



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
“LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA”



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

**PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR TRABAJOS CON SEGURIDAD EN
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTAN:

DAVID ORTEGA GREGORIO

JUAN ANTONIO CEJA GARZÓN

REYNALDO SERRANO MONTELLANO

ASESORES:

METODOLÓGICO: ING. EVERARDO LÓPEZ SIERRA

TÉCNICO: ING. ERNESTO A. NIÑO SOLIS

MEXICO DF. A 25 DE FEBRERO 2016

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL "ADOLFO LÓPEZ MATEOS"

TEMA DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA (N) DESARROLLAR C. ORTEGA GREGORIO DAVID
C. CEJA GARZÓN JUAN ANTONIO
C. SERRANO MONTELLANO REYNALDO

"PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR TRABAJOS CON SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA."

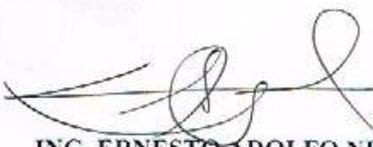
DESARROLLAR LA PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA REALIZAR TRABAJOS SEGUROS EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA QUE PUNTUALIZARÁ EN LAS ACTIVIDADES AL REALIZAR TRABAJOS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO.

- ❖ INTRODUCCIÓN.
- ❖ GENERALIDADES SOBRE LA SEGURIDAD.
- ❖ ELEMENTOS DE SEGURIDAD PARA SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA.
- ❖ PROCEDIMIENTOS EN EL MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES DE POTENCIA.
- ❖ COSTO DEL PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR TRABAJOS CON SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA Y COSTO DEL MANTENIMIENTO AL EQUIPO ELÉCTRICO.
- ❖ CONCLUSIONES.

MÉXICO D. F. A 25 DE FEBRERO DE 2016.

ASESOR


ING. EVERARDO LÓPEZ SIERRA


ING. ERNESTO ADOLFO NIÑO SOLÍS


ING. CÉSAR DAVID RAMÍREZ ORTIZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA



I. RESUMEN

La seguridad para el trabajador es fundamental para que estos realicen los trabajos de mantenimiento en subestaciones eléctricas de potencia sin contratiempos, y seguir proporcionando el suministro de energía eléctrica de manera normal a todo tipo de usuarios. Por lo tanto es muy importante que conozcamos los elementos que conforman a un sistema de seguridad y saber cuál es la función de cada uno de dichos elementos. Contar con un buen plan de seguridad para la ejecución de trabajos considerados de alto riesgo, como lo son los trabajos de mantenimiento en estas estaciones es de vital importancia para que podamos evitar cualquier accidente. La participación de los trabajadores para la realización o actualización de un plan de seguridad es muy valioso ya que ellos conocen los riesgos a los que se enfrentan al realizar los trabajos, su experiencia ayuda para que se cuenten con excelentes planes de seguridad.

Para efectuar trabajos de mantenimiento con seguridad dentro las subestaciones de potencia, es muy importante contar con un procedimiento adecuado para realizar las maniobras necesarias para antes y después de haber consumado dicho trabajo. También es importante mencionar que debemos de contar con un procedimiento para cada tipo de subestación, como ya sabemos en las subestaciones de potencia se utilizan diferentes tipos de arreglos poder suministrar la energía eléctrica de manera constante y confiable. Por lo tanto, los procedimientos mencionados en este documento sólo nos sirven para esta subestación de potencia, tal vez puede servir para otra subestación de potencia que éste diseñada con el mismo tipo de arreglo y equipos.

Al implementar un plan de seguridad para efectuar trabajos de mantenimiento se debe realizar una inversión. Esta inversión se hace para adquirir el equipo de protección personal para los trabajadores, herramientas adecuadas para cada tipo de maniobra y deber existir una capacitación constante para la realización de estos trabajos. Sin embargo, al ocurrir un accidente existe un costo si hay un daño sobre el trabajador que realiza los trabajos de mantenimiento o puede existir algún daño en el equipo eléctrico al que se le apliquen los trabajos de mantenimientos. Al existir un equipo dañado lo más probable es que para este equipo se reemplace algún elemento o el equipo en su totalidad en el peor de los casos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector eléctrico es una de las áreas con más riesgos en el campo laboral, particularmente al realizar mantenimiento preventivo y correctivo en las Subestaciones Eléctricas de Potencia, los que son considerados trabajos de alto riesgo.

Existen sistemas de seguridad industrial basados en una normatividad de acuerdo a la región geográfica en la que se encuentran. En México la legislación vigente que se aplica es la ley federal del trabajo, las normas de la Secretaria de Trabajo y Previsión Social STPS, la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, así como los instructivos de mantenimiento en las empresas eléctricas nacionales.

Debido a la constante actualización de la normatividad las empresas requieren una capacitación continua sobre la materia de seguridad para el personal que labora en zona de riesgo. Esta capacitación es de vital importancia para poder reducir los índices de accidentes y mortandad en el sector eléctrico, de acuerdo al Instituto Federal de Acceso a la Información IFAI¹. Del mismo modo al existir un accidente en el cual se vea involucrado algún equipo eléctrico de la Subestación Eléctrica de Potencia y el equipo salga dañando y por consiguiente se deba de reemplazar, lo cual adhiere un costo más al costo de mantenimiento. Es por ello que en esta tesis se propone la elaboración de un instructivo de seguridad para la ejecución de trabajos en una Subestación Eléctrica de Potencia.

Un sistema de seguridad en una Empresa Eléctrica ésta formado por el personal técnico o mano obra calificado, las herramientas necesarias para la elaboración de los trabajos, los materiales de calidad, la capacitación permanente a los trabajadores, las guías o procedimientos para la ejecución segura del trabajo, la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene conformada de acuerdo a las políticas empresariales y la coordinación con las áreas involucradas.

¹Vircor Q. (2011) *Estadísticas de Accidentes Eléctricos en México y la STPS*. Recuperado de <https://www.linkedin.com/groups/Estad%C3%ADsticas-Accidentes-El%C3%A9ctricos-M%C3%A9xico-STPS-4311265.S.208972090>.

Las diversas opciones de aplicar mantenimiento en Subestaciones Eléctricas de Potencia obligan a tener un procedimiento o guía técnica que indique la forma ordenada para aislar las zonas de trabajo asegurándose la integridad de las personas que lo realizan.

Se tomará como base para este estudio una Subestación Eléctrica de Potencia típica de 120 MVA con arreglo Doble Barra en la zona de 230 kV, dos transformadores de 60 MVA cada uno y ocho alimentadores en 23 kV con arreglo en anillo.

III. JUSTIFICACIÓN

Se propone un procedimiento o guía técnica para aplicarla en Subestaciones Eléctricas de Potencia durante la realización adecuada de trabajos o tareas de mantenimiento asegurando la ausencia de accidentes.

Con la propuesta de mejoramiento del sistema de seguridad basándonos en diferentes Normas Oficiales Mexicanas como son la NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas Utilización, las Normas de Seguridad de las empresas eléctricas, las recomendaciones y manuales de seguridad al desempeñar trabajos en alta tensión y otras normas emitidas por la STPS, las Empresas eléctricas y las mismas autoridades buscan permanentemente evitar accidentes en los lugares y locales de trabajo, obligando que todos estos se apeguen a la normatividad establecida por las diferentes Instituciones o Asociaciones dando prioridad a la integridad de los trabajadores en riesgo.

III.I Viabilidad

Desde el punto de vista económico no es sencillo justificar la elaboración de un procedimiento o guía técnica que simplifique la ejecución de trabajos de mantenimiento en estaciones eléctricas de potencia.

Sin embargo, si consideramos las ventajas secundarias que representa contar con una guía como la propuesta se puede establecer que:

1. Los trabajos se realizarán en los tiempos establecidos.

2. El desarrollo de las actividades de mantenimiento preventivo o una planeación básica mantendrá la facilidad de tener oportunamente materiales, repuestos, herramientas y personal apropiado y capacitado para su ejecución.
3. Las estaciones y líneas adyacentes al lugar en donde se aplica el mantenimiento preventivo y/o correctivo involucrado, deberán prepararse para evitar interrupciones.
4. Se terminarán los trabajos sin accidentes, lo que representa evitar costos inesperados y difíciles de superar cuando ocurren accidentes incapacitantes o mortales.
5. Se garantizará la continuidad del servicio después de haber realizado los trabajos previstos.

Argumentos suficientes para elaborar y contar con procedimientos actualizados.

IV OBJETIVOS

IV.I Objetivo General

Desarrollar la propuesta de elaboración de un procedimiento técnico para realizar trabajos seguros en Subestaciones Eléctricas de Potencia, que puntualizará en las actividades al realizar trabajos en el Sistema Eléctrico.

IV.II Objetivos Específicos

- Conocer los conceptos básicos de Seguridad.
- Conocer los métodos de evaluación de riesgos de un accidente.
- Dar a conocer los aspectos más relevantes de Seguridad al realizar trabajos en Subestaciones Eléctricas de Potencia.
- Elaborar un procedimiento o guía técnica para realizar trabajos de mantenimiento dentro de una Subestación Eléctrica de Potencia.
- Establecer los costos de un accidente laboral y los costos por la aplicación de un procedimiento o guía técnica al realizar un trabajo seguro.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
GENERALIDADES SOBRE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL	
1.1 GENERALIDADES SOBRE LA SEGURIDAD	2
1.2 SEGURIDAD INDUSTRIAL	2
1.2.1 Antecedentes Históricos de Seguridad Industrial	3
1.2.2 Conceptos Básicos de seguridad	6
1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	7
1.4 SEGURIDAD PREVENTIVA	8
1.4.1 Métodos de Determinación de Riesgos de un Accidente	10
1.5 PLAN GENERAL DE SEGURIDAD	14
1.5.1 Métodos de Determinación de Riesgos de un Accidente	17
CAPÍTULO 2	
ELEMENTOS DE SEGURIDAD PARA SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA	
2.1 ELEMENTOS DE SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA	22
2.2 SISTEMA DE TIERRAS PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE POTENCIA	23
2.3 TIPOS DE LOS SISTEMAS DE TIERRA	25
2.3.1 Puesta a Tierra Para Protección	26
2.3.2 Puesta a Tierra Para Funcionamiento	28
2.3.3 Puesta a Tierra Para Trabajo	29
2.4 CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA	31
2.5 EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL	32
2.6 DISTANCIAS DE SEGURIDAD	41
2.6.1 Cálculo del valor básico de seguridad	41
2.6.2 Determinación de la zona de seguridad	42

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTOS EN EL MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES DE POTENCIA

3.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SUBESTACIÓN ELECTRICA CHAPINGO DE 180 MVA, 230/23 KV.	52
3.2 PROCEDIMIENTO PARA REEMPLAZAR UN AISLADOR DE 230 kV A LA ENTRADA DE LT-AURORA 1 SOBRE LA BARRA B2 DE LA ZONA 230 kV.	55
3.3 PROCEDIMIENTO PARA LIBRAR EL INTERRUPTOR DE 230 KV 98200 (53CHTB) PARA DARLE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	58
3.4 PROCEDIMIENTO PARA LIBRAR LA BARRA B1 230 KV PARA APLICAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO	60
3.5 PROCEDIMIENTO PARA LIBRAR EL BANCO DE TRANSFORMADORES T1 T221A, 230/23 KV DE 60 MVA PARA DARLE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	62
3.6 PROCEDIMIENTO PARA LIBRAR EL BANCO DE CAPACITORES C1 K21	65
3.7 PROCEDIMIENTO PARA QUE EL TRABAJADOR VISTA EL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	67
3.8 TÉCNICA DE UNA HORA ANTES	68

CAPÍTULO 4

COSTO DEL PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR TRABAJOS CON SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA Y COSTO DEL MANTENIMIENTO AL EQUIPO ELÉCTRICO

4.1 COSTO DEL PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR TRABAJOS SEGUROS	69
4.1.1 Análisis del Costo de la Seguridad para el Procedimiento de Trabajos Seguros	70
4.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO A EQUIPO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE POTENCIA	74
4.2.1 Costo del Mantenimiento al Realizarse un Trabajo Inadecuado	78
4.3 DETERMINACIÓN DEL COSTO DEL PROYECTO	80

CONCLUSIONES	82
---------------------	----

REFERENCIAS	83
--------------------	----

GLOSARIO	86
-----------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS	87
--------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS	89
-------------------------	----

INTRODUCCIÓN

En este Proyecto se propone la elaboración de un procedimiento para la ejecución de trabajos seguros en las Subestaciones Eléctricas de Potencia describiendo las acciones para antes y después de realizar un trabajo de mantenimiento preventivo dentro de estas instalaciones eléctricas y así evitar la ocurrencia de accidentes, enfatizando el orden a cumplir en cada una de las actividades.

Previamente a realizar la propuesta del procedimiento mencionado, es necesario definir el término de Seguridad Industrial y demás conceptos que este conlleva. Es importante tener conocimiento suficiente de que es la Seguridad Industrial, conocer sus antecedentes históricos, tener en cuenta cuales podrán ser las causas que originan los accidentes en el trabajo y cuáles son los métodos que podemos utilizar para evitar el riesgo de accidentes, los costos que se registran al existir un accidente. Conocer el significado de un plan general de seguridad y así analizar cuáles serán los beneficios que tendremos al aplicarlo, ya que la seguridad industrial sólo será posible mediante una capacitación permanente y una inversión constante en el aspecto de la formación del personal.

Con este trabajo damos a conocer las medidas de seguridad adecuadas y el procedimiento que se debe seguir antes y después de realizar un trabajo de mantenimiento en este tipo de instalación, espacio o sistema eléctrico, ya que al tener el conocimiento de estas medidas es posible evitar los riesgos de sufrir algún accidente que nos pueda causar lesiones y en algunos casos la muerte. Además que también los accidentes en el trabajo causan costos monetarios incalculables.

Debe considerarse que con el avance tecnológico y con la modernización que sufren las subestaciones de potencia, es necesario que los procedimientos de trabajo se actualicen sistemáticamente evitando que lleguen a obrar como documentos no actualizados y por razón normal pierdan su esencia preventiva.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES SOBRE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

1.1 GENERALIDADES SOBRE LA SEGURIDAD

Es importante conocer el término de Seguridad Industrial antes de poder aplicarla de una manera puntual y específica. Por eso en este capítulo hablaremos un poco sobre ella, su definición, daremos un breve recuento de sus antecedentes históricos, los conceptos básicos que forman parte de la Seguridad y a lo que se refiere un procedimiento de seguridad.

A lo largo de la historia el hombre se ha visto acompañado de los accidentes desde que vivía en cavernas hasta su forma de vida actual. Por otro lado los accidentes laborales han ido cambiando con los años como la industria lo ha hecho, esto porque las actividades que se realizan en ellas se han vuelto cada vez más complejas y con ello los riesgos se han ido multiplicando. Por lo tanto es importante conocer la Seguridad Industrial para reducir el riesgo de sufrir algún accidente en el trabajo.

1.2 SEGURIDAD INDUSTRIAL

La Seguridad Industrial ha sido para el hombre un tema de suma importancia a lo largo de la historia para el mantenimiento dentro de condiciones seguras y saludables para los trabajadores. Además la seguridad Industrial es uno de los fines de interés general que los poderes públicos están dispuestos a garantizar.

Conforme ha pasado el tiempo se han dado diferentes definiciones de Seguridad Industrial, que con el tiempo han ido evolucionando paralelamente a las condiciones y circunstancias en que el trabajo se desarrolla.

Existe el siguiente concepto de Seguridad Industrial: “Es la aplicación racional y con inventiva de las técnicas que tienen por objeto el diseño de: instalaciones, equipos, maquinarias, procesos y procedimientos de trabajo; capacitación, adiestramiento, motivación y administración de personal, con el propósito de abatir la incidencia e ineficiencias entre los

trabajadores o daños económicos a las empresas y consecuencias a los miembros de la comunidad”²

Podemos mencionar más definiciones que a lo largo de la historia diferentes autores le han dado a la Seguridad Industrial, pero no encontraremos gran diferencia entre ellas. Esto es porque aunque la definición como ya lo mencionamos ha ido cambiando conforme la industria ha evolucionado dependiendo al país que se aplica, sus objetivos no lo hacen, sólo cambian las formas de llegar a ellos y/o hacerlos cumplir. Proponemos que la seguridad industrial es un conjunto de elementos que actúan permanentemente para evitar accidentes los que son regulados por las empresas, sindicatos, trabajadores, comisiones de seguridad, dependencias oficiales, reglamentos, leyes y procedimientos.

1.2.1 Antecedentes Históricos de Seguridad Industrial

Existen diferentes antecedentes históricos que confirman cómo desde la aparición del hombre y su relación con el trabajo, ha sentido la necesidad de defender su salud e integridad física amenazada por el riesgo de las actividades que realizaba. Por ejemplo los efectos producidos por el plomo en mineros y metalúrgicos o la protección de los trabajadores contra el ambiente pulvígeno, estos casos fueron citados por Hipócrates en el año 400 A.C., y Plinio. También Platón y Aristóteles estudiaron ciertas deformaciones físicas producidas por ciertas actividades ocupacionales, planteando la necesidad de su prevención.³

El desarrollo de la industria trajo grandes beneficios a los seres humanos, pero también consecuencias como el aumento en accidentes laborales, lo que obligó a aumentar las medidas de Seguridad, maquinaria con dispositivos preventivos y estructuras internas de orden administrativo que ayudarán a reducir accidentes.

En la antigüedad existieron textos relacionados con la Seguridad laboral para los trabajos de aquella época. En el siglo XVI donde de Georgius Agrícola y Filippus Paracelsus que

²Ramírez, C. (2005). *Seguridad Industrial: Un enfoque integral* . (Segunda edición). México: Limusa.

³Rodellar, A. (1988). *Seguridad e higiene en el trabajo*. Barcelona, España: Marcombo.

describen en sus obras profesionales y sistemas de protección, y posteriormente el siglo XVIII, donde Ramazzini publicó su famoso tratado sobre enfermedades de los artesanos de un elevado número de profesiones de la época y las condiciones higiénicas recomendables como: ventilación, temperatura, prendas de protección, etc., que le valió el ser considerado como padre de la Medicina del Trabajo.⁴

Con la Revolución Industrial se marca el inicio de la utilización del concepto de seguridad industrial; por consecuencia de la aparición de las máquinas de vapor y la mecanización de la industria, las industrias vieron un incremento considerable en los accidentes laborales sin que progresasen en igual medida su reducción. En aquella época se necesitaba en gran demanda mano de obra por la aparición de notables inventos como las hiladoras, el telar, etc., en la industria textil, en estos años trabajaban “ignorados, desamparados y olvidados”, en condiciones insalubres en jornadas de 14 o 15 horas diarias. Mientras las máquinas aumentaban sin cesar su potencia y velocidad, creando cada vez mayores peligros, habían demasiados lisiados. En 1871 el cincuenta por ciento de los trabajadores moría antes de los veinte años, debido a los accidentes y las pésimas condiciones de trabajo.

En el siglo XIX fue cuando comenzaron a tomarse medidas eficaces como el establecimiento de inspecciones en fábricas, como lo fue en Inglaterra con la Ley de Fábricas, que se extiende a otros países, también nacieron asociaciones en diferentes países con la finalidad de prevenir los accidentes en la fábricas. En 1883 se pone la primera piedra de la seguridad industrial moderna cuando en París se establece una empresa que asesora a los industriales.⁵

Es hasta principios del siglo XX cuando el concepto de Seguridad e Higiene Laboral comienza a alcanzar una mayor importancia, especialmente motivado por la creación de la Oficina Internacional del Trabajo OIT, en 1918, con su Servicio de Seguridad y Prevención de Accidentes, en 1921 y la gran aportación que puso la denominada Escuela Americana de

⁴ Rodellar, A. (1988). Seguridad e higiene en el trabajo. Barcelona, España: Marcombo.

⁵ Ramírez, C. (2005). *Seguridad Industrial: Un enfoque integral*. (Segunda ed). México: Limusa.

Seguridad del Trabajo con sus grandes representantes Heinrich, que ha constituido la base de la actual concepción de esta materia.⁶

En México también se observa una metamorfosis en la prevención de accidentes desde la época en que las industrias textil y minera incrementan sus producciones y de igual manera aumentan los accidentados, es cuando se establecen las primeras acciones preventivas y en su momento también se protege a los trabajadores con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el Artículo 123 que dice:

Artículo 123: toda persona tiene derecho al trabajo digno y socialmente útil; al efecto, se promoverán la creación de empleos y la organización social de trabajo, conforme a la Ley.⁷

También existe una Ley Federal del Trabajo en la cual nos dice lo lineamientos que deben cumplir, los derechos y las obligaciones que los trabajadores tienen, las condiciones adecuadas para las áreas de trabajo, al igual se especifican las obligaciones que tienen los patrones. La organización gubernamental que se encarga de verificar que se cumpla esta ley es la Secretaria de Trabajo y Previsión Social STPS, la cual expide diferentes Normas Oficiales Mexicanas NOM en las cuales se hace más específicas las condiciones y circunstancias adecuadas de trabajo.

Actualmente se desarrollan diferentes mecanismos aprovechando las experiencias de industrias similares en donde se habla de programas de seguridad, comisiones de seguridad, supervisión técnica actualizada, capacitación con tecnología de punta, intercambios de conocimientos a nivel internacional, planeación estratégica de los trabajos, uso de herramientas y equipos modernos, capitalizando estos recursos en forma integral para reducir accidentes.

⁶ Rodellar, A. (1988). Seguridad e higiene en el trabajo. Barcelona, España: Marcombo.

⁷ Artículo 123 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917. (1917).

1.2.2 Conceptos Básicos de seguridad

En México la legislación que se aplica para el tema de Seguridad industrial o en el trabajo es la Ley Federal del Trabajo, en la cual maneja las siguientes definiciones:⁸

Riesgos de trabajo: son los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejecución o con motivo del trabajo. Según la Ley Federal del Trabajo, Artículo 472.

Accidente de trabajo: es toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo del trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que exista. Según la Ley Federal del Trabajo, Artículo 474.

Enfermedad de Trabajo: es todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio en que el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios. Según la Ley Federal del Trabajo, Artículo 475.

Incapacidad temporal: es la pérdida de facultades o aptitudes que imposibilita parcial o totalmente a una persona para desempeñar su trabajo por algún tiempo. Según la Ley Federal del Trabajo, Artículo 478.

Incapacidad permanente parcial: es la disminución de las facultades o aptitudes de una persona para trabajar. Según la Ley Federal del Trabajo, Artículo 479.

Incapacidad permanente total: es la pérdida de facultades o aptitudes de una persona que la imposibilita para desempeñar cualquier trabajo por el resto de su vida. Según la Ley Federal del Trabajo, Artículo 480.

Incidente: es un suceso no esperado no deseado que no ha producido pérdidas, pero bajo circunstancias ligeramente diferentes, podría haber dado lugar a un accidente.

⁸Ley Federal del Trabajo.(2013).Fecha de consulta: 30 de Enero de 2015. URL:

http://www.stps.gob.mx/bp/micrositios/reforma_laboral/archivos/Noviembre.%20Ley%20Federal%20del%20Trabajo%20Actualizada.pdf.

Causas inmediatas: son las circunstancias que se presentan Antes del contacto que produce el accidente o incidente. Son actos y/o condiciones inseguras.

Causas Básicas: Son las causas reales que dan origen a la inmediatas. Son factores personales y/o factores de trabajo.

1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL⁹

El campo que abarca la Seguridad Industrial en su influencia benéfica sobre el personal, y los elementos físicos es amplio, en consecuencia también sobre los resultados humanos y rentables que produce su aplicación. No obstante, sus objetivos básicos y elementales son:

- Evitar la lesión y muerte por accidente. Cuando ocurren accidentes hay una pérdida de potencial humano y con ello una disminución de la productividad.
- Reducción de los costos operativos de producción. De esta manera se incide en la minimización de costos y la maximización de beneficios.
- Mejorar la imagen de la Empresa y, por ende, la seguridad del trabajador que así da un mayor rendimiento en el trabajo.
- Contar con un sistema estadístico que permita detectar el avance o disminución de los accidentes, y las causas de los mismos.
- Contar con los medios necesarios para montar un plan de Seguridad que permita a la empresa desarrollar las medidas básicas de seguridad, contar con sus propios índices de frecuencia y de gravedad, determinar los costos e inversiones que se derivan del presente renglón de trabajo.

Es importante constatar que la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene se encargaran en primera instancia de hacer funcionar los 5 puntos arriba mencionados.

⁹Ramírez, C. (2005). Objetivos Especificos de la Seguridad. En *Seguridad Industrial: un enfoque integral* (Segunda ed., pág. 38). México: Limusa.

Las Comisiones Mixtas de Seguridad e Higiene son organismos que se establecen para impedir los accidentes, investigar las causas de los accidentes y enfermedades en los centro de trabajo, proponer medidas que se eviten y vigilar que las mismas se cumplan. Así mismo, orientar y apoyar a los trabajadores, considerándolos en lo relativo a la seguridad e higiene en el desempeño de sus labores. La comisión deberá estar integrada por un trabajador y el patrón o su representante, cuando el centro de trabajo cuente con menos de 15 trabajadores, o un coordinador, un secretario y los vocales que acuerden el patrón y sus representantes, y el sindicato o el representante de los trabajadores cuando el centro de trabajo cuente con 15 trabajadores o más.¹⁰

1.4 SEGURIDAD PREVENTIVA

La seguridad preventiva la podemos definir como las diferentes técnicas y elementos que se utilizan para evitar que surja accidente en la realización de algún trabajo específico, dentro de un área o establecimiento en particular.

Una forma de prevenir accidentes es darle dinámica a la propuesta de la fig.1.1 que encadenado:

- Conocimiento.
- Investigación.
- Evaluación.
- Acción correctiva.

Influyen en la reducción de accidentes ya que al practicar estas acciones se manda al personal para que no permanezcan aislados a los lamentables accidentes y en lo sucesivo participen en lo progresivo de reducción de accidentes.

¹⁰ NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene. URL: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-019.pdf>

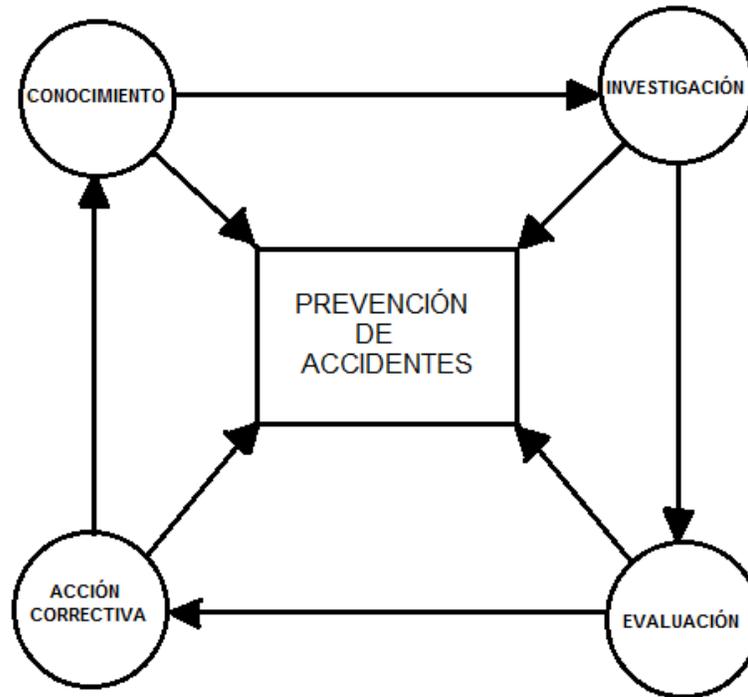


Figura 1.1. Acción preventiva

Para que exista una prevención de accidentes es necesario realizar cada acción mencionada anteriormente. Debemos realizar una evaluación sobre los riesgos que se pueden encontrar y con ello tener el conocimiento de su existencia. Esto último nos sirve para poder aplicar una acción correctiva ante los riesgos presentados; evitando con así la ocurrencia de accidentes.

Mediante las diferentes acciones correctivas se busca evitar los accidentes, sin embargo, debemos tener en claro que no será posible el hecho de reducir los accidentes de un cien por ciento hasta un cero por ciento. Esta reducción se presentará conforme se vaya perfeccionando el plan general de seguridad que nos permita la prevención de accidentes.

Como ya lo mencionamos, la reducción no se dará de inmediato, por lo tanto existirán accidentes. Al existir un accidente será importante realizar una investigación que nos permita conocer cuáles fueron las causas para que se diera éste accidente. Al conocer las causas podremos corregirlas y así en un futuro evitar que ocurra otro accidente por las mismas causas. Por lo tanto, la investigación de accidentes es una parte importante para prevenirlos.

1.4.1 Métodos de Determinación de Riesgos de un Accidente

A lo largo de la historia de la seguridad industrial se han ido utilizando diferentes métodos de evaluación de riesgos. El contar con un método de evaluación de riesgos es importante ya que estos participan de manera importante dentro del plan general de seguridad. Debemos tener el conocimiento de los diferentes riesgos que existen dentro de los centros de trabajo para así poder disminuir los riesgos de sufrir algún accidente.

Existen diferentes tipos de evaluación de riesgos, sin embargo, existe también una similitud entre métodos y por lo tanto se pueden clasificar de diferentes maneras. El autor Juan Carlos Rubio Romero no dice que estos tipos los podemos clasificar por la complejidad del método, la gravedad del posible accidente.¹¹

- Métodos simplificados. Este método lo podemos emplear cuando notamos que no es razonable esperar a que ocurran consecuencias catastróficas de la actualización del riesgo, esto nos permitirá obtener una primera aproximación suficiente para realizar la jerarquización de los riesgos y así poder determinar la priorización de las actuaciones preventivas que debemos tomar. También los podemos emplear cuando no dispongamos de algún método más apropiado. Mediante estos métodos no calcularemos un valor absoluto del riesgo, sólo nos facilitará la labor de cuantificar el valor empleando en escalas numéricas, aunque al igual existen determinados métodos simplificados que podrían usarse y así cuantificar el valor absoluto.
- Métodos complejos. Estos métodos complejos se emplean cuando las consecuencias de la actualización de los riesgos pueden llegar a ser muy graves pero su probabilidad de ocurrencia sea menor o cuando la estimación precisa de los riesgos exige la utilización de métodos más complicados, técnicas de muestreo y conocimientos de nivel de formación superior. Estos métodos requieren conocer a fondo las instalaciones y equipos de trabajo y también son más difíciles de aplicar.

¹¹Rubio, J. (2005). Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales. España: Ediciones Díaz de Santos.

- Evaluación general de riesgos. Esta evaluación también la podemos encontrar como evaluación global de riesgos y consiste en una evaluación en la cual primero establezcamos una distinción entre los riesgos conocidos, en donde dichas medidas de control pueden determinarse de inmediato y cuya aplicación puede comprobarse, y riesgos que requieren un estudio más minucioso o evaluación específica de riesgos. Generalmente se utilizan métodos simplificados para realizar una evaluación general.
- Evaluación específica de riesgos. Consiste en una evaluación de un determinado riesgo en particular o de un grupo de riesgos interrelacionados y que requieren de un estudio más minucioso. Este tipo de evaluación se realiza principalmente por una necesidad de tipo técnico, o por exigencias legales tanto de legislación laboral como de industria. Esta fase puede conducir etapas posteriores en caso de que sea necesario profundizar aplicando medios más sofisticados de evaluación de riesgos en situaciones aún más complejas. Suelen utilizarse métodos complejos para estas evaluaciones.
- Métodos comparativos. Se basan en la experiencia previa acumulada en un campo determinado, o bien como registro de accidentes previos o una compilada en forma de códigos o listas de comprobación.¹²
- Índices de riesgo. No suelen identificar riesgos concretos, pero son útiles para señalar las áreas de mayor concentración de riesgo, que requieren un análisis más profundo o medidas suplementarias de seguridad.¹³

La estadística descriptiva es una buena referencia para determinar y medir el nivel de seguridad en el área industrial manejada.

¹²Rubio, J. (2005). Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales. España: Ediciones Díaz de Santos.

¹³Ramírez, C. (2005). *Seguridad Industrial: Un enfoque integral* (Segunda ed.). México: Limusa.

Se usa esta estadística para determinar los índices de frecuencia, incidencia y severidad o gravedad. Estos índices se basan sobre un promedio o sobre una media numérica de los accidentes ocurridos en un tiempo específico.

El índice de frecuencia es el número de lesiones con incapacidad por un millón de horas empleadas.

$$If = \frac{\text{No. de lesiones incapacitantes} \times 10^6}{\text{No. de horas empleadas por trabajador}}$$

$$If = \frac{LI \times 10^6}{HE}$$

La tasa o índice de incidencia o gravedad es muy parecido al índice de frecuencia con algunas variantes, se usa el número de lesiones y enfermedades registrables por cada 200 000 horas trabajadas por los empleados.

$$II = \frac{\text{No. de lesiones incapacitantes} \times 200\,000}{\text{No. de horas empleadas por trabajador}}$$

$$II = \frac{LD \times 200\,000}{HE}$$

El índice de severidad o gravedad muestra el número de días pagados por pérdidas de tiempo por lesiones por un millón de horas empleado trabajador. Este tiempo maneja el número de días calendarios incluyendo los festivos, vacaciones, etc. en los cuales el accidentado no trabajó.

$$IS = IG = \frac{\text{total días cargo} \times 10^6}{\text{No horas empleadas trabajadas}}$$

El mayor problema de referir los niveles de seguridad con el IS o IG es que ésta propenso a las fluctuaciones. Una lesión puede destruir una muy buena tasa sostenida durante los meses anteriores.

Esta forma de cálculo es un buen indicador del desempeño de la seguridad aunque no se aconseja usarlo como único instrumento de medición, puesto que los accidentes son poco

frecuentes e impredecibles, hasta cierto grado variaciones casuales normales en la frecuencia y las características diferentes de las estaciones eléctricas dificultan la comparación entre estas.

Los trabajos a desarrollarse dentro de una estación eléctrica están supeditados por los elementos que influyen en su ejecución. El éxito de la seguridad depende de muchos factores, en general las instalaciones estarán sujetas a condiciones de diseño que eviten operaciones y acciones involuntarias que propicie un accidente.

La adquisición y uso de herramientas para la ejecución de trabajos de mantenimiento están sujetas a niveles de calidad que las hagan confiables y a prueba de periódicas que garantice su buena calidad.

El manejo de la energía eléctrica que se controle mediante equipo, enclavamientos y equipos de interrupción que sean operados oportunamente para controlar el fluido eléctrico.

El personal que ejecute los trabajos de mantenimiento con conocimientos específicos en su área de responsabilidad, con experiencia suficiente y con capacitación actualizada y acorde con los avances tecnológicos en uso.

Planeación y supervisión de los trabajos realizados considerando que son actividades ineludibles que se harán permanentemente en los trabajos de mantenimiento.

Se considera que es un trabajo sin contratiempos fundamentalmente depende de trabajadores capacitados y supervisados con conocimientos, habilidad y liderazgo.

La eliminación de riesgos depende de:

1. Planeación de los trabajos.
2. Adquisición de herramientas y materiales de calidad.
3. Inspección preliminar.
4. Análisis de riesgos en planos y en el lugar de trabajo.
5. Resumen de las actividades y trabajos a ejecutar.

Una forma de evitar accidentes o condiciones inseguras, no solamente depende de procedimientos seguros, también considerarse los siguientes compromisos:

1. Dirección y jefatura comprometidas.
2. Equipos y herramientas de calidad y seguros.
3. Supervisión competente.
4. Existencia de cooperación en la prevención de accidentes por el trabajador.
5. Planeación del trabajador en apego al procedimiento.

1.5 PLAN GENERAL DE SEGURIDAD

La seguridad industrial puede ser considerada como un subsistema de una asociación. La seguridad industrial funcionaria como un sistema abierto el cual está conformado por cuatro elementos básicos que son el personal, la tarea, el equipo y el medio ambiente, y cuyo disfuncionamiento se traduce en accidentes. Por otra parte debemos realizar un estudio del funcionamiento para este subsistema, para lo cual es necesario contar con un sistema de planificación que nos permita el control de las variables del sistema, para mejorar su funcionamiento actuando sobre sus desviaciones y creando nuevas formas de acción que nos permitan que el subsistema de seguridad sea operativo.

Necesitamos crear un estrategia de Seguridad que nos permita conocer los factores considerados lógicos e interrelacionados, y planificando dicha estrategia. Para la planificación debemos estar conscientes que debemos de seleccionar entre alternativas de líneas de acción que nos permita analizar el futuro, a partir de la toma de decisiones del presente, con el propósito de minimizar riesgos y poder obtener ventajas.

La planificación comprende básicamente:¹⁴

- Definición de objetivos: sociales, de lucro, múltiples, que pueden ser:
 - Cualitativos y cuantitativos.
 - A corto, mediano y largo plazo.

¹⁴Ramírez, C. (2005). *Seguridad Industrial: Un enfoque integral* (Segunda ed.). México: Limusa.

Los objetivos a corto y largo plazo, presentan una relación integral, previa una evaluación. Los objetivos deben de ser específicos, o sea, que sean cuantificables, y que las metas cuantitativas ayuden a la planificación.

- Establecer políticas. Con el fin de alcanzar los objetivos. Las políticas son guías que canalizan la actuación en el proceso de la toma de decisiones, y aseguran su consistencia con los objetivos.
- Establecer los planes. Un plan es eficiente si una vez puesto en marcha sus resultados están en relación directa con los objetivos a obtener.
- Montar una organización. Organizar todo un sistema operativo que lleve adelante los planes previstos.
- Sistemas de control. Establecer sistemas de control y acciones correctivas con circuito de retorno que mejoren la planificación.

El conjunto de estas actividades debe ser un proceso continuo y dinámico. Además el sistema de planificación está montado en la medición de resultados, después de haber seguido el proceso en todo momento para poder determinar fallas y aplicar rectificaciones al plan.

Debe considerarse que un procedimiento arroja las ventajas siguientes:¹⁵

- La planificación y análisis de los diversos subsistemas, correspondientes a los elementos que componen el subsistema de seguridad, y su integración en el plan general de seguridad.
- La cuantificación de los gastos de inversión que demande cada uno de los planes parciales, y su integración en el costo total del plan general de seguridad.

Tomando como objetivos de la política empresarial sobre seguridad, algunos como reducción de los costos de accidentes, seguridad física de personal e instalaciones, mantenimiento de la imagen de la empresa, y contribución al bienestar social del grupo, los objetivos del plan de seguridad y por consiguiente del estudio actual serán:¹⁶

¹⁵Ramírez, C. (2005). *Seguridad Industrial: Un enfoque integral* (Segunda ed.). México: Limusa.

¹⁶Ramírez, C. (2005). *Seguridad Industrial: Un enfoque integral* (Segunda ed.). México: Limusa.

- Conocer las características de cada elemento y su reacción respecto al conjunto.
- Corregir y disminuir los efectos negativos de su funcionamiento mediante medidas correctivas.
- Presentar una serie de alternativas, con el fin de crear un sistema preventivo.
- Cuantificar los diversos planes y formas de acción, a fin de conocer el monto de las inversiones requeridas.
- Determinar los efectos posibles y su rentabilidad futura.
- Contar con un plan de seguridad estable capaz de ser modificado según las circunstancias.

Los elementos más importantes que se necesitan para un buen plan de seguridad, se muestran en la Figura 1.2:

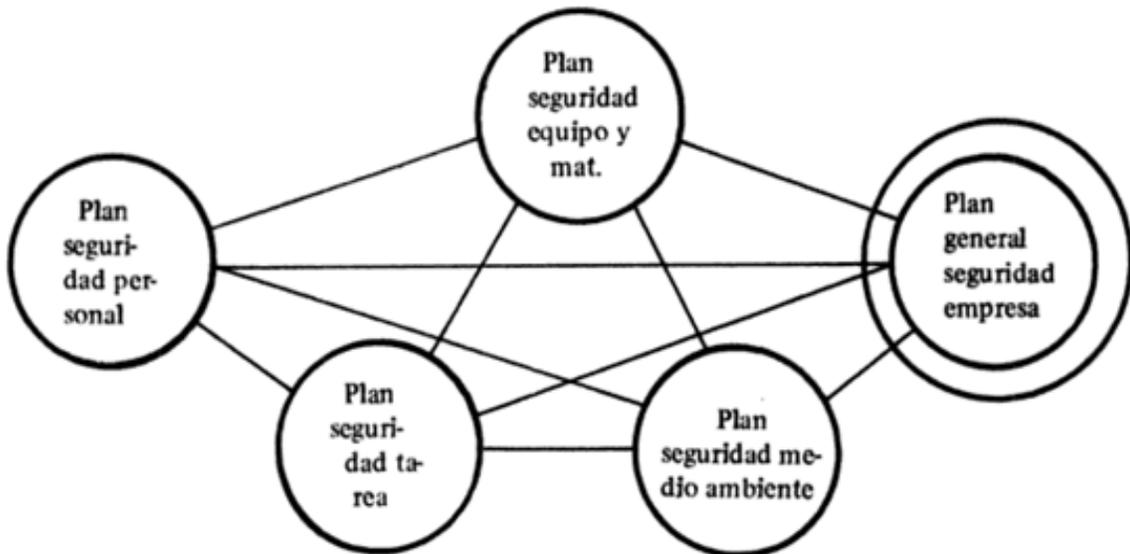


Figura 1.2 Elementos de un plan de seguridad laboral.

Cada elemento que conforma al plan de seguridad tiene un costo monetario para la empresa o asociación. Sin embargo, este costo lo podemos considerar como una inversión que tiene beneficios en tiempo considerable, porque al contar con un buen plan de seguridad se evitarán la ocurrencia de accidentes y por lo tanto no se tendrá un gasto por accidentes. En la figura 1.3 se muestran todos los costos de los elementos que conforman al plan de seguridad.

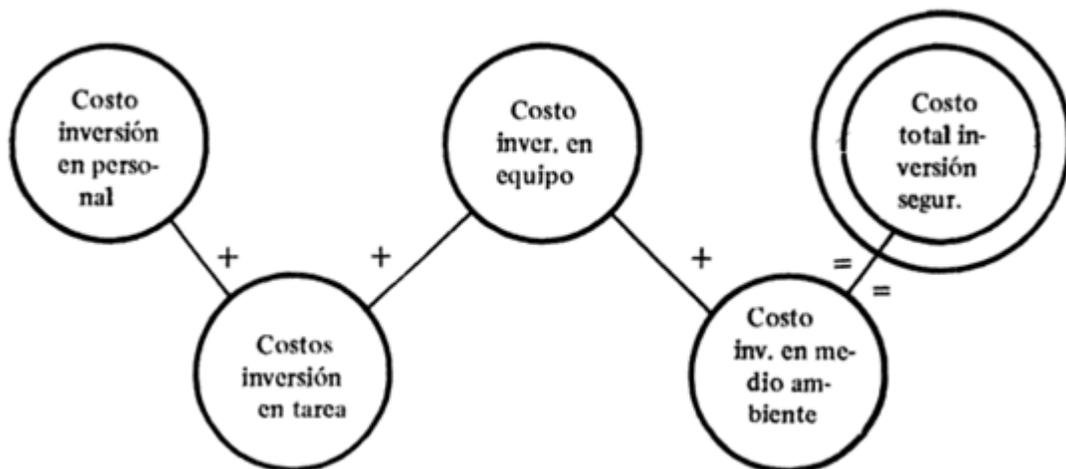


Figura 1.3. Costos de los elementos de un plan de seguridad.

1.5.1 Métodos de Determinación de Riesgos de un Accidente

A lo largo de la historia de la seguridad industrial se han ido utilizando diferentes métodos de evaluación de riesgos. El contar con un método de evaluación de riesgos es importante ya que estos participan de manera importante dentro del plan general de seguridad. Debemos tener el conocimiento de los diferentes riesgos que existen dentro de los centros de trabajo para así poder disminuir los riesgos de sufrir algún accidente.

Existen diferentes tipos de evaluación de riesgos, sin embargo, existe también una similitud entre métodos y por lo tanto se pueden clasificar de diferentes maneras. El autor Juan Carlos

Rubio Romero no dice que estos tipos los podemos clasificar por la complejidad del método, la gravedad del posible accidente.¹⁷

- Métodos simplificados. Este método lo podemos emplear cuando notamos que no es razonable esperar a que ocurran consecuencias catastróficas de la actualización del riesgo, esto nos permitirá obtener una primera aproximación suficiente para realizar la jerarquización de los riesgos y así poder determinar la priorización de las actuaciones preventivas que debemos tomar. También los podemos emplear cuando no dispongamos de algún método más apropiado. Mediante estos métodos no calcularemos un valor absoluto del riesgo, sólo nos facilitará la labor de cuantificar el valor empleando en escalas numéricas, aunque al igual existen determinados métodos simplificados que podrían usarse y así cuantificar el valor absoluto.
- Métodos complejos. Estos métodos complejos se emplean cuando las consecuencias de la actualización de los riesgos pueden llegar a ser muy graves pero su probabilidad de ocurrencia sea menor o cuando la estimación precisa de los riesgos exige la utilización de métodos más complicados, técnicas de muestreo y conocimientos de nivel de formación superior. Estos métodos requieren conocer a fondo las instalaciones y equipos de trabajo y también son más difíciles de aplicar.
- Evaluación general de riesgos. Esta evaluación también la podemos encontrar como evaluación global de riesgos y consiste en una evaluación en la cual primero establezcamos una distinción entre los riesgos conocidos, en donde dichas medidas de control pueden determinarse de inmediato y cuya aplicación puede comprobarse, y riesgos que requieren un estudio más minucioso o evaluación específica de riesgos. Generalmente se utilizan métodos simplificados para realizar una evaluación general.
- Evaluación específica de riesgos. Consiste en una evaluación de un determinado riesgo en particular o de un grupo de riesgos interrelacionados y que requieren de un estudio más minucioso. Este tipo de evaluación se realiza principalmente por una necesidad de tipo técnico, o por exigencias legales tanto de legislación laboral como de industria. Esta fase puede conducir etapas posteriores en caso de que sea

¹⁷Rubio, J. (2005). Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales. España: Ediciones Díaz de Santos.

necesario profundizar aplicando medios más sofisticados de evaluación de riesgos en situaciones aún más complejas. Suelen utilizarse métodos complejos para estas evaluaciones.

- Métodos comparativos. Se basan en la experiencia previa acumulada en un campo determinado, o bien como registro de accidentes previos o una compilada en forma de códigos o listas de comprobación.¹⁸
- Índices de riesgo. No suelen identificar riesgos concretos, pero son útiles para señalar las áreas de mayor concentración de riesgo, que requieren un análisis más profundo o medidas suplementarias de seguridad.¹⁹

La estadística descriptiva es una buena referencia para determinar y medir el nivel de seguridad en el área industrial manejada.

Se usa esta estadística para determinar los índices de frecuencia, incidencia y severidad o gravedad. Estos índices se basan sobre un promedio o sobre una media numérica de los accidentes ocurridos en un tiempo específico.

El índice de frecuencia es el número de lesiones con incapacidad por un millón de horas empleadas.

$$If = \frac{\text{No. de lesiones incapacitantes} \times 10^6}{\text{No. de horas empleadas por trabajador}}$$

$$If = \frac{LI \times 10^6}{HE}$$

La tasa o índice de incidencia o gravedad es muy parecido al índice de frecuencia con algunas variantes, se usa el número de lesiones y enfermedades registrables por cada 200 000 horas trabajadas por los empleados.

¹⁸Rubio, J. (2005). Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales. España: Ediciones Díaz de Santos.

¹⁹Ramírez, C. (2005). *Seguridad Industrial: Un enfoque integral* (Segunda ed.). México: Limusa.

$$II = \frac{\text{No. de lesiones incapacitantes} \times 200\,000}{\text{No. de horas empleadas por trabajador}}$$

$$II = \frac{LD \times 200\,000}{HE}$$

El índice de severidad o gravedad muestra el número de días pagados por pérdidas de tiempo por lesiones por un millón de horas empleado trabajador. Este tiempo maneja el número de días calendarios incluyendo los festivos, vacaciones, etc. en los cuales el accidentado no trabajó.

$$IS = IG = \frac{\text{total días cargo} \times 10^6}{\text{No horas empleadas trabajadas}}$$

El mayor problema de referir los niveles de seguridad con el IS o IG es que ésta propenso a las fluctuaciones. Una lesión puede destruir una muy buena tasa sostenida durante los meses anteriores.

Esta forma de cálculo es un buen indicador del desempeño de la seguridad aunque no se aconseja usarlo como único instrumento de medición, puesto que los accidentes son poco frecuentes e impredecibles, hasta cierto grado variaciones casuales normales en la frecuencia y las características diferentes de las estaciones eléctricas dificultan la comparación entre estas.

Los trabajos a desarrollarse dentro de una estación eléctrica están supeditados por los elementos que influyen en su ejecución. El éxito de la seguridad depende de muchos factores, en general las instalaciones estarán sujetas a condiciones de diseño que eviten operaciones y acciones involuntarias que propicie un accidente.

La adquisición y uso de herramientas para la ejecución de trabajos de mantenimiento están sujetas a niveles de calidad que las hagan confiables y a prueba de periódicas que garantice su buena calidad.

El manejo de la energía eléctrica que se controle mediante equipo, enclavamientos y equipos de interrupción que sean operados oportunamente para controlar el fluido eléctrico.

El personal que ejecute los trabajos de mantenimiento con conocimientos específicos en su área de responsabilidad, con experiencia suficiente y con capacitación actualizada y acorde con los avances tecnológicos en uso.

Planeación y supervisión de los trabajos realizados considerando que son actividades ineludibles que se harán permanentemente en los trabajos de mantenimiento.

Se considera que es un trabajo sin contratiempos fundamentalmente depende de trabajadores capacitados y supervisados con conocimientos, habilidad y liderazgo.

La eliminación de riesgos depende de:

6. Planeación de los trabajos.
7. Adquisición de herramientas y materiales de calidad.
8. Inspección preliminar.
9. Análisis de riesgos en planos y en el lugar de trabajo.
10. Resumen de las actividades y trabajos a ejecutar.

Una forma de evitar accidentes o condiciones inseguras, no solamente depende de procedimientos seguros, también considerarse los siguientes compromisos:

6. Dirección y jefatura comprometidas.
7. Equipos y herramientas de calidad y seguros.
8. Supervisión competente.
9. Existencia de cooperación en la prevención de accidentes por el trabajador.
10. Planeación del trabajador en apego al procedimiento.

CAPÍTULO 2

ELEMENTOS DE SEGURIDAD PARA SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA

2.1 ELEMENTOS DE SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA

La seguridad en las subestaciones eléctricas de potencia o cualquier otro tipo de ellas es un aspecto muy importante durante la operación y el mantenimiento de dichas estaciones. Ya que si no se pone suficiente atención a los aspectos de seguridad, el personal puede estar en riesgo de sufrir algún accidente durante la ejecución de los trabajos. Por lo tanto se deben seguir estrictamente todos los lineamientos de las normas, códigos y procedimientos.

Estas recomendaciones básicas y de orden general pueden ampliarse para trabajos específicos en mediana y alta tensión y están redactados para el personal que tiene acceso a las instalaciones de potencia y desde luego cuando se trabaja en equipo que deba desenergizarse se seguirán las recomendaciones o los procedimientos en forma puntual.

Algunas de las consideraciones básicas para baja tensión que deben ejecutarse en favor de la seguridad son las siguientes²⁰:

- Verificar la adecuada capacidad de los interruptores y dispositivos de desconexión.
- Alojamiento de los conductores energizados en baja tensión dentro de canalizaciones como ductos, tuberías, charolas, o bien, colocados correctamente a suficiente altura.
- Bloquear los interruptores de seguridad cuando se trabaje en sus circuitos.
- Mantener desenergizado sólo el equipo que tiene tarjetas de seguridad o candados.
- Minimizar el acceso a los cuartos con equipo eléctrico y tener las salidas adecuadas.
- Proteger todos los aparatos eléctricos de posible daño mecánico, dejar las áreas accesibles sólo para operación y mantenimiento.
- Considerar e identificar las áreas peligrosas. En caso necesario usar equipo a prueba de explosión.

²⁰Enrique Harper, Gilberto. (2005). Elementos de diseño de subestaciones eléctricas. Editorial Limusa. Primera Edición. México D.F.

- Colocar señales y letreros de alerta en bardas, compuertas, puertas, tuberías y tableros.
- Usar una conexión a tierra adecuada para el sistema eléctrico de potencia y para el equipo.
- Instalar alumbrado de emergencia para señalar las salidas.
- Entrenar y capacitar al personal de operación y mantenimiento.

Los sistemas de puesta a tierra deberían formar parte de un segmento especial ya que son elementos que garantizan la fuga de potencial en caso de una falla involuntaria. Mencionaremos algunos conceptos básicos de estos sistemas de puesta a tierra a fin de que sean observados con especial atención como elementos fundamentales para evitar la ocurrencia de accidentes.

2.2 SISTEMA DE TIERRAS PARA UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE POTENCIA

Los sistemas de tierra son vitales para una operación adecuada de la estación eléctrica y es importante para que las subestaciones sean lugares seguros para el personal cuando se presenten condiciones anormales de funcionamiento en los elementos y equipo que conforman las subestaciones. Estas condiciones anormales pueden ser las ondas de sobretensión por descargas atmosféricas o cuando exista una falla o cortocircuito en algún equipo de este sistema eléctrico. El sistema de tierras proporciona un método seguro y efectivo para controlar y disipar las sobre corrientes y sobretensiones resultantes sin causar daño al personal principalmente al igual que a los equipos. La conexión a tierra de los sistemas de potencia minimiza la posibilidad de accidentes al personal. Un sistema de tierras consiste en forma típica de varillas de tierra, cables desnudos interconectados formando una malla y las conexiones a la estructura y partes metálicas de la subestación.

Un sistema de tierra debe ser instalado de manera que limite el efecto de gradientes de potencial de tierra a niveles de tensión y corriente para que no pongan en peligro la seguridad de las personas y de los equipos bajo condiciones normales y de falla y para asegurar la continuidad del servicio.²¹

La norma IEEE Std 80 menciona como la práctica más común con respecto al diseño del sistema de tierra corresponde a una malla horizontal de conductores enterrados, completada por un número de varillas verticales conectadas a la malla como se muestra en la figura 2.1.

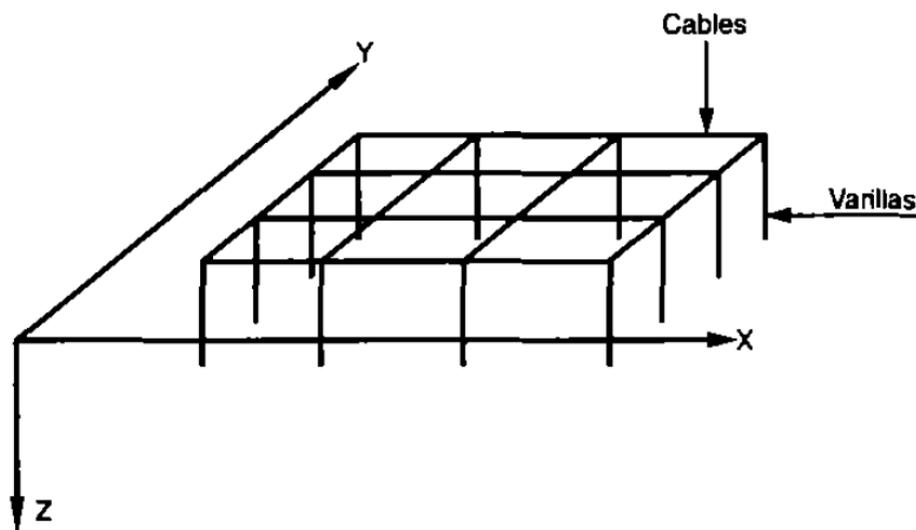


Figura 2.1 Malla de un sistema de tierras.²²

Para que exista un buen sistema de tierra debemos de obtener una resistencia del terreno donde se encuentre la Subestación eléctrica cercana a 0 Ohms. Sin embargo, las diferentes características de los terrenos no nos permiten obtener ese valor antes mencionado. Existen

²¹ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Mejía Villegas S.A. Colombia.

²² Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Pág 545. Mejía Villegas S.A. Colombia.

normas que te mencionan que valores podemos estimar como máximos para el valor de la resistencia del terreno.²³

- Para subestaciones de potencia en alta tensión a nivel de transmisión y subtransmisión, el valor de la resistencia de la malla de tierra debe ser alrededor de 1 Ω o menor.
- Para subestaciones de potencia de media tensión, el valor de la resistencia de tierra debe ser entre 1 y 4 Ω .
- Para subestaciones de distribución de media tensión, el valor de la resistencia de tierra debe ser como máximo de 5- Ω -m.

Para poder realizar las estimaciones es necesario obtener el valor de la resistividad promedio del terreno. Una manera de obtener dicho dato es realizando el método de Wenner o de los cuatro electrodos.

2.3 TIPOS DE LOS SISTEMAS DE TIERRA

Al contar con un sistema de tierras para nuestra Subestación aseguramos un funcionamiento seguro y confiable de dichas instalaciones eléctricas, el sistema de tierras es utilizado de diferentes maneras dentro de las estaciones, pero siempre buscando cuidar la integridad física de los trabajadores. Al existir una buena seguridad dentro de las Subestaciones de Potencia será principalmente para evitar que ocurran accidentes a los trabajadores, no obstante, la seguridad se buscará evitar algún daño a los elementos y equipos que constituyen a estas estaciones eléctricas.

²³ Comisión Federal de Electricidad. (2004). NRF-011-CFE-2004-Sistema de Tierras para Plantas y Subestaciones Eléctricas.

2.3.1 Puesta a Tierra Para Protección

En las subestaciones eléctrica de potencia es necesario un elemento que nos brinde seguridad cuando se presente una falla en algún equipo eléctrico y exista el riesgo de transmitir una cierta diferencia de potencial o la circulación de corriente causada por la falla hacía el trabajador. Por lo tanto es necesaria una red de tierras para denar esa corriente de falla a tierra. Por otro lado, es importante aterrizar a tierra las carcassas metálicas de los equipos que se utilizan en la subestación eléctrica como son: los tableros eléctricos, tanque de los transformadores, interruptores, los equipos quedarán neutralizados contra la presencia de potencial que pueda provocar un accidente para el personal al tocar un equipo que presente una falla.

Para una conexión segura de puesta a tierra de los equipos que conforman las subestaciones, es necesario que exista una buena red de tierras. Para una red de tierra más confiable y segura, se diseñe con varios electrodos y varillas interconectados entre sí cuando la resistividad del terreno en que se instalará sea demasiado grande. Por otro lado, debe de conectarse a la red de tierras todos lo neutros de los equipos, estructuras y soportes que así lo requieran. En la figura 2.2, esta red por si sola representa un sistema excelente y seguro de puesta a tierra.²⁴

²⁴ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Mejía Villegas S.A. Colombia.

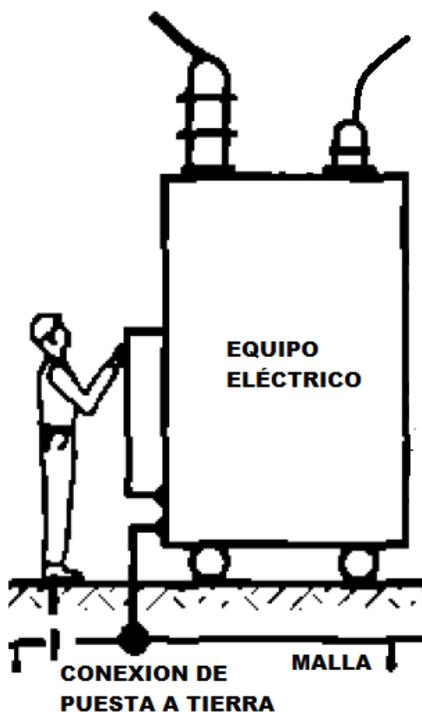


Figura 2.2 Equipo de la Subestación con conexión de puesta a tierra.

2.3.1.1 Equipos Conectados a Tierra en Subestaciones Eléctricas de Potencia^{25,26}

Es primordial e importante el aterrizamiento adecuado de los equipos eléctricos que conforman a las subestaciones eléctricas por aspectos de protección del personal, de seguridad en el funcionamiento de equipos y para el cumplimiento de especificaciones de algunos fabricantes de equipos.

Por tal motivo en las subestaciones eléctricas, las redes de tierra deben ser capaces de proteger a todos los seres vivos que se encuentren en el interior o en las partes cercanías a su periferia e incluso más allá de las mallas perimetrales, por lo que todos los soportes metálicos de cuchillas desconectadoras y aisladores, carcasas de equipos eléctricos como

²⁵ Comisión Federal de Electricidad. (2004). NRF-011-CFE-2004-Sistema de Tierras para Plantas y Subestaciones Eléctricas.

²⁶ NORMA Oficial Mexicana. (2012). NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización). Artículo 250

transformadores de potencia, transformadores de instrumento, interruptores, capacitores, etc., el neutro de los transformadores de potencia, los apartarrayos y estructuras metálicas en general.

Además de la necesidad del aterrizamiento de los equipos eléctricos en condiciones normales de operación o bajo fallas, se requiere realizar la puesta a tierra cada vez que se efectúen trabajos de mantenimiento con libranza en muerto, con objeto de descargar los equipos o cables conductores de potenciales residuales por efectos capacitivos o por fenómenos de inducción debidos a cercanía de otras instalaciones energizadas con voltajes de operación, o por protección en caso de que se produjera contacto accidental con instalaciones energizadas.

2.3.2 Puesta a Tierra Para Funcionamiento

La conexión a tierra también se hace para lograr un mejor funcionamiento de determinados puntos de una instalación eléctrica ya sea para mejorar la seguridad o mejorar su funcionamiento, estos puntos del sistema pueden ser, la conexión a tierra de los neutros, la conexión a tierra de los transformadores, la conexión a tierra de los apartarrayos, de los hilos de guarda, de los transformadores de potencial entre algunos otros.

En la figura 2.3 se muestra el diagrama de un apartarrayo convencional, el cual se utiliza en la subestación como protección contra sobretensiones por descargas atmosféricas. Por lo tanto este elemento debe de tener una conexión a tierra por donde se realizara el paso de la corriente de este tipo de régimen anormal.

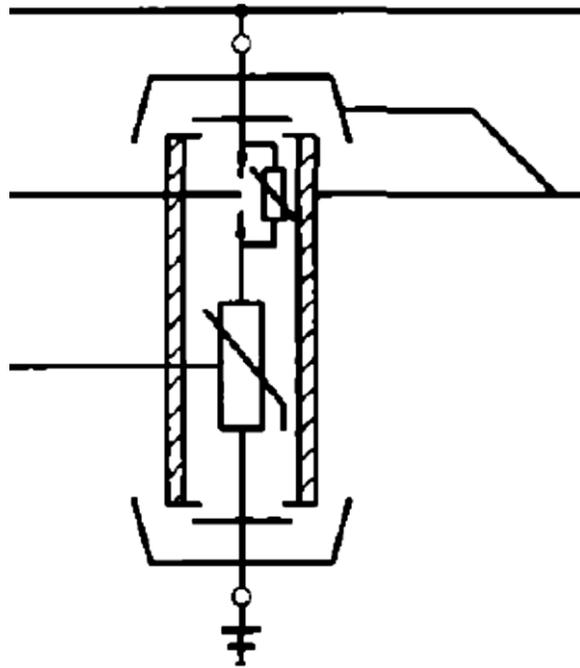


Figura 2.3 Esquema de un apartarrayo convencional donde se muestra la conexión de puesta a tierra.²⁷

2.3.3 Puesta a Tierra Para Trabajo

Este tipo de conexión de puesta a tierra es un elemento de seguridad muy importante al realizarse un trabajo de mantenimiento dentro de una subestación eléctrica o cualquier otro tipo de instalación que haya estado energizada. Ya que el aterrizar el elemento al que se le dará mantenimiento nos sirve para que cualquier tipo de corriente se vaya a tierra, y también comprobar que no existen cargas eléctricas en dicho elemento salvaguardando la integridad física del trabajador. Como ya lo mencionamos que la finalidad principal es la de proteger al personal, también se protegerá al equipo cuando se realicen actividades tales como mantenimiento, ampliaciones, reparaciones, entre otras. Es necesario realizar conexiones a

²⁷ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Pág. 311. Mejía Villegas S.A. Colombia.

tierra la cuales serán temporales con el fin de que las partes donde se requiera aplicar los servicios o actividades queden accesibles y sin peligro para la realización de dichos trabajos. Es importante utilizar el equipo adecuado para la conexión temporal de puesta a tierra, la cual deberá de realizarse lo más cercano posible al lugar donde se realicen los trabajos de mantenimiento.

También este tipo de conexiones de puesta a tierra se pueden utilizar para circuitos al realizar pruebas y cálculos en los equipos de la Subestación Eléctrica. Por ejemplo en la figura 2.4 se muestra el circuito utilizado para la impedancia de secuencia cero de una línea de transmisión, donde se nota que la conexión de puesta a tierra para dicha prueba es esencial para la realización de la misma.

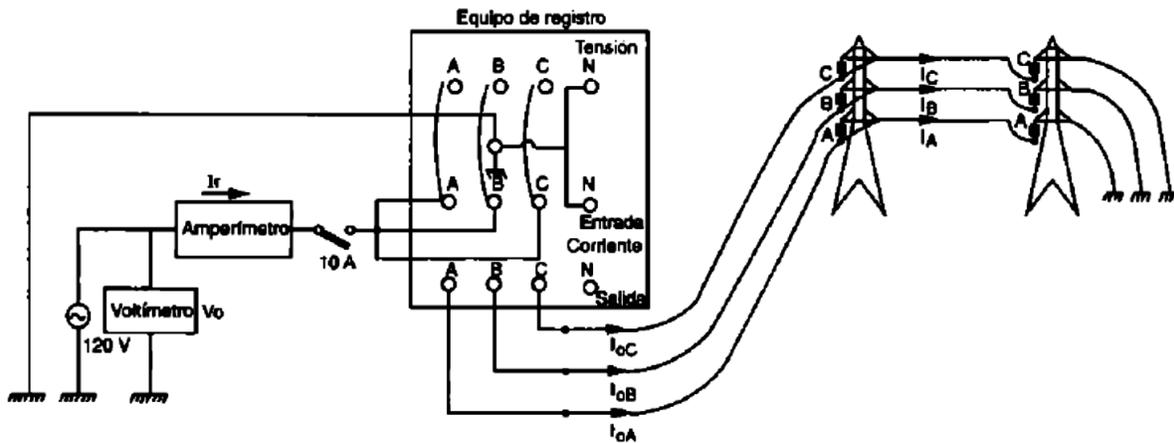


Figura 2.4 circuito empleado para medir la impedancia de secuencia cero de una línea de transmisión.²⁸

²⁸ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Pág. 725. Mejía Villegas S.A. Colombia.

2.4 CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA²⁹

Las cuchillas de puesta a tierra son mecanismos que se emplean para la protección del personal cuando éste realice trabajos en equipos eléctricos, y por ello deben ser muy fiables y seguros en el servicio, incluso en condiciones climáticas no favorables.

Las cuchillas tienen la función de aislar todos los equipos conectados a tensión eléctrica de otros circuitos conectados a las mismas, al estar abiertas las cuchillas establecen una distancia dieléctrica en aire hacia los equipos conectados.

Una de las funciones principales de la cuchilla de puesta a tierra consiste en poner partes desconectadas de las celdas a tierra y en algunos casos también de ponerlas en corto circuito al mismo tiempo.

Las cuchillas de puesta a tierra pueden ser utilizadas con una humedad del aire elevada y condensación ocasional como por ejemplo en áreas tropicales.



Figura 2.5. Cuchillas de puesta a tierra para corriente alterna³⁰.

²⁹ Catálogo HG 11.31, siemens, 2008

³⁰ Imagen tomada del sitio: <http://www.driwisa.com/cuchillastierra.htm> (Fecha de actualización: 27/Agosto/15)

2.5 EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

El equipo de protección personal es un elemento muy importante para la seguridad y el buen desempeño de las tareas de los trabajadores. Es por tal motivo que si el trabajador no cuenta con el equipo apropiado, se le debe de negar la ejecución de todo trabajo que implique algún riesgo para éste. Es obligación del trabajador el cuidado, mantenimiento, resguardo y el uso correcto de todo el equipo de protección personal.

La Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2008, establece los requisitos mínimos para la selección del equipo de protección personal para que el trabajador no exponga su integridad física y salud.

Los trabajadores deberán utilizar los siguientes medios de protección personal:

- Protección a los pies

Los trabajadores cuyo trabajo requiere la utilización de herramientas y materiales frecuentes deberán usar zapatos de seguridad que se especifica en la NOM-113-STPS-2009, para proteger al usuario de lesiones que puedan producirse al momento de desarrollar sus actividades.

- Protección a las manos

Los trabajadores deberán usar guantes de hule dieléctricos según el nivel de tensión, que garantice la seguridad del personal que desarrolla las actividades de mantenimiento en las instalaciones eléctricas, estas especificaciones se encuentran en la norma: NFR-033-CFE.

- Protección a la cabeza

Los trabajadores deberán usar cascos de protección que han pasado las pruebas de resistencia al impacto y rigidez dieléctrica y se clasifican según la NOM-115-STPS-2009 de acuerdo a su nivel de desempeño:

- Clase G (General): Estos cascos deberán reducir la fuerza de impacto de objetos en caída y el peligro de contacto con conductores energizados a baja tensión eléctrica de hasta 2 200 V (fase a tierra).

- Clase E (Dieléctrico): Estos deberán reducir la fuerza de impacto de objetos en caída y el peligro de contacto con conductores energizados a alta tensión eléctrica de hasta 20 000 V (fase a tierra).
 - Clase C (Conductor): Los cascos Clase C deberán reducir la fuerza de impacto de objetos en caída. Esta clase no provee protección contra el contacto con conductores eléctricos.
- Protección a los ojos

Todos los trabajadores deberán usar goggles o caretas dieléctricos cuando se abra o cierre un circuito eléctrico con potencial que pueda producir un arco eléctrico, como por ejemplo un interruptor o cuchillas, también cuando se trabaje con soldadura.
- Respiradores

Se deberán usar respiradores para la protección contra polvos o partículas en el medio ambiente laboral y que representan un riesgo a la salud del trabajador³¹
- Protección a los oídos

Protección contra riesgo de ruido; de acuerdo al máximo especificado en el producto o por el fabricante, en este caso cuando se trabaje con máquinas como son motores, bombas, generadores o en cualquier ocasión en el que el jefe de la cuadrilla crea que es necesario para la seguridad del trabajador.
- Equipo de protección contra caídas de altura

Para proteger a trabajadores que desarrollen sus actividades en alturas y entrada a espacios confinados, el trabajador deberá usar un cinturón o arnés apropiado con una soga salvavidas fijas.
- Vestimenta de seguridad

Es un equipo de protección personal que protege cuerpo, cabeza, brazos, piernas pies, cubre y protege completamente el cuerpo humano ante la exposición a sustancias altamente tóxicas o corrosivas y descargas eléctricas.³²

El trabajador deberá usar ropa de algodón o incombustible, debido a que se puede producir descargas eléctricas e incendios y si no se tiene la ropa de algodón y es de

^{26, 27} Secretaría del Trabajo y Previsión Social [en línea]. [fecha de consulta: 22 mayo 2015]. Disponible en:<<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-017.pdf>>

otro tipo de material esta quedaría pegada a la piel y podría propagar el fuego más rápido en su cuerpo produciendo quemaduras graves, por eso es importante usar este tipo de vestimenta para cuidar la seguridad de los trabajadores.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) cuenta con un manual de seguridad para realizar los trabajos de mantenimiento, se llama Capitulo 100 Reglamento de Seguridad e Higiene. Dentro de este reglamento se mencionan los aspectos más relevantes para que se asegure la ausencia de accidentes dentro de estas instalaciones. Éste reglamento nos brinda las características específicas que deben de cumplir todo EPP para la realización de trabajos de mantenimiento en las Subestaciones Eléctricas de Potencia. A continuación tenemos las características para cada tipo de EPP.

1. Protección para la cabeza.

Para la protección de la cabeza el trabajador debe usar casco protector que sea clase “E”, y este debe de ser utilizado al trabajar con equipos energizados, para instalación y verificación de equipos de medición, para cortes, desconexiones y toma de lecturas del equipo de medición, para trabajos en postes, también en líneas y redes de distribución, en maniobras con cuchillas, en la operación de puesta a tierra, al transitar o permanecer en áreas que pertenezcan a subestaciones eléctricas sea cual sea la operación que se realice.



Figura 2.6. Casco protector, ca³³.

³³ Imagen tomada del sitio: <http://prevenamca.blogspot.mx/p/equipos-de-proteccion-personal.html> (Fecha de actualización 24/agosto de 2015)

2. Protección de los ojos.

Para la protección de los ojos a cada trabajador se le dota de lentes claros para trabajos nocturnos y para trabajos diurnos se utilizan lentes oscuros, algunos trabajos que requieren esta protección son para trabajos en líneas y equipos energizados, al manejar ácidos o electrolitos, para trabajos de corte y soldadura, para maniobras en cuchillas, al trabajar en líneas subterráneas, al cortar o empalmar cables, al utilizar herramientas y materiales que pueden producir partículas desprendidas y al realizar cortes y conexiones en medidores, cabe mencionar que si el trabajador requiere de alguna graduación en los lentes estos deben cumplir este aspecto.



Figura 2.7. Lentes de protección, ca³⁴.

3. Protección respiratoria.

Los trabajos que requieren este tipo de protección son los trabajos en los que existan polvos, gases o vapores asfixiantes, en inspección interna durante el mantenimiento de transformadores de potencia y en interruptores de gran volumen de aceite, en el

³⁴ Imagen tomada del sitio: <http://www.electroquito.com/ecuador/catalogos/3983/electroquito-materiales-electricos-y-equipos-de-proteccion-personal/5764/Guantes> (Fecha de actualización 24/agosto de 2015)

mantenimiento de interruptores con hexafluoruro de azufre (SF₆) y durante trabajos de pintura a pistola de aire o aerosol.



Figura 2.8. Protección respiratoria, ca³⁵.

4. Protección auditiva.

El trabajador debe utilizar esta protección cuando debe de permanecer en lugares ruidosos con un nivel de presión acústica igual o superior a los 85 dB(a).



Figura 2.9. Protección auditiva, ca³⁶.

³⁵Imagen tomada del sitio:

<http://www.provetecnica.com/site/index.php/component/virtuemart/respiradores-media-mascara-doble-cartucho-con-2-filtros-detail?Itemid=0> (Fecha de actualización 24/agosto de 2015)

³⁶ Imagen tomada del sitio: <http://bricos.com/marcas/3m-seguridad/> (Fecha de actualización 24/agosto de 2015)

5. Protección para las manos.

Para la protección de las manos de los trabajadores es necesario usar guantes dieléctricos los cuales se dividen en clase 00, 0, 1, 2, 3 y 4, estos guantes deben de ser probados periódicamente cada seis meses como mínimo y conforme a un programa establecido, cuando los guantes están dañados debe de mutilarse parcialmente para así identificar y evitar su utilización por equivocación, al usar los guantes es indispensable no usar reloj, anillos, pulseras u otros objetos que puedan dañarlos.



Figuras 2.10. Guantes dieléctricos, ca³⁷.

³⁷ Imagen tomada del sitio: <http://www.electroquito.com/ecuador/secciones/3983/electroquito-materiales-electricos-y-equipos-de-proteccion-personal/catalogo> (Fecha de actualización 24/agosto de 2015)

Tabla 2.1. Tensión y corrientes de prueba para elementos de hule de uso eléctrico³⁸.

TENSIONES Y CORRIENTES DE PRUEBA PARA ELEMENTOS DE HULE DE USO ELECTRICO							
CLASE	TENSIÓN DE PRUEBA (Tensión de aguante) En kV(rcm)	TENSIÓN MÍNIMA DE PERFORACIÓN N en kV (rcm)	CORRIENTE MÁXIMA DE FUGA				TENSIÓN MÁXIMA DE USO c.a. kV (rcm)
			280	250	400	450	
00	2.5	4	8	12	-	-	0.5
0	5	6	8	12	14	16	1
1	10	20	-	14	16	18	7.5
2	20	30	-	16	16	20	17
3	30	40	-	18	20	22	26.5
4	40	50	-	-	22	24	36

6. Mantas y cubiertas protectoras aislantes.

Las cubiertas protectoras del tipo flexible deben usarse exclusivamente como protección del trabajador de posibles choques eléctricos y no se deben de usar como un aislamiento eléctrico entre partes de la instalación con diferente potencial, también estas se utilizan al tender o retirar conductores que puedan entrar en contacto con otros conductores o equipo energizados, cuando se instalen o remuevan postes, en los trabajos de líneas energizadas y de forma general deben cubrirse todo punto que el trabajador o los objetos que manipule

³⁸ REGLAMENTO DE SEGURIDAD E HIGIENE, CAPITULO 100, CFE

puedan alcanzar, en forma accidental o voluntaria y que tengan un potencial eléctrico distinto del que en ese momento se encuentre sujeto el trabajador.



Figura 2.11. Cubiertas protectoras, ca³⁹.

7. Cinturón, bandola y arnés de seguridad.

El trabajador antes de cada trabajo y de usar los cinturones, bandolas y arneses de seguridad deben inspeccionarse, para así verificar su buen estado, al igual se deben de revisar anillos, ganchos, hebillas, remaches, costuras, ojales y el estado general del nylon, vigilando que no haya desgaste excesivo, fracturas y rajaduras, cuando una bandola se encuentre en malas condiciones esta debe cortarse antes de darla de baja.

³⁹ Imagen tomada del sitio: <http://espanol.grainger.com/product/SALISBURY-Insulating-Blanket-5ZV65> (Fecha de actualización 24/agosto de 2015)



Figura 2.12. Arnés de protección, ca⁴⁰.

8. Ropa de trabajo y calzado.

Para todos los trabajadores es obligatorio el uso de ropa y calzado que sea proporcionado por la compañía y este debe de ser completo y sin modificaciones, el trabajador tiene la obligación de usar la camisa fajada y abotonada, tanto en mangas como del pecho durante toda su jornada laboral.



Figura 2.13. Botas dieléctricas, ca⁴¹.

⁴⁰ Imagen tomada del sitio: <http://www.almacenpanamericano.com.co/productos/seguridad-industrial-equipos-de-proteccion-personal> (Fecha de actualización 24/agosto de 2015)

⁴¹ Imagen tomada del sitio: <http://www.dyfimsa.mx/#!/prodcutos/c1abt> (Fecha de actualización 24/agosto de 2015)

2.6 DISTANCIAS DE SEGURIDAD⁴²

La distancia de seguridad son las distancias mínimas que deben ser mantenidas en el aire entre partes energizadas de equipos conductores y tierra, o entre equipos conductores sobre los cuales es necesario llevar a cabo algún trabajo de mantenimiento.

2.6.1 Cálculo del valor básico de seguridad

Debe existir un valor básico de distancia, este valor debe garantizar el espaciamiento adecuado para prevenir cualquier riesgo de flameo aún bajo las condiciones más desfavorables. El valor básico está determinado con base en la distancia mínima en aire fase-tierra y correspondiente al nivel de aislamiento determinado para la instalación, incrementada un 5% ó 10% como factor de seguridad para tener en cuenta tolerancias en la fabricación y montaje del equipo así como diferencias de un fabricante a otro.

Se deben de tomar en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- Distancias desde la tierra: factores tales como tensión de la instalación, altura de una persona y, capa de nieve donde sea aplicable, altura de bases.
- Distancias a vehículos: altura típica de los vehículos de mantenimiento, así como también altura de los camiones que son usados para el transporte de equipos mayores.
- Distancias a cercos y muros.

La distancia de seguridad es la suma de los siguientes valores:

- Un valor básico relacionado con el nivel de aislamiento, el cual determina una zona de guarda alrededor de las partes energizadas.

⁴² Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Distancia de Seguridad. Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Págs. 97-106. Mejía Villegas S.A. Colombia.

- Un valor que es función de movimientos del personal de mantenimiento así como del tipo de trabajo y maquinaria usada. Esto determina una zona de seguridad dentro de la cual queda eliminado cualquier peligro relacionado con acercamientos eléctricos.

2.6.2 Determinación de la zona de seguridad

Es necesario incrementar el valor básico en una cantidad que depende de la altura del personal de mantenimiento y de la naturaleza del trabajador sobre el equipo, incluyendo los requerimientos de movimiento y acceso. Las dimensiones medias a considerar con una función de la altura de los operadores y de los diferentes movimientos que estos puedan efectuar. Estas dimensiones se muestran en la figura 2.14.

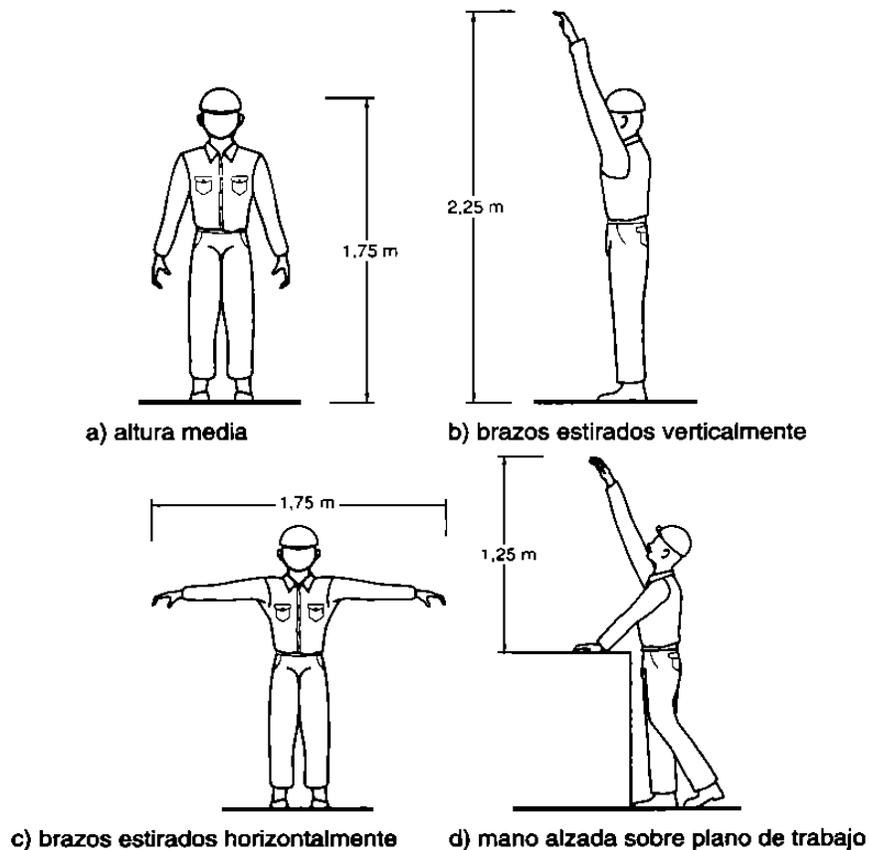


Figura 2.14 Dimensiones medias de un operador⁴³.

⁴³ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Pág. 101. Mejía Villegas S.A. Colombia.

2.6.2.1 Movimiento del personal

En ausencia de barreras, muros o mallas protectoras, la distancia de seguridad entre tierra y la parte energizada más baja de la subestación se debe tener en cuenta para la libre circulación del personal. Esta distancia corresponde al valor básico incrementado en 2.25 m; así, la distancia entre la base de cualquier aislador de poste o buje y tierra no debe ser menor de 2.25 m. el aislador o buje debe ser considerado como un componente energizado en donde se reduce la tensión gradualmente y sólo la parte metálica inferior está a potencial tierra. La distancia de seguridad se muestra en la figura 2.15.

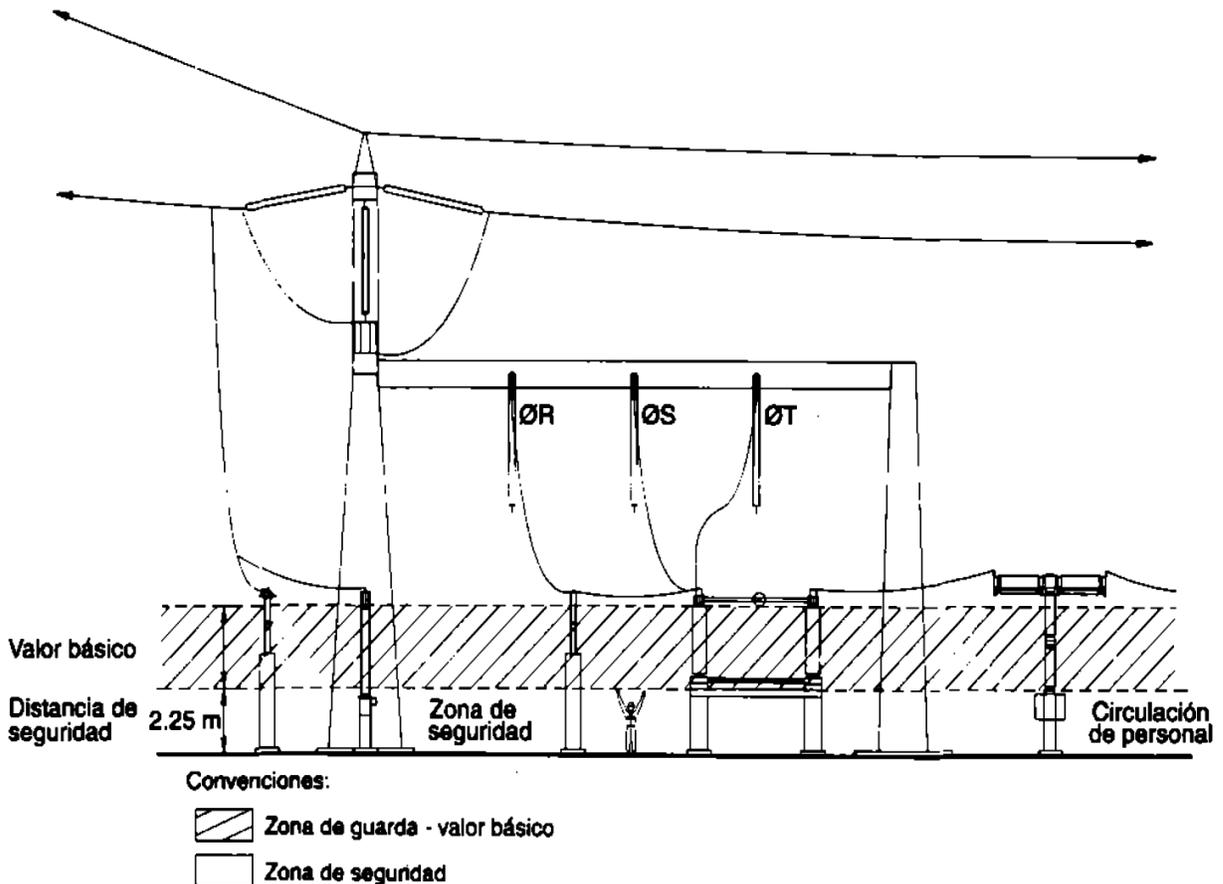


Figura 2.15 Circulación del personal⁴⁴.

⁴⁴ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Pág. 102. Mejía Villegas S.A. Colombia.

Esta distancia de seguridad está dada para una circulación normal en el patio de una subestación, sin que el personal use escaleras u objetos que lo puedan acercar a las partes energizadas.

En zonas ocupadas por conexiones o equipo instalado a una altura de piso menor que la definida aquí, el equipo debe estar localizado fuera del alcance del personal por medio de pantallas, mallas, compartimientos o barandas, cuya posición y altura deben ser determinadas en función de las condiciones de movimiento del personal y el tipo de trabajos que se debe desarrollar, siendo los valores extremos como se muestra en la figura 2.16.

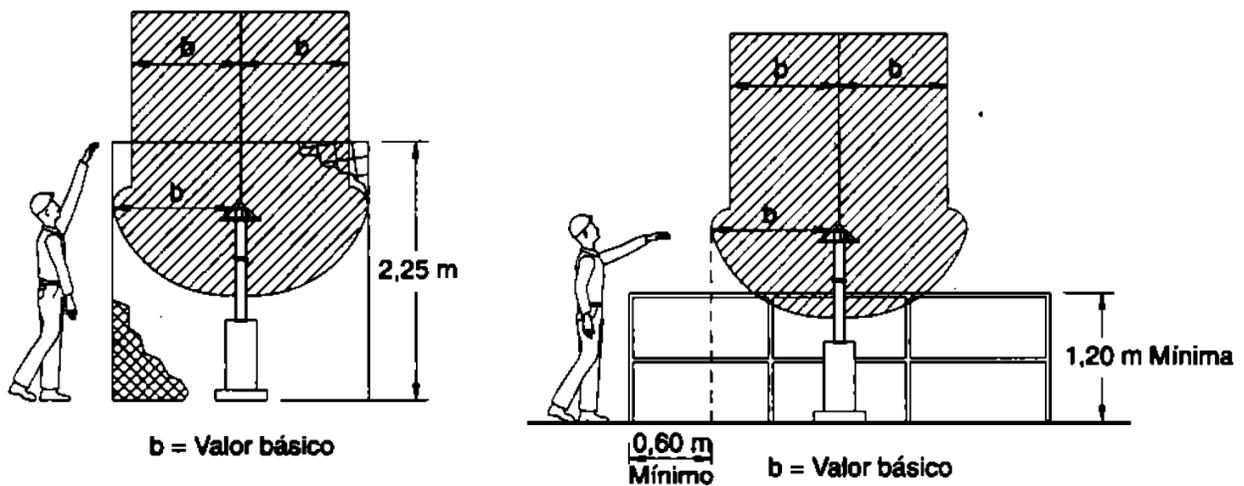


Figura 2.16 Protección para equipos en bajo nivel⁴⁵.

Método 1: Un comportamiento o malla protectora de 2.25 m de altura, separada del conductor o equipo por una distancia igual al valor básico.

Método 2: Una baranda de 1.20 m de altura separada del conductor o equipo por una distancia igual al valor básico más 0.60 m como mínimo.

⁴⁵ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Pág. 103. Mejía Villegas S.A. Colombia.

2.6.2.2 Movimiento de vehículos

Para el montaje y mantenimiento de algunos equipos como interruptores, es necesario utilizar una grúa, se debe de prever una zona de seguridad para estos casos. Esta zona de seguridad está delimitada por el perfil del vehículo más 0.7 m para permitir inevitables imprevisiones en la conducción. De igual forma se debe prever una zona de circulación perimetral. En las figuras 2.17a y 2.17b se muestran las zonas de seguridad para los vehículos, con las características que anteriormente se mencionan.

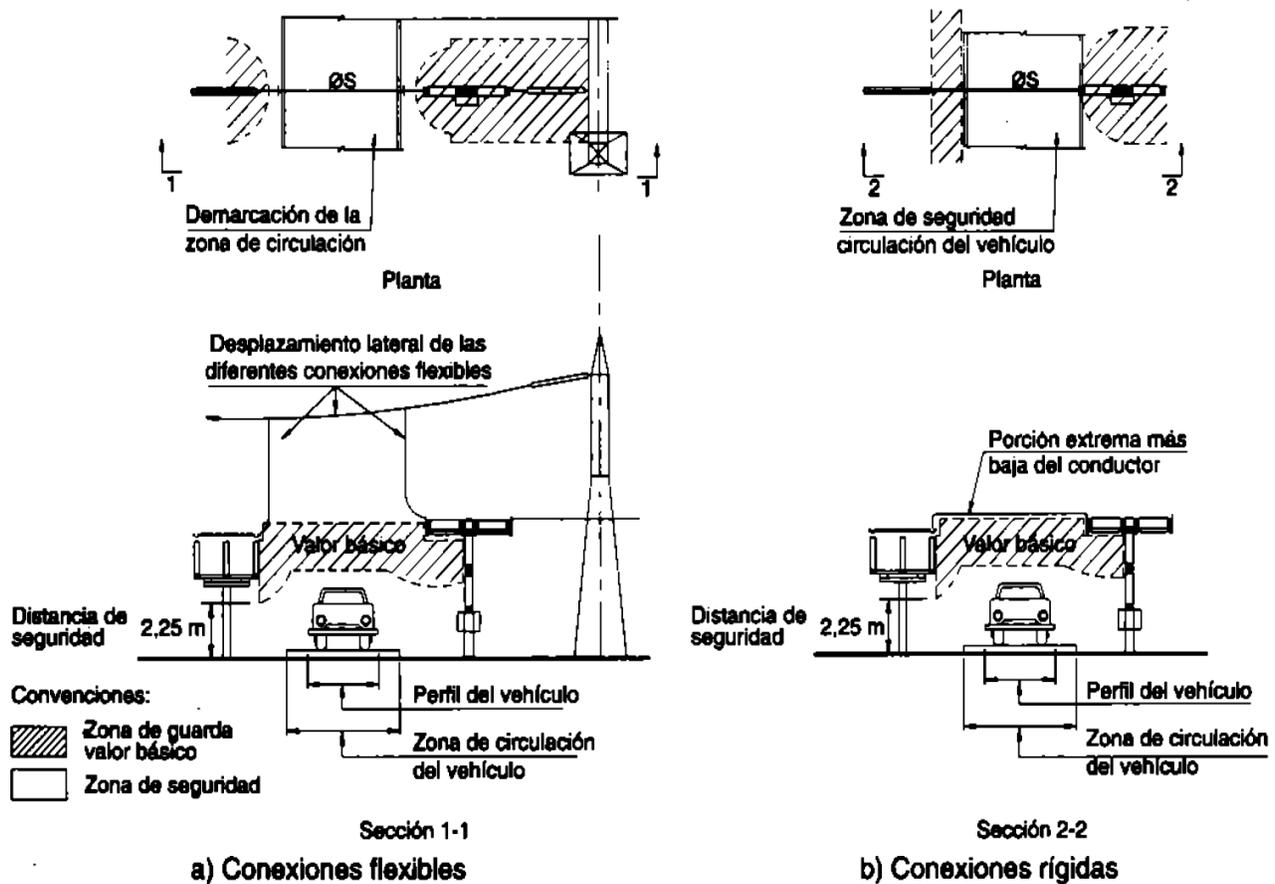


Figura 2.17 Zona de seguridad para la circulación de vehículos⁴⁶.

⁴⁶ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Pág. 103. Mejía Villegas S.A. Colombia.

2.6.2.3 Trabajos sobre equipos o sobre conductores

Cuando se efectúa un trabajo en una subestación con presencia de tensión en los conductores y equipos de los circuitos adyacentes, es necesario prever una zona de protección la cual se debe determinar con base en el mismo principio de los casos anteriores. Dicha zona comprende el valor básico más un valor que será determinado para cada equipo de acuerdo con el trabajo de mantenimiento, el vehículo y las herramientas que normalmente se utilizan. Nunca debe ser un valor inferior a 3m.

La distancia de seguridad se entiende entre la posición extrema que puede ocupar la conexión del equipo energizado y el borde del equipo sobre el cual se está llevando a cabo el trabajo. Se debe establecer que bajo ninguna circunstancia habrá penetración en la zona del valor básico.

En el caso de mantenimiento de rutina que requiera solamente el uso de herramientas livianas como se muestra en la figura 2.18, el factor que se adiciona al valor básico debe ser:

Horizontalmente 1.75 m que corresponde a las dimensiones promedias de un operador con los brazos estirados como se muestra en la figura 2.14c.

Verticalmente 1.25 m por encima del plano de trabajo que corresponde al operador en la posición que se muestra en la figura 2.14d.

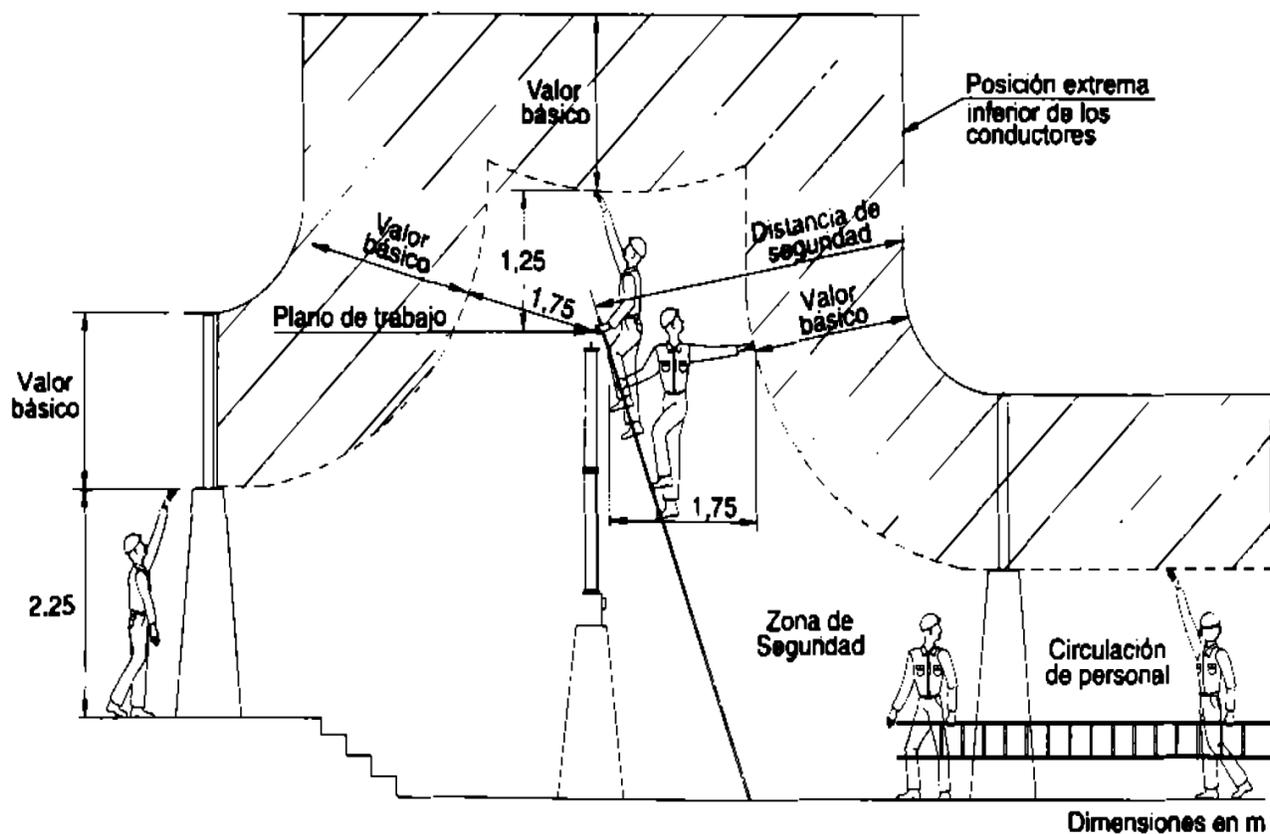


Figura 2.18 Mantenimiento de rutina⁴⁷.

En el caso de uso de herramientas pesadas o vehículos, la zona de seguridad se calcula con base en lo dicho anteriormente, más la zona de seguridad determinada para el movimiento de vehículos, tal como se muestra en la figura 2.19.

⁴⁷ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Pág. 104. Mejía Villegas S.A. Colombia.

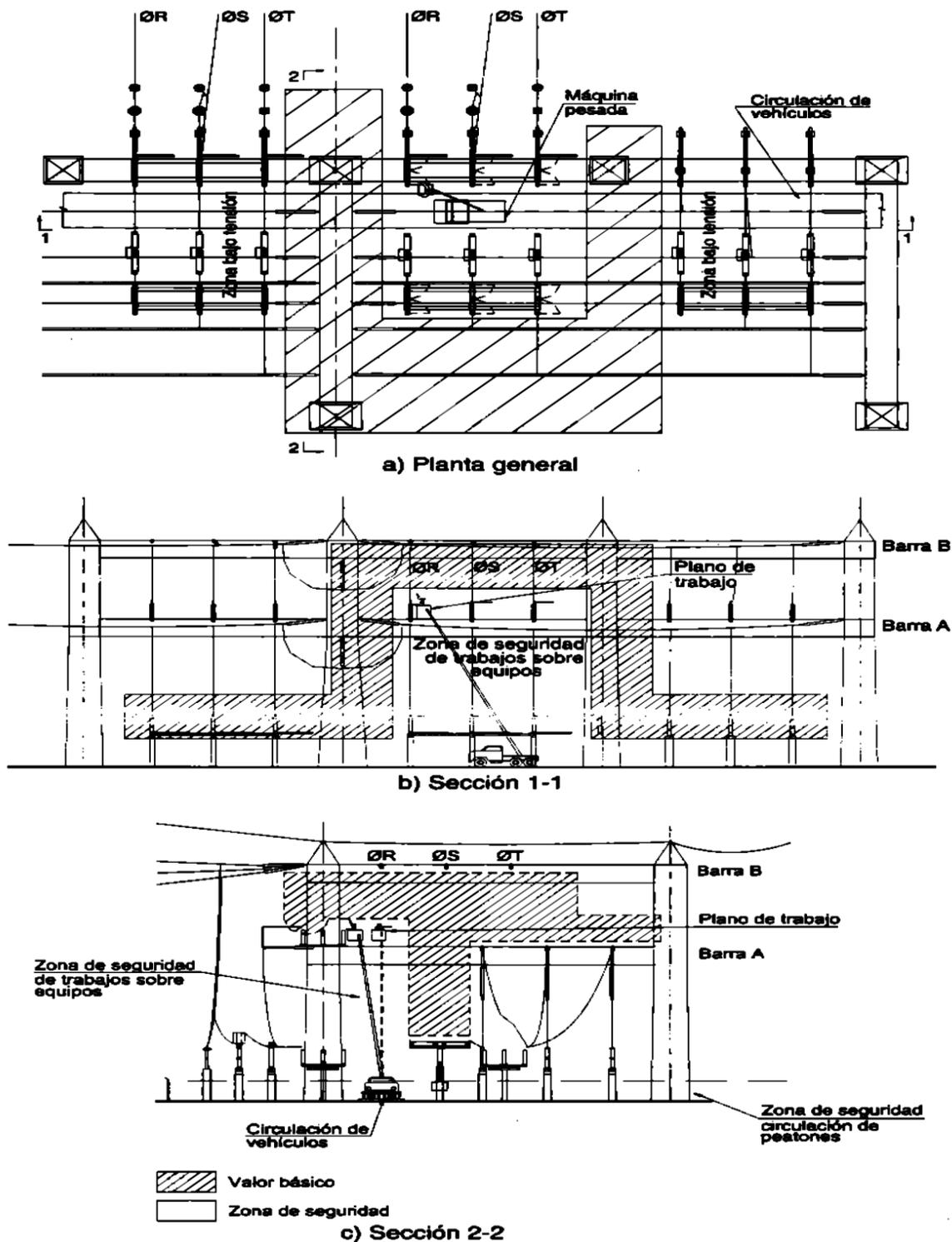


Figura 2.19 Trabajo utilizando maquinaria pesada⁴⁸.

⁴⁸ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Pág. 105. Mejía Villegas S.A. Colombia.

2.6.2.4 Demarcación de las zonas

En las subestaciones se deben señalar permanentemente las zonas de seguridad, especialmente la relacionada con el movimiento de vehículos. Lateralmente esta señalización se debe efectuar con demarcaciones en la superficie del patio. Verticalmente se debe verificar que todo vehículo cargado que entre en el patio no exceda los valores de diseño de la zona. Durante el montaje o mantenimiento las zonas de seguridad deben ser demarcadas por banderas visibles al personal. Cuando se efectúan trabajos extensivos, por ejemplo, la ampliación, la zona de seguridad se debe demarcar con barreras o mallas, e inclusive colocar avisos de peligro.

Las distancias de seguridad se pueden resumir tal como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Distancias de seguridad en el aire⁴⁹.

U_p [kV] (Valor pico) (1)	Distancia mínima según IEC [m] (2)	Distancias de seguridad												
		Valor básico		Circulación personal			Zona de trabajo en ausencia de maquinaria pesada				Circulación de vehículos			
		Cantidad que se adiciona (3)	Valor básico [m] (5)=(2)+(4)	Bajo conexiones		[m] (8)	Horizontal		Vertical		Zona de seguridad		Valor total [m] (15)=(5)+(13)+(14)	
				Zona de seguridad [m] (6)	Valor total [m] (7)=(5)+(6)		Zona de seguridad [m] (9)	Valor total [m] (10)=(5)+(9)	Zona de seguridad [m] (11)	Valor total [m] (12)=(5)+(11)	Gálibo [m] (13)	Tolerancia [m] (14)		
60	0.09	10	0.01	0.10	2.25	(*)	2.25	1.75	(*)	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
75	0.12	10	0.01	0.13	2.25	(*)	2.25	1.75	(*)	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
95	0.16	10	0.02	0.18	2.25	(*)	2.25	1.75	(*)	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
125	0.22	10	0.02	0.24	2.25	(*)	2.25	1.75	(*)	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
170	0.32	10	0.03	0.35	2.25	(*)	2.25	1.75	(*)	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
200	0.38	10	0.04	0.42	2.25	(*)	2.25	1.75	(*)	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
250	0.48	10	0.05	0.53	2.25	(*)	2.25	1.75	(*)	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
325	0.63	10	0.07	0.70	2.25	(*)	2.25	1.75	(*)	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
380	0.75	10	0.08	0.83	2.25	3.08	2.25	1.75	(*)	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)

⁴⁹ Ramírez, Carlos Felipe. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión Segunda Edición. Pág. 107. Mejía Villegas S.A. Colombia.

450	0.90	10	0.10	1.00	2.25	3.25	2.25	1.75	(*)	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
550	1.10	10	0.11	1.21	2.25	3.46	2.25	1.75	2.96	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
650	1.30	10	0.13	1.43	2.25	3.68	2.25	1.75	3.18	1.25	(*)	(**)	0.70	(**)
750	1.50	10	0.15	1.65	2.25	3.90	2.25	1.75	3.40	1.25	2.90	(**)	0.70	(**)
850	1.70	10	0.17	1.87	2.25	4.12	2.25	1.75	3.62	1.25	3.12	(**)	0.70	(**)
950	1.90	10	0.18	2.09	2.25	4.34	2.25	1.75	3.84	1.25	3.34	(**)	0.70	(**)
1050	2.10	10	0.21	2.31	2.25	4.58	2.25	1.75	4.06	1.25	3.58	(**)	0.70	(**)
1175	2.35	10	0.24	2.59	2.25	4.84	2.25	1.75	4.34	1.25	3.84	(**)	0.70	(**)
1300	2.60	10	0.26	2.86	2.25	5.11	2.25	1.75	4.61	1.25	4.11	(**)	0.70	(**)
1425	2.85	8	0.17	3.02	2.25	5.27	2.25	1.75	4.77	1.25	4.27	(**)	0.70	(**)
1550	3.10	8	0.19	3.29	2.25	5.54	2.25	1.75	5.04	1.25	4.54	(**)	0.70	(**)

(*) El valor mínimo recomendado es 3 m, pero puede ser menor según la experiencia, dependiendo de condiciones locales, precedimientos, etc.

(**) Se determina en cada caso

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTOS EN EL MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES DE POTENCIA

3.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CHAPINGO DE 180 MVA, 230/23 KV.

Para realizar el procedimiento para trabajos seguros en una subestación de potencia utilizamos la Subestación Eléctrica de Potencia Chapingo. Esta Subestación Eléctrica tiene una capacidad de 180 MVA con un arreglo de dos barras e interruptor y medio para las líneas y para alimentadores un arreglo en anillo, es alimentada por dos líneas de 230 kV, cuenta con tres Bancos de Transformadores de 60MVA cada uno y con 4 alimentadores de 23 kV respectivamente. El diagrama de la Subestación Eléctrica unifilar se muestra en la figura 3.1.

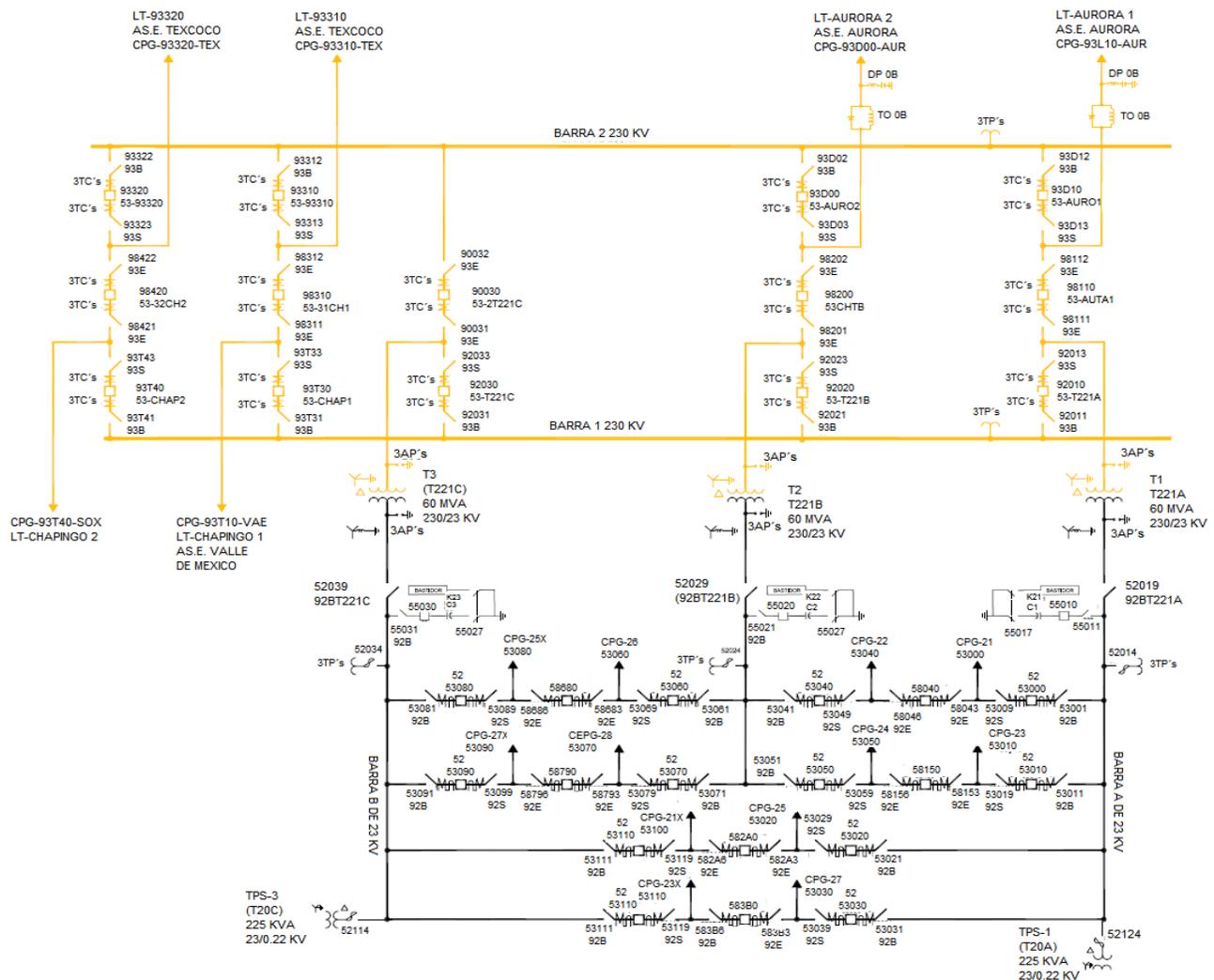


Figura 3.1 Diagrama unifilar de la Subestación Eléctrica de Potencia Chapingo.

En figura 3.2 se muestra el diagrama unifilar de la Subestación Eléctrica de Potencia, indicando los elementos de dicha subestación en los que realizarán los procedimientos que se muestran más adelante.

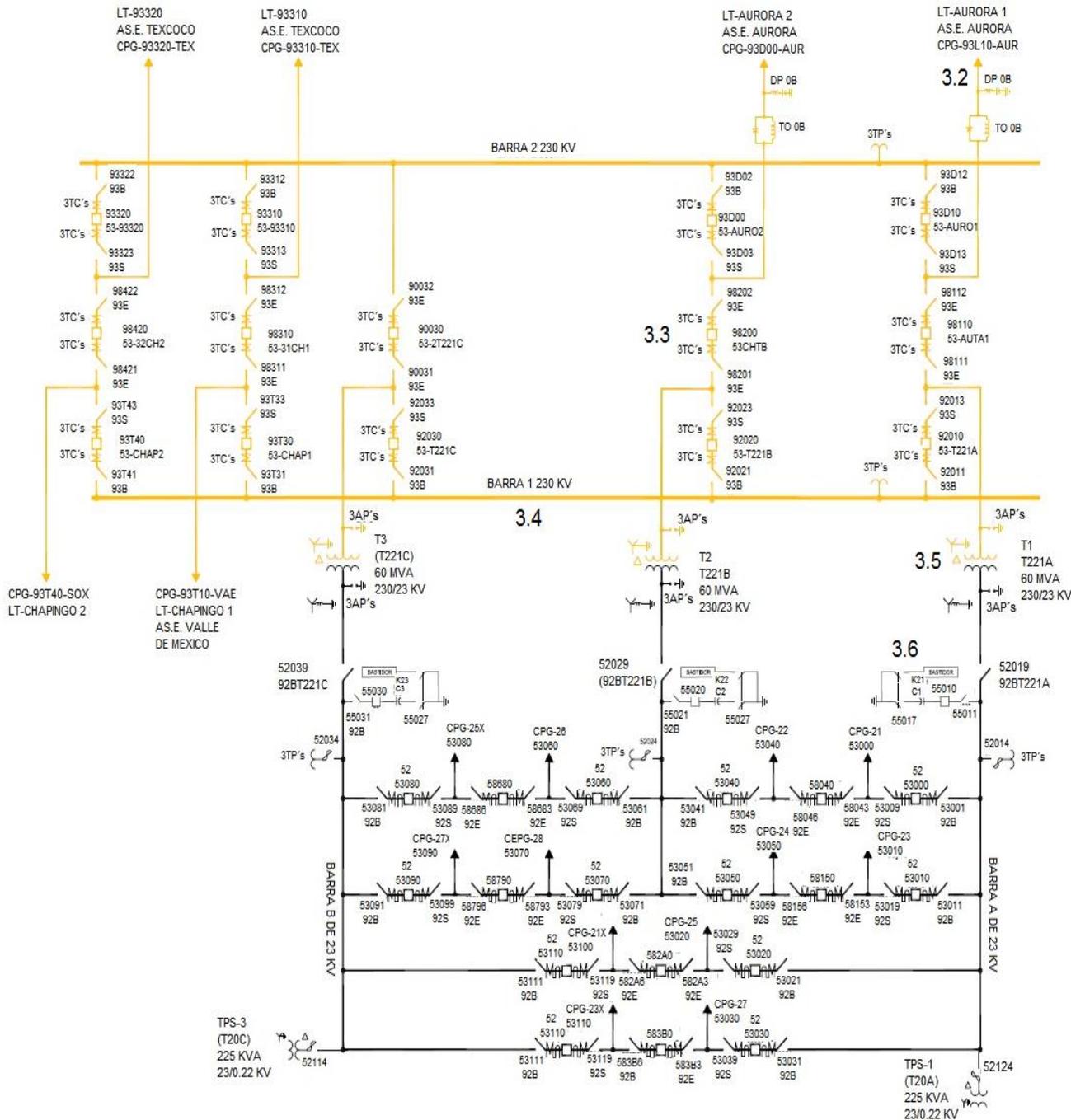


Figura 3.2. Diagrama unifilar de la Subestación Eléctrica de Potencia Chapingo, indicando los elementos que intervienen en la formulación de los procedimientos seguros.

El contar un procedimiento para la ejecución de trabajos con seguridad no es suficiente para lograr el propósito, además deben conocerse con precisión algunos datos técnicos y de operación de los equipos y de los arreglos y bloqueos entre los equipos y las protecciones como ocurre con los límites de funcionamiento de los interruptores y cuchillas.

Antes de accionar los interruptores deberá quedar claro si existe bloqueo al funcionamiento de sus cuchillas, si es necesario bloquear las protecciones correspondientes antes de hacer alguna maniobra, ya que podría ocurrir que al abrir un interruptor sin bloquear sus protecciones, estas propiciarán disparos a otros interruptores.

Cada estación tiene su propio arreglo de protecciones por lo que deberán conocerse todos los vínculos para cada caso y hacer los bloqueos correspondientes a fin de evitar disparos ficticios.

3.2 PROCEDIMIENTO PARA REEMPLAZAR UN AISLADOR DE 230 KV A LA ENTRADA DE LT-AURORA 1 SOBRE LA BARRA B2 DE LA ZONA 230 KV.

La figura siguiente, la figura 3.3 indica el elemento al que se le aplicará el procedimiento de trabajo con seguridad, que corresponde al reemplazo de un aislador en 230 Kv.

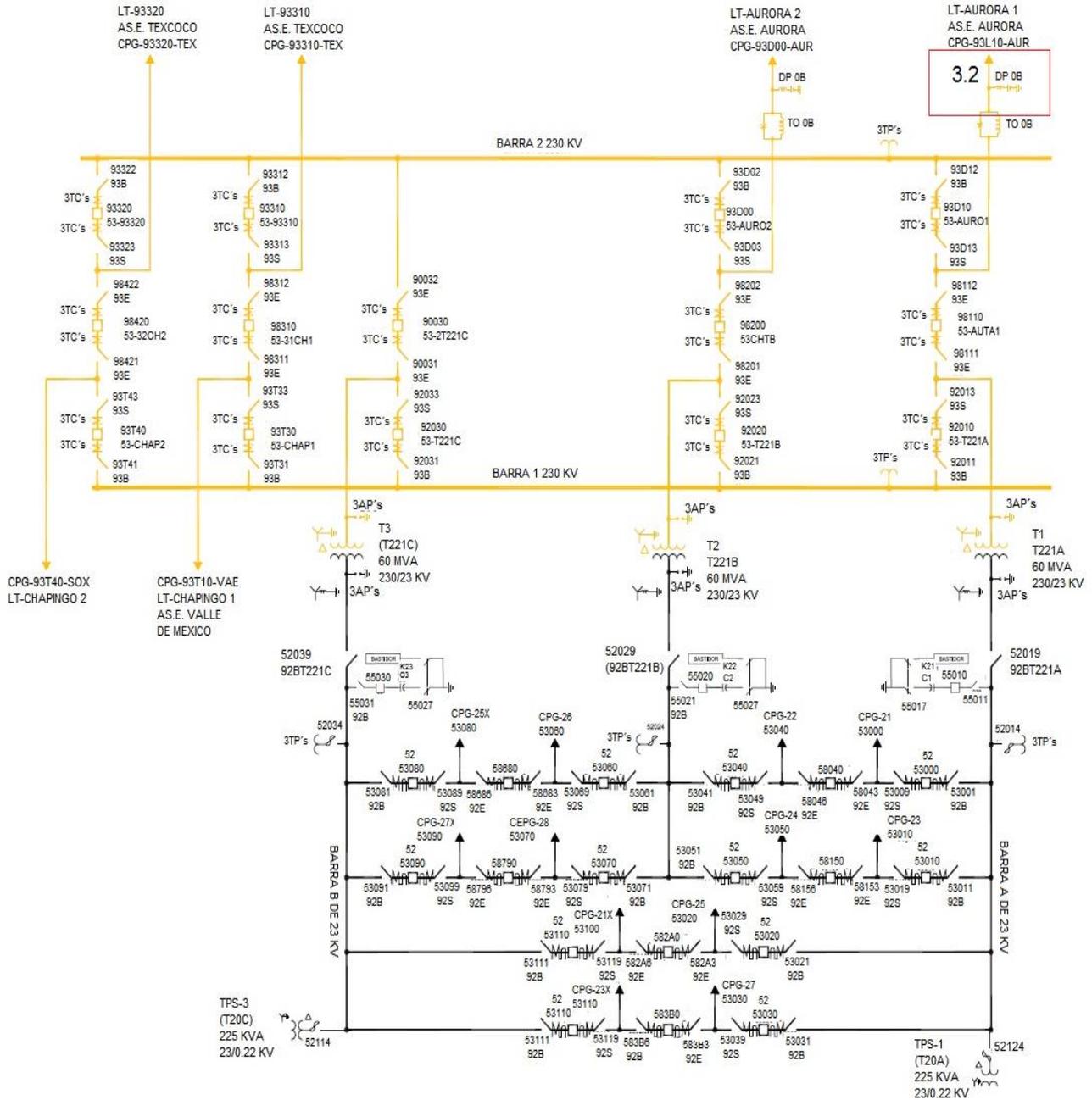


Figura 3.3. Aislador de la Línea LT-AURORA 1 al que se le aplicará mantenimiento preventivo.

1. Solicita al operador en sistema de tablero libranza de los equipos que se mencionan.
2. Abrir el interruptor LT-AURORA (CPG-93L10-AUR)
3. Abrir las cuchillas del Interruptor CPG-93L10-AUR correspondientes.
4. Abrir los Interruptores 93D10 Y 98110.
5. Abrir cuchillas 93D12, 93D13 Y 98112, 98111, correspondientes a cada interruptor.
6. Probar ausencia de potencial en la línea LT-AURORA1.
7. Poner a tierra la línea LT-AURORA1 en Subestación Eléctrica.
8. Descargar la carga propia de los CAP1 de la línea LT-AURORA1.
9. Poner a tierra los CAP1 cerrando el Interruptor propio.
10. Delimitar la zona de seguridad para la realización de los trabajos.
11. Hacer reemplazo del Aislador deseado.
12. Comprobar ausencia de herramienta y dispositivos de mantenimiento sobre la línea LT-AURORA1.
13. Quitar tierra en la línea LT-AURORA1 en la subestación Eléctrica.
14. Quitar la delimitación de la zona de trabajo.
15. Desconectar el Interruptor de puesta a tierra del banco CAP1 de la línea LT-AURORA1.
16. Cerrar cuchillas 93D12, 93D13 Y 98112, 98111.
17. Cerrar interruptor 93D10 Y 98110.
18. Cerrar cuchillas del Interruptor CPG-93L10-AUR de la Subestación Eléctrica adyacente.
19. Cerrar el interruptor CPG-93L10-AUR.
20. Reportar terminación de las maniobras al área de control, con el encargado en turno.

Es de suma importancia el hecho de solicitar la libranza de los equipos para cada trabajo, además confirmar el estado real del equipo involucrado, ya que antes de realizar el trabajo el personal asignado es el único que confirma las condiciones normales de operación en la estación. Se debe verificar la posición que guardan los interruptores de potencia y las cuchillas correspondientes, ya que como sabemos los interruptores abren con carga y las cuchillas lo hacen sin carga a pesar de que existen bloqueos eléctricos en la operación

remota de los interruptores. Se debe corroborar la ausencia de potencial con el equipo adecuado y en buen estado, para cada nivel de tensión, y realizar la conexión de puesta a tierra de las tres fases de la Línea. Para los capacitores es importante primero descargarlos y para mayor seguridad conectarlos a tierra utilizando su interruptor de puesta a tierra. Delimitar la zona de trabajo nos sirve para evitar que personal ajeno al grupo que estará realizando el mantenimiento se acerque y entorpezca los trabajos, o pueda ser lesionado por algún equipo o herramienta utilizada en estos trabajos. Para volver a poner en operación con normalidad a la Barra se debe continuar con el procedimiento de normalización. Y al culminar esta secuencia, se devuelve la licencia al área de control para que pueda disponer de la Subestación Eléctrica en el entendido que los trabajos se han terminado.

3.3 PROCEDIMIENTO PARA LIBRÁR EL INTERRUPTOR DE 230 KV 98200 (53CHTB) PARA DARLE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este procedimiento que se realizará se muestra en la figura 3.4, las partes que intervienen al aplicar mantenimiento preventivo al Interruptor de Potencia que se indica en esta figura.

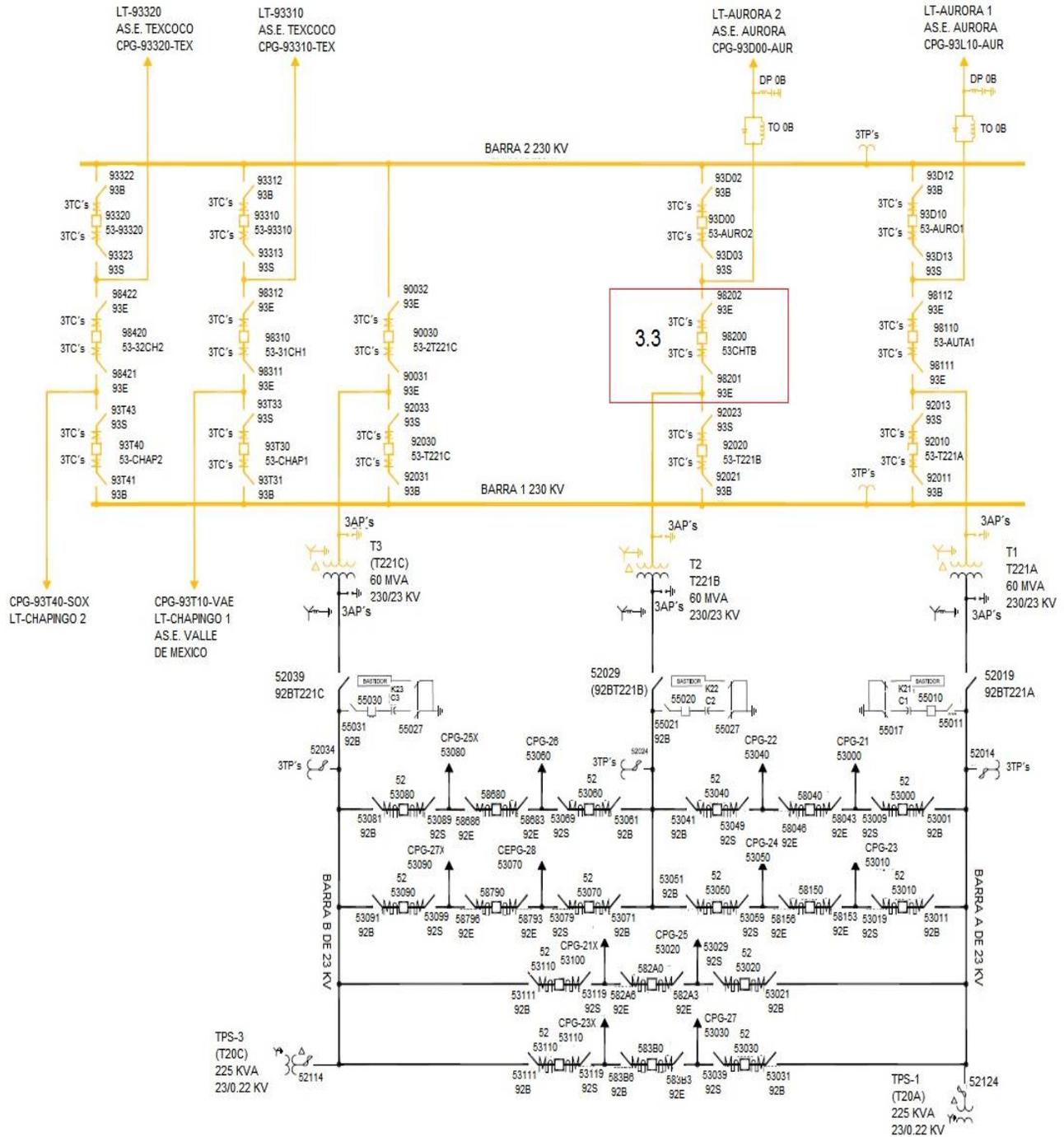


Figura 3.4. Interruptor de Potencia al que se aplicará este procedimiento.

1. Solicita al operador en sistema de tablero libranza
2. Comprobar que todos los interruptores en 230 kV estén cerrados.
3. Abrir Interruptor 98200 y bloquear sistema de recierre.
4. Abrir cuchillas 98202 y 98201.
5. Bloquear las protecciones del interruptor 92020.
6. Poner a tierra las boquillas del interruptor 98202 y 98201.
7. Comprobar ausencia de potencial en el interruptor 92020.
8. Delimitar la zona de seguridad para la realización de los trabajos.
9. Realizar trabajos de mantenimiento preventivo del interruptor 98200.
10. Quitar la conexión de puesta de las boquillas del interruptor 98202 y 98201.
11. Retirar la delimitación de la zona.
12. Desbloquear las protecciones.
13. Cerrar cuchillas 98202 y 98201.
14. Cerrar el interruptor 98200 y desbloquear el sistema de recierre.
15. Reportar terminación de las maniobras al operador de sistemas de tableros de control en turno.

Los equipos que conforman a este tipo de subestaciones se encuentran a la intemperie, por lo consecuencia los equipos están expuestos a los contaminantes como son: el polvo y la humedad. Estos contaminantes pueden alterar la operación adecuada de los equipos. En los interruptores provocan que no abran o cierren de manera correcta, por tal motivo es importante verificar que los interruptores realicen la acción de apertura o cierre total y no se encuentren en la acción a medias. Debemos de corroborar que los equipos de medición correspondientes nos indiquen la inexistencia de corriente eléctrica para estos interruptores. Por seguridad es recomendable bloquear el sistema de recierre de dicho interruptor si es que se cuenta con él, interrumpir la alimentación de corriente directa de la señal de control y colocar a control manual la perilla destinada para esta acción. Al terminar los trabajos de mantenimiento se devuelven la perilla a la posición de control automático y se regresa el suministro de corriente directa para la señal de control. También se desbloquea el sistema de recierre.

3.4 PROCEDIMIENTO PARA LIBRAR LA BARRA B1 230 KV PARA APLICAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para este procedimiento se realizarán las maniobras para librar las Barras B1 230 KV que se muestran en la figura 3.5.

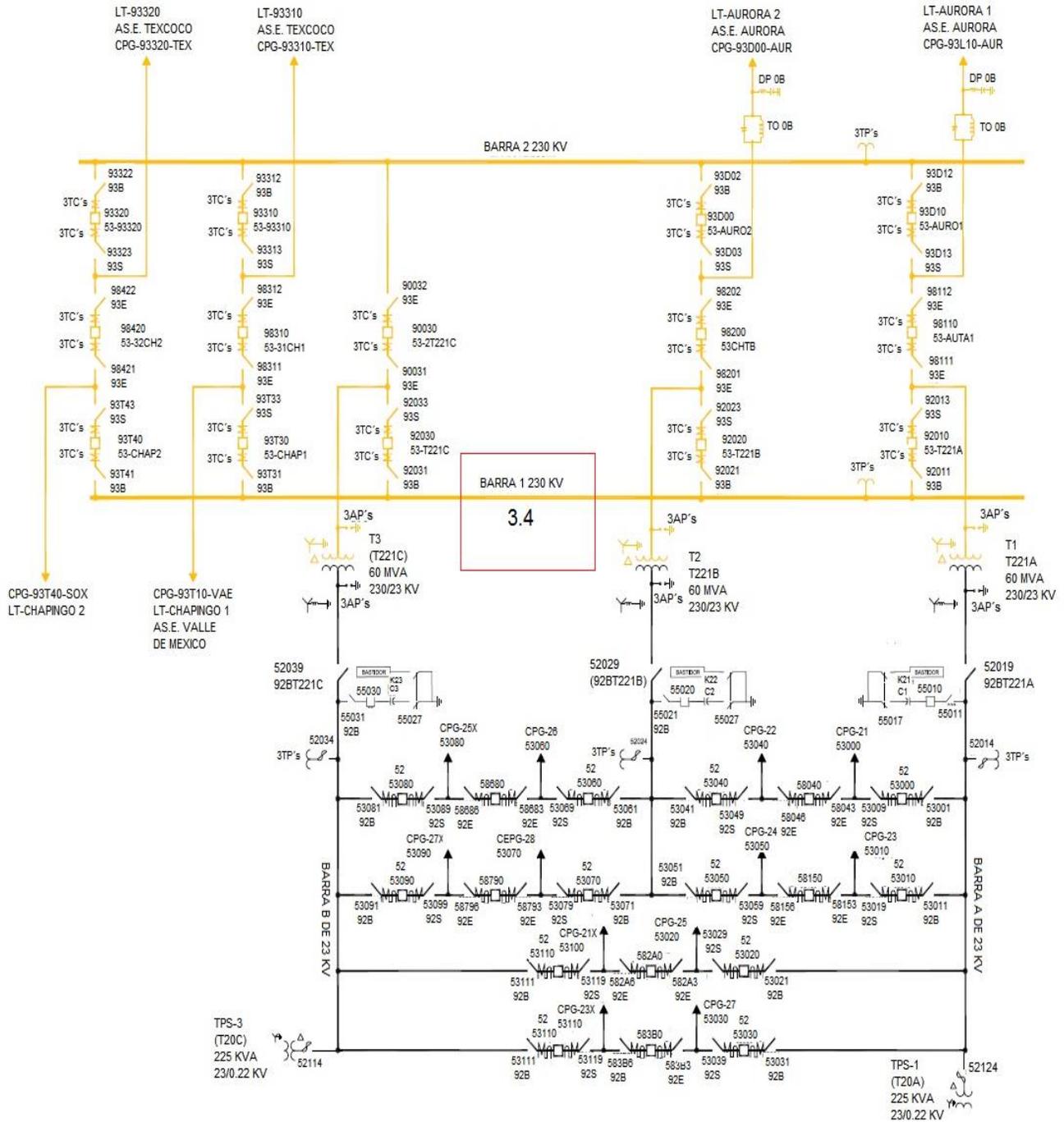


Figura 3.5. Barras B1 a la que se le aplicará mantenimiento preventivo.

1. Solicita al operador en sistema de tablero libranza de los equipos que se mencionan.
2. Abrir Interruptor 92010, 92020, 92030, 93T30 y 93T40.
3. Abrir cuchillas 92013, 92011, 92023, 92021, 92033, 92031, 93T33, 93T31 y 93T43, 93T41.
4. Poner a tierra las cuchillas 92013, 92011, 92023, 92021, 92033, 92031, 93T33, 93T31 y 93T43, 93T41.
5. Comprobar ausencia de potencial en la barra B1-230kV.
6. Poner a tierra la barra B1-230kV
7. Delimitar las zonas de realización de los trabajos de mantenimiento.
8. Ejecutar los trabajos de mantenimiento preventivo a la barra B1-230kV.
9. Comprobar ausencia de herramienta y dispositivos de mantenimiento sobre la barra B1-230kV
10. Quitar la señalización de la delimitación de zona.
11. Quitar la puesta a tierra de la barra B1-230kV.
12. Quitar la puesta a tierra de las cuchillas 92013, 92011, 92023, 92021, 92033, 92031, 93T33, 93T31 y 93T43, 93T41.
13. Cerrar cuchillas 92013, 92011, 92023, 92021, 92033, 92031, 93T33, 93T31 y 93T43, 93T41.
14. Cerrar los Interruptores: 92010, 92020, 92030, 93T30 y 93T40.
15. Reportar terminación de las maniobras al operador en turno de sistema de tableros de control.

Las Barras B1 deben de librarse de potencial desconectando de todos los equipos que encuentren conectados a él. Debemos de corroborar la ausencia de potencial en todas las barras mediante los equipos de medición y con un probador de potencial en buen estado y sea el adecuado para este nivel de tensión. El personal que trabaje en este mantenimiento debe de estar completamente capacitado para realizar trabajos en altura, ya que estos se realizarán en una altura considerable por el nivel de tensión y el elemento. Se debe de delimitar toda la zona de trabajo a lo largo de estas barras, esta para evitar que alguna persona ajena se introduzca dentro ella.

3.5 PROCEDIMIENTO PARA LIBRAR EL BANCO DE TRANSFORMADORES T1 T221A, 230/23 KV DE 60 MVA PARA DARLE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El equipo que se librará con este procedimiento se muestra en la figura 3.6 y corresponde al banco de transformador trifásico T221A de 60 MVA.

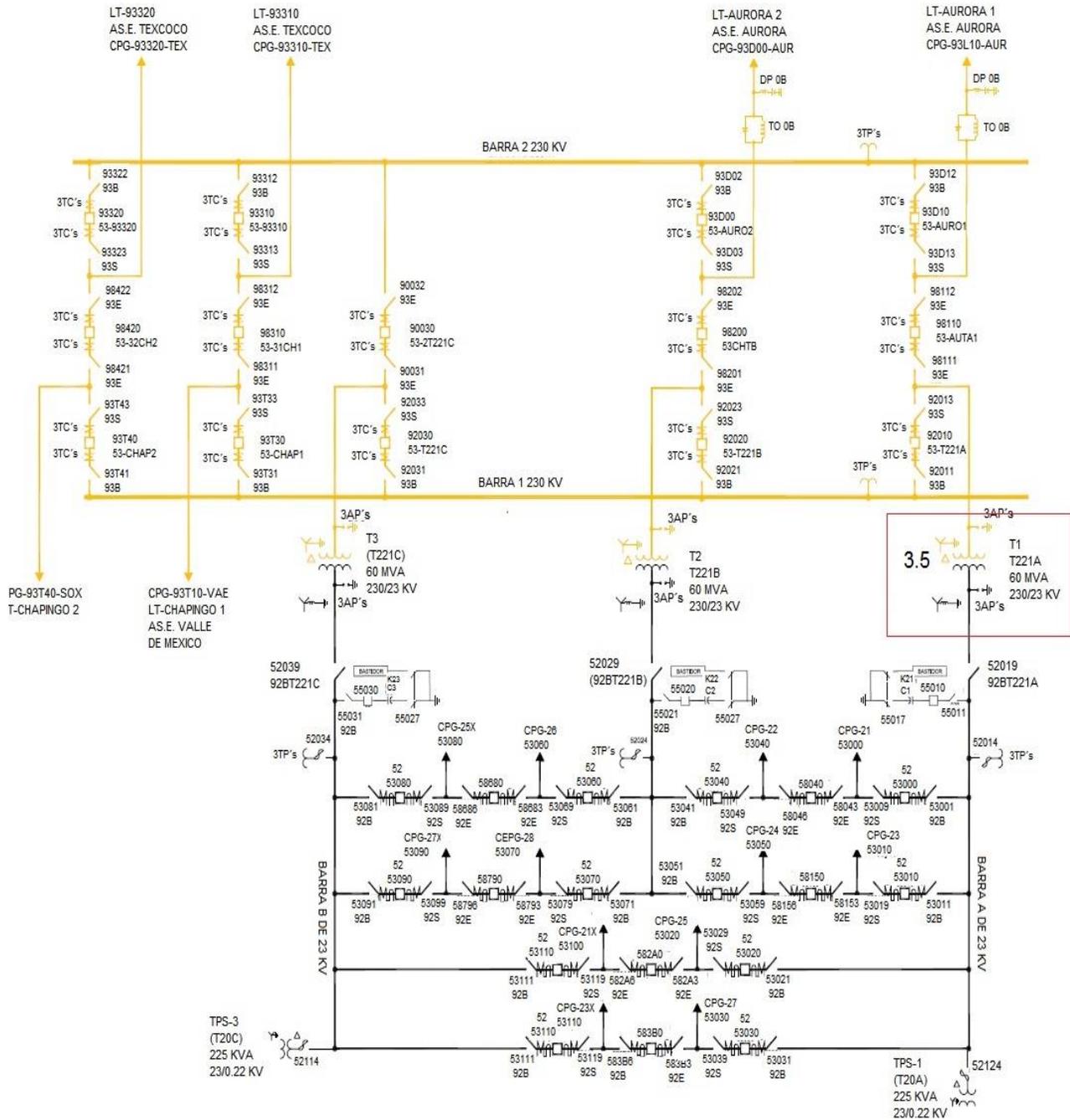


Figura 3.6 Transformador trifásico T1 T221A para darle mantenimiento preventivo.

1. Solicitar al operador en sistema de control de tableros libranza de los equipos que se mencionan.
2. Comprobar que todos los interruptores de enlace en la zona de 23 kV se encuentren cerrados.
3. Abrir todos los interruptores 98110 y 92010.
4. Abrir cuchillas 98112, 98111 y 92013, 92011.
5. Poner a tierra las cuchillas: 98112, 98111 y 92013, 92011.
6. Abrir las cuchillas de los interruptores propios de la zona de 23 kV 52019.
7. Descargar la carga propia del Banco T1 T221A.
8. Poner a tierra las boquillas del transformador T1 T221A cerrando el Interruptor propio.
9. Poner a tierra las cuchillas 52019.
10. Comprobar ausencia de potencial en el Banco de Transformadores T1 T221A.
11. Delimitar la zona para realizar los trabajos de mantenimiento en el Banco de Transformadores T1 T221A.
12. Realizar los trabajos de mantenimiento en el Banco de Transformadores T1 T221A.
13. Comprobar ausencia de herramienta y dispositivos de mantenimiento sobre el Banco de Transformadores T1 T221A.
14. Quitar la delimitación de zona para el Banco de Transformadores T1 T221A.
15. Quitar la conexión de tierra las boquillas del Banco de Transformadores T1 T221A.
16. Quitar la conexión de tierra de la cuchilla 52019 de 23kV.
17. Desconectar el Interruptor de puesta a tierra del banco T1 T221A
18. Cerrar cuchillas propias de 52019 de 23Kv.
19. Quitar la conexión de tierra de las cuchillas 98112, 98111 y 92013, 92011.
20. Cerrar las cuchillas de los interruptores 98110 y 92010.
21. Cerrar los interruptores: 98110 y 92010.
22. Devolver la licencia al sistema de control de tableros.

El transformador trifásico de potencia es el elemento principal de las subestaciones eléctricas, por ello están protegidos mediante varios tipos de protecciones para las diferentes fallas que en él se pueden presentar. Por lo tanto es importante conocer el diagrama de protecciones para el transformador al que se le dará mantenimiento y así desactivar todas estas protecciones que intervengan en su funcionamiento normal y evitar que alguna de ellas sea operada de manera automática en el momento que se le aplica un mantenimiento, y ocurra algún accidente para el personal. También es importante verificar que los interruptores y cuchillas que intervienen en el procedimiento abran completamente y de forma correcta. Por otro lado, se deben de bloquear los sistemas de recierre de los interruptores que cuenten con éste, como pueden ser los interruptores propios de los alimentadores de 23 kV.

3.6 PROCEDIMIENTO PARA LÍBRAR EL BANCO DE CAPACITORES C1 K21

Para librar el banco de capacitores C1 K21, el cual se muestra en la figura 3.7 y se realizará el procedimiento que se encuentra después de la figura.

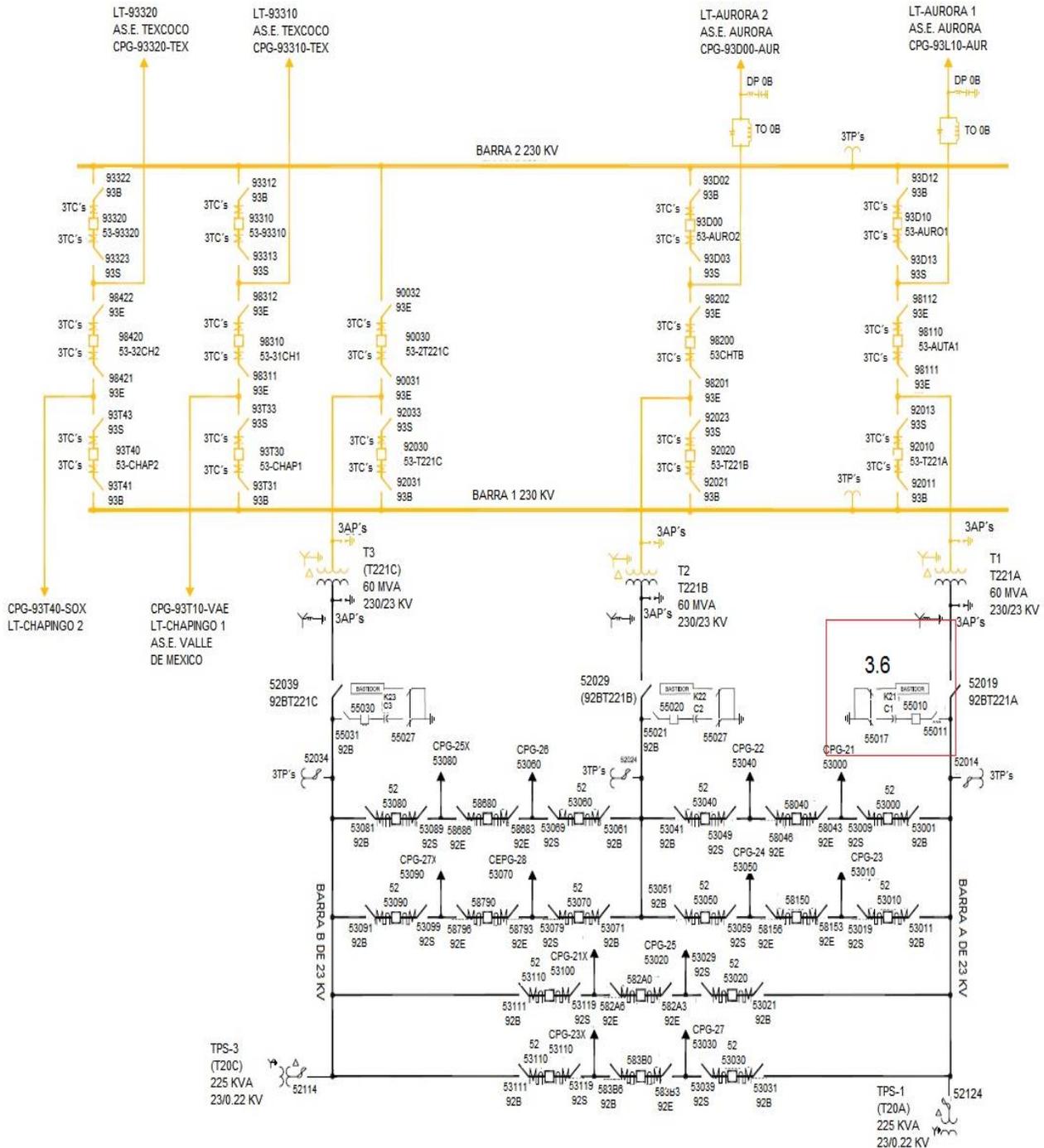


Figura 3.7. Banco de Capacitores C1 K21 al que se aplicará mantenimiento preventivo.

1. Pedir licencia al operador en sistema de tableros y proceder del modo siguiente:
2. Abrir local o remotamente el interruptor 55010 de los capacitores C1.
3. Abrir cuchillas 55011 del lado banco C1.
4. Descargar remotamente o con bastón aislante la carga residual los capacitores C1.
5. Conectar a tierra C1 con conductores de seguridad o con el mecanismo manual para operar las cuchillas de puesta a tierra.
6. Probar ausencia de potencial con detector de voltaje en C1.
7. Se delimita la zona de trabajo.
8. Ejecutar los trabajos preventivos en C1.
9. Quitar la conexión de tierra de C1.
10. Cerrar cuchillas 55011 del lado banco C1.
11. Cerrar el interruptor 55010 local o remotamente.
12. Reportar terminación de las maniobras al operador en turno del área de control

Los bancos de capacitores en las subestaciones se incluyen desde el proyecto de construcción con el fin de compensar la potencia reactiva de la estación. Se desconecta la alimentación del Banco, es importante realizar la descarga a tierra de manera adecuada y hacer la conexión de puesta a tierra mediante el interruptor o cuchilla instalados para dicha operación. Debemos de verificar en los equipos de medición que indique la ausencia de potencial y corriente eléctrica. No está de más por seguridad del personal, corroborar la ausencia de potencial en el banco de capacitores utilizando el probador de potencial adecuado y en buen estado.

3.7 PROCEDIMIENTO PARA QUE EL TRABAJADOR VISTA EL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Este procedimiento depende de la actividad que se va a ejecutar por el trabajador para la protección de riesgos que puedan amenazar la seguridad e integridad física y emocional del trabajador, se debe de seleccionar correctamente el EPP para la ejecución de un mantenimiento seguro y adecuado.

1. Ponerse ropa de algodón. Ésta ropa se debe usar como protección contra riesgos eléctricos, éste tipo de ropa es utilizada generalmente en baja tensión, mientras que en alta tensión de utiliza ropa conductora.
2. Ponerse el casco de seguridad que proveen protección contra casos de impacto y penetración de objetos o sustancias.
3. Colocarse los lentes para la protección de los ojos contra impacto, contra productos químicos, polvos, arcos eléctricos, contra radiación, etc.
4. Colocarse los guantes de hule cuando se ejecuten trabajos donde la tensión es de 23000 volts deberán usarse guantes de tipo 3.
5. Ponerse el Calzado de seguridad como son las botas dieléctricas que sirven para proteger el pie de riesgos eléctricos, contra humedad, contra golpes y sustancias.
6. Se deberá de colocar la protección de oídos cuando el nivel de ruido exceda los 85 decibeles.

7. Se deberá de usarse respiradores de tipos aprobados para protegerse polvo, concentraciones de gases, especialmente en lugares cerrados donde la concentración de oxígeno sea muy baja.
8. Se deberá de usarse el Arnés anticaídas en trabajos de alturas. El arnés tiene elementos de ajuste y de enganche para sujetar al trabajador durante una caída.

Antes de realizar la maniobra el trabajador debe inspeccionar el estado en el que se encuentra su EPP, es decir, si ésta en óptimas condiciones o necesita ser reemplazada.

El uso del equipo de protección personal está incluida en las normas mexicanas para la mayoría de las empresas. Cada trabajador debe conocer adecuadamente el uso que dará a los mismos, por eso es importante que el personal este en constante capacitación para disminuir los riesgos de sufrir un accidente.

3.8 TÉCNICA DE UNA HORA ANTES⁵⁰

Se debe de tener en claro que las ordenes e instrucciones deberán dirigirse al primer nivel de supervisión y este no deberá de pasarse por alto.

Una vez aclarado esto el supervisor a cargo deberá de tener una plática con sus trabajadores una hora antes de iniciar el trabajo. Donde se establecerá un plan de trabajo y los riesgos se destacaran claramente, también para aclarar las dudas e inquietudes de los trabajadores. Este plan no deberá de alterarse sin llamar al personal a otra plática.

En esta hora antes el supervisor deberá de evaluar al trabajador si este se encuentra en condiciones de ejecutar la maniobra, en caso de que no esté en condiciones, el trabajador será retirado de la cuadrilla.

⁵⁰ Manual de Seguridad, Compañía de Luz y Fuerza del Centro (C.L.y F.C.). Mario Salas Sánchez, 1975

CAPÍTULO 4

COSTO DEL PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR TRABAJOS CON SEGURIDAD EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA Y COSTO DEL MANTENIMIENTO AL EQUIPO ELÉCTRICO

4.1 COSTO DEL PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR TRABAJOS SEGUROS

Las exigencias de la seguridad en el trabajo varían según los problemas de los riesgos. Algunas operaciones no son peligrosas, pero todas necesitan alguna planeación de seguridad. Si no se cuenta con ésta las operaciones pueden no estar bajo pleno control, los planes pueden resultar alterados y los costos aumentan.

La Ley Federal del Trabajo, en su artículo 132, fracción XVI, consigna la obligación del patrón de instalar y operar las fábricas, talleres, oficinas, locales y demás lugares en que deban ejecutarse las labores, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el reglamento y las normas oficiales mexicanas en materia de seguridad, salud y medio ambiente de trabajo, a efecto de prevenir accidentes y enfermedades laborales, así como de adoptar las medidas preventivas y correctivas que determine la autoridad laboral. También establece como obligación patronal la revisión periódica de las instalaciones y, en su caso, realizar las modificaciones pertinentes para adaptar las mismas a lo establecido por las Normas Oficiales Mexicanas, y el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, y en caso de negativa, se impondrán multas como una medida de coerción. Frente al aumento de muertes, heridas y enfermedades relacionadas con el trabajo es necesario desarrollar una inversión en la seguridad preventiva.

La inversión dentro de las empresas se hace con el propósito de minimizar los accidentes y mantener una zona de trabajo seguro.

En donde se tiene que invertir para tener trabajos seguros sería:

- Equipo de protección personal según NOM-017-STPS-2008.
- Capacitación personal

Esto implica un costo en materiales y capacitación a los trabajadores pero tendría menos accidentes lo cual se reducen los costos económicos, cabe mencionar que estos costos pueden variar.

El valor de una actividad en particular dentro de la firma puede ser indicado por muchos procedimientos, pero cuando se la presenta en función del dinero, mediante aumento en las ventas, o disminución en los costos, ésta constituye evidentemente la forma más efectiva. El dinero es el punto de referencia para medir y evaluar el desempeño de la compañía. Aunque la seguridad, la prevención tiene un coste, las empresas grandes acostumbran a ser también las más seguras. La seguridad forma parte del proceso, del procedimiento utilizado para la obtención de la rentabilidad. Los accidentes generan pérdidas humanas.

4.1.1 Análisis del Costo de la Seguridad para el Procedimiento de Trabajos Seguros

Las exigencias de la seguridad en el trabajo varían según los problemas de los riesgos. Algunas operaciones no son peligrosas, pero todas necesitan alguna planeación de seguridad. Si no se cuenta con ésta las operaciones pueden no estar bajo pleno control, los planes pueden resultar alterados y los costos aumentan.

La Ley Federal del Trabajo, en su artículo 132, fracción XVI, consigna la obligación del patrón de instalar y operar las fábricas, talleres, oficinas, locales y demás lugares en que deban ejecutarse las labores, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el reglamento y las normas oficiales mexicanas en materia de seguridad, salud y medio ambiente de trabajo, a efecto de prevenir accidentes y enfermedades laborales, así como de adoptar las medidas preventivas y correctivas que determine la autoridad laboral. También establece como obligación patronal la revisión periódica de las instalaciones y, en su caso, realizar las modificaciones pertinentes para adaptar las mismas a lo establecido por las Normas Oficiales Mexicanas, y el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, y en caso de negativa, se impondrán multas como una medida de coerción. Frente al aumento de muertes, heridas y enfermedades relacionadas con el trabajo es necesario desarrollar una inversión en la seguridad preventiva.

La inversión dentro de las empresas se hace con el propósito de minimizar los accidentes y mantener una zona de trabajo seguro.

Nuestra propuesta para la inversión del sistema de seguridad estará compuesto básicamente de los siguientes tres puntos:

- Equipo de protección personal

Según NOM-017-STPS-2008 estipula las consideraciones para el equipo de protección personal, en una cotización realizada con la empresa: SAFETY STORE MEXICO la inversión para el equipo de protección personal estaría evaluada alrededor de \$5500. Por cada trabajador y depende de la talla de calzado y casco esta cotización puede variar.

En cuanto a la señalización esta tiene un costo de \$2500.

- Capacitación personal

En cuanto la capacitación del trabajador hay muchos cursos para poder capacitar al trabajador, la empresa Schneider lo cotiza por empleado y por curso si es el curso de: Equipamiento en Media Tensión tiene un costo de \$4185 y si es para el curso de: Seguridad en instalaciones Eléctricas tiene un costo de \$4725.

- Salario diario base integrado ⁵¹

Se le brindará la capacitación al trabajador para que realice los trabajos o tareas que le sean encomendadas. La capacitación se le dará en las horas de trabajo correspondientes, por lo tanto se le debe pagar los días que el trabajador asista a la capacitación. Para poder obtener el salario diario del trabajador debemos realizar el cálculo como lo estipulado en la Ley.

El boletín informativo de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI). Salarios mínimos 2015 vigente y dependiendo de la zona geográfica que en este caso

⁵¹ Estudio Práctico del Régimen Fiscal de Sueldos y Salarios, Ediciones Fiscales ISEF, 2005.

es la zona “A” se tiene que el salario mínimo es de 70.10 pesos diarios, pero como profesionistas el salario es de 99.90⁵² pesos.

Salario diario=99.90

El salario base diario integrado es:

$$SBDI = \text{salario diario} + \text{Gratificación anual} + \text{Prima vacacional}$$

Por lo tanto:

$$\text{Gratificación anual} = \frac{\$99.90 \times 15 \text{ días}}{365 \text{ días}} = \$4.105$$

A este valor hace falta agregar la prima vacacional que según el artículo 80 de la Ley Federal del Trabajo estipula un 25% por los días de vacaciones que corresponden según tu antigüedad que en este caso sería de 6, y se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Prima vacacional} = \frac{\$99.90 \times 25\% \times 6}{365 \text{ días}} = \$0.410$$

Por lo que el salario base diario integrado es:

$$SBDI = \text{salario diario} + \text{Gratificación anual} + \text{Prima vacacional}$$

Dando valores tenemos que:

$$SBDI = 99.90 + 4.105 + 0.410$$

$$SBDI = \$104.415$$

Supongamos que la capacitación tiene una duración de 4 días, debemos agregar este costo al costo total del plan de seguridad.

$$\text{Salario en los días de capacitación} = SBDI * 4 \text{ días} = 104.415 * 4 \approx 418 \text{ pesos.}$$

⁵² Comisión Nacional de los Salarios Mínimos [en línea]. [fecha de consulta: 25 Abril 2015]. [hora de consulta: 15:00] Disponible en: <<http://www.conasami.gob.mx>>

En la tabla 4.1 muestra el costo total de la inversión para un plan de seguridad de forma general.

Tabla 4.1 Costo del material de equipo y capacitación laboral.

Inversión	Costo Por cada trabajador
Equipo de protección personal	\$ 5500.00
Señalización de zonas de trabajo	\$ 2500.00
Capacitación personal <ul style="list-style-type: none"> • Curso de equipamiento en Media Tensión por participante. • Curso de seguridad en instalaciones Eléctricas por participante. 	\$ 4185.00 \$ 4725.00
Salario en los días de capacitación tomando en cuenta que esta dure 4 días.	\$ 418.00
TOTAL más el 16% de I.V.A	\$ 20,100.50

Como se puede observar es una inversión considerable, sin embargo, esta inversión trae beneficios tanto a la empresa como al trabajador, disminuyendo los accidentes en el trabajo y aumentando la rentabilidad de la empresa a lo que conlleva a incrementar la productividad y calidad de trabajo.

4. 2 COSTOS DE MANTENIMIENTO A EQUIPO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE POTENCIA

Al realizar los trabajos de mantenimiento a los diferentes equipos que conforman a la Subestación Eléctrica de Potencia, se tiene un costo para dichos trabajos. Para realizar este estudio económico sobre el costo del mantenimiento para algunos de los equipos que utilizamos para los procedimientos mencionados en el Capítulo 3 investigamos el costo de diferentes tareas que se deben realizar para que los trabajos puedan realizarse como lo es el costo de la libranza para la zona de trabajo, también investigamos el costo de los mantenimientos para estos equipos en diferentes empresas con un giro específico de mantenimiento y sacamos un promedio de dichos costos.

COSTO DE LA LIBRANZA

Esta maniobra consta de una interrupción temporal del suministro de la energía eléctrica para la ejecución del mantenimiento en la subestación y se pueda ejecutar los trabajos sin ningún riesgo eléctrico.

Para que se proporcione una interrupción del suministro de la energía eléctrica, es necesario solicitarla a CFE con una anticipación de dos semanas con un costo para servicios urbanos suministrados en media y alta tensión de \$169.00 y para servicios rurales suministrados en media y alta tensión de \$273.00

MANTENIMIENTO A UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 60 MVA

Para saber el costo del mantenimiento para el transformador de potencia de 60 MVA, suponiendo que se aplicarán las pruebas para conocer el estado en el que se encuentra a continuación se desglosan las actividades y el costo de dichas actividades en la tabla 4.2:

Tabla 4.2 Costo del mantenimiento y pruebas aplicables al transformador⁵³.

ACTIVIDAD	COSTO
Revisión del indicador de nivel de aceite y temperatura	\$ 120
Limpieza exterior del tanque, gargantas, radiadores y boquillas.	\$ 200
Pruebas de resistencia de aislamiento.	\$ 5,300
Prueba de relación de transformación.	\$ 4,000
Prueba de resistencia óhmica a devanados	\$ 2,000
Toma de la muestra de aceite.	\$ 225
Prueba de rigidez dieléctrica al aceite.	\$ 2,500
Reapriete de conexiones externas en el lado primario y secundario del transformador	\$ 400
TOTAL	\$ 14,745

COSTO DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TIERRAS

Del mismo modo, para el mantenimiento al sistema de tierras se consideran los trabajos y pruebas que se muestran en la tabla 4.3:

⁵³ Alcalá, García y Hernández (2010) *MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PRUEBAS APLICABLES A SUBESTACIONES COMPACTAS CONVENCIONALES* [en línea]. [fecha de consulta: 10 Junio 2015], Capítulo IV. Costo de Mantenimiento y pruebas. Disponible en: <<http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/9618/1/73.pdf>>

Tabla 4.3 Costo del mantenimiento para el sistema de tierras por cada electrodo ⁵⁴.

ACTIVIDAD	COSTO (\$) PESOS
Identificación de electrodos y/o configuración del sistema de tierras.	\$ 100
Revisión de las condiciones físicas de electrodos, registros y conexiones electrodo – cable	\$ 200
Limpieza del registro de tierra y reapriete de conexiones electrodo - cable.	\$ 500
Medición de la resistencia del electrodo de puesta a tierra (Telurómetro).	\$ 3,800
Medición de la continuidad de conexiones (electrodo-cable o cable-cable).	\$ 1,000
TOTAL	\$ 5,600

COSTO DEL MANTENIMIENTO DE LAS CUCHILLAS

En cuanto al mantenimiento de las cuchillas se consideró lo siguiente:

Tabla 4.4 Costo del mantenimiento para las Cuchillas y Aisladores.

Concepto	Costo unitario
Cuchillas	\$ 25,280.64
Aisladores para 23kV	\$ 10,296.00
Total	\$ 35,577

⁵⁴Alcalá, García y Hernández (2010) *MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PRUEBAS APLICABLES A SUBESTACIONES COMPACTAS CONVENCIONALES* [en línea]. [fecha de consulta: 10 Junio 2015], Capítulo IV. Costo de Mantenimiento y pruebas. Disponible en:<<http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/9618/1/73.pdf>>

Tomando en cuenta que se realizarán todos los trabajos de mantenimiento mencionados anteriormente, se tiene un costo total de todos los trabajos como se muestra desglosado en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Costo total de los mantenimientos mencionados en las tablas 4.2, 4.3 y 4.4.

Mantenimiento a este equipo eléctrico	Costo total del mantenimiento para el equipo eléctrico
Transformador de potencia de 60 MVA	\$ 14,745
Sistema de Tierras	\$ 5,600
Cuchillas y Aisladores	\$ 35,577
Costo total más el 16 % de I.V.A.	\$ 59,023

RESTABLECIMIENTO DEL SERVICIO

Después de finalizar con el mantenimiento de la subestación, para poder restablecer el servicio de la misma se consideran lo siguiente:

- ✓ Verificar que el personal ha dado por terminado el trabajo de mantenimiento.
- ✓ Revisar que todos los equipos estén listos, bien conectados y sin herramientas o materiales de trabajo.

De esta manera se ejecuta la correcta aplicación de los procedimientos que ayudan a mejorar con eficiencia y eficacia el buen funcionamiento del equipo eléctrico del sistema de la subestación.

4.2.1 Costo del Mantenimiento al Realizarse un Trabajo Inadecuado

Es importante realizar un trabajo de mantenimiento de manera adecuada, siguiendo al pie de la letra todas las indicaciones, realizando de manera ordenada las diferentes maniobras como lo estipulen los manuales de mantenimiento u otros documentos que se le parezcan. Ya que al realizar los trabajos correctamente podemos evitar que suceda algún accidente o incidente, que dañe al trabajador o a un equipo eléctrico perteneciente a la subestación eléctrica.

Al ocurrir un accidente y dañarse algún equipo eléctrico, tiene un costo monetario significativo para reemplazarlo al equipo en su totalidad o sólo reemplazar algunos elementos dañados que conformen al equipo. Por lo tanto, si realizamos un trabajo de mantenimiento de manera inadecuada el costo de los trabajos serán mucho mayor que los realizados de manera correcta. Debemos tomar en cuenta que el costo del equipo primario de las subestaciones eléctricas oscila en varios cientos de miles de pesos, esto implica que debemos cuidar el estado de estos equipos. A continuación mostramos el estudio que realizamos del costo de un mantenimiento inadecuado.

Al momento de realizar un mantenimiento a la unidad del transformador tenemos un costo por esta maniobra la cual se especifica en la tabla 4.6, pero si este mantenimiento no se realiza de una forma correcta tiene como consecuencia un gasto mayor ya que se puede dañar el equipo al que se re realiza dicho mantenimiento el cual se muestra en la siguiente tabla 4.6:

Tabla 4.6 Costo de la unidad del transformador.

Equipo	Costo en pesos sin IVA
Transformador con capacidad de 60 MVA ⁵⁵	\$141,492.8116
Costo del mantenimiento al transformador	\$ 14,745
Costo total más el 16% de I.V.A	\$ 181,235.86146

Al igual en el sistema de tierras se puede tener un costo mayor al mencionado en la tabla 4.7 ya que si no se realiza el mantenimiento adecuado se tendrían que reemplazar los electrodos los cuales se muestra su precio en la siguiente tabla:

Tabla 4.7 Costo de electrodos de puesta a tierra.

Equipo	Precio unitario en pesos
Electrodo de puesta a tierra ⁵⁶	\$22,220
Mantenimiento a la red de tierra por cada electrodo	\$5,600
Total	\$27,820

Como lo podemos notar, existe una diferencia muy grande cuando se realiza un trabajo de mantenimiento de manera correcta en comparación con un trabajo de mantenimiento de manera inadecuada. Con esto comprobamos que es importante seguir los pasos de las maniobras de manera adecuada. Esto nos asegura que no ocurrirá ninguna accidente lo cual nos brinda dos beneficios esenciales en el tema de seguridad. No existirá ningún daño hacia el trabajador que realiza alguna tarea ni hacia el equipo eléctrico al que se le aplique el mantenimiento.

⁵⁵ Lista de precios CFE,
<http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/OTROS/Aportaciones/concuotM01.asp?Anio=2012&Mes=3>

⁵⁶ Lista de precios de material de puesta a tierra,
http://www.klk.es/uploads/pdf/fichero/221/LISTA_DE_PRECIOS_Abril_2014__WEB.pdf

4.3 DETERMINACIÓN DEL COSTO DEL PROYECTO

Para poder cuantificar el proyecto se tomó en cuenta lo siguiente:

- El tiempo que se tomó para desarrollar dicho proyecto.
- Gastos por logística

Tomando en cuenta estos puntos y realizando un análisis de las etapas de nuestro proyecto se consideró:

El tiempo que se tomó para desarrollar dicho proyecto.

De acuerdo con la información de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en un análisis sobre los salarios realizados por sectores y profesiones por el IMSS vigente del mes de julio del 2015 un ingeniero en promedio gana \$300.02 pesos por día⁵⁷. Si el tiempo que se necesitó para desarrollar este proyecto fueron tres meses que se empezó desde el mes de marzo y se concluyó a principios de junio dando un total de 91 días. Ahora se necesita calcular el salario diario integrado⁵⁸ que a continuación se desglosa como se calcula:

Salario diario=300.02

$$\text{Gratificación anual} = \frac{\$ \text{salario diario} \times \text{días de aguinaldo}}{365 \text{ días}}$$

Donde:

Días de aguinaldo= 15 según el artículo 87 de la Ley Federal del Trabajo.

Por lo tanto:

$$\text{Gratificación anual} = \frac{\$300.02 \times 15 \text{ días}}{365 \text{ días}} = \$12.329$$

A este valor hace falta agregar la prima vacacional que según el artículo 80 de la Ley Federal del Trabajo estipula un 25% por los días de vacaciones que corresponden según tu antigüedad que en este caso sería de 6, y se calcula de la siguiente forma:

⁵⁷ Secretaría del Trabajo y Previsión Social [en línea]. [fecha de consulta: 12 mayo 2015]. Disponible en:<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/conoce/areas_atencion/areas_atencion/web/menu_infsector.html>

⁵⁸ Estudio Práctico del Régimen Fiscal de Sueldos y Salarios, Ediciones Fiscales ISEF, 2005

$$\text{Prima vacacional} = \frac{\$300.02 \times 25\% \times 6}{365 \text{ dias}} = \$1.232$$

Por lo que el salario base diario integrado es:

$$SBDI = \text{salario diario} + \text{Gratificación anual} + \text{Prima vacacional}$$

Dando valores tenemos que:

$$SBDI = 300.02 + 12.329 + 1.232$$

$$SBDI = \$313.58$$

Tomando en cuenta el tiempo que se invirtió en el proyecto que fue de 91 días se tiene:

$$\text{Tiempo de desarrollo del proyecto} = 313.58 \times 91 = \$28535.87$$

- Gastos por logística

Estos gastos vendrán reflejados todos aquellos costes que se imputan directamente al proyecto, tales como materias primas, intelecto en el proyecto, impresiones, gastos por pasajes, etc. Para calcular este valor se tomaremos un 15% del costo del tiempo de desarrollo del proyecto.

$$\text{Gastos Logística} = 9501.31 \times 10\% = \$2853.58$$

Desglosando los costos como se muestra en la tabla 4.8:

Tabla 4.8 Costo del Proyecto

Cuantificación del proyecto	Costo
El tiempo que se tomó para desarrollar dicho proyecto	\$ 28535.87
Gastos por logística	\$ 2853.58
Total más el 16% de I.V.A	\$ 36,411.762

CONCLUSIONES

Con el desarrollo de esta propuesta de procedimiento para Subestaciones Eléctricas de Potencia se puede visualizar que el costo de un trabajo de mantenimiento inadecuado es mayor al costo de un mantenimiento de manera correcta. Debemos tomar en cuenta que habrá una reducción considerable de los accidentes de trabajo, lo que nos da por resultado final que esta propuesta de procedimiento arroja seguridad y economía, teniendo ahorros significativos para la empresa en que se aplique.

El uso de este procedimiento servirá para la seguridad principalmente de los trabajadores en el momento de realizar trabajos de mantenimiento cuidando así su integridad física y emocional; sin embargo, de la misma manera nos permitirá cuidar a los equipos y elementos que conformen a la Subestación Eléctrica.

A su vez este procedimiento nos permitirá la reducción de accidentes hasta un cien por ciento, pero este procedimiento por sí solo no es suficiente, ya que es necesario contar con una inversión económica constante en materia de seguridad como son: capacitación, equipo de seguridad en buen estado, herramientas adecuadas para la realización de cada trabajo, contar con un buen plan de seguridad y todo lo relacionado al sistema de seguridad laboral.

Los procedimientos de seguridad deberán actualizarse permanentemente, ya que deben corresponder siempre con las condiciones, los arreglos de equipo y los esquemas de protecciones de las estaciones. No pueden funcionar estos procedimientos si no corresponden con las condiciones de las estaciones de potencia

Otro aspecto importante para que exista la reducción de accidentes consiste en la participación de todo el personal que labora en la empresa, como lo es el patrón, toda la administración, el sindicato, los trabajadores, etc. Ya que esta responsabilidad no sólo cae en el personal de seguridad e higiene como muchas veces lo pensamos.

REFERENCIAS

- Artículo 123 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917.
- Artículo 250. NORMA Oficial Mexicana. (2012). NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización).
- Azcuénaga Linaza Luis M. Manual Práctico para la Investigación de Accidentes e Incidentes Laborales. (Segunda Edición). Fundación Confemetal. Madrid, España.
- Catálogo HG 11.31, siemens, 2008
- Comisión Federal de Electricidad. (2004). NRF-011-CFE-2004-Sistema de Tierras para Plantas y Subestaciones Eléctricas.
- Enrique Harper, Gilberto. (2005). Elementos de diseño de subestaciones eléctricas. Editorial Limusa. (Primera Edición). México D.F.
- Estudio Práctico del Régimen Fiscal de Sueldos y Salarios, Ediciones Fiscales ISEF, 2005.
- IMSS. Capitulo III, Seguro de Riesgos de Trabajo.
URL:
http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/pdf/informes/20132014/07_Cap03.pdf. Fecha de consulta 26 de Mayo de 2015.
- Ley Federal del Trabajo.
- Ley del Seguro Social. (1995).

URL: <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/pdf/LSS.pdf>. Fecha de consulta 26 de Mayo de 2015
- Lista de precios de CFE.

- Lista de precios de material de puesta a tierra, http://www.klk.es/uploads/pdf/fichero/221/LISTA_DE_PRECIOS_Abril_2014__WEB.pdf.
- Montes Paños, Emilio. (1992). Tratado de Seguridad e Higiene. Universidad Pontificia Comillas.
- Muñoz Ríos, Patricia. (2015, 6 de Febrero). El 40% de los empleados padecen estrés laboral y no duermen bien: OIT. La Jornada, p. 36.
- NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene. URL: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-019.pdf>
- Vircor Q. (2011) Estadísticas de Accidentes Eléctricos en México y la STPS. Recuperado de <https://www.linkedin.com/groups/Estad%C3%ADsticas-Accidentes-EI%C3%A9ctricos-M%C3%A9xico-STPS-4311265.S.208972090>.
- Ramírez, C. (2005). Objetivos Especificos de la Seguridad. En Seguridad Industrial: un enfoque integral (Segunda ed., pág. 38). México: Limusa.
- Ramírez, C. (2005). Seguridad Industrial: Un enfoque integral (Segunda ed.). México: Limusa.
- Ramírez, C. F.. (2003). Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión. (Segunda Edición). Mejía Villegas S.A. Colombia.
- Rodellar, A. (1988). Seguridad e higiene en el trabajo. Barcelona, España: Marcombo.
- Rodríguez, Livia. Determinación del costo en la investigación de Accidentes Laborales. Fecha de consulta 12 de Mayo de 2015. URL: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/931/1/Livia%20Rodriguez%20Luevano.pdf>

- Rubio, J. (2005). Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Secretaria de Trabajo y Prevencion Social. (25 de Noviembre de 2008). Normas Oficiales Mexicanas. NOM-026-STPS-2008. Mexico,D.F: Diario Oficial.
- SEGURIDAD E HIGIENE, CAPITULO 100, CFE
- STPS. (2015). Tabla de Salarios Mínimos Generales y Profesionales por Áreas Geográficas. URL: http://www.conasami.gob.mx/pdf/tabla_salarios_minimos/2015_abril/TABULADOR_ABRIL_2015.pdf.

GLOSARIO

Estrategia: Proceso de planificación de recursos y acciones que habrán de utilizarse y ejecutarse en el futuro.

Evaluación: Proceso orientado hacia la determinación, búsqueda y obtención de evidencias acerca del grado determinado.

IFAI: Instituto Federal de Acceso a la Información y Protección de Datos.

Método: El modo, orden y arte de obrar, discurrir, ó enseñar.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

Operativo: Lo que se obra y hace su efecto.

Planificación: Establecer un sentido de dirección, de rumbo y un ambiente propicio para una gestión empresarial.

Riesgo: Pérdida estimada producida en un periodo de tiempo por un cierto fallo.

STPS: Secretaria de Trabajo y Previsión Social.

Sistema: Conjunto ordenado y cohesionado de un número de elementos cualesquiera.

Subsistema: Es un conjunto de partes e interrelaciones que se encuentran estructuralmente y funcionalmente, dentro de un sistema mayor.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Acción correctiva.	pág. 9
Figura 1.2 Elementos de un plan de seguridad laboral.	pág. 16
Figura 1.3. Costos de los elementos de un plan de seguridad.	pág. 17
Figura 2.1 Malla de un sistema de tierras.	pág. 24
Figura 2.2 Equipo de la Subestación con conexión de puesta a tierra.	pág. 27
Figura 2.3 Esquema de un apartarrayo convencional donde se muestra la conexión de puesta a tierra.	pág. 29
Figura 2.4 circuito empleado para medir la impedancia de secuencia cero de una línea de transmisión.	pág. 30
Figura 2.5. Cuchillas de puesta a tierra para corriente alterna	pág. 31
Figura 2.6. Casco protector, ca	pág. 34
Figura 2.7. Lentes de protección, ca	pág. 35
Figura 2.8. Protección respiratoria, ca	pág. 36
Figura 2.9. Protección auditiva, ca	pág. 36
Figuras 2.10. Guantes dieléctricos, ca	pág. 37
Figura 2.11. Cubiertas protectoras, ca	pág. 39
Figura 2.12. Arnés de protección, ca	pág. 40
Figura 2.13. Botas dieléctricas, ca	pág. 40
Figura 2.14 Dimensiones medias de un operador	pág. 42
Figura 2.15 Circulación del personal	pág. 43
Figura 2.16 Protección para equipos en bajo nivel	pág. 44
Figura 2.17 Zona de seguridad para la circulación de vehículos	pág. 45

Figura 2.18 Mantenimiento de rutina	pág. 47
Figura 2.19 Trabajo utilizando maquinaria pesada	pág. 48
Figura 3.1 diagrama unifilar de la Subestación Eléctrica de Potencia Chapingo	pág. 52
Figura 3.2. Diagrama unifilar de la Subestación Eléctrica de Potencia Chapingo, indicando los elementos que intervienen en la formulación de los procedimientos seguros	pág. 53
Figura 3.3. Aislador de la Línea LT-AURORA 1 al que se le aplicará mantenimiento preventivo	pág. 55
Figura 3.4. Interruptor de Potencia al que se aplicará este procedimiento	pág. 58
Figura 3.5. Barras B1 a la que se le aplicará mantenimiento preventivo	pág. 60
Figura 3.6 Transformador trifásico T1 T221A para darle mantenimiento preventivo	pág. 62
Figura 3.7. Banco de Capacitores C1K21 al que se aplicará mantenimiento	pág. 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Tensión y corrientes de prueba para elementos de hule de uso eléctrico	pág. 38
Tabla 2.2 Distancias de seguridad en el aire	pág. 50
Tabla 4.1 Costo del material de equipo y capacitación laboral	pág. 73
Tabla 4.2 Costo del mantenimiento y pruebas aplicables al transformador	pág. 75
Tabla 4.3 Costo del mantenimiento para el sistema de tierras por cada electrodo	pág. 76
Tabla 4.4 Costo del mantenimiento para las Cuchillas y Aisladores	pág. 76
Tabla 4.5 Costo total de los mantenimientos mencionados en las tablas 4.2, 4.3 y 4.4	pág. 77
Tabla 4.6 Costo de la unidad del transformador	pág. 79
Tabla 4.7 Costo de electrodos de puesta a tierra	pág. 79
Tabla 4.8 Costo del Proyecto	pág. 82