

	Título: PT- TRABAJO ELECTRICO	
Código: PP-3-SSTCB-51-A	Aprobador: DGSMS/SSTCB	Fecha de aprobación: 29/05/2023
	Gestor: DGSMS/SSTCB	Firma: Franz Alejandro Camacho Calle

1. OBJETIVO

Realizar un análisis de la energía asociada al arco eléctrico Y shock eléctrico producido en las instalaciones eléctricas producto de fallas en equipos u operaciones indeseadas, el mismo permitirá establecer los equipos de protección personal y distancias mínimas de aproximación que deberán aplicarse en cada instalación eléctrica en su operación y mantenimiento, así como también fijara los lineamientos en materia de diseño seguro en futuros proyectos.

2. ALCANCE

Todas las barras pertenecientes a los centros control de motores en 380 Volts, 6600 volts y los tableros de distribución en 6600 volts y 13200 volts

3. DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

3.1. NORMAS

- NFPA 70E Standard for electrical safety requirements for employer workplace,
- Avo Arc-Flash hazard analysis, John Lane Electrical Safety Engineer, Avo Training Institute
- IEEE Standard 1584
- Estudio de cortocircuito en la red eléctrica de la refinería Ricardo Elicabe, realizado por Icono en noviembre del 2003
- Manuales de interruptores Ema, Línea Otomax, Modelo P2C—3000 A-ABB, Modelo Megamax F5S 4000 amp

3.2. PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

3.3. LEGISLACIÓN

DL 16998 Decreto ley General de Higiene Seguridad Ocupacional y Bienestar.

4. DEFINICIONES Y SIGLAS

4.1. DEFINICIONES

Arco Eléctrico: Fenómeno energético que se produce en ocasión de una falla de alguno de los elementos que conforma un sistema eléctrico, esta energía se manifiesta en forma calórica pero también tiene asociado una

onda expansiva que libera alta presión, así como también un alto nivel de ruido durante su ocurrencia.

Shock eléctrico(electrocución): Accidente el cual se produce al violar las distancias mínimas establecidas para cada nivel de tensión sin hacer uso de los equipos de protección personal definido para cada área.

Control de riesgo: Medidas de eliminación o mitigación de los factores de riesgo que se han puesto en práctica en la fuente de origen, en el medio de transmisión, en las personas o en el método.

Equipo: Dispositivo compuesto por mecanismos mecánicos, neumáticos, hidráulicos, o eléctricos que se utilizan en la ejecución de una labor específica, y se pueden clasificar en Crítico, Semi-crítico y No crítico.

Equipo de Protección Personal (EPP): Es un conjunto de artefactos y accesorios, diseñados especialmente para proteger el cuerpo del trabajador de los agentes a los cuales se expone con motivo o en ejercicio de su trabajo. Así como cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad y salud. De los distintos tipos de E.P.P. se tiene: cascos, visores, lentes, antiparras, máscaras o caretas, protectores auditivos, respiradores, guantes, botas de seguridad, cinturones, cuerda de seguridad, arnés de seguridad, etc., y otros dispositivos que se determinen y requieran de acuerdo al análisis de riesgos.

Personal calificado: Personal que posee sólidos conocimiento en la operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas, así como también se encuentra debidamente autorizado para acceder las áreas de dichas instalaciones.

Personal no calificado: Personal que no posee conocimiento en la operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas específicas.

Límite de aproximación: Distancia segura de aproximación, la cual puede encontrarse tanto el personal calificado o no calificado (acompañado de personal calificado), sin necesidad de uso de equipo de protección personal especial.

Límite de aproximación restringida: Distancia a la cual solo puede acceder el personal calificado haciendo uso para ello de técnicas y herramientas especiales que le permitan protegerse de un shock eléctrico.

Límite de aproximación prohibida: Distancia a la cual solo puede acceder el personal calificado haciendo uso para ello de equipos y herramientas especiales que le permitan hacer contacto con partes energizadas.

Límite de aproximación para arco eléctrico: Distancia mínima que ha de mantenerse a fin de prevenir serias quemaduras (mayor a segundo grado), sin necesidad de utilizar ropa resistente a la radiación térmica producto del arco eléctrico.

Corriente de cortocircuito: Altas corriente de fallas de los sistemas, que suelen presentarse ante la pérdida del nivel de aislamiento de los equipos, lo cual ocasiona un contacto entre fases distintas o con la puesta a tierra.

Tiempo de apertura: Es el tiempo de despeje o duración del cortocircuito a través de interruptores o fusibles.

Interruptores: Dispositivo con capacidad de despejar una corriente de cortocircuito.

Tablero: Encerramiento metálico o no metálico donde se alojan elementos tales como aparatos de corte, control, medición, dispositivos de protección, barrajes, para efectos de este reglamento es equivalente a panel, armario o cuadro.

Fusibles: Elementos fundentes con capacidad de despejar una corriente de cortocircuito.

Electrodo o barra: Dispositivo o elemento conductor de energía eléctrica que se encuentra en condición normal de operación energizado.

Pie: Unidad de medida que define longitud su equivalente es .3048 metros.

Pulgadas(in): Unidad de medida que define longitud su equivalente es .0254 metros.

Yardas(yd): Unidad de medida que define longitud su equivalente es .9144 metros.

Onza(oz): Unidad de medida que define peso su equivalente es 28,349 gramos.

4.2. SIGLAS

PT: Permiso de Trabajo.

RAS: Recomendaciones Adicionales de Seguridad

5. RESPONSABILIDADES

5.1 EMISOR

- Liberar el equipo/sistema eléctrico que será intervenido
- Participar del proceso de emisión del PT trabajo eléctrico en el área donde se ejecutará dicho trabajo.
- Informar sobre posibles peligros propios del área y/ o equipo eléctrico bajo su responsabilidad.
- Proveer las medidas de control que sean su responsabilidad.
- Completar en la Matriz de Seguimiento de Pts. el estado del PT trabajo eléctrico (Abierto o cerrado)

5.2. EJECUTOR (PROPIO O CONTRATISTA)

- Participar del proceso de emisión del PT trabajo eléctrico en el área donde se ejecutará dicho trabajo.
- Informar sobre posibles peligros resultantes de las actividades que desarrollarán.
- Proveer las medidas de control que sean su responsabilidad

5.3. TÉCNICO DE SMS

- Participar activamente del proceso de emisión del PT trabajo eléctrico en el área donde se ejecutará dicho trabajo.
- Deberá promover un análisis de riesgo previo en el lugar de trabajo.
- Proveer las medidas de control que sean su responsabilidad.
- Registrar los Pts. emitidos en la Matriz de Seguimiento de Pts.

5.4. CO-EMISOR

- Participar del proceso de emisión del PT trabajo eléctrico en el área donde se ejecutará dicho trabajo. (Cuando corresponda)
- Proveer las medidas de control que sean su responsabilidad (Cuando corresponda)

6. MEDIDAS DE SMS

6.1 Ropa y equipos de protección personal (EPP's).

Para el trabajo eléctrico se debe utilizar obligatoriamente los equipos de protección individuales necesarios para trabajos rutinarios en planta (EPP's). y también los EPP's específicos para trabajos eléctricos de acuerdo a la siguiente tabla para poder intervenir los equipos

Equipo	Categoría de EPP para relámpago de arco	Frontera de relámpago de arco
Paneles de distribución u otros equipos con tensión nominal de 240 V y menor Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 25 kA; máximo 0.03 s (2 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima 455 mm (18 pulg.)	1	485 mm (19 pulg.)
Paneles de distribución y otros equipos con tensión nominal >240 V y hasta 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 25 kA; máximo 0.03 s (2 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm (18 pulg.)	2	900 mm (3 pies)
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V 2 1.5 m Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo 0.03 s (2 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm (18 pulg.)	2	1,5 m (5 pies)
Centros de control de motores (CCM) de clase 600 V 4 4.3 m Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 42 kA; máximo 0.33 s (20 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm (18 pulg.)	4	4.3 m (14 pies)
Tablero de potencia de clase 600 V (con interruptores de circuitos de potencia o interruptores con fusibles) y tablero de distribución de clase 600 V Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 35 kA; máximo de hasta 0.5 s (30 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 455 mm (18 pulg.)	4	6m (20 pies)
Otros equipos de clase 600 V (277 V a 600 V, nominales) Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 65 kA; máximo de 0.03 s (2 ciclos) de tiempo de despeje de la falla; distancia de trabajo mínima de 455 mm (18 pulg.)	2	1,5 m (5 pies)
Arrancadores de motores NEMA E2 (contactor con fusibles), 2.3 kV a 7.2 kV Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 35 kA; máximo de hasta 0.24 s (15 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 910 mm (36 pulg.)	4	12 m (40 pies)
Tablero de potencia blindado, 1 kV a 15 kV Parámetros: Máxima corriente de cortocircuito disponible de 35 kA; máximo de hasta 0.24 s (15 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 910 mm (36 pulg.)	4	12 m (40 pies)
Tablero de potencia resistente a arcos, Tipo 1 o 2 [para tiempos de despeje <0.5 s (30 ciclos) con una corriente de falla prospectiva que no exceda el valor de resistencia a arcos de los equipos], y tablero de potencia del interruptor con envoltorio de metal, con o sin fusibles de una construcción de tipo resistente al arco probada en concordancia con IEEE C37.20.7, 1 kV hasta 15 kV	N/A (puertas cerradas)	N/A (puertas cerradas)
Parámetros: Máximo de 35 kA de corriente de cortocircuito disponible; máximo de hasta 0.24 s (15 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 910 mm (36 pulg.)	4 (puertas abiertas)	12 m (40 pies)
Otros equipos de 1 kV a 15 kV Parámetros: Máximo de 35 kA de corriente de cortocircuito disponible; máximo de hasta 0.24 s (15 ciclos) de tiempo de despeje de fallas; distancia de trabajo mínima de 910 mm (36 pulg.)		12 m (40 pies)

7. DESARROLLO

El técnico de SMS debe identificar y verificar los posibles peligros y riesgos que se pueden presentar durante la ejecución del trabajo eléctrico, de acuerdo con las condiciones existentes en el equipo y/o área del trabajo eléctrico y procede a tomar las medidas preventivas necesarias para evitar la ocurrencia de eventos que puedan afectar a las personas, a las instalaciones y al medio ambiente.

7.1 Identificación de Peligros y Valoración de Riesgos

Se deben identificar los peligros y evaluar riesgos a controlar dentro de las actividades de los trabajos eléctricos (cableado, conexión, energización y pruebas eléctricas, etc.), mediante el llenado del PT-permisos de trabajo-trabajos eléctricos, los cuales son revisados y aprobados por el emisor, ejecutor, técnico de SMS y en el caso que amerite el co emisor respectivamente.

Los siguientes riesgos deben ser calificados como NO ACEPTABLES, que para este procedimiento se identifican los siguientes:

- Choque eléctrico
- Carga dinámica mantenida durante la jornada laboral
- Caídas al mismo y diferente nivel por condiciones locativas
- Dolores lumbares por movimientos repetitivos y levantamiento de cargas manuales
- Lesiones por el uso de herramientas manuales
- Generación de residuos ordinarios y eléctricos (estos residuos se generan durante la operación y las pruebas a las instalaciones).

Cualquier cambio que se presente durante el proceso debe parar el trabajo eléctrico y seguidamente evaluar el riesgo de la actividad bajo las nuevas condiciones, especialmente el cambio de las condiciones climáticas durante la energización y las pruebas, de debe cerrar el permiso de trabajo y solicitar una nueva emisión y liberación del permiso de trabajo eléctrico.

7.2 Determinación de Controles

Se deben implementar los controles preventivos definidos en el permiso de trabajo y todos aquellos que promuevan la ejecución segura durante las actividades. Se deben tomar las siguientes medidas de control y prevención, pero sin limitarse a ellas:

- a) Antes de iniciar las actividades, se da al personal una charla diaria donde se contemplen los riesgos y las instrucciones específicas asociadas al peligro eléctrico incluyendo la desenergización, aislamiento, demarcación, señalización, uso de equipos y herramientas que serán utilizados durante la ejecución de la actividad, controles asociados a peligros, controles asociados al uso de productos químicos como su rotulados, almacenamiento, disposición y divulgación de las Hojas de seguridad y las Tarjetas de emergencia. Se debe dejar registro mediante de la firma en el reverso del permiso de trabajo lista de charla de 5 minutos de SMS. Control de asistencia.
- b) Para todo trabajo eléctrico se deberá aislar previamente el circuito según tomando medidas de Bloqueo y Etiquetado (procedimiento BEEP).
- c) Los generadores y transformadores eléctricos ubicados en las áreas de trabajo, deben estar aislados del personal por medio de barreras físicas con avisos de precaución.
- d) Se debe informar al Jefe inmediato, al Supervisor del área y al técnico de SMS de la ejecución de trabajos que impliquen el riesgo de contacto de herramientas, equipos o personal con cables eléctricos, independientemente del estado de conexión en que estos se encuentren.
- e) Los equipos, herramientas y extensiones eléctricas deberán estar siempre fuera del contacto del agua o la humedad.
- f) Además del equipo básico de protección personal, los responsables de manipular cables eléctricos deben utilizar gafas de seguridad con lentes oscuros, guantes de caucho y guanteletes de baqueta o carnaza y mangas de caucho, botas de caucho o calzado aislante sin herrajes y clavos en las suelas; cascos dieléctricos y ropa sin accesorios metálicos. Los responsables de manejar ácidos para baterías deben utilizar delantales, mono gafas, botas y guantes de materiales resistentes al ácido.
- g) El equipo de protección personal se deberá usar para el voltaje de diseño.
- h) El equipo de protección personal debe ser inspeccionado por el trabajador previo a su uso cada día para ver si está dañado y regístralo en el permiso de trabajo , así como después de cada incidente que haya podido dañarlo. Estas últimas no requieren documentación.

- i) A los guantes se les debe hacer una prueba de aire al tiempo con la inspección. Se debe enrollar el mango del guante de caucho para crear un sello e inflarlo. Si el guante se desinfla y no retiene el aire, se debe disponer de acuerdo al plan de gestión de residuos de YPFB Refinación.
- j) El equipo de protección se deberá guardar protegido de la luz, temperaturas extremas, humedad excesiva y productos químicos.
- k) Se deben usar guanteletes de baqueta o carnaza sobre los guantes de caucho para proveer protección contra la abrasión.
- l) Se debe verificar el buen estado de todos los materiales y equipos que se utilizarán para el trabajo eléctrico, incluyendo los accesorios de los tableros eléctricos a los que se refiere este procedimiento, en especial, las UPS y tarjetas electrónicas.
- m) Los cables expuestos se manejarán con ganchos de seguridad o con guantes aislantes para electricistas.
- n) Los cables eléctricos deben estar a mínimo 8 metros de altura sobre las zonas transitadas por camiones, grúas, excavadoras u otros equipos en los cruces de carreteras y caminos. y serán señalizadas con avisos preventivos.
- o) Los cables de extensión y demás cables de equipos se deben inspeccionar antes de su uso o al principio de cada turno. La inspección no es necesaria si el equipo permanece conectado y no está expuesto a daños.
- p) Todos los cables dañados se deben retirar inmediatamente del servicio hasta su reparación o reemplazo.
- q) Se deben usar cables tipo polo a tierra y no se deben modificar los cables de ninguna manera.
- r) La extensión a utilizar debe tener el mismo calibre o mayor que el cable del equipo a conectar.
- s) Solo se debe conectar una extensión a cada toma corriente.
- t) Los residuos generados en las actividades que describe este procedimiento en general, se establecen como residuos no peligrosos y los residuos electrónicos serán clasificados como especiales. Sin embargo, se clasifican como peligrosos los elementos eléctricos y electrónicos que estén contaminados con aceites, químicos u otros productos peligrosos; los cuales deberán ser registrados y entregados para su gestión de acuerdo a lo establecido en el PP-1-MARSE-1 Gestión de Residuos Sólidos.

7.3. MANEJO DE INCIDENTES Y ACCIDENTES DE TRABAJO

Todos los frentes de trabajo eléctrico de alto riesgo deben contar como mínimo con un brigadista de primeros auxilios, un extintor multipropósito, una camilla y un botiquín.

En caso de accidente por choque eléctrico, nunca se debe tratar de tocar o agarrar a la persona accidentada. Como primera medida se debe interrumpir el flujo eléctrico de inmediato, si no es posible, se debe retirar a la víctima de la fuente por medio de un elemento no conductor, por ejemplo, un palo de madera. Una vez retirado del contacto eléctrico se debe dar reanimación RCP a la víctima y tratar las quemaduras de acuerdo a los conocimientos y competencia para hacerlo. En caso de accidentes por caídas en las zanjas, el accidentado debe ser inmovilizado, retirado de la zona de peligro donde se le prestarán los primeros auxilios por el personal médico de salud laboral que se fue comunicado del accidente eléctrico.

Todo incidente y accidente que se presente debe manejarse de acuerdo al Plan de Emergencias de la RCBA, ser notificado al gerente de MAN-ME al personal de turno de SSTCB y a salud laboral, quienes deben dar el soporte básico de vida y remitir a la víctima a la caja petrolera de seguro o al servicio de salud más cercano en caso de ser necesario. Y así mismo, deben tomar las medidas de control necesarias para eliminar cualquier efecto repetitivo.

7.4. CONDICIONES PARA EL PERSONAL, EL MATERIAL Y EL EQUIPO

7.4.1 Personal

Se debe garantizar la competencia del personal por medio de certificaciones de experiencia o con las certificaciones y títulos que lo acrediten para el desarrollo de las actividades. Todo el personal que vaya a laborar debe tener la inducción inicial de SMS.

El personal debe estar debidamente entrenado en las tareas a ejecutar y como refuerzo, diariamente previo a cualquier actividad, el técnico eléctrico tiene que realizar la charla de 5 minutos, haciendo énfasis en los peligros a controlar.

El personal asignado para ejecutar esta actividad debe ser técnico eléctrico calificado, con la experiencia adecuada en este tipo de trabajo y previamente capacitado y entrenado en el manejo de las herramientas, materiales, normas y especificaciones a cumplir.

7.4.2 Herramientas y Equipos

- Las herramientas manuales eléctricas, lámparas eléctricas y demás aparatos similares serán de un voltaje no mayor de 220 Voltios y estarán conectados a tierra.
- Las herramientas manuales para trabajos eléctricos deben estar provistas de mangos antideslizantes y dieléctricos.
- Durante el almacenamiento y transporte de las herramientas se debe evitar someter a esfuerzos los conectores y cualquier otra parte de la herramienta.
- Las lámparas portátiles deben estar provistas de mango antideslizante, el foco deberá estar protegido contra golpes.
- Las cajas de distribución de fusibles e interruptores se deben mantener en perfectas condiciones y siempre tapadas.
- Los aparatos, equipos, herramientas, etc., que produzcan cargas electrostáticas por rozamiento deberán tener conexiones a tierra.
- Los equipos utilizados en las pruebas eléctricas deben estar calibrados y certificados por una entidad acreditada.

7.5 Analisis de peligro eléctrico

7.5.1 Verificación de los niveles de cortocircuito

Una vez suministrados los datos de cortocircuito se procedieron a verificar los mismos, a objeto de corroborar la veracidad de los mismos, para ello se realizó un cálculo sencillo de corto circuito, haciendo uso del método por unidad, despreciando para ello los valores resistivos y la impedancia de los cables, tomando como referencia la barra desde 33 Kv hasta la de 380 volts perteneciente a la subestación 770, específicamente la del interruptor 52CI, teniéndose lo siguiente:

Nivel de cortocircuito en la barra de 33 KV (MVA1): 270 MVA

Tr9: 15 MVA, 33/13.2 Kv, 7%

Tr11: 2 MVA, 13.2/.38 Kv, 5 %

MVA base: 15 MVA

Valores por unidad en barra de 33 kv

$Pu1 = MVA \text{ base} / MVA1 = 15 / 270 = 0.0555556$

Valores por unidad Tr9

$Pu \text{ Tr9} = Z(\%) \times MVA \text{ base} / 100 \times MVA \text{ Tr9} = (7 \times 15) / (100 \times 15) = .07$

Valores por unidad Tr11

$Pu \text{ Tr11} = Z(\%) \times MVA \text{ base} / 100 \times MVA \text{ Tr11} = (5 \times 15) / (100 \times 2) = .375$

Calculo de falla en barra de 13.2 Kv

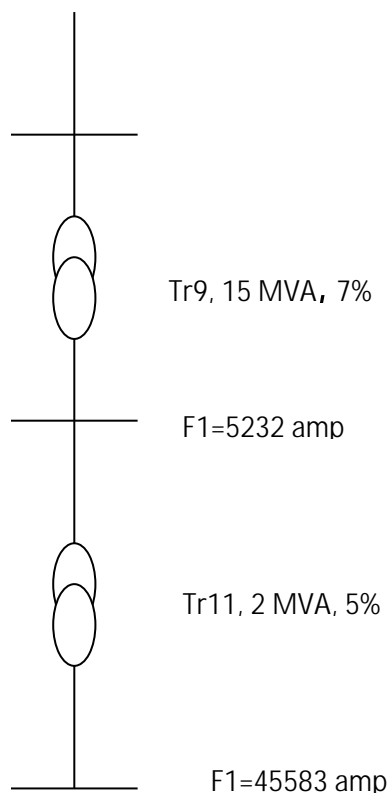
$Z_{total1} = Pu1 + Pu \text{ Tr9} = 0.1255556$

$I_{cc1} = 1000 \times MVA \text{ base} / 1.73 \times Kv \times Z_{total1} = 5232 \text{ amp}$

Calculo de falla en barra de 0.38 kv

$Z_{total} = Z_{total1} + Pu \text{ Tr11} = 0.1255556$

$I_{cc2} = 1000 \times MVA \text{ base} / 1.73 \times Kv \times Z_{total} = 45583 \text{ amp}$



7.5.1.1Tiempo de apertura (T)

Se determinaron los tiempos de apertura de los interruptores, para ello se tomó información de las curvas de coordinación donde se establece los valores en los

tiempos de despeje de falla, arrojando los valores indicados en las tablas anexas para cada subestación.

Para verificar los tiempos de apertura de los interruptores se consultó con los manuales de los interruptores EMA y ABB

7.5.1.2 Definición del Límite de aproximación por Shock Eléctrico

Para este límite de aproximación debemos tener en cuenta dos secciones fundamentales como lo son las siguientes: **Distancia a otros quipos en su entorno**

En esta sección se establece las distancias mínimas del equipo energizado con respecto a su entorno en forma horizontal, vertical y con respecto a otros equipos energizados.

Clearance and Approach Boundaries Figures and Tables

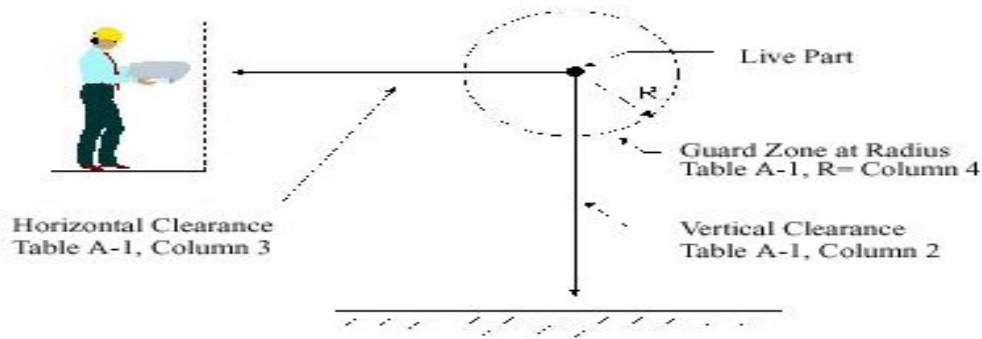


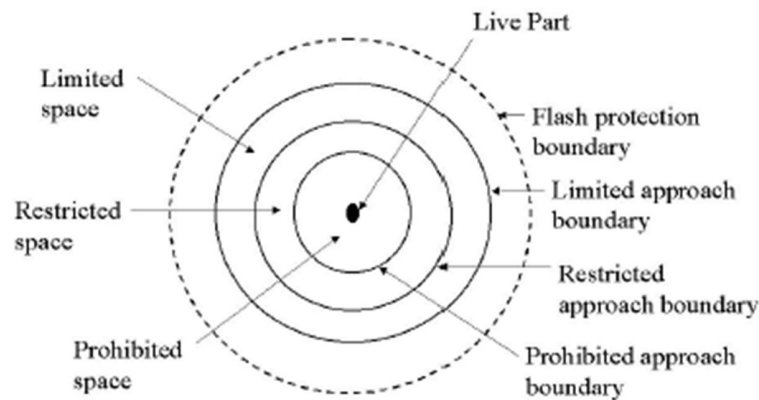
Figure A-1 Clearance From Live Parts

(Based on Figure 124-1 NESC C2-2002. From IEEE Std. C2-2002. Copyright 2001 IEEE. All rights reserved.)

7.5.2 Distancia con respecto al personal

Se refiere a los límites de seguridad de aproximación, los límites de aproximación restringido, los límites de aproximación prohibido, como se

Figure A-2 Limits of Approach



Approach Boundaries				
Nominal System Voltage Range, Phase to Phase	Limited Approach Boundary		Restricted Approach Boundary	Prohibited Approach Boundary
	Exposed Moveable Conductor	Exposed Fixed Circuit Part	Includes Inadvertent Movement Adder	
0 - 50	Not specified	Not specified	Not specified	Not specified
51 - 300	10 ft. 0 in.	3 ft. 6 in.	Avoid contact	Avoid contact
301 - 750	10 ft. 0 in.	3 ft. 6 in.	1 ft. 0 in.	0 ft. 1 in.
751 V - 15 kV	10 ft. 0 in.	5 ft. 0 in.	2 ft. 2 in.	0 ft. 7 in.
15.1 - 36 kV	10 ft. 0 in.	6 ft. 0 in.	2 ft. 7 in.	0 ft. 10 in.
36.1 - 46 kV	10 ft. 0 in.	8 ft. 0 in.	2 ft. 9 in.	1 ft. 5 in.
46.1 - 72.5 kV	10 ft. 0 in.	8 ft. 0 in.	3 ft. 3 in.	2 ft. 1 in.
72.6 - 121 kV	10 ft. 8 in.	8 ft. 0 in.	3 ft. 2 in.	2 ft. 8 in.
138 - 145 kV	11 ft. 0 in.	10 ft. 0 in.	3 ft. 7 in.	3 ft. 1 in.
161 - 169 kV	11 ft. 8 in.	11 ft. 8 in.	4 ft. 0 in.	3 ft. 6 in.
230 - 242 kV	13 ft. 0 in.	13 ft. 0 in.	5 ft. 3 in.	4 ft. 9 in.
345 - 362 kV	15 ft. 4 in.	15 ft. 4 in.	8 ft. 6 in.	8 ft. 0 in.
500 - 550 kV	19 ft. 0 in.	19 ft. 0 in.	11 ft. 3 in.	10 ft. 9 in.
765 - 800 kV	23 ft. 9 in.	23 ft. 9 in.	14 ft. 11 in.	14 ft. 5 in.

7.5.3 Definición del Límite de aproximación por Shock Eléctrico

Como puede verse en la información suministrada anteriormente lo que se especifica son distancias seguras en función de evitar un shock eléctrico, sin embargo, se define una distancia exterior que es el límite de aproximación para evitar sufrir quemaduras producto de arco eléctrico.

7.6 Calculo del Límite de aproximación por Arco Eléctrico

Para los actuales momentos la NFPA 70E aprobó en su edición del año 2003, una fórmula que permita realizar el cálculo del límite de aproximación segura que garantiza el que la radiación térmica producida por un arco eléctrico no alcanzaría los 1.2 cal/cm², con lo cual las personas no estarían sujetas a quemaduras severas (>segundo grado) siempre que el tiempo de exposición a dicho evento no supere los 100 milisegundos, dicha fórmula viene definida de la siguiente manera:

$$D_c = (2.65 \times MVA_{cc} \times T)^{1/2} \text{ (NFPA 70E-2002, part.II, appendix B-2)}$$

D_c = Distancia o límite de seguridad para no sufrir quemaduras severas sin hacer uso de equipos de protección personal especiales. Distancia en pies

MVA_{cc} = MVA de cortocircuito en el punto de estudio.

T = Tiempo de apertura de la falla en segundo.

$$\text{Calculo de los } MVA_{cc} = 1.73 \times I_{cc}$$

Para el I_{cc} se tomó los valores mostrados en la tabla referente a los niveles de cortocircuito

Para determinar el tiempo de apertura se tomó los valores dados en la tabla referente a tiempo total de apertura.

Aplicando dicha fórmula para las diferentes subestaciones se obtuvo las distancias dadas en metros (se aplicó el factor de conversión para pasar de pies a metros):

Nota: en fechas anteriores se estilaba dar como distancia o límite de seguridad para arco eléctrico en baja tensión de 4 pies.

7.7 Calculo de la energía calórica asociada a un arco eléctrico

Para ello se hizo uso de la formula dada para cálculo de nivel de energía asociada a un arco eléctrico en un gabinete cerrado, para una separación de la persona con respecto al electrodo o barra energizada mayor o igual a 18 pulgadas.

$$E = 1038.7 \times (D_b)^{-1.4738} \times T \times (0.0093 \times F^2 - 0.3453 \times F + 5.9675) \text{ (NFPA 70E-2002,part. II, appendix B5.2)}$$

E = energía asociada al arco eléctrico en cal/cm²

Db = Distancia de la persona con respecto al electrodo o barra energizada en pulgadas. (Para distancia mayores de 18pulgadas)

T = Tiempo de apertura de la falla en segundo.

F = corriente de cortocircuito en la barra o electrodo en kilo amperio.

Aplicando la formula anterior utilizamos los siguientes valores:

Db = 18 pulgadas

T = tiempo total en segundo = Depende para cada caso

F = Icc mostrado en la tabla de nivel de cortocircuito en Kilo- amp

Aplicando la formula anterior para las barras de .38 Kv tenemos los resultados mostrados en anexos

7.8 Determinación de los Equipos de Protección Personal

7.8.1 Características típicas de equipos de protección personal resistente al fuego

En esta tabla se puede observar la clasificación de los equipos de protección personal en función del nivel de riesgo categoría o nivel de energía que ellos puedan manejar.

CATEGORIA	PESO(Oz/Yd ²)		Cal/cm ²
0	4.5-7		0
1	4.5-8		5
2	9-12		8

3	16-20		25
4	24-30		40

7.8.2 Clasificación de riesgo en actividades eléctricas

En esta sección se definen todos los trabajos eléctricos clasificando los mismos en función de su riesgo y de los equipos / herramientas de protección personal requeridas

ACTIVIDAD	CATEGORIA	GUANTES AISLADOS	HERRAMIENTAS AISLADAS
Tablero hasta 240 v			
Operación en CB o fusible (on/off)	0	N	N
Trabajo sobre equipos energizados (incluye pruebas)	0	S	S
Remover/instalar CB o fusibles	1	S	S
Remover tapas que posean tornillos	1	N	N
Abrir tapas con bisagras	0	N	N
Tablero desde 240 a 600 v			
Operación en CB o fusible (on)	0	N	N
Operación en CB o fusible(off)	0	N	N
Trabajo sobre equipos energizados(incluye pruebas)	2	S	S
CCM hasta 600 volts			

ACTIVIDAD	CATEGORIA	GUANTES AISLADOS	HERRAMIENTAS AISLADAS
Operación CB, fusible o arrancador con puertas cerradas	0	N	N
Medición y lecturas sobre el panel	0	N	N
Operación CB, fusible o arrancador con puertas abiertas	1	N	N
Trabajo sobre equipos energizados(incluye pruebas)	2	S	S
Remover/instalar CB, fusibles o partes del arrancador	3	S	S
Instalar tierra segura después de prueba de 0 energía	2	S	S
Remover tapas que posean tornillos	2	N	N
Abrir tapas con bisagras	1	N	N
Swichtgear hasta 600 volts con CB o fusible			
Operación CB, fusible o arrancador con puertas cerradas	0	N	N
Medición y lecturas sobre el panel	0	N	N
Operación CB, fusible o arrancador con puertas abiertas	1	N	N
Trabajo sobre equipos energizados(incluye pruebas)	2	S	S

ACTIVIDAD	CATEGORIA	GUANTES AISLADOS	HERRAMIENTAS AISLADAS
Remover/instalar CB, fusibles o partes del arrancador	3	N	N
Instalar tierra segura después de prueba de 0 energía	2	S	S
Remover tapas que posean tornillos	3	N	N
Abrir tapas con bisagras	2	N	N
Otros equipos hasta 600 volts			
Iluminación	-	-	-
Remover tapas que posean tornillos	2	N	N
Abrir tapas con bisagras	1	N	N
Trabajo sobre equipos energizados(incluye pruebas)	2	S	S
Remover/instalar equipo de medición	2	S	S
Instalar tierra segura después de prueba de 0 energía	2	S	S
Remover/instalar cable cubierto sobre bandejas	1	N	N
Arrancadores de motores desde 2.3 kv hasta 7 kv			
Operación Contactor con puertas cerradas	0	N	N
Medición y lecturas sobre el panel	0	N	N

ACTIVIDAD	CATEGORIA	GUANTES AISLADOS	HERRAMIENTAS AISLADAS
Operación Contactor con puertas abiertas	3	N	N
Trabajo sobre equipos energizados(incluye pruebas)	3	S	S
Remover/instalar partes del arrancador	2	N	N
Instalar tierra segura después de prueba de 0 energía	2	S	S
Remover tapas que posean tornillos	3	N	N
Abrir tapas con bisagras	2	N	N
Swichtgear Metal clad > 1 KV			
Operación CB o fusible con puertas cerradas	2	N	N
Medición y lecturas sobre el panel	0	N	N
Operación Contactor con puertas abiertas	4	N	N
Trabajo sobre equipos energizados(incluye pruebas)	4	S	S
Remover/instalar partes del arrancador	4	N	N
Instalar tierra segura después de prueba de 0 energía	3	S	S
Remover tapas que posean tornillos	4	N	N
Abrir tapas con bisagras	3	N	N

ACTIVIDAD	CATEGORIA	GUANTES AISLADOS	HERRAMIENTAS AISLADAS
Abrir compartimiento de transformadores de potencia o control	4	N	N
Otros equipos mayores a 1 Kv			
Operación seccionadores con puertas cerradas	2	N	N
Trabajo sobre equipos energizados(incluye pruebas)	4	S	S
Remover/instalar partes	3	N	N
Remover tapas que posean tornillos	4	N	N
Abrir tapas con bisagras	3	N	N
Examinar cable en área cerrada	4	S	N

TABLA DE CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Equipo resistente al fuego	0	1	2	3	4
Camisa		X	X	X	X
Pantalón		X	X	X	X
Casco muy resistente mecánico		X	X	X	X
Casco con refuerzo				X	X
Lentes de seguridad	X	X			
Protector facial			X	X	X

Equipo resistente al fuego	0	1	2	3	4
Protector auditivo			X	X	X
Guantes de cuero		X	X	X	X
zapatos		X	X	X	X

En función de los datos anteriores se deduce una gran gama de equipamiento necesario para cada actividad, de allí la importancia de determinar la máxima categoría a fin de poder especificar el equipo de protección personal en función del punto más severo de corriente de cortocircuito y de esta forma poder estandarizar para todas las áreas.

8. CONTROL Y REGISTROS

El Gestor de este estándar de trabajo tendrá la responsabilidad de realizar la mejora del presente en función a recomendaciones realizadas en busca de la mejora continua.

ANEXOS

No Aplica.

REGISTROS

NRO	REGISTRO	TITULO DEL REGISTRO
1	RG-165-PP-3-SSTCB-51	PERMISO DE TRABAJO ELECTRICO

REGISTROS COMPLEMENTARIOS

No Aplica.

SUMARIO DE REVISIONES

REVISION	FECHA	DESCRIPCION
A	29/05/2023	Emisión original

LISTA DE DISTRIBUCION

DGSMS/SSTCB, MAN/MEI, GRCBA/CAR, GRCBA/LUB, GRCBA/LUB/LUT, GRCBA/SET

FECHA DE ANALISIS CRITICO

La próxima fecha de análisis crítico es **31/08/2023**