ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"EVALUACION Y PREVENCION DE RIESGOS ELECTRICOS EN UNA SUBESTACIÓN".

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Especialización: Electrónica y Automatización Industrial

Presentada por:

Henry Fabricio Calle Alvarez

Patricio Arsenio Castillo Pincay

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2010

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Juan Gallo G. Director de la materia de graduación por su ayuda y colaboración para el presente trabajo.

DEDICATORIA

A Dios y a nuestras queridas familias por todo el apoyo que nos han brindado durante toda esta etapa de nuestras vidas.

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

---------------------------	----------------------------
Ing. Holger Cevallos	Ing. Juan Gallo G.
DELEGADO DEL DECANO	**DIRECTOR DE TESIS**

DECLARATORIA EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este informe de grado, nos corresponde exclusivamente; y el Patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

Henry Calle Alvarez

Patricio Castillo Pincay

RESUMEN

El tema central de esta investigación será identificar y evaluar los principales riesgos eléctricos que se encuentren presentes en la subestación Industrial para luego proponer las correcciones necesarias. Las características de la subestación la resumimos a continuación. La Subestación analizada es de tipo interior, se alimenta de media tensión (13,2KV) para reducir a baja tensión (110V,220V.480V), está conformada por dos transformadores trifásicos, uno de 750KVA y otro de 300KVA, y sus respectivos tableros de distribución.

Para esto es necesario seguir un proceso de análisis, comenzando con la debida inspección del lugar, para luego recurrir a un Check List (Lista de chequeo), donde podemos identificar los posibles riesgos eléctricos encontrados en la subestación. Luego de este análisis procedemos a la valorización de los mismos, a través del Método Fine obteniendo como resultados el grado de peligrosidad de cada uno de estos riesgos encontrados en la Subestación Eléctrica, mediante el uso de tablas sugeridas en este método.

Cabe señalar que además se realizaron breves cálculos en lo que se refiere a los conductores y protección principal, con la ayuda de tablas basadas en las normas NEC 2006, para luego realizar una comparación con los datos actuales de dicha subestación.

La parte final del presente informe va acompañada con las debidas correcciones con la finalidad de minimizar los diferentes riesgos y así evitar futuros accidentes que ocasionen pérdidas humanas o materiales.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

ABREVIATURAS

KV	Kilovoltio
V	Voltio
m	Metro
cm	Centímetro
A	Amperio
mA	Miliamperio
kVA	Kilovoltio Amperio
VA	Voltio Amperio
Hz	Hertz
AT	Alta Tensión
BT	Baja Tensión
MT	Media Tensión
Kg	Kilogramo
Kg / m2	Kilogramo por metro cuadrado
cm2	Centímetro Cuadrado
W	Wattio
Hp	Caballos de Fuerza
NEC	Código Eléctrico Nacional
EPP	Equipo Protección Personal
PCB	Bifenilos Policlorados
S/E	Subestación Eléctrica

SIMBOLOGIA

ºC	Grado Centígrado
ºK	Grado Kelvin
Ω	Ohmio
R	Resistencia
X	Reactancia
Z	Impedancia
I_{FLA}	Corriente a Plena Carga
I_{SCA}	Corriente de Corto Circuito
%Z	Impedancia del Transformador
I_{OP}	Corriente de Operación
S_{TOTAL}	Potencia Aparente Total
V_{OP}	Voltaje de Operación
ØL	Flujo Luminoso
E	Nivel de Luminancia
ρ	Factor de Reflexión
K	Indice Local
η	Factor de Utilización

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INTRODUCCION

En el sector industrial las subestaciones juegan un papel muy importante para la producción, es por esto que identificar a tiempo los peligros y riesgos de una subestación evitará a largo plazo la pérdida de vidas humanas y perdidas de producción por fallos en la instalación.

La electricidad es una de las fuentes de energía más utilizadas en nuestra sociedad. La gran ventaja de la electricidad es que puede transportarse a gran distancia, elevando la tensión y disminuyendo la intensidad de corriente para evitar pérdidas por efecto Joule (alta tensión) y suministrarla a la tensión de los equipos receptores (baja tensión). El suministro se controla mediante elementos de corte que pueden eliminar el riesgo eléctrico en una instalación por interrupción de la corriente eléctrica, también se puede eliminar el riesgo eléctrico aislando las partes conductoras.

Los riesgos eléctricos están asociados con los efectos de la electricidad y en su mayor parte están relacionados con el empleo de las instalaciones eléctricas. En este estudio se hará hincapié a los riesgos eléctricos que puedan causar daño a las personas considerando tanto los efectos inmediatos como los mediatos. Se analizaran diferentes tipos de riesgos y los métodos para eliminarlos o reducirlos, haciendo mención de la reglamentación existente . Los riesgos eléctricos afectan tanto a las personas como a las infraestructuras (ingeniería civil, edificaciones e instalaciones). Los riesgos debidos a las instalaciones eléctricas pueden reducirse si se actúa correctamente en las diferentes fases del proceso que transcurre desde la creación hasta la destrucción de las mismas. Lo que concierne al lugar de aplicación de estudio, fue realizado en una subestación de una Planta Industrial de nombre REPLASA localizada al norte de Guayaquil. La planta REPLASA se encuentra ubicada en el Km 16 1/2 vía Daule, dedicada principalmente a la elaboración de productos plásticos en base a material plástico reciclado. Su alimentación principal es proporcionada por la Empresa Eléctrica a una subestación ubicada en la parte interior de la planta, esta subestación está encargada de alimentar a toda la planta como al área de oficinas .

CAPITULO 1

MARCO TEORICO

1.1. Subestación eléctrica de distribución en baja tensión

1.1.1. Definición de subestación eléctrica

Una subestación es un conjunto de equipos, dispositivos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control del flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los mismos equipos y para el personal de operación y mantenimiento.

En toda instalación industrial o comercial es indispensable el uso de la energía, la continuidad de servicio y calidad de la energía consumida por los diferentes equipos, así como la requerida para la iluminación, es por esto que las subestaciones eléctricas son necesarias para lograr una mayor productividad.

Las subestaciones son la fuente de suministro de energía para la distribución a nivel local, para dar servicio a varios usuarios o aún para un cliente específico. En el sector industrial, la función principal de la subestación es reducir la tensión del nivel de transmisión o de subtransmisión al nivel de distribución necesaria para los equipos que operan dentro de la empresa.

Las Subestaciones Reductoras que es la que en este caso estamos analizando, son las que reciben la tensión de la transmisión, que pueden ser a voltajes de alimentación muy altos para las cargas, por ejemplo alimentar 13,2KV resulta ser un voltaje demasiado alto para motores eléctricos de 20 hp que se alimentan normalmente a 220V, por este motivo es necesario convertir o transformar los voltajes de alimentación a niveles adecuados utilizables directamente por las cargas dentro de sus rangos de alimentación .Para esta transformación de la energía eléctrica de un nivel de voltaje a otro más adecuado, se usa un conjunto de equipos que no solo transforman, también controlan y regulan la energía eléctrica, son las que reciben el nombre de subestación eléctrica.

Las llamadas subestaciones abiertas son de hecho las subestaciones principales que utilizan las industrias en donde se maneja cargas considerables .

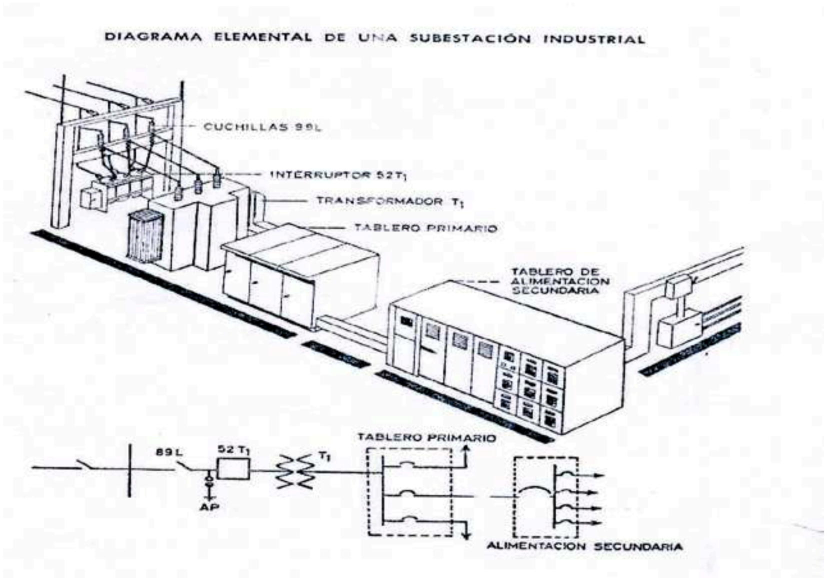


FIGURA 1.1 Diagrama Elemental de una subestación industrial
FUENTE: Libro de Instalaciones Industriales Enriquez Harper

1.1.2. Clasificación de las subestaciones eléctricas

Las subestaciones eléctricas de uso industrial se pueden clasificar por el tipo de instalación como:

• Subestaciones tipo intemperie.

• Subestaciones de tipo interior.

• Subestaciones tipo blindado.

Subestaciones tipo intemperie.

Estas subestaciones se construyen en terrenos expuestos a la intemperie y requieren de un diseño, aparatos y máquinas capaces de soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas (lluvias, viento, nieve e inclemencias atmosféricas diversas) por lo general se adoptan en los sistemas de alta y extra alta tensión.

Subestaciones tipo interior.

En este tipo de subestaciones los aparatos y equipos están diseñados para operar en interiores, esta solución se usaba hace algunos años en la práctica europea, actualmente son poco los tipos de subestaciones tipo interior y generalmente son usados en las industrias incluyendo la variante de la subestación del tipo blindado.

La subestación analizada es de propiedad de la planta industrial REPLASA es de tipo interior, véase la Figura 1.2.

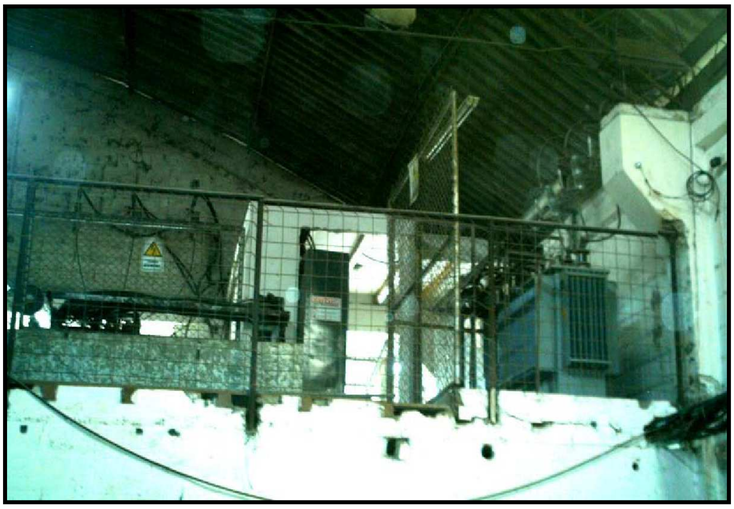


FIGURA 1.2 Subestación Tipo Interior.

FUENTE: Industria REPLASA

Subestaciones tipo blindado.

En estas subestaciones los aparatos y los equipos se encuentran muy protegidos y el espacio necesario es muy reducido en comparación a las construcciones de subestaciones convencionales, por lo general se usan en el interior de fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieran de poco espacio para su instalación, por lo general se utilizan en tensiones de distribución y utilización.

1.1.3. Elementos constitutivos de la subestación REPLASA.

Algunos de los elementos que se pudieron observar al recorrer las instalaciones de la subestación se pueden mencionar a continuación y son los siguientes:

- Acometida de media tensión y cableado.
- Cuchillas.
- Aisladores.
- Velas fusibles.
- Transformadores.
- Tableros.

1.2. Subestación de la Planta REPLASA

En esta parte describimos brevemente características de la subestación industrial analizada: la subestación REPLASA es de tipo interior , reductora de voltaje ya que se debe alimentar cargas de 110, 220 y 480V en toda la planta y está localizada en la sección llamada "Película" sobre una losa de concreto a 3 m de altura; se alimenta de la tensión de transmisión a media tensión que es de 13.2 KV mediante su acometida tipo aérea y la reduce a baja tensión es decir niveles adecuados utilizables esto lo hace mediante dos transformadores uno con salidas de secundario de 110/ 220V y otro con salida de 480V, tensiones que alimentan a los tableros de distribución para los diferentes tipos de cargas .

Mediante la inspección visual y física de la subestación logramos identificar diferentes tipos de riesgos en la instalación y se corregirán con el método aplicado para el análisis , ya sea eliminándolos o reduciéndolos , haciendo mención de la reglamentación existente.

En el caso de estudio presentado se tiene una subestación industrial que opera a media tensión, con una instalación de tipo interior. Para el levantamiento del sistema eléctrico se tomaron como parámetros fundamentales, la inspección visual a la acometida, transformadores y tableros de la Subestación eléctrica. Con estos datos, se obtiene el diagrama unifilar eléctrico de la subestación, como se muestra en la Figura 1.4.

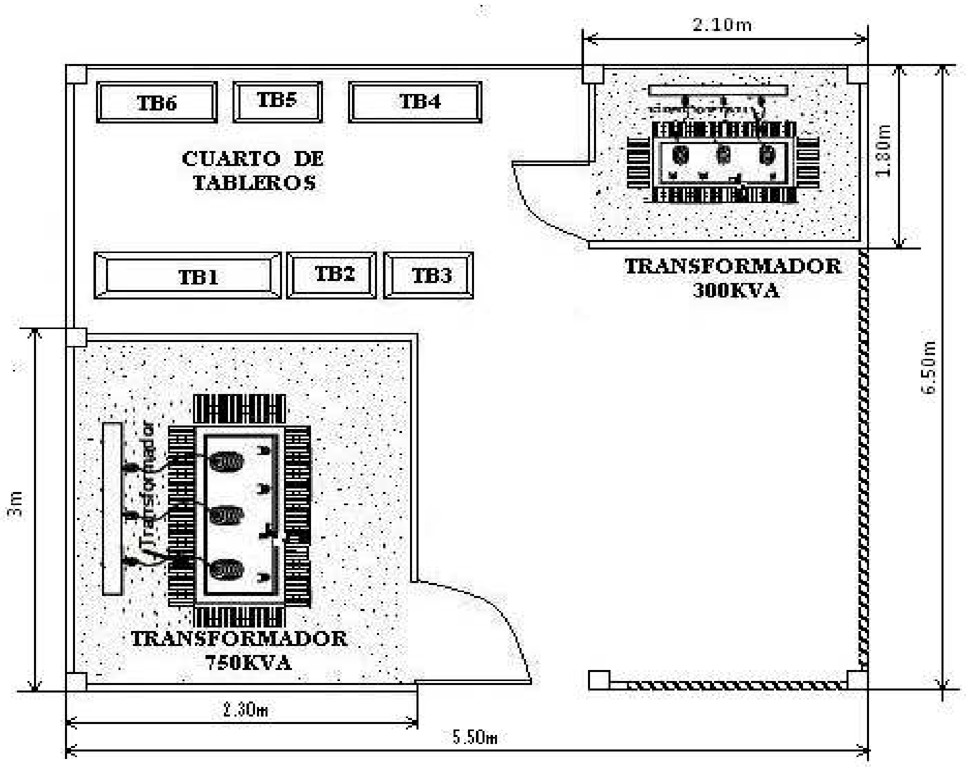


FIGURA 1.3 Diagrama de la estructura de subestación REPLASA- vista Superior.

FUENTE: Industria REPLASA

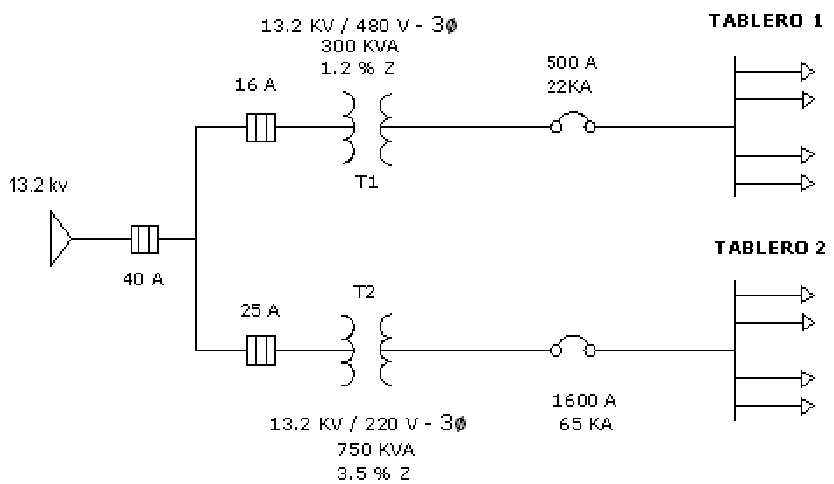


FIGURA 1.4 Diagrama Unifilar de subestación REPLASA.

FUENTE: Industria REPLASA

1.3. Principales componentes de subestación eléctrica REPLASA.

1.3.1. Transformador trifásico de 750KVA sumergido en aceite con depósito de expansión.

Este tipo de Transformador trifásico es para distribución en baja tensión, sumergido en aceite mineral aislante con bobinados de cobre y núcleo de chapa magnética de bajas perdidas con depósito de expansión del aceite o de llenado integral, para instalación interior o exterior indistintamente, servicio continuo, refrigeración natural ,altura máxima de montaje 1.000 m sobre el nivel del mar, frecuencia 60 Hz , temperatura ambiente máxima 40ºC y sobretemperaturas en el cobre y el aceite de 65ºK y 60ºK respectivamente. Clase de protección IP00. Protección anticorrosión.

Actualmente este transformador es el que se encarga de suministrar voltaje de 110V y 220V a gran parte de la maquinaria en esta Industria, así como también provee de energía al área de oficinas.

Los datos de placa del transformador de 750KVA son las siguientes:

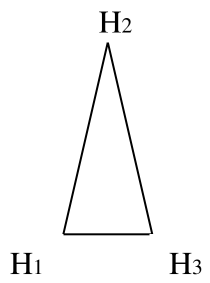
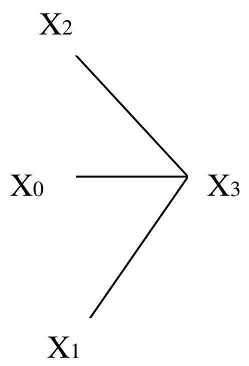
<table>
<tr><td>MARCA</td><td colspan="2">MAGNETRAN</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>POTENCIA</td><td colspan="2">750 KVA</td><td colspan="2">PESO</td><td>2.332 KG</td></tr>
<tr><td>FRECUENCIA</td><td colspan="2">60HZ</td><td colspan="2">NORMA</td><td>ANCI. C.57</td></tr>
<tr><td>GRUPO</td><td colspan="2">DYn5</td><td colspan="2">S/N</td><td>1960</td></tr>
<tr><td>VAT</td><td colspan="2">13200 V</td><td colspan="2">V_{BT}</td><td>220/127 V</td></tr>
<tr><td>IAT</td><td colspan="2">31A</td><td colspan="2">I_{BT}</td><td>1958A</td></tr>
<tr><td>BILAT</td><td colspan="2">110 KV</td><td colspan="2">BIL_{BT}</td><td>30KV</td></tr>
<tr><td colspan="3">CONEXIÓN AT</td><td colspan="3">CONEXIÓN BT</td></tr>
<tr><td>VOLTSEN
H_1 H_2 H_3</td><td>TAPS</td><td rowspan="6">
</td><td>VOLTS</td><td colspan="2" rowspan="6">
</td></tr>
<tr><td>13800</td><td>1</td><td rowspan="5">110/220V</td></tr>
<tr><td>13530</td><td>2</td></tr>
<tr><td>13200</td><td>3</td></tr>
<tr><td>12870</td><td>4</td></tr>
<tr><td>12540</td><td>5</td></tr>
</table>

Tabla1.1 Datos de placa de transformador de 750KVA

FUENTE: Industria REPLASA

FIGURA 1.5 Transformador trifásico sumergido en aceite con depósito de expansión.
FUENTE: Industria REPLASA**.**

1.3.2. Transformador de 300KVA Hermético trifásico de llenado Integral

Este tipo de transformador es diseñado para ser utilizado en las redes de distribución, son aptos para ser instalados en cámaras o en plataformas a la intemperie. Están fabricados en baño de aceite Mineral, sin tanque de expansión.

.Se fabrican para Potencias desde 25 KVA hasta 3000 KVA.

Media Tensión: 13200 V o 33000 V.

Baja Tensión: 480V.

Frecuencia: 60 Hz Trifásico.

Grupo de Conexión: DyN5.

En la Industria REPLASA este transformador se encarga de suministrar ciertos equipos como son dos chillers y otras máquinas para el área de "Inyección", cuya capacidad de transformación es de 13,8Kv a 480V de tipo interior y conexión Δ-Y.

Las características de placa del transformador de 300KVA son:

MARCA	MAGNETRAN		
TRANSFORMADOR	3Φ	**SERIE**	2935
PRIMARIO	**SECUNDARIO**	KVA	300
13,2 KV	480V	HZ	60
AÑO	1989	**CONEXIÓN**	Δ-Y

Tabla1.2 Datos de placa de transformador de 300KVA
FUENTE: Industria REPLASA

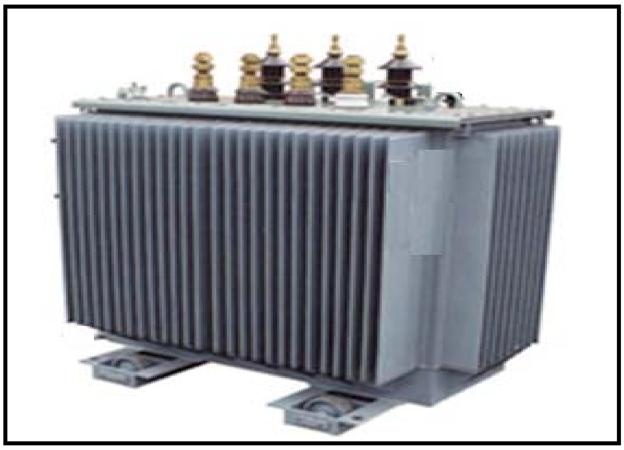


FIGURA 1.6 Transformador Hermético Trifásico de llenado Integral.
FUENTE: Industria REPLASA

1.3.3. Tableros eléctricos

Son equipos eléctricos que contienen: Barras de Distribución. Elementos de Protección, Elementos de Señalización, Elementos de Comando y eventualmente, instrumentos de medida.

Según su ubicación y función, tenemos los siguientes tableros**:**

Tableros generales: Son los tableros principales de las instalaciones. En ellos estarán montados los dispositivos de protección y maniobra que protegen los alimentadores y que permiten operar sobre toda la instalación interior en forma conjunta o fraccionada.

FIGURA 1.7 Tablero Principal de subestación REPLASA
FUENTE: Industria REPLASA

Tableros generales auxiliares: Son tableros que serán alimentados desde un tablero general y desde ello se protegen y operan sub.-alimentadores que alimentan tableros de distribución.

Tableros de distribución: Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente los circuitos en que está dividida la instalación o una parte de ella. Pueden ser alimentados desde un tablero general, desde un tablero general auxiliar o directamente desde el empalme.

FIGURA 1.8 Tableros de distribución subestación REPLASA
FUENTE: Industria REPLASA

1.4. Check List.

Para fundamentar la identificación de los riesgos, se utilizará una lista de chequeo, en la que constara por escrito todos los riesgos considerados como perjudiciales. En esta lista de fácil aplicación se encontraran todas las normativas que debe cumplir el sistema para su óptimo funcionamiento y para garantizar su seguridad.

LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCION DE SEGURIDAD EN SUBESTACION ELECTRICA			
LUGAR DE INSPECCION:	UBICACIÒN :		
EVALUADORES :	FECHA :		
TECNICO AYUDANTE AREA:			
PUNTOS A CHEQUEAR	SI	NO	OBSERVACION
1.- Ubicación de la subestacion en lugares seguros.			
2.- Dimension correcta de cuartos para transformadores.			
3.- Correcto espacio de trabajo en los tableros de distribución.			
4.- Existencia de señales de seguridad en subestación.			
5.- Existencia de diagramas unifilares en tableros de distribución.			
6.- Existencia de extintores contra incendio.			
7.- Existencia de bases de hormigón para los transformadores.			
8.- Existencia de foso para el desalojo de aceite dielectrico de los transformadores.			
9.- Falta de limpieza en subestación.			
10.- Corrosión en partes metalicas de la subestación.			
11.- Sulfataciòn en terminales de baja tensiòn de transformadores.			
12.- Falta de puesta a tierra de equipos.			
13.- Deterioro en estructura fisica de subestación (paredes, techos y piso).			
14.- Ventilación correcta.			
15.- Iluminación correcta.			
16.- Correcto dimensionamiento de elementos elèctricos (cables, breaker).			
17.- Uso de canaletas de proteccion para cables electricos.			
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS:			

TABLA 1.3 Formato de lista de chequeo

FUENTE: Propia

1.5. Metodología aplicada para el análisis de riesgos en subestación

1.5.1. Identificación y valoración de factores de riesgo

Esta parte tiene por objeto dar parámetros en la elaboración del panorama de factores de riesgo en la subestación que se está analizando, incluyendo la identificación y valoración cualitativa de los mismos. Para el desarrollo de la identificación y valoración de Riesgos en una subestación debemos tener claras algunas definiciones .

Factor de riesgo: es todo elemento cuya presencia o modificación, aumenta la probabilidad de producir una daño a quien está expuesto a él.

Factores de riesgo eléctricos: se refiere a los sistemas eléctricos de las maquinas, los equipos que al entrar en contacto con las personas o las instalaciones y materiales pueden provocar lesiones a las personas y daños a la propiedad.

Enfermedad profesional: todo estado patológico permanente o temporal que sobrevenga como consecuencia obligada y directa de la clase de trabajo que desempeña el trabajador, o del medio en que se ha visto obligado a trabajar, y que haya sido determinada como enfermedad profesional.

Factores de riesgo químico: toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas.

Factores de riesgos locativos: condiciones de las instalaciones o áreas de trabajo que bajo circunstancias no adecuadas pueden ocasionar accidentes de trabajo o pérdidas para la empresa.

Factor de riesgo por Higiene se puede definir como el riesgo que se presenta al realizar un trabajo en condiciones no adecuadas (lugar, equipos de protección personal) , que puede influenciar sobre la salud de la persona al estar expuesto a un proceso industrial, por cierto tiempo , donde interviene la presencia de sustancias químicas toxicas (Polvo, pequeñas partículas de material plástico molido) .

1.5.2. Identificación de factores de riesgo en Subestación.

En la subestación que se está analizando se ha encontrado que al realizar trabajos de mantenimiento, mediciones , cambios , instalación de nuevos equipos o dispositivos de protección, corren riesgo no solo el personal técnico , también los equipos , y la posibilidad de quedar sin energía toda la planta ya que con las condiciones de seguridad no son adecuadas por lo cual todo esto está expuesto a diferentes factores de riesgos .

Luego de realizar la debida inspección en las instalaciones de la subestación se pudo hacer una clasificación de factores de riesgo presentes dentro de la misma que son los siguientes :

1) **Factores de riesgo eléctricos.**

Las principales fuentes generadoras de este factor de riesgo que se lograron identificar en la subestación son:

Conexiones eléctricas y empates con grilletes en los conductores para la instalación de otra maquinaria con un breaker común.

Tableros eléctricos con las puertas abiertas; Transformadores con falta de mantenimiento .

Acumulación de polvo en la subestación y en los conductores como lo muestra la figura 1.9 lo cual provoca el excesivo calentamiento de los mismos ya que el polvo actúa como aislante del calor y por ende no lo disipa.

FIGURA 1.9: Acumulación de polvo en conductores
FUENTE: Industria REPLASA

Espaciamiento de conductores por lo que se encuentran demasiado agrupados en las canaletas ya que no hay suficiente espacio en las mismas y se montan unos sobre otros .

Hay que hacer énfasis en que el polvo ocasiona muchos daños a los equipos y un mal manejo del mantenimiento ocasiona terribles daños y consecuencias a veces fatales .

El exceso de polvo en las instalaciones de la subestación puede ionizarse y provocar una nube y esta a su vez una explosión por eso es debido tener las instalaciones muy limpias y libres completamente de polvo o cualquier cosa volátil que se encuentre cerca de ella.

Considerando este factor en la subestación eléctrica se encontró que el personal destinado a realizar trabajos de mantenimiento , por descuidos en sus instalaciones y su mal programa o nulo mantenimiento pueden ocasionar accidentes muchas veces fatales , estos accidentes se evitan con un plan de mantenimiento continuo y eficiente , utilizando equipo de seguridad como marca la norma para los EPP: NFPA70E . (Ver Apéndice I).

2) **Factores de riesgo locativos**

Las principales fuentes generadoras de este riesgo son: Ubicación de la subestación y las estructuras e instalaciones .

Este factor se logro identificar ya que la subestación está ubicada sobre los vestidores y baños de los trabajadores , y cierta parte del cableado y canaletas pasan por el interior de este lugar , en caso de explosión o incendio las personas que se encuentren el interior corren el riesgo de sufrir alguna lesión por electrocución al estar en contacto con partes húmedas o por radiación de algún arco eléctrico En cuanto a la estructura una pequeña parte del piso de la subestación es de madera y esta justo sobre los casilleros y bañeras .

3) **Factores de riesgo químico**.

La principal fuente generadora de este riesgo es: aceite de transformadores.

En la subestación, el riesgo ocurriría en el caso de que los transformadores que contienen aceite sin PCB como lo indica una etiqueta de fabrica en su carcasa, y que lo utilizan como refrigerante, explotaran o se incendiaran causando una contaminación en el lugar donde se encuentran ubicados los transformadores.

Pero de igual forma el aceite refrigerante al manipularlo y realizar los mantenimientos y al estar mucho tiempo en contacto con las personas, les podría causar daños como pequeñas dermatitis, alergia o irritación a la piel.

4) **Factor de riesgo por higiene**

Se identifico este factor por la considerable acumulación de polvo esparcido en el ambiente de la subestación por la ventilación natural en su interior , y al encontrarse una persona en la subestación corre el riesgo de inhalar este contaminante mezclado con el aire en el ambiente del lugar ocasionando molestias y problemas respiratorios.

Principales fuentes generadoras : Inhalación constante de polvo plástico que existe en el ambiente de la subestación.

1.5.3. Valoración de factores de riesgo

En el trabajo de Análisis de Riesgos, uno de los aspectos más complejos es la valoración de los riesgos identificados.

1.5.3.1. Metodología de Valorización FINE

Es un método que permite establecer prioridades entre las distintas situaciones de riesgo en función del peligro causado.

Además podemos decir que es un método de análisis cuantitativo.

La identificación de los riesgos en base al **CHECK LIST,** son valorizados posteriormente por el método FINE. Tal sistema de prioridad está basado en la utilización de una formula simple para calcular el peligro en cada situación de riesgo y de este modo llegar a una acción correctiva.

Cálculo del grado de riesgo.

La gravedad del peligro debido a un riesgo reconocido se calcula por medio de una evaluación numérica, considerando tres factores:

$GR = P*E*C$

GR = Gravedad del riesgo

P = Probabilidad

E = Exposición

C = Consecuencia

La consecuencia de un posible riesgo, la exposición a la causa básica y a la probabilidad que ocurra la secuencia completa del accidente y sus consecuencias.

La fórmula del grado de riesgo es la siguiente:

GRADO DE RIESGO = CONSECUENCIA X EXPOSICIÓN X PROBABILIDAD

Al utilizar la formula, los valores numéricos asignados a cada factor están basados en el juicio y experiencia la persona que hace el cálculo.

Se obtiene una evaluación numérica considerando tres factores: las consecuencias de una posible pérdida debida al riesgo, la exposición a la causa básica y la probabilidad de que ocurra la secuencia del accidente y consecuencias. Estos valores se obtienen de la escala para valoración de factores de riesgo que generan accidentes de trabajo.

Mediante un análisis de las coordenadas indicadas anteriormente, en el marco real de la problemática, se podrá construir una base suficiente sólida para argumentar una decisión.

Una vez que se determina el valor por cada riesgo se ubica dentro de una escala de grado de riesgo.

A continuación se presentan las tablas que se van a utilizar para la valoración de riesgos .

- **Consecuencias**: Definido como el daño posible debido al riesgo que se está considerando. Se asignan valores en base a nuestro criterio.

La tabla de valores de consecuencias también indica el valor de la indemnización por muerte o por accidentes con lesiones graves consultado en textos de estudios parecidos al nuestro, lo cual deducimos y generalizamos a criterio propio, por lo que no sabemos y es confidencial el presupuesto destinado a este tipo de percances en esta Industria; consultando el cálculo de indemnizaciones para el trabajador no afiliado al IEES de acuerdo al artículo 375 del código de trabajo (Ver Marco Legal).

Tomando como referencia el sueldo básico: $218

Según el artículo 375 indica que:

VALOR DE INDEMNIZACION $(MUERTE POR ACCIDENTE TRABAJO) = SUELDO O SALARIO TOTAL DE CUATRO AÑOS.

Por lo que se deduce:

VALOR DE INDEMNIZACION ($) = SUELDO BASICO X (12 MESES) X 4 AÑOS.

VALOR DE INDEMNIZACION ($) = ($218) X (12) X (4)

≈ $10.500

TABLA DE VALORIZACION DE CONSECUENCIAS	
Varias muertes; indemnización aproximada de $10.500 por cada muert**e.**	50
Una muerte; Indemnización aproximada de $10.500	25
Lesiones graves, incapacidad total.	15
Lesiones con pérdidas.	5
Lesiones, cortes, golpes, contusiones.	1

TABLA 1.4 Nivel de Consecuencias del Riesgo.

FUENTE: Texto: METODOLOGÌA DE APLICACIÓN DEL MÈTODO FINE PARA VALORIZACIÒN DE RIESGOS EN UNA SUBESTACION.

- **Exposición:** Es la frecuencia con la que se presenta la situación de riesgo, que tanta veces uno está expuesto.

TABLA DE VALORIZACIÒN DE EXPOSICIÒN	
Continuamente , varias veces al día	10
Frecuentemente , una vez al día o a la semana	6
Ocasionalmente, mas de una vez al mes o al año	3
Raramente : alguna vez en varios años	1
Remotamente : no ocurre pero no se descarta	0.5

TABLA 1.5 Nivel de Exposición a un riesgo.

FUENTE: Texto: METODOLOGÌA DE APLICACIÓN DEL MÈTODO FINE PARA VALORIZACIÒN DE RIESGOS EN UNA SUBESTACION.

- **Probabilidad:** La posibilidad que una vez presentada la situación de riesgo, se origine el accidente.

TABLA DE VALORIZACIÒN DE PROBABILIDADES	
El resultado es más probable y esperado	10
Es completamente posible , no será nada extraño	6
Secuencia o coincidencia rara pero posible	3
Coincidencia muy rara , pero se sabe que ha ocurrido	1
Coincidencia extremadamente remota pero concebible	0.5

TABLA1.6 Nivel de Probabilidades del riesgo.

FUENTE: Texto: METODOLOGÌA DE APLICACIÓN DEL MÈTODO FINE PARA VALORIZACIÒN DE RIESGOS EN UNA SUBESTACION
.

- **Grado de riesgo**: Valorización en magnitud del riesgo.

GR > 400	Riesgo muy alto	Suspensión de actividad inmediata
200<GR< 400	Riesgo Alto	Corrección inmediata
70 <GR< 200	Riesgo Notable	Corrección necesaria urgente
20 <GR< 70	Riesgo Moderado	No es emergente, debe corregirse
GR < 20	Riesgo Aceptable	Puede omitirse la Corrección

TABLA 1.7 Nivel del Grado de Riesgo.

FUENTE: Texto: METODOLOGÌA DE APLICACIÓN DEL MÈTODO FINE PARA VALORIZACIÒN DE RIESGOS EN UNA SUBESTACION.

1.6. Corriente de cortocircuito.

Un cortocircuito es una conexión accidental entre conductores mediante impedancia nula (cortocircuito permanente) o no nula.

Un cortocircuito se define como interno si está localizado dentro del equipo .La duración de un cortocircuito es variable. Se dice que un cortocircuito es autoextinguible si su duración es demasiado breve para disparar los dispositivos de protección, transitorio si se corrige tras el disparo y el reenganche de los dispositivos de protección y continuo o sostenido si no desaparece tras el disparo.

Las causas de un cortocircuito pueden ser mecánicas (palas, ramas, animales), eléctricas (aislamiento dañado, sobretensiones) o humanas (errores de funcionamiento).

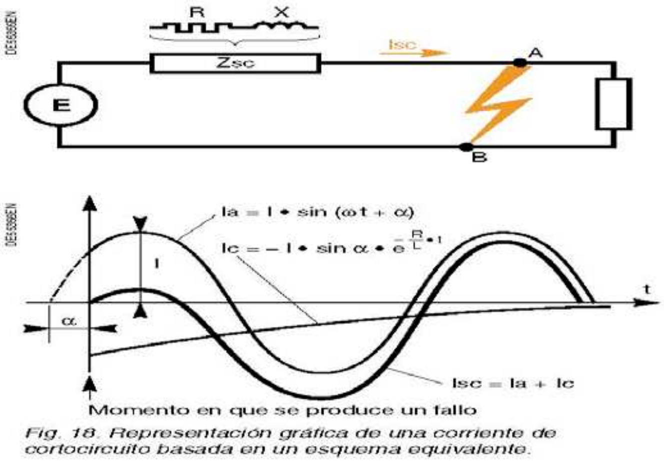


FIGURA 1.10 Representación grafica de cortocircuito

FUENTE: http//www.schneiderelectric/cortocircuito.pdf

1.6.1. Efectos de corrientes de cortocircuito

Las consecuencias son a menudo serias, si no realmente graves:

- Un cortocircuito perturba el entorno del sistema eléctrico alrededor del punto de fallo provocando una caída repentina de tensión.
- Es necesaria la desconexión, mediante la puesta en marcha de los dispositivos de protección, de una parte (a menudo amplia) de la instalación.
- Todos los equipos y conexiones (cables, líneas) sujetos a un cortocircuito están sometidos a una elevada tensión mecánica (fuerzas electrodinámicas) que puede provocar cortes y tensiones térmicas que llegan a fundir los conductores y destruir el aislamiento.
- En el punto de fallo suele haber a menudo un arco eléctrico de alta energía, lo que provoca grandes daños que se pueden extender rápidamente. Aunque los cortocircuitos tienen cada vez menos posibilidades de producirse en instalaciones modernas, bien diseñadas las serias consecuencias que pueden tener son un estímulo para instalar todos los medios posibles a fin de detectarlos y eliminarlos rápidamente.

1.6.2. Procedimiento de cálculo de cortocircuito

Método Punto a Punto

PROCEDIMIENTO BASICO PARA CALCULAR CORTO CIRCUITO		
PASO 1	Transformador 3ø	I_{FLA} = **(Stotal [KVA] x 1000) / √3 x Voperacion**
	Transformador 1ø	I_{FLA} = **(Stotal [KVA] x 1000) / Voperacion**
	I_{FLA} es la corriente a plena carga del transformador	
PASO 2		**Multiplicador = 100 / (0.9 x %Z Transformador)**
	%Z Transformador, es la impedancia de cortocircuito del transformador	
PASO 3		I_{SCA} = I_{FLA} **X Multiplicador**
	I_{SCA} corriente de cortocircuito disponible al inicio del circuito	
PASO 4	Falla 3ø	**f = √3 x L x** I_{SCA} **/ (C x n x Voperacion)**
	Falla 1ø línea a línea	**f = 2 x L x** I_{SCA} **/ (C x n x Voperacion)**
	Falla 1ø linea a neutro	**f = 2 x L x** I_{SCA} **/ (C x n x Voperacion)**
	L = Longitud en pies desde transformador hasta punto de falla.	
	C = Constante del conductor.	
	n = Número de conductores por fase.	
	f = Factor de falla	
PASO 5		**M = 1/ (1 + f)**
	Donde M es un multiplicador	
PASO 6		$I_{SCA\,(EN\ LA\ FALLA)} = I_{SCA} \times M$
	$I_{SCA\,(EN\ LA\ FALLA)}$ corriente de cortocircuito en punto de falla.	

TABLA 1.8 Procedimiento de cálculo de cortocircuito

FUENTE: Manual Técnico de Cooper Bussman

CAPITULO 2

PELIGROS Y RIESGOS EN UNA SUBESTACION ELECTRICA.

2.1. Generalidades.

Normalmente tendemos a asociar el riesgo eléctrico solo con el fenómeno del paso de la corriente a través del cuerpo o choque eléctrico, sin embargo, existen otros riesgos como el arco eléctrico y la explosión que son igualmente peligrosos para las personas, y por lo tanto, deben ser comprendidos.

Los riesgos debidos a las instalaciones eléctricas pueden reducirse si se actúa correctamente en la evaluación de peligros y su correspondiente valorización para prevenir riesgos eléctricos. La gran difusión industrial y general de la corriente eléctrica, unida al hecho de que no es perceptible por los sentidos, hacen caer a las personas en una rutina, despreocupación y falta de prevención en su uso. Por otra parte dada su naturaleza y los efectos, muchas veces mortales, que ocasiona su paso por el cuerpo humano, hacen que la corriente eléctrica sea una fuente de accidentes de tal magnitud que no se deben regatear esfuerzos para lograr las máximas previsiones contra los riesgos eléctricos.

Los accidentes provocados por los riesgos eléctricos tienen como origen, fallas ocasionadas en las instalaciones o también por acciones incorrectas por parte de las personas. La forma de evitarlos será actuando sobre el origen de los mismos, es decir logrando que las instalaciones estén en las condiciones adecuadas y que además se cumplan en todo lo posible con las respectivas normas de seguridad.

2.1.1. Riesgo eléctrico

Podemos definir el riesgo eléctrico, como: La posibilidad de que una persona sufra un determinado daño, originado por el uso de la energía eléctrica. Los riesgos eléctricos son fundamentalmente de cuatro tipos:

- Choque eléctrico por paso de la corriente por el cuerpo.
- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

Para que se produzca un choque eléctrico, el cuerpo humano se tiene que ver sometido a una tensión al tocar dos puntos de la instalación que estén a distinto potencial. En esas circunstancias se origina una corriente eléctrica que atraviesa el cuerpo humano y, que a partir de ciertos valores que veremos en el siguiente apartado, puede producir daños.

El riesgo de incendio o explosión de origen eléctrico viene determinado por la posibilidad de que se origine accidentalmente una intensidad de corriente excesiva, bien en algún punto de la instalación eléctrica o bien en alguno de los receptores, con el consiguiente deterioro de los materiales y la posibilidad de que se produzcan daños personales. Para que ese riesgo sea mínimo se deben realizar las instalaciones respetando la legislación vigente y utilizando productos homologados por organismos oficiales, pero también se le debe dar un uso adecuado, según su capacidad, y siempre en consonancia con las características de la instalación. Los usuarios de la instalación eléctrica y los técnicos que la realizan o reparan deben respetar unas normas de seguridad básicas que garantizarán una mayor seguridad en su trabajo.

2.2. Factores relacionados con el riesgo de accidentes eléctricos.

a) Intensidad de corriente

En los trabajos en BT, representa el principal factor de riesgo eléctrico, ya que a partir de valores de 0,5 mA. se puede notar el paso de la corriente y a partir de 10 ma. se pueden producir lesiones de cierta gravedad. A medida que aumentan los valores de la intensidad, los efectos son, sucesivamente, los siguientes: dificultad respiratoria, fibrilación ventricular, parada cardíaca, parada respiratoria, daños en el sistema nervioso, quemaduras graves, pérdida de conocimiento y muerte.

b) Tiempo de contacto

El riesgo eléctrico aumenta con el tiempo de contacto. Esto se debe tener en cuenta a la hora de poner protecciones de corte automático de la alimentación en la instalación, que deben actuar con bastante rapidez.

c) Trayectoria de la corriente a través del cuerpo

La corriente eléctrica sigue la trayectoria que le ofrece menos resistencia. Las más peligrosas son las que afectan a la cabeza, al corazón o a los pulmones.

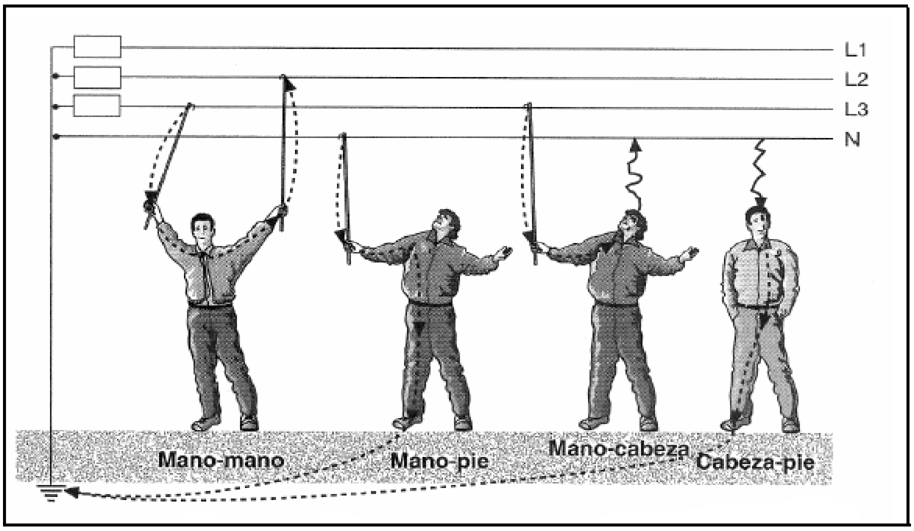


FIGURA 2.1 Trayectoria de la corriente a través del cuerpo humano

FUENTE: www.xtec.es/~jnogues%20/documents/Seguretat/ Seguridad_%20electrica_1.pdf

d) Impedancia del cuerpo humano

La impedancia del cuerpo humano es fundamentalmente resistiva, pero tiene una componente capacitiva debida a la piel humana y que depende de varios factores: la tensión aplicada, la edad, el sexo, la humedad de la piel, la frecuencia, etc.

A continuación se establece unos valores de resistencia del cuerpo humano en función del estado de la piel, que para una tensión de 250 V, que han sido investigados en un manual de Seguridad eléctrica IES Vall d’Hebron Curs 2004/05 Jaume Nogués y son los siguientes:

• 1500 Ω para piel seca.

• 1000 Ω para piel húmeda.

• 650 Ω para piel mojada.

• 325 Ω para piel sumergida.

e) Tipo de corriente y frecuencia

Los efectos de la corriente continua o la corriente alterna sobre el cuerpo humano son distintos, debido a la frecuencia habitual de la corriente alterna (50 ó 60 Hz) que hace que aumente el riesgo de fibrilación ventricular. La frecuencia de la corriente alterna se puede superponer al ritmo cardíaco y producir una alteración en el mismo.

La corriente continua y la corriente alterna de frecuencia superior a 10 000 Hz no producen fibrilación ventricular y por eso son menos peligrosas, pero sí producen el resto de los efectos.

2.3. Factores determinantes de accidentes eléctricos

Es importante señalar que un accidente eléctrico es el hecho de recibir una sacudida o descarga eléctrica, con o sin producción de daños materiales y/o personales. También se lo define como el daño ocasionado por un peligro que se ha causado por la presencia de un riesgo eléctrico no reducido.

A continuación presentamos una lista de factores que aumentan la posibilidad de accidentes eléctricos en una subestación.

- Realizar mantenimientos en sistemas energizados.
- Falta de capacitación del personal
- Herramientas sin aislamiento.
- No existencia de señalizaciones de seguridad.
- Apuro en la realización de un trabajo.
- Operarios con poca experiencia.
- Tiempo excesivo de horario de trabajo.
- Descuido en el uso de equipos de protección personal (zapatos aislantes, guantes, casco, lentes.).
- No revisión de diagramas o planos, ni del manual de operación de los equipos.
- Mal ordenamiento de las acciones operativas.
- Inadecuada iluminación.
- Intervención en circuitos eléctricos sin contar con la debida autorización.
- Realizar acciones equivocadas no establecidas.
- Falta de conexión a tierra en equipos eléctricos.

2.4. Tipos de accidentes eléctricos.

En este punto vamos a considerar solamente los accidentes originados por el uso de la energía eléctrica sin restringirnos al ámbito laboral, y por lo tanto definiremos un accidente eléctrico como un suceso imprevisto, relacionado con el uso de la energía eléctrica, no esperado ni deseado, que se presenta de forma brusca y puede causar daño a las personas o a las cosas, siendo normalmente evitable.

2.4.1. Contactos directos.

Son los contactos de personas con partes activas de materiales y equipos. Denominándose parte activa al conjunto de conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal.

Los contactos directos pueden establecerse de tres formas:

Contacto directo con dos conductores activos (línea - línea).

Contacto directo con un conductor activo (línea - tierra).

Descarga por inducción. Son aquellos accidentes en los que se produce un choque eléctrico sin que la persona haya tocado físicamente parte metálica o en tensión de una instalación.

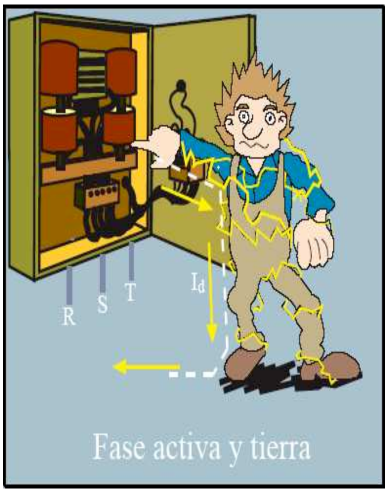


FIGURA 2.2 Contacto eléctrico directo

FUENTE: www.isa2000.com/img/guia_seguridad_electricistas.pdf

2.4.2. Contactos indirectos.

Son los contactos de personas con masas puestas accidentalmente bajo tensión. Se produce cuando un individuo entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que en condiciones normales no debería tener tensión, pero que la ha adquirido accidentalmente. Para que se produzca un contacto indirecto es necesario que se produzca un defecto de aislamiento entre las partes activas de la instalación y una masa, lo que origina que ésta se ponga accidentalmente bajo tensión.

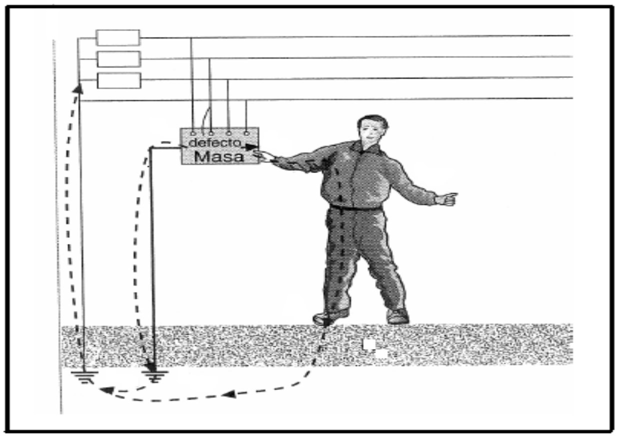


FIGURA 2.3 Contacto eléctrico Indirecto

FUENTE: www.xtec.es/~jnogues%20/documents/Seguretat/
Seguridad_%20electrica_1.pdf

2.4.3. Choques eléctricos.

El choque eléctrico es la estimulación física que ocurre cuando la corriente eléctrica circula por el cuerpo. El efecto que tiene depende de la magnitud de la corriente y de las condiciones físicas de la persona.

Las corrientes muy elevadas, si bien no producen fibrilación, son peligrosas debido a que generan quemaduras de tejidos y órganos debido al calentamiento. Si la energía eléctrica transformada en calor en el cuerpo humano es elevada, el calentamiento puede ocasionar daños graves en órganos vitales.

Efectos fisiológicos en el cuerpo humano causados por choque eléctrico.

A continuación presentamos una tabla donde podemos apreciar los diferentes efectos fisiológicos ocasionados en las personas, como consecuencia de un choque eléctrico.

UMBRAL DE PERFECCIÓN 1-3 mA	Se sitúa entre 1 y 3 miliamperios. No existe peligro y el contacto se puede mantener sin problemas.
ELECTRIZACIÓN 3-10 mA	Produce una sensación de hormigueo, puede provocar movimientos reflejos.
TETANIZACIÓN 10 mA	El paso de la corriente provoca contracciones musculares y la paralización de los músculos de las manos y los brazos, impidiendo soltar los objetos.
PARO RESPIRATORIO 25 mA	Si la corriente atraviesa la cabeza puede afectar al centro nervioso respiratorio.
ASFIXIA 25-30 mA	Si la corriente atraviesa el tórax se puede producir la tetanización del diafragma, impidiéndose la contracción de los músculos de los pulmones.
FIBRILACIÓN VENTRICULAR 60-75 mA	Si la corriente atraviesa el corazón se descontrola el ritmo cardíaco

TABLA 2.1 Efectos fisiológicos por choque eléctrico

FUENTE: www.isa2000.com/img/guia_seguridad_electricistas.pdf

2.5. Consecuencias de accidentes eléctricos

Las consecuencias de los accidentes eléctricos se relacionan, en primer lugar, al tipo de riesgo eléctrico al que están expuestas las personas; en segundo lugar, a las características físicas de las personas y, finalmente, al contexto de las instalaciones y del medio ambiente, pudiendo escalar desde el simple susto por las contracciones que ocasiona un toque breve, hasta la pérdida de la vida.

Los accidentes eléctricos pueden ocasionar diversos tipos de traumas afectando sistemas vitales como el respiratorio, el nervioso y el muscular, y órganos vitales como el corazón. Las lesiones que pueden ocasionarse por los accidentes eléctricos son:

- El paso de la corriente a través del cuerpo puede generar cortaduras o rotura de miembros.
- Los daños en los nervios causados por el choque eléctrico o por las quemaduras pueden causar parálisis.
- Las quemaduras por el arco eléctrico o por la corriente generan dolores intensos que pueden ser de una duración extremadamente larga.
- Las partículas, el metal fundido y las quemaduras en los ojos pueden ocasionar ceguera.
- La explosión puede ocasionar pérdida parcial o total de la audición.
- La circulación de corriente a través de los órganos puede ocasionar su disfunción.

Además de las lesiones puede ocasionarse la muerte por los siguientes factores:

- El choque eléctrico puede ocasionar daños físicos mortales.

- Cuando se tienen quemaduras de un porcentaje alto de la piel, se requieren cantidades grandes de líquidos para la cicatrización. Esto genera un esfuerzo en el sistema renal que puede ocasionar la falla del riñón.
- Los órganos internos afectados pueden dejar de funcionar ocasionando la muerte principalmente si se trata de órganos vitales.
- Si la víctima inhala gases muy calientes y materiales fundidos generados por el arco eléctrico, los pulmones se verán afectados y no funcionarán correctamente.
- El corazón puede dejar de funcionar por fibrilación o por parálisis debido a la corriente eléctrica.

2.6. Principales causas de riesgos de incendio en una subestacion

El efecto más importante originado por el paso excesivo de corriente eléctrica a través de un material cualquiera es el incendio. Esto representa un riesgo indirecto para las personas, ya que pueden sufrir quemaduras o choque eléctrico en el caso de que se queme el material aislante de una instalación, quedando los elementos conductores más accesibles para entrar en contacto con las personas. A continuación mencionamos las principales causas de riesgo de incendio en una subestación: arco eléctrico, explosión, sobreintensidad y sobretensión.

2.6.1. Arco eléctrico.

Normalmente el aire es un muy buen elemento aislante, sin embargo, bajo ciertas condiciones tales como altas temperaturas y altos campos eléctricos, puede convertirse en un buen conductor de corriente eléctrica.

Un arco eléctrico es una corriente que circula entre dos conductores a través de un espacio compuesto por partículas ionizadas y vapor de conductores eléctricos, y que previamente fue aire. La mezcla de materiales a través de la cual circula la corriente del arco eléctrico es llamada plasma. La característica física que hace peligroso al arco eléctrico es la alta temperatura.

FIGURA 2.4 Generación de arco eléctrico.

FUENTE: www.unalmed.edu.co/eventosiem/presentacionespdf/Josedariel-RiesgoElectrico.pdf

Un arco eléctrico, puede producirse por modificar las condiciones de manera que se supere la rigidez dieléctrica del aire, o como consecuencia de la maniobra de apertura o cierre de un elemento de interrupción de la corriente eléctrica.

La temperatura tan elevada del arco eléctrico genera una radiación de calor que puede ocasionar quemaduras graves aún a distancias de 3 m. La cantidad de energía del arco depende de la corriente y de su tamaño, siendo menor el efecto del nivel de tensión del sistema, por lo cual debe tenerse un cuidado especial con los sistemas de baja tensión que muchas veces cuentan con los niveles de corriente de cortocircuito más elevadas. El arco eléctrico produce intenso calor, explosiones sonoras y ondas de presión capaces de quemar la ropa y causar severas quemaduras en la piel que pueden ser fatales. El arco puede ser provocado por las siguientes causas: Impurezas y polvo, corrosión, contactos accidentales, caída de herramientas, fallos en dispositivos de protección, y fallos de aislamiento entre conductores eléctricos.

El daño generado por el arco eléctrico sobre una persona depende de la cantidad de calor que ésta recibe, la cual se puede disminuir manejando factores tales como la distancia de la persona al arco, el tiempo de duración del arco y la utilización de ropas y equipos de protección personal que actúen como barreras o aislante térmicos.

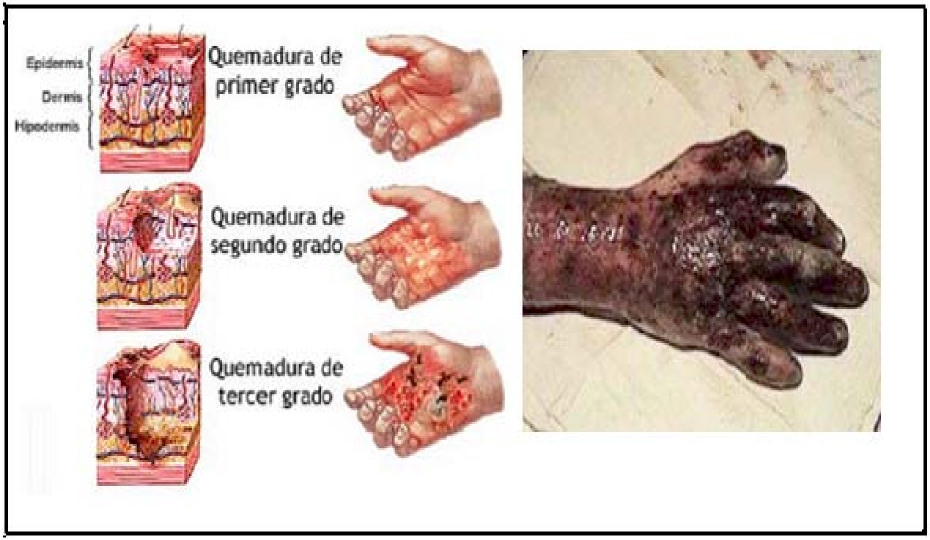


FIGURA 2.5 Efectos ocasionados por el arco eléctrico

FUENTE: www.unalmed.edu.co/eventosiem/presentacionespdf/Josedariel-RiesgoElectrico.pdf

2.6.1.1. Causas del arco eléctrico en subestación y precauciones

En el estudio y análisis de riesgos en la subestación REPLASA debemos de indicar un punto muy importante de nuestra investigación que es como se podría provocar un arco eléctrico o explosión y tomar las debidas precauciones para evitarlo , siempre que se presenten fallas o cuando se realizan trabajos de instalación o mantenimiento de la subestación .

La **causa evolutiva** de un arco eléctrico es una consecuencia de un debilitamiento progresivo de la resistencia de aislamiento entre fases o entre fases y masa .

La degradación progresiva del aislamiento puede igualmente deberse a un calentamiento local accidental, por ejemplo, por una mala conexión o por un aflojamiento progresivo de un borne. La elevación de la temperatura en un punto próximo a otro defectuoso puede inducir a la descomposición y la carbonización progresiva de los aislantes cercanos, lo que puede ser el origen un arco de defecto, inicialmente entre fases o entre fase y masa y después degenerar en un defecto trifásico**.**

2.6.1.1.1. Las causas mecánicas

Se deben a la intervención de un elemento conductor ajeno a la propia estructura de la instalación.

Este es el caso de intervenciones inadecuadas del personal de mantenimiento: no siempre se respetan estrictamente las normas que fijan las precauciones a tomar en caso de actuaciones en partes bajo tensión. Se observa, por ejemplo, que para no perturbar el funcionamiento general de una instalación, un electricista que tiene que realizar una verificación, abre los paneles posteriores de un cuadro, y sobre el juego de barras así accesible, se pone a trabajar pensando que tendrá suficiente cuidado. Cuando una herramienta se resbala y escapa de las manos, o cuando una lámpara de pruebas (prohibida) explota, se produce una descarga general con riesgo de quemaduras graves para el operador imprudente.

Los resultados serán los mismos si un objeto conductor «olvidado» en la parte superior del cuadro (herramienta, trozo de una barra, tuerca, arandela, cuña metálica, etc.), llega a desplazarse poco a poco por el efecto de las vibraciones y cae entre dos barras, o entre dos bornes de un cable.

Pueden incluso presentarse incidentes debidos a la presencia insólita de un animal en el interior de un cuadro (gato, ave, rata, etc.).

2.6.1.1.2. Precaución

El método de trabajo empleado y los equipos y materiales de trabajo y de protección utilizados deberán proteger al trabajador frente al arco eléctrico y explosión.

Entre los equipos y materiales de protección citados se encuentran:

Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, vainas, etc.) para el recubrimiento de partes activas o masas.

Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc.).

Las pértigas aislantes.

Los dispositivos aislantes o aislados (banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, etc.).

Los equipos de protección individual (pantallas, guantes, gafas, cascos, etc.).

2.6.2. Explosión.

El peligro de explosión, nace de la simultánea presencia de dos condiciones:

1. Presencia en la atmósfera de una mezcla inflamable o explosiva.
2. Presencia de una fuente de ignición.

Los causas de explosión o de incendio, están básicamente ligadas a la presencia en la atmósfera de substancias peligrosas, como por ejemplo el aceite dieléctrico de los transformadores; y a la presencia de fuentes de ignición, como por ejemplo la presencia de fuego, de superficies con elevadas temperaturas, por la posibilidad de chispas de origen mecánico, y por la presencia de instalaciones eléctricas en las cuales en condiciones normales o anormales, pueden producirse arcos.

Cuando se forma un arco eléctrico, el aire del plasma se sobrecalienta en un período muy corto de tiempo, lo cual causa una rápida expansión del aire circundante, produciendo una onda de presión que puede alcanzar presiones del orden de 1000 Kg/m². Tales presiones pueden ser suficientes para explotar bastidores, torcer láminas, debilitar muros y arrojar partículas del aire a velocidades muy altas.

Esta explosión genera efectos tales como:

- Explosión de bastidores
- Doblado de láminas
- Arroja partículas a altas velocidades

FIGURA 2.6 Consecuencia producida por una explosión

FUENTE: www.unalmed.edu.co/eventosiem/presentacionespdf/Josedariel-RiesgoElectrico.pdf

2.6.2.1. Causas de Explosión en subestación

La explosión en una subestación tipo industrial como es nuestro caso puede producirse por diferentes fallas en los equipos o componentes o puede ser causada por una mala intervención o maniobra humana .

Es normal que los transformadores estallen por muchos motivos: desde falta de mantenimiento preventivo, sobrecarga, descarga atmosférica, falla en los equipos de protección, falla humana en las maniobras, un punto crítico es que la mayoría la mayoría de los problemas en la subestaciones industriales se deben a la falta de un adecuado sistema de Puesta a Tierra .

En la subestación REPLASA en la cual tenemos 2 transformadores que son del tipo inmersos en aceite ,las explosiones se pueden dar principalmente en aquellos transformadores del tipo anteriormente mencionado puesto que ya sea por calentamiento o cortocircuito , se da un incremento fuerte en la temperatura del aceite y con ello se produce una sobrepresión que genera dicha explosión o la liberación de la energía por las válvulas de sobrepresión .

El caso no es tan crítico para transformadores secos o aislados en materiales como resinas, donde lo que se genera es un corto circuito de corta duración o un arco interno que genera calentamiento pero no llega al punto de una explosión como los inmersos en aceite.

La forma de explotar es particular para cada equipo. Esto debido a las condiciones a que este sometido en el momento de la falla y las características del equipo. Puede ocurrir lo siguiente:

Se INFLE, es decir que su cuba o recinto donde se encuentra el bobinado se deforme.

PRESENTE FISURAS en las paredes de la cuba o en la soldadura de las láminas que conforman la cuba. Lo cual genere derramamiento de aceite.

PRESENTE EXPLOSIÓN y genere un incendio.

Otra de las causas principales de explosión en una subestación es el almacenamiento de material combustible dentro de las instalaciones o dentro de los tableros eléctricos.

Las debidas precauciones que se deben tomar frente a estos riesgos es cumplir y regirse con las normas de seguridad para subestaciones que las describimos en otro capítulo y utilizar el equipo protección contra incendio y explosiones

2.6.3. Sobreintensidades.

Se producen al circular una corriente eléctrica mayor que la nominal por los conductores o receptores eléctricos. Se diferencian dos tipos de sobreintensidades:

a) Sobrecargas

Se producen cuando por un circuito circula una corriente eléctrica mayor que la nominal sin que haya defecto de aislamiento. Producen un calentamiento excesivo de los conductores, provocando un deterioro de los aislantes y acortando su duración.

b) Cortocircuitos

Se producen por la conexión accidental entre conductores activos, originando una elevada intensidad y destruyendo los circuitos, al no poder soportar corrientes tan altas.

2.6.4. Sobretensiones.

Se producen cuando la tensión en un circuito es superior a la nominal. Suelen durar muy poco tiempo, pero el daño producido a los receptores eléctricos puede ser considerable.

La causa más frecuente es la descarga atmosférica de los rayos sobre la instalación eléctrica o sus inmediaciones.

a) Sobretensiones externas

Tienen su origen en descargas atmosféricas. Las sobretensiones de origen externo pueden ser de varios tipos, por:

- Descarga directa sobre la línea (sobretensión conducida).
- Descarga sobre un objeto próximo a la línea (sobretensión inducida).
- Descarga directa sobre el suelo que puede elevar el potencial de tierra varios miles de voltios como consecuencia de la corriente que circula por el terreno (aumento del potencial de tierra).

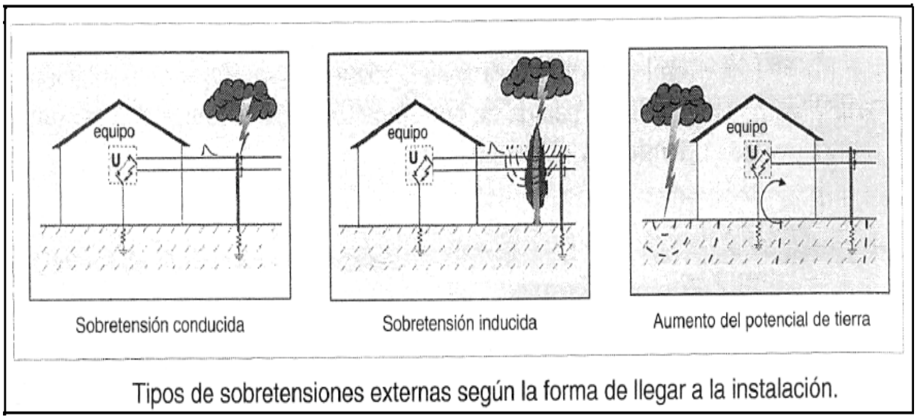


FIGURA 2.7 Tipos Sobretensiones externas

FUENTE: www.xtec.es/~jnogues%20/documents/Seguretat/ Seguridad_%20electrica_1.pdf

Las sobretensiones externas pueden acceder a los equipos a través de:

1. Las redes eléctricas de baja tensión.

2. Las líneas de datos (telefónicas, informáticas o TV).

3. Los elementos receptores de alta frecuencia (antenas).

4. Los conductores de conexión a tierra.

b) Sobretensiones internas.

Tienen su origen en las variaciones de carga en una red, maniobras de desconexión de un interruptor, formación o cese de un fallo a tierra, corte de alimentación a un transformador en vacío, puesta en servicio de las líneas, etc. En una instalación eléctrica todos los conductores que acceden desde el exterior pueden facilitar el camino a las sobretensiones transitorias, provocando así perturbaciones en la alimentación de todos los sistemas conectados.

2.6.5. Sobrecarga de transformadores

La sobrecarga eléctrica es el motivo principal de envejecimiento prematuro de una máquina. Desde un punto de vista térmico, la sobrecarga se produce cuando la condición de equilibrio térmico en la máquina se establece a una temperatura tal que provoca la degradación de los dieléctricos que aíslan los conductores o las chapas que forman el núcleo magnético del transformador.

La condición de sobrecarga involucra parámetros de naturaleza distinta:

1. Nivel de carga eléctrica
2. Condiciones ambientales: temperatura, humedad y altura sobre el nivel del mar.
3. Condiciones de explotación: continua, ocasional, etc.

Desde el punto de vista de la protección de la máquina, la condición de sobrecarga no suele requerir la puesta fuera de servicio inmediata de la máquina, lo que permite realizar actuaciones dedicadas a reducir las condiciones que producen dicha situación, continuando con la explotación de la instalación. Entre las medidas orientadas a reducir el nivel de sobrecarga de la máquina se pueden citar: deslastrado de carga y mejora de las condiciones de refrigeración.

CAPITULO 3

MARCO LEGAL

3.1. Reglamento de seguridad del trabajo, contra riesgos en instalaciones de energía eléctrica.

.

3.1.1. Ministerio de trabajo y recursos humanos.

Acuerdo No 013.- Capítulo III - Normas para intervención en equipos, instalaciones y casos especiales.

Art. 16.- Transformadores.

1.-Para considerar sin tensión a un transformador es necesario que estén desconectados los devanados primario y secundario.

2.- No se permitirá que un transformador desconectado en el lado de alta tensión, reciba corriente por el lado de baja tensión.

3.-Si no se dispone de un aparato de corte de la corriente que permita poner o sacar del servicio a un transformador con carga, se procederá de la siguiente manera:

a) Para poner en servicio a un transformador deberá empezar conectando el devanado de mayor tensión.

b) Para sacar del servicio a un transformador deberá empezarse por desconectar el devanado de menos tensión.

4.-Se prohíbe la realización de trabajos en el interior de cubas de transformadores, sin antes comprobar la total eliminación de gases.

5.-Se prohíbe fumar y utilizar cualquier clase de llama en las proximidades de un transformador refrigerado con aceite.

6.-Cuando se realicen trabajos de manipulación de aceite de transformador, se dispondrá de los elementos adecuado para la extinción de incendios.

7.-Cuando se realice trabajos en un transformador que tiene protección automática contra incendios, esta protección automáticamente estará bloqueada para evitar un funcionamiento intempestivo.

3.2. Normas de aplicación para subestaciones eléctricas.

3.2.1. Código eléctrico nacional (NEC 2006).

3.2.1.1. Articulo 110.-Requisitos de las Instalaciones Eléctricas.

A. Disposiciones Generales.

110.16(a) Distancias de trabajo. Excepto si se exige o se permite otra cosa en esta norma, la medida del espacio de trabajo en dirección al acceso a las partes vivas que funcionen a 600 V nominales o menos a tierra y que puedan requerir examen, ajuste, servicio o mantenimiento mientras estén energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16(a). Las distancias deben medirse desde las partes vivas, si están expuestas o desde el frente o abertura de la envolvente, si están encerradas. Las paredes de concreto, ladrillo o azulejo deben considerarse conectadas a tierra.

Además de las dimensiones expresadas en la Tabla 110-16(a), el espacio de trabajo no debe ser menor que 80 cm. de ancho delante del equipo eléctrico. El espacio de trabajo debe estar libre y extenderse desde el piso o plataforma hasta la altura exigida por esta Sección. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo. Dentro de los requisitos de esta Sección, se permite equipo que tenga distancias, como la profundidad, iguales a los de la altura requerida.

TABLA 110-16(a).- Distancias de trabajo

Tensión eléctrica nominal a tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150 151-600	0,90 0,90	0,90 1,1	0,90 1,20

Las condiciones son las siguientes:

1. Partes vivas expuestas en un lado y no vivas ni conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por madera u otros materiales aislantes adecuados. No se consideran partes vivas los cables o barras aislados que funcionen a 300 V o menos.
2. Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado.
3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en la Condición 1), con el operador entre ambas.

TABLA 3.1 Distancias de trabajo

FUENTE: NEC 2006

3.2.1.2. Artículo 384.- Tableros de Distribución.

B. Tableros de distribución.

384-5 Ubicación de los tableros de distribución. Los tableros de distribución que tengan partes vivas expuestas deben estar ubicados en lugares permanentemente secos, donde estén vigilados y sean accesibles sólo a personas calificadas. Los tableros de distribución deben instalarse de modo que la probabilidad de daño por equipo o procesos sea mínima.

384-7 Ubicación con relación a materiales fácilmente combustibles. Los tableros de distribución se deben instalar de modo que la probabilidad de que transmitan él fuego a materiales combustibles adyacentes sea mínima. Cuando se instalen en un piso combustible se debe proveer de protección adecuada.

384 -8 (a) Separación desde el techo. En los tableros de distribución que no estén totalmente cerrados se debe dejar un espacio desde la parte superior del tablero hasta cualquier techo combustible no menor a 90 cm., excepto si se instala una cubierta no combustible entre el tablero y el techo.

384-9 Aislamiento de los conductores. Cualquier conductor aislado que se utilice dentro de un tablero de distribución debe estar aprobado y listado, ser resistente a la propagación de la flama y tener una tensión eléctrica nominal no menor a la que vaya a soportar y no menor a la tensión eléctrica aplicada a otros conductores o barras colectoras con las que pueda estar en contacto.

384-11 Puesta a tierra de los marcos o armazones de los tableros de distribución. Los marcos de los tableros de distribución y las estructuras que soporten los elementos de desconexión, deben estar puestos a tierra.

3.2.1.3. Artículo 450.- Transformadores y Bóvedas.

A. Disposiciones generales.

450-9 Ventilación. La ventilación debe ser adecuada para disipar las pérdidas a plena carga del transformador, sin que se produzca un aumento de temperatura que exceda la nominal del transformador.

450-10 Puesta a tierra. Las partes metálicas de las instalaciones de transformadores, que no transporten corriente y estén expuestas, incluyendo las cercas, resguardos, etc., se deben poner a tierra.

C. Bóvedas de transformadores.

450-41 Ubicación. Las bóvedas deben ubicarse donde puedan ser ventiladas al aire exterior sin el uso de tubo extractores o conductos, siempre que sea posible.

450-42 Paredes, techos y piso. Las paredes y el techo de las bóvedas deben construirse de materiales que tengan la resistencia estructural adecuada a las condiciones que puedan presentarse y una resistencia mínima al fuego de tres horas.

Los pisos de las bóvedas en contacto con la tierra deben ser de concreto de un espesor mínimo de 10 cm. y cuando la bóveda se construya sobre un espacio libre o arriba de otros pisos, el piso debe tener la adecuada resistencia estructural para la carga soportada y una resistencia mínima al fuego de tres horas. Para los propósitos de esta Sección no se permiten construcciones atornilladas ni con paredes de paneles.

NOTA: Una construcción típica que posee una resistencia al fuego de tres horas es una construcción de concreto reforzado de 15 cm. de espesor.

450-43(a) Tipo de puerta. Cada espacio que conduzca a una bóveda desde el interior de un inmueble debe estar provisto de una puerta de cierre hermético, de un tipo que tenga una resistencia mínima al fuego de tres horas. Este tipo de puerta debe instalarse en una abertura de una pared exterior, cuando las condiciones lo justifiquen.

450-45 Abertura de ventilación. Donde lo exija la Sección 450-9, la cual dice que: La ventilación debe ser adecuada para disipar las pérdidas a plena carga del transformador, sin que se produzca un aumento de temperatura que exceda la nominal del transformador. Además deben proveerse aberturas de ventilación de acuerdo con lo siguiente:

a) Ubicación. Las aberturas de ventilación deben ubicarse lo más lejos posible de puertas, ventanas, salidas de incendio y materiales combustibles.

b) Disposición. Una bóveda ventilada por circulación natural de aire puede tener la mitad, aproximadamente, del área total de aberturas necesarias para la ventilación en una o más aberturas cerca del suelo y el resto en una o más aberturas en el techo o en las paredes cerca del techo; toda el área que se requiera para la ventilación se permite en una o más aberturas en o cerca del techo.

c) Tamaño. En el caso de bóvedas con ventilación natural hacia el exterior, el área neta combinada de todas las aberturas de ventilación, después de restar áreas ocupadas por pantallas, rejas o celosías, no debe ser menor de 20 cm2 por cada kVA de capacidad de los transformadores en servicio, excepto el caso de transformadores de capacidad menor de 50 kVA, donde el área neta no debe ser menor de 9,30 cm2.

450-46 Drenaje. Cuando sea factible en las bóvedas que contengan más de 100 kVA de capacidad de transformadores, se debe construir un drenaje u otro medio que evacue hacia un depósito especial de confinamiento cualquier acumulación de líquido aislante o agua, a menos que las condiciones del local lo impidan; en este caso, el piso debe tener una inclinación hacia dicho drenaje.

450-48 Almacenamiento dentro de las bóvedas. No deben almacenarse materiales dentro de las bóvedas de transformadores.

3.2.1.4. Artículo 924.- Subestaciones.

924-8(a) Extintores. Deben colocarse extintores, tantos como sean necesarios en lugares convenientes y claramente marcados, situando dos, cuando menos, en puntos cercanos a la entrada de la subestaciones.

Para esta aplicación se permiten extintores de polvo químico seco.

Los extintores deben revisarse periódicamente para que estén permanentemente en condiciones de operación y no deben estar sujetos a cambios de temperaturas mayores que los indicados por el fabricante.

En las subestaciones de tipo abierto o pedestal instalados en redes de distribución no se requiere colocar extintores de incendio.

3.2.1.5. Artículo 240.- Protección contra Sobrecorriente.

A. Disposiciones Generales.

240-6 Capacidades nominales de corriente eléctrica normalizadas.

a) Fusibles e interruptores de disparo fijo.- Para la selección de fusibles y de interruptores de disparo inverso, se deben considerar los siguientes valores normalizados de corriente eléctrica nominal: 15A, 20A, 25A, 30A, 35A, 40A ,45A, 50A ,60A, 70A, 80A, 90A, 100A, 110A, 125A, 150A, 175A, 200A, 225A, 250A, 300A, 350A, 400A, 450A, 500A, 600A, 700A, 800A, 1000A, 1200A, 1600A, 2000A, 2500A, 3000A, 4000A, 5000A y 6000A. Se consideran como tamaños nominales de fusibles de 1A, 3A, 6A, 10A y 601A. Se permite el uso de fusibles e interruptores automáticos de tiempo inverso con los valores de corriente nominal diferentes a los valores indicados en este inciso”

3.2.1.6. Artículo 310.- Conductores.

310-15 Capacidad de conducción de corriente.

a) Disposiciones generales.- Para la selección del tamaño nominal de los conductores, la capacidad de conducción de corriente de los conductores de 0 a 2000V nominales se debe considerar como máximo los valores especificados en la tabla de capacidad de conducción de corriente 310-16, la misma que se encuentra en el APENDICE A de la presente tesis.

i) Conductor neutro.

3.- En un circuito de cuatro hilos tres fases en estrella cuyas principales cargas sean no lineales, por el conductor neutro pasan armónicas de la corriente por lo que se le debe considerar como conductor activo o portador de corriente.

3.2.1.7. Artículo 374.- Canales Auxiliares.

374-9(c) Bordes lisos y redondeados.- Cuando los conductores pasen entre canales, a través de muros divisorios, alrededor de esquinas, entre canales y gabinetes o canales y cajas de conexiones y en otros lugares cuando fuera necesario para prever la abrasión de su aislante, se deben instalar boquillas, tubos o accesorios adecuados con bordes lisos y redondeados.

3.2.2. Reglamento complementario al NEC.

3.2.2.1. Expediente No. 5676.- Sección IX: Artículo B(1)(a).- Especificaciones para cuartos para transformadores.

La losa o piso deberá diseñarse para soportar una carga igual al peso de los transformadores. Esta deberá tener un espesor mínimo de 4 pulgadas de concreto armado. Las dimensiones (largo y ancho) de la bóveda deberán ser tales que el transformador o los transformadores queden separados de las paredes por una distancia de no menos de 30 pulgadas, medidos desde los lados y parte de atrás, y a una distancia no menor de 48 pulgadas de partes energizadas medidos desde el frente.

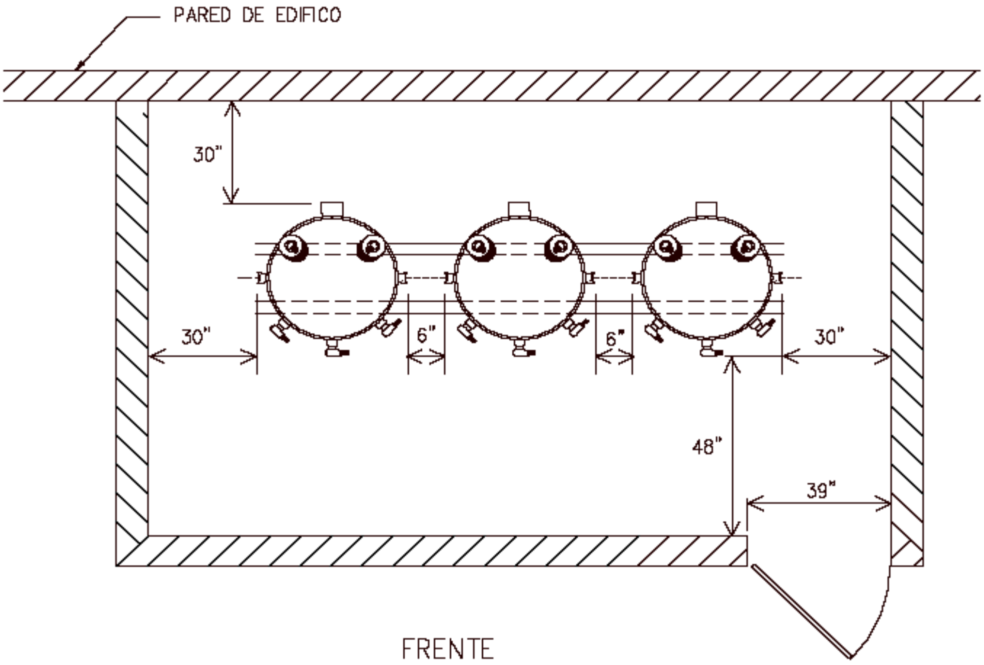


FIGURA 3.1 Dimensiones de cuarto de transformadores.

FUENTE: Reglamento complementario al NEC.

3.3. Código de trabajo

3.3.1 Ley No. 2005-17 Registro Oficial (S) 167 16 de diciembre de 2005.

Accidente de trabajo.

El artículo 353 del Código del Trabajo define lo que se denomina riesgos del trabajo, manifestando: “Riesgos del Trabajo: Riesgos del trabajo son las eventualidades dañosas a que está sujeto el trabajador, con ocasión o por consecuencia de su actividad.

Para los efectos de la responsabilidad del empleador se consideran riesgos del trabajo las enfermedades profesionales y los accidentes”.

De las indemnizaciones en caso de accidente

Art. 375.- Muerte por accidente de trabajo.- Si el accidente causa la muerte del trabajador y ésta se produce dentro de los ciento ochenta días siguientes al accidente, el empleador está obligado a indemnizar a los derechohabientes del fallecido con una Suma igual al sueldo o salario de cuatro años.

Si la muerte debida al accidente sobreviene después de los ciento ochenta días contados desde la fecha del accidente, el empleador abonará a los derechohabientes del trabajador las dos terceras partes de la suma indicada en el inciso anterior.

Si por consecuencia del accidente el trabajador falleciere después de los trescientos sesenta y cinco días, pero antes de dos años de acaecido el accidente, el empleador deberá pagar la mitad de la suma indicada en el inciso primero.

En los casos contemplados en los dos incisos anteriores el empleador podrá eximirse del pago de la indemnización, probando que el accidente no fue la causa de la defunción, sino otra u otras supervinientes extrañas al accidente.

Si la víctima falleciere después de dos años del accidente no habrá derecho a reclamar la Indemnización por muerte, sino la que provenga por incapacidad, en el caso de haber reclamación pendiente.

Art. 376.- Indemnización por incapacidad permanente.- Si el accidente hubiere ocasionado incapacidad absoluta y permanente para todo trabajo, la indemnización consistirá en una cantidad igual al sueldo o salario total de cuatro años, o en una renta vitalicia equivalente a un sesenta y seis por ciento de la última renta o remuneración mensual percibida por la víctima.

Art. 379.- Indemnización por incapacidad temporal.- La indemnización por incapacidad temporal será del setenta y cinco por ciento de la remuneración que tuvo el trabajador al momento del accidente y no excederá del plazo de un año, debiendo ser entregada por semanas o mensualidades vencidas, según se trate de obrero o de empleado.

Si a los seis meses de iniciada una incapacidad no estuviere el trabajador en aptitud de volver a sus labores, él o su empleador podrán pedir que, en vista de los certificados médicos, de los exámenes que se practiquen y de todas la pruebas conducentes, se resuelva si debe seguir sometido al mismo tratamiento médico, gozando de igual indemnización, o si procede declarar su incapacidad permanente con la indemnización a que tenga derecho. Estos exámenes pueden repetirse cada tres meses.

CAPITULO 4

CÁLCULO Y APLICACIÓN DE METODOLOGIA A SUBESTACION ELECTRICA "REPLASA".

4.1. Breves cálculos realizados en la S/E de Industria REPLASA.

A continuación presentamos el diagrama unifilar de la subestación analizada, la cual consta de 2 transformadores 3Ø (300KVA y 750KVA), por lo que se deben realizar los cálculos respectivos para ambos casos.

Cabe mencionar que todas las tablas usadas para los diferentes cálculos, las encontramos en los APENDICES de la presente tesis.

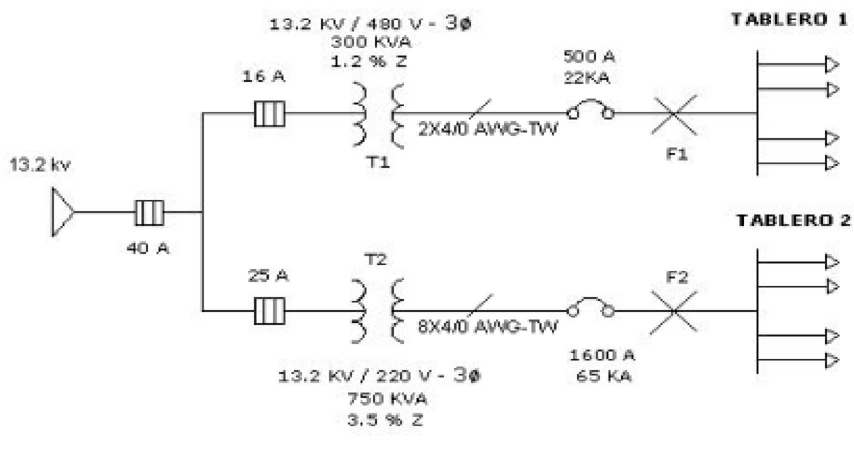


FIGURA 4.1 Diagrama Unifilar de Subestación Eléctrica.

FUENTE: Industria REPLASA.

4.1.1. Cálculos para transformador 3Ø de 300KVA

4.1.1.1. Conductor Fase.

$I_{OPERACION} = S_{total}$ (KVA) x 1000 / ($\sqrt{3}$ x $V_{operacion}$)

$I_{OPERACION}$ = 300KVA x 1000 / ($\sqrt{3}$ x 480V)

$I_{OPERACION}$ = 361.27 A

Luego con este amperaje hallamos el calibre del conductor, y verificamos si el conductor usado actualmente es el correcto o no, pero antes de eso dividimos la corriente de operación para dos conductores para que dicha corriente sea mas baja y de paso para hacer una comparación con el número de conductores que se encuentran en ese instante conectados en cada fase del transformador de dicha subestación.

$I_{CONDUCTOR}$ = 361.27 / 2 conductores

$I_{CONDUCTOR}$ = 180,64 A

Después con la ayuda del APENDICE A (Capacidad de conducción de corriente), buscamos el calibre del conductor ideal para dicha corriente.

Por lo tanto el calibre del conductor Fase principal es:

2 x 4/0 AWG – TW ; 2 conductores / fase

4.1.1.2. Conductor Neutro

Para lo que tiene que ver con el cálculo del conductor neutro, nos ayudamos del artículo 310, sección 310-15 (i)(3) del NEC. Por lo tanto, de acuerdo a lo mencionado por dicha norma, sabemos entonces que el calibre del conductor neutro es igual al calibre del conductor fase.

Por lo tanto el calibre del conductor Neutro es:

4/0 AWG – TW

4.1.1.3. Dispositivo de Protección (Disyuntor principal)

Una vez calculada la corriente de operación la cual nos dio un resultado de 361,27 A, nos ayudamos de la sección 240.6 (a) del NEC “FUSIBLES E INTERRUPTORES”, y vemos la capacidad del disyuntor que pueda soportar a dicha corriente.

Por lo tanto el disyuntor principal es:

Disyuntor Principal de 400 A - 3 polos

4.1.1.4. Corriente de Cortocircuito.

Método Punto a Punto.

Para el cálculo de la corriente de falla o de cortocircuito, aplicaremos el METODO PUNTO A PUNTO y consta de ciertos pasos fundamentales, los cuales fueron mencionados en el marco teórico de la presente tesis. A continuación procedemos con la aplicación de este método.

Lo primero que necesitamos saber es el valor de la impedancia del transformador de 300KVA 3Ø por lo que usamos el APENDICE G (Impedancias de transformadores), la cual nos da como resultado lo siguiente:

Transformador 3Ø de 300 KVA; %Z = 1.2

Una vez encontrado dicho valor de impedancia, comenzamos con el cálculo de cortocircuito en el punto de falla F1.

$$\mathbf{I_{FLA} = S_{total}\,[KVA]\ x\ 1000\ /\ (\sqrt{3}\ x\ V_{operacion})}$$

Donde $\mathbf{I_{FLA}}$ es la corriente a plena carga del transformador.

$$I_{FLA} = 300KVA \text{ x } 1000 \ / \ (\sqrt{3} \text{ x } 480) = 361.27 \text{ A}$$

$$\mathbf{Multiplicador = 100\ /\ (0.9\ x\ \%Z_{transformador})}$$

Donde $\%Z_{transformador}$ es la impedancia de cortocircuito del transformador.

Multiplicador = 100 / (0.9 x 1.2) = 92.59

$$\mathbf{I_{SCA} = I_{FLA}\ X\ Multiplicador}$$

Donde $\mathbf{I_{SCA}}$ es la corriente de cortocircuito en el lado del secundario del transformador.

I_{SCA} = 361.27 A x 92.59 = 33449.99A (Corriente de cortocircuito 3Ø en el secundario del transformador T1).

Como vamos a analizar una falla 3Ø necesitaremos algunos datos como la longitud L (distancia desde el transformador hacia el punto de FALLA, en unidad de PIES), además de **n** (número de conductores por cada fase), y **C** que es una constante del conductor obtenida del APENDICE H (Valor "C" para conductores).

Falla F1

1mt = 3.2808 pies.

L = 8 mts. = 26.25 pies (distancia desde transformador a falla F1)

n = 2 conductores / fase

c = 15082 (para conductores 4/0 AWG – TW)

$\mathbf{f = \sqrt{3} \times L \times I_{SCA} \; / \; (C \times n \times V_{operacion})}$

$f = \sqrt{3} \times 26.25 \times 33449.99 \; / \; (15082 \times 2 \times 480) = 0.11$

$\mathbf{M = 1 \; / \; (1 + f)}$

$M = 1 \; / \; (1 + 0.11) = 0.9$

$\mathbf{I_{SCA\,(FALLA\;F)} = I_{SCA} \; X \; M}$

$I_{SCA\ (FALLA\ \ F\ 1)} =$ 33449.99 x 0.9

$I_{SCA\ (FALLA\ \ F\ 1)} =$ 30104.99 A

∴ El poder de corte del disyuntor principal del transformador 300 KVA debe ser de 30 KA.

4.1.2. Cálculos para transformador 3Ø de 750KVA

4.1.2.1. Conductor Fase

$I_{OPERACION} = S_{total}$ (KVA) x 1000 / ($\sqrt{3}$ x $V_{operacion}$)

$I_{OPERACION} =$ 750 (KVA) x 1000 / ($\sqrt{3}$ x 220V)

$I_{OPERACION} =$ 1970.57 A

Luego con este amperaje hallamos el calibre del conductor, y verificamos si el conductor usado actualmente es el correcto o no, pero antes de eso dividimos la corriente de operación para ocho conductores, ya que dicha corriente está muy alta y de paso hacer una comparación con el número de conductores que se encuentran conectados en cada fase del transformador de dicha subestación.

$I_{CONDUCTOR}$ = 1970.57 / 8 conductores

$I_{CONDUCTOR}$ = 246.31 A

Después con la ayuda del APENDICE A (Capacidad de conducción de corriente), buscamos el calibre del conductor ideal para dicha corriente.

Por lo tanto el calibre del conductor Fase principal es:

8 x 350 MCM - TW ; 8 conductores / fase

4.1.2.2. Conductor Neutro.

Para lo que tiene que ver con el cálculo del conductor neutro, nos ayudamos del artículo 310, sección 310-15 (i) del NEC. Por lo tanto, de acuerdo a lo mencionado por dicha norma, sabemos entonces que el calibre del conductor neutro es igual al calibre del conductor fase.

Por lo tanto el calibre del conductor Neutro es:

350 MCM - TW

4.1.2.3. Dispositivo de protección (Disyuntor principal)

Una vez calculada la corriente de operación la cual nos dio un resultado de 1970.57A, nos ayudamos de la sección 240.6 (a) del NEC " FUSIBLES E INTERRUPTORES", y vemos el valor del disyuntor que pueda soportar a dicha corriente.

Por lo tanto el disyuntor principal es:

Disyuntor Principal de 2000 A - 3 polos

4.1.2.4. Corriente de Cortocircuito.

Ahora vamos a calcular la corriente de cortocircuito en falla F2. Usamos el APENDICE G (Impedancias de transformadores), para hallar el valor de impedancia del transformador de 750KVA 3Ø.

Transformador 3Ø de 750 KVA; %Z = 3.5

Una vez hallado dicho valor, comenzamos con el cálculo de cortocircuito en el punto de falla F2.

$\mathbf{I_{FLA} = S_{total\,[KVA]} \times 1000 / (\sqrt{3} \times V_{operacion})}$

Donde $\mathbf{I_{FLA}}$ es la corriente a plena carga del transformador.

$I_{FLA} = 750\ KVA \times 1000\ /\ (\sqrt{3} \times 220) = 1970.57\ A$

$\mathbf{Multiplicador = 100 / (0.9 \times \%Z_{Transformador})}$

Donde $\%Z_{Transformador}$ es la impedancia de cortocircuito del transformador.

$Multiplicador = 100 / (0.9 \times 3.5) = 31.75$

$\mathbf{I_{SCA} = I_{FLA}\ X\ Multiplicador}$

Donde $\mathbf{I_{SCA}}$ es la corriente de cortocircuito en el lado del secundario del transformador.

I_{SCA}= 1970.57 A x 31.75 = 62565.6 A (Corriente de cortocircuito 3Ø en el secundario del transformador T2).

Como vamos a analizar una falla 3Ø necesitaremos algunos datos como la longitud L (distancia desde el transformador hacia el punto de FALLA, en unidad de PIES), además de **n** (número de conductores por cada fase), y **C** que es una constante del conductor obtenida del APENDICE H (Valor "C" para conductores).

Falla F2

1mt = 3.2808 pies

L = 8 mts = 26.25 pies (distancia desde transformador a falla F2)

n = 8 conductores / fase

c = 19703 (para conductores 350 MCM - TW).

$\mathbf{f = \sqrt{3} \times L \times I_{SCA} \;/\; (C \times n \times V_{operacion})}$

$f = \sqrt{3} \times 26.25 \times 62565.6 \;/\; (19703 \times 8 \times 220) = 0.08$

$\mathbf{M = 1 \;/\; (1 + f)}$

$M = 1 \;/\; (1 + 0.08) = 0.93$

$\mathbf{I_{SCA\,(FALLA\ F)} = I_{SCA}\ X\ M}$

$I_{SCA\,(FALLA\ F2)} = 62565.6 \times 0.93$

$I_{SCA\,(FALLA\ F2)} = 58186\ A$

$\therefore$ El poder de corte del disyuntor principal del transformador 750 KVA debe ser de 60 KA.

4.1.3. Iluminación en cuarto de tableros.

Para el cálculo de la iluminación, nos ayudamos a través de tablas, las cuales especifican el nivel de luminancia que debe existir en una subestación, y además nos dan ciertos datos que hay que tomar en consideración para un correcto cálculo de lámparas, el cual es nuestro objetivo. Estas tablas las podemos encontrar en los APENDICES de la tesis. A continuación procedemos con los cálculos respectivos.

Dimensiones del cuarto de tableros a iluminar:

Largo (L): 3.20m.

Ancho (A): 2.60m.

Altura (H): 2.30m.

Tenemos como dato el nivel de luminancia mínimo (E) que hay en una subestación. Este valor es obtenido del APENDICE B (Niveles de Iluminación).

E = 200 luxes

Luego de acuerdo a las características del cuarto a iluminar, sacamos los siguientes datos a través del APENDICE C (Factores de Reflexión ρ).

Techo = 0,7

Paredes = 0.5

Piso = 0.3

El tipo de luminaria que vamos a escoger para nuestros cálculos es:

Tubo fluorescente de 40W con un Flujo Luminoso ØL = 3250 lúmenes. Este valor es sacado del APENDICE F (Flujo luminoso de fluorescentes).

Ahora hallamos la altura (**H'**) entre el plano de trabajo y las luminarias.

H' = H - h	H: altura del cuarto de tableros.
H' = 2.30m - 0.65m	h: altura del plano o superficie de trabajo.
H' = 1.65m	

Luego hallamos el factor K (Indice Local)

K = (Largo x Ancho) / {H' (Largo + Ancho)}

K = (3.20 x 2.60) / {1.65 (3.20 + 2.60)}

K = 0.87

Con este valor nos vamos al APENDICE E (Factor de Utilización), y sumado los factores de reflexión anteriormente encontrados, nos da como resultado un Factor de utilización: $\eta = 0.36$

Después por medio del APENDICE D, sacamos el Factor de Mantenimiento de luminarias y escogemos el valor de 0.91 por tratarse de un ambiente normal (ni tan limpio, ni tan sucio), y porque los periodos de mantenimiento son aproximadamente cada 3 meses.

Con este dato calculamos ahora los lúmenes (ØT).

ØT = E x (Largo x Ancho) / (factor utilización x factor mantenimiento)

ØT = 200 x (3.20 x 2.60) / (0.36 x 0.91)

ØT = 5079.37 lúmenes

Ahora nos toca averiguar cuantas lámparas debemos colocar en el cuarto de tableros.

N= ØT / n ØL n: numero de tubos fluorescentes / lámpara

N= 5079.37 / 2(3250) N: numero de lámparas.

N= 0.78

$N \approx 1$

∴ En el cuarto de tableros se necesita 1 lámpara con 2 tubos fluorescentes de 40 w para la iluminación.

4.1.4. Cuadro comparativo de resultados.

Después de realizar los respectivos cálculos en la subestación, a continuación presentamos una tabla de resultados donde constan los datos actuales y los datos calculados.

COMPARACION DE RESULTADOS		
TRANSFORMADOR 3Ø DE 300 KVA		
	DATOS ACTUALES	**DATOS CALCULADOS**
CONDUCTOR FASE	2 x 4/0 AWG - TW	2 X 4/0 AWG - TW
CONDUCTOR NEUTRO	4/0 AWG - TW	4/0 AWG - TW
DISPOSITIVO DE PROTECCION	500 A – 3 POLOS; 22 KA	400 A – 3 POLOS; 30 KA
TRANSFORMADOR 3Ø DE 750 KVA		
	DATOS ACTUALES	**DATOS CALCULADOS**
CONDUCTOR FASE	8 x 4/0 AWG - TW	8 x 350 MCM - TW
CONDUCTOR NEUTRO	4/0 AWG - TW	350 MCM - TW
DISPOSITIVO DE PROTECCION	1600 A – 3 POLOS; 65 KA	2000 A – 3 POLOS; 60 KA
CUARTO DE TABLEROS		
	DATO ACTUAL	**DATO CALCULADO**
NUMERO DE LUMINARIAS	1 LAMPARA (2 x 40 w)	1 LAMPARA (2 x 40 w)

TABLA 4.1 Comparación de resultados obtenidos.

FUENTE: Propia.

4.2. Evaluacion de riesgos en S/E

4.2.1. Identificación de riesgos

Durante la visita técnica que se realizó a la subestación de la industria antes mencionada, pudimos observar algunos riesgos, por lo que se necesitaba realizar, primero una evaluación mediante el uso del Check List y luego la valoración respectiva.

Una vez inspeccionada y evaluada la subestación eléctrica con el check list, se obtuvieron los siguientes resultados:

LISTA DE CHEQUEO PARA LA INSPECCION DE SEGURIDAD EN SUBESTACION ELECTRICA			
LUGAR DE INSPECCION: S/E DE INDUSTRIA "REPLASA"	UBICACIÒN :		INMEDIACIONES DE INDUSTRIA
EVALUADORES : HENRY CALLE / PATRICIO CASTILLO	FECHA :		24/10/2009
TECNICO AYUDANTE AREA: GUILLERMO SALAZAR			
PUNTOS A CHEQUEAR	SI	NO	OBSERVACION
1.- Ubicación de la subestacion en lugares seguros.		√	Esta subestacion se encuentra ubicada en las inmediaciones de la industia (sobre el baño de los trabajadores).
2.- Dimension correcta de cuartos para transformadores.		√	Uno de los cuartos no cumple con las dimensiones correctas, indicadas por el reglamento complementario al NEC (Secciòn IX, Articulo B, num.1).
3.- Correcto espacio de trabajo en los tableros de distribución.	√		El espacio de trabajo es de aproximadamente 1.60 m, medido desde el frente del tablero, lo cual cumple con las normas NEC(Art.110, secciòn 16, literal a).
4.- Existencia de señales de seguridad en subestación.	√		Tanto los tableros como los transformadores, tienen señales de seguridad.
5.- Existencia de diagramas unifilares en tableros de distribución.		√	Esto ocasiona que nos confundamos en bajar los breakers en un caso de emergencia o desconocer que cargas se estan alimentando.
6.- Existencia de extintores contra incendio.		√	La no existencia puede producir una propagacion ràpida del fuego, ya que se trata de una industria de plàsticos. No cumple con las normas NEC (Art.924, secciòn 8, literal a).
7.- Existencia de bases de hormigón para los transformadores.	√		Los cuartos de transformadores si cuentan con bases de hormigòn, cumpliendo con las normas del NEC (Art.450, secciòn 42).
8.- Existencia de foso para el desalojo de aceite dielectrico de los transformadores.		√	Esto puede ocasionar derramamiento de aceite en la subestaciòn, y al entrar en contacto con alguna fuente de calor, podrìa generar un incendio. No cumple con las normas del NEC (Art. 450, secciòn 46).
9.- Falta de limpieza en subestación.	√		Presencia de polvo y objetos lanzados en el piso. No cumple con las normas NEC (Art.450, secciòn 48).
10.- Corrosiòn en partes metàlicas de la subestaciòn.		√	Se encuentran en buen estado.
11.- Sulfataciòn en terminales de baja tension de transformadores.		√	Los terminales del transformador estan limpios.
12.- Falta de puesta a tierra de equipos.	√		Los tableros elèctricos, no cuentan con su respectiva puesta a tierra, segùn las normas NEC (Art. 384, secciòn 11).
13.- Deterioro en estructura fìsica de subestación (paredes, techos y piso).	√		Leve deterioro en el techo del cuarto de tableros. No cumple con las normas NEC (450-42).
14.- Ventilación correcta.	√		Es la adecuada, pues el cuarto de los tableros no es completamente cerrado, por lo que el ingreso de aire es masivo. Si Cumple con las normas NEC (Art.450, secciòn 45).
15.- Iluminación correcta.	√		Es la adecuada. Si cumple con el nùmero de làmparas demandadas (2 làmparas) de acuerdo a los càlculos realizados, mediante el uso de tablas y catàlogos autorizados, los cuales se encuentran en los ANEXOS.
16.- Correcto dimensionamiento de elementos elèctricos (cables, breaker).		√	De acuerdo a los càlculos, en el trafo de 300kva hay que cambiar el breaker principal . En cambio para el trafo de 750kva hay que cambiar el calibre de los conductores fase y neutro.
17.- Uso de canaletas de proteccion para cables electricos.		√	Cables se encuentran llenos de polvo y expuestos al ambiente.
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS: Cabe señalar, que la subestacion està compuesta por 2 trafos3Ø de 300KVA y 750KVA respectivamente, los cuales estan ubicados en cuartos diferentes, pero las dimensiones de uno de estos cuartos especificamente el del trafo de 300KVA, no cumplia con las normas de seguridad. Por otro lado los tableros de distribuciòn tienen tambièn su propio cuarto de seguridad. De ahi lo que es iluminaciòn y ventilaciòn no existe problema alguno, ya que en lo que es ventilaciòn los transformadores estan instalados al aire libre por caracteristicas propias de diseño, y en cambio en el cuarto de los tableros hacen falta 2 paredes, es decir dicho cuarto no es totalmente cerrado, por lo que el ingreso de aire es masivo, evitando algun calentamiento en los tableros. En lo que es la iluminaciòn en el cuarto de tableros, se hicieron los respectivos càlculos y se llegò a la conclusiòn de que el nùmero de làmparas usadas, es la adecuada. Por otro lado, en el dimensionamiento de elementos electricos de acuerdo a càlculos efectuados, se llegò a la conclusiòn de que en el trafo de 300KVA se debe usar un breaker principal de 400A, con poder de corte de 30KA, mientras que en el trafo de 750KVA, el calibre de los conductores fase y neutro debe ser de 350 MCM-TW.			

TABLA 4.2 Lista de chequeo aplicada a la S/E REPLASA

FUENTE: Propia.

4.2.2. Método de valoración FINE

Una vez identificado los riesgos con el check list, se procedió con la evaluación numérica de dichos riesgos, basándonos a través del método de valoración de riesgo fine.

GR = Consecuencia x Exposición x Probabilidad

Es importante señalar que las tablas de aplicación del método fine (consecuencia, exposición, probabilidad y grado de riesgo), se encuentran en el marco teórico de la presente tesis.

4.2.2.1. Principales causas de riesgo en Subestación REPLASA

A continuación se va a realizar un breve análisis acerca de las principales causas de riesgo encontrados en la subestación,

Ubicación inadecuada de subestación eléctrica

- Consecuencia.- Tomamos el valor de (5), pues el hecho de que ésta subestación se encuentre ubicado sobre el baño de los trabajadores, ya representa un riesgo, el cual es el de que se venga abajo, ya sea por el peso de los transformadores o por el peso de los tableros, y por ende ocasione golpes o lesiones en los trabajadores.

- Exposición.- Tomamos el valor de (10), pues los trabajadores ingresan al baño varias veces al día, por lo que están continuamente expuestos al riesgo.

- Probabilidad.- Tomamos el valor de (3), pues la posibilidad de que ocurra el accidente en dicha industria debido al riesgo presentado, es rara pero posible.

GR = Consecuencia x Exposición x Probabilidad

GR = 5 x 10 x 3

GR = 150

- Grado de riesgo.- Una vez efectuado el cálculo del grado de riesgo y comparando el valor obtenido con el de la tabla de valorización, nos da como resultado que el riesgo es NOTABLE y por lo tanto la corrección es necesaria y urgente.

Mal dimensionamiento de cuarto para Transformador (300KVA)

- Consecuencia.- Tomamos el valor de (1), debido a que las dimensiones de este cuarto no cumple con lo indicado por el Reglamento Complementario al NEC, y al efectuar el mantenimiento del transformador, el técnico no cuenta con el espacio necesario para realizarlo y esto puede ocasionarle pequeños tropiezos o en casos muy raros, algún contacto eléctrico no deseado.

- Exposición.- Tomamos el valor de (3), pues los trabajos de mantenimiento no son a diario, por lo que los técnicos están expuestos al riesgo, sólo en ciertas ocasiones.

- Probabilidad.- Tomamos el valor de (3), pues la posibilidad de que ocurra el accidente debido al riesgo presentado, es rara pero posible.

GR = Consecuencia x Exposición x Probabilidad

GR = 1 x 3 x 3

GR = 9

- Grado de riesgo.- Una vez efectuado el cálculo del grado de riesgo y comparando el valor obtenido con el de la tabla de valorización, nos da como resultado que el riesgo es ACEPTABLE y por lo tanto puede omitirse la corrección.

Falta de extintores contra incendio

- Consecuencia.- Tomamos el valor de (5), pues la subestación mencionada no cuenta con extintores en la subestación, por lo que en un caso de incendio, se podría contaminar rápidamente dicha subestación, ocasionando ciertas lesiones en los trabajadores y pérdidas materiales.

- Exposición.- Tomamos el valor de (6), pues los trabajadores están expuestos frecuentemente a un riesgo de incendio, y peor aún sino se cuenta con elementos para controlarlo.

- Probabilidad.- Tomamos el valor de (3), pues la posibilidad de que ocurra un accidente debido al riesgo mencionado, es rara pero posible.

GR = Consecuencia x Exposición x Probabilidad

GR = 5 x 6 x 3

GR = 90

- Grado de riesgo.- Una vez efectuado el cálculo del grado de riesgo y comparando el valor obtenido con el de la tabla de valorización, nos da como resultado que el riesgo es NOTABLE y por lo tanto se requiere de una corrección necesaria.

Falta de limpieza en subestación.

- Consecuencia.- Tomamos el valor de (1), pues en dicha subestación hace falta un poco de limpieza, ya que existe polvo que podría ocasionar al trabajador algún tipo de alergia ambiental (tos, gripe) o irritación visual. Además vimos objetos tirados en el piso del cuarto de tableros, los cuales pueden ocasionar tropiezos inesperados.

- Exposición.- Tomamos el valor de (10), pues los trabajadores están expuestos varias veces al día, de contraer alguna enfermedad ambiental o tropezarse con algún objeto, debido a la falta de limpieza en la subestación.

- Probabilidad.- Tomamos el valor de (3), pues la posibilidad de enfermarse, debido a la falta de limpieza en esta subestación, es rara pero se puede dar el caso.

GR = Consecuencia x Exposición x Probabilidad

GR = 1 x 10 x 3

GR = 30.

- Grado de riesgo.- Una vez efectuado el cálculo del grado de riesgo y comparando el valor obtenido con el de la tabla de valorización, nos da como resultado que el riesgo es MODERADO y por lo tanto la acción no es emergente, pero debe corregirse.

Falta de puesta a tierra de equipos

- Consecuencia.- Tomamos el valor de (5), ya que debido a la falta de puesta a tierra en los tableros, se corre el riesgo de algún contacto eléctrico no deseado, ocasionando algún tipo de lesión en el personal de mantenimiento.

- Exposición.- Tomamos el valor de (3), pues la situación de riesgo anteriormente mencionada podría ocurrir en ciertas ocasiones, ya que en esta subestación los trabajos de mantenimiento no son continuos, y por lo tanto el técnico no está tan expuesto a dichos riesgos.

- Probabilidad.- Tomamos el valor de (3), pues la posibilidad de que ocurra un accidente en esta subestación debido a la falta de puesta a tierra en los tableros, es rara pero posible.

GR = Consecuencia x Exposición x Probabilidad

GR = 5 x 3 x 3

GR = 45

- Grado de riesgo.- Una vez efectuado el cálculo del grado de riesgo y comparando el valor obtenido con el de la tabla de valorización, nos da como resultado que el riesgo es MODERADO y por lo tanto la acción no es emergente, pero debe corregirse.

Falta de foso para depósito de aceite dieléctrico

- Consecuencia.- Tomamos el valor de (1), pues los transformadores no cuentan con fosos para el depósito de aceite y esto puede ocasionar un derramamiento de aceite en toda la subestación. Las consecuencias son mínimas, siempre y cuando el aceite no entre en contacto con alguna fuente generadora de calor.

- Exposición.- Tomamos el valor de (1), pues la frecuencia con que se puede producir la situación de riesgo en esta subestación, es rara ya que estos transformadores son equipos nuevos y la posibilidad de algún derramamiento de aceite es baja.

- Probabilidad.- Tomamos el valor de (0.5), pues la posibilidad de que se produzca un accidente en esta subestación debido a la falta de foso, es remota.

GR = Consecuencia x Exposición x Probabilidad

GR = 1 x 1 x 0.5

GR = 0.5

- Grado de riesgo.- Una vez efectuado el cálculo del grado de riesgo y comparando el valor obtenido con el de la tabla de valorización, nos da como resultado que el riesgo es ACEPTABLE y por lo tanto la corrección puede omitirse.

Falta de canaletas de protección para cables eléctricos

- Consecuencia.- Tomamos el valor de (5), pues la falta de canaletas en los cables, hacen que éstos se encuentren a la intemperie y con el tiempo se lleguen a deteriorar por el ambiente o por los mismos roedores, quedando dichos cables expuestos al contacto, lo que podría producir algún choque eléctrico no deseado y ocasionar graves lesiones a la persona encargada del mantenimiento.

- Exposición.- Tomamos el valor de (1), pues la frecuencia con que se presenta esta situación de riesgo en esta subestación es raramente, ya que los trabajos de mantenimiento no son continuos, y por lo tanto el personal no está expuesto por tanto tiempo a este riesgo.

- Probabilidad.- Tomamos el valor de (3), pues la posibilidad de que se produzca un accidente en esta subestación debido a la falta de canaletas, es rara pero posible.

GR = Consecuencia x Exposición x Probabilidad

GR = 5 x 1 x 3

GR = 15

- Grado de riesgo.- Una vez efectuado el cálculo del grado de riesgo y comparando el valor obtenido con el de la tabla de valorización, nos da como resultado que el riesgo es ACEPTABLE y por lo tanto la corrección puede omitirse.

Mal dimensionamiento de elementos eléctricos

- Consecuencia.- Tomamos el valor de (5), pues el mal dimensionamiento de algún elemento eléctrico (cable, breaker) podría generar un riesgo de incendio. Para mencionar un ejemplo en el caso de un breaker que al estar mal dimensionado, se corre el riesgo de alguna sobrecorriente y por ende un cortocircuito lo cual originaría el incendio, ocasionando algún tipo de pérdida material.

- Exposición.- Tomamos el valor de (3), pues la frecuencia con que se podría presentar esta situación de riesgo sería ocasional, ya que en esta subestación son mínimos los cambios de elementos eléctricos que hay que efectuar y por lo tanto el riesgo de algún cortocircuito es bajo.

- Probabilidad.- Tomamos el valor de (3), pues la posibilidad de que se produzca un accidente en esta subestación debido al mal dimensionamiento de algún elemento, es rara pero posible.

GR = Consecuencia x Exposición x Probabilidad

GR = 5 x 3 x 3

GR = 45

- Grado de riesgo.- Una vez efectuado el cálculo del grado de riesgo y comparando el valor obtenido con el de la tabla de valorización, nos da como resultado que el riesgo es MODERADO y por lo tanto la acción no es emergente, pero debe corregirse.

4.2.2.1.1 Resultados obtenidos.

TABLA DE VALORIZACIÒN DE RIESGOS

SUBESTACION A EVALUAR:	S/E DE INDUSTRIA "REPLASA"	EVALUADORES :	HENRY CALLE / PATRICIO CASTILLO
UBICACIÓN DEL AREA EVALUADA:	INMEDIACIONES DE INDUSTRIA.	TEC. AYDTE AREA :	GUILLERMO SALAZAR
NUMERO DE TRAFOS / CAPACIDADES :	2 TRAFOS 3Ø / 300KVA y 750KVA	FECHA :	24/10/09

C= CONSECUENCIAS, E = EXPOSICION, P = PROBABILIDAD, GR = GRADO DE RIESGO, TR = TIPO DE RIESGO, A = ACCION

PUNTOS A VALORAR	C	E	P	GR	TR	A
1.- Ubicación inadecuada de subestaciòn elèctrica.	5	10	3	150	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
2.- Mal dimensionamiento de cuarto para transformador (300 KVA).	1	3	3	9	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIRSE CORRECCION
3.- Falta de extintores contra incendios.	5	6	3	90	RIESGO NOTABLE	CORRECCION NECESARIA URGENTE
4.- Falta de limpieza en subestaciòn.	1	10	3	30	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIRSE
5.- Falta de puesta a tierra de equipos.	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIRSE
6.- Falta de foso para desalojo de aceite dielectrico.	1	1	0.5	0.5	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIRSE CORRECCION
7.- Falta de canaletas de proteccion para los cables elèctricos.	5	1	3	15	RIESGO ACEPTABLE	PUEDE OMITIRSE CORRECCION
8.- Mal dimensionamiento de elementos elèctricos (cables, breakers).	5	3	3	45	RIESGO MODERADO	NO ES EMERGENTE, PERO DEBE CORREGIRSE

TABLA 4.3 Resumen del grado de riesgo en S/E REPLASA.

FUENTE: Propia

CAPITULO 5

SISTEMAS DE CONTROL Y DEFENSAS PARA PREVENCION DE RIESGOS EN SUBESTACION ELECTRICA

5.1. Generalidades

El objetivo de un sistema de control y protección consiste en reducir la influencia de falla en los componentes y personas expuestos a riesgos de incendio o explosión en una subestación, hasta tal punto que no se produzcan daños relativamente importantes en ellos , ni que tampoco ponga en peligro la vida del trabajador o personal técnico .

Los accidentes provocados por los riesgos eléctricos tienen como origen fallos en las instalaciones o acciones incorrectas de las personas. La forma de evitarlos será actuando sobre el origen de los mismos, es decir logrando que las instalaciones estén en las adecuadas condiciones de seguridad y que las personas actúen de forma segura con relación a los riesgos que existan.

Las medidas correctivas a aplicar en forma generalizada en una subestación sería el uso de alarmas que indiquen o activen circuitos de protección contra incendios, sistemas de control y propagación de incendios; colocar en sectores cercanos a la subestación detectores de humo, calor o llamas y además medios de combate de incendios como el uso de extintores químicos.

Las técnicas de seguridad y protección proporcionan una serie de medidas para evitar que los riesgos de las personas y de la propia instalación eléctrica frente a los accidentes eléctricos resulten peligrosos. Dichas medidas pueden ser individuales o de la propia instalación.

5.2. Prevención y control para el mantenimiento de subestación.

Una forma de prevenir riesgos eléctricos es realizando un buen mantenimiento, con una inspección general de la subestación de la industria analizada, se tomó información del personal técnico encargado en cuanto al control y prevención de los trabajos de mantenimiento que se realizan en la subestación, ya que son poco frecuentes y basándonos en normas técnicas que se debería considerar que en toda subestación eléctrica, para cuidado del personal y conservar en buen estado a todos elementos que la componen, ya sean por ejemplo los transformadores, los dispositivos de protección, tableros de control, entre otros y asegurar de esta manera el nivel optimo de su efectividad, se deben desarrollar actividades que se identifican con el nombre de mantenimiento y seguridad de las instalaciones . Dicha actividad la podemos clasificar en 3 tipos:

5.2.1. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo tiene la finalidad de evitar que el equipo falle durante el periodo de su vida útil; y la técnica de su aplicación se apoya en experiencias de operación que determinan que el equipo, después de pasar el periodo de puesta en servicio, reduzca sus posibilidades de falla.

5.2.2. Mantenimiento correctivo

Como su nombre lo indica, la reparación se hace una vez que se ha producido la falla. Se puede hacer una reparación mínima para seguir en funcionamiento.

En lo que respecta a nuestro caso con los cuartos de transformadores de la industria REPLASA, sería bueno y aconsejable aplicar uno de estos tipos de mantenimientos, con la finalidad de evitar daños o problemas de funcionamiento a futuro y si se presentan, saber como afrontarlos.

5.2.3. Ejecución del mantenimiento.

Luego de realizar previamente la inspección y revisión de los equipos, y determinada la necesidad de realizar un mantenimiento de la subestación, los elementos o equipos que deberían someterse por lo general a un mantenimiento, son los siguientes:

- Transformadores
- Tablero de control

A continuación se indicaran con mayor detalle los puntos más importantes que tienen lugar en el mantenimiento de cada uno de los equipos mencionados anteriormente.

Mantenimiento del transformador

- Inspección del nivel de aceite del tanque
- Localización de posibles escapes de aceite.
- Limpieza y ajuste de conexiones.
- Limpieza de Bushings.
- Limpieza general.

Mantenimiento del tablero de control.

- Inspección y limpieza de las barras de distribución.
- Inspección y limpieza de los dispositivos de protección (breakers).
- Limpieza y ajuste de sus conexiones.
- Limpieza general.

5.3. Medidas correctivas para subestación REPLASA.

De acuerdo a los análisis realizados y también con la ayuda de Check List, y la aplicación del método Fine, por medio de la cual identificamos y a la vez valoramos las diferentes causas de riesgos encontradas en esta subestación, se pudo apreciar que es importante realizar algunas correcciones de manera general, basándonos siempre en las normas de seguridad. Entre las principales causas de riesgo a corregir, tenemos:

- **Ubicación de la subestación.**

Como se mencionó anteriormente, dicha subestación eléctrica se encuentra ubicada sobre los baños de los empleados (ver figura 5.1), lo cual representa el riesgo de venirse abajo, pues el piso de la subestación está construido de tablas, lo que no representa una resistencia estructural adecuada para el peso de los transformadores y por lo tanto se llega a la conclusión de que tarde o temprano se producirá un accidente. En este caso se debe hacer la debida corrección, de acuerdo con las normas NEC (450-42).

FIGURA 5.1 Ubicación de Subestación Eléctrica.

FUENTE: Industria REPLASA

- **Foso para el depósito de aceite.**

En el área donde se encuentra el transformador, se corre el riesgo de contaminación por escape de aceite, pues si se llega a producir dicho escape, no existen fosos que permitan depositar el aceite en una sola área. De construirse este foso, no habría contaminación hacia los demás lugares que forman parte de la subestación. Aunque la probabilidad de producirse este riesgo es mínima, es importante estar prevenido. Se debería realizar la corrección preventiva de acuerdo a las normas NEC (450-46).

- **Dimensión de cuarto para transformadores.**

En el caso de nuestra subestación, uno de los cuartos para transformadores específicamente el del transformador de 300 kVA, (ver figura 5.2), no tiene las dimensiones correctas por lo que se corre el riesgo de algún contacto eléctrico no deseado. Aunque la probabilidad de producirse dicho riesgo es baja, ya que los trabajos de mantenimiento son mínimos, no estaría de más en prevenir algún accidente eléctrico. Se debería realizar la corrección preventiva de acuerdo al Reglamento Complementario al NEC (Sección IX, Artículo B, num.1).

FIGURA 5.2 Espacio de seguridad de transformador de 300KVA

FUENTE: Industria REPLASA

- **Puesta a tierra de tableros eléctricos.**

En esta subestación, pudimos apreciar que los tableros eléctricos no contaban con la respectiva puesta a tierra, por lo que se corre el riesgo de alguna descarga eléctrica. En este caso se debería realizar la respectiva puesta a tierra de los tableros, de acuerdo a la normas NEC (384-11).

- **Techo y paredes del cuarto de tableros.**

En el cuarto de tableros, específicamente el techo (ver figura 5.3), está compuesto de soportes de madera y además presenta un pequeño deterioro, lo que no representa una buena resistencia contra el fuego, ya que en caso de producirse un incendio podría agravarse por la combustión de dichos soportes. Se deben hacer la debida corrección, de acuerdo las normas NEC (450-42).

FIGURA 5.3 Deterioro encontrado en el cuarto de tableros

FUENTE: Industria REPLASA

- **Separación desde el tablero hasta el techo.**

La separación que existe entre la parte superior del tablero hasta el techo es de aproximadamente 50 cm. y dicho techo está compuesto por vigas de madera, lo que haría más fácil la combustión en caso de algún incendio. Es por eso que se debería realizar la respectiva corrección, de acuerdo con las normas NEC (384-8a).

- **Almacenamiento de materiales en cuarto de tableros.**

Se pudo apreciar que en la subestación, específicamente en el cuarto de tableros se encontraban materiales tirados en el piso que no tenían nada que ver en dicho lugar (ver figura 5.4), por lo que se corre el riesgo de algún tropiezo inesperado. En este caso se debe hacer la debida corrección, de acuerdo a las normas NEC (450-48).

FIGURA 5.4 Materiales encontrados en la subestación.

FUENTE: Industria REPLASA.

- **Puerta de ingreso hacia cuarto de tableros.**

El cuarto de tableros de la subestación no contaba con alguna puerta de ingreso (ver figura 5.5), y esto hace que en caso de producirse un incendio, se contamine de manera rápida los demás sitios aledaños a dicho cuarto. Es importante colocar una puerta de ingreso, ya sea para evitar estos peligros y además para prohibir el ingreso de personas ajenas al trabajo. En este caso se debe corregir, de acuerdo a las normas NEC (450-43a).

FIGURA 5.5 Falta de puerta de seguridad en cuarto de tableros.

FUENTE: Industria REPLASA

- **Extintores contra incendio.**

Esta subestación no contaba con extintores contra incendio, lo que hace aun más latente el peligro de incendio y por ende la contaminación inmediata de la industria, ya que se trata de una industria de plásticos. El tipo de extintor a usarse debe ser de clase B, debido a que el fuego puede ser ocasionado por líquidos inflamables (aceite del transformador), y este tipo de extintor contiene los agentes necesarios como para controlar el fuego. Entre estos agentes extintores tenemos: CO_2 y polvos químicos. Se debería realizar la respectiva corrección, de acuerdo a las normas NEC (924-8a).

• **Distribución de conductores.**

La distribución y el traslado de conductores desde el transformador de 750kVA hacia el tablero de distribución, pasan por orificios a través de una pared (ver figura 5.6), por lo que se corre el riesgo de que los conductores sufran deterioros o fisuras. Para evitar estos riesgos, se debe colocar tubos o accesorios adecuados con bordes lisos y redondeados. En este caso se debería hacer la corrección, de acuerdo a las normas NEC (374-9c).

FIGURA 5.6 Falta de tubo con borde lisos para traspaso de conductores.

FUENTE: Industria REPLASA.

- **Dimensionamiento de elementos eléctricos.**

En la actualidad los conductores de fase y neutro que salen del trafo de 750 kVA son de calibre # 4/0 AWG-TW, por lo que de acuerdo a cálculos realizados y el uso de la norma NEC (310-15), se llegó a la conclusión de que los calibres ideales a usar deben ser de # 350 MCM-TW y en lo que tiene que ver con el dimensionamiento de su disyuntor principal, el cual es de 1600A- 3 POLOS con un poder de corte de 65 kA, es el correcto. En cambio en el trafo de 300 kVA sucede lo contrario, pues los calibres de los conductores fase y neutro de acuerdo a los cálculos realizados son los correctos, es decir # 4/0 AWG-TW, en cambio su disyuntor principal de acuerdo a la norma NEC (240-6), no es el correcto; por lo que se debe hacer la debida corrección con un disyuntor principal de 400A – 3 POLOS con un poder de corte de 30 kA.

5.4 Protección frente a riesgos eléctricos

5.4.1. Protección personal frente a los accidentes eléctricos

Es importante señalar que la protección personal y primeros auxilios que nos referimos a continuación son respecto a la protección contra contactos eléctricos directos e indirectos.

5.4.1.1. Medidas de protección

5.4.1.1.1. Protección contra contactos eléctricos directos

Las medidas de protección consisten en poner las partes activas fuera del alcance o aislarlas mediante aislantes, envolventes o barreras.

Alejamiento de las partes activas

Se trata de alejar las partes activas a una distancia suficiente para que sea imposible el contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores, cuando estos se utilicen en las proximidades de una instalación.

Interposición de obstáculos

Se consigue que se impida todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Deben estar fijados de forma segura y resistir esfuerzos mecánicos que puedan presentarse .

Recubrimiento de las partes activas

Se realizará mediante un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto .Ejemplo: cables aislados, bornes aislados etc. Las pinturas, barnices, lacas y productos similares no se consideran aisladores.

5.4.1.1.2. Protección contra contactos eléctricos indirectos

Es indispensable para proteger a las personas contra los peligros que pueden derivarse de un defecto de aislamiento entre las partes activas y masa u otras partes conductoras accesibles.

Interruptor diferencial

Un interruptor diferencial, también llamado **disyuntor por corriente diferencial** o residual, es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores activos y tierra o masa de los aparatos.

FIGURA 5.7 Interruptor diferencial

FUENTE: www.mailxmail.com

5.4.2. Señalizaciones y bloqueo.

Se deben tener las señales de advertencia donde se indique sobre el riesgo y se prohíba la entrada al personal no calificado. Estas señales deben contar con la siguiente información:

- Advertencia donde se indique que se trata de equipo energizado y que representa peligro.
- Tipo de equipo y nomenclatura operativa.
- Máximo nivel de tensión del equipo.
- Máximo nivel de cortocircuito.
- Ubicación de los diferentes límites de aproximación.
- Categoría requerida del equipo de protección personal para realizar trabajos.

Los sistemas de señalización incluyen dos grandes grupos: sistemas visuales y sistemas acústicos.
Entre los sistemas visuales se pueden citar como ejemplo las señales de tipo gráficas, que indican aspectos de diversa índole como rutas de evacuación, situación de extintores, uso de ciertos equipos de protección. En el segundo grupo, las señales acústicas, el grupo está más reducido a las típicas alarmas sonoras, que van casi siempre, asociadas a una situación de emergencia.

5.4.2.1. Bloqueo del sistema.

En estos casos, entendemos por bloqueo a las operaciones destinadas a imposibilitar la maniobra en un circuito eléctrico. El bloqueo de una determinada instalación eléctrica puede conseguirse a través de varios sistemas.

Bloqueo de un conmutador rotativo mediante el empleo de candados.

FIGURA 5.8 Sistema de bloqueo

FUENTE: www.mailxmail.com

Bloqueo mecánico: se denomina bloqueo mecánico, aquel que imposibilita el movimiento del mando accionador del aparato. Son medios mecánicos de bloqueo los candados o cadenas.

Bloqueo eléctrico; se consigue retirando los fusibles de la instalación, produciendo así la apertura del circuito.

Bloqueo físico: consiste en interponer obstáculos que imposibiliten la manipulación de los aparatos.

Al bloqueo se le debe acompañar de la correspondiente señalización que indique por qué se ha dispuesto el bloqueo, con el fin de evitar los intentos de manipulación y las situaciones de confusión.

5.4.3. Equipos de protección personal.

Estos elementos actúan como una barrera frente a los peligros que tiene el trabajador de verse afectado por el choque eléctrico, el arco o la explosión. En la siguiente tabla se muestran los elementos utilizados para la protección de las diferentes partes del cuerpo.

Parte del cuerpo a proteger	Equipo utilizado
Cuerpo y la piel en general	Ropa de protección contra arco eléctrico, de la categoría adecuada para el trabajo específico.
Ojos y rostro	Protector facial de la categoría adecuada para el trabajo, anteojos de seguridad para trabajo con equipo eléctrico
Cabeza	Casco aislante con el aislamiento requerido para el nivel de tensión del equipo
Manos	Guantes aislantes de caucho con el nivel de aislamiento requerido, con protectores de cuero
Aislamiento del cuerpo para evitar el choque eléctrico	Botas y guantes dieléctricos

TABLA 5.1 Equipo de protección personal.

FUENTE: www.unalmed.edu.co/eventosiem/presentacionespdf/Josedariel-RiesgoElectrico.pdf

5.4.4. Equipos de Seguridad.

Para que el personal pueda ejecutar los trabajos siguiendo las prácticas de seguridad es necesario contar con algunos equipos y herramientas que faciliten los trabajos, ayuden a evitar los cortocircuitos por contactos accidentales y aumenten los niveles de protección frente al arco, la explosión y el choque eléctrico. Estos equipos y herramientas son adicionales a los elementos de protección personal y entre las más importantes, tenemos:

-Pértigas

-Etiquetas de seguridad

-Elementos de bloqueo

Pértigas: permiten manipular conductores y equipo energizado desde una distancia segura para el personal. También son indispensables para la conexión del equipo de puesta a tierra temporal, debido a que los conductores después de desconectada la fuente pueden quedar sometidos a tensiones peligrosas por la inducción de otros conductores.

Etiquetas de seguridad: se requieren para indicar que no se pueden realizar maniobras sobre un elemento determinado porque se encuentra personal realizando algún tipo de trabajo.

Elementos de bloqueo: tienen la misma filosofía de los elementos de señalización, con la diferencia de que impiden físicamente la maniobra de los equipos.

Objetivos del uso de equipos de seguridad.

Entre los objetivos principales de estos equipos de seguridad, se encuentran los siguientes:

- Permitir la ejecución en forma segura de las maniobras necesarias para la desenergización y energización.
- Facilitar la manipulación de conductores y partes no aisladas de los equipos a una distancia segura.
- Garantizar un espacio de trabajo libre de potenciales eléctricos que puedan representar riesgos para el personal.
- Facilitar la identificación de conductores energizados.
- Proporcionar la señalización que permita identificar claramente los equipos sobre los cuales se está trabajando.

- Proveer los medios de señalización y/o bloqueo sobre los elementos de maniobra que controlan las fuentes de energía para evitar que se energicen accidentalmente los equipos sobre los cuales se está trabajando.
- Aislar conductores energizados expuestos dentro del área de trabajo.

5.4.5. Normas básicas de prevención.

- No realizar trabajos eléctricos, si no ha sido capacitado y autorizado para ello.
- Cuidado con las líneas eléctricas, mantener la debida distancia de seguridad.
- En lugares mojados, utilizar aparatos eléctricos portátiles a pequeñas tensiones de seguridad.
- Utilizar equipos y medios de protección personal normalizados.
- Cuidar que su entorno sea seguro.

Reglas básicas para trabajar con equipo desenergizado.

Siempre que se trabaje con equipo desenergizado deben seguirse unos pasos para realizar todo el proceso de seguridad, el cual incluye como mínimo:

1. Garantizar el corte visible de la fuente de alimentación.

2. Bloquear el elemento de maniobra que permita la energización del equipo.

3. Detectar la ausencia de tensión.

4. Conectar a tierra la parte viva del equipo.

5. Señalización del área de trabajo.

Estas 5 reglas básicas complementadas con otras normalmente se conocen como reglas de oro y deben ser altamente difundidas, explicadas y se debe motivar al personal para su aplicación.

5.5. Primeros auxilios.

Los primeros auxilios que se deben realizar al trabajador cuando sufre un accidente eléctrico son los siguientes :

Interrumpir de inmediato el paso de corriente:

- Desconectando el conductor causante de la descarga.
- Cerrando el interruptor o el dispositivo de protección.

Atender a la víctima:

- Si no se puede actuar sobre los interruptores, aislarse debidamente (usando calzado y guantes aislantes o subiéndose sobre una tabla).
- Si el accidentado queda unido al conductor eléctrico, actuar sobre este ultimo separándole la victima por medio de una pértiga aislante . Si no tiene una al alcance , utilizar un palo o bastón de madera .
- Cuando el lesionado quede tendido encima del conductor, envolverle los pies con ropa o tela seca, tirar de la victima por los pies con la pértiga o el palo, cuidando que el conductor de corriente no sea arrastrado también.
- Para actuar con mayor rapidez, cortar el conductor eléctrico a ambos lados de la víctima, utilizando un hacha provista de mango de madera.
- Si el accidentado hubiera quedado suspendido a cierta altura del suelo, preveer su caída, colocando debajo colchones, mantas, montones de paja o una lona.
- Tener presente que el electrocutado es un conductor eléctrico mientras a través de él pase la corriente.

Tratamiento:

- Una vez rescatada la víctima , atender rápidamente a su reanimación.
- Por lo general, el paciente sufre una repentina pérdida de conocimiento al recibir la descarga , el pulso es muy débil y probablemente sufra quemaduras.
- El cuerpo permanece rígido. Si no respira, practicarle la respiración artificial rápidamente. Seguramente sea necesario aplicarle un masaje cardiaco, pues el efecto del shock suele paralizar el corazón o descompasar su ritmo.

CONCLUSIONES

1) Con el desarrollo de la presente investigación, se comprueba que la subestación REPLASA no cumple con ciertas normas de seguridad (normas NEC 2006) ya que en la misma existen riesgos con un notable grado de peligrosidad; y en lo que respecta a los conductores y disyuntores se realizó una tabla comparativa (ver tabla 4.1), donde se concluye que se necesita realizar ligeros cambios.

2) Las subestaciones de tipo industrial son parte muy importante para la producción, por ello deben operar bajo normas estándares de seguridad con el fin de continuar con su óptimo funcionamiento .

3) En el proceso de identificación de riesgos se encontró peligros que podrían ser fácilmente corregidos.

4) Es importante conocer o hacer referencia el nivel de gravedad de cada riesgo con la aplicación del método FINE, con el fin de dar una solución inmediata a aquellos riesgos de mayor peligro.

5) No existe un sistema de extinción contra incendios o alarmas eficiente en la subestación eléctrica REPLASA.

RECOMENDACIONES

1) Se recomienda poner en acción las correcciones señaladas en el capítulo 5, ya que esto evitaría posibles accidentes en el futuro en las actividades de la empresa .

2) Se recomienda realizar un programa de mantenimiento periódico de la subestación, debido a que el ambiente en que se encuentra instalada lo exige, ya que se identifico presencia de polvo en el lugar.

3) Se recomienda reubicar la instalación de los baños en un lugar más seguro, ya que así evitaría cualquier daño a los trabajadores en caso de suceder alguna falla por explosión o arco eléctrico .

4) Proveer al personal encargado de mantenimiento eléctrico de equipos de protección personal y capacitar en cuanto a seguridad y manejo de herramientas para trabajos en la subestación.

5) Las medidas de control y defensas aplicadas en esta subestación , deben cumplirse con la finalidad de evitar accidentes eléctricos, ya sea por contactos directos e indirectos y además para la protección y conservación de los equipos .

6) Los tableros eléctricos deben tener su respectiva puesta a tierra a través de sus armazones para evitar contactos eléctricos no deseados.

7) Usar mascarillas, pues sabemos que en esta industria existe bastante presencia de polvo plástico en el ambiente, pues ocasionaría algún tipo de alergia a los trabajadores.

8) Se recomienda que las instalaciones eléctricas, ubicación y dimensionamiento de los elementos eléctricos (breakers, conductores) deben cumplir con las respectivas normas de seguridad, con el fin de precautelar, no solo la continuidad del servicio eléctrico, sino también la seguridad de las personas al realizar trabajos de mantenimiento.

9) Usar extintores contra incendio con agentes que contengan polvo químico.

APENDICES

APÉNDICE A

Capacidad de conducción de corriente.

TABLA 310-16.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño o Designación		Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)					
mm²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW* CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	18	---	---	---
2,08	14	20*	20*	25*	---	---	---
3,31	12	25*	25*	30*	---	---	---
5,26	10	30	35*	40*	---	---	---
8,37	8	40	50	55	---	---	---
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	190	230	255
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	355	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	310	375	420
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	450
458	900	435	520	585	355	425	480
507	1 000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	520	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1010	2000	560	665	750	470	560	630

(Información del Código Eléctrico Nacional (NEC 2006)).

APÉNDICE B

Niveles de iluminación.

Almacenes y bodegas	50 a 500 Lux
Fabricas	500 a 2.000 Lux
Centrales eléctricas, Subestaciones, etc.	200 a 500 Lux
Fundiciones	300 a 5.000 Lux

(Información de la Sociedad Mexicana de Iluminación).

APÉNDICE C

Factores de reflexión de techo, pared y piso.

SUPERFICIE	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN (ρ)
Techo	Blanco	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Piso	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

(Información de la Sociedad Mexicana de Iluminación).

APÉNDICE D

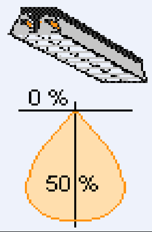
Factores de mantenimiento de luminarias.

AMBIENTE	PERIODO DE MANTENIMIENTO		
	2500 Hrs.	5000 Hrs.	7500 Hrs.
Limpio	0.95	0.91	0.88
Normal	0.91	0.85	0.80
Sucio	0.80	0.68	0.57

(Información de la Sociedad Mexicana de Iluminación).

APÉNDICE E

Factor de utilización para lámparas tipo fluorescentes.



Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8			0.7			0.5			0.3		0
		Factor de reflexión de las paredes											
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.27	.24	.21	.27	.23	.21	.27	.23	.21	.23	.21	.20
	0.8	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.32	.28	.26	.28	.26	.25
	1.0	.36	.33	.30	.36	.33	.30	.35	.32	.30	.32	.30	.29
	1.25	.40	.36	.34	.39	.36	.34	.38	.36	.34	.36	.34	.33
	1.5	.42	.39	.37	.42	.39	.37	.41	.38	.36	.38	.36	.35
	2.0	.45	.42	.40	.44	.42	.40	.44	.42	.40	.41	.40	.39
	2.5	.47	.44	.43	.46	.44	.42	.45	.44	.42	.43	.42	.41
	3.0	.48	.46	.44	.47	.46	.44	.47	.45	.44	.44	.43	.42
$D_{max} = 0.8\ H_m$	4.0	.50	.48	.46	.49	.48	.46	.48	.47	.46	.46	.45	.44
f_m .65 .70 .75	5.0	.50	.49	.48	.50	.49	.48	.49	.48	.47	.47	.46	.45

H_m: altura luminaria-plano de trabajo

(Información de la Sociedad Mexicana de Iluminación).

APÉNDICE F

Flujo luminoso de fluorescentes.

TLD / TLT SUPER 80

Código Comercial	Potência da Lâmpada (W)	Tensão da Lâmpada (V)	Corrente da Lâmpada (A)	Base	Fluxo Luminoso (lm)	IRC	Temperatura de Cor (K)	Lâmpadas por caixa
TLDRS16W-583-25	16	64	0,26	G13	1200	85	3000	25
TLDRS16W-584-25	16	64	0,26	G13	1200	85	4000	25
TLDRS16W-585-25	16	64	0,26	G13	1150	85	5000	25
TLDRS32W-583-25	32	139	0,26	G13	2700	85	3000	25
TLDRS32W-584-25	32	139	0,26	G13	2700	85	4000	25
TLDRS32W-585-25	32	139	0,26	G13	2600	85	5000	25
TLTRS20W-584-25	20	57	0,37	G13	1350	85	4000	25
TLTRS20W-585-25	20	57	0,37	G13	1300	85	5000	25
TLTRS40W-584-25	40	106	0,42	G13	3250	85	4000	25
TLTRS40W-585-25	40	106	0,42	G13	3150	85	5000	25
TLTRS-110W-584	110	160	0,80	DCE	9500	85	4000	25
TLTRS-110W-585	110	160	0,80	DCE	9500	85	5000	25

(Información del Catálogo de luminarias Philips).

APÉNDICE G

Impedancia para diferentes capacidades del transformador.

Voltage and Phase	KVA	Full Load Amps	% Impedance†† (nameplate)	Short Circuit Amps†
120/240 1 ph.*	25	104	1.5	12175
	37.5	156	1.5	18018
	50	208	1.5	23706
	75	313	1.5	34639
	100	417	1.6	42472
	167	696	1.6	66644
120/208 3 ph.**	45	125	1.0	13879
	75	208	1.0	23132
	112.5	312	1.11	31259
	150	416	1.07	43237
	225	625	1.12	61960
	300	833	1.11	83357
	500	1388	1.24	124364
	750	2082	3.50	66091
	1000	2776	3.50	88121
	1500	4164	3.50	132181
	2000	5552	4.00	154211
	2500	6940	4.00	192764
277/480 3 ph.**	75	90	1.0	10035
	112.5	135	1.0	15053
	150	181	1.20	16726
	225	271	1.20	25088
	300	361	1.20	33451
	500	602	1.30	51463
	750	903	3.50	28672
	1000	1204	3.50	38230
	1500	1806	3.50	57345
	2000	2408	4.00	66902
	2500	3011	4.00	83628

(Información del Manual Técnico de Cooper Bussmann).

APÉNDICE H

Valor “C” para conductores.

Copper						
AWG or kcmil	Three Single Conductors Conduit					
	Steel			Nonmagnetic		
	600V	5kV	15kV	600V	5kV	15kV
14	389	-	-	389	-	-
12	617	-	-	617	-	-
10	981	-	-	982	-	-
8	1557	1551	-	1559	1555	-
6	2425	2406	2389	2430	2418	2407
4	3806	3751	3696	3826	3789	3753
3	4774	4674	4577	4811	4745	4679
2	5907	5736	5574	6044	5926	5809
1	7293	7029	6759	7493	7307	7109
1/0	8925	8544	7973	9317	9034	8590
2/0	10755	10062	9390	11424	10878	10319
3/0	12844	11804	11022	13923	13048	12360
4/0	15082	13606	12543	16673	15351	14347
250	16483	14925	13644	18594	17121	15866
300	18177	16293	14769	20868	18975	17409
350	19704	17385	15678	22737	20526	18672
400	20566	18235	16366	24297	21786	19731
500	22185	19172	17492	26706	23277	21330
600	22965	20567	17962	28033	25204	22097
750	24137	21387	18889	29735	26453	23408
1,000	25278	22539	19923	31491	28083	24887

(Información del Manual Técnico de Cooper Bussmann).

APÉNDICE I

Equipo de protección personal.

AREA DE TRABAJO	EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL (EPP)						
MEDIA TENSION	**CABE-ZA**	**MANOS**	**OJOS**	**PIES**	**CUERPO**	**EQUIPO 2**	**EQUI-PO 3**
Acometida, Velas Fu-sibles, Primario del Trans-formador	CASCO	GUANTES	GAFAS	BOTAS	TRAJE	PERTI-GA	Material de se-ñaliza-ción
Recomen-dación	CLASE B ANSI Z89.1	CLASE 2 AMARILLO ASTM D120-02	PROTEC-CION U.V. ANSI Z87.1	CALZADO DIELEC-TRICO ANSI Z41	CATEGORIA 2 ARCO ELECTRICO ASTM F 1506-02a	ASTM F 711	ANSI Z535
Aplicación	20KV.	20KV.	ARCOS	15 KV.	15 CAL/CM²	15 KV	
BAJA TENSION							
Secunda-rio del Transfor-mador, Paneles, cableado en BT	CASCO	GUANTES	GAFAS	BOTAS	TRAJE	X	Material de se-ñaliza-ción
Recomen-dación	CLASE B ANSI Z89.1	CLASE 0 ROJO ASTM D120-02	PROTEC-CION U.V. ANSI Z87.1	CALZADO DIELEC-TRICO ANSI Z41	NECEX IIIA ASTM F 1506-02a	X	ANSI Z535
Aplicación	20KV.	5KV.	ARCOS	15 KV.	Aislante		

(Información del NFPA 70 E)

BIBLIOGRAFIA

[1] Enríquez Harper, Manual de Instalaciones Eléctricas Industriales, 03/10/09.

[2] Ing. Máximo López Toledo, Los riesgos Eléctricos y su Ingeniería de Seguridad, http://www.ffii.es/f2i2/publicaciones/libro_seguridad_industrial /LSI_Cap11.pdf, 06/10/2009.

[3] NEC 2006, National Electrical Code, 17/10/2009.

[4] Mariana Hernández, Seguridad en el trabajo, http://www.mailxmail.com/curso-seguridad-trabajo/riesgos-electricos, 24/10/2009.

[5] Fernández Sánchez Leodegario, Riesgo Eléctrico, http://es.wikipedia.org/wiki /Riesgo_el%C3%A9ctrico, 24/10/2009.

[6] INCONTEC, Guía técnica colombiana GTC 45, http://www.scribd.com /doc/17569965/GTC-45, 02/11/2009.

[7] Donald G. Fink & Wayne Beaty, Manual de Ingeniería eléctrica, http://html. rincondelvago.com/subestaciones-electricas_1.html, 03/11/2009.

[8] Gerardo Murillo Rocha , Mantenimiento en subestaciones eléctricas, http:// www.elprisma.com/apunte/ingenieria_electrica _ y_electronica, 08/11/2009.

[9] Asociación española de la Industria eléctrica, Subestaciones eléctricas, http://www.wikipedia.com/subestaciones-electricas_1.html, 14/11/2009.

[10] Miranda Carrasco Danilo, Riesgos Eléctricos, http://www.monografias.com /trabajos10/riel/riel.shtml, 09/10/2009.

[11] Silvia Marcos, Guía de seguridad para electricistas, http://www.isa2000.com img/guia_seguridad_electricistas.pdf, 15/11/2009.

[12] Jose Dariel Arcila , Riesgos para las personas asociados con la intervención de sistemas eléctricos, http://www.unalmed.edu.co/eventosiem/ presentaciones pdf/Josedariel- riesgoElectrico.pdf, 17/11/2009.

[13] Saúl Thomas Salas Suarez, Riesgo eléctrico, http://www.slideshare.net/saul salas/3-electrico-presentation, 28/11/2009.

[14] Sociedad mexicana de Iluminación, Tablas de niveles de Iluminación y Factores, http://www.monografias.com/trabajos12/curalumb/curalumb.shtml, 15/11/2009.

[15] Philips, Catálogo de Luminarias, 29/11/2009.

[16] Ing. Juan Gallo, Apuntes de Iluminación e Instalaciones eléctricas, 29/11/2009.

[17] Jaume Nogués, Seguridad Eléctrica, http://www.xtec.es/~jnogues%20/ documents/Seguretat/Seguridad_%20electrica_1.pdf, 30/11/2009.

[18] Cooper Bussmann, Electrical Plan Review, http://www.bussmann.com/library/ docs/EPR_Booklet.pdf, 30/11/2009.