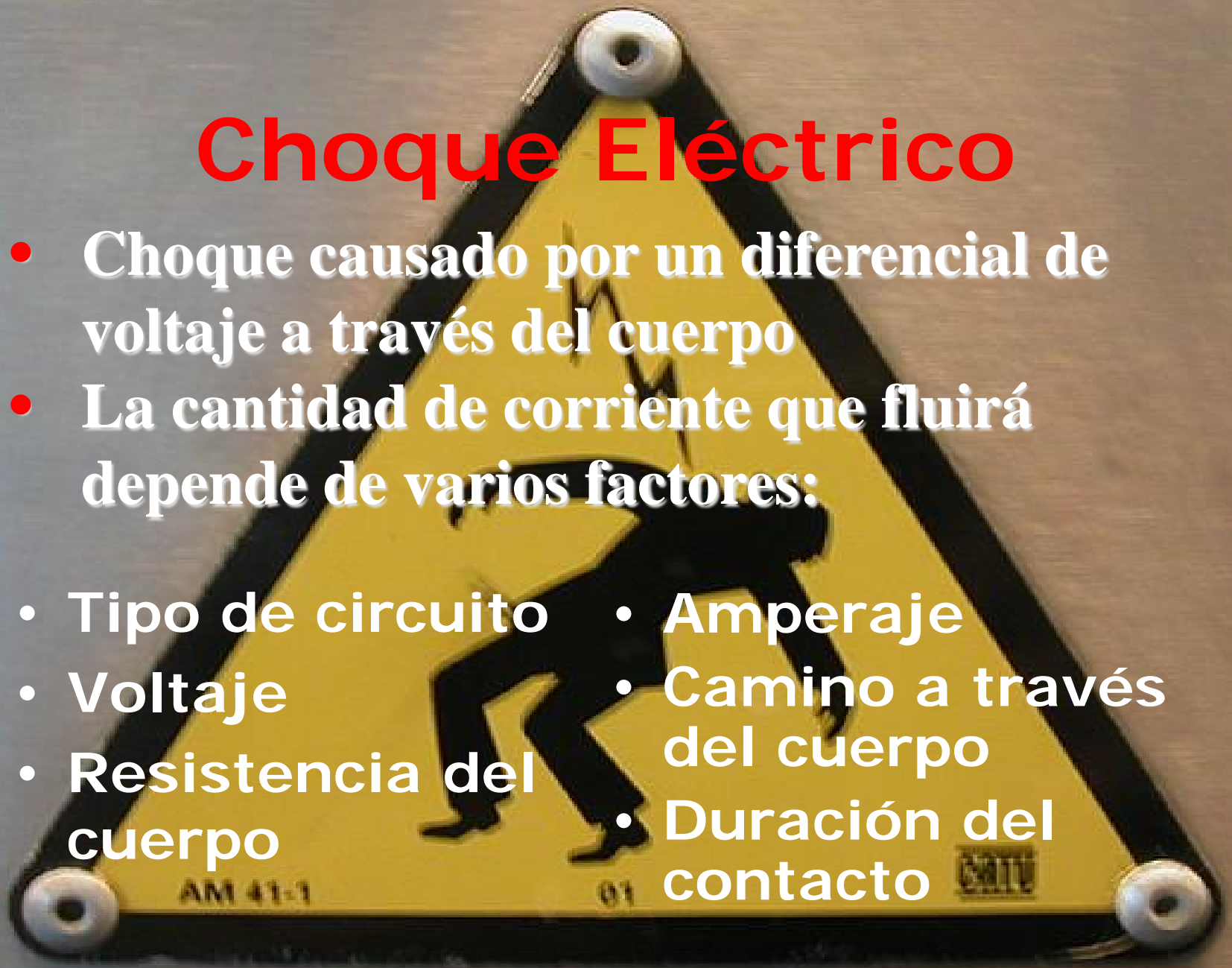




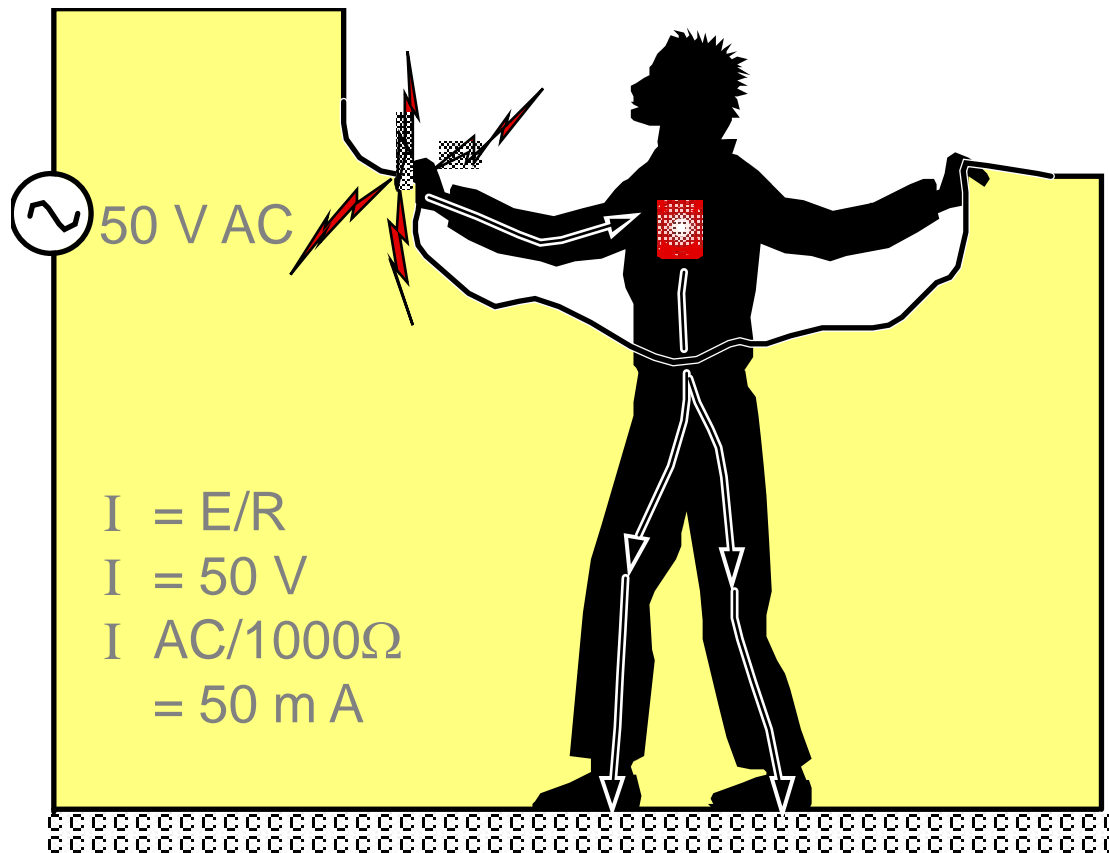
Peligros de la Electricidad

Choque Eléctrico

- Choque causado por un diferencial de voltaje a través del cuerpo
- La cantidad de corriente que fluirá depende de varios factores:
 - Tipo de circuito
 - Voltaje
 - Resistencia del cuerpo
 - Amperaje
 - Camino a través del cuerpo
 - Duración del contacto



El paso de la corriente a través del cuerpo



Choque Eléctrico

- **El choque puede causar los siguientes efectos:**
 - **Fibrilación Ventricular**
 - **Corrientes tan bajas como 60 miliamperios interrumpen los latidos del corazón**
 - **Voltajes tan bajos como 50-volts y una baja resistencia dérmica pueden causar fibrilación**

Choque Eléctrico

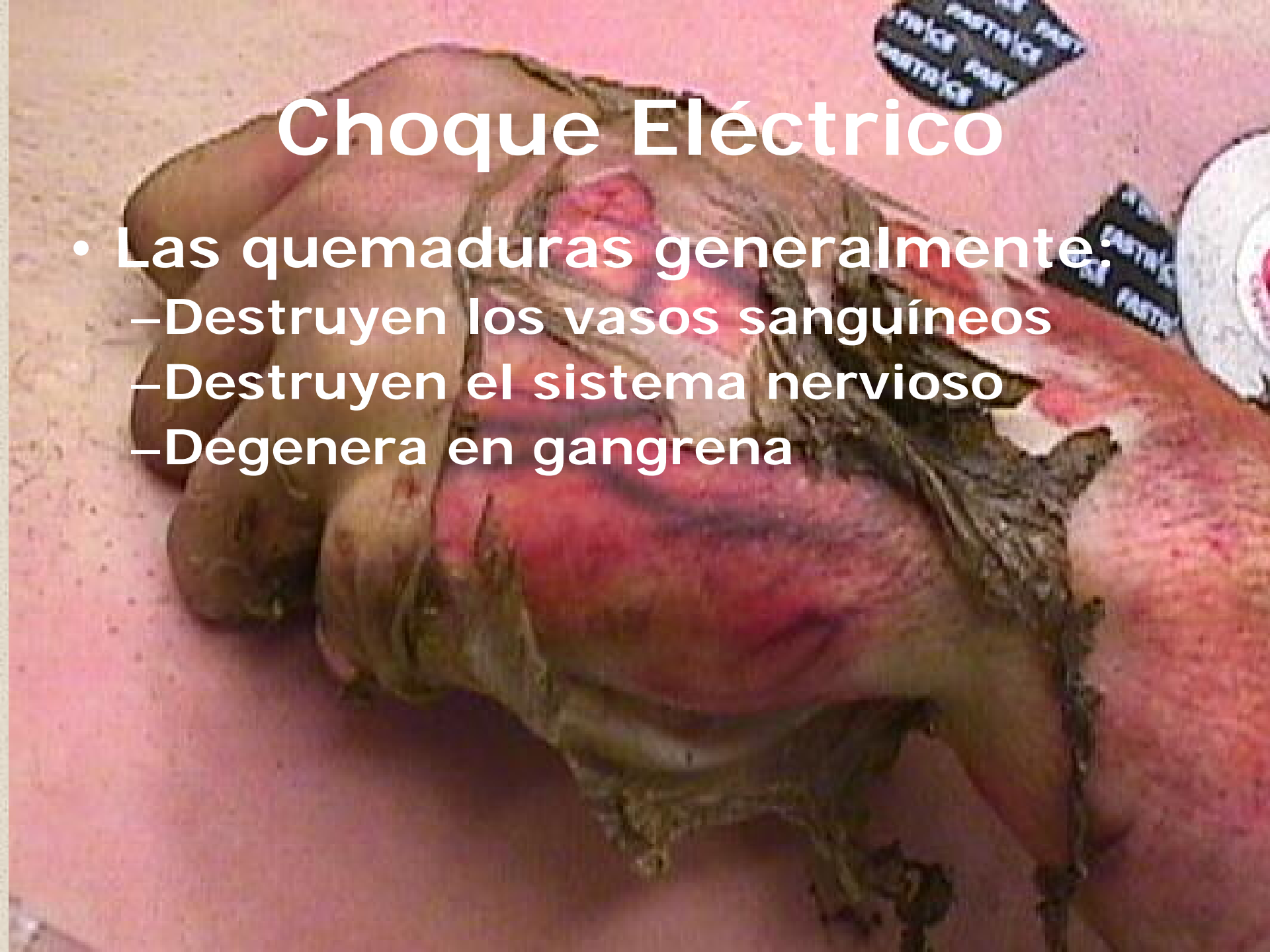
- **El choque puede causar los siguientes efectos (cont.):**
 - **Daño en los tejidos**
 - **La corriente al pasar a través del cuerpo puede causar daños a:**
 - F Tejidos**
 - F Corazón**
 - F Músculos**
 - F Hígado**
 - F Nervios**
 - F Pulmones**
 - F Vasos capilares**
 - F Riñones**
 - F Cualquier cosa por donde pase**

Rango y efecto de la corriente

Corriente	Efecto
1 mA	Ligeramente perceptible
1-3 mA	Límite de Percepción (mayormente)
3-9 mA	Sensación dolorosa
9-25 mA	Contracción muscular
25-60 mA	Parálisis respiratoria (pudiera ser fatal)
60 mA o mas	Fibrilación Ventricular (probablemente fatal)
4 A o mas	Parálisis cardiaca (posible reestablecer por RCP)
5 A o mas	Quemadura de tejido (fatal de ser órganos vitales)

Choque Eléctrico

- Las quemaduras generalmente:
 - Destruyen los vasos sanguíneos
 - Destruyen el sistema nervioso
 - Degenera en gangrena



Variaciones en la Resistencia de la Piel

Corriente	Húmeda	Seca
El toque de un dedo	4-15k	40k-1M
Mano asiendo un cable	3-6k	15-50k
Agarre de pulgar y dedo	2-5k	10-30k
Mano asiendo un taladro	0.5-1.5k	1-3k
Mano inmersa	200-750	—
Pie inmerso	100-300	—



Valores de resistencia del concreto

(basados en áreas iguales a 130 cm²)

Condición	Resistencia (Ohm's)
Concreto Seco suspendido	1-5M
Concreto Seco sobre tierra	200k-1M
Concreto Húmedo	1-5k



Arco Eléctrico

- **Casi el 50% de los accidentes eléctricos graves involucran quemaduras por arco**
- **Solo personas entrenadas y con equipo protector contra arcos debe aproximarse a equipo eléctrico energizado**
- **Mantener a los espectadores alejados**
- **El arco puede ocasionar la muerte a distancias mayores de los 3 metros**
- **Temperaturas extremadamente altas**

Arco Eléctrico



Arco Eléctrico

- Igual a 4 veces la temperatura de la superficie del sol (aproximadamente $20,000^{\circ}\text{C}$)
- Vaporiza metales
- Enciende la ropa
- 95°C – La dermis no regenera (muerte celular)
- Causa explosión eléctrica

Ilustración del arco y un objeto captando el calor

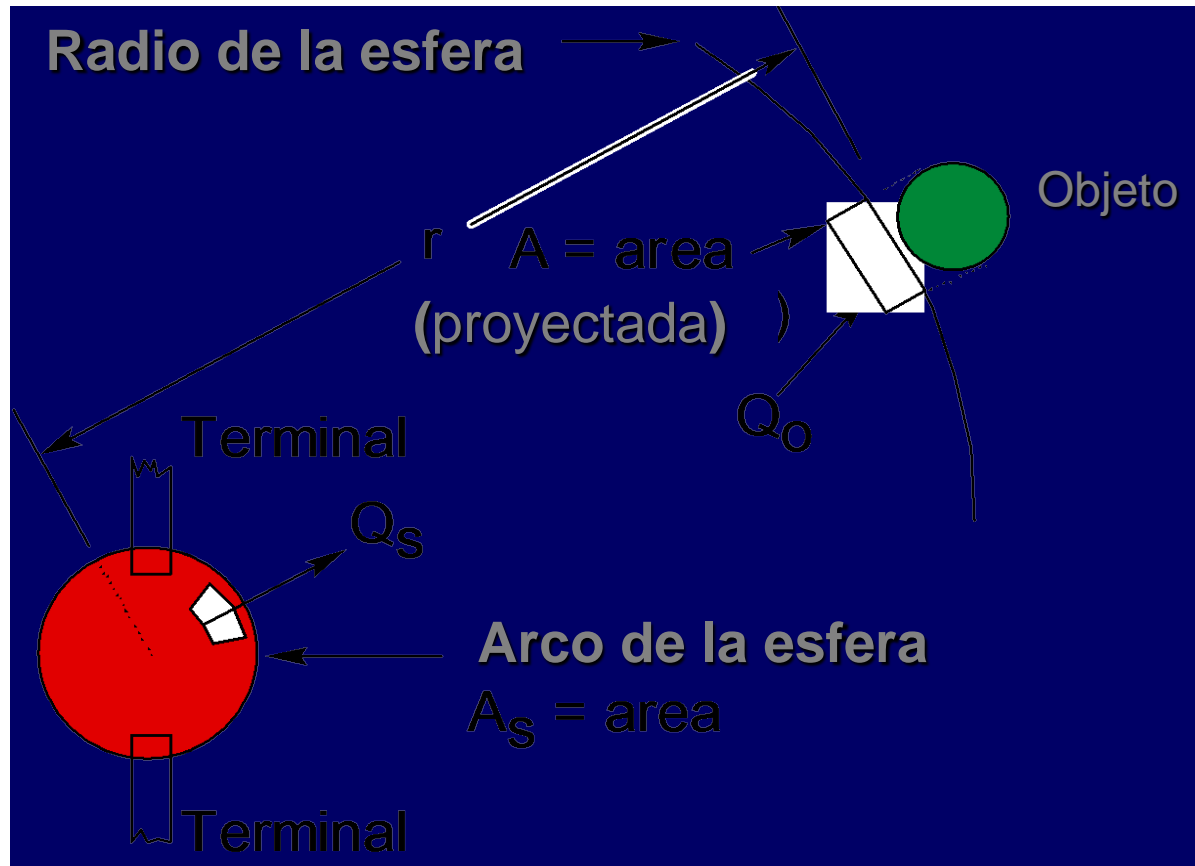


Tabla I

Falla apernada En KA	Voltaje del Sistema en Kv					
	0.48	2.4	4.2	7.2	13.2	34.5
1	0.42	2.0	3.6	6.3	11.4	29.8
2	0.83	4.2	7.2	12.5	22.8	59.6
3	1.25	6.2	10.8	18.7	34.8	91.0
5	2.08	10.3	18.0	31.2	57.1	149.2
10	4.15	20.8	36.0	62.3	114.2	295.5
15	6.23	31.1	54.0	93.4	171.3	447.7
20	8.3	41.5	72.0	120.5	228.3	596.7
30	12.5	62.2	108.0	186.8		
40	16.6	83.0	144.0			
50	20.0	103.8	180.0			

Temperatura del Arco

- **Un corto-circuito de 30,000 amperios en un sistema de 7,200 voltios puede:**
 - Producir 187 MW de potencia
 - Crea un diámetro de arco de 3 metros
 - El aumento de temperatura sobre la piel es de:
 - Aproximadamente de 3408⁰C en una décima de segundo
 - Distancia de 51 cm (26⁰C a 3 m)
- **La muerte Celular (piel no curable) ocurre a aproximadamente 95⁰C en 0.1 segundo**

Tabla I

Falla apernada En KA	Voltaje del Sistema en Kv					
	0.48	2.4	4.2	7.2	13.2	34.5
1	0.42	2.0	3.6	6.3	11.4	29.8
2	0.83	4.2	7.2	12.5	22.8	59.6
3	1.25	6.2	10.8	18.7	34.8	91.0
5	2.08	10.3	18.0	31.2	57.1	149.2
10	4.15	20.8	36.0	62.3	114.2	295.5
15	6.23	31.1	54.0	93.4	171.3	447.7
20	8.3	41.5	72.0	120.5	228.3	596.7
30	12.5	62.2	108.0	186.8		
40	16.6	83.0	144.0			
50	20.0	103.8	180.0			

Tabla II
Diámetro del Arco de la esfera; Potencia del Arco

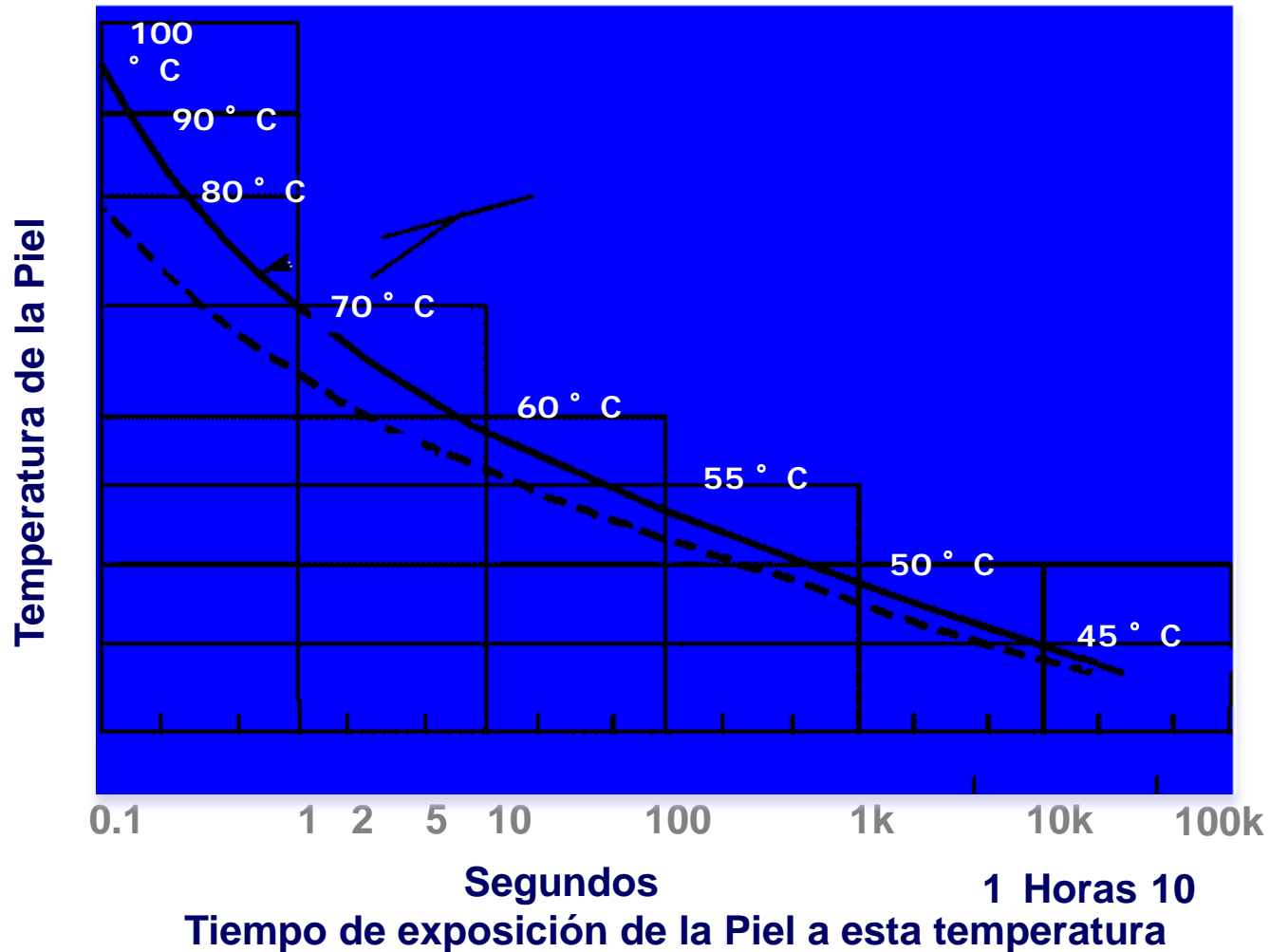
Pot. del Arco MW	Área pulg. ²	Dia. De esfera	
		Pulg.	cm.
	0.415	0.363	9.22
	0.829	0.514	13.08
	1.65 .	0.725	18.57
	4.15 .	1.14 .	29.18
	8.29 .	1.62 .	40.89
	12.44 .	1.99 .	50.80
	20.73 .	2.57 .	65.48
	41.46 .	3.63 .	92.71
	82.92 .	5.14 .	130.80
	124.38 .	6.29 .	160.77
10 .	165.84 .	7.27 .	185.42
150 .			22.56 .
250 .			29.18 .
500 .	829.20 .	16.1 .	40.89 .

Tabla III

Aumento de Temperatura en piel en 0.1 Sec.

Centro del arco		Distancia al centro del arco					
		50.8 cm	61	76.2	91.4	152	305 cm.
In.	cm.						
1	2.54		24	15	11	4	C
2	5.08		96	61	43	16	C
3	7.62		215	138	96	34	C
4	10.2		381	244	170	61	C
6	15.2		854	547	380	137	C
8	20.3		1525	976	678	244	C
10	25.4	3425° C					95° C
12	30.5	4941° C	3431	2196	1526	549	137° C
16	40.6	8740° C	6069	3885	2699	971	242° C

Tolerancia del tejido humano en Relación Tiempo-Temperatura



Trate el Arco como si manejara materiales radioactivos



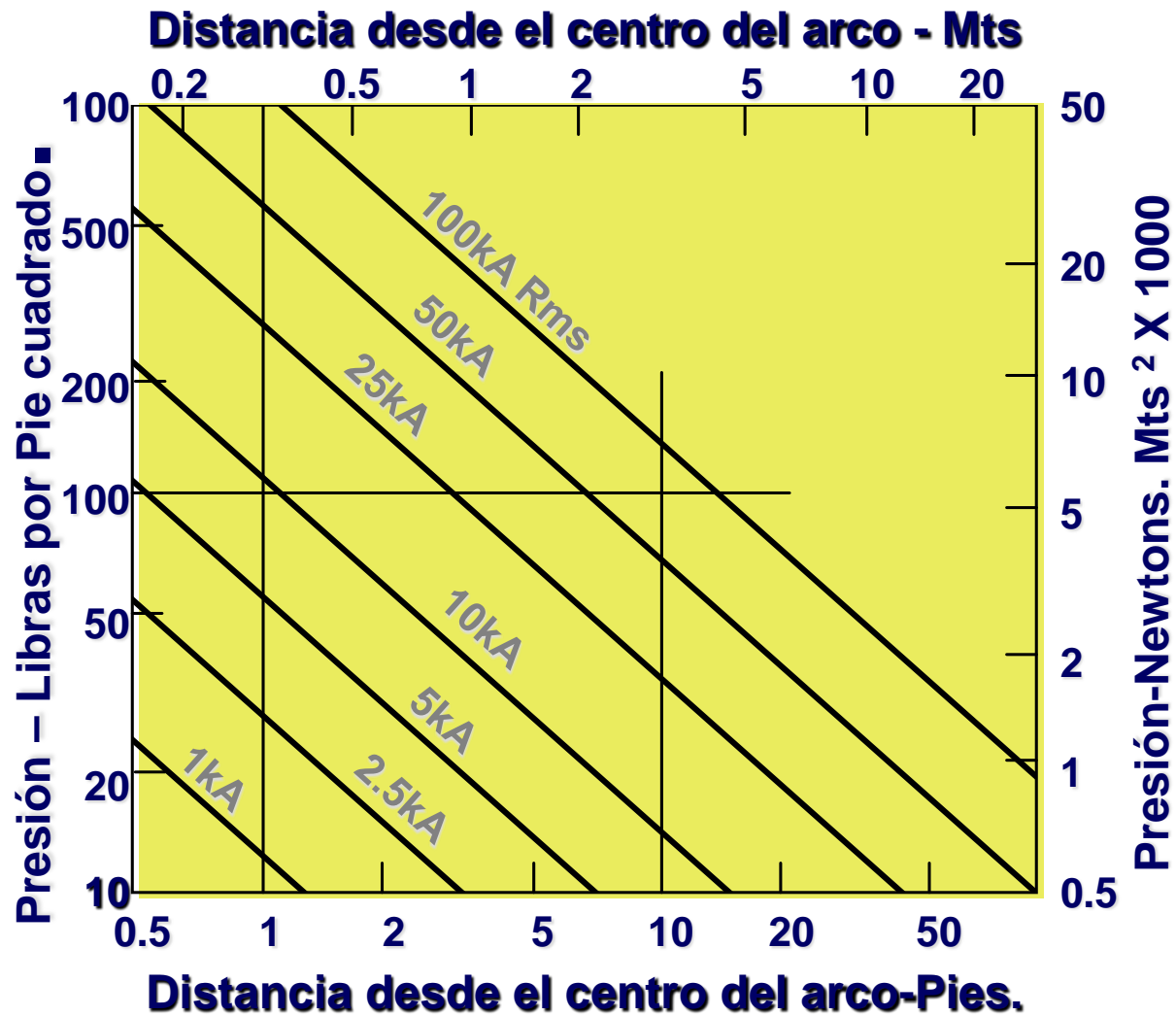
- Barrera
- Distancia
- Disminuya el tiempo de Exposición
- Uso correcto de la protección contra fogonazo

Detonación Eléctrica

- El cobre vaporizado en un arco eléctrico se expande 67,000 veces
- La expansión se traduce en una explosión de:
 - Metal Fundido
 - Fragmentos de metal
 - Altas temperaturas
 - Presión en el cuerpo



Presión vs. Distancia del Arco



Ejemplos de Presión de Detonación

- Presiones de una falla de 25,000 amp:
(Área del cuerpo es de 3 pies²)
- 1' - 325 lbs./pies². = 975 en el cuerpo
- 2' - 160 lbs./ pies². = 480 en el cuerpo
- 5' - 70 lbs./ pies². = 210 en el cuerpo
- 50' - no presión = 0 en el cuerpo



Generalidades sobre las Regulaciones y las Normas

- **1910.137 “Equipo de Protección Eléctrica”**
 - Cuidado y uso del equipo de protección eléctrico
- **1910 Subparte I “Equipo de Protección Personal”**
 - 1910.132 “Requisitos generales”
 - 1910.133 “Protección de Ojos y Cara”
 - 1910.134 “Protección Respiratoria”
 - 1910.135 “Protección de la Cabeza”
 - 1910.136 “Protección de los Pies”
 - 1910.138 “Protección de las manos”



Clasificación básica de los cascos

Por impacto:

- Tipo I. Protección de impacto desde arriba
- Tipo II. Protección de impacto desde arriba y lateral



Por capacidad de aislamiento eléctrico

- Clase E. Alto voltaje (prueba 3 minutos-20 000 V luego a 30 000 V)
- Clase G. bajo voltaje (prueba 1 minuto-2200 V)
- Clase C. Conductivo

NORMA ASTM F2413-05

OSHA Reemplazó la ANSI Z 41* con la ASTM F2413-05 busque en la etiqueta del calzado una información similar a la siguiente:

- ASTM F2413-05
- M I/75/C/75/Mt75
- EH, DI, Cd, SD

* Efectivo a partir del 9 de Octubre de 2009

Marcado en calzado de seguridad

Protección de los pies para alto voltaje, conocido como calzado dieléctrico debe tener las siguientes características:

- **Cumplir con ASTM F1117-03 (2008).**
- **Probado a 20 kV (mojado)**

Solo como protección secundaria



1910.138 "Protección de las manos"



Medidas de Protección

- **Medidas generales para proteger a los empleados**
 - **Aislamiento y resguardo**
 - **El aislamiento provee de una barrera al flujo de la corriente eléctrica.**
 - **El aislamiento tiene que ser:**
 - **El clasificado para el voltaje**
 - **Limpio y seco**

Medidas de Protección







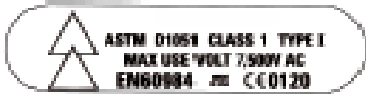


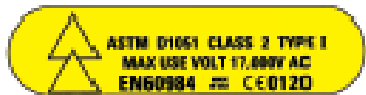


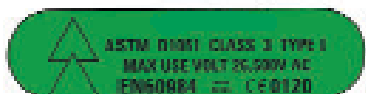


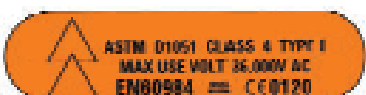
- **Los empleados tiene que usar prácticas seguras de trabajo**
 - Incluye mantenerse a la distancia prescrita de las líneas energizadas
 - Evitar el uso de equipo eléctrico mientras estén húmedos
 - El bloqueo y tarjeteo del equipo cuando se desenergiza para darle mantenimiento
- **Los empleados tienen que usar dispositivos de protección eléctrica tales como guantes de caucho y herramientas aisladas**

Letreros y tarjetas de seguridad





Clasificación de Voltaje para Equipos Protectores de Caucho

Clase Color	Tensión de Ensayo CA / CC	Tensión Máx. de Servicio CA / CC*	Etiqueta Productos de Caucho Moldeado	Rótulos de Guante	Rótulos Bajorelieve Mangas de Caucho
00 Beige	2500 / 10.000	500 / 750*			
0 Rojo	5000 / 20.000	1000 / 1500*			
1 Blanco	10.000 / 40.000	7500 / 11.250*			
2 Amarillo	20.000 / 50.000	17.000 / 25.500*			
3 Verde	30.000 / 60.000	26.500 / 39.750*			
4 Naranja	40.000 / 70.000	36.000 / 54.000*			

*La tensión máxima de servicio en CC no consta en ninguna especificación ASTM, sólo es válida en relación a la norma IEC 903.

Equipo de Protección Contra Arcos

- **Ropa protectora**
 - Entrenar a los empleados en los peligros de las flamas y los arcos eléctricos
 - No llevar puesta ropa que incremente el daño
 - prohibido usar rayon, nylon, polyester, acetato ó mezclas.



Protección HRC 4 según NFPA 70E .
44 cal/cm²

Equipo de Protección Contra Arcos

- Mantas anti-Arco
 - Protege al operario en cámaras subterráneas, playas de maniobras.

Nota: Puede que no bloquee totalmente los arcos y llamaradas, pero reduce sus efectos explosivos e incendiarios



ARC48



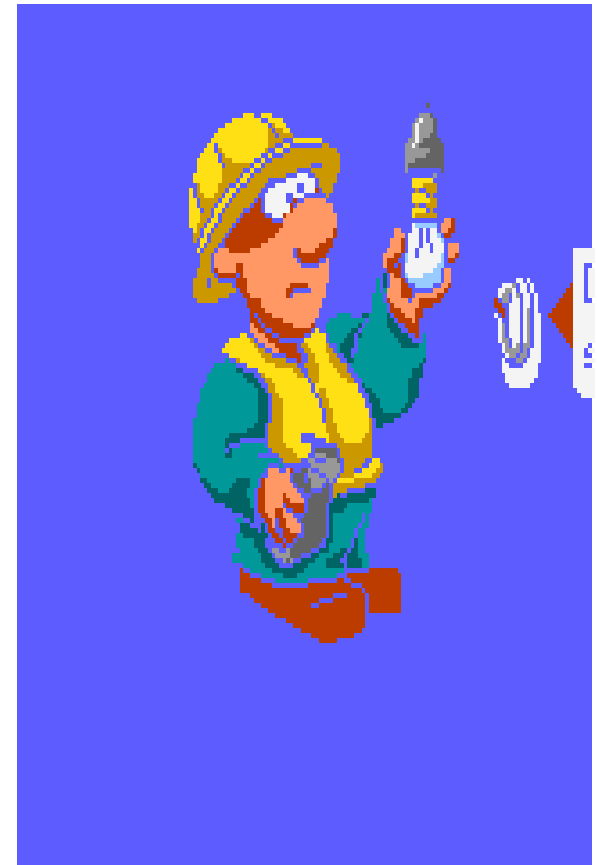
P4

Manipulación correcta del "Breaker"



Trabajo en Vivo

- **Definición**
 - “Trabajo realizado en partes energizadas (involucra contacto directo o a través de herramientas o materiales), ó estar lo suficientemente cerca de manera que los empleados estén expuestos a los peligros presentes”



Protección al personal

- Sólo personas calificadas
- Tienen que ser capaces de trabajar en forma segura

Tienen que estar familiarizados con el uso apropiado de:

- Técnicas especiales de precaución
- Equipo de protección personal
- Materiales de aislación y de barrera
- Herramientas aisladas





1910.269(I) Trabajo en o cerca de partes expuestas y energizadas

- **Solo personal calificado puede trabajar en o cerca**
 - al menos 2 personas son necesarias para
 - Trabajar a 600 ó mas voltios
 - Trabajo con peligros equivalentes
- **No se requieren dos personas cuando**
 - Conmutación rutinaria
 - Uso de herramientas de línea viva si se provee al empleado de la distancia segura
 - Reparaciones de emergencia para salvaguardar al público

Líneas Aéreas

Trabajo cerca de líneas aéreas

- **Desenergize y aterrice las líneas, ó**
- **Proveer otras medidas protectoras:**
 - Resguardos
 - Aislación
 - Aislamiento
 - Precauciones para evitar el contacto

Distancias de aproximación para empleados calificados – AC

Rango de Voltaje (Fase a Fase)	Distancia mínima de aproximación
300V y menos	Evite contacto
Mas de 300V, no mas de 750V	30.5 cm
Mas de 750V, no mas de 2 kV	46,0 cm
Mas de 2 kV, no mas de 15 kV	61,0 cm
Mas de 15 kV, no mas de 37 kV	91,0 cm
Mas de 37 kV, no mas de 87.5 kV	107 cm
Mas de 87.5 kV, no mas de 121 kV	122 cm
Mas de 121 kV, no mas de 140 kV	137 cm



Distancias de aproximación a partes vivas según NFPA 70E

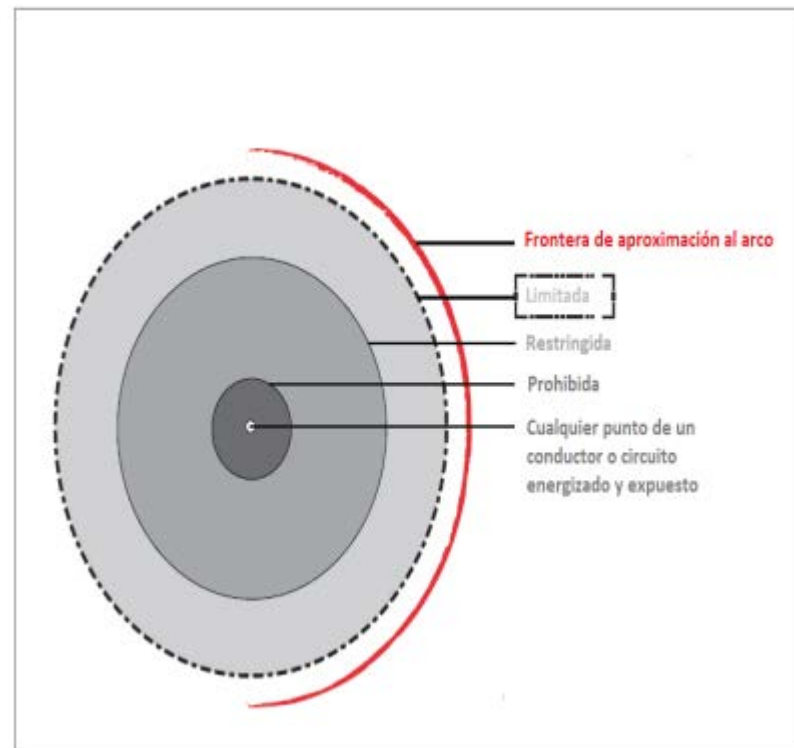
Diagrama de Zona de Despeje

Limitado. Distancia Límite de aproximación en donde existe el peligro de choque

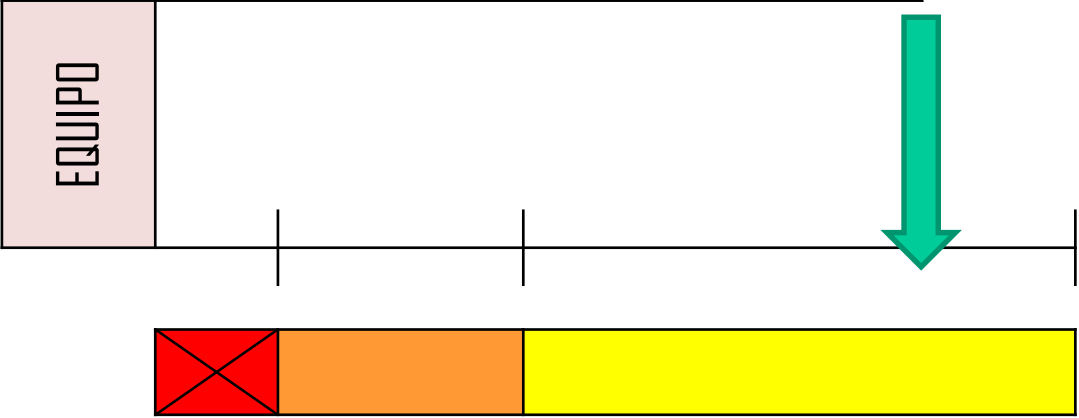
Restringido. Distancia límite de aproximación donde hay un aumento de riesgo de choque, debido a un arco eléctrico combinado con movimiento inadvertido.

Prohibido. Distancia límite de aproximación, que es considerada igual a entrar en contacto con la parte viva

Las personas calificadas NO debe aproximarse a partes energizadas expuestas mas allá del límite restringido establecido en la tabla 130.2 (C) a menos que estén aisladas o protegidas de las partes vivas



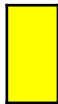
Límite de Protección al Arco (LPA)
Uso obligatorio del EPP apropiado
el LPA depende del nivel de falla y tiempo de duración



Prohibido: Solo personal calificado, EPP como si hubiera contacto con partes vivas



Restringido: Solo personal calificado



Limitado: Persona calificada o no , si la misma está acompañado por persona calificada

Personas no calificadas

Ninguna parte del cuerpo u objeto conductor puede estar mas cerca de:

- **3 metros para 50 o menos kVolts**
- **1 cm por cada 1kV por encima de 50kV**

Para personas en tierra o elevadas

NOTA: Objetos que no tienen la aislación necesaria para el voltaje en uso son considerados conductivos

Vehículos y Equipo

Vehículos con partes que pudiesen alcanzar las líneas aéreas

- 3 m para 50 o menos kVolts
- 1 cm por cada 1kV por encima de 50kV
- Si el vehículo está en tránsito reducir a 122 cm, aumentar 1 cm por cada 1kV
- Disminuir si se han colocado barreras aisladoras en las líneas

Vehículos y Equipo

- Reduzca a Tabla S-5 si la persona calificada opera un teleférico aislado
- Los empleados en tierra no deben hacer contacto con el vehículo – peligro de potencial por toque
- Si el equipo esta aterrizado, mantenerse alejado varios pies de este – peligro de potencial por paso



I Iluminación

Áreas con poca iluminación y partes expuestas y energizadas:

- Los empleados no deben entrar
- Los empleados no deben trabajar allí
- No se acerque a ciegas a estas áreas



Exigencias Reglamentarias 1910.269(n)

- Aplicada para crear una zona equipotencial
- Capaz de conducir la máxima corriente
- Una ampacidad no menor a No. 2 AWG
- Antes de instalar tierras, pruebe por voltaje
- Instale el extremo de tierra primero
- Remueva el extremo del conductor primero y de último el extremo de tierra

Tierra de Protección Personal

- **Método recomendado**
 - Aterrizado de un solo punto o en el lugar de trabajo
 - El aterrizado en el sitio de trabajo puede ser usado en conjunto con un aterrizado de doble punto
- **Propósito de las tierras protectoras**
 - Igualar el voltaje en el sitio de trabajo
 - Proteger de voltajes inducidos
 - Causa que los dispositivos protectores desconecten la fuente
 - En pocas palabras-previene la muerte o las heridas del trabajador

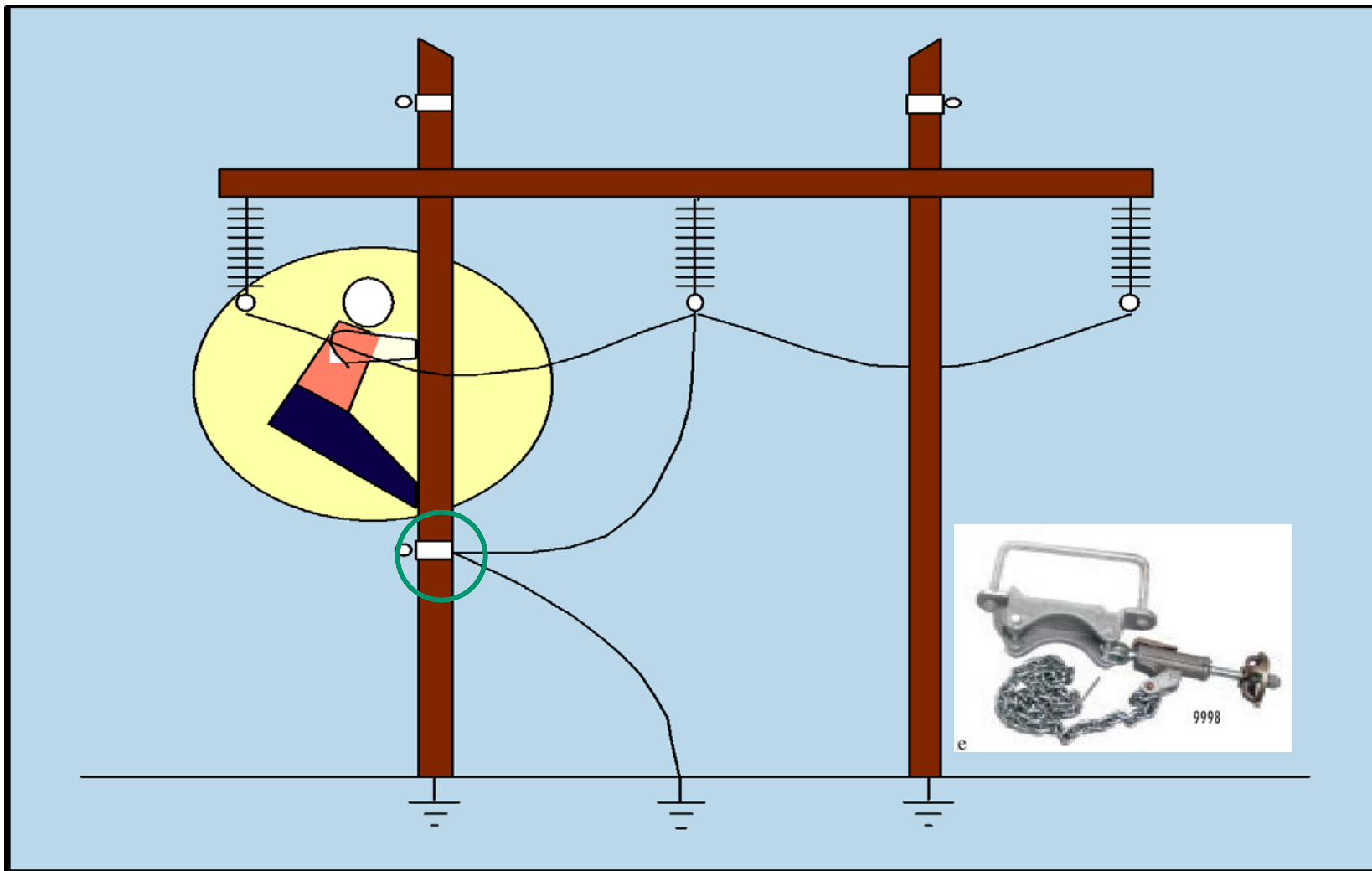
Dimensionado de las tierras de protección

- Dimensione para que conduzca en forma segura la corriente de falla disponible
- Limite el voltaje a través del cuerpo del trabajador
- Para asegurar que las tierras son las adecuadas:
 - Calcule la máxima corriente de falla disponible
 - Cree un listado de conductores a tierra apropiados
 - Programe inspecciones y pruebas periódicas

Equipo de Conexión a Tierra

- Tiene que cumplir con los requisitos de ASTM F-855
- Las tierras de protección personal consisten en:
 - Cables de largo y diámetros Apropriados
 - Partes compatibles
 - Pinzas apropiadas
- Herramientas de líneas vivas para fijar las tierras

Zona Equipotencial



(g) (2) (i) Acceso a Equipo Eléctrico

- **Partes vivas de 50 o mas voltios tienen que resguardarse por medio de:**
 - **Gabinetes aprobados**
 - **Otros habitáculos aprobados**
 - **Sólo permitir acceso a los equipos, a personal “Calificado”**

Requerimiento del GFCI

- **NEC 305-6; Todos los alambrados temporales para:**

“construcción, remodelación, mantenimiento, reparación, o demolición de edificios, estructuras, equipo o actividades similares”

Requieren ser protegidas por un GFCI

- **Excepción: personal industrial calificado que tengan un programa efectivo de aterrizado de equipo**



(b) (2) Reconexión de Circuitos

Después de una apertura del circuito por medio automáticos:

- **No reenergize manualmente los breakers**
- **No reenergize tan solo reemplazando los fusibles**

El reenergizado está prohibido hasta encontrar la razón y corregida la misma

Equipo Mecanizado

- **Mantener la distancia mínima de aproximación**
 - Las partes aisladas están exentas
 - Pudiera requerirse un observador
- **Si el equipo pudiera llegar a energizarse**
 - Cubra las líneas
 - use equipo mecanizado aislado
 - Formas de proteger al empleado; aterrizando el vehículo, usando esteras aterrizadas y guantes de caucho, mantas y barricadas



Fusibles

- **Usando inapropiados:**
 - **Valores de voltaje**
 - **Valores de Amperaje**
 - **Valores de Interrupción**