

GUÍA METODOLÓGICA PARA CORRECCIÓN DE PUNTOS CALIENTES EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS CON ENFOQUE EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

	ELABORÓ	REVISÓ	
FECHA:	7/10/2023	VERSIÓN	Nº1
NOMBRE:	Mayra A. Díaz Almeyda	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre
CARGO:	Estudiante Ing. Eléctrica	Director	Codirector




	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Oscar Aguirre	Página 2 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga			

Tabla de Contenido

Introducción	4
1. Objeto.....	6
2. Alcance	6
3. Definiciones	7
4. Marco Normativo.....	11
4.1. Resolución 5018 de 2019	12
4.1.1. Perfil ocupacional para el personal habilitado en trabajos con tensión	12
4.1.2. Medidas de Prevención en Trabajos con Tensión (TCT).....	13
4.2. Requisitos generales para el trabajo en subestaciones.....	15
4.3. Disposiciones Generalidades	17
5. Alineación Regulatoria	17
5.2. Productos Usados en las Instalaciones Eléctricas	19
6. Generalidades	21
6.1. Corrección de puntos calientes	21
6.2. Trabajo con Tensión	23
6.3. Preparación de Actividades de Mantenimiento para Trabajos con Tensión.....	25
6.3.1. Planeación Preliminar	25
6.3.2. Diagnostico	26
6.3.3. Planeación.....	26
6.3.4. Ejecución.....	28
6.3.5. Supervisión y Seguimiento	29
6.3.6. Indicadores	29
6.4. Organización del trabajo.....	30
6.5. Procedimientos de Ejecución.....	31
7. Equipos de Protección Personal y Colectiva para Trabajos en Tensión	33
7.1. Guantes dieléctricos.....	34
7.1.1. Clasificación de los Guantes Dieléctricos	35
7.3. Ropa conductiva	37
7.4. Zapatos Conductivos.....	39
7.6. Cobertores Dieléctricos Flexibles	41


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Oscar Aguirre	Página 3 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga			

7.8.1. Componentes de un andamio aislado.....	44
Referencias	49
ANEXO 1. Conceptualización	51
ANEXO 2. Tipos de subestación.....	65
ANEXO 3. Necesidades técnicas de una subestación eléctrica	69
ANEXO 4. Método de trabajo a potencial	70
ANEXO 5. Método de trabajo a distancia.....	73
ANEXO 6. Método de trabajo en contacto	75

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Oscar Aguirre	Página 4 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga			

Lista de figuras

Figura 1. Puntos calientes en tablero de control	22
Figura 2. Símbolo de Trabajo con tensión	24
Figura 3. Guantes dieléctricos	34
Figura 4. Mangas dieléctricas	36
Figura 5. Ropa conductiva	37
Figura 6. Calzado conductivo	39
Figura 7. Mantas dieléctricas	40
Figura 8. Tipos de cobertores flexibles para trabajos en tensión	41
Figura 9. Pértigas aisladas para trabajos con tensión	42
Figura 10. Andamios aislados	43
Figura 11. Riel y plataforma para apoyo y desplazamiento del andamio aislado	45
Figura 12. Bases de desplazamiento y apoyo del andamio aislado	45
Figura 13. Travesaños laterales para andamios aislantes	46
Figura 14. Soga aislada	47
Figura 15. Componentes de una subestación eléctrica	51
Figura 16. Interruptor de potencia	52
Figura 17. Restaurador de potencia	53
Figura 18. Apartarrayos	54
Figura 19. Transformador	55
Figura 20. Núcleo interno de un transformador	56
Figura 21. Vista de un transformador devanados	58
Figura 22. Tanque de transformador de potencia	59
Figura 23. Bujes comparados con aceite y sin aceite	60
Figura 24. Tablero de control	61
Figura 25. Seccionador en una subestación eléctrica	63
Figura 26. Tipos de subestaciones eléctricas	65
Figura 27. Subestación de maniobra	67
Figura 28. Partes de la subestación eléctrica	68
Figura 29. Método de trabajo a potencial	70
Figura 30. Método de trabajo a distancia	73

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Oscar Aguirre	Página 5 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga			


Introducción

La presente guía está orientada al personal que desempeña labores de alta y media tensión en subestaciones eléctricas y se establece con el objetivo de describir las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, durante la ejecución de los trabajos denominados corrección de puntos calientes. Se incluyen en la guía las disposiciones tanto normativas como los procedimientos y elementos necesarios para la gestión de riesgos de tipo eléctrico.

Asimismo, hace parte del objetivo de esta guía dar cumplimiento a lo especificado en la resolución 5018 de 2019, la cual establece los requisitos para la Seguridad y Salud en el Trabajo en los procesos principales relacionados con energía eléctrica, por ejemplo, en lo referente a la obligación del empresario de informar a sus trabajadores sobre los riesgos de su puesto de trabajo que puedan afectar a su salud y las medidas preventivas que se deben aplicar para gestionarlos.

La presente guía involucra a los trabajadores vinculados a los procesos de mantenimiento en puntos calientes, que se realizan en las subestaciones eléctricas con tensiones que superan 57,5 kV. Los criterios técnicos aplicados en este manual emanan del contenido de la siguiente normativa: Resolución 5018 de 2019 – lineamientos de Seguridad y Salud en el Trabajo con energía eléctrica y el RETIE – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.




	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Oscar Aguirre
Revisó:	Oscar Quiroga		Página 6 de 78

1. Objeto

Establecer el protocolo que se debe llevar a cabo para la corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas bajo el método de trabajo con tensión, enfatizando en los requerimientos de Seguridad y Salud en el Trabajo.

2. Alcance

La identificación de las exigencias normativas para la ejecución de trabajos con tensión acorde con lo establecido en la resolución 5018 de 2019, el RETIE y otras disposiciones, pone las bases sobre las cuales se deriva el alcance de la presente guía la cual tiene como objeto el diseño de un manual o guía metodológica que se estructurará con el paso a paso requerido para la corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas, considerando la etapa de preparación del trabajo como su desarrollo. La guía contiene las herramientas, materiales, equipos requeridos, el personal mínimo, los estudios previos y los elementos de protección personal requeridos para realizar la actividad de mantenimiento correctivo.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Oscar Aguirre	Página 7 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga			

3. Definiciones

Riesgo eléctrico: Riesgo originado por la energía eléctrica.

Choque eléctrico: por contacto con elementos en tensión (C.E.D.: contactos eléctricos directos), o con masas (partes metálicas) puestas accidentalmente en tensión (C.E.I.: contactos eléctricos indirectos).

Quemaduras: secuela producida gracias a un choque eléctrico o por arco eléctrico.

Trabajador autorizado: Trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, sobre la base de su capacidad para hacerlos de forma correcta.

Persona calificada: Trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años.


Zona de peligro o zona de trabajos con tensión: Espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico, o un contacto directo con el elemento en tensión, teniendo en cuenta los gestos o movimientos normales que puede efectuar el trabajador sin desplazarse.

Zona de proximidad: Espacio delimitado alrededor de la zona de peligro, desde la que el trabajador puede invadir accidentalmente esta última.

Trabajo en tensión: Trabajo durante el cual un trabajador entra en contacto con elementos en tensión, o entra en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.

Mediciones, ensayos y verificaciones: Actividades concebidas para comprobar el cumplimiento de las especificaciones o condiciones técnicas y de seguridad necesarias para el adecuado funcionamiento de una instalación eléctrica.

Método de trabajo con tensión (TCT): Se considera trabajo con tensión todo aquel que se ejecute sobre una instalación o equipo energizado con tensión eléctrica

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Oscar Aguirre
Revisó:	Oscar Quiroga		

igual o superior a 25 voltios; también será considerado con tensión, aquel elemento no puesto a tierra en su parte activa antes de ser intervenido, como parte de las reglas de oro de seguridad eléctrica.

Método de trabajo a contacto: Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.

Método de trabajo a distancia: Consiste en la aplicación de técnicas, elementos y disposiciones de seguridad, tendientes a alejar al operario de los puntos con tensión empleando equipos adecuados.

Método de trabajo a potencial: Usado para líneas de transmisión de más de 33.000 voltios. Consiste en aislar al operario del potencial de tierra y ponerlo al mismo potencial del conductor.


Puntos calientes: Un punto caliente se genera cuando existe una unión mecánica inadecuada con puntos conectados al interruptor o algún otro elemento eléctrico o se generan como consecuencias de los falsos contactos por la acción de las corrientes de sobrecarga y cortocircuito. Elevación de la temperatura presentada en una conexión eléctrica por desajuste, falta de limpieza o mantenimiento.

Aislamiento: Propiedad dieléctrica que tiene un material para no permitir la conducción de corriente eléctrica sobre su superficie.

Alta tensión: Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.

Capacitación: Toda actividad realizada en una entidad ya sea pública o privada donde se autorizada para desempeñar labores de enseñanza y aprendizaje, con el objetivo de preparar el talento humano mediante un proceso en el cual el participante comprende y aplica conocimientos, habilidades, destrezas que lo hacen competente para ejercer sus labores en el puesto de trabajo.

Contacto directo: es el contacto de personas o animales con conductos activos o partes energizadas de una instalación eléctrica.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Oscar Aguirre	Página 9 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga			

Contacto eléctrico: acción de unión de dos elementos con el fin de cerrar un circuito.

Contacto indirecto: es el contacto de personas o animales con elementos o partes conductoras que normalmente no se encuentran energizadas, pero en condiciones de falla de los aislamientos se puedan energizar.

Distancia de seguridad: distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

Inducción: fenómeno en el que un cuerpo energizado, transmite por medio de su campo eléctrico o magnético, energía a otro cuerpo, a pesar de estar separados por un dieléctrico.

Inspección: conjunto de actividades tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad.


Instalación eléctrica: conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica.

Mantenimiento: conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

Mantenimiento subestaciones: Equipo de trabajo cuyo objetivo es garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos correspondiente a todas las subestaciones de potencia, con criterios de eficiencia, eficacia, efectividad, responsabilidad ambiental y social aplicando el mejoramiento continuo.

Peligro: Fuente, situación o acto con potencial de daño en términos de enfermedad o lesión a las personas, o una combinación de estos.


Riesgo: Combinación de la probabilidad de que ocurra un evento o exposición peligroso y la severidad de lesión o enfermedad, que puede ser causado por el evento o la exposición.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 10 de 78

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia que establece los requisitos de seguridad que deben guardar las instalaciones eléctricas, atendiendo plenamente el mandato establecido en el parágrafo del artículo 8 de la ley 1264 de 2008.

Sistema de control: Conjunto de dispositivos que operan siguiendo condiciones preestablecidas y se emplean para realizar el manejo y supervisión de todos los dispositivos y sistemas instalados en la subestación.


Subestación: conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		08/10/2023
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 11 de 78

4. Marco Normativo



En la formulación del protocolo de seguridad para la intervención en la corrección de puntos calientes, se dispone de normatividad vigentes tal como la resolución 5018 de 2019 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, como fundamento para la definición de las medidas de control y prevención de accidentes laborales.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 12 de 78

4.1. Resolución 5018 de 2019


El Ministerio del Trabajo (2019) establece los lineamientos en Seguridad y Salud en el trabajo en los Procesos de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la Energía Eléctrica. Como se especifica a continuación¹

4.1.1. Perfil ocupacional para el personal habilitado en trabajos con tensión

Para la ejecución segura y eficiente de trabajos con tensión, se requiere personal habilitado y con certificado de competencia laboral vigente de acuerdo con la actividad a realizar; siempre y cuando exista la norma de competencia laboral específica vigente que incluya dentro de su perfil ocupacional, entre otras, las siguientes condiciones:


- Alto grado de habilidad manual, buena coordinación visual y motora, capacidad de concentración, gran sentido de responsabilidad y compañerismo, desarrollo normal del sistema propioceptivo y funcionamiento normal del sistema vestibular.
- Alto grado de compatibilidad para el trabajo en grupo que le permita una buena coordinación y sincronización en el trabajo a desarrollar.
- Conocer los dispositivos de corte eléctrico y sus características. Tener conocimientos de seguridad eléctrica.

¹ Resolución 5018 de 2019 Ministerio del Trabajo. (s/f). Gov.co. Recuperado el 6 de septiembre de 2023, de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=88299>

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 13 de 78

4.1.2. Medidas de Prevención en Trabajos con Tensión (TCT)





	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 14 de 78

El Ministerio del Trabajo (2021) contempla en la resolución 5018 de 2019, artículo 3 las medidas y acciones de prevención que se deben tener en cuenta:

- **Habilitación:** Procedimiento, en el cual las empresas habilitan los trabajadores, por períodos de tiempo definidos y no superiores a un año. Se renovará si es aprobada su competencia técnica, su aptitud física y mental, su experiencia y continuidad en los trabajos para los cuales fue habilitado. No obstante, La autorización se retirará cuando se observe que el trabajador incumple las normas de seguridad, o cuando sus condiciones psicofísicas no son satisfactorias.
- **Visita previa:** Procedimiento, en el cual el personal habilitado evalúa la viabilidad técnica y el riesgo asociado para las personas y para el sistema, cumpliendo las etapas de diagnóstico, planeación y ejecución de trabajos descritos en las condiciones generales de este lineamiento. Los procedimientos deben documentarse y pueden ser normalizados, pero, en su aplicación, deben ajustarse a cada situación específica.
- **Protección del trabajador:** Los procedimientos, equipos y materiales utilizados en el método de trabajo empleado deben asegurar la protección del trabajador frente al peligro eléctrico, garantizando, en particular, que el trabajador no entre en contacto accidentalmente con cualquier otro elemento o potencial distinto al suyo. El personal habilitado debe verificar el buen estado y usar los elementos de protección personal, conforme con los procedimientos previstos, las responsabilidades asignadas y la técnica de trabajo con tensión a utilizar (contacto, distancia o a potencial).
- **Selección de equipos, materiales y herramientas:** Procedimiento, por el cual los equipos, materiales y herramientas para la realización de trabajos con tensión se eligen teniendo en cuenta las características del trabajo y la tensión de servicio. Se utilizarán, mantendrán y revisarán siguiendo las instrucciones de su fabricante, la norma nacional o internacional vigente que les aplique y las que defina la empresa para garantizar la protección del trabajador y su correcta operación y calidad.


4.2. Requisitos generales para el trabajo en subestaciones



 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 16 de 78

El Ministerio del Trabajo (2021) contempla en la resolución 5018 de 2019, artículo 13 las medidas de control de acuerdo con el análisis de riesgos para trabajos en subestaciones eléctricas la cual debe garantizar el cumplimiento de lo siguiente:

- Contar con procedimientos para la ejecución de Órdenes de Trabajo para el mantenimiento y la operación de todos los equipos.
- El responsable de operar la subestación es quien entrega al personal de mantenimiento los equipos en la condición operativa indicada en el plan de trabajo aprobado y una vez terminados los trabajos, recibe los equipos del personal de mantenimiento para disponerlos en estado operativo.
- Disponer de una copia actualizada de los procedimientos de operación de equipos de la Subestación dentro de la instalación, tanto en condiciones normales como de emergencia, incluyendo los planos eléctricos actualizados correspondientes y los manuales de operación.
- Todos los equipos deben estar plenamente identificados y rotulados para realizar cualquier operación y/o mantenimiento.
- Toda persona que ingrese a una subestación debe asumir que todos los equipos y partes eléctricas están energizadas, hasta que se compruebe lo contrario.
- Ninguna persona podrá portar dentro de la Subestación elementos metálicos que pongan en riesgo su vida o la de sus acompañantes.
- El uso de elementos de protección acordes al nivel de tensión de la instalación a intervenir y la técnica de trabajo a utilizar.
- Para circular por los patios de subestaciones es obligatorio el uso de casco y botas dieléctricas y ropa de labor.
- El personal asignado al desarrollo de actividades complementarias en subestaciones eléctricas, tales como la vigilancia, obras civiles, mantenimiento, aseo, entre otras, deberán recibir inducción sobre los peligros y riesgos eléctricos a los cuales estará expuesto en esa instalación, y

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 17 de 78

deberá contar con la autorización para su ingreso y la necesidad de la supervisión de los trabajos, si lo requiere, por parte del responsable de validar el cumplimiento de los demás requisitos legales y contractuales (pág. 47).

4.3. Disposiciones Generalidades

Los trabajos en tensión deberán ser realizados por trabajadores calificados, siguiendo un procedimiento previo, estudiado, primeramente, ensayando sin tensión, ajustado a los requisitos indicados a continuación. Además, el personal que tome parte de trabajos con tensión debe estar entrenados en los métodos y procedimientos específicos utilizados en este tipo de trabajos con la respectiva formación y entrenamiento en primeros auxilios, haciendo énfasis en las habilidades para identificar las distancias seguras de trabajo en función de la instalación eléctrica, así como en la correcta aplicación de las técnicas y procedimientos específicos y en el uso apropiado de los equipos de protección individual, las herramientas y los equipos de trabajo (Ministerio del Trabajo, 2021, pág. 41).


5. Alineación Regulatoria

5.1. Intervención de Personas con las Competencias Profesionales

Ministerio de minas y energía (2013) en el RETIE propone la construcción, ampliación o remodelación de toda instalación eléctrica objeto del RETIE, debe ser dirigida, supervisada y ejecutada directamente por personas calificadas competentes, con matrícula profesional vigente, que según la ley les faculte para cada tipo de actividad y deben cumplir con todos los requisitos del presente reglamento que le apliquen².

Conforme a la legislación vigente, la competencia para realizar bajo su responsabilidad directa actividades de, construcción, modificaciones, reparaciones, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas corresponderá a las

² Ministerio, M. y. E. (2013). *ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO DE 2013 CON SUS AJUSTES*. Gov.co.
https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_actualizado_a_2015-1.pdf

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 18 de 78


siguientes personas calificadas, quienes responderán por los efectos resultantes de su participación en la instalación:

- Ingenieros electricistas, electromecánicos, de distribución y redes eléctricas, de acuerdo con la Ley 51 de 1986 por la cual se reglamenta el ejercicio profesional de la Ingeniería Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines y la Ley 842 de 2003 por la cual se reglamenta el ejercicio profesional de la ingeniería y de las profesiones afines y auxiliares. Los ingenieros electrónicos en los temas específicos de electrónica de potencia, control o compatibilidad electromagnética, asociados a la instalación eléctrica.
- Tecnólogos en electricidad o en electromecánica, de acuerdo con la Ley 392 de 1997, en el alcance que determine su formación.
- Técnicos electricistas conforme a las leyes 19 de 1990 y 1264 de 2008, en el alcance que establezca su matrícula profesional para el ejercicio de la profesión a nivel medio.

5.1.1. Responsabilidad de los Diseñadores

Los diseños de las instalaciones eléctricas deben propiciar que en la construcción de la instalación se cumplan todos los requerimientos del RETIE que le apliquen. Tanto las memorias de cálculo como los planos o diagramas deben contemplar en forma legible el nombre, apellidos y matrícula profesional de la persona o personas que actuaron en el diseño, quienes firmarán tales documentos y serán responsables de los efectos derivados de la aplicación del diseño. El diseñador debe atender las inquietudes del constructor e interventor y si se requieren cambios hacer los ajustes pertinentes.

El diseñador, previamente a la elaboración del diseño, debe cerciorarse en el terreno que las distancias mínimas de seguridad y franjas de servidumbre, se pueden cumplir y debe dejar las evidencias de esta condición en las memorias de cálculo y planos de construcción.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 19 de 78

5.1.2. Responsabilidad de los Constructores


Los responsables de la construcción, ampliación o remodelación donde estén involucrada cualquier tipo de instalación eléctrica objeto del RETIE, deben³:

- Asegurarse de contratar las personas calificadas, técnica y legalmente competentes para ejecutar dichas actividades.
- El responsable de la construcción de la instalación eléctrica debe verificar y validar el diseño y si está acorde con el RETIE debe aplicarlo. Si por razones debidamente justificadas considera que no es apropiado, debe solicitar al diseñador que realice los ajustes y dejar registro de la solicitud. Si no es posible que el diseñador realice las correcciones, el constructor las hará y dejará constancia de ellas, en ningún caso se permitirá que las correcciones se aparten del cumplimiento del RETIE. Todos los planos y memorias de cálculo se dejarán conforme a la instalación construida.
- Tanto el constructor de la obra donde este involucrada la instalación como el responsable de la dirección o construcción directa de la instalación eléctrica, deben asegurar que la instalación cumple con todos los requisitos del presente reglamento que le apliquen y demostrarlo mediante el diligenciamiento y suscripción del documento denominado Declaración de Cumplimiento con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, en los términos y el formato establecido en el presente Anexo. La persona calificada que suscriba la declaración será responsable de los efectos que se deriven de la construcción, ampliación o remodelación de la instalación, durante la operación de la misma.


5.2. Productos Usados en las Instalaciones Eléctricas

Ministerio de Minas y Energía (2013) establece la selección de los productos o materiales eléctricos y su instalación debe estar en función de la seguridad, su utilización e influencia del entorno, por lo que se deben tener en cuenta entre otros los siguientes criterios básicos, además los exigidos en el Artículo 20:

³ Ministerio, M. y. E. (2013). *ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO DE 2013 CON SUS AJUSTES*. Gov.co.
https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_actualizado_a_2015-1.pdf

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 20 de 78

- Certificado de Conformidad de Producto conforme al RETIE
- Compatibilidad de materiales: No deben causar deterioro en otros materiales, en el medio ambiente ni en las instalaciones eléctricas adyacentes.
- Corriente de cortocircuito: Los equipos deben soportar las corrientes de cortocircuito previstas.
- Corriente y Tensión de trabajo: Asegurar que la corriente y tensión de operación no exceda la normal del equipo.
- Espacios disponibles para la operación y mantenimiento de la instalación y de los equipos.
- Frecuencia: Se debe tomar en cuenta la frecuencia de servicio cuando influya en las características de los materiales.
- Influencias externas (medio ambiente, condiciones climáticas, corrosión, altitud, etc.)
- Otros parámetros eléctricos o mecánicos que puedan influir en el comportamiento del producto, tales como el factor de potencia, tipo de corriente, conductividad eléctrica y térmica etc.)
- Posibilidades de sujeción mecánica y refrigeración de los equipos.
- Potencia: Que no supere la potencia de servicio.
- Temperaturas normales y extremas de operación.
- Tensión de ensayo dieléctrico: Tensión asignada mayor o igual a las sobretensiones previstas (pág. 51).

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		08/10/2023
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 21 de 78

6. Generalidades

6.1. Corrección de Puntos Calientes



Fuente. Fluke. (2020b, mayo 27). Detección de puntos calientes: cómo buscar. Fluke.com. <https://www.fluke.com/es-es/informacion/blog/termografia/deteccion-puntos->

Según Tecnología para la Industria (2022) existen diferentes maneras de abordar el mantenimiento en subestaciones desde el punto de vista de planeación, por lo tanto, a continuación, se expone los procedimientos a tener en cuenta para un correcto mantenimiento de puntos calientes.


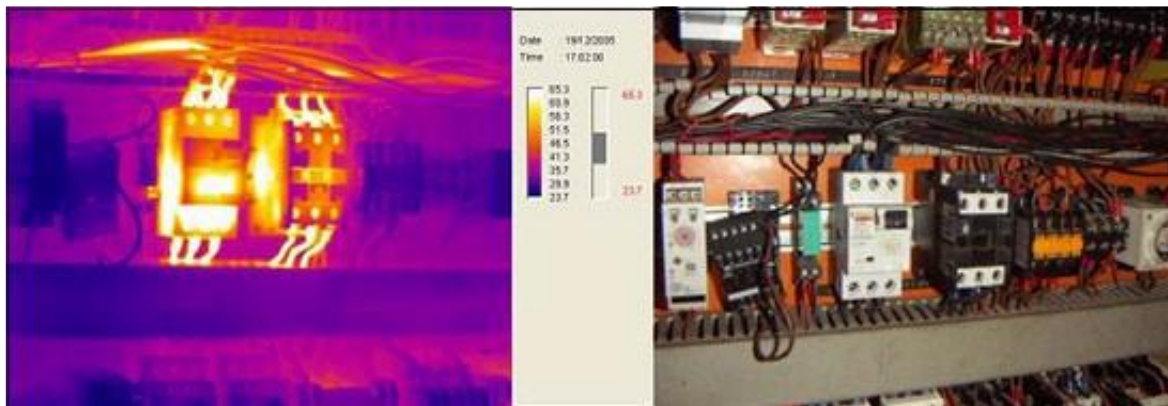

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 22 de 78

Figura 1. Puntos calientes en tablero de control



Nota. Incremento de resistividad debido a tortillería deficientemente ajustada. Tomado de Termografía: ¿Cuáles son las causas que originan puntos calientes en un sistema eléctrico? (2016, abril 12). INDUNOVA. <https://indunova.es/termografia-cuales-son-las-causas-que-originan-puntos-calientes-en-un-sistema-electrico/>

Debido a la gran importancia que tienen las subestaciones en el país se hace necesario establecer anualmente un plan táctico de mantenimiento que permita la intervención periódica de los diferentes activos que componen las subestaciones por parte de los grupos de mantenimiento y el grupo de trabajo con tensión, con el fin de realizar labores de tipo predictivo-preventivo que ayuden a mantener la estabilidad del sistema, prolongar la vida útil y aumentar la disponibilidad de los equipos intervenidos, sin dejar a un lado las acciones correctivas que pueden surgir sobre la marcha, en las diferentes subestaciones. Por lo tanto, a continuación, se desglosa el tipo de mantenimiento que se debe tener en cuenta para una correcta acción en la corrección de puntos calientes.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		Fecha de emisión: 08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Página 23 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	

6.2. Trabajo con Tensión




	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 24 de 78

Figura 2. Símbolo de Trabajo con tensión




Nota. Ministerio, M. y. E. (2013). *ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 90708 DE AGOSTO DE 2013 CON SUS AJUSTES*. Gov.co.

https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_actualizado_a_2015-1.pdf

Los trabajos con tensión, también llamados trabajos con línea energizada, línea viva o trabajos en caliente, son todos aquellos en los cuales un operario entra en contacto directo voluntariamente con elementos energizados de más de 1kV, o cuando directa o indirectamente accede a una zona de peligro “zona en la cual las distancias de seguridad con respecto a partes energizadas son inferiores a las recomendadas” ya sea con parte de su cuerpo o alguno de los equipos o herramientas con las que ejecuta la labor.

Ministerio de Minas y Energía (2013) en cumplimiento de la Ley 388 de 1997, en los planes de ordenamiento territorial (POT) se debe establecer los espacios para la construcción, operación y mantenimiento de las redes de distribución y las líneas y subestaciones de transmisión, asegurando los anchos de servidumbre y distancias de seguridad requeridas para el nivel de tensión y configuración de la instalación.

En subestaciones y cuartos eléctricos, el ancho de las puertas de acceso al espacio de trabajo no debe ser menor a 90 cm y la puerta que lleva al transformador debe disponer de cerradura antipánico en todas las hojas, independiente de la potencia y de los equipos que contengan. En MT y BT se debe contar con puertas o espacios adecuados para la entrada o salida de los equipos, para efectos de su montaje inicial

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 25 de 78

o reposición. Cuando se tengan partes expuestas energizadas en baja tensión, el espacio de trabajo mínimo no debe ser inferior a 1,9 m de altura (medidos verticalmente desde el piso o plataforma) o la altura del equipo cuando este sea más alto y 0,75 m de ancho o el ancho del equipo si este es mayor. La profundidad del espacio de trabajo no debe ser inferior a 0,9 m y se debe aumentar a 1,5 m si al abrir las puertas, se crea un espacio cerrado (pág. 53).

6.3. Preparación de Actividades de Mantenimiento para Trabajos con Tensión


La resolución 5018 de 2019 establece que toda actividad asociada a la operación y mantenimiento donde se involucren equipos e instalaciones eléctricas debe ser planeada, programada, ejecutada y supervisada por personal calificado y habilitado por las instancias técnicas y administrativas de la empresa, más aún, cuando se trata de trabajo con tensión, donde por la complejidad de las tareas y el riesgo eléctrico inminente al cual se ven expuestos los operarios de trabajos con tensión en cada una de sus labores, a su vez se quiere proponer mecanismos y recomendaciones a implementar en la gestión de los riesgos de Seguridad y Salud en el Trabajo y las medidas de prevención para su control, sustitución, o eliminación de los peligros en ejecución de actividades propias de las empresas del sector eléctrico y sus contratistas.

Para el Ministerio del Trabajo (2023) existen lineamientos analizados para un trabajo seguro, describiendo un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua con el objetivo de reconocer, evaluar y controlar los riesgos que pueden afectar la seguridad y salud del trabajador en ejecución de actividades del sector eléctrico como lo es las subestaciones eléctricas. En este orden de ideas, se recomienda implementar las siguientes etapas:

6.3.1. Planeación Preliminar

Las empresas pueden incluir, como parte de la planificación preliminar para gestionar el riesgo en equipos e instalaciones eléctricas, sin limitarse, los siguientes aspectos:

- Mecanismo de identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos.
- Programa de gestión del Riesgo Eléctrico.
- Programa de gestión de Trabajo Seguro en Alturas.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 26 de 78

- Procedimientos de construcción, operación y mantenimiento seguro en equipos e instalaciones eléctricas.
- Procedimiento de habilitación de personal para trabajo en equipos e instalaciones eléctricas.
- Mecanismo para la gestión de riesgo de desastres, emergencias y contingencias.
- Mecanismos de inspección y/o auditoría para el seguimiento de la eficacia y conveniencia de los controles implementados.
- Plan estratégico de seguridad vial.
- Manual de contratistas.


6.3.2. Diagnóstico

El diagnóstico de condiciones para un trabajo seguro, es el conjunto de variables que definen la realización de una labor concreta y el entorno en que se vaya a ejecutar e incluye el análisis de aspectos organizacionales, el ambiente, las personas, la tarea, las herramientas y materiales que pueden determinar o condicionar la situación de riesgo de los trabajadores que se van a exponer.

- Definir el método de trabajo en tensión a ejecutar y el nivel de tensión, método de trabajo sin tensión y con tensión (a distancia, a potencial, a contacto
- Identificación preliminar de los peligros, la evaluación y valoración de los riesgos considerando el número de trabajadores expuestos, los bienes y servicios de la empresa.
- La topología y/o estructuras a intervenir, así como también, disponibilidad de diagramas, planos, trazados de línea, especificaciones del equipo, manuales de operación entre otros.
- Replanteo de estructuras si es necesario, para identificar aspectos técnicos, ambientales de seguridad y salud entre otros, que puedan afectar la planeación inicial
- Disponibilidad de todos los recursos (materiales, humanos, herramientas etc.
- Personal calificado y habilitado para ejecutar la labor (Ministerio del Trabajo, 2023, pág. 5).

6.3.3. Planeación

La planeación del trabajo es fundamental antes de realizar cualquier actividad, por lo que, una vez analizado el diagnóstico, todos los esfuerzos se focalizarán en la


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 27 de 78

determinación de las condiciones particulares de la labor, el análisis de los riesgos y la determinación de los controles. Cada empresa desarrollara su metodología, donde se describa claramente el mecanismo de análisis, y que considere entre otros.

Se debe tener en cuenta y responder los siguientes interrogantes 5W (Questión)⁴

- ¿Qué? ¿Qué actividad se va a realizar?
 - ¿Dónde? ¿En qué lugar se va a realizar?
 - ¿Cuándo? ¿Cuándo se va a realizar?
 - ¿Cómo? ¿Cómo se va a realizar?
 - ¿Quiénes? ¿Con qué personal se cuenta para poder realizar la actividad?
- La planeación se debe realizar sobre documentación actualizada, tal como, diagramas unifilares, planos, trazados de línea, especificaciones técnicas de equipo, manuales de operación y mantenimiento, de las instalaciones eléctricas o equipos en los cuales se va a desarrollar la actividad.
 - La comunicación asertiva debe considerarse como parte integral de la planeación, por eso debe ser clara y precisa con respecto al trabajo que se va a realizar (tipo de trabajo, sitio exacto, fecha y tiempo aproximado de duración del trabajo) y asegurar que todos los integrantes del grupo de trabajo y otros externos hayan comprendido el procedimiento y las medidas de control adoptadas.
 - Todo trabajo por realizar debe estar debidamente autorizado y desarrollado por personal calificado y habilitado para la labor.
 - Verificar el estado de las herramientas y equipos, los elementos de protección personal, de protección contra caídas por trabajos en alturas y los correspondientes al control del riesgo eléctrico según el método de trabajo, así como los materiales a utilizar.
 - Evaluar las características del entorno y del área de trabajo diligenciando los formatos preoperacionales (permisos de trabajo, análisis de trabajo seguro o listas de chequeo y/o de verificación, inspección preoperacional de herramientas y equipos, estructuras a intervenir, rutogramas, inspección pre operacional de vehículos, motocicletas y grúas entre otros).
 - Reportar cualquier condición de riesgo identificada previamente y no controlada.

⁴ Cuáles son las 5W Questions. Who, what, when, where, why. Quién, qué, cuándo, dónde, por qué. Las 5W son la base del reporterismo: preguntas que no admiten un sí o un no, sino una explicación

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 28 de 78

- Suspender la ejecución de los trabajos cuando se detecten procedimientos o condiciones inseguras (Ministerio del Trabajo, 2021, pág. 6).

6.3.4. Ejecución


Antes de iniciar cualquier trabajo que pueda poner en riesgo a los trabajadores o al público en general, se debe demarcar y señalizar el área o lugar de trabajo teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Colocar avisos preventivos o barreras normalizadas, con cintas bicolor y conos reflectivos, de tal manera que sean perfectamente visibles al tráfico que se acerca al lugar de trabajo, en estos mismos casos los trabajadores de piso usarán chalecos reflectivos, y se pondrán en funcionamiento las luces de advertencia giratorias del vehículo, si las tiene.
- Durante la noche adicionalmente se usarán señales luminosas o reflectivas. Cuando la naturaleza del trabajo y las condiciones del tráfico lo justifiquen debe un trabajador dedicarse exclusivamente a advertir el tráfico sobre los riesgos existentes. c. La persona que no intervenga en la labor, o no este autorizada para estar en ella, no puede permanecer en el área de trabajo, a fin de evitar interferencias y por consecuencia accidentes (Ministerio del Trabajo, 2023, pág. 7).

6.3.4.1. Identificación de Peligros y Análisis de Riesgos.

Cada empresa determinara su metodología, la cual debe ser comunicada a todos sus trabajadores y personal contratista donde se identifique los peligros, la evaluación y valoración de los riesgos, como las medidas a implementar para su control. Diseñar su estrategia de implementación.

Para la identificación de peligros en sitio de trabajo, se pueden usar los siguientes documentos: Permiso de trabajo, lista de chequeo, análisis de Trabajo Seguro (ATS).

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 29 de 78

6.3.4.2. Establecer Roles y Responsabilidades

Según Palencia (2018) el empleador, establecerá dentro su manual de funciones, los roles y responsabilidades frente al sistema de seguridad y Salud en el Trabajo, donde se enunciará claramente el alcance y responsabilidades que se tiene de acuerdo con las funciones a desempeñar dentro de la organización. Dichas funciones deben ser comunicadas y la empresa deberá asegurar su estricto cumplimiento.

6.3.4.3. Establecer Controles Operacionales


La aplicación de controles operacionales es responsabilidad del empleador, por ende, cada empresa establecerá el mecanismo donde se puede establecer dicho requisito, el cual se puede apoyar en los mecanismos establecidos por la legislación colombiana y algunos estándares definidos que pueden ser: Reorganización del trabajo y controles de ingeniería, Medidas de señalización de los riesgos, Medidas de procedimiento o instrucciones de operación y de seguridad, utilización de equipos de protección personal (Ministerio del Trabajo, 2023, pág. 7)

6.3.5. Supervisión y Seguimiento

La función principal de los controles operacionales en el desarrollo de actividades de alto riesgo (riesgo eléctrico, trabajo en alturas, transporte de vehículos y espacios confinados), inmersas en las diferentes actividades propias del sector eléctrico, se basa en la identificación de aquellas operaciones y actividades técnicas sobre las cuales es necesario aplicar medidas de control y mitigación de los riesgos asociados, el pilar de este control operacional, está precisamente en establecer y mantener procedimientos documentados que garanticen la ejecución de las actividades técnicas en concordancia con los criterios prefijados por la organización, evitando así las desviaciones respecto a las políticas y los objetivos de la seguridad y salud en el trabajo y controles establecidos para el desarrollo de la labor.

6.3.6. Indicadores

Las empresas, definirán el mecanismo de verificación y cumplimiento, los cuales le permitan hacer un análisis y de acuerdo con los resultados, establecer acciones correctivas, preventivas o de mejoras necesarias. El empleador podrá definir el tipo de indicador (cualitativo o cuantitativo según corresponda, donde se pueda evaluar su gestión estos indicadores deben estar alineados a los objetivos y los planes


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 30 de 78

definidos en esta guía). Por lo anterior, cada indicador debe contar con una ficha técnica y puede tener en cuenta las siguientes variables: Definir el indicador Interpretación del indicador Parámetros de medición Método de cálculo Fuente de la información Periodicidad de medición Responsables

6.4. Organización del trabajo


Según IEEE-516 - Guía IEEE para métodos de mantenimiento en líneas eléctricas energizadas. Todo trabajo en tensión está subordinado a la aplicación de un procedimiento previamente estudiado, el cual debe comprender:

- Un título que indique la naturaleza de la instalación intervenida, la descripción precisa del trabajo y el método de trabajo.
- Medios físicos (materiales y equipos de protección personal y colectiva) y recurso humano.
- Descripción ordenada de las diferentes fases del trabajo, a nivel de operaciones concretas.
- Croquis, dibujos o esquemas necesarios.
- Todo trabajo en circuitos energizados de más de 450 voltios debe hacerse con un grupo de trabajo de al menos dos (2) personas. Los grupos de trabajos que realicen labores en circuitos por encima de 1000 V deben contar con al menos dos (2) operarios y un (1) jefe que coordine y supervise.


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 31 de 78

6.5. Procedimientos de Ejecución

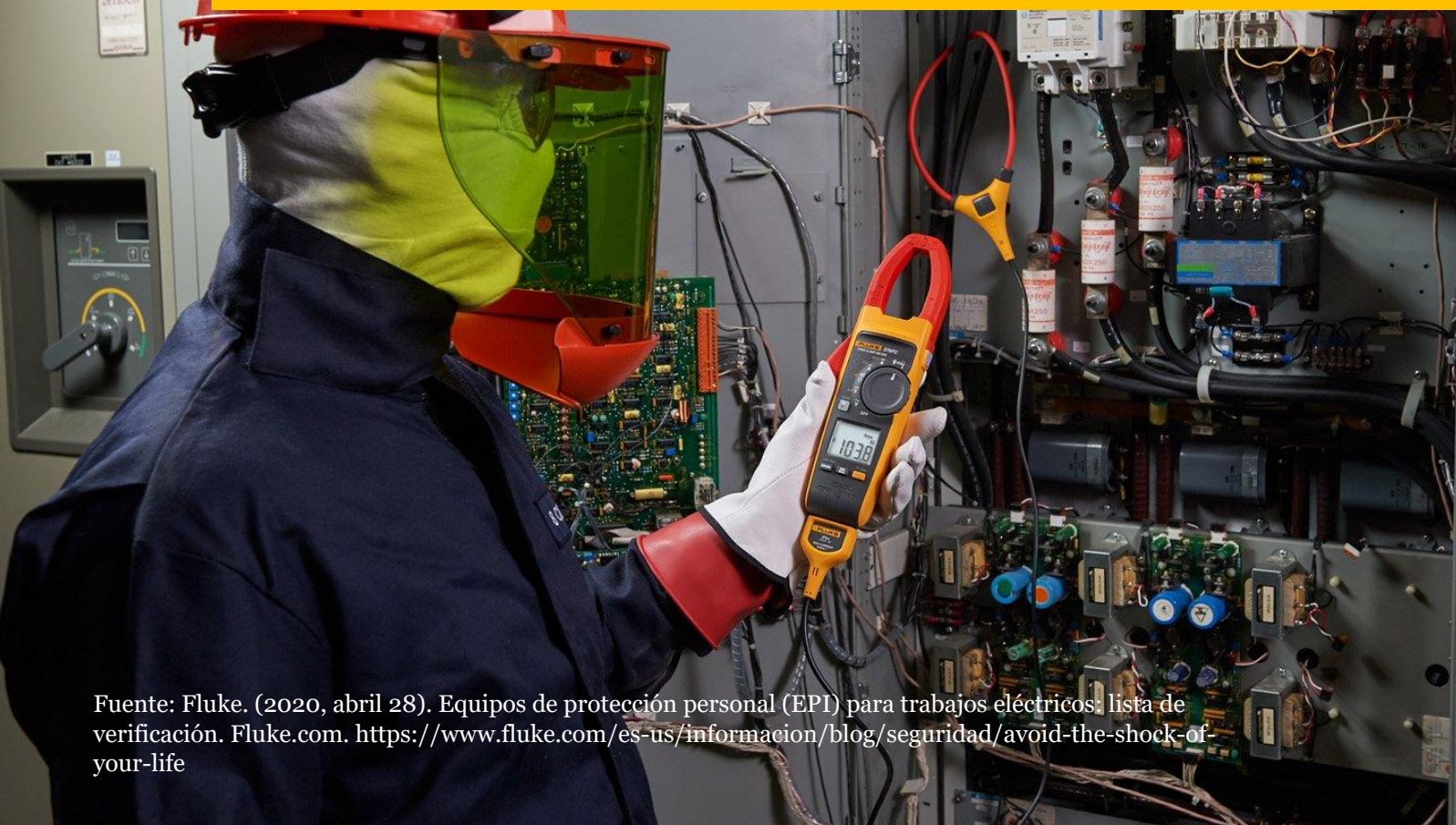
- Todo operario capacitado para trabajos en tensión, debe haber recibido una formación especial y estar habilitado para tal fin, lo cual deber ser demostrado mediante certificación.
- Todo operario debe estar afiliado a la seguridad social y riesgos profesionales. Además, debe practicarse exámenes periódicos para calificar su estructura ósea o para detectar deficiencias pulmonares, cardíacas o psicológicas. Enfermedades como la epilepsia, consumo de drogas y alcoholismo también deben ser estudiadas por el médico.
- El jefe del trabajo, una vez recibida la confirmación de que se tomaron las medidas precisas y antes de comenzar el trabajo, debe reunir y exponer a los operarios el procedimiento de ejecución que se va a realizar, cerciorándose que ha sido perfectamente comprendido, que cada trabajador conoce su función y que cada uno comprende cómo se integra en la operación conjunta.
- El jefe del trabajo dirigirá y vigilará los trabajos, siendo responsable de las medidas de cualquier orden que afecten la seguridad. Al terminar los trabajos, verificará su correcta ejecución y comunicará al centro de control el fin de los mismos.
- Ningún operario podrá participar en un trabajo en tensión si no dispone en la zona de trabajo de sus elementos de protección personal, que comprende: casco aislante y guantes de protección.
- En casos particulares, los equipos previstos en los procedimientos de ejecución a utilizar serán, entre otros: Botas dieléctricas o calzado especial con suela conductora para los trabajos a potencial, dos pares de guantes aislantes, gafas de protección contra rayos ultravioleta, manguitos aislantes, herramientas aislantes.
- Cada operario debe cuidar de la conservación de su dotación personal. Estos materiales y herramientas deben conservarse en seco, al abrigo de la intemperie y transportarse en fundas, estuches o compartimientos previstos para este uso. No deben sacarse de los mismos hasta el momento de su empleo.
- Antes de trabajar en un conductor bajo tensión, el operario debe unirse eléctricamente al mismo para asegurar su equipotencialidad con el conductor.
- En el caso de presentarse lluvia o niebla, se pueden realizar los trabajos cuando la corriente de fuga por los elementos aislantes esté controlada y se mantenga por debajo de $1\mu\text{A}$ por cada kV nominal de la instalación. En caso de no realizar control de la corriente de fuga y si la tensión es superior a 34,5 kV, estos trabajos deben ser interrumpidos inmediatamente.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 32 de 78

- En caso de tormentas eléctricas, los trabajos no deben comenzarse y de haberse iniciado se interrumpirán. Cuando las condiciones atmosféricas impliquen la interrupción del trabajo, se debe retirar al personal y se podrán dejar los dispositivos aislantes colocados hasta que las condiciones vuelvan a ser favorables.
- Cuando se emplee el método de trabajo a contacto, los operarios deben llevar guantes aislantes revestidos con guantes de protección mecánica y guantes de algodón en su interior.
- Todo operario que trabaje a potencial debe llevar una protección total tipo Jaula de Faraday.
- En trabajos a distancia sobre con tensiones menores o iguales a 230 kV, cuando no se coloquen dispositivos de protección que impidan todo contacto o arco eléctrico con un conductor desnudo, la mínima distancia de aproximación al conductor es 0,8 m cuando las cadenas de aisladores sean menores a 0,8 m y la distancia mínima será igual a la longitud de la cadena cuando esta es mayor a 0,8.
- Esta distancia puede reducirse a 0,60 m para la colocación de dispositivos aislantes cerca de los puntos de fijación de las cadenas de aisladores y de los aisladores en sus soportes. Se entiende por distancia mínima de aproximación la distancia entre un conductor y una parte cualquiera del cuerpo del operario estando este situado en la posición de trabajo más desfavorable.
- Todo equipo de trabajo en tensión debe ser sometido a ensayos periódicos de acuerdo con las normas técnicas o recomendaciones del productor. A cada elemento de trabajo debe abrírsele y llenársele una ficha técnica.
- Los guantes aislantes deben ser sometidos a una prueba de porosidad por inyección de aire, antes de cada jornada de trabajo y debe hacerse un ensayo de rigidez dieléctrica en laboratorio, mínimo dos veces al año.
- Para las mangas, cobertores protectores, mantas, pértigas, tensores, escaleras y demás equipo, se debe hacer mínimo un ensayo de aislamiento al año (Ministerio de Minas y Energía , 2013, pág. 82).


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		08/10/2023
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 33 de 78

7. Equipos de Protección Personal y Colectiva para Trabajos en Tensión



Fuente: Fluke. (2020, abril 28). Equipos de protección personal (EPI) para trabajos eléctricos: lista de verificación. Fluke.com. <https://www.fluke.com/es-us/informacion/blog/seguridad/avoid-the-shock-of-your-life>

Los equipos de protección para trabajos con línea viva se clasifican en dos grupos, el primero de ellos son los elementos diseñados para uso propio, es decir la dotación personal para el operario que desempeña trabajos con tensión, entre ellos están los guantes, mangas, calzado, balaclavas, gafas, caretas, etc. El segundo grupo se refiere a los elementos de protección colectiva, los cuales brinda seguridad a todo el conjunto de operarios de trabajos en caliente que desarrollan una actividad sobre una misma zona de trabajo, entre estos elementos se tienen las mantas, cobertores de línea, de pin, de poste, andamios dieléctricos, escaleras dieléctricas, brazo grúa, plataformas entre otros.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Página 34 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	


7.1. Guantes dieléctricos

Figura 3. Guantes dieléctricos



Nota. Guantes dieléctricos. Tomado de Insulating Gloves (LV MV HV 11kV 33kV electrical Gloves). (2017, mayo 24). Power and Cables. <https://www.powerandcables.com/product/electrical-safety/insulating-gloves-lv-mv-hv-11kv-33kv-gloves/>

El informe presentado por el Grupo EPM (2018) los guantes son los principales elementos en el método de trabajo a contacto, por lo que son considerados la primera línea de defensa en cuanto a protección personal ya que deben brindar al operario protección contra descargas eléctricas cuando trabaja con tensión o cerca de partes activas, también, son utilizados en el método de trabajo a distancia. La norma IEC 60903 quien determina las características técnicas y composición química que deben cumplir los guantes para ser certificados para su labor.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		08/10/2023
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 35 de 78

7.1.1. Clasificación de los Guantes Dieléctricos

Los guantes dieléctricos se clasifican según su clase y sus propiedades resistivas al contacto con diferentes tipos de sustancias como se relaciona en la tabla siguiente:

Tabla 1. Clasificación de guantes para trabajo con tensión según clase


Color	clase	Máximo voltaje de uso en Kv AC	Máximo voltaje de uso en KV DC
Beige	00	500	750
Rojo	0	1	1500
Blanco	1	7.5	11250
Amarillo	2	17	25500
Verde	3	26.5	39750
Naranja	4	36	54000

Nota. Clasificación de guantes según color. Obtenido de EPM Grupo. (2018, octubre 2). *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeación Del mantenimiento DE distribución*. Docplayer.Es. <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Tabla 1. Clasificación de guantes para trabajos con tensión según sus propiedades.

Categoría	Clase
A	Acido
H	Aceite
Z	Ozono
R	A+H+Z+M
C	Bajas temperaturas
M	Mecánica

Nota. Clasificación de guantes según color. Obtenido de EPM Grupo. (2018, octubre 2). *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeación Del mantenimiento DE distribución*. Docplayer.Es. <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 36 de 78

7.2. Mangas Dieléctricas

Figura 4. Mangas dieléctricas



Nota. Mangas dieléctricas para trabajos en tensión. Obtenido de EPM Grupo. (2018, octubre 2). *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeacion Del mantenimiento DE distribución.* Docplayer.Es. <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Son el complemento de los guantes dieléctricos para proteger la totalidad de los brazos y hombros del operario, se utilizan en el método de trabajo a contacto y su función principal es aislar al trabajador de contactos indeseados con partes energizadas o de diferente potencial, mientras este manipula herramientas o materiales en la zona de trabajo; se rigen bajo la norma IEC 60984 la cual determina las características y composición de las mismas (Grupo EPM, 2018, pág. 152).


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 37 de 78

Tabla 2. Clasificación de las mangas para trabajos con tensión según el diseño

Estilo	Denominación
A	Recta
B	Curva
C	Extra curva

Nota. Mangas dieléctricas para trabajos en tensión. Obtenido de EPM Grupo. (2018, octubre 2). *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeacion Del mantenimiento DE distribución.* Docplayer.Es. <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>


7.3. Ropa conductiva

Figura 5. Ropa conductiva.



Nota. Prenda adecuada para trabajo en tensión. Tomado de Kobbeco. (s/f). *Ropa y Calzado Conductor.* Kobbeco.com. Recuperado el 1 de octubre de 2023, de https://kobbeco.com/tet/ropa_calzado_conductor.html

Es un conjunto de elementos conductivos “traje, zapatos, acople” los cuales cuentan con una serie de características especiales de fabricación que permiten al operario ponerse a potencial del conductor a intervenir sin verse afectado por las propiedades eléctricas del mismo (corriente, tensión), esto se da, gracias al principio de jaula de Faraday bajo la cual es construido el traje. Es importante conocer que la jaula de Faraday es el efecto por el cual el campo electromagnético dentro de un conductor es nulo, esto sucede cuando un conductor que se expone a un campo electromagnético externo, se polariza de manera tal que quede cargado

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Página 38 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	

positivamente en la misma dirección que va el campo y negativamente en el sentido contrario. Para que esto se dé, el operario debe formar un conjunto eléctricamente continuo entre la camisa con capucha, pantalón, guantes, medias y calzado. Encerrándose así en la jaula de Faraday y conectándose eléctricamente al conductor a intervenir. Para garantizar la seguridad, las piezas se deben sobreponer unas sobre otras con el fin de garantizar que el cuerpo del trabajador quede cubierto en su totalidad (Grupo EPM, 2018, pág. 156).


La norma IEC 60895 establece las características y especificaciones técnicas para este tipo de ropa conductiva, es la principal protección para el método de trabajo a potencial ya que ofrece un aislamiento para tensiones nominales de hasta 800 kV en AC o 600 kV en DC. También, establece que la media aritmética de los valores de resistencia medidos entre los puntos establecidos para ropa conductiva debe ser menor a 50 ohm para que sea considerable apta para los trabajos (Grupo EPM, 2018, pág. 157).

En el resumen detallado de la composición de los trajes conductivos se presenta en la tabla (3), donde se aprecian los porcentajes de constitución según los materiales empleados.

Tabla 3. Materiales que comprende las prendas conductoras

Material	Trajes con acero inoxidable	Trajes con plata
	%	%
Tela Aramida	75	65
Hilos de acero inoxidable	25	n/a
Hilos de plata	n/a	35
Costuras		
Tela Aramida	100	n/a
Tela poliamida	n/a	100
Guantes y calcetines		
Tela Aramida	55	65
Acero inoxidable	17	35
Hilos de plata	n/a	n/a
Algodón	23	n/a
Elastomero	5	n/a

Nota. Detalles de prendas aisladoras. Obtenido de EPM Grupo. (2018, octubre 2). *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeacion Del mantenimiento DE distribución*. Docplayer.Es. <https://docplayer.es/82161776-Ma-di->

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 39 de 78

macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html

7.4. Zapatos Conductivos


Figura 6. Calzado Conductivo



Nota. Calzado conductivo. Obtenido de EPM Grupo. (2018, octubre 2). *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeacion Del mantenimiento DE distribución.* Docplayer.Es. <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Los zapatos conductivos están fabricados con un compuesto especial cuyas propiedades conductivas se localizan en la suela, la cual está conformada por una malla interna que deriva en un broche de conexión exterior y un contacto eléctrico interno como se evidencia en la figura 6, el resto del calzado tiene todas las características propias de un zapato de seguridad.

La resistencia máxima que puede existir entre las conexiones del pantalón o traje conductor con los zapatos no podrá ser superior a 100 ohm, por otra parte, la resistencia eléctrica entre el interior y exterior del calzado (Malla metálica de la suela

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 40 de 78

y sus derivaciones), debe estar en un rango entre 0 y 10 kohm. Otras características técnicas a tener en cuenta en los zapatos conductivos son las siguientes:

- La suela conductiva debe tener una resistencia menor a 500 ohmios.
- Broche de conexión zapato-pantalón.
- Plantilla anti microbiana con conexión a la suela.
- Puntera y suela de acero.
- Resistencia total de todo el conjunto menor a 10 k ohmios


7.5. Mantas Dieléctricas

Figura 7.Mantas dieléctricas



Nota. Manta dieléctrica para trabajos en tensión. Obtenido de EPM Grupo. (2018, octubre 2). *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeación Del mantenimiento DE distribución.* Docplayer.Es. <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Son equipos de protección colectiva, cuya principal característica es la flexibilidad lo cual es muy útil ya que permite al operario de trabajos con tensión cubrir zonas irregulares en el área de trabajo, como, por ejemplo, las uniones entre cobertores rígidos, aisladores de pin, crucetas, entre otros. Se usan en el método a contacto ya que su capacidad dieléctrica es hasta 46kV, y su principal función es aislar al operario

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 41 de 78

de contactos indeseados entre dos partes de diferente potencial en el área de trabajo, bien sea entre conductores o entre un conductor y tierra.


7.6. Cobertores Dieléctricos Flexibles

Figura 8. Tipos de cobertores flexibles para trabajos en tensión



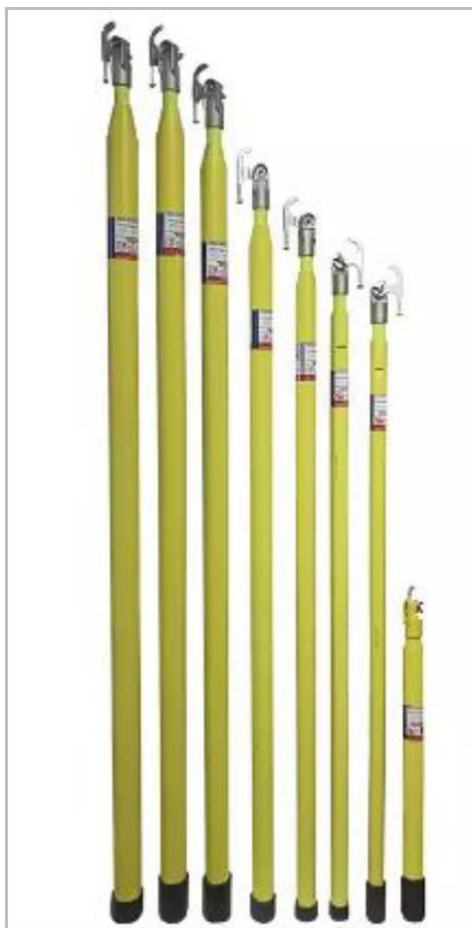
Nota. Diferentes cobertores para trabajos en tensión. Obtenido de EPM Grupo. (2018, octubre 2). *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeación Del mantenimiento DE distribución.* Docplayer. Es. <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Están diseñados exclusivamente para proteger conductores energizados, son muy prácticos para cubrir la zona de trabajo gracias a la longitud de los mismos, lo que ofrece al operario mayor campo de acción protegiéndolo de contactos indeseados con otras fases o con potencial de tierra. Los cobertores flexibles vienen en diferentes diseños, lisos, con estrías, con conector a un extremo, o como conector externo. Todos ellos cuentan con una pestaña en la parte inferior como se aprecia en la figura 5 la cual permite su utilización bajo el método a distancia, ya que sirve como zona de sujeción (Grupo EPM, 2018, pág. 168).

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 42 de 78


7.7. Pértigas Aisladas para Trabajos con Tensión

Figura 9. Pértigas aisladas para trabajos con tensión



Nota. Pérdigas aislantes. Tomado de Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeación Del mantenimiento DE distribución. (s/f). Docplayer. Obtenido de EPM Grupo. (2018, octubre 2). *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeacion Del mantenimiento DE distribución*. Docplayer.Es. <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Son equipos de protección colectiva, cuya principal característica es la flexibilidad lo cual es muy útil ya que permite al operario de trabajos con tensión cubrir zonas irregulares en el área de trabajo, como, por ejemplo, las uniones entre cobertores

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 43 de 78	


rígidos, aisladores de pin, crucetas, entre otros. Se usan en el método a contacto ya que su capacidad dieléctrica es hasta 46kV, y su principal función es aislar al operario de contactos indeseados entre dos partes de diferente potencial en el área de trabajo, bien sea entre conductores o entre un conductor y tierra (Grupo EPM, 2018, pág. 169).

7.8. Andamios Aislados

Figura 10. Andamios aislados



Nota. Andamios aislados. Tomado de Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeación Del mantenimiento DE distribución. (s/f). Docplayer. de <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 44 de 78

Los andamios aislados se consideran como una construcción móvil (Por medio de riele) o fija, que brinda a los operarios de trabajo con tensión un alcance adecuado a la zona de trabajo en lugares de difícil acceso, como subestaciones, zona con vegetación alta que impide el ingreso de vehículos entre otras. Se construye a base de módulos que se componen de tubos de fibra de vidrio y resina epóxica con características eléctricas y mecánicas según la norma IEC 60855 y ASTM F 711⁵ Como se especificó en la descripción de las pértigas. Los elementos constitutivos permiten su uso en instalaciones energizadas hasta 800 kV, con una garantía de aislamiento eléctrico total y una capacidad nominal de trabajo de hasta 300 daN / 660 lbs en el centro de la plataforma.

7.8.1. Componentes de un andamio aislado.

El ensamble de un andamio aislado requiere una gran cantidad de elementos constitutivos que cuya única finalidad es brindar al operario de trabajos con tensión, el aislamiento y la resistencia mecánica para efectuar de manera segura las actividades.

A continuación, se da una breve descripción gráfica y técnica de cada uno de los ellos.

7.8.1.1. Rieles para base de andamio (Plataformas).

Los rieles o plataformas son los equipos en los cuales se apoyan las bases de los andamios (ruedas), para lograr un desplazamiento dentro del área de trabajo.

⁵ Normalización, E. (2017). *Trabajos en tensión. Tubos aislantes rellenos de espuma y barras aislantes macizas. Parte 1: Tubos y barras macizas de sección circular-UNE-EN 60855-1:2017*. Une.org. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0058960>


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Oscar Aguirre	Página 45 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga			

Figura 11. Riel y plataforma para apoyo y desplazamiento del andamio aislado



Nota. RITZGLAS. (s/f). *ANDAMIO MODULAR AISLANTE*. Ritzbrasil.com. Recuperado el 1 de octubre de 2023, de <https://www.ritzbrasil.com/productos/herramientas-de-mantenimiento-sistemas-electricos/plataformas-escaleras-y-andamios/3-andamio-modular-aislante/>


7.8.1.2. Bases para Andamio (Ruedas)

Son un conjunto de cuatro ruedas que permiten el desplazamiento del andamio y aumenta el área efectiva de apoyo del mismo. Tienen un peso aproximado de 25 Kg. Las características eléctricas y mecánicas están de acuerdo con la norma IEC-60855 y ASTM F 711.

Figura 12. Bases de desplazamiento y apoyo del andamio aislado



Nota. RITZGLAS. (s/f). *ANDAMIO MODULAR AISLANTE*. Ritzbrasil.com. Recuperado el 1 de octubre de 2023, de <https://www.ritzbrasil.com/productos/herramientas-de-mantenimiento-sistemas-electricos/plataformas-escaleras-y-andamios/3-andamio-modular-aislante/>

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 46 de 78

7.8.1.3. Varillas de acero tensoras

Su unción es tensionar y estabilizar las bases del andamio para generar firmeza en el módulo y evitar oscilaciones que comprometan la seguridad del operario. Peso aproximado 8.4 kg. El par.

7.8.1.4. Travesaño Lateral (Cierre)

Es un travesaño diseñado para cerrar y bloquear los módulos de los andamios, por lo general solo se utilizan cuatro de estos, dos en la parte inferior estabilizando las bases y dos en la parte superior en el último modulo con el fin de garantizar el encerramiento que evite caídas del operario y sirva también como punto de apoyo para manipular herramientas en el área de trabajo. Sus dimensiones son Ø 38 x 1,0 m y está construido con tubo a base de fibra de vidrio y resina epóxica. Peso aprox. 0.89 kg.


Figura 13. Travesaños laterales para andamios aislantes



Nota. RITZGLAS. (s/f). *ANDAMIO MODULAR AISLANTE*. Ritzbrasil.com. Recuperado el 1 de octubre de 2023, de <https://www.ritzbrasil.com/productos/herramientas-de-mantenimiento-sistemas-electricos/plataformas-escaleras-y-andamios/3-andamio-modular-aislante/>

7.8.1.5. Travesaño Diagonal

Son travesaños de similares características a los travesaños laterales, con la salvedad de que estos son un poco más largos 1.4 m, y su peso es aproximadamente 1.5 Kg. Utilizados para unir los módulos del andamio entre sí, garantizando firmeza y evitando movimiento que perturben la seguridad del operario.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 47 de 78

7.8.1.6. Módulos de Andamio

Los módulos para andamios aislados son de tres dimensiones, 0.5 x 1.0 m, 1.0 x 1.0 m y 2.0 x 1.0 m., con peso aproximado de 4.5, 12.2 y 13.6 kg respectivamente. Construidos con tubos de Ø 38 mm a base de fibra de vidrio y resina epóxica, con uniones de conexión en fundición de aluminio. (Grupo EPM, 2018, pág. 188)

A diferencia del módulo para andamios aislante, esta plataforma cumple la función de servir como base de apoyo en la zona de trabajo para los operarios de trabajos con tensión, van ubicadas en el último módulo del andamio aislado. Está compuesta de dos placas de fibra de vidrio con tratamiento superficial antideslizante, utilizada en cualquier tipo de modulo mencionado anteriormente. Y su peso es aprox. 13.2 kg.


7.8.1.7. Cuerda o soga aislada

Figura 14. Soga aislada.



Nota. RITZGLAS. (s/f). *ANDAMIO MODULAR AISLANTE*. Ritzbrasil.com. Recuperado el 1 de octubre de 2023, de <https://www.ritzbrasil.com/productos/herramientas-de-mantenimiento-sistemas-electricos/plataformas-escaleras-y-andamios/3-andamio-modular-aislante/>

Es una cuerda fabricada en polipropileno, la cual ofrece alta resistencia mecánica, baja elongación y ligereza. Debe permanecer limpia y almacenada en lugares secos no expuestos al sol. Por ningún motivo debe entrar en contacto directo con el suelo. Son utilizadas para el izaje de materiales hasta la zona de trabajo, o como vientos para garantizar la estabilidad completa del andamio


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 48 de 78

7.8.1.8. Pluma para izaje de cargas

Es un elemento diseñado para facilitar el izaje de elementos hasta el área de trabajo, tienen un ángulo axial de aproximadamente 40 grados con respecto al módulo que permite el montaje de dos cargas de forma simultánea para elevación de los materiales con dimensiones más grandes, con capacidad máxima de carga 60 daN. El peso aprox. Es de 2.00 kg

7.8.1.9. Anclaje de acero

Son varillas galvanizadas de palanquilla de acero y compuesto semicírculo para facilitar el anclaje de los andamios modulares. Son utilizadas como puntos de anclaje de los vientos del andamio aislado. Su peso Aprox. ES 1.60 kg

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 49 de 78	

Referencias

Díaz, M. (2020). Prevención de riesgos para trabajos con corriente eléctrica. doi:978-987-23632-0-8

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2020). Guías técnicas para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico. Madrid. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/96076/g_electr.pdf/46679419-d4cc-461e-8da1-4b2e65df9146

Ministerio del Trabajo. (2019). Resolución 5018 de 2019.

Montecelo, J. T. (2015). Subestaciones eléctricas. Madrid: Paraninfo S.A.


Navarrete. (2016). Detección de puntos calientes para la predicción de averías en las zonas de estudio I y II de la CNEL – EP, UNIDAD DE NEGOCIOS MANABI. CORE. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/230930769.pdf>

Palencia, J. D. (2018). MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - PREDICTIVO -CORRECTIVO PARA TRABAJOS CON TENSIÓN ENSUBESTACIONES Y LÍNEAS CHEC. Grupo EPM. Obtenido de https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html#google_vignette

RAPE. (2020). Caracterización de una subestación eléctrica. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. Obtenido de <https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/Subestaciones-Ele%CC%81ctricas.pdf>

Tecnología para la Industria. (22 de agosto de 2022). Mantenimiento de Subestaciones eléctricas procedimientos y beneficios. Obtenido de <https://tecnologiaparalaindustria.com/mantenimiento-de-subestaciones-electricas-procedimientos-y-beneficios/>

Bibliografía

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 50 de 78


EPM Grupo. (2018, octubre 2). *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeacion Del mantenimiento DE distribución*. Docplayer.Es. <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Kobbeco. (s/f). *Ropa y Calzado Conductor*. Kobbeco.com. Recuperado el 7 de octubre de 2023, de https://kobbeco.com/tet/ropa_calzado_conductor.html

Ministerio, M. y. E. (2013). *ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO DE 2013 CON SUS AJUSTES*. Gov.co. https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_actualizado_a_2015-1.pdf

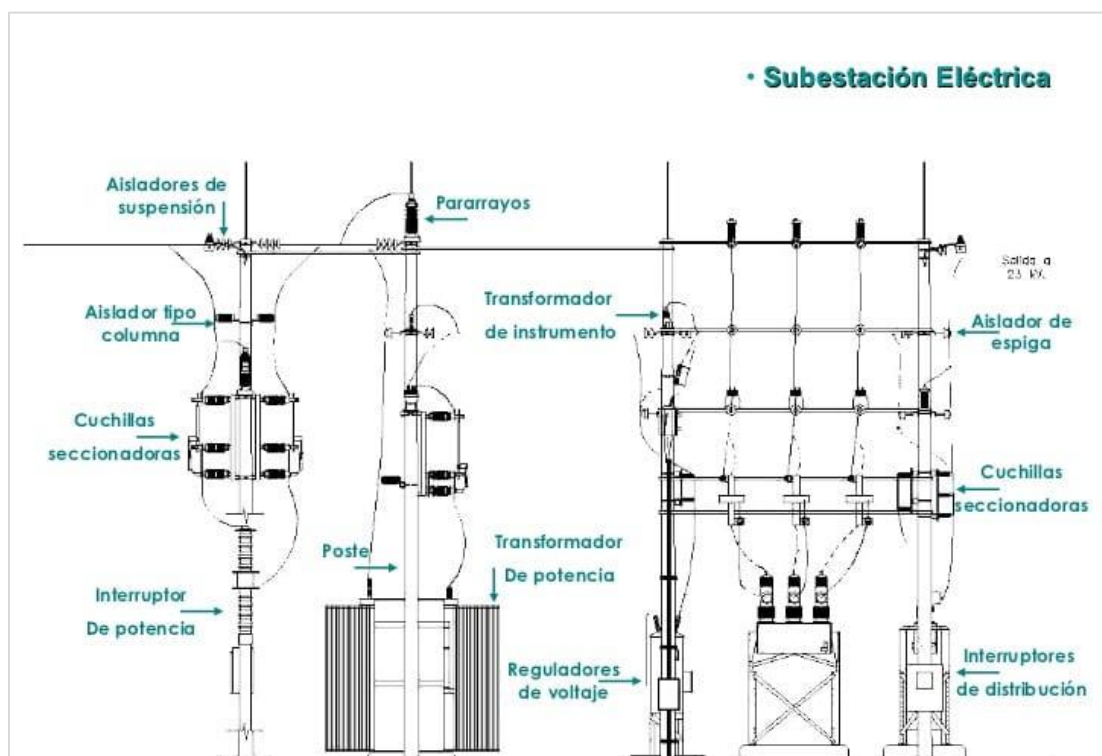
Normalización, E. (2017). *Trabajos en tensión. Tubos aislantes rellenos de espuma y barras aislantes macizas. Parte 1: Tubos y barras macizas de sección circular-UNE-EN 60855-1:2017*. Une.org. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0058960>

RITZGLAS. (s/f). *ANDAMIO MODULAR AISLANTE*. Ritzbrasil.com. Recuperado el 7 de octubre de 2023, de <https://www.ritzbrasil.com/productos/herramientas-de-mantenimiento-sistemas-electricos/plataformas-escaleras-y-andamios/3-andamio-modular-aislante/>

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		08/10/2023
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 51 de 78


ANEXO 1. Conceptualización

Figura 15. Componentes de una subestación eléctrica.



Nota. Partes DE UNA Subestación Eléctrica - PARTES DE UNA SUBESTACION ELECTRICA Transformador Es una. (s/f). Studocu. Recuperado el 10 de julio de 2023, de <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-tecnologica-de-tlaxcala/procesos-industriales/partes-de-una-subestacion-electrica/48841082>

Según Montecelo (2015) los componentes que hacen parte de una subestación eléctrica son resturador, apartarrayos, cuchillas fusibles, transformador de instrumentos y transformador de pontencia como parte activa de la subestación eléctrica. A continuación, se describe los elementos que hacen parte y las funcionalidades.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 52 de 78	

Subestaciones eléctricas

Las subestaciones eléctricas intervienen en la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, está compuesta por dispositivos capaces de modificar los parámetros de la potencia eléctrica: tensión, corriente, frecuencia, etc. y son un medio de interconexión y distribución entre las diferentes líneas de un sistema eléctrico.

Los elementos principales de una subestación:

Interruptor de potencia

Interrumpe y restablece la continuidad de un circuito eléctrico.


Figura 16. Interruptor de potencia



Nota. Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeación Del mantenimiento DE distribución. (s/f). Docplayer.Es. Recuperado el 2 de agosto de 2023, de <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Restaurador

Es un interruptor de aceite con sus tres contactos dentro de un mismo tanque, que opera en capacidades interruptoras bajas. Los restauradores están contruidos para

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 53 de 78	

funcionar con tres operaciones de cierre y cuatro aperturas con un intervalo entre una y otra.


Figura 17. Restaurador de potencia



Nota. Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeacion Del mantenimiento DE distribución. (s/f). Docplayer.Es. Recuperado el 2 de agosto de 2023, de <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Cuchillas fusibles

Son elementos de conexión y desconexión de circuitos eléctricos, su función principal prevalece en ser como cuchilla desconectadora, para lo cual se conecta y desconecta, y otra como elemento de protección. El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión. Cuchillas desconectadoras y cuchillas de prueba tiene como función desconectar físicamente un circuito eléctrico.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 54 de 78	

Apartarrayos

Descarga la corriente a tierra cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud. Su operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuando se alcanza el valor para el cual esta calibrado o dimensionado.


Figura 18. Apartarrayos



Nota. Sánchez, C. (2021). Elementos de una Subestación Eléctrica. SÁNCHEZ, Christian. Elementos de una Subestación Eléctrica. Academia.edu - Share research [página web]. Disponible en Internet: [https://www.academia.edu/44900972/Elementos de una Subestación Eléctrica](https://www.academia.edu/44900972/Elementos_de_una_Subestación_Eléctrica)

Transformadores de Instrumento.

Los transformadores de instrumentos se pueden evidenciar dos tipos, los primeros son los transformadores de corriente (TC), cuya función principal es cambiar el valor de la corriente en su primario a otro en el secundario; y transformadores de potencial (TP), cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 55 de 78

la corriente. Estos valores sirven como lecturas en tiempo real para instrumentos de medición, control o protección que requieran señales de corriente o voltaje.


Transformador de potencia

Figura 19. Transformador



Nota. de 123RF, C. (s/f). Estación transformadora y el poste eléctrico de alta tensión. 123RF. Recuperado el 2 de agosto de 2023, de https://es.123rf.com/photo_37761307_estacion-transformadora-y-el-poste-elctrico-de-alta-tension.html

El transformador de potencia es el activo más importante de una subestación eléctrica; se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, ya que, si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, debido a la variación de la intensidad y sentido de la corriente alterna, se produce la inducción de un flujo magnético variable en el núcleo de hierro. En los transformadores de potencia existen corrientes llamadas transitorias de magnetización o INRUSH CURRENT que es una corriente cuya magnitud es de varias veces la corriente

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 56 de 78	

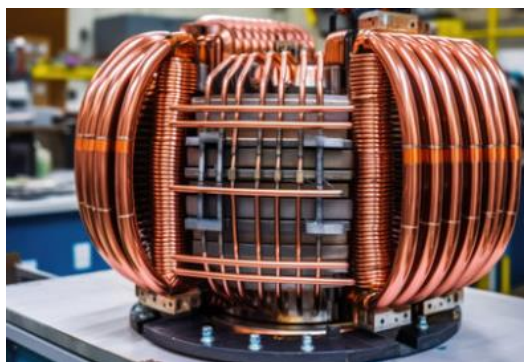
nominal y se produce al momento de conectar el transformador a la red. El valor puede variar desde 10 hasta 100 veces la corriente nominal en casos particulares.

Los transformadores constan de dos bobinas aisladas entre sí, devanadas sobre el mismo núcleo magnético sumergido en aceite contenido en la cuba del transformador; también existen transformadores tipo seco. Se conoce como una maquina eléctrica de corriente alterna cuyo objetivo es aumentar o disminuir el voltaje en un circuito eléctrico manteniendo fija la frecuencia. En caso de un transformador ideal (sin perdidas) la potencia de entrada es igual a la potencia de salida, pero dependiendo del tamaño y el diseño por lo general presenta un pequeño porcentaje de pérdidas. Las bobinas o devanados se denominan “Primario y secundario” según correspondan a la tensión alta o baja, respectivamente. También existen transformadores con más devanados, en este caso puede existir un devanado terciario de menor tensión que el secundario. Cuando el devanado primario es el de alta tensión, se dice que el transformador reduce el nivel de tensión, si por el contrario el devanado primario es el de baja tensión se dice que el transformador eleva el nivel de tensión. Está compuesto por 3 partes principales: parte activa, parte pasiva, accesorios


Parte Activa

Núcleo

Figura 20. Núcleo interno de un transformador



Nota. Partes DE UNA Subestacion Electrica - PARTES DE UNA SUBESTACION ELECTRICA Transformador Es una. (s/f). Studocu. Recuperado el 2 de

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 57 de 78

agosto de 2023, de <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-tecnologica-de-tlaxcala/procesos-industriales/partes-de-una-subestacion-electrica/48841082>

Constituye el circuito magnético, que está formado por varias chapas u hojas de metal que están apiladas una junto a la otra, sin soldar, similar a las hojas de un libro. La función del núcleo es mantener el flujo magnético confinado dentro de él y evitar que este fluya por el aire favoreciendo las pérdidas en el núcleo y reduciendo la eficiencia. La configuración por láminas del núcleo laminado se realiza para evitar las corrientes de Foucault, que son corrientes que circulan entre láminas, indeseadas pues favorecen las pérdidas. El núcleo puede ir unido a la tapa y levantarse con ella, o puede ir unido a la pared del tanque, lo cual produce mayor resistencia durante las maniobras mecánicas del transporte.

Devanados

Constituyen el circuito eléctrico, se fabrican utilizando alambre de cobre o aluminio. Los conductores están formados por material aislante, que puede tener diferentes características, según la tensión de servicio de la bobina, la temperatura y el medio en que esta sumergida. Los devanados deben tener conductos de enfriamiento radiales y axiales que permitan fluir el aceite y eliminar el calor generado en su interior. Además, deben tener apoyos y sujeciones suficientes para soportar los esfuerzos mecánicos debidos a su propio peso, y sobre todo los de tipo electromecánico que se producen durante cortocircuitos.


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 58 de 78	

Figura 21. Vista de un transformador devanados




Nota. *Partes DE UNA Subestacion Electrica - PARTES DE UNA SUBESTACION ELECTRICA Transformador Es una.* (s/f). Studocu. Recuperado el 2 de agosto de 2023, de <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-tecnologica-de-tlaxcala/procesos-industriales/partes-de-una-subestacion-electrica/48841082>

Parte pasiva

Tanque (cuba)

Es aquel donde se aloja la parte activa, cuando ésta va sumergida en líquidos, debe ser hermético, soportar el vacío absoluto sin presentar deformación permanente, proteger eléctrica y mecánicamente el transformador, ofrecer puntos de apoyo para el transporte y la carga del mismo, soportar los radiadores, bombas de aceite, ventiladores y los accesorios especiales. La base del tanque debe ser lo suficientemente reforzada para soportar las maniobras de levantamiento durante la carga o descarga del mismo. La cuba y los radiadores de un transformador deben tener un área suficiente para disipar las pérdidas de energía desarrolladas dentro del transformador. A medida que la potencia de diseño de un transformador se hace

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 59 de 78	

crecer, el tanque y los radiadores, por si solos, no alcanzan a disipar el calor generado, por lo que en diseños de unidades de alta potencia se hace necesario adicionar radiadores, a través de los cuales se hace circular aceite forzado por bombas, y se sopla aire sobre los radiadores, por medio de ventiladores. A este tipo de eliminación térmica se le llama enfriamiento forzado.

Accesorios

Los accesorios de un transformador son un conjunto de partes y dispositivos que auxilian en la operación y facilitan en labores de mantenimiento

Tanque conservador.

Es un tanque montado sobre el tanque principal del transformador, unido a este por medio de tubería, un relé Buchholz y válvulas; su función es soportar la expansión del aceite debido a los cambios de temperatura provocados por los incrementos de la carga. El tanque se mantiene lleno de aceite aproximadamente hasta la mitad.


Figura 22. Tanque de transformador de potencia



Nota. ÜBER UNSER Unternehmen - Stadtwerke Landshut [Anónimo]. Stadtwerke Landshut [página web]. Disponible en Internet: <https://www.stadtwerke-landshut.de/es/unternehmen/stadtwerke-landshut/>.

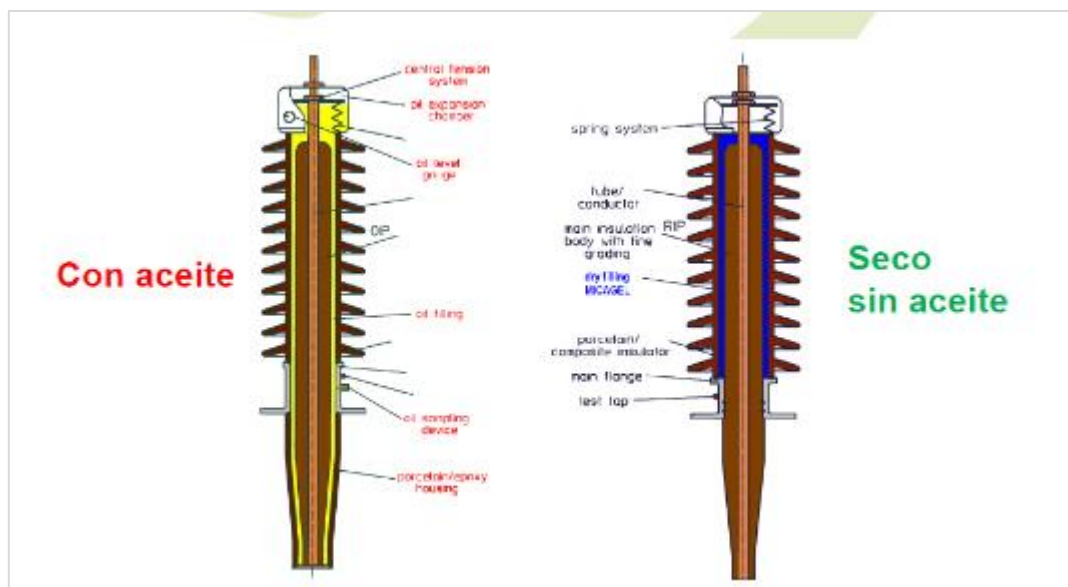
Bujes o Pasatapas. (Bushing)

Son los aisladores terminales de las bobinas de alta y baja tensión que se utilizan para atravesar el tanque o la tapa del transformador hasta los devanados del equipo.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Página 60 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre		

Cuando las tensiones en el transformador son elevadas la porcelana del aislamiento no es suficiente como medio aislante, por lo que se crearon los bujes capacitivos con aceite propio como medio aislante. Se identifican fácilmente porque su altura es superior a la del tanque de conservación.

Figura 23. Bujes comparados con aceite y sin aceite



Nota. Edison, T. (2019, marzo 30). *Transformer bushing types : RIP bushing vs OIP bushing.* Studyelectrical.com.

https://studelectrical.com/2019/03/transformer-bushing-types.html?expand_article=1

Tablero general.

Gabinete dentro del cual se encuentran los controles y protecciones de los motores de las bombas de aceite, de los ventiladores, del cambiador de derivaciones bajo carga, etc.


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 61 de 78	

Figura 24. Tablero de control



Nota. *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeación Del mantenimiento DE distribución.* (s/f). Docplayer.Es. Recuperado el 10 de agosto de 2023, de <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Válvulas.

Conjunto de dispositivos que se utilizan para el llenado, vaciado, mantenimiento y muestreo del aceite del transformador.

Conectores a tierra.


Tramos de cobre desnudo que se conectan desde la cuba del transformador hasta un punto soldado directamente a la malla de puesta a tierra de la subestación.

Placa de características.

La placa de características de un transformador de potencia es uno de los accesorios que tiene como principal función : Firma del fabricante, frecuencia, numero de fases, tipo de refrigeración, potencia nominal, tensión nominal, relación entre espiras, tensión secundaria, factor de potencia, corriente secundaria, corriente primaria, aumentos permitidos de temperatura, peso, entre otras.

Cambiador de derivaciones (TAP)

Mecanismo que permite variar la relación de transformación del transformador y existen dos tipos de cambiadores, los primeros operan sin carga cuyo objetivo principal es adaptar el devanado de alta a la tensión de la red a la cual está conectado,

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 62 de 78	

obteniendo de una tensión secundaria apropiada. Los segundos son los que operan bajo carga y son un poco más complejos que los primeros.

Relé Buchholz

Es un dispositivo de protección sensible a los fenómenos que se producen en el interior de un transformador, brindando una protección simple y eficaz. Se emplea en transformadores que cuentan con tanque de conservación. Cuenta con válvulas de entrada y de salida que permiten conectarlo en serie entre el transformador y el tanque de conservación de aceite. Entra en funcionamiento cuando se presenta alguno de los siguientes fenómenos: Cortocircuitos de duración considerable, descende el nivel de aceite por debajo del límite, sobrecargas y exceso de aire en la cuba del transformador.

Indicadores.


Sensores encargados de vigilar los diferentes agentes que afectan directamente el comportamiento del transformador como lo son la temperatura, presión, nivel de aceite entre otros. Se ubican en la parte externa en lugares visibles y de fácil acceso.

Radiadores.

Se acoplan a los costados de la cuba del transformador aumentando la superficie de radiación sin necesidad de sobredimensionar el tanque del transformador. Su función principal es la de regular la temperatura del transformador ya que un incremento superior al límite de placa, por periodos de tiempo de larga duración disminuye considerablemente la vida útil del transformador.

Interrupción de Potencia

Los interruptores automáticos son dispositivos mecánicos de interrupción capaces de conducir, interrumpir y establecer corrientes en condiciones normales, así como también conducir durante un tiempo específico, interrumpir y establecer corrientes en condiciones anormales, como son las de cortocircuito. Su función básica es conectar o desconectar un sistema o circuito energizado líneas de transmisión, transformadores, reactores o barrajes.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 63 de 78	

Seccionador


Los seccionadores son un equipo de maniobra utilizado para aislar los interruptores, circuitos o porciones de la subestación; en configuración de barras son utilizadas para seleccionar la forma de conectar los circuitos a los barrajes. Los seccionadores pueden desempeñar en las redes eléctricas diversas funciones, siendo la más común la de seccionamiento de circuitos por necesidades de operación o por necesidad de aislar componentes del sistema (equipos o líneas) para realizar su mantenimiento.

Figura 25. Seccionador en una subestación eléctrica



Nota. *Ma-Di macroproceso distribución Proceso mantenimiento subproceso planeación Del mantenimiento DE distribución.* (s/f). Docplayer.Es. Recuperado el 10 de agosto de 2023, de <https://docplayer.es/82161776-Ma-di-macroproceso-distribucion-proceso-mantenimiento-subproceso-planeacion-del-mantenimiento-de-distribucion.html>

Transformador de Potencial (PT's)

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 64 de 78	


Son equipos cuya finalidad es aislar el circuito de baja tensión del circuito de alta tensión, procurando que los efectos transitorios y de régimen permanente aplicados al circuito de alta tensión sean reproducidos lo más fielmente posible y de manera proporcional en el lado secundario. Está destinado a la alimentación de equipos de medición y/o protección con tensiones proporcionales a las de la red en el punto en el cual está conectado. El lado primario se conecta en paralelo con las líneas de tensión a controlar y el secundario se conecta en paralelo con las bobinas de tensión de los diferentes equipos de medición y de protección que se requiere energizar. Cada transformador de potencial tendrá, por lo tanto, terminales primarios que se conectarán a un par de fases o a una fase y tierra; y terminales secundarios a los cuales se conectarán los equipos

Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente son equipos donde la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es proporcional a la corriente primaria, aunque ligeramente desfasada. Desarrollan dos tipos de funciones: La primera de ellas es transformar la corriente y la segunda es aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

Deshumectador con sílica gel.

Elemento destinado a extraer la humedad que se genera en el transformador en periodos de poca demanda, por el enfriamiento del aceite, cuenta con sifón para el aceite y un compartimento para el depósito del material deshidratante. El cambio de color de este material indica la absorción de humedad por lo que es recomendable cambiar si está contaminado en un 75% de la capacidad del recipiente

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 65 de 78

ANEXO 2. Tipos de subestación

Tipos de subestación

Para RAPE (2020) existen diferentes subestaciones eléctricas que estas discriminadas según el nivel de tensión y la forma. A continuación, se describe las diferentes subestaciones eléctricas.

Figura 26. Tipos de subestaciones eléctricas




Nota. (S/f). Unam.mx:8080. Recuperado el 2 de julio de 2023, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/784/A4%20SISTEMAS%20DE%20DISTRIBUCION.pdf>

Subestación de transformación

Son las encargadas de transformar la energía eléctrica mediante uno o más transformadores suministrando al sistema un nivel de tensión diferente al recibido. Así mismo este tipo de subestaciones puede ser de dos tipos:

Subestaciones elevadoras

Elevan la tensión generada de media a alta o extra alta tensión para facilitar su transporte y su ubicación está dada al lado de las centrales de generación. La necesidad de estas subestaciones es brindar seguridad, la cual debe estar a la altura

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 66 de 78	

de la del sistema de más alto nivel de tensión al cual esté conectada. La tensión primaria de los transformadores suele estar entre 3 y 36 kV, mientras que la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de las líneas de transporte o interconexión.

Subestaciones reductoras

Son las subestaciones cuya función es reducir el nivel de tensión de alta y extra alta tensión a media tensión para su posterior distribución. La necesidad de este tipo de subestación es básicamente la de confiabilidad y seguridad según sea las necesidades del sistema secundario. Es decir, si los transformadores están cargados por debajo de su capacidad nominal, la necesidad en este caso sería la confiabilidad; pero si por el contrario el transformador está cargado con un valor cercano a su capacidad nominal, la necesidad pasa a ser de seguridad. También podría resultar necesario contar con flexibilidad en estas subestaciones, todo depende del número de circuitos que requieran conectarse a esta. La tensión primaria de los transformadores depende de la tensión de la línea de transporte, mientras que la tensión secundaria está condicionada por la tensión de distribución de la zona

Subestaciones de maniobra

Son las encargadas de conectar dos o más circuitos con el mismo nivel de tensión y realizar sus respectivas maniobras sin necesidad de transformar el nivel de tensión, aumentando la fiabilidad del sistema permitiendo conformar nudos en una red mallada. La necesidad de este tipo de subestaciones es brindar flexibilidad ya que debe ajustarse a diferentes situaciones, también debe contar con confiabilidad y/o seguridad cuando se presenten fallas en las barras ya que es un punto donde se unen sistemas, o en otro de los casos la generación con la carga.


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 67 de 78	

Figura 27. Subestación de maniobra



Nota. Subestaciones de maniobra. (s/f). Scribd. Recuperado el 2 de agosto de 2023, de <https://www.scribd.com/document/442351833/Subestaciones-de-maniobra-docx>

Subestaciones de generación

Son las encargadas de conectar las centrales generadoras con el sistema interconectado de potencia. Su principal necesidad es la confiabilidad, la seguridad y la flexibilidad ya que la ubicación y la importancia dentro del sistema así lo requiere.

Clasificación según su nivel de tensión.

- Subestación de transmisión: > 230 kV
- Subestaciones de subtransmisión: > 115 kV y < 230 kV □
- Subestaciones de distribución primaria: > 23 kV y < 115 kV
- Subestaciones de distribución secundaria: < 23 kV


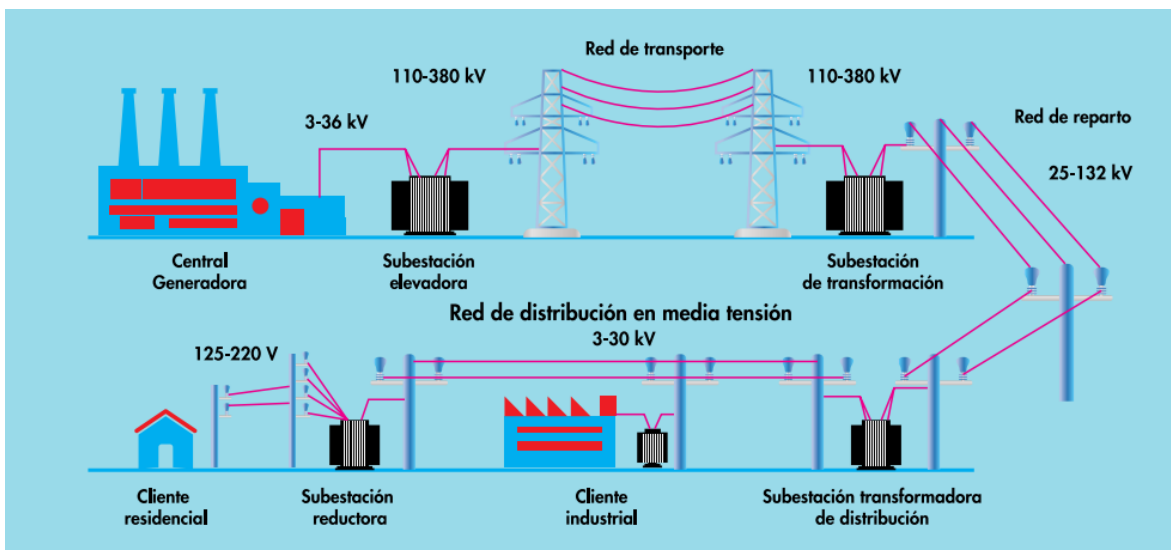

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Página 68 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre		

Figura 28. Partes de la subestación eléctrica



Nota. El sistema eléctrico está compuesto por las centrales generadoras, líneas de transporte, subestaciones, líneas de distribución y centros de consumo. Tomado de 8 PARTES de las subestaciones eléctricas [Anónimo]. Instalaciones Eléctricas Residenciales [página web]. Disponible en Internet: <https://instalacioneselctricasresidenciales.blogspot.com/2013/05/subestaciones-electricas.html>.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 69 de 78	

ANEXO 3. Necesidades técnicas de una subestación eléctrica

Necesidades técnicas de una subestación eléctrica

Confiabilidad


Es la capacidad que tiene la subestación de continuar suministrando energía al sistema durante un tiempo dado, mientras que se presenta un fallo en alguno de sus componentes (interruptor, barra, etc.) Este periodo de tiempo debe dar el espacio suficiente para realizar las labores de reparación del equipo bajo falla o para ejercer labores de mantenimiento. El suministro continuo de energía se debe garantizar por medio de la realización de maniobras y/o conmutaciones internas que permitan deshabilitar el circuito o la barra que se encuentra en falla y continuar así prestando el servicio de suministro de energía normalmente

Seguridad

Es la propiedad que tiene la subestación de garantizar el suministro de energía sin ningún tipo de interrupción durante fallas en los equipos de potencia (interruptores, barrajes, etc.), es por eso que para tener seguridad en una subestación se hace indispensable que esta cuente con confiabilidad, lo que hace necesario que el daño en uno de sus componentes no altere el comportamiento de los demás. Por lo general la seguridad está dada directamente por el impacto que causa en la estabilidad y el comportamiento del sistema, las pérdidas de potencia en un momento de falla.

Flexibilidad

Es la propiedad que tiene la subestación de adaptarse a diferentes condiciones que pueden presentarse cuando se dan cambios operativos en el sistema, contingencias o mantenimiento

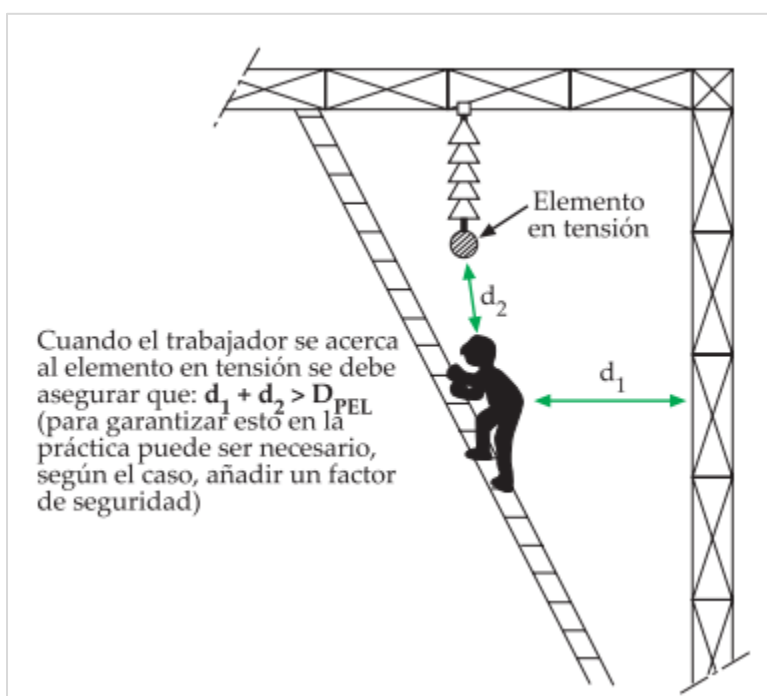
	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Página 70 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre		

ANEXO 4. Método de trabajo a potencial

Método de trabajo a potencial.


El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2020) ubicado en España advierte otros conceptos de seguridad que en materia internacional se rige bajo el decreto real 614/2001 por el cual sugiere tener en cuenta al momento de adentrarse a trabajos de tipo eléctricos.

Figura 29. Método de trabajo a potencial



Nota. acceso del trabajador hasta el elemento en tensión subiendo por sí mismo a través de una escalera aislante. Tomado de Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico. Decreto Real 614|2001.

El empleado principalmente en instalaciones y líneas de transporte de alta tensión. Este método requiere que el trabajador manipule directamente los conductores o elementos en tensión, para lo cual es necesario que se ponga al mismo potencial del elemento de la instalación donde trabaja. En estas condiciones, debe


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 71 de 78

estar asegurado su aislamiento respecto a tierra y a las otras fases de la instalación mediante elementos aislantes adecuados a las diferencias de potencial existente.

Precauciones Requeridas


- El aislamiento del trabajador respecto a tierra (y respecto a las otras fases) es un aspecto esencial de este método de trabajo. Los elementos que sostienen al trabajador (escalas aislantes, dispositivos elevadores, etc.) deben proporcionar un aislamiento adecuado al nivel de la tensión existente. Antes de comenzar el trabajo se comprobará la corriente de fuga que circula por el elemento del que depende el aislamiento del trabajador. ⁶
- En caso de que este aislamiento pueda variar debido a las condiciones ambientales (condensaciones por humedad del ambiente, contaminación del aire, etc.) se recomienda controlar la corriente de fuga durante la ejecución del trabajo. Esto puede lograrse mediante un microamperímetro vigilado por un trabajador o mediante la instalación de un dispositivo automático de alarma. El criterio de seguridad comúnmente admitido es que la citada corriente de fuga se mantenga por debajo de un microamperio por cada kilovoltio nominal de la instalación.
- Durante el acceso del trabajador hasta el elemento en tensión, por ejemplo, izado mediante un dispositivo elevador con brazo aislante o subiendo por sí mismo a través de una escala aislante, deben respetarse en todo momento las distancias mínimas de trabajo.
- Durante la ejecución del trabajo también debe cumplirse, en todo momento, dicho requisito, considerando el tamaño de las herramientas y materiales conductores utilizados
- Los operarios que trabajan con el método “a potencial” deben ir vestidos con ropa externa conductora (pantalón, chaqueta, capucha, guantes, calcetines y calzado). Esta indumentaria constituye un apantallamiento tipo Faraday que impide la penetración del campo eléctrico en su cuerpo. En la práctica, se considera necesario tomar dicha medida siempre que la tensión nominal de

⁶ La, P., & Del, P. (s/f). *PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DEL*. Insst.es. Recuperado el 6 de septiembre de 2023, de https://www.insst.es/documents/94886/96076/g_electr.pdf/46679419-d4cc-461e-8da1-4b2e65df9146

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 72 de 78

la instalación sea igual o superior a 66 kV. Para tensiones menores la decisión se basará en el resultado de la evaluación de riesgos.

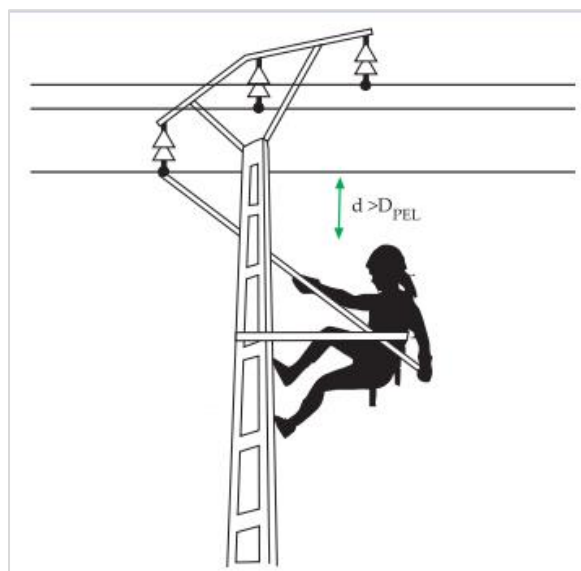
- Antes de que el trabajador toque el elemento en tensión, debe unirse eléctricamente a él con el fin de ponerse al mismo potencial. Esto se realiza mediante la conexión del conductor auxiliar unido por el otro extremo al traje conductor que viste el trabajador. Dicho conductor debe permanecer conectado al elemento en tensión durante todo el tiempo que dure el trabajo.
- Antes de iniciar la elevación, el vehículo del elevador debe ser puesto a tierra y en conexión equipotencial con el resto de masas metálicas existentes en la zona de trabajo. Así mismo, antes de comenzar el trabajo debería hacerse una comprobación de la corriente de fuga del brazo aislante del elevador y mantener este control en el transcurso de las operaciones cuando el aislamiento pueda variar debido a las condiciones ambientales (condensaciones por humedad, contaminación ambiental, etc). La verificación inicial puede realizarse poniendo la barquilla situada en el extremo del brazo aislante en contacto con una fuente cuya tensión sea igual a la de la instalación donde se vaya a trabajar. La corriente de fuga no debería exceder de un microamperio por cada kilovoltio de tensión nominal de la instalación. En caso contrario, el trabajo debería ser suspendido.
- Durante el desarrollo de estos trabajos, no se debe entregar al operario que permanece a potencial ningún material, desde los apoyos o desde el suelo, sin las debidas condiciones de aislamiento. Por otra parte, hay que garantizar que los dispositivos utilizados para la elevación del trabajador estén libres de balanceos u oscilaciones, con el fin de controlar en todo momento las distancias de aproximación y proporcionar al operario un apoyo seguro y estable durante la ejecución del trabajo.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 73 de 78

ANEXO 5. Método de trabajo a distancia

Método de trabajo a distancia.


Figura 30. Método de trabajo a distancia



Nota. En el trabajo en tensión a distancia se debe garantizar que la distancia de aproximación sea siempre mayor que la distancia mínima de aproximación. Tomado de Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico. Decreto Real 614|2001.


Utilizado principalmente en instalaciones de alta tensión en la gama media de tensiones. En este método, el trabajador permanece al potencial de tierra, bien sea en el suelo, bien en los apoyos de una línea aérea, bien en cualquier otra estructura o plataforma. El trabajo se realiza mediante herramientas acopladas al extremo de pértigas aislantes. Las pértigas suelen estar formadas por tubos de fibra de vidrio con resinas epoxi, y las herramientas que se acoplan a sus extremos deben estar diseñadas específicamente para realizar este tipo de trabajos⁷.

⁷ La, P., & Del, P. (s/f). *PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DEL*. Insst.es. Recuperado el 6 de septiembre de 2023, de https://www.insst.es/documents/94886/96076/g_electr.pdf/46679419-d4cc-461e-8da1-4b2e65df9146

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 74 de 78

Precauciones requeridas

- Antes de iniciar el trabajo es preciso revisar el buen estado de las herramientas de las pértigas aislantes. Dichos elementos deben ser verificados periódicamente mediante los oportunos ensayos, de acuerdo con la información dada por el fabricante.
- Para llevar a cabo el trabajo mediante este método se pueden utilizar diferentes clases de protectores aislantes, destinados al recubrimiento de conductores, herrajes, aisladores y otros elementos de la instalación. Estos protectores aislantes deben ser seleccionados entre los fabricados especialmente para este fin conforme a las normas que les sean de aplicación y su aislamiento debe estar dimensionado para soportar con garantías de seguridad las tensiones de la instalación
- El método de trabajo a distancia requiere planificar cuidadosamente el procedimiento de trabajo, de manera que en la secuencia de ejecución se mantengan en todo momento las distancias mínimas de aproximación.
- En la práctica, para garantizar estas distancias puede ser necesario trabajar con un margen o factor de seguridad que habrá de establecerse, para cada tipo de trabajo, en función de la evaluación de riesgos.
- La distancia se establece respecto a los conductores desnudos en tensión; por tanto, no se aplica respecto a elementos en tensión protegidos mediante pantallas o envolventes que los hagan inaccesibles al trabajador, impidiendo cualquier contacto o arco eléctrico con el mismo. En el caso de que los trabajos no se realicen desde el suelo, los elementos de apoyo y sujeción del trabajador, tales como plataformas, trepadores para apoyos y cinturones o arneses de seguridad, deben garantizar un apoyo seguro y estable al trabajador.

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 75 de 78	

ANEXO 6. Método de Trabajo en Contacto


Método de trabajo en contacto.

Empleando equipos de protección individual adecuados, utilizado principalmente en baja tensión, aunque también se emplea en la gama baja de alta tensión.


- Este método, que requiere la utilización de guantes aislantes en las manos, se emplea principalmente en baja tensión. Para poder aplicarlo es necesario que las herramientas manuales utilizadas (alicates, destornilladores, llaves de tuercas, etc.) dispongan del recubrimiento aislante adecuado, conforme con las normas técnicas que les sean de aplicación
- En el método de trabajo en contacto las protecciones aislantes cumplen la misma función que en el método de trabajo a distancia: recubrimiento de conductores y elementos activos, herrajes, aparatos, etc., con los cuales pueda entrar en contacto de forma accidental el trabajador que los realiza. Cuando el trabajo se lleve a cabo en instalaciones de baja tensión, las principales precauciones que deberán ser adoptadas son las siguientes:

Requerimientos Técnicos

- Mantener las manos protegidas mediante guantes aislantes adecuados.
- Realizar el trabajo sobre una alfombra o banqueta aislantes que, así mismo, aseguren un apoyo seguro y estable.
- Vestir ropa de trabajo sin cremalleras u otros elementos conductores, y diseñada para el riesgo de arco eléctrico.
- No portar pulseras, cadenas u otros elementos conductores.
- Usar herramientas aisladas, específicamente diseñadas para estos trabajos.
- Aislar, en la medida de lo posible, las partes activas y elementos metálicos en la zona de trabajo mediante protectores adecuados (fundas, capuchones, películas plásticas aislantes, etc.) Cuando el trabajo se realice en instalaciones de alta tensión, las principales precauciones que deberán ser adoptadas son las siguientes:
- Mantener las manos protegidas mediante guantes aislantes adecuados a la tensión nominal de la instalación y, si es preciso, usar manguitos aislantes para los brazos.


	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:	
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023	
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo			Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda		Página 76 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre		

- Realizar el trabajo sobre un soporte aislante (plataforma, barquilla, etc.) que asegure el aislamiento del trabajador respecto a tierra y proporcione un apoyo seguro y estable.
- Mantener la distancia de seguridad DPEL respecto a otros puntos de diferente potencial que no se encuentren apantallados o protegidos.
- Vestir ropa de trabajo sin cremalleras u otros elementos conductores, y diseñada para el riesgo de arco eléctrico.
- No portar pulseras, cadenas u otros elementos conductores.
- Usar herramientas aisladas, específicamente diseñadas para estos trabajos.
- Aislar, en la medida de lo posible, las partes activas y elementos metálicos en la zona de trabajo mediante accesorios aislantes (fundas, capuchones, películas plásticas aislantes, etc.).
- Todo operario de línea viva, es decir, capacitado para trabajos en tensión, debe haber recibido una formación especial y estar habilitado para tal fin, lo cual deber ser demostrado mediante certificación.
- Todo operario de línea viva, debe estar afiliado a la seguridad social y riesgos profesionales. Además, debe practicarse exámenes periódicos para calificar su estructura ósea o para detectar deficiencias pulmonares, cardíacas o psicológicas. Enfermedades como la epilepsia, consumo de drogas y alcoholismo también deben ser estudiadas por el médico.
- El jefe del trabajo, una vez recibida la confirmación de que se tomaron las medidas precisas y antes de comenzar el trabajo, debe reunir y exponer a los operarios el procedimiento de ejecución que se va a realizar, cerciorándose que ha sido perfectamente comprendido, que cada trabajador conoce su función y que cada uno comprende cómo se integra en la operación conjunta.
- El jefe del trabajo dirigirá y vigilará los trabajos, siendo responsable de las medidas de cualquier orden que afecten la seguridad. Al terminar los trabajos, verificará su correcta ejecución y comunicará al centro de control el fin de los mismos.
- Ningún operario podrá participar en un trabajo en tensión si no dispone en la zona de trabajo de sus elementos de protección personal, que comprende: en todos los casos: Casco aislante y guantes de protección.
- En casos particulares, los equipos previstos en los procedimientos de ejecución a utilizar serán, entre otros: Botas dieléctricas o calzado especial

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		Versión: 1
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Página 77 de 78
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	

con suela conductora para los trabajos a potencial, dos pares de guantes aislantes, gafas de protección contra rayos ultravioleta, manguitos aislantes, herramientas aislantes.

- Cada operario debe cuidar de la conservación de su dotación personal. Estos materiales y herramientas deben conservarse en seco, al abrigo de la intemperie y transportarse en fundas, estuches o compartimientos previstos para este uso. No deben sacarse de los mismos hasta el momento de su empleo.
- Antes de trabajar en un conductor bajo tensión, el operario debe unirse eléctricamente al mismo para asegurar su equipotencialidad con el conductor.
- En el caso de presentarse lluvia o niebla, se pueden realizar los trabajos cuando la corriente de fuga por los elementos aislantes esté controlada y se mantenga por debajo de 1
- A por cada kV nominal de la instalación. En caso de no realizar control de la corriente de fuga y si la tensión es superior a 34,5 kV, estos trabajos deben ser interrumpidos inmediatamente.
- En caso de tormentas eléctricas, los trabajos no deben comenzarse y de haberse iniciado se interrumpirán. Cuando las condiciones atmosféricas impliquen la interrupción del trabajo, se debe retirar al personal y se podrán dejar los dispositivos aislantes colocados hasta que las condiciones vuelvan a ser favorables.
- Cuando se emplee el método de trabajo a contacto, los operarios deben llevar guantes aislantes revestidos con guantes de protección mecánica y guantes de algodón en su interior.
- Todo operario que trabaje a potencial debe llevar una protección total tipo Jaula de Faraday. l. En trabajos a distancia sobre con tensiones menores o iguales a 230 kV, cuando no se coloquen dispositivos de protección que impidan todo contacto o arco eléctrico con un conductor desnudo, la mínima distancia de aproximación al conductor es 0,8 m cuando las cadenas de aisladores sean menores a 0,8 m y la distancia mínima será igual a la longitud de la cadena cuando esta es mayor a 0,8 m. Esta distancia puede reducirse a 0,60 m para la colocación de dispositivos aislantes cerca de los puntos de fijación de las cadenas de aisladores y de los aisladores en sus soportes. Se entiende por distancia mínima de aproximación la distancia entre un

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Fecha de emisión:
	GUÍA METODOLÓGICA PARA ORIENTAR		08/10/2023
	Corrección de puntos calientes en subestaciones eléctricas con enfoque en Seguridad y Salud en el Trabajo		
	Elaboró:	Mayra A. Díaz Almeyda	Versión: 1
Revisó:	Oscar Quiroga	Oscar Aguirre	Página 78 de 78

conductor y una parte cualquiera del cuerpo del operario estando este situado en la posición de trabajo más desfavorable.

- Todo equipo de trabajo en tensión debe ser sometido a ensayos periódicos de acuerdo con las normas técnicas o recomendaciones del productor. A cada elemento de trabajo debe abrírsele y llenársele una ficha técnica.
- Los guantes aislantes deben ser sometidos a una prueba de porosidad por inyección de aire, antes de cada jornada de trabajo y debe hacerse un ensayo de rigidez dieléctrica en laboratorio, mínimo dos veces al año.
- Para las mangas, cobertores, protectores, mantas, pértigas, tensores, escaleras y demás equipo, se debe hacer mínimo un ensayo de aislamiento al año. Los vehículos deben ser sometidos a una inspección general y ensayos de aislamiento a las partes no conductoras, mínimo una vez al año.