



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA**

TEMA:

Cálculo y estudio de parámetros en instalación de interruptores de potencia con gas sf6 para evitar daños por fallas a transformadores de poder en subestaciones típicas de Cnel Unidad de Negocios Guayaquil.

AUTOR:

Coello Aquino, Freddy Simón

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero en Eléctrico-Mecánica con mención en Gestión
Empresarial Industrial**

TUTOR:

Ing. Efraín Oliverio, Vélez Tacuri

Guayaquil, Ecuador



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Coello Aquino, Freddy Simón** como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Eléctrico Mecánico**.

TUTOR

f. _____

Ing. Efraín Oliverio, Vélez Tacuri

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

MSc. Heras Sánchez, Miguel Armando



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Coello Aquino, Freddy Simón**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Cálculo y estudio de parámetros en instalación de interruptores de potencia con gas SF6 para evitar daños por fallas a transformadores de poder en subestaciones típicas de Cnel Unidad de negocio Guayaquil**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico-Mecánico, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

EL AUTOR

f. _____

Coello Aquino, Freddy Simón



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Coello Aquino, Freddy Simón**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Cálculo y estudio de parámetros en instalación de interruptores de potencia con gas SF6 para evitar daños por fallas a transformadores de poder en subestaciones típicas de Cnel Unidad de negocio Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

EL AUTOR:

f. _____

Coello Aquino, Freddy Simón

REPORTE URKUND

The screenshot displays the URKUND web interface. At the top, the browser address bar shows the URL: <https://secure.orkund.com/view/46970147-527609-323215#DcQxD0AgEATAv1BvzHFwy+FXjIUhaiiksTT+XaeYJ1x3mBd15IT8X2ECizCFOay...>

The main content area is divided into two sections:

- Documento:** TESIS_FREDDY COELLO 18-02-19.docx (D48092171)
- Presentado:** 2019-02-19 09:40 (-05:00)
- Presentado por:** efrain.velez.tacuri@hotmail.com
- Recibido:** efrain.velez.ucsg@analysis.orkund.com
- Mensaje:** TESIS_FREDDY COELLO 18-02-19 [Mostrar el mensaje completo](#)
3% de estas 29 páginas, se componen de texto presente en 9 fuentes.

On the right side, there is a **Lista de fuentes** (List of sources) table:

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	Christian Chalen Rojas.Tesis Electrico Mecanico.docx
	TESIS Corregida 20-02-Alejandro Molina.docx
	https://docplayer.es/14380956-De-72-5-kv-hasta-800-kv-interruptor...
	https://www.energy.siemens.com/us/pool/hq/power-transmission/...
	http://abcarticulos.info/articulo/diferencia-entre-fusibles-y-disyuntor...

The document content is displayed in a preview window with the following text:

100% #1 Activo

Archivo de registro Urkund: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil ... 100%

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TEMA:

CÁLCULO Y ESTUDIO DE PARÁMETROS EN INSTALACIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA CON GAS SF6 PARA EVITAR DAÑOS POR FALLAS A TRANSFORMADORES DE PODER EN SUBESTACIONES TÍPICAS DE CNEL UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL.

AUTOR: Freddy Simón Coello Aquino

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TUTOR: ING.

Guayaquil, Ecuador 13 de febrero del 2018

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

TESIS_FREDDY C....docx

Mostrar todo X

TUTOR

Ing. Efraín Oliverio, Vélez Tacuri

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo investigativo es dedicado principalmente a Dios, por darme fuerza y dedicación, en lo que uno se proponga, por permitirnos ver lo maravillosa que es la vida.

A mis padres, que desde el cielo me bendicen cada día, sabiendo que su mayor anhelo era verme como profesional.

A mi esposa, por su amor, paciencia, de todo este tiempo que tome para prepararme académicamente, gracias por ser ese pilar que todo hogar desea tener, por ser excelente amiga, esposa y madre.

A mis hijos, por saber entender que este título, es mi mayor esfuerzo y gran ejemplo para ellos en su porvenir, gracias por ese tiempo.

DEDICATORIA

A Dios, por lo que hizo, por lo que está haciendo, por lo que va hacer, por darme la dicha de ver día a día la luz del sol, por tener fuerza todos los días para levantarme y compartir con familiares y amigos.

A mi amada esposa, por su fidelidad y confianza depositada en mí, sin su ayuda esto no fuera posible gracia por ser como eres, que Dios te bendiga siempre.

A mi madre por darme ese ejemplo de superación, a mi padre por sus consejos y guiarme diferenciando lo bueno y lo malo.

A mis compañeros de labor por su apoyo, paciencia y entenderme durante este proceso.

A mi tutor quien ha permitido que este trabajo se realice con éxito y demás docentes que impartieron sus conocimientos.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO, M.Sc.
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

ING. GALARZA CHACON, LUIS CARLOS. Mgs.
OPONENTE



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CALIFICACIÓN

f. _____

TUTOR

Tabla de contenido

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación y alcance	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Tipo de investigación.....	4
1.5 Metodología.....	4
CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO	5
2.1. Sistemas de distribución de energía eléctrica.....	5
2.2. CNEL.....	7
2.3. Interruptores de potencia.....	8
2.4. Gas SF6.....	10
2.4.1. Características químicas y eléctricas.....	11
2.4.2. Características Físicas y Eléctricas del Hexafluoruro de Azufre	12
2.4.3. Normas que regulan el SF6.....	12
2.5. Interruptores con tecnología de gas SF6	13
2.5.1. Generaciones de interruptores SF6.....	14
2.5.2. Uso del SF6 en equipos eléctricos.....	17
2.6. Disyuntores	18
2.7. Fusibles	22
2.8. Mantenimiento	24
CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	26
3.1. Introducción.....	26
3.2. Equipos que utiliza CNEL EP	26
3.2.1. Fusible S&C 150e 200e	26
3.2.2. Interruptor de Tanque Muerto DT1-72.5.....	27
3.2.3. Interruptores de potencia Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV	30
3.2.3. Interruptor de circuito de alta tensión ABB 72PM40-C	34
3.3. Opinión de expertos	37
3.4. Resultados relevantes	47
CAPÍTULO 4. PROPUESTA.....	48
4.1. Cumplimiento de estándares.....	48
4.2. Seguridad.....	52
4.3. Aspectos generales para fusibles	55
4.4. Mantenimiento.....	55

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones	56
5.2. Recomendaciones	57
Bibliografía.....	58

Índice de tablas

Tabla 1 Los tipos de mantenimiento a considerar son:	24
Tabla 2 Reglas de seguridad para ejecutar trabajos en tensión	25
Tabla 3. Plan de mantenimiento	28
Tabla 4. Especificaciones técnicas	33
Tabla 5. Especificaciones técnicas interruptor 72PM40-C	37
Tabla 6 Información estadística 08 2018 CNEL EP – Guayaquil.....	42
Tabla 7 Variables para seleccionar el interruptor de potencia	49
Tabla 8 Variables principales para selección de un interruptor de potencia	50
Tabla 9 Variables complementarias para la selección de un interruptor de potencia	51
Tabla 10 Otras variables para la selección de un interruptor de potencia	52
Tabla 11 Formulario para evaluar los equipos de seguridad.....	53
Tabla 12. Formulario para evaluar protecciones en instalaciones.....	53
Tabla 13. Formulario para evaluar procedimientos de seguridad de alta y baja tensión.....	54

Índice de Figuras

Figura 1 Descomposición del gas SF6.....	11
Figura 2 Interruptor SF6 de un soplo y compresión	14
<i>Figura 3 Interruptor de auto soplado en SF6.....</i>	<i>15</i>
Figura 4 Celda de media tensión con aislamiento en SF6 e interruptor automático de corte en vacío	18
Figura 5 Posición de alta tensión con aislamiento en SF6 e interruptor automático de corte en SF6	18
Figura 6 Principio de autocompresión.....	20
Figura 7 Principio dinámico de autocompresión.....	21
Figura 8 Disyuntor aislado en gas SF6 / de alta tensión / de interior	22
Figura 9 Cartucho fusible de media tensión	23
Figura 10. Fusibles S&C 150e y 200e que usan en subestaciones de CNEL	27
Figura 11. Interruptor de Tanque Muerto DT1-72.5.....	28
<i>Figura 12. Características del tanque</i>	<i>29</i>
<i>Figura 13. Sistema de gas SF6.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14. Interruptores de potencia Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15. Forma de funcionamiento interruptores Siemens 3AP1 FG</i>	<i>31</i>
<i>Figura 16. Corte de corrientes de cortocircuito</i>	<i>32</i>
<i>Figura 17. Características técnicas.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 18. Componentes del interruptor ABB 72PM40-C.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19. Especificaciones del interruptor ABB 72PM40-C</i>	<i>35</i>

Resumen

La Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP es un referente del sector eléctrico del país, para solventar situaciones de sobrecarga o cortocircuitos, emplea interruptores que interrumpen el flujo de la corriente de falla en equipos y/o sistemas, por ello esta investigación busca “Determinar los parámetros para la instalación de interruptores de potencia con gas SF6 para evitar daños por fallas, a transformadores de poder en subestaciones típicas”. En primer lugar se estudian teóricamente, los dispositivos que protegen los circuitos eléctricos contra daños por alteraciones en la corriente, para conocer el funcionamiento de interruptores de potencia que utilizan el gas con tecnología SF6 para la extinción del arco eléctrico; luego se ha desarrollado un estudio comparativo, de los dispositivos de potencia con gas SF6 que protegen los circuitos eléctricos en subestaciones típicas de CNEL, Unidad de negocio Guayaquil, fusibles 150e y 200e S&C y disyuntores Alstom DT1-72.5, Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV, y ABB 72PM40-C; finalmente se proponer una solución más adecuada respecto a la instalación de interruptores de potencia con gas SF6, orientada a minimizar los daños por fallas a transformadores de poder. La investigación ha tenido un enfoque cualitativo y cuantitativo, y es de carácter descriptiva y exploratoria.

Palabras clave: Sobrecarga, cortocircuitos, interruptores de potencia, gas SF6, protección de circuitos eléctricos.

Abstract

CNEL EP is a benchmark in the country's electricity sector, to solve situations of overload or short circuits, using switches that interrupt the flow of fault current in equipment and / or systems, so this research seeks to "Determine the parameters for the installation of power switches with SF6 gas to avoid damage due to faults, to power transformers in typical substations ". First of all, the devices that protect the electric circuits against damages due to alterations in the current are studied theoretically, to know the operation of power switches that use gas with SF6 technology for the extinction of the electric arc; then a comparative study has been developed, of the power devices with SF6 gas that protect the electric circuits in typical substations of CNEL, Guayaquil Business Unit, 150e and 200e S & C fuses and Alstom DT1-72.5, Siemens 3AP1 FG 145 kV and 245 kV, and ABB 72 PM40-C; Finally, we propose a more adequate solution regarding the installation of power switches with SF6 gas, aimed at minimizing the damage caused by faults to power transformers. The research has had a qualitative and quantitative approach, and is descriptive and exploratory in nature.

Keywords: Overload, short circuits, power switches, SF6 gas, protection of electrical circuits.

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el aumento en la demanda, se crearon equipos eléctricos más potentes y robustos, dado que el consumo de la energía eléctrica había aumentado considerablemente. Ello obligaba a complacer las necesidades en aumento, por lo que el segmento de servicio eléctrico se ha constituido actualmente en un objetivo primordial para las compañías generadoras (Gutiérrez, 2017).

La producción a nivel de las industrias permanentemente aumenta, por lo que los usuarios finales permanentemente están comprando o renovando aparatos para el hogar o uso productivo, lo cual incide en un incremento constante de la carga eléctrica (Gutiérrez, 2017).

Este incremento conlleva la necesidad de incrementar la calidad de generar energía, transmitirla y distribuirla; el crecimiento del sistema eléctrico de potencia y/o el aumento de la capacidad de la infraestructura existente, deben ir solventados por investigaciones técnicas que garanticen satisfacer las necesidades energéticas sin afectar el funcionamiento del sistema (Gutiérrez, 2017).

Cuando se produce un problema en un sistema de gran potencia, la interrupción se debe ejecutar de manera técnica y en un lapso de tiempo corto, para proteger los equipos interconectados al sistema; esta necesidad ha generado diversas investigaciones orientadas a crear un equipo con especificaciones mínimas y máximas que permitan atender el control del fluido eléctrico cuando ocurra una emergencia.

Es así como surge el diseño de los interruptores, que originalmente se diseñaron de una manera muy elemental, los primeros elementos de este tipo se constituyeron en el ejemplo a mejorar, para crear dispositivos con diferentes cualidades y capacidad de rendimiento.

Ahora se encuentran en el mercado varios modelos vs precio, desde los que se utiliza en baja tensión hasta sistemas complicados como son los interruptores de potencia utilizados en media y alta tensión.

1.1 Justificación y alcance

La presente investigación se basa en el estudio de elementos de potencia que se encargan de discontinuar un proceso de transmisión de energía eléctrica, ante eventuales situaciones de sobrecarga o cortocircuitos, para lo cual se analiza la diferencia de capacidad de elementos como el disyuntor y el fusible de 69.

Básicamente un interruptor de potencia es un elemento destinado a actuar cuando el fluido eléctrico se ve alterado, suspendiendo el sistema, en determinado sector. De esa manera precautela los equipos mayores y la estabilidad de personas cercanas al evento. La importancia de esta situación sugiere que, al actualizar información de una manera práctica, se estaría contribuyendo de alguna manera al encuentro de soluciones en beneficio de las personas y precauciones con los equipos.

El tema propuesto ha sido seleccionado considerando que el investigador va relacionado con la labor diaria que desempeña en la empresa CNEL Guayaquil, específicamente en el área de subestación, lo cual facilita el acceso a información relacionada estrechamente con la investigación.

1.2 Planteamiento del problema

Los fusibles y disyuntores son dispositivos que protegen los circuitos eléctricos contra posibles daños debido a sobrecargas de corriente, o cortocircuitos, sin embargo, hay que considerar que cada dispositivo tiene sus características propias. Mientras el fusible aparentemente dispone de una respuesta lenta para detectar una falla, el disyuntor es un equipo que puede abrir y cerrar circuitos de forma manual o por sistema de Scada,

El disyuntor es un dispositivo más costoso, que debe disponer de un adecuado diseño de tal forma que permita una correcta extinción del arco eléctrico, sea con aire, vacío, aceite o gas SF6, al que hay que realizar un mantenimiento cada cierto tiempo, aunque el fusible es desechable es necesario disponer en stock la suficiente cantidad y está sujeto a la disponibilidad de personal técnico específico para realizar la operación de reemplazo.

Ante esta situación con este estudio se trata de actualizar la información y con ello encontrar soluciones que permitan optimizar el trabajo considerando costos, tiempo y seguridad, desde un punto de vista técnico.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar los parámetros para la instalación de interruptores de potencia con gas SF6 para evitar daños por fallas, a transformadores de poder en subestaciones típicas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudiar las definiciones teóricas y parámetros técnicos que deben cumplir los dispositivos que protegen los circuitos eléctricos contra daños debido a alteraciones en la corriente.
- Realizar un estudio comparativo, de los dispositivos de potencia con gas SF6 que protegen los circuitos eléctricos en subestaciones típicas de CNEL, Unidad de negocio Guayaquil.
- Proponer la solución más adecuada respecto a la instalación de interruptores de potencia con gas SF6, orientada a minimizar los daños por fallas a transformadores de poder.

1.4 Tipo de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo, debido a que se procede a recolectar información teórica; y tiene enfoque cuantitativo porque al levantar la información de campo, se obtienen datos numéricos. Además, es descriptiva y exploratoria, porque se observan las variables tal como se manifiestan en su entorno natural (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, pág. 16).

El diseño de este trabajo corresponde a una investigación analítica y documental para llegar a establecer las características optimas que deben reunir los dispositivos encargados de habilitar o interrumpir el fluido eléctrico de media y alta tensión. Al realizar un análisis comparativo, basado en diversos estudios y Manuales, ha sido posible determinar de una manera objetiva una alternativa técnica y profesional.

1.5 Metodología

Este trabajo se adapta a una metodología de tipo analítica, debido a que, mediante el análisis sistemático de las características de los dispositivos en estudio, sus ventajas y desventajas, valoradas mediante matrices morfológicas, permiten establecer con claridad la mejor alternativa para las redes de potencia de CNEL.

Para extraer la información requerida se ha acudido a libros especializados en temas particulares afines con idea principal propuesta, artículos científicos, investigaciones académicas, documentos bibliográficos, y páginas web vinculadas a esta temática.

CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas de distribución de energía eléctrica

Un sistema eléctrico de potencia de transmisión tiene el encargo de proporcionar energía eléctrica, donde las necesidades de tensión, dependen de cada sector de consumo, y como tal son iguales o superan los 34,5 kV. Tiene como propósito la generación de energía eléctrica en los diferentes centros ya sean estos generación térmica o hidráulica como las más representativas y trasladarla hasta los sitios de consumo (urbes, pueblos, área industrial, comercio, áreas de turísticos, u otros). Para ello, se requiere tener la capacidad de generación que cubra la demanda y proporcionarla con calidad elevada (Arredondo, 2014).

Desde el enfoque de una entidad presta servicios como CNEL, el Sistema Eléctrico se enfoca en tres segmentos: Generación, Transmisión y Distribución, además de la Subtransmisión, que se desprende de la Transmisión. Conforme al tema de investigación propuesto, en cuanto a la Distribución, se puede considerar tres aspectos importantes: a) Subestaciones de distribución; b) Distribución primaria; y, c) Distribución secundaria (Viakon, 2014).

Las redes de distribución son una parte muy importante dentro del campo de la potencia, dado que toda la potencia generada se debe suministrar entre los clientes que la requieran, tomando en cuenta que los mismos se encuentran ubicados en áreas geográficas grandes. De esa manera, la generación se efectúa en bloques suficientemente grandes desde plantas de alta capacidad y el suministro con cargas de varias capacidades de acuerdo a las necesidades(Valdivieso, 2014).

La electrificación está en posibilidades de brindar atención a los siguientes tipos de cargas:

- 1) *Carga Residencial*: Para sectores urbanos, suburbanos y área rural. Este tipo de carga tiene la más baja necesidad en relación a la de áreas comerciales e industriales.
- 2) *Carga comercial*: centros de comercio y edificaciones de oficina. Las densidades de carga en estas áreas son mayores.
- 3) *Carga industrial*: cubre pequeñas y grandes fábricas del área industrial. Este tipo de carga puede requerir de grandes potencias y altas tensiones, como 115 KV o más (Valdivieso, 2014).

Sistemas de distribución conforme a su construcción

Redes de distribución aéreas

En este tipo de redes, el conductor, va soportado sobre aisladores. El sistema aéreo puede constar de las siguientes partes principales:

- a) Postes: fabricados en concreto, madera, o materiales metálicos
- b) Conductores: empleados para circuitos primarios, Aluminio y el ACSR desnudos en calibres 4/0, 2/0, 1/0 y 2 AWG y para circuitos secundarios en cables desnudos o aislados (Dispac , 2015).
- c) Crucetas: material de madera inmunizada o de ángulo de hierro galvanizado.
- d) Aisladores: Son de tipo ANSI 55.5 para media tensión (espigo y disco) y ANSI 53.3 para baja tensión (carretes).
- e) Herrajes: en redes aéreas de baja y mediana tensión son de acero galvanizado. (grapaspas, varillas de anclaje, tornillos de máquina, collarines, espigos) (Dispac , 2015).
- f) Equipos de interrupción, se realiza con cortacircuitos y seccionadores monopolares para trabajar sin carga (100 A - 200 A).
- g) Transformadores y protecciones: se emplean transformadores monofásicos y trifásicos protegidos por cortacircuitos, fusible y pararrayos tipo válvula de 12 KV (Gonzalez-Longatt, 2016)

Redes de distribución subterráneas

Se emplean en áreas donde por disposición urbanística, estética, congestión o condiciones de seguridad no es conveniente el sistema aéreo. Se emplea

especialmente en zonas urbanas céntricas. Estas redes tienen los siguientes elementos:

- a) Ductos: en material de cemento-asbesto, PVC o tubería conduit de metal con diámetro mínimo de 4 pulgadas.
- b) Cables: monopolo o tripolo protegidos con polietileno de cadena cruzada XLPE, de polietileno reticulado EPR, en caucho sintético y en papel humedecido con aceite APLA o aislamiento seco elastomérico (Dispac , 2015).
- c) Cámaras: de varias formas entre las que se destacan la de inspección y de empalme que se utiliza para realizar las conexiones, y trabajos de reparación. Con capacidad para que trabajen 2 operarios dentro (Gonzalez-Longatt, 2016).
- d) Empalmes y terminales: que permitan ofrecer continuidad adecuada, con conexiones bien terminadas entre equipos y cables (Dispac , 2015).

2.2. CNEL

La Corporación Nacional de Electricidad -CNEL EP -es una de las instituciones referentes del sector eléctrico del país, siendo considerada como la distribuidora más grande en este campo. Según lo manifestado en su portal institucional, esta empresa, tiene como objeto ofrecer el servicio público de distribución de energía eléctrica, conforme al área que le ha sido conferida bajo el derecho de concesión, con el propósito de cubrir la demanda. El Modelo de Negocios de CNEL EP es el de Distribución y Comercialización de Energía (CNEL, 2017).

Esta empresa se constituyó mediante escritura pública de fusión el 15 de diciembre de 2008; y, integrando a varias empresas que prestaba servicios en calidad de distribuidoras, y que a la fecha se encontraban sin razón jurídica (CNEL , 2018).

CNEL EP al cierre del 2016 tiene 2'418.180 de clientes, lo que representa el 53,26% del total de usuarios de las Instituciones eléctricas a

nivel de país. El alcance geográfico abarca las provincias de: Bolívar, El Oro, Esmeraldas, Guayaquil, Los Ríos, Manabí, Milagro, Sta. Elena, Sto. Domingo, Sucumbíos (CNEL, 2017).

De acuerdo con el Plan estratégico de CNEL, se define y caracteriza a los clientes según el tipo de consumo:

- *Residencial*: servicio eléctrico solo para uso doméstico, sin importar el tamaño de la carga (CNEL, 2017).
Se consideran de igual forma a los consumidores de estratos sociales sensibles con bajos consumos.
- *Comercial*: Persona natural o jurídica, pública o privada, que hace uso de los servicios energéticos para destinarlo a la actividad de negocio, actividades profesionales u otras, con propósitos rentables (CNEL, 2017).
- *Industrial*: Organización que utiliza los servicios para fabricar modificar productos utilizando procesos industriales (CNEL, 2017); (Veloz, 2015)

2.3. Interruptores de potencia

Para proteger al personal que labora en los sistemas eléctricos de potencia y a los equipos, surgen dispositivos y sistemas de desconexión que permiten un mejor manejo de la energía; para este fin se originó el interruptor de potencia, que es un “dispositivo mecánico de conmutación capaz de permitir la conducción o interrupción de corriente en un circuito bajo condiciones normales de carga o condiciones de falla como el corto circuito” (Ayub, Hernández, & Rosales, 2015, pág. 9).

Existen muchas diferencias entre los diversos tipos de interruptores, existen para baja tensión que se emplean en viviendas (127 V), otros son utilizados en media tensión (hasta 23 kV) y otros son de alta tensión (hasta 400 kV); la diferencia principal es la manera en que extinguen el arco eléctrico, que se presenta cuando hay separación de sus contactos móviles y fijos, por los que circula la corriente (Pérez, 2016)

La forma de extinción del arco es una parte importante dentro del diseño de interruptores, dependiendo del nivel tensión al cual operará se define el material más idóneo para el óptimo funcionamiento. Existen unos

que en su cámara de extinción tienen aire, que por sus propiedades naturales dieléctricas es un excelente recurso para apagar, otros utilizan gran cantidad de aceite, mínimo volumen de aceite, aire comprimido, gas SF₆ o vacío. A fines de la década de los cincuenta, nacieron dos tecnologías, la de vacío y la de gas hexafluoruro de azufre SF₆, que se colocaron a la vanguardia (Nasrallah, Brikci, & Perron, 2014).

El mecanismo de operación es el que realiza la apertura y cierre de los contactos del interruptor sin tener una dependencia directa de las fuentes de alimentación; estos mecanismos pueden ser: de operación neumática, de operación hidráulica, de operación por resorte o de operación combinada (Ayub, Hernández, & Rosales, 2015).

Por la cantidad de mecanismos que se utilizan en los interruptores de potencia estos son monopolar o tripolar; el monopolar sólo abre una fase del sistema eléctrico por lo que se utilizan interruptores independientes para cada fase; en cambio independientemente de la fase que se detecte la falla, el tripolar habrá las tres fases (Ayub, Hernández, & Rosales, 2015).

Las empresas eléctricas especifican el tipo de mecanismo a utilizar en el conjunto eléctrico de potencia, dependiendo la tensión que se maneje: tripolar para tensiones hasta 170 kV; monopolar o tripolar para tensiones de 245 kV; y monopolar para tensiones de 420 kV (CFE , 2017) Por su aguante mecánico los interruptores pueden ser de Clase M1 aguante mecánico normal (2000 operaciones secuenciales), o de Clase M2 aguante mecánico extendido (10000 operaciones secuenciales) (IEEE, 2014).

Por su aguante eléctrico pueden ser de Clase E1 interruptores fuera de la clase E2, y de Clase E2 aguante eléctrico extendido (no requiere mantenimiento en partes de interrupción durante la vida de operación, tensión hasta 52 kV) (IEEE, 2014).

Por su probabilidad de re-encendido al interrumpir corrientes capacitivas, los interruptores pueden ser de Clase C1. Baja probabilidad de re-encendido, Clase C2. Muy baja probabilidad de re-encendido (IEC, 2017).

2.4. Gas SF6

El hexafluoruro de azufre (SF6) “fue creado por Henry Moissan, en el año de 1900 este gas fue objeto de muchas investigaciones, sin embargo, recién en 1947 que este producto salió al mercado” (Cazares, 2014, pág. 1); gracias a los estudios posteriores fue posible obtener más información sobre sus propiedades fisicoquímicas, entre las que resalta una rigidez dieléctrica más grande que la del aire, lo que motivó investigaciones para que este gas fuese utilizado en el área eléctrica.

El gas SF6 mantiene su estabilidad hasta los 150 °C de temperatura, y siempre que no sobrepase esta temperatura no es capaz de reaccionar con otros elementos metálicos o plásticos (Barrientos, Olano, Galán, Ferrer, & Portillo, 2013), aunque a temperaturas superiores comienza a degradarse (Cazares, 2014).

El SF6 empleado en el área eléctrica industrial, tiene a su favor muchos aspectos respecto a otros productos similares:

- Disminuye los recorridos eléctricos.
- Precautela el equipo de la agresividad del clima.
- El dispositivo con este principio ocupa menor espacio.
- Se transforma en subproductos, que continúan actuando como buenos aislantes, ante el evento de un arco eléctrico (Barrientos, Olano, Galán, Ferrer, & Portillo, 2013)

El uso del hexafluoruro de azufre ha generado una serie de ventajas por lo que ha ido ganando terreno en este sector, no obstante, genera varios comentarios no favorables en la utilización de esta tecnología (Cazares, 2014):

- El SF₆ es uno de los gases causantes del efecto invernadero, ya que al encontrarse libre en la atmósfera es capaz de mantenerse allí hasta por unos 3000 años.
- En concentraciones elevadas este gas es mortal para las personas que accidentalmente lo han inhalado.
- Tiene la tendencia de descomponerse en otros productos con alta peligrosidad luego de reaccionar ante el fenómeno del arco eléctrico (Barrientos, Olano, Galán, Ferrer, & Portillo, 2013)

2.4.1. Características químicas y eléctricas

Como se mencionó antes como una de las desventajas del dispositivo con SF₆, tan pronto se produce la operación de corte con el interruptor de potencia, este elemento gaseoso se transforma en otros productos como resultado de la reacción durante la neutralización del arco eléctrico.

Descomposición del gas SF₆ por efectos del arco eléctrico

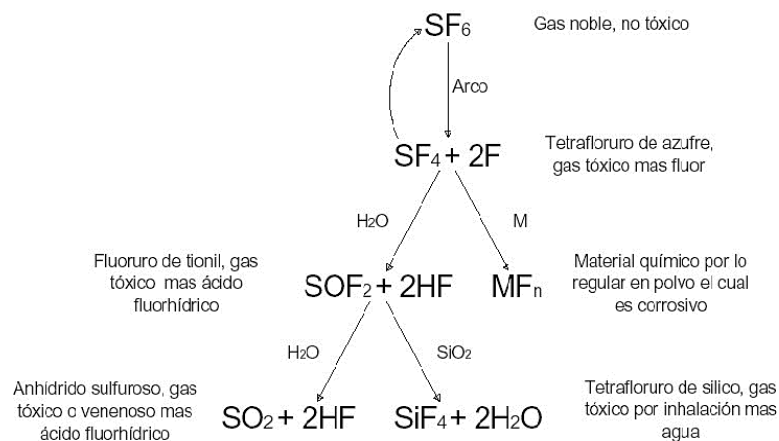


Figura 1 Descomposición del gas SF₆

Fuente: (Mazza & Michaca, 2014)

Como se observa en la figura anterior, el SF₆ reacciona con la presencia del arco eléctrico, formando gases tóxicos, sin embargo, al encontrarse en presencia de agua por humedad se sigue descomponiendo hasta que finalmente se tiene un gas venenoso que por inhalación puede

causar la muerte a los seres vivos (Mazza & Michaca, 2014).

2.4.2. Características Físicas y Eléctricas del Hexafluoruro de Azufre

El hexafluoruro de azufre es un gas artificial, sintetizado por el hombre, pesado, incoloro y no tóxico, con una rigidez dieléctrica de 2.5 hasta 3 veces más que la que tiene el aire. Es un gas inerte con varias propiedades dieléctricas importantes, si bien el gas SF₆ es un buen aislante eléctrico, también su baja temperatura de ionización lo hacen tener buena respuesta a la interrupción del arco eléctrico reduciendo considerablemente el tiempo de extinción comparado con el aire (Molina, 2014).

Existen contaminantes que se originan en el dispositivo de interrupción los cuales provienen del manejo mismo del gas SF₆, la emisión de agua vaporizada y la descomposición cuando hay presencia evidente del arco eléctrico (Molina, 2014).

Cuando se realizan maniobras para llenar o vaciar equipos que utilicen este principio técnico, es probable que se contamine con el aire que queda atrapado en tuberías, válvulas o simplemente por errores que se presentan durante el manejo. Para evitar este tipo de contaminación se requiere de procedimientos adecuados para el manejo del gas, especialmente en el vaciado o llenado de tanques (Molina, 2014).

Es evidente que se tienen que tomar medidas preventivas para evitar que se contamine este gas, pues su mal uso puede ocasionar daños en la atmósfera, o en el peor de los casos, pérdidas humanas.

2.4.3. Normas que regulan el SF₆

Hay normas que tratan de regular la utilización del SF₆, tales como las emitidas por la American National Standard Institute (ANSI), la International Electrotechnical Commission (IEC), y la American Society for Testing and Materials (ASTM). Estas tienen como propósito determinar los usos en los

cuales este gas se puede usar si se respetan ciertos parámetros (Linde , 2015).

Las más importantes son:

- IEC 60376, que se encarga los requisitos y propiedades de calidad y las propiedades de calidad técnica para las aplicaciones del SF6 en dispositivos (Arredondo, 2014, pág. 24).
- IEC 60480 regula el aspecto de la reutilización del gas, luego de su evacuación de los equipos eléctricos.
- ASTM D2472-00 (2006) cubre requisitos cuando se desea destinar el gas con fin de que sirva como aislante eléctrico (Barrientos, Olano, Galán, Ferrer, & Portillo, 2013);

2.5. Interruptores con tecnología de gas SF6

El primer interruptor con gas SF6 funcionaba bajo el principio de soplo en aire, con una trayectoria cerrada, haciendo pasar en alta presión el gas justamente por donde se originaba el arco eléctrico y luego a través de una tobera a un cilindro de baja presión para que el SF6 no pueda ser liberado a la atmósfera, de esa manera se lo reciclaba mediante el uso de filtros, para luego comprimido y almacenarlo para otras operaciones (IEC, 2017).

El funcionamiento mecánico era similar al utilizado en los interruptores en aceite con ciertas adaptaciones, en razón de que la industria eléctrica utilizaba considerablemente tecnología en aceite, por lo interruptores con gas SF6 facilitó su aceptación.

Por la manera en que funcionaban a estos dispositivos se los conoció como del tipo de dos soplos, bajo dos presentaciones, los de un solo tanque y los de tres tanques, que se relacionaban con el grado de tensión que se estuviese utilizando, y se elaboraban en tanque muerto. Lo positivo de emplear este interruptor era la adaptación de mecanismos de operación de baja energía (Arredondo, 2014).

2.5.1. Generaciones de interruptores SF6

Primera Generación de Interruptores en SF6 (Gutiérrez, 2017)

Interruptores de un Soplo y compresión

Los llamados interruptores de primera generación trabajan en base al principio del auto soplado, la operación más importante en el interruptor era la compresión que se originaba al iniciarse la apertura, la misma que era utilizada para la operación del gas SF6, por lo que no se requería el uso de compresoras (Mazza & Michaca, 2014).

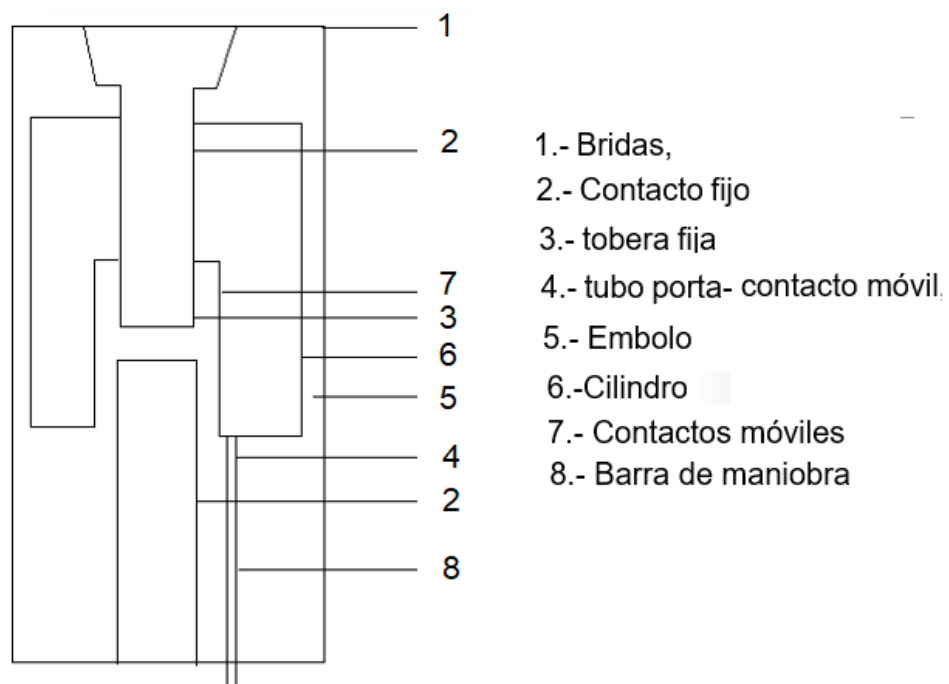


Figura 2 Interruptor SF6 de un soplo y compresión

Fuente: (Gutiérrez, 2017); (Mazza & Michaca, 2014)

Interruptores de Soplo

Estos interruptores se caracterizan porque en la cámara de extinción existe un ensamble de combinación denominado pistón- cilindro como parte de los contactos móviles (Arredondo, 2014).

Al emplear esta variedad de interruptores en fallas trifásicas se presentaba el inconveniente de que el tiempo de apertura era demasiado largo ya que al incrementarse la temperatura se veían afectados notablemente

tanto al pistón como al cilindro debido al incremento en el diámetro, deteniendo la salida del gas, y cuando el diámetro del arco es mayor que el diámetro de la tobera (Arredondo, 2014).

Interruptores de Auto Soplado

Este tipo de interruptor aprovecha el incremento de la temperatura al momento de la apertura, debido al calentamiento del gas incrementándose su presión, así el gas es liberado sobre el arco (Mazza & Michaca, 2014).



Figura 3 Interruptor de auto soplado en SF6

Fuente: (Gutiérrez, 2017); (Mazza & Michaca, 2014),

Segunda Generación de Interruptores en SF6

Estos interruptores son libres de mantenimiento, ya que argumentaban que los contactos de arqueo y toberas estaban diseñados para durar más, ya que sus componentes principales eran de una aleación de cobre-tungsteno. Por otro lado, se sabe que la tobera es la pieza más importante de los interruptores de soplado ya que el tamaño, la forma y el tipo de material con que son construidas definen la característica de extinción del interruptor. Estos interruptores tenían la característica de que su capacidad interruptiva oscilaba entre los 50 kA para tensiones de 420 kV y 63 kA para tensiones de 550 kV (IEC, 2017).

La característica principal de esta generación de interruptores es que los fabricantes utilizaron tres tipos de materiales para rellenar las toberas, esto fue para que, a 20 aperturas del interruptor a capacidad plena, el cambio en el diámetro de la tobera fuese mínimo. Para lograr esto se utilizaron materiales como el nitruro de boro, molibdeno y óxido de aluminio. También se llegó a utilizar el teflón relleno que, aunque más caro que el teflón puro, presentaba una mejora notable en la interrupción de corrientes altas (IEC, 2017).

Tercera Generación de Interruptores en SF6

En los interruptores de potencia emplean un mecanismo que mueve un cilindro que comprime al gas SF6, ello permite que haya un aumento de la presión en la tobera debido a la compresión y al calentamiento del gas hasta haber presencia del arco eléctrico; lo que representa un gran esfuerzo mecánico en los amortiguadores, lo que indica que sea poco confiable a un costo superior (Arredondo, 2014).

Esta tercera generación es esencial, igual a los de segunda generación, la diferencia son las mejoras al diseño, que los hace más económicos.

En los interruptores actuales se ha logrado (O'Connor & Kleyner, 2013):

- Reducción en la energía requerida por la optimización de la cámara interruptiva.
- Reducción de energía mecánica utilizada pues se emplea la energía que produce el arco para calentar el gas SF6, así se produce una presión suficiente para extinguirlo.
- Interrupción suave lo cual produce sobre tensiones bajas cuando se habla de pequeñas corrientes tanto inductivas como capacitivas.
- Vida útil de al menos 10000 operaciones.
- Más confiabilidad y menor costo.

La constante innovación en este tipo de instrumentos es muy importante pues las mejoras optimizan su funcionamiento cuando se presenten fallas en el sistema eléctrico de potencia.

2.5.2. Uso del SF6 en equipos eléctricos

Para comprender la forma como funciona un interruptor de potencia con la tecnología de gas SF6, utilizado principalmente como extintor de un arco eléctrico, es necesario conocer en que consiste dicho arco.

La materia como tal contiene átomos constituidos por neutrones, protones y electrones, bajo circunstancias estables su carga neta es neutra, pero hay fenómenos que pueden desprender electrones y producir partículas eléctricamente cargadas; bajo ciertas condiciones estas cargas libres pueden multiplicarse y dar origen a un proceso conocido como arco eléctrico (Cazares, 2014).

Uso del SF6 en equipos eléctricos

En conjuntos de apartamento de media tensión aislados en gas (de 1 kV a 52 kV), con interruptores automáticos de vacío, el gas SF6 se utiliza únicamente para aislar partes y componentes del equipo sometidos a alta tensión. En esta configuración, el interruptor automático realiza la tarea de interrumpir las corrientes, tanto de servicio como de cortocircuito, en el vacío (IEEE, 2015).

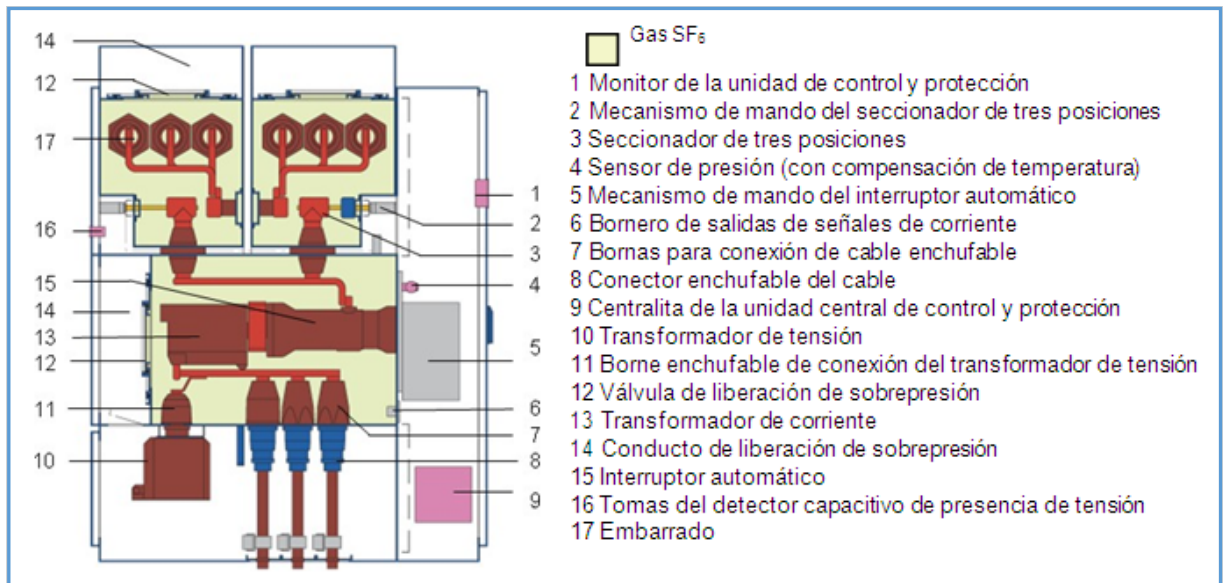


Figura 4 Celda de media tensión con aislamiento en SF₆ e interruptor automático de corte en vacío

Fuente: (IEEE, 2015).

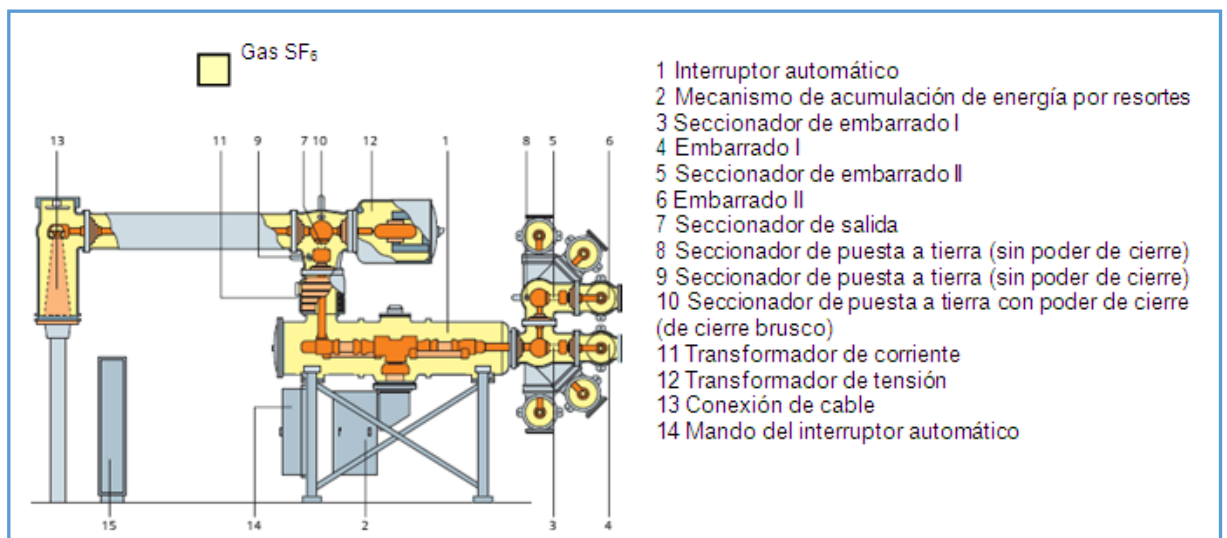


Figura 5 Posición de alta tensión con aislamiento en SF₆ e interruptor automático de corte en SF₆

Fuente: (IEEE, 2015).

2.6. Disyuntores

Conocido también como interruptor diferencial es un elemento de protección utilizado para dar protección a las personas de un choque eléctrico. Las llaves termomagnéticas y los fusibles que se encuentran en los tableros eléctricos han sido diseñados para proteger a las instalaciones, a equipos y

maquinarias, ya sean de tipo industrial o doméstico, de fenómenos eléctricos que se pueden desencadenar en daños tales como sobrecargas o cortocircuitos (Gwiazda, 2015).

El término disyuntor se conoce con diferentes nombres, es así que se lo conoce como interruptor automático, o breaker, dependiendo del país, es un dispositivo capaz de dar protección de circuitos, mando y potencia; suspender, abrir un circuito cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él corre se sobrepasa de un valor específico, o cuando ha ocurrido un cortocircuito, con el propósito de minimizar la afectación a los equipos (Rockwell , 2014).

Frente a los fusibles, que una vez disparados se sustituyen luego de un solo uso, el disyuntor en cambio da la posibilidad de rearmarse una vez que se ha ubicado y arreglado el problema que haya ocasionado su desactivación. Estas partes de protección son fabricadas en varios tamaños y condiciones de uso, lo cual permite que sean muy empleadas en industrias, comercios y viviendas.

Los interruptores de potencia son dispositivos imprescindibles en las subestaciones separadas en aire (AIS) y gas (GIS). “Para alta tensión se emplean equipos mecánicos que operan interrumpiendo y cerrando los circuitos eléctricos (corriente nominal)” (Siemens, 2013, pág. 4)

El principio de funcionamiento en equipos como de la marca Siemens, se basan en condiciones de extinción del arco voltaico que se genere, bajo el principio de autocompresión o en el principio dinámico de autocompresión, que utilizan al máximo la energía calorífica del arco eléctrico para extinguir (Siemens, 2013).

Principio de autocompresión

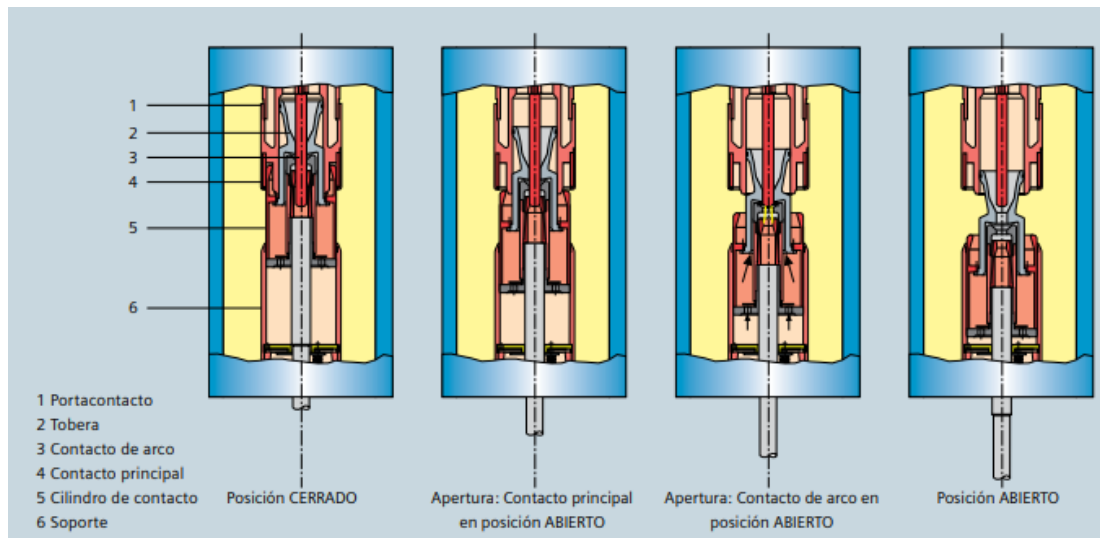


Figura 6 Principio de autocompresión

Fuente: (Siemens, 2013)

El corte de corrientes de servicio. De acuerdo a la figura 5,

Para la apertura se abre inicialmente el contacto principal (4) y la corriente cambia al contacto de arco cerrado. Posteriormente se abre el contacto de arco (3) y se origina un arco eléctrico. Al mismo tiempo el cilindro de contacto (5) se mueve hacia el soporte (6) y presiona el gas SF₆ dentro. Seguido el gas se traslada en sentido opuesto al movimiento del contacto móvil, se mueve de manera fluida por el cilindro de caldeo (5) hasta el contacto de arco (3) y se produce la extinción del arco (Siemens, 2013).

El corte de corrientes de cortocircuito.

Cuando se produce un cortocircuito de elevada intensidad y se realiza el de corriente por parte del dispositivo, ocurre un calentamiento elevado del gas en la zona del arco. Como resultado de esa acción se incrementa la e en el cilindro de caldeo y se origina una salida de gas por la tobera (2) que extingue el arco formado. Esa energía es aprovechada para la acción de suspender la energía del cortocircuito (Siemens, 2013).

Principio dinámico de autocompresión

Modo de funcionamiento

Conforme a la figura 6:

Cuando se ejecuta la apertura, de inicio se abre el contacto principal constituido por unas láminas (7) y el cilindro de caldeo (9). La corriente cambia hacia el contacto de arco que permanece cerrado que tiene un pino móvil (5), y el contacto tubular (8) (Siemens, 2013).

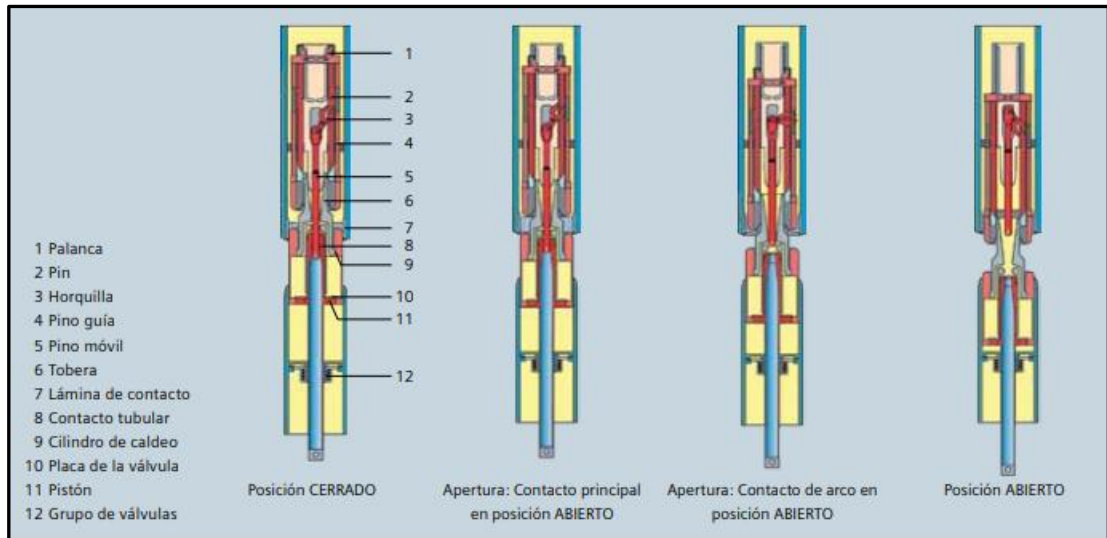


Figura 7 Principio dinámico de autocompresión

Fuente: (Siemens, 2013)

El pino móvil (5) se mueve en sentido opuesto al del contacto tubular (8) por la horquilla (3) y el pino guía (4) en conexión al cilindro de caldeo (9) y tobera (6). De la misma forma el electrodo es desplazado hasta el cilindro de caldeo (9). El contacto de arco se abre y se forma el arco eléctrico. Al mismo tiempo la acción del cilindro de caldeo (9) presiona el gas SF₆ entre el pistón (11) y las válvulas (12). El gas se traslada apuesto al movimiento de los contactos móviles por la válvula de retención, el cilindro y la tobera, y así se efectúa la extinción del arco eléctrico (Siemens, 2013).

El GCB es un producto de alta calidad que ha superado la prueba del tiempo. Es un modelo de *tanque muerto* diseñado para una operación muy segura. El diseño del dispositivo se adapta a la instalación en elevadas altitudes; en corrientes inductivas y capacitivas bajas el SF₆ GCB es altamente conveniente.



Figura 8 Disyuntor aislado en gas SF6 / de alta tensión / de interior

Fuente: (CG Power Systems, 2017)

2.7. Fusibles

El fusible es dispositivo de seguridad, que protege al sistema contra sobrecargas, y cuyo principio de interrupción se basa en la fusión de un elemento conductor, y durante este proceso de fusión, se genera el arco eléctrico dentro del fusible, siendo apagado por medio del material de relleno (Siemens, 2013). La interrupción de energía ocurre sin manifestación externa alguna (Ecured, 2016).

El cortocircuito fusible, es uno de los primeros elementos de seguridad que se diseñaron, y hasta la presente se sigue utilizando en los sistemas eléctricos. Básicamente se compone de una lámina o alambre determinado, que realiza la función de fusible, el cual se encuentra contenido dentro de un cartucho que se puede remover y ubicado en un soporte, donde se conecta en serie con el circuito a proteger (Ecured, 2016).

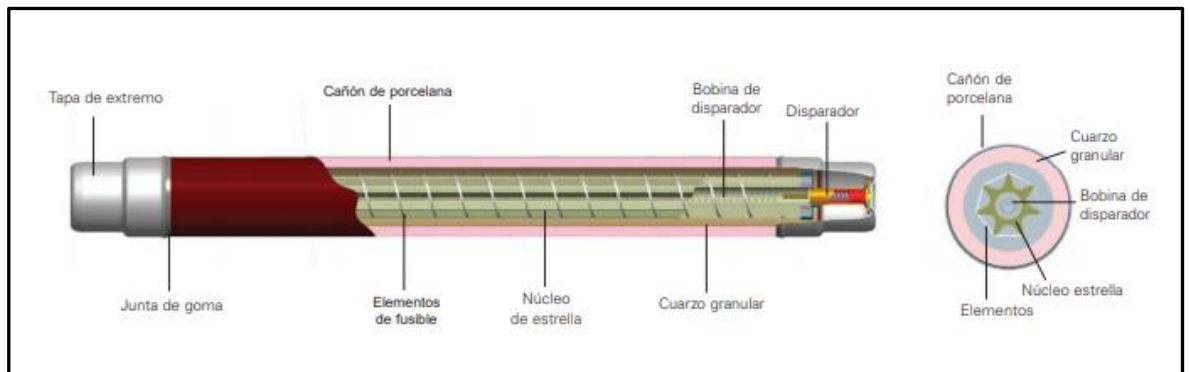


Figura 9 Cartucho fusible de media tensión

Fuente: (Bussman , 2014)

Los cartuchos fusibles MT limitadores de corriente tiene una estructura similar a los de cartucho de baja tensión (BT). No obstante, los elementos fusibles requieren ser mucho más largos para cumplir con el propósito de interrumpir de manera segura un cortocircuito de media tensión. Esto se logra enrollando los elementos en un núcleo o soporte interno; con esta técnica es posible alojar un elemento de un metro de largo en un cuerpo con una longitud de 250 mm. Los elementos se encuentran rodeados de un relleno de cuarzo puro y granular muy compactado (Bussman , 2014).

Para determinar el fusible a usar hay que disponer de datos como:

- a) Tensión y nivel de aislamiento
- b) Tipo de sistema
- c) Máximo nivel de cortocircuito
- d) Corriente de carga (Ecured, 2016).

La corriente nominal del fusible, debe ser mayor que el valor máximo de corriente de carga, debiendo considerar un porcentaje de sobrecarga conforme a las necesidades del equipo a proteger. Cuando se trate de un transformador de potencia, se deben seleccionar los fusibles, conforme a su característica tiempo-corriente se encuentre por sobre la curva de energización (inrush) y más abajo de su límite térmico (Ecured, 2016).

La tensión nominal del fusible, se define en base a los siguientes factores:

- Tensión umbral de fase.
- Condiciones de puesta a tierra.
- Cantidad de fases (una o tres) (Ecured, 2016).

2.8. Mantenimiento

Tabla 1 Los tipos de mantenimiento a considerar son:

Tipo de mantenimiento	Descripción
Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento programado que se realiza a un equipo, servicio o instalación con el fin de reducir la probabilidad de fallo, mantener condiciones seguras y preestablecidas de operación, alargar la vida útil y minimizar riesgos de accidentes (Siemens, 2013). La forma de su aplicación se sustenta en trabajos similares previos de operación que señalan que el equipo, luego de superar el periodo de puesta en servicio, disminuye sus posibilidades de falla.
Mantenimiento Predictivo	Pruebas que se efectúan a los equipos con el propósito de conocer su condición actual y predecir probables afectaciones. Ello permite tomar medidas correctivas y/o preventivas (Ochoa, 2014).
Mantenimiento Correctivo	Es cuando se realiza la reparación a un equipo, servicio o instalación cuando se ha producido el fallo, con el propósito de restablecer el funcionamiento y neutralizar la causa que ha producido el desperfecto. Tiene el propósito de reemplazar las partes o equipos dañados y que debido a ello no pueden funcionar (Dispac , 2015).

Fuente: (Dispac , 2015)

Tabla 2 Reglas de seguridad para ejecutar trabajos en tensión

Reglas de seguridad	Descripción
Corte efectivo de todas las fuentes de tensión (RISST , 2014)	Requiere abrir, con corte visible (inspección visual) la apertura del circuito, todas las fuentes de tensión mediante interruptores, fusibles, uniones, puentes, u otros, para impedir el retorno de tensión (RISST , 2014)
Bloqueo de los aparatos de corte o seccionamiento e instalación de su respectiva señalización (RISST , 2014)	Se deberá entender el grupo de acciones orientadas a impedir el accionamiento accidental de los aparatos de corte (Siemens, 2013), debido a diferentes causas como un error humano, acción de terceros o un fallo técnico (Dispac , 2015),
Comprobación de ausencia de tensión	Se debe evaluar la tensión con un equipo de medición usando protección personal adecuada, hasta verificar con certeza de que todas las posibles fuentes de tensión han sido abiertas. Hasta que se haya demostrado la ausencia de la misma se deberá proceder como si las instalaciones estuvieran energizadas.
Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las fuentes posibles de tensión	Es la acción de conectar parte de un equipo o circuito eléctrico al terreno circundante, y luego unir entre si todas las fases utilizando un elemento conductor de material y sección apropiado y con conectores normalizados.
Señalización de la zona de trabajo	Se deben colocar señales de seguridad de acuerdo al tipo y área de trabajo, delimitando la zona de trabajo con cintas, vallas y cadenas, además de señalética (banderolas) y avisos visibles.

Fuente: (Dispac , 2015)

CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Introducción

El interruptor de potencia es un dispositivo electromecánico, fusible o disyuntor, sirve de manera específica para uso de conexión o desconexión de circuitos eléctricos cuando se lo requiera, ya sea en condiciones rutinarias o cuando se presenta un desperfecto. Este dispositivo debe estar diseñado de tal forma que, cuando sea requerido, debe realizar la reconexión inmediata del circuito eléctrico para permitir la continuidad del sistema, luego que se ha producido su apertura a causa de una falla fugaz.

Debido a estas características su aplicación es generalizada en el sistema eléctrico de CNEL unidad de negocio Guayaquil, cumpliendo con el rol de enlazar las diferentes partes del sistema; las unidades de generación con los conjuntos de transmisión de potencia, estos a su vez con las redes de distribución primaria y las ultimas con las redes de utilización de la energía eléctrica.

3.2. Equipos que utiliza CNEL EP

3.2.1. Fusible S&C 150e 200e

Los fusibles de potencia SMD de S&C proporcionan protección confiable y económica contra todo tipo de fallas, hasta la mínima corriente de fusión; son muy adecuados para proteger bancos de condensadores y cables en subestaciones de distribución al aire libre de 34.5 kV hasta 138 kV (S&C Electric Company, 2019).

Estos SMD incorporan elementos fusibles de níquel-cromo o plata con características de tiempo-corriente muy precisas que se mantienen permanentemente, asegurando un rendimiento y planes de coordinación del sistema confiables. Los dispositivos aledaños a la fuente pueden configurarse para operar más rápidamente que otros fusibles o disyuntores,

proporcionando mejor protección al sistema sin afectar la coordinación (S&C Electric Company, 2019).

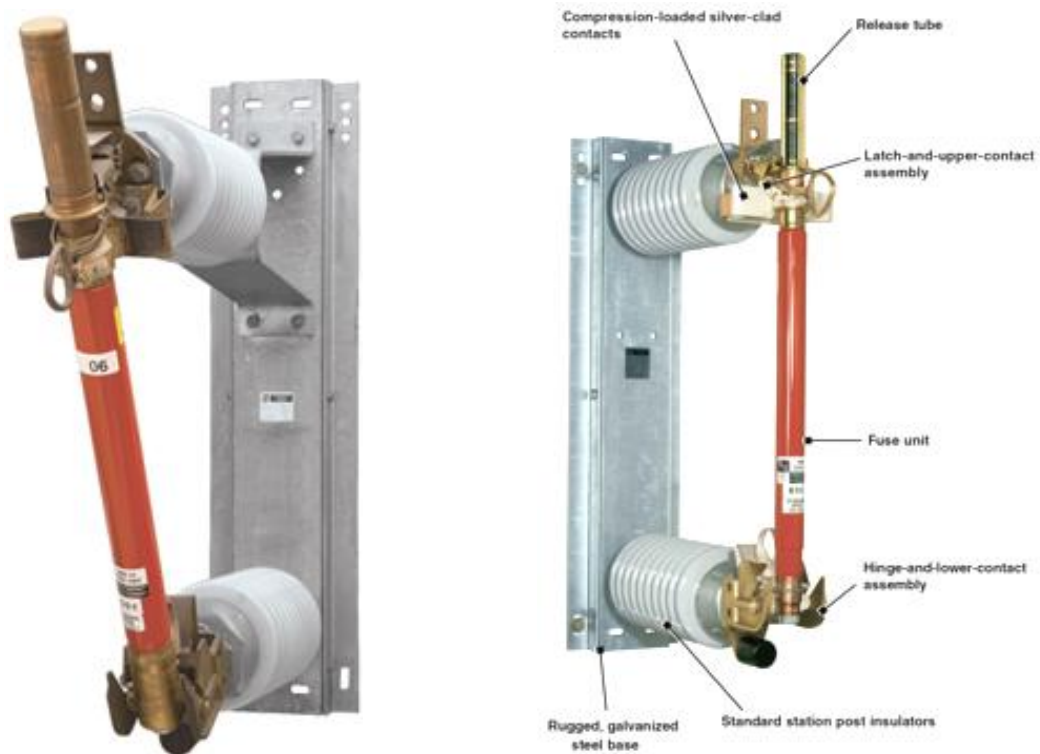


Figura 10. Fusibles S&C 150e y 200e que usan en subestaciones de CNEL
Fuente. (S&C Electric Company, 2019)

Los fusibles S&C 150e y 200e, existen nuevos modelos más compactos y con mejores prestaciones.

3.2.2. Interruptor de Tanque Muerto DT1-72.5

Se trata de un equipo de fiabilidad elevada en todos los elementos del conjunto, adecuados para proteger subestaciones de distribución al aire libre de hasta 72.5 kV, de 2000 a 3000A hasta 40 kA, tiene accionamiento tripolar, mecanismo a resorte FK3-1 y nivel de aislamiento básico (BIL) de 350 hasta 450 kV BIL voltajes de resistencia utilizados durante la prueba de impulso, dispone de un seccionador que asegura la función de aislamiento (Alstom, 2016).



Figura 11. Interruptor de Tanque Muerto DT1-72.5

Fuente. (Alstom, 2016)

Tabla 3. Plan de mantenimiento

§#	MA1	MA2	MA3	MA4	MA5	Action
	Yearly Walk-by	Maintenance every 5 to 7 years	Maintenance every 20 years	Maintenance after 10,000 cycles	Maintenance after Electrical Wear Limit is reached	
3.1	✓	✓	✓	✓	✓	Read and record the operating counter figures.
3.2	✓	✓	✓	✓	✓	Check the general visual appearance of switchgear: (corrosion, paint, etc.).
3.3	✓	✓	✓	✓	✓	Check SF ₆ pressure on density monitor. Top off with gas if necessary.
3.4	✓	✓	✓	✓	✓	Check the condition of air vents and heater operation.
3.5		✓	✓	✓	✓	Verify tightness of all external hardware with calibrated torque wrench according to TG-00007.
3.6		✓	✓	✓	✓	Check the switch points of the SF ₆ density monitor and check moisture and acidity content of gas.
3.7		✓	✓	✓	✓	Check the resistance of the main current path.
3.8		✓	✓	✓	✓	Inspect the bushing insulators.
3.9		✓	✓	✓	✓	Measure the operating times of poles and auxiliary contacts, at rated voltage and pressure.
3.10			✓		✓	Clean the inside of the tank of any particles.
3.11			✓			Change seals, reapply greases and lubricants.
3.12			✓		✓	Replace desiccant (and every time the a pole is opened)
3.12			✓			Replace cabinet seals.
3.14				✓		Replace the operating mechanism
3.15					✓	Call ALSTCOM to check the condition of the interrupter unit.

Fuente (Alstom, 2016).

Según establece su plan de mantenimiento, requieren ocasionalmente inspección visual de la base durante los recorridos por las subestaciones; después de 6 años se debe verificar corrosión, presión de gas SF6, puertos de ventilación y sistema de calefacción. Cada 12 años requieren mantenimiento relacionado a calidad del gas, uniones de cables y enlaces de conexión, función de los circuitos de control eléctrico y tiempo de operación; el seccionador requiere mantenimiento cada 1 a 4 años(Alstom, 2016).

El reacondicionamiento para ponerlo en condiciones normales de servicio, debe hacerse después de 2.500 operaciones a la corriente normal nominal o después de una corriente total, es decir 15 veces la corriente de corte nominal(Alstom, 2016).

Las características del tanque son:

Característica	Vantajas	Beneficio
Pieza única de aluminio	Menos probabilidad de fugas	Menos fugas de SF6
Menor volume interno	Menos SF6 es requerido	Menor riesgo para el ambiente Costo reducido
Proyecto de soportes de los TCs	Permite remover los TCs sin tener que retirar los bushings	Paradas mas cortas, costo de mano de obra reducido
	Permite mas combinaciones de TCs	No hay costo adicional para colocar mas TCs



Figura 12. Características del tanque

Fuente. (Alstom, 2016)

El esquema de su sistema de gas SF6 es.

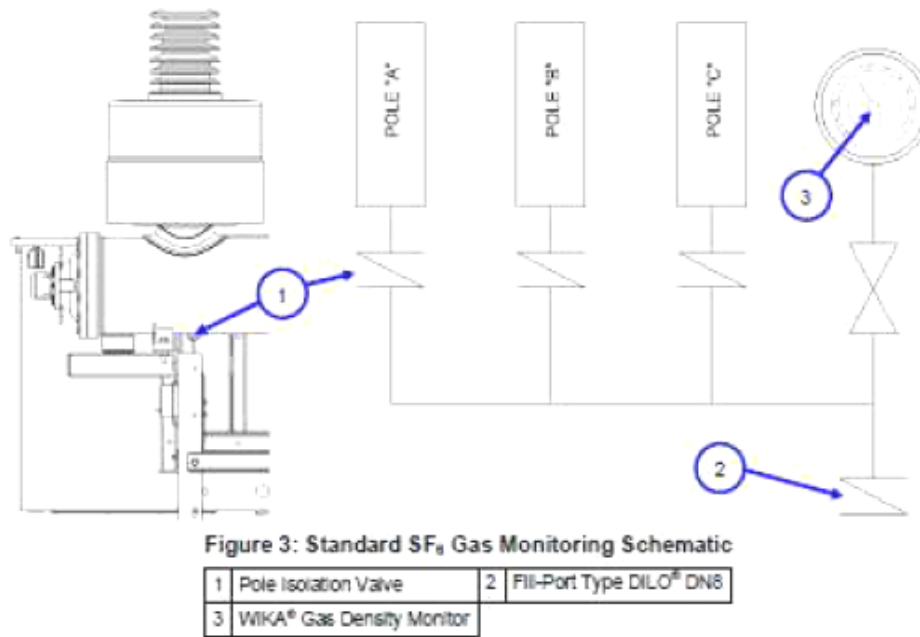


Figura 13. Sistema de gas SF₆

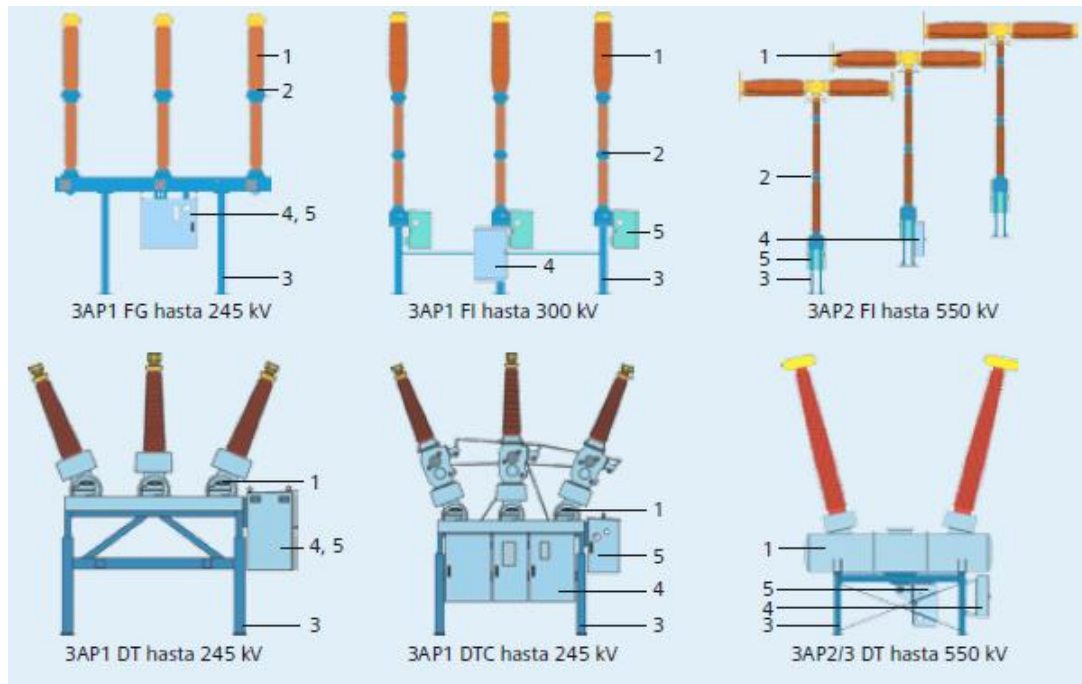
Fuente. (Alstom, 2016)

3.2.3. Interruptores de potencia Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV

La serie 3AP está disponible en tensiones de 72,5 kV a 800 kV, para valores de tensión de hasta 300 kV vienen acondicionados con una cámara por polo; tienen un mecanismo de accionamiento por resorte y cámaras de extinción de auto compresión (Siemens, 2013).

Los elementos de interrupción para tensiones nominales de 72,5 kV hasta 300 kV se trasladan pre ensamblado y testeado; se pueden instalar de manera inmediata en la subestación para disponer de un interruptor de potencia satisfactorio. Para instalar un interruptor de ese tipo se requiere solo de 12 horas de trabajo a cargo de un solo técnico; considerando que el equipo viene bajo prueba desde la fábrica, disminuye el tiempo para arrancar el servicio al mínimo, no se requieren herramientas o equipos especiales para su instalación (Siemens, 2013).

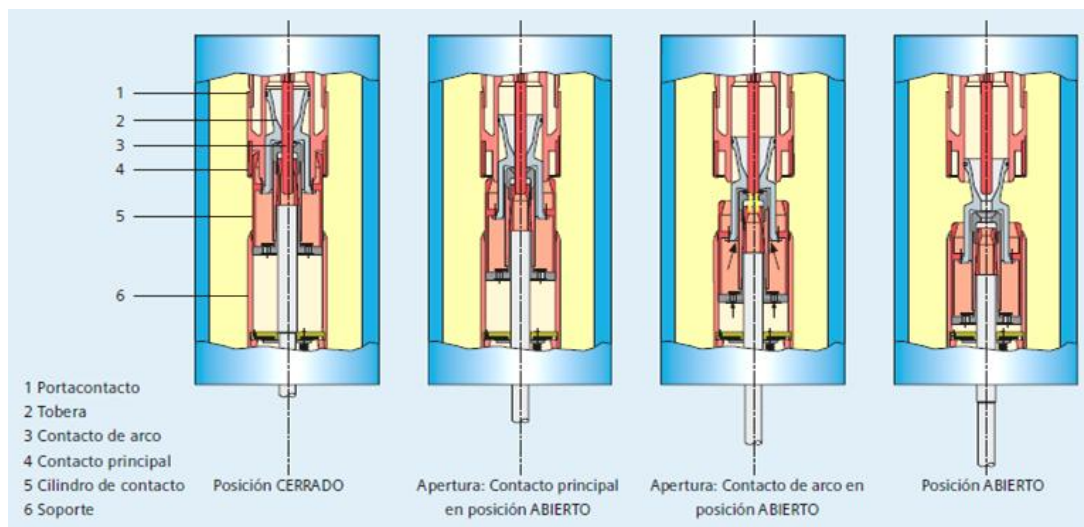
Operan de manera confiable y son capaces de soportar cargas mecánicas muy altas; los aditamentos que sirven como aislantes fabricados en material de cerámica, muy resistentes y un diseño óptimo, le proporcionan la garantía de trabajar bajo condiciones sísmicas sin inconvenientes, permitiendo un elevado rendimiento (Siemens, 2013).



Partes. 1 cámara de extinción; 2 aislador soporte; 3 pilar; 4 armario de control y 5 armario de operación

Figura 14. Interruptores de potencia Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV

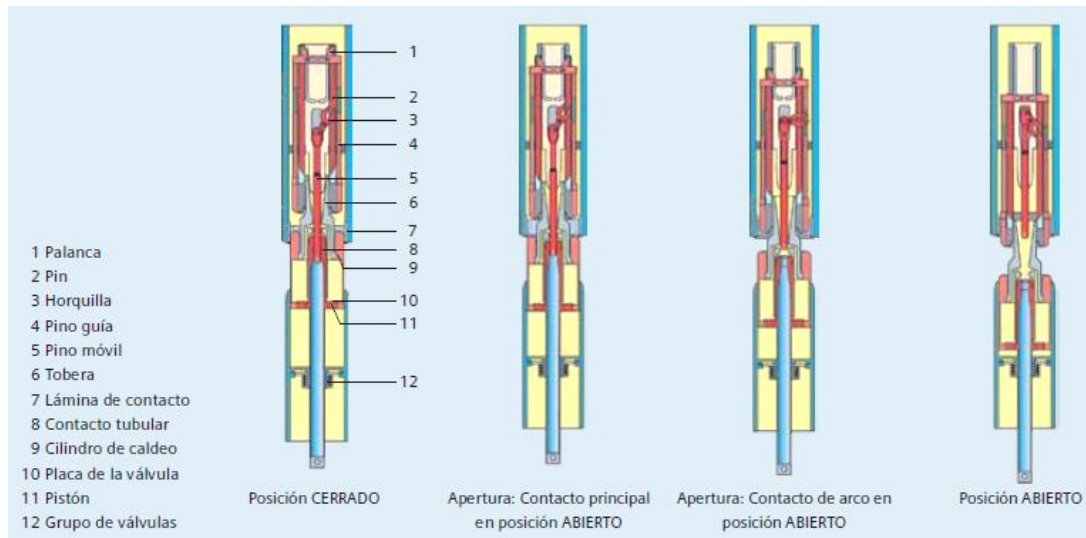
Fuente. (Siemens AG, 2013)



El circuito principal de cada polo comprende porta contactos (1), el cilindro de caldeo (5) y el soporte (6); en estado cerrado la corriente circula por el contacto principal (4), paralelo a éste está el contacto de arco (3). Durante la apertura se abre el contacto principal (4) y la corriente conmuta al contacto de arco aún cerrado, luego abre el contacto de arco (3) y se genera un arco eléctrico; simultáneamente el cilindro de caldeo (5) se desplaza hacia el soporte (6) y comprime el gas SF6 contenido, desplazándolo en sentido contrario al movimiento del contacto móvil, fluye a través del cilindro de caldeo (5) hacia el contacto de arco (3) y extingue el arco.

Figura 15. Forma de funcionamiento interruptores Siemens 3AP1 FG

Fuente. (Siemens AG, 2013)



Durante la interrupción de corrientes de cortocircuito de alta intensidad la energía del arco calienta considerablemente el gas SF₆ alrededor del contacto de arco. Consecuentemente aumenta la presión en el cilindro de caldeo y genera un flujo de gas a través de la tobera (2) que extingue el arco eléctrico. En este caso se aprovecha la energía del arco para interrumpir la corriente de cortocircuito. Esta energía no debe ser suministrada por el accionamiento.

Figura 16. Corte de corrientes de cortocircuito

Fuente. (Siemens AG, 2013)

Las características técnicas de los interruptores de potencia Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV son:

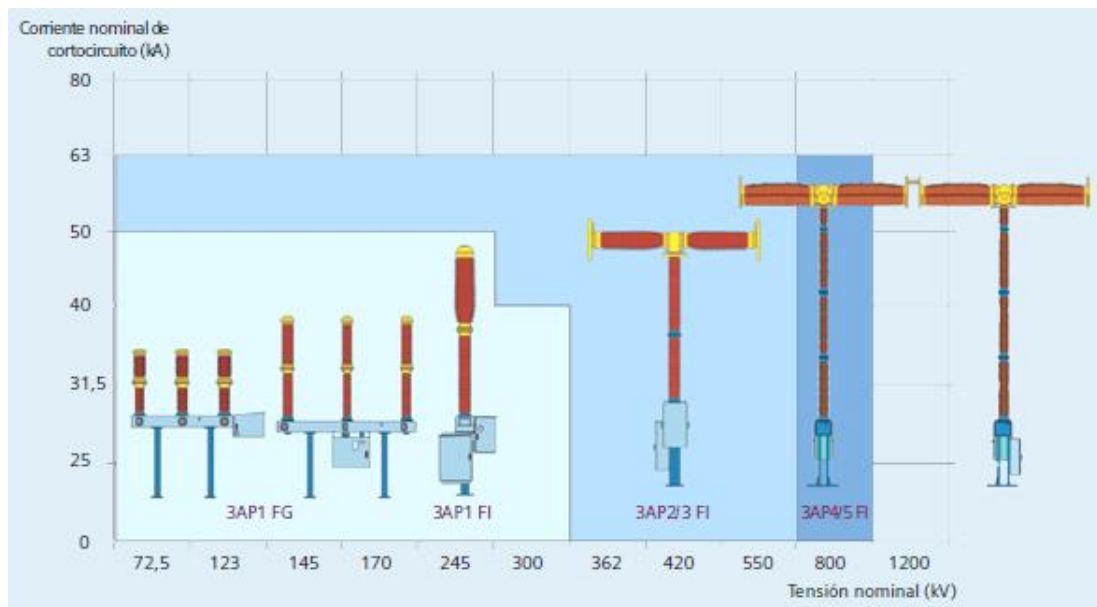


Figura 17. Características técnicas

Fuente. (Siemens AG, 2013)

Tabla 4. Especificaciones técnicas

Tipo		3AP1						3AP2/3		3AP4/5	
Tensión nominal	kV	72,5	123	145	170	245	300	420	550	800	
Cantidad de cámaras de extinción por polo		1						2		4	
Tensión de prueba a frecuencia industrial, 1 min	kV	140	230	275	325	460	460	610	800	830	
Tensión de prueba de impulso por rayo (1,2 x 50 µs)	kV	325	550	650	750	1050	1050	1425	1550	2100	
Tensión de prueba de impulso de maniobra	kV	-						850	1050	1175	1425
Corriente nominal, hasta	A	2500	4000	4000	4000	4000	4000	5000	5000	5000	
Corriente nominal de corta duración, hasta	kA _(ms)	31,5	40	40	40	50	40	63	63	63	
Corriente nominal de cortocircuito, hasta	kA	31,5	40	40	40	50	40	63	63	63	
Rango de temperatura	°C	-55 a +55									
Ciclo nominal de operación		0-0,3 s-CO-3 min-CO o CO-15 s-CO									
Tiempo de ruptura		3 ciclos						2 ciclos			
Frecuencia	Hz	50 o 60									
Mantenimiento después de		25 años									

Fuente. (Siemens AG, 2013)

Los equipos con tensiones nominales de 72,5 kV a 300 kV se transportan premontados y probados, pueden montarse rápidamente en la subestación, una persona calificada puede hacerlo en doce horas de trabajo; debido a que el equipo viene testado desde la fábrica, minimizándose el tiempo para ponerlo en marcha cuando se lo requiera, para su instalación no se requieren herramientas o equipos especiales (Siemens, 2013).

En cuanto a aspectos de mantenimiento, estos equipos requieren de una primera inspección luego de 12 años o de 3.000 ciclos de maniobra; el primer mantenimiento es necesario luego de 25 años o de 6.000 ciclos de maniobra (Siemens AG, 2013).

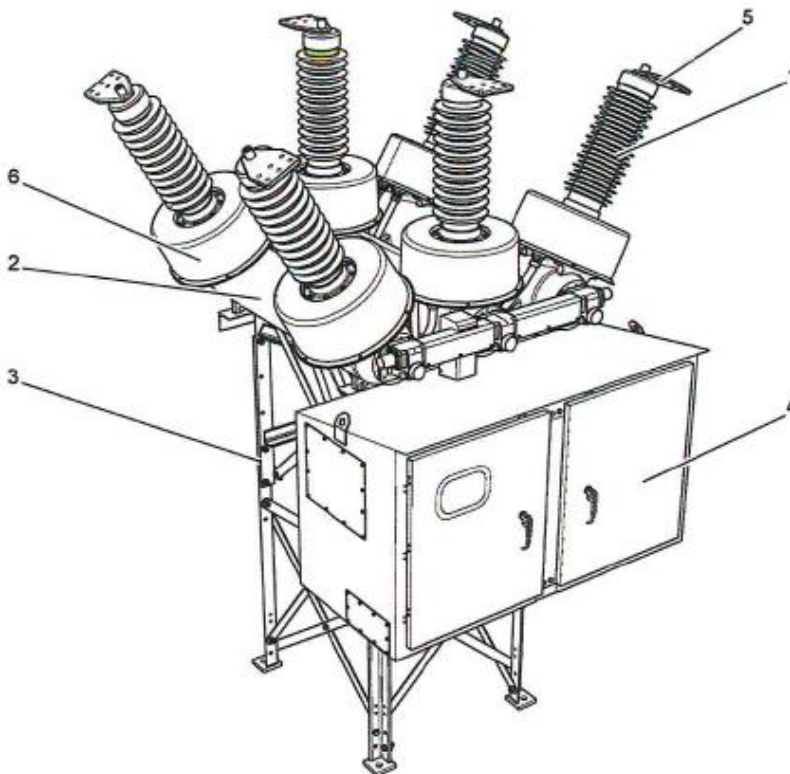
La primera inspección se requiere a partir de 12 años o cuando cumpla 3.000 ciclos de operación. El primer mantenimiento es sugerido hacerlo luego de transcurridos 25 años o cumplidos los 6.000 ciclos. Los repuestos y kits de mantenimiento están disponibles durante al menos 25 años después del suministro del interruptor (Siemens, 2013).

3.2.3. Interruptor de circuito de alta tensión ABB 72PM40-C

Los interruptores automáticos de circuito de alta tensión ABB 72PM40-C, tienen un diseño de circuito de tanque muerto y abarcan voltajes desde 72.5 kV a 800 kV (ABB Inc., 2016).

Los interruptores ABB 72PM40-C cumplen las normas de resistencia “ANSI / IEEE C37.09; ANSI / IEEE C37.04; ANSI / IEEE C37.06; ANSI / IEEE C37.06.1; IEC 62271-1 e IEC 62271-100” (ABB Inc., 2016) y disponen de las certificaciones “ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001”(ABB Inc., 2016).

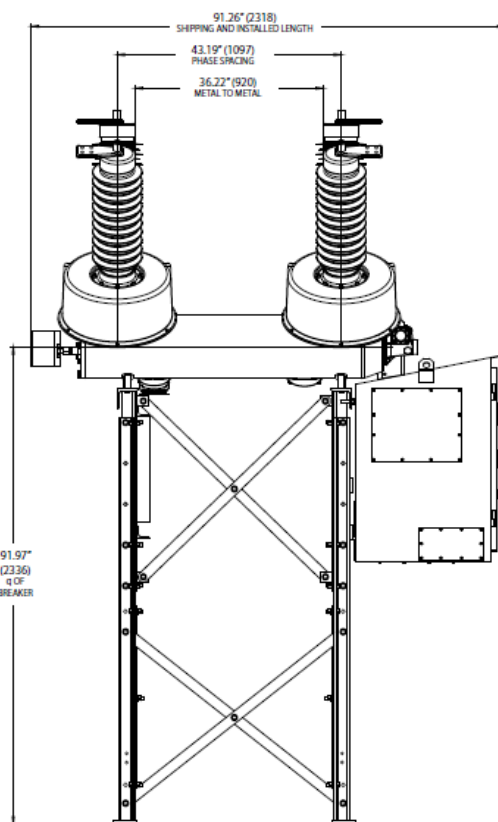
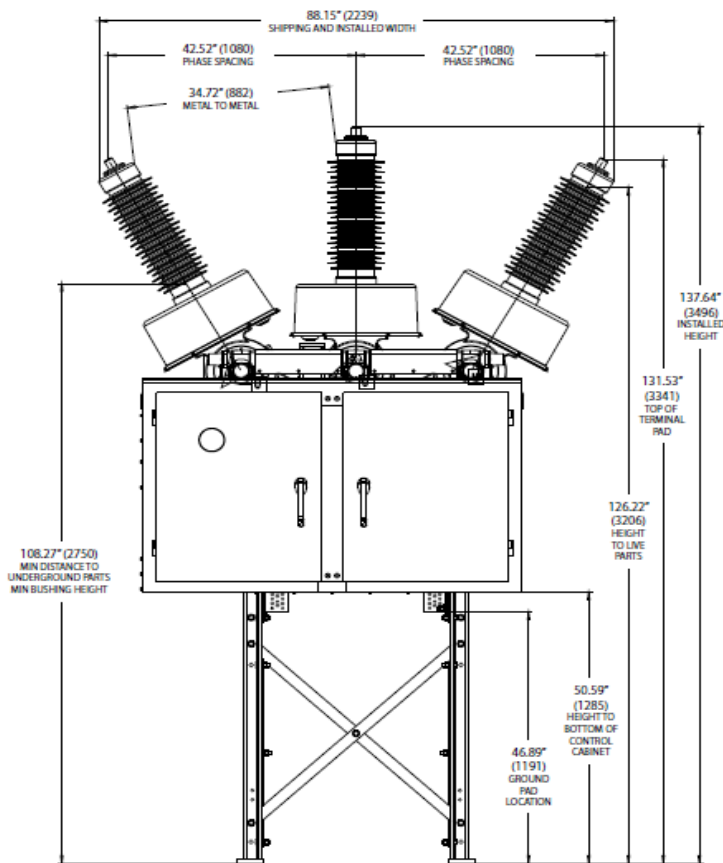
El modelo 72PM40-C puede aplicarse a líneas aéreas de transmisión, aplicaciones de transformador, y aplicaciones de conmutación capacitiva(ABB Inc., 2016).



1. Aisladores con conductores; 2. Depósito con interruptor de soplado; 3. Soporte; 4. Gabinete de control principal con mecanismo de operación MSD1; 5. Terminal de alta tensión; 6. Transformador de corriente.

Figura 18. Componentes del interruptor ABB 72PM40-C

Fuente. (ABB Inc., 2016)



Height - installed	137.64 in (3496 mm)
Width - installed	88.15 in (2239 mm)
Length - installed	91.26 in (2318 mm)
Shipping weight	5809.18 lb (2635 kg)
Footprint of frame	37.0 in x 43.0 in (940mm x 1092mm)
Phase spacing	42.52 in (1080 mm)
Minimum height to ungrounded parts	108.27 in (2750 mm)
Typical installed weight with porcelain bushings and maximum BCT's	6084.76 lb (2760 kg)

Figura 19. Especificaciones del interruptor ABB 72PM40-C

Fuente. (ABB Inc., 2016)

Estos interruptores modulares son de alto rendimiento, están estructurados en una sola pieza, mediante su tecnología minimiza los componentes de aislamiento de la línea de tierra, emplea SF6 como medio aislante(ABB Inc., 2016).

El equipo puede llevar aisladores de silicona y porcelana, según las necesidades de las aplicaciones y las condiciones ambientales; el transformador de corriente es de buje deslizante (BCT) lo que facilita su extracción o recambio de forma segura y sin tener que retirar los bujes(ABB Inc., 2016).

Los resortes de cierre del mecanismo MSD1 generan suficiente fuerza de accionamiento para cerrar el interruptor y cargar el resorte de apertura; después de cada operación de cierre, un motor acciona el engranaje de para recargar automáticamente los resortes de cierre; el interruptor automático puede efectuar un recierre rápido con un intervalo de tiempo muerto de 0,3 s(ABB Inc., 2016).

El disyuntor 72PM40-C está certificado para conmutación capacitiva Clase C2 y resistencia mecánica Clase M2 (10,000 operaciones); logra una clasificación total de hasta 72 kV, 40 kA., está diseñado para una vida mínima de treinta años en entornos operativos normales. Ya que utiliza SF6 como medio aislante, por su diseño de punta tiene una tasa de fuga de menos del 0.5% por año(ABB Inc., 2016).

El interruptor 72PM40-C se provee totalmente ensamblado y lleno con una presión positiva de SF6, por lo que su tiempo de instalación es muy rápido, y solo se requieren herramientas estándar para la instalación, inspección, mantenimiento y reparación normales(ABB Inc., 2016).

Las especificaciones técnicas del equipo son:

Tabla 5. Especificaciones técnicas interruptor 72PM40-C

Rated per ANSI and IEC standards			
Maximum continuous voltage	kV	72.5	
Operating frequency	Hz	50 / 60	
Interrupting time		3 cycles (50 ms)	
Impulse withstand voltage			
2 μ -sec chopped wave	kV Peak	452	
Full wave lightning impulse (BIL)	kV Peak	350	
Power frequency withstand voltage			
60 Hz 1 minute dry withstand	kV	160	
60 Hz 1 minute wet withstand	kV	140	
Continuous current	A	2000, 3000, 3150 ⁽¹⁾	
Close and latch current	kA	104	
Short circuit breaking current	kA	40	
Minimum operating gas pressure @ 20° C	psig / MPa, abs	48 / 0.43	
Normal operating gas pressure @ 20° C	psig / MPa, abs	58 / 0.50	
Permissible ambient temperature	°C	-50 to +55 ⁽¹⁾	
Interrupter enclosure		dead tank	
Configuration		3 pole units on single frame	
Design			
Expected lifetime	yrs	\geq 30	
Dimensions (H x W x L)	ft / mm	11.47 x 7.35 x 7.60 / 3496 x 2239 x 2318	
Weight, SF ₆ gas	lbs / kg	22 / 10	
Operating mechanism			
Type		spring-spring, type MSD1	
Quantity per breaker		1	
Energy storage		torsion spring	
Standard operating duty		O-0.3s-CO-15s-CO	
Seismic rating		0.5g value per IEEE 693	
Charging source		universal motor	
Charging motor	Available voltages	48 VDC 110 - 125 VDC or VAC 220 - 250 VDC or VAC	
	Power	900 W	
	Operating current	10 A @ 48 V 12 A @ 110 V 6 A @ 220 V	
	Peak starting current	125 A @ 48 V 50 A @ 110 V 25 A @ 220 V	
	Max recharge time	15 seconds	
	Available voltages	48 VDC 110-125 VDC 220-250 VDC	
	Trip and close coils	Current	Trip
Close			10 A @ 48 V 2.1 A @ 110 V 4.4 A @ 110 V 2.0 A @ 220 V

Above are not necessarily limiting values; further information available upon request.

Notes

⁽¹⁾ Requires tank heaters on applications with ambient temperatures less than -40° C

⁽²⁾ Limited continuous current ratings at greater than +40 C

Fuente. (ABB Inc., 2016)

3.3. Opinión de expertos

Con el fin de establecer si los interruptores de potencia con gas SF6 que emplea CNEL EP en la unidad de negocio Guayaquil, son idóneos para

evitar daños por fallas en transformadores de poder en las subestaciones típicas, se ha consultado la opinión de tres expertos.

- Experto 1. Ing. Luis Lascano Rodríguez Msc., Jefe de Reparaciones del Sector 2, Empresa Eléctrica Quito. Experiencia 32 años en el sector.
- Experto 2. Ing. Carlos Cueva Andrade, Gerente de Proyectos Eléctricos de la empresa constructora Ática International S.A. Experiencia 24 años en el sector.
- Experto 3. Ing. Beatriz Albán Ruiz MBA, Gerente de Proyectos Eléctricos de la empresa Intraelectric Inc. Experiencia 25 años en el sector.

¿Cuál es la importancia de los interruptores en un sistema eléctrico de potencia?

Las sobrecargas eléctricas pueden dañar equipos e incluso provocar incendios, los interruptores de potencia sirven para proteger a los equipos de la red y al personal que labora en estos sistemas; son dispositivos de desconexión que permiten un mejor manejo de la energía eléctrica; ya que actualmente se manejan corrientes de hasta 100 kA y voltajes de hasta 1150 kV, los retos para los diseñadores de los interruptores es que los dispositivos además de conducir e interrumpir las corrientes de operación, puedan interrumpir las corrientes de falla (Lascano, 2019).

El comportamiento de los interruptores en condiciones normales o de falla es muy importante, por lo que debe asegurarse que cumplan adecuadamente sus funciones, consecuencia de ello se refleja en el diseño y la descripción de las especificaciones, por lo que es necesario tomar en cuenta las normativas, que sugiere especificaciones tomadas de la experiencia, apoyo tecnológico y la conveniencia acordada entre industriales y usuarios respecto a factores de diseño, colaboración y ensayos de estos dispositivos. En el Ecuador las normas empleadas son las emitidas por la American National Standards Institute (ANSI) y por la International Electrotechnical Commission (IEC); ambas se emplean a nivel mundial, las más populares son las IEC(Cueva, 2019).

¿Qué tipos de interruptores de potencia existen y cuáles son sus diferencias?

Los interruptores de potencia son fusibles o disyuntores (interruptores automáticos), ambos realizan la función de interrupción del flujo de la corriente de falla en equipos o sistemas, pero son diferentes entre sí en aspectos de construcción y operación, y en la forma en que cortan la corriente. Un disyuntor es un dispositivo mecánico que realiza operaciones de conmutación en un circuito eléctrico en las condiciones normales y anormales, están equipados con una bobina de disparo conectado a un dispositivo de relé, diseñado para detectar condiciones anormales y cerrar el circuito de disparo(Albán, 2019).

Un fusible está hecho de una pieza de metal que se rompe cuando se calienta por encima de una temperatura, los disyuntores disponen de mecanismos conmutadores que se activan por un aumento de la tensión eléctrica. Los fusibles tienden a responder más rápido que los interruptores, pero tras su repuesta hay que sustituirlos(Albán, 2019).

Los fusibles se basan en el efecto de calentamiento de la corriente eléctrica y los interruptores en el principio de conmutación común. El fusible se utiliza para la detección de la avería y la interrupción del circuito, y los disyuntores realizan funciones de conmutación de operaciones (hacen y deshacen las operaciones) por sí solos, detectan fallos a través del relé de protección(Cueva, 2019).

¿Cuál es el principio de funcionamiento de los fusibles y disyuntores?

Cuando la electricidad fluye normal los fusibles permiten su paso a través del filamento entre los distintos circuitos de la instalación. Si ocurre una sobrecarga el filamento se calienta y derrite, impidiendo el flujo eléctrico(Lascano, 2019).

Un disyuntor puede funcionar con un electroimán (o solenoide) o con una tira bimetálica; cuando está en posición de encendido permite el paso de la corriente eléctrica desde un terminal a otro a través del solenoide o la tira, cuando la corriente supera un nivel, la fuerza magnética en el solenoide aumenta hasta que empuja la palanca metálica del conmutador interno

interrumpiéndose el paso de la corriente; en el caso de las tiras, estas se doblan empujando la palanca del interruptor y rompiendo la conexión. Otro uso de los disyuntores es en interruptores de circuito con detección de falla a tierra, ya que responden al equilibrio de la corriente eléctrica y no al sobrecalentamiento, si no hay balance en la corriente eléctrica el interruptor corta el paso evitando descargas(Lascano, 2019).

¿Qué ventajas y desventajas presentan los diferentes tipos de interruptores de potencia?

Los fusibles e interruptores automáticos (disyuntores) tienen ventajas y desventajas comparativas, que hacen que la elección de uno u otro dependa de la situación concreta. Los fusibles son baratos y reaccionan muy rápido a las sobrecargas ofreciendo más protección, lo que es muy importante en dispositivos electrónicos muy sensibles y costosos; esta reacción rápida puede ser una desventaja si se está en un circuito con picos regulares que alcancen el punto de ruptura de los fusibles(Albán, 2019).

La operación de los disyuntores puede ser completamente automática, mediante relés, y la operación de los fusibles es manual. Los fusibles deben reemplazarse cuándo saltan, lo que es un inconveniente para los usuarios que dejan temporalmente de recibir la provisión del servicio y puede ser peor si no se dispone de los repuestos. Los disyuntores son costosos, a nivel de equipo, instalación, mantenimiento y reparación, el costo de los fusibles es mucho menor(Albán, 2019).

Los disyuntores no reaccionan tan rápido como los fusibles, por lo que los dispositivos electrónicos conectados al circuito podrían dañarse antes que el automático salte por una sobrecarga. El tiempo de activación o respuestas de los fusibles es 0,002 segundos y el de los disyuntores 0.02 segundos. En cuanto a la capacidad de ruptura, en el fusible es pequeña, en los disyuntores es grande(Cueva, 2019).

Los fusibles se utilizan comúnmente para proteger cables de baja y media tensión, luces, circuitos de potencia, transformadores de clasificación de hasta 200 kVA; para proteger circuitos de alto voltaje se prefieren disyuntores pues las posibilidades de ocurrencia de un fallo son mayores.

Ambos tipos de interruptores no pueden intercambiarse en todas las situaciones, por ejemplo, un fusible no puede emplearse como un interruptor de circuito de falla a tierra(Cueva, 2019).

Respecto a los interruptores de potencia con gas SF6, fusible S&C 150e 200e; interruptor Alstom de tanque muerto DT1-72.5; interruptor de potencia Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV, e interruptor de circuito de alta tensión ABB 72PM40-C, que CNEL EP emplea en la unidad de negocio Guayaquil, para evitar daños por fallas en transformadores de poder en las subestaciones típicas.

¿Qué tan adecuados considera usted son para este fin y cuál de ellos es mejor?

Como señala Albán (2019), los interruptores de potencia deben proveer protección por sobrecarga, cortocircuito y de fallas internas. Cueva (2019) señala que los fusibles de la serie 20 de S&C son altamente confiables y adecuados para proteger transformadores en subestaciones de distribución de 34.5 kV a 138 kV, pero no conoce los modelos 150e y 200e que usa CNEL; Lascano (2019) señala que la Empresa Eléctrica Quito dejó de usar este modelo de fusible hace 8 años porque S&C Electric Company notificó su reemplazo por la serie 20 que tiene elementos más compactos y con mejores prestaciones. Respecto al interruptor Alstom DT1-72.5, Albán (2019) verifica que se trata de un equipo de alta fiabilidad, resistencia y apto para proteger subestaciones de distribución al aire libre de hasta 72.5 kV, de 2000 a 3000A hasta 40 kA, sin embargo personalmente prefiere los de marca Siemens y ABB porque a nivel del país ofrecen un soporte técnico inmediato.


Por su parte Lascano (2019) señala que los interruptores de potencia con sistema de extinción de gas SF6 Alstom DT1-72.5, Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV, y ABB 72PM40-C tienen niveles de fiabilidad, resistencia y respaldo similares, que todos ellos son aptos para proteger generadores en subestaciones de distribución al aire libre de hasta 72.5 kV, de 2000 a 3000A hasta 40 kA, y que todos cumplen las sugerencias del Cap.8 de la normativa IEC 62271-100 (IEC, 2015), para seleccionar interruptores de potencia con gas SF6; sus criterio es que los de la marca ABB son levemente menos


costosos que los de marca Alstom y Siemens. Cueva (2019) tiene una opinión similar a Lascano en cuanto a los atributos de los equipos, pero no conoce a detalle los aspectos económicos de los productos.

Al pedir a los expertos que analicen los datos correspondientes a la carga, potencia y demanda observadas el mes de agosto de 2018 en las diversas subestaciones de la ciudad de Guayaquil.


Tabla 6 Información estadística 08 2018 CNEL EP – Guayaquil


SUBESTACION	CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL DEMANDAS DE ALIMENTADORES Y CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA - AGOSTO 2018												
	INFORMACION DEL ALIMENTADOR					INFORMACION DEL TRANSFORMADOR						INFORMACION DEL SISTEMA	
	NOMBRE DEL ALIMENTADOR	Demanda Mínima [MW]	Demanda Media [MW]	Demanda Máxima Registrada [MW]	Factor de Potencia	Transformador	[MVA] OA	[MVA] FOA	DEMANDA MAX REGISTRADA MES (MW)	Fp de la Subestacion	CARGA BILIDA D % OA	CARGA BILIDA D % FA	Fecha y hora de la Demanda máxima del sistema 17/8/2018 3:30:00 PM DEMANDA COINCIDENTE DEL SISTEMA (MW)
ALBORADA 1	ALBORADA	1.72	3.38	5.57	1.00	T1	18.00	24.00	17.44	0.99	97.79%	73.34%	16.76
	BENJAMIN CARRION	1.49	2.96	5.03	1.00								
	SATRION	0.73	1.82	6.76	1.00								
	T.MARENGO	0.93	1.85	4.25	1.00								
ALBORADA 2	ACUARELA	1.70	2.96	4.19	1.00	T1	18.00	24.00	16.02	1.00	89.10%	66.82%	15.62
	COMEGUA	0.99	2.13	3.65	1.00								
	ISIDRO AYORA	1.06	1.99	3.17	1.00								
	PARRA	2.54	4.11	5.74	0.98								
AMERICA	KENNEDY	0.79	1.68	3.03	1.00	T1	18.00	24.00	15.87	0.98	90.12%	67.59%	15.00
	M.H.ALCIVAR	0.83	1.60	2.83	1.00								
	OLIMPO	1.29	2.46	4.58	1.00								
	PLAZA DANIN	1.55	3.32	5.48	0.98								
ASTILLERO	CORONEL	1.55	3.47	7.04	0.99	T1	18.00	24.00	13.00	1.00	72.55%	54.41%	12.88
	ESMERALDAS	1.24	1.84	7.86	1.00								
	ALFARO	1.15	2.26	5.56	1.00								
	ORO	1.54	2.89	6.52	1.00	T2	18.00	24.00	10.83	1.00	60.47%	45.35%	10.26
	RUMICHACA	1.00	1.70	6.09	1.00								
CHILE	0.58	1.60	5.77	1.00									
ATARAZANA	ATARAZANA 1	1.52	2.78	5.17	1.00	T1	18.00	24.00	14.98	1.00	83.29%	62.47%	14.04
	ATARAZANA 2	1.38	2.78	4.90	1.00								
	ATARAZANA 3	1.35	2.97	5.48	1.00								
AYACUCHO	C. ROMERO	0.85	1.83	3.83	1.00	T1	18.00	24.00	15.66	0.99	88.07%	66.05%	15.04
	CENTRO PARK	0.57	1.37	3.08	0.94								
	LUQUE	0.74	1.93	3.90	1.00								
	PICHINCHA	1.24	2.50	4.97	1.00								
BELO HORIZONTE	BOSQUES DE LA COSTA	1.87	3.17	4.77	1.00	T1	18.00	24.00	11.34	1.00	63.09%	47.32%	11.21
	PUERTO AZUL	1.35	2.15	2.87	1.00								
	BELO HORIZONTE	0.48	0.85	1.29	0.98								
	PORTAL AL SOL	1.14	2.04	2.86	0.96								
BIEN PUBLICO	QUISQUIS	0.36	0.64	2.13	0.95	T1	18.00	24.00	7.13	0.94	42.21%	31.66%	2.58
	MASCOTE	0.51	1.09	6.62	0.95								


 CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL DEMANDAS DE ALIMENTADORES Y CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA - AGOSTO 2018													
INFORMACION DEL ALIMENTADOR						INFORMACION DEL TRANSFORMADOR						INFORMACION DEL SISTEMA	
SUBESTACION	NOMBRE DEL ALIMENTADOR	Demanda Mínima [MW]	Demanda Media [MW]	Demanda Máxima Registrada [MW]	Factor de Potencia	Transformador	[MVA] OA	[MVA] FOA	DEMANDA MAX REGISTRADA MES (MW)	Fp de la Subestacion	CARGA BILIDA D % OA	CARGA BILIDA D % FA	Fecha y hora de la Demanda máxima del sistema 17/8/2018 3:30:00 PM DEMANDA COINCIDENTE DEL SISTEMA (MW)
HUANCAVILCA	PEDRO MONCAYO	1.09	1.87	3.03	0.94	T1	18.00	24.00	3.03	0.94	17.96%	13.47%	2.92
	A. CASTILLO	0.83	1.92	3.48	1.00	KENNEDY NORTE	T1	18.00	24.00	16.80	0.99	94.09%	70.57%
PLAZA DEL SOL	1.25	2.93	6.31	1.00									
URDENOR	0.88	2.84	6.83	1.00									
CAMARAS	1.49	2.67	4.98	1.00									
CENTRUM	0.96	2.65	5.95	0.95									
WORLD TRADE	0.00	0.00	0.00	0.00	T2	18.00	24.00	16.84	0.98	95.47%	71.61%	14.25	
	SAN MARINO	0.60	2.22	6.60									0.95
LOTES ALEGRIA	EXPOGRANOS	1.65	3.00	5.08	0.99	T1	18.00	24.00	7.73	0.97	44.31%	33.23%	7.27
	COLINAS AL SOL	1.37	2.23	4.76	0.91								
MAPASINGUE	MAPASINGUE 4	1.48	3.31	5.24	0.98	T1	18.00	24.00	17.18	0.99	96.12%	72.09%	16.41
	MAPASINGUE 5	0.55	1.51	3.32	1.00								
	MAPASINGUE 7	2.07	4.14	5.77	0.98								
	MAPASINGUE 8	1.35	2.86	4.13	0.99	T2	18.00	24.00	17.26	0.99	96.98%	72.73%	15.84
	MAPASINGUE 1	1.55	3.03	4.72	0.99								
	MAPASINGUE 2	1.59	4.06	6.93	1.00								
	MAPASINGUE 3	2.34	3.87	5.32	1.00								
MAPASINGUE 6	0.22	0.55	1.02	1.00	MI LOTE	T1	12.00	16.00	3.01	0.96	26.09%	19.57%	2.52
MILOTE 1	1.08	2.05	3.00	0.96									
MUCHO LOTE	PLAZA VICTORIA	0.46	0.81	1.32	0.97	T1	18.00	24.00	9.52	0.99	53.53%	40.15%	7.82
	PARAISO DEL RIO	0.80	1.45	2.30	0.96								
	GERANIOS	0.44	0.86	1.29	1.00								
	MAGISTERIO	1.68	2.99	4.67	0.98								
ORQUIDEAS	RANCHOS	0.51	1.03	1.57	1.00	T1	18.00	24.00	9.33	1.00	52.03%	39.02%	8.50
	MUCHO LOTE	1.09	1.93	3.20	1.00								
	ORQUIDEAS	1.38	2.43	3.69	0.94								
	METROPOLIS	0.49	0.98	2.81	1.00	T2	18.00	24.00	14.29	1.00	79.54%	59.65%	13.03
	LIMONCOCHA	1.92	3.34	4.78	1.00								
	GOMEZ LINCE	3.41	5.21	6.88	0.97								
	MARISCAL SUCRE	0.91	1.41	2.04	1.00								
MALAGA	0.32	0.54	0.83	0.96									

 CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL DEMANDAS DE ALIMENTADORES Y CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA - AGOSTO 2018													
INFORMACION DEL ALIMENTADOR						INFORMACION DEL TRANSFORMADOR						INFORMACION DEL SISTEMA	
SUBESTACION	NOMBRE DEL ALIMENTADOR	Demanda Mínima [MW]	Demanda Media [MW]	Demanda Máxima Registrada [MW]	Factor de Potencia	Transformador	[MVA] OA	[MVA] FOA	DEMANDA MAX REGISTRADA MES (MW)	Fp de la Subestacion	CARGA BILIDA D % OA	CARGA BILIDA D % FA	Fecha y hora de la Demanda máxima del sistema 17/8/2018 3:30:00 PM DEMANDA COINCIDENTE DEL SISTEMA (MW)
BOYACA	MALECON	1.15	2.49	4.10	1.00	T1	18.00	24.00	11.68	1.00	65.02%	48.77%	11.41
	MENDIBURO	0.50	1.33	2.77	0.97								
	NUEVA BOYACA	0.36	0.87	1.64	0.97								
	PADRE SOLANO	0.99	2.02	3.56	1.00	T2	18.00	24.00	14.27	1.00	79.36%	59.52%	13.49
	PANAMA	2.96	4.26	6.53	0.98								
	ROCAFUERTE	1.04	2.01	4.15	1.00								
	CORDOVA	0.78	1.84	3.78	1.00								
PREVISORA	0.00	0.00	0.00	0.00	CEIBOS	T1	18.00	24.00	14.40	0.99	80.66%	60.49%	13.91
CARLOS JULIO	1.21	2.74	5.92	1.00									
MIRAFLORES	0.81	1.64	3.76	1.00									
NORTE	2.44	4.41	6.15	1.00									
LOS CEIBOS	2.48	3.91	6.28	1.00									
CERRO BLANCO	URDESA	1.12	2.19	3.97	1.00	T2	18.00	24.00	15.17	1.00	84.70%	63.52%	14.85
	LAS LOMAS	2.13	3.81	5.94	1.00								
	VALLE ALTO	1.27	2.44	3.37	1.00								
CHONGON	PUERTO HONDO	1.73	3.91	6.14	1.00	T1	18.00	24.00	14.74	0.99	82.34%	61.76%	14.35
	VIA AL SOL	0.45	0.81	1.20	0.97								
	CERRO BLANCO 4	0.41	2.71	4.72	0.96								
CUMBRES	CHONGON	0.79	1.35	2.07	0.96	T1	18.00	24.00	6.54	0.99	36.89%	27.67%	6.25
	LOS ANGELES	1.07	2.76	4.47	1.00								
	ODEBRETCH	0.02	0.22	0.44	0.94								
ESMERALDAS	CELOPLAST	1.43	2.01	6.18	1.00	T1	18.00	24.00	14.29	0.99	79.84%	59.88%	14.05
	SANTA CECILIA	2.77	4.20	5.44	1.00								
	CEIBOS NORTE	0.56	0.88	1.27	0.97								
	CUMBRES 4	1.99	3.57	5.59	0.97	T2	18.00	24.00	13.65	0.99	76.22%	57.17%	11.85
	ACACIAS	2.26	3.72	5.44	1.00								
	AV. EJERCITO	0.64	0.98	1.41	1.00								
	TRUJILLO	0.97	1.73	2.58	1.00								
TULCAN	2.09	3.17	4.46	1.00	T1	18.00	24.00	13.65	0.99	76.22%	57.17%	11.85	
4 DE NOVIEMBRE	2.31	3.50	5.22	0.96									
ANTEPARA	0.97	1.63	3.66	1.00									
F. SEGURA	1.16	2.09	3.32	1.00	T2	18.00	24.00	13.47	0.98	76.02%	57.01%	12.25	
VENEZUELA	1.41	2.28	3.55	0.99									

SUBESTACION	CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL DEMANDAS DE ALIMENTADORES Y CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA - AGOSTO 2018												
	INFORMACION DEL ALIMENTADOR					INFORMACION DEL TRANSFORMADOR						INFORMACION DEL SISTEMA	
	NOMBRE DEL ALIMENTADOR	Demanda Míñima [MW]	Demanda Media [MW]	Demanda Máxima Registrada [MW]	Factor de Potencia	Transformador	[MVA] OA	[MVA] FOA	DEMANDA MAX REGIST RADA MES (MW)	Fp de la Subestacion	CARGA BILIDAD % OA	CARGA BILIDAD % FA	Fecha y hora de la Demanda máxima del sistema 17/8/2018 3:30:00 PM DEMANDA COINCIDENTE DEL SISTEMA (MW)
FLO R DEL BASTION	ESTE	1.83	3.01	4.75	0.99	T1	18.00	24.00	18.87	0.97	107.95%	80.96%	12.29
	OESTE	2.31	3.61	6.04	1.00								
	BASTION 4	3.20	5.08	8.15	0.96	T2	18.00	24.00	13.41	0.98	75.77%	56.83%	
	EL FORTIN	1.97	3.22	5.03	1.00								
	BASTION 5	1.30	2.52	3.64	0.95								
BASTION NORTE	1.95	2.92	4.78	0.99									
FORTIN	FORTIN ESTE	1.86	2.88	4.78	0.99	T1	18.00	24.00	11.70	0.99	65.49%	49.12%	7.09
	FORTIN OESTE	2.82	4.22	6.96	1.00								
GARAY	AGUIRRE	1.12	2.13	3.74	0.94	T1	18.00	24.00	15.18	0.98	85.78%	64.33%	14.41
	COLON	0.86	1.32	1.97	1.00								
	HURTADO	0.55	1.29	2.73	0.96								
	SALADO	1.55	3.56	6.79	0.99								
	10 DE AGOSTO	2.46	4.94	7.80	1.00	T2	18.00	24.00	17.92	1.00	99.97%	74.98%	
	DELTA	0.75	2.50	5.87	0.96								
HUANCAVILCA	0.34	0.56	0.79	1.00									
VELEZ	1.12	1.96	3.50	0.96									
GARZOTA	AEROPUERTO	1.71	3.40	6.31	1.00	T1	18.00	24.00	18.34	1.00	102.24%	76.68%	18.08
	AGUSTIN FREIRE	1.86	3.28	5.28	0.99								
	GRAN MANZANA	0.72	1.36	2.44	0.96								
	GARZOTA 4	1.28	2.68	4.55	1.00								
GERMANIA	COBRE	0.63	2.35	4.00	1.00	T1	18.00	24.00	15.75	0.99	88.32%	66.24%	14.69
	PASCUALES	0.48	2.55	4.07	1.00								
	ROSAVIN	2.47	5.00	8.06	0.97								
	CHORRILLO	0.00	0.04	6.02	0.98								
GUASMO	ACERIAS	0.70	1.22	1.98	1.00	T1	12.00	16.00	9.53	1.00	79.57%	59.68%	7.33
	CUBA	1.41	2.24	3.27	0.99								
	U. BANANEROS	1.95	3.03	4.63	1.00								
	GUASMO SUR	2.13	3.31	4.98	0.94	T2	18.00	24.00	14.83	0.98	83.72%	62.79%	
	FLORESTA	1.71	2.67	3.89	0.97								
	GUASMO CENTRO	1.79	2.80	4.11	0.97								
LASTEJAS	0.79	1.27	1.88	1.00									
GUAYACANES	GUAYACANES 1	2.05	3.69	5.32	1.00	T1	18.00	24.00	9.81	1.00	54.61%	40.96%	8.95
	GUAYACANES 2	0.00	0.00	0.00	0.00								
	GUAYACANES 3	1.02	1.76	2.56	0.93								
	GUAYACANES 4	1.41	1.55	1.76	0.91								
	GUAYACANES 7	1.04	1.78	2.60	0.97								

 CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL DEMANDAS DE ALIMENTADORES Y CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA - AGOSTO 2018													
INFORMACION DEL ALIMENTADOR						INFORMACION DEL TRANSFORMADOR						INFORMACION DEL SISTEMA	
SUBESTACION	NOMBRE DEL ALIMENTADOR	Demanda Mínima [MW]	Demanda Media [MW]	Demanda Máxima Registrada [MW]	Factor de Potencia	Transformador	[MVA] OA	[MVA] FOA	DEMANDA MAX REGIST RADA MES (MW)	Fp de la Subestacion	CARGA BILIDAD % OA	CARGA BILIDAD % FA	Fecha y hora de la Demanda máxima del sistema 17/8/2018 3:30:00 PM DEMANDA COINCIDENTE DEL SISTEMA (MW)
HUANCAVILCA	PEDRO MONCAYO	1.09	1.87	3.03	0.94	T1	18.00	24.00	3.03	0.94	17.96%	13.47%	2.92
KENNEDY NORTE	A. CASTILLO	0.83	1.92	3.48	1.00	T1	18.00	24.00	16.80	0.99	94.09%	70.57%	15.93
	PLAZA DEL SOL	1.25	2.93	6.31	1.00								
	URDENOR	0.88	2.84	6.83	1.00								
	CAMARAS	1.49	2.67	4.98	1.00	T2	18.00	24.00	16.84	0.98	95.47%	71.61%	14.25
	CENTRUM	0.96	2.65	5.95	0.95								
	WORLD TRADE	0.00	0.00	0.00	0.00								
SAN MARINO	0.60	2.22	6.60	0.95									
LOTES ALEGRIA	EXPOGRANOS	1.65	3.00	5.08	0.99	T1	18.00	24.00	7.73	0.97	44.31%	33.23%	7.27
	COLINAS AL SOL	1.37	2.23	4.76	0.91								
MAPASINGUE	MAPASINGUE 4	1.48	3.31	5.24	0.98	T1	18.00	24.00	17.18	0.99	96.12%	72.09%	16.41
	MAPASINGUE 5	0.55	1.51	3.32	1.00								
	MAPASINGUE 7	2.07	4.14	5.77	0.98								
	MAPASINGUE 8	1.35	2.86	4.13	0.99								
	MAPASINGUE 1	1.55	3.03	4.72	0.99	T2	18.00	24.00	17.26	0.99	96.98%	72.73%	15.84
	MAPASINGUE 2	1.59	4.06	6.93	1.00								
	MAPASINGUE 3	2.34	3.87	5.32	1.00								
	MAPASINGUE 6	0.22	0.55	1.02	1.00								
MI LOTE	MI LOTE 1	1.08	2.05	3.00	0.96	T1	12.00	16.00	3.01	0.96	26.09%	19.57%	2.52
MUCHO LOTE	PLAZA VICTORIA	0.46	0.81	1.32	0.97	T1	18.00	24.00	9.52	0.99	53.53%	40.15%	7.82
	PARAISO DEL RIO	0.80	1.45	2.30	0.96								
	GERANIOS	0.44	0.86	1.29	1.00								
	MAGISTERIO	1.68	2.99	4.67	0.98								
ORQUIDEAS	RANCHOS	0.51	1.03	1.57	1.00	T1	18.00	24.00	9.33	1.00	52.03%	39.02%	8.50
	MUCHO LOTE	1.09	1.93	3.20	1.00								
	ORQUIDEAS	1.38	2.43	3.69	0.94								
	METROPOLIS	0.49	0.98	2.81	1.00								
	LIMONCOCHA	1.92	3.34	4.78	1.00	T2	18.00	24.00	14.29	1.00	79.54%	59.65%	13.03
	GOMEZ LINCE	3.41	5.21	6.88	0.97								
	MARISCAL SUCRE	0.91	1.41	2.04	1.00								
	MALAGA	0.32	0.54	0.83	0.96								

 CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL DEMANDAS DE ALIMENTADORES Y CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA - AGOSTO 2018													
INFORMACION DEL ALIMENTADOR						INFORMACION DEL TRANSFORMADOR						INFORMACION DEL SISTEMA	
SUBESTACION	NOMBRE DEL ALIMENTADOR	Demanda Mínima [MW]	Demanda Media [MW]	Demanda Máxima Registrada [MW]	Factor de Potencia	Transformador	[MVA] OA	[MVA] FOA	DEMANDA MAX REGISTRADA MES (MW)	Fp de la Subestacion	CARGA BILIDA D % OA	CARGA BILIDA D % FA	Fecha y hora de la Demanda máxima del sistema 17/8/2018 3:30:00 PM DEMANDA COINCIDENTE DEL SISTEMA (MW)
PADRE CANALS	SUBURBIO 1	0.42	0.67	0.98	1.00	T1	18.00	24.00	10.18	1.00	56.70%	42.53%	7.74
	SUBURBIO 2	0.47	0.73	1.06	1.00								
	SUBURBIO 5	1.43	2.29	3.53	0.99								
	SUBURBIO 4	1.86	3.05	4.61	1.00								
	SUBURBIO 3	1.42	2.24	3.41	1.00								
	SUBURBIO 6	1.47	2.33	3.53	0.98								
PARQUE CALIFORNIA	CALIFORNIA 1	1.41	4.46	7.24	0.99	T1	18.00	24.00	12.57	0.98	71.63%	53.72%	12.13
	CALIFORNIA 2	1.16	2.35	3.72	0.91								
	PARQUE CALIFORNIA	0.20	0.75	1.83	0.96								
PORTUARIA	25 DE JULIO	0.61	1.15	1.80	1.00	T1	18.00	24.00	14.49	1.00	80.72%	60.54%	10.73
	CARTONERA	2.21	3.37	5.15	1.00								
	A. CALDERON	2.32	3.53	5.35	0.99								
	PORTUARIA 4	0.83	1.37	2.66	0.91								
PUERTO LISA	BARRIO LINDO	3.22	5.08	7.34	0.99	T1	18.00	24.00	16.78	0.99	94.13%	70.60%	13.68
	LA CHALA	1.94	2.96	7.30	0.97								
	EL CISNE	2.31	3.53	5.41	1.00								
PUERTO SANTA ANA	RIVER FRONT	0.35	0.60	1.15	0.96	T1	12.00	16.00	4.02	0.97	34.54%	25.90%	3.72
	PUERTO SANTA ANA 2	0.00	0.00	0.00	0.00								
	THE POINT	0.12	0.42	1.12	0.99								
	BELLA AURORA	0.83	1.37	2.23	0.97								
	BELLINI	0.33	0.56	0.79	0.98								
PRADERA	ESTEROS	2.02	2.93	4.03	1.00	T1	18.00	24.00	14.23	1.00	79.33%	59.50%	12.64
	VALDIVIA	1.71	2.80	4.09	1.00								
	FERTISA	2.95	4.44	6.50	0.99								
	DEL MAESTRO	1.25	2.04	3.04	0.99								
	COVIEM	1.34	2.14	3.15	1.00								
	MALL DEL SUR	0.39	1.46	5.82	1.00								
SAFANDO	CAPEIRA	1.41	2.67	3.67	0.97	T1	12.00	16.00	8.55	0.98	72.53%	54.40%	7.48
	COUNTRY CLUB	1.82	3.38	5.25	0.99								
SAMANES	SAMANES	0.65	1.22	5.88	0.00	T1	18.00	24.00	11.57	0.96	66.80%	50.10%	7.05
	JUAN MONTALVO	0.45	2.39	5.68	0.97								
	SAMANES 3	2.42	3.89	5.54	0.93								
	SAMANES 4	0.00	0.00	0.00	0.00								
	ALAMOS	1.51	2.47	3.48	1.00								
	SAMANES 6	0.90	1.63	2.41	0.95								
	ALBORNOR	1.10	1.88	2.68	1.00								
	PAJARO AZUL	1.18	2.73	5.36	0.99								

 CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL DEMANDAS DE ALIMENTADORES Y CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA - AGOSTO 2018													
INFORMACION DEL ALIMENTADOR						INFORMACION DEL TRANSFORMADOR						INFORMACION DEL SISTEMA	
SUBESTACION	NOMBRE DEL ALIMENTADOR	Demanda Mínima [MW]	Demanda Media [MW]	Demanda Máxima Registrada [MW]	Factor de Potencia	Transformador	[MVA] OA	[MVA] FOA	DEMANDA MAX REGISTRADA MES (MW)	Fp de la Subestacion	CARGA BILIDA D % OA	CARGA BILIDA D % FA	Fecha y hora de la Demanda máxima del sistema 17/8/2018 3:30:00 PM DEMANDA COINCIDENTE DEL SISTEMA (MW)
SAUCE	SAUCE 1	1.60	3.14	4.69	1.00	T1	18.00	24.00	13.54	0.98	76.58%	57.43%	12.95
	SAUCE 2	1.00	2.70	4.07	0.95								
	SAUCE 4	1.12	2.95	5.22	0.97								
	SAUCE 3	3.38	6.55	9.69	1.00								
	SAUCE 5	0.92	2.68	4.97	1.00								
TORRE	TORRE 1	1.79	2.83	3.92	1.00	T1	18.00	24.00	11.89	1.00	66.13%	49.60%	10.39
	TORRE 2	1.46	2.28	3.25	1.00								
	TORRE 3	2.01	3.32	4.79	0.99								
	TORRE 4	2.15	3.65	5.73	1.00								
	TORRE 5	1.89	2.96	4.35	0.99								
	TORRE 6	2.50	3.97	6.06	1.00								
TRINITARIA	TRINITARIA NORTE	1.81	3.04	4.66	1.00	T1	18.00	24.00	11.06	1.00	61.57%	46.17%	8.15
	TRINITARIA SUR	1.72	2.99	4.44	1.00								
	TRINITARIA 4	0.78	1.21	1.92	0.90								
	UNIVERSO	0.15	0.45	0.83	0.97								
UNIVERSO	SAIBA	1.26	2.31	4.90	1.00	T1	18.00	24.00	8.47	0.94	50.04%	37.53%	7.70
	FADESA	0.84	1.66	2.57	1.00								
	DOMINGO COMIN	0.64	1.15	1.67	1.00								
	VERGELES	1.89	3.10	4.73	0.97								
VERGELES	LOS ROSALES	0.00	0.12	4.39	0.00	T1	18.00	24.00	12.42	0.99	69.51%	52.13%	8.35
	T. ORTIZ	0.66	1.19	1.80	1.00								
	CAMINO A VGL	0.98	2.00	3.54	1.00								

Fuente. CNEL EP

Los tres expertos al analizar los datos de CNEL y las especificaciones técnicas de los equipos interruptores de alta tensión Alstom DT1-72.5, Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV y ABB 72PM40-C, señalan que estos sí disponen de capacidad para evitar daños por fallas en transformadores de poder en las subestaciones típicas.

3.4. Resultados relevantes

- El comportamiento de los interruptores en condiciones normales o de falla es muy importante, por lo que se deben considerar las normas ANSI y IEC que definen sus especificaciones.
- Tanto los fusibles y disyuntores realizan la función de interrupción del flujo de la corriente de falla en equipos o sistemas, pero son diferentes en aspectos de construcción y operación, y en la forma en que cortan la corriente.
- Los fusibles se basan en el efecto de calentamiento de la corriente eléctrica y los interruptores en el principio de conmutación común.
- Los interruptores de potencia con sistema de extinción de gas SF6 Alstom DT1-72.5, Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV, y ABB 72PM40-C tienen niveles de fiabilidad, resistencia y respaldo similares, todos son aptos para proteger generadores en subestaciones de distribución al aire libre de hasta 72.5 kV, de 2000 a 3000A hasta 40 kA, y cumplen las sugerencias del Capítulo 8 de la norma IEC 62271-100 (IEC, 2015).
- En función de la carga, potencia y demanda observadas en las diversas subestaciones de la ciudad de Guayaquil de CNEL y las especificaciones técnicas de los equipos interruptores de alta tensión Alstom DT1-72.5, Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV y ABB 72PM40-C, se establece que disponen de capacidad para evitar daños por fallas en transformadores de poder en las subestaciones típicas.

CAPÍTULO 4. PROPUESTA

Los resultados relevantes del diagnóstico evidencian la necesidad de implementar acciones y parámetros para asegurar la integridad de los transformadores de poder en las subestaciones típicas de CNEL EP Guayaquil.

4.1. Cumplimiento de estándares

Las principales normas referidas a interruptores de potencia y que deben observarse son:

- IEC 62271-100: AC High-Voltage Switchgear and Controlgear - Part 100: High Voltage Alternating Current Circuit Breakers.
- IEC 60694: Common Specifications for High-Voltage Switchgear and Controlgear.
- ANSI C37.03: Definitions for AC High-Voltage Circuit Breakers.
- ANSI C37.04: Rating Structure for AC High-Voltage Circuit Breakers.
- ANSI C37.06: Preferreds Ratings and Related Required Capabilities for AC High Voltage Circuit Breakers Rated on a Symetrical Current Basis.
- ANSI C37.07: Interrupting Capability Factors of Reclosing Service for AC High Voltage Circuit Breakers.
- ANSI C37.09: Test Procedure for AC High-Voltage circuit Breakers.

Específicamente para seleccionar interruptores de potencia con gas SF6, deben adoptarse las recomendaciones que constan en el capítulo 8 de la norma IEC 62271-100 "Guide to the selection of circuit breakers for service" (IEC, 2015).

El criterio para la selección del interruptor de potencia con gas SF6 apropiado, para evitar daños por fallas a transformadores de poder en subestaciones típicas de CNEL Unidad de Negocio Guayaquil, es que los valores definidos tomando en consideración la capacidad, sean superiores o

iguales, de acuerdo a las necesidades de operación calculada y/o especificada.

En consecuencia, las variables que deben considerarse son.

Tabla 7 Variables para seleccionar el interruptor de potencia

CARACTERÍSTICAS	VARIABLES NOMINALES
Características principales	Tensión Nominal.
	Nivel de Aislamiento Nominal.
	Frecuencia Nominal.
	Corriente Nominal en Servicio Continuo.
	Corriente de Ruptura Nominal en Cortocircuito.
	Tensión Transitoria de Restablecimiento para Fallas Terminales.
	Corriente de Cierre y Ruptura Nominal en Discordancia de Fases.
	Corriente de Cierre Nominal en Cortocircuito.
	Secuencia de Operación Asignada.
	Duración Nominal de Cortocircuito.
	Clasificación para soportabilidad eléctrica (Clases E1 o E2), donde sea aplicable.
Características complementarias	Corriente Nominal de Corta Duración.
	Corriente Pico Nominal Soportada
	Voltaje Nominal de alimentación a los dispositivos de cierre y apertura y a los circuitos de control y auxiliares.
	Frecuencia Nominal de alimentación a los dispositivos y circuitos auxiliares.
	Presiones Nominales de Alimentación en Gas Comprimido para aislamiento, operación y/o interrupción.
	Características para fallas en líneas cortas.
	Rendimiento al reencendido durante la operación (apertura o cierre) de corrientes capacitivas (Clases C1 o C2).
Número de operaciones mecánicas (Clase M1 o Clase M2).	
Otras características	Condiciones climáticas y atmosféricas.
	Altura sobre el nivel del mar de instalación.
	Tiempo de apertura.
	Corriente de Ruptura de pequeñas corrientes inductivas.

Fuente. (IEC, 2015)

Las variables nominales para establecer si los interruptores de potencia son idóneos para su uso en CNEL EP Guayaquil son:

Tabla 8 Variables principales para selección de un interruptor de potencia

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	
DETALLE	CONCEPTO
Tensión Nominal.	Indica la mayor tensión del sistema para el cual el interruptor ha sido diseñado; es el valor de tensión considerado para designar el interruptor, al cual son referidos los demás valores asignados. Las normas técnicas establecen valores estandarizados para la tensión nominal de los interruptores.
Nivel de Aislamiento Nominal.	Es el conjunto de valores de tensiones soportadas asignadas, que caracterizan el aislamiento de un interruptor en relación a su capacidad para soportar los esfuerzos dieléctricos. La International Electrotechnical Commission (IEC) agrupa a los equipos en dos rangos: Rango 1, con tensiones nominales iguales o menores a los 245 kV y Rango 2 con tensiones nominales mayores a 245 kV. Se requieren dos medidas para establecerlo: voltaje soportado a la frecuencia industrial (60 Hz) y voltaje soportado al impulso tipo rayo (Norma IEC 60694-100).
Frecuencia Nominal.	Las frecuencias nominales normalizadas son 16.67, 25, 50 y 60 Hz.
Corriente Nominal en Servicio Continuo.	Es el valor eficaz de corriente en régimen continuo que el interruptor debe ser capaz de conducir indefinidamente sin que la elevación de temperatura de sus diferentes partes exceda los valores establecidos en las condiciones especificadas en las normas respectivas.
Corriente de Ruptura Nominal en Cortocircuito.	Es la corriente en un polo del interruptor al inicio del arco eléctrico, durante una operación de apertura. Tiene dos componentes; una en corriente alterna que es la corriente permanente mientras dura el cortocircuito y una en corriente directa, cuyo valor depende del instante en que se abren los contactos del interruptor.
Tensión Transitoria de Restablecimiento para Fallas Terminales.	La TTR es la tensión de restablecimiento en el intervalo de tiempo en el que tiene una característica transitoria apreciable. Aparece entre los contactos de un polo del interruptor apenas después de la interrupción de la corriente, en tiempo que caracteriza al periodo transitorio, antes del amortiguamiento de las oscilaciones.
Corriente de Cierre y Ruptura Nominal en Discordancia de Fases.	Es aquella que el interruptor debe cortar, se produce cuando las partes del sistema ubicadas a ambos lados del interruptor pierden sincronismo o cuando una fuente de generación ha sido conectada con el ángulo de fase diferente al de la red.
Corriente de Cierre Nominal en Cortocircuito.	Es el valor de cresta de la primera onda de corriente en un determinado polo del interruptor, durante el periodo transitorio que sigue al instante de establecimiento de la corriente en una operación de cierre de un circuito en cortocircuito.
Secuencia de Operación Asignada.	Es un ciclo de operación normalizado determinado por los fabricantes en función de las características del interruptor de potencia. Existen dos alternativas de ciclo de operación: O-t-CO-r-CO, o CO-t"- CO. Siendo: C una operación de cierre; O una operación de apertura; t, t' y f intervalos entre operaciones sucesivas; t y r se expresan en segundos o minutos, y t" en segundos.
Duración Nominal de Cortocircuito.	Es el intervalo de tiempo que el interruptor puede conducir, en la posición cerrada, una corriente igual a su corriente soportada de corto tiempo.
Clasificación para soportabilidad eléctrica (Endurance Electrical) (Clases E1 o E2), donde sea aplicable.	Se refiere a la clase de mantenimiento que requieren las diferentes partes del interruptor de potencia; los de soportabilidad eléctrica Clase E2 son aquellos que las partes de interrupción del circuito principal no requerirán mantenimiento durante su vida de operación y las otras partes requieren mantenimiento mínimo; los de soportabilidad eléctrica Clase E1 son los que no caen dentro de las características de los interruptores de soportabilidad eléctrica Clase E2.

Fuente. (IEC, 2015)

Tabla 9 Variables complementarias para la selección de un interruptor de potencia

CARACTERÍSTICAS COMPLEMENTARIAS	
Corriente Nominal de Corta Duración.	Es el valor eficaz de corriente que el interruptor puede soportar en la posición cerrada, durante un corto tiempo especificado para ciertas condiciones de empleo y funcionamiento. El interruptor debe soportar los efectos térmicos generados por esta corriente.
Corriente Pico Nominal Soportada	Es la corriente pico referente al mayor valor de la primera onda de la corriente nominal de cierre en cortocircuito que el interruptor debe soportar en posición cerrado ; está relacionada con la frecuencia nominal del interruptor, para la frecuencia nominal 60 Hz, la corriente pico soportada nominal es 2.6 veces la corriente soportada de corta duración. El interruptor debe soportar los esfuerzos electrodinámicos generados por esta corriente.
Voltaje Nominal de alimentación a los dispositivos de cierre y apertura y a los circuitos de control y auxiliares.	Corresponde al voltaje medido en los terminales de los aparatos durante su operación, de ser necesario incluye los resistores auxiliares o los accesorios suministrados o requeridos por el fabricante a ser instalados en serie con dichos aparatos; no deben incluirse los conductores de conexión a la fuente de suministro. El sistema de suministro preferiblemente debe ser referenciado a tierra para evitar la acumulación peligrosa de cargas estáticas. La tolerancia relativa en servicio normal, en corriente directa como alterna, medida a la entrada de los equipos auxiliares será de 85% a 110%.
Frecuencia Nominal de alimentación a los dispositivos y circuitos auxiliares.	La frecuencia del voltaje asignada normalizada para los dispositivos y servicios auxiliares, será corriente directa y corriente alterna en 50 Hz ó 60 Hz.
Presiones Nominales de Alimentación en Gas Comprimido para aislamiento, operación y/o interrupción.	Son valores de presiones normalizadas u especificadas por los fabricantes. Los valores normalizados son 0,5 MPa - 1,0 MPa - 1,6 MPa - 2 MPa - 3 MPa - 4 MP. IEC 60694, "Commun Specifications for High-Voltage Switchgears and Controlgears Standars".
Características para fallas en líneas cortas.	Los interruptores de tres polos, de tensiones nominales iguales o mayores a 52 kV y con corrientes de ruptura nominales mayores que 12.5 kA, destinados para ser conectados a líneas de transmisión aéreas, deben tener características para desconectar fallas de línea corta; relacionadas a la interrupción, por un interruptor tripolar, de corrientes monofásicas falla a tierra en sistemas con neutro puesto a tierra; se considera el factor de primer polo igual a 1.0
Rendimiento al reencendido durante la operación (apertura o cierre) de corrientes capacitivas (Clases C1 o C2).	Abarca varias o todas las corrientes de maniobra capacitivas del trabajo operativo de los interruptores de potencia. Se definen dos clases de interruptores de acuerdo a su rendimiento con el reencendido del arco eléctrico: Clase C1: Baja probabilidad de reencendido durante la interrupción de corrientes capacitivas. Clase C2: Muy baja probabilidad de reencendido durante la interrupción de corrientes capacitivas.
Número de operaciones mecánicas (Clase M1 o Clase M2).	Un interruptor debe ser capaz de realizar un determinado número de operaciones, considerando el programa de mantenimiento especificado por el fabricante. Clase M1: Interruptores estándares (resistencia mecánica normal); 2000 secuencias de operación. Clase M2: Interruptores para requerimientos de servicio especial (resistencia mecánica extendida); 10000 secuencias de operación.

Fuente. (IEC, 2015)

Tabla 10 Otras variables para la selección de un interruptor de potencia

OTRAS CARACTERÍSTICAS	
Condiciones climáticas y atmosféricas.	Los interruptores de potencia deben cumplir con la clausula 2 de la norma IEC 62271-100 y la clausula 2 de la norma IEC 60694.
Altura sobre el nivel del mar de instalación.	Las condiciones nominales de servicio de los interruptores de potencia son para operaciones a alturas iguales o menores a 1000 m.s.n.m.; para instalaciones por encima de 1000 m.s.n.m. el nivel del aislamiento externo, debe corregirse multiplicando la tensión de sostenimiento requerida en la localización del interruptor, por un factor de corrección establecido por la norma técnica correspondiente.
Tiempo de apertura.	Es el máximo intervalo de tiempo desde el instante en que es energizada la bobina de disparo del interruptor hasta el momento en que se extingue el arco eléctrico. Mientras más corto, la corriente de cortocircuito producirá menos daño en los equipos y será más probable mantener la estabilidad del sistema eléctrico.
Corriente de Ruptura de pequeñas corrientes inductivas.	Para el caso de pequeñas corrientes inductivas, hay cierta inestabilidad del arco eléctrico cuando la corriente a ser interrumpida se acerca a su cero natural, al producir un corte prematuro se generan sobretensiones que se propagan al sistema. La interrupción prematura por el interruptor de potencia es conocida como corriente de corte o de Chopping.

Fuente. (IEC, 2015)

Los valores característicos de las variables anteriores establecidas según NTC2050 y NEC (IEC, IEC 60694, Commun Specifications for High-Voltage Switchgears and Controlgears Standars, 2015) deben compararse con las especificaciones del fabricante y guarden la relación Valor fabricante/Valor norma= 1,2 para que CNEL disponga de un margen de seguridad de 20% sobre el elemento.

4.2. Seguridad

Los factores que determinan la seguridad son los equipos de seguridad, seguridad en las instalaciones, y procedimientos de seguridad de alta y baja tensión.

Cada uno de los ítems se evalúa de 1 a 5, 5 si se cumplen sobresalientemente el requerimiento, 4 muy bien, 3 bien, 2 regular y 1 si no se cumple en nada.

El nivel de logro de grupo es igual a:

$$\text{Equipos de seguridad} = (\sum \text{Calificaciones} / 60) \%$$

$$\text{Seguridad en las instalaciones} = (\sum \text{Calificaciones} / 30) \%$$

Seguridad en procedimientos = $(\sum \text{Calificaciones} / 95) \%$

El nivel de logro adecuado será $\geq 98\%$, si en el trabajo se observa niveles de logro menores, se implementarán los correctivos necesarios.

Las variables de seguridad que deben observarse en instalaciones de fusibles y disyuntores son:

Tabla 111 Formulario para evaluar los equipos de seguridad

CONCEPTO	5	4	3	2	1
EQUIPOS DE SEGURIDAD					
TRABAJOS DE ALTA TENSIÓN					
Guantes aislantes para trabajos en alta tensión					
Pantalla facial o gafas adecuadas al arco eléctrico					
Arnés o cinturón de seguridad, si procede					
Casco de seguridad aislante con barboquejo					
Guantes de protección contra riesgos mecánicos					
Guantes de protección contra el arco eléctrico					
TRABAJOS DE BAJA TENSIÓN					
Guantes aislantes para trabajos en baja tensión					
Pantalla facial o gafas adecuadas al arco eléctrico					
Arnés o cinturón de seguridad, si procede					
Casco de seguridad aislante con barboquejo					
Guantes de protección contra riesgos mecánicos					
Guantes de protección contra el arco eléctrico					

Fuente. (Marcovick, 2016)

Tabla 122. Formulario para evaluar protecciones en instalaciones

CONCEPTO	5	4	3	2	1
PROTECCIONES EN INSTALACIONES					
Puesta a tierra en todas las masas de los equipos e instalaciones.					
Instalación de dispositivos de fusibles por corto circuito.					
Dispositivos de corte por sobrecarga.					
Tensión de seguridad en instalaciones de comando.					
Doble aislamiento eléctrico de los equipos e instalaciones.					
Protección diferencial.					

Fuente. (Marcovick, 2016)

Tabla 133. Formulario para evaluar procedimientos de seguridad de alta y baja tensión

CONCEPTO	5	4	3	2	1
PROCEDIMIENTO PARA COLOCAR UNA PUESTA A TIERRA Y EN CORTOCIRCUITO					
EN ALTA TENSIÓN					
Comprobación visual del buen estado del equipo de puesta a tierra.					
Comprobación de que el verificador de ausencia de tensión es el apropiado.					
Comprobación visual del buen estado de los equipos de protección colectiva e individual.					
Comprobación del buen funcionamiento del verificador de ausencia de tensión, prestando especial atención a la tensión o gama de tensiones nominales y al estado de las baterías.					
Conexión de la pinza o grapa de puesta a tierra al electrodo de tierra (pica, punto fijo, estructura metálica) y, en su caso, desenrollar totalmente el conductor de puesta a tierra.					
Colocación, según las instrucciones del fabricante, de los equipos de protección individual seleccionados.					
La evaluación de riesgos establecerá el tipo y las características de los equipos de protección individual que sean necesarios.					
Colocación de medios de protección colectiva, por ejemplo, alfombra o banqueta aislante y utilización según las instrucciones del fabricante.					
Verificación de la ausencia de tensión en cada una de las fases.					
Comprobación de nuevo del correcto funcionamiento del verificador de ausencia de tensión.					
Conexión de las pinzas del equipo de puesta a tierra y cortocircuito a cada una de las fases mediante la pértiga aislante.					
EN BAJA TENSIÓN					
Comprobación del verificador de ausencia de tensión.					
Comprobación visual del buen estado del equipo de puesta a tierra.					
Comprobación visual del buen estado de los equipos de protección colectiva e individual.					
Colocación, según las instrucciones del fabricante, de los equipos de protección individual seleccionados. La evaluación de riesgos establecerá el tipo y las características de los equipos de protección individual que sean necesarios.					
Colocación de medios de protección colectiva, por ejemplo, alfombra o banqueta aislante					
Cuando proceda y utilización según las instrucciones del fabricante.					
Verificar la ausencia de tensión entre fases y entre cada fase y neutro, mediante un verificador de tensión o un voltímetro.					
Conectar la pinza de puesta a tierra en el conductor de protección o en la toma de tierra del cuadro de baja tensión.					
Conectar las pinzas del equipo al neutro y a cada una de las tres fases mediante las pértigas adecuadas para baja tensión, si se trata de líneas aéreas, o bien, mediante los terminales adecuados si se trata de cuadros de baja tensión.					

Fuente. (Marcovick, 2016)

4.3. Aspectos generales para fusibles

- a) No será necesaria la puesta a tierra y en cortocircuito cuando los dispositivos de desconexión a ambos lados del fusible estén a la vista del trabajador, el corte sea visible o el dispositivo proporcione garantías de seguridad equivalentes, y no exista posibilidad de cierre intempestivo (Marcovick, 2016).
- b) Cuando los fusibles estén conectados directamente al primario de un transformador, será suficiente con la puesta a tierra y en cortocircuito del lado de alta tensión, entre los fusibles y el transformador (Marcovick, 2016).
- c) Para acceder a un fusible después de la desconexión de los dispositivos situados a los lados, se debe comprobar la ausencia de tensión mediante el equipo correspondiente (Marcovick, 2016).

En el caso de la reposición de fusibles conectados al primario de un transformador, el procedimiento para llevar a cabo la única puesta a tierra y en cortocircuito requerida es (Marcovick, 2016).

1. Desconectar en la instalación de alta tensión, y si la instalación lo permite, en el lado de baja tensión (para evitar posibles retornos a través del secundario). En tal caso, la desconexión debe empezar por la baja tensión.
2. Verificar la ausencia de tensión.
3. Poner a tierra y en cortocircuito el tramo de la instalación de alta tensión comprendido entre los fusibles y el transformador, mediante el procedimiento descrito.

4.4. Mantenimiento

Realizar el mantenimiento a los equipos conforme las especificaciones del proveedor.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los interruptores de potencia, que extinguen el arco eléctrico mediante gas SF₆, interrumpen el flujo de la corriente impidiendo fallas en equipos o sistemas, también tienen la capacidad de recierres para cuando sea requerido mediante el sistema de comunicación o manual, y protegen transformadores de poder en subestaciones.

Tanto fusibles como disyuntores realizan la función de interrupción del flujo de la corriente de falla en equipos o sistemas, pero son diferentes en aspectos de construcción y operación, y en la forma en que cortan la corriente.

La vida útil del fusible termina cuando se ha producido una falla y el filamento interno se funde y por medio de un accionamiento mecánico caen en su estructura interrumpiendo el flujo eléctrico y dejando a espera de personal calificado para proceder a su reposición, mientras que los interruptores su principio es de conmutación común, siendo un elemento que tiene la capacidad de ser operado manualmente o por comunicación vía internet.

Los interruptores de potencia con sistema de extinción de gas SF₆ Alstom DT1-72.5, Siemens 3AP1 FG 145 kV y 245 kV, y ABB 72PM40-C tienen variedades de modelos y estructuras, todos cumplen la misma función de interrupción, bajo ciertas condiciones durante tiempo determinado, son aptos para proteger generadores en las subestaciones de distribución de CNEL Guayaquil y cumplen la norma IEC 62271-100.

En función de la carga, potencia y demanda observadas en las diversas subestaciones de la ciudad de Guayaquil de CNEL y las especificaciones técnicas de los equipos interruptores, se establece que disponen de los 2 sistemas actualmente, fusibles y Gcb en capacidad para evitar daños por fallas en transformadores de poder en las subestaciones típicas.

5.2. Recomendaciones

Seleccionar interruptores de potencia con gas SF6 para uso de CNEL EP Guayaquil, cuyos valores definidos tomando en cuenta su capacidad, sean superiores o iguales, dependiendo de las necesidades de trabajo calculada y/o especificada.

Eliminación de fusibles, estos elementos no cumplen con la funcionalidad automática en restablecimiento del sistema eléctrico, dependen de su reposición manual mediante personal calificado, también implica que la carga de la subestación donde se desarrolle el daño, sea seccionada hacia subestaciones aledañas aumentando en ésta su carga natural de operación en el momento.

Respetar los procedimientos y factores que determinan la seguridad y medio ambiente en equipos, instalaciones y operaciones, en la reparación, mantenimiento y recambio de interruptores de potencia.

Bibliografía

- ABB Inc. (2016). *manual del interruptor de circuito de alta tensión ABB 72PM40-C*. Mount Pleasant, Pennsylvania: ABB Inc.
- Albán, B. R. (30 de 01 de 2019). Entrevista a experta , Gerente de Proyectos Eléctricos de la empresa Intraelectric Inc. . (F. Coello, Entrevistador)
- Alstom. (2016). *Interruptores Tanque Muerto DT1-72.5*. Sprecher, Interlagos: Alstom.
- Arredondo, G. A. (2014). *Estudio de mejora de la calidad de suministro de energía en el área este del departamento de Guatemala por medio de la reconfiguración y utomatización de las líneas de la subestación de operación Guatemala este 69 KV, en la en la Empresa Transportista El*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ayub, A., Hernández, A., & Rosales, E. (2015). *Manual de Interruptores de Potencia 3ra. Rev.* México D.F.: CFE/CTT.
- Barrientos, A., Olano, C., Galán, R., Ferrer, A., & Portillo. (2013). *Interruptores de gas*. Prezi. Obtenido de https://prezi.com/_k_fkcsn4qu0/interruptores-de-gas/
- Bussman . (2014). *Cartuchos fusibles de media tensión* . Eaton, Suiza: Eaton Industries Manufacturing GmbH.
- Cazares, M. (2014). SF6. *Scribd*.
- CFE . (2017). *Interruptores de potencia de 72.5 KV a 420 KV 2017*. México: Comisión Federal de Electricidad.
- CG Power Systems. (2017). Recuperado el 15 de diciembre de 2018, de Disyuntor en gas SF6 /alta tensión: <http://www.directindustry.es>
- CNEL . (2018). Obtenido de Historia : <https://www.cnelep.gob.ec/>
- CNEL. (23 de noviembre de 2017). Recuperado el 12 de diciembre de 2018, de Plan estratégico 23 de noviembre de 2017: https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2018/09/Plan-Estrategico_CNELEP_2017-2021.pdf
- Cueva, C. (29 de 01 de 2019). Entrevista a experto, Gerente de Proyectos Eléctricos de la empresa constructora Ática International S.A. (F. Coello, Entrevistador)

- Dispac . (2015). *Manual de mantenimiento para redes de alta, media y baja tensión* . Chocó. Colombia: Empresa Distribuidora del Pacífico .
- Ecured. (2016). Recuperado el 18 de diciembre de 2018, de Fusible de alto voltaje:
https://www.ecured.cu/Fusible_de_alto_voltaje#El_cortacircuito_fusible
- Gonzalez-Longatt, F. (2016). *Capítulo 1: Elementos de Líneas de Transmisión Aéreas 2016*. Reseach Gate.
- Gutiérrez, J. (2017). *Simulación de interruptores de potencia con gas SF6 en ATPDraw*. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. México: 123dok. Obtenido de
<https://mx.123dok.com//document/nq750koz-simulacion-de-interruptores-de-potencia-con-gas-sf6-en-atpdraw.html>
- Gwiazda, M. (2015). *La importancia del interruptor diferencial (disyuntor)*. Buenos Aires: Gamasi Asesores de Seguros S.A.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). México: McGraw-Hill Education.
- IEC. (2015). *IEC 60694, Commun Specifications for High-Voltage Switchgears and Controlgears Standars*. Ginebra: International Electrotechnical Commission - IEC.
- IEC. (2015). *IEC 62271-100, High Voltage Switchgear and Controlgear, Part 2: High-Voltage Alternating-Current Circuit-Breakers*. Ginebra: IEC International Electrotechnical Commission.
- IEC. (2017). *Common specifications for highvoltage switchgear and controlgear standards 2nd. Rev.* Geneve, Switzerland: International Electrotechnical Commission.
- IEEE. (2014). *Std C37.010. IEEE Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers 3th Rev.* New York, USA: IEEE.
- IEEE. (2015). *The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms 3th. Ed.* New York, USA. : IEEE.
- Jato, D., Castillo, E., Rodriguez, J., & Canteras, J. (2014). *A review of application of multi-criteria decision making methods in construction*. México D.F.: Automation in Construction.

- Lascano, L. R. (30 de 01 de 2019). Entrevista a experto, Jefe de Reparaciones del Sector 2, Empresa Eléctrica Quito. (F. Coello, Entrevistador)
- Linde . (2015). *Ficha de Datos de Seguridad Hexafluoruro de Azufre*. Barcelona: The Linde Group.
- Marcovick, L. (2016). *Manual para evaluar el riesgo eléctrico*. México D.F.: Schneider Inc.
- Mazza, G., & Michaca, R. (2014). *The first international enquiry on high voltage circuit breaker failures and defects in services 3th. Ed*. New York, USA: Electra.
- Molina, L. (2014). El hexafluoruro de Azufre. *Electro Industria*.
- Nasrallah, E., Brikci, F., & Perron, S. (2014). *Contactos de Apertura/Cierre en Interruptores de Potencia 3ra. Ed*. E. Nasrallah, F. Brikci, S. Perron. Contactos de Apertura/Cierre en Interruptores de Potencia. Revista Electric Energy T&D. 2007.: Electric Energy T&D.
- O'Connor, P., & Kleyner, P. (2013). *Practical Reliability Engineering (5 ed.)*. New Delhi: Wiley & Sons, Ltd.
- Ochoa, E. C. (5 de junio de 2014). *Prezi*. Obtenido de Mantenimiento Preventivo a una Subestación Eléctrica : <https://prezi.com/ahrzkfztry91/mantenimiento-preventivo-a-una-subestacion-electrica/>
- Pérez, B. (2016). *Arco eléctrico e interruptores de potencia*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica.
- Plebankiewicz, E. (2014). *Contractor prequalification model using fuzzy sets*. París, France: Journal of Civil Engineering and Management.
- RISST . (2014). *REGLAMENTO INTERNO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO* . Lima: EnerSur. Obtenido de <http://engie-energia.pe/wp-content/uploads/2015/09/Reglam-Seg-Salud-Trab-ENS.pdf>
- Rockwell . (enero de 2014). Obtenido de Rockwell Automation : https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1492-sg122_-es-p.pdf

- S&C Electric Company. (31 de 01 de 2019). *S&C Electric Company*.
Obtenido de Productos y Servicios:
<https://www.sandc.com/es/productos-y-servicios/>
- Siemens. (2013). *Interruptores de potencia de alta tensión*. Erlangen, Alemania: Siemens AG, Energy sector. Obtenido de
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/public.1533215970.a8c255c897707c1213440434d096b0f08e4d25e0.high-voltage-circuit-breakers-portfolio-es.pdf>
- Siemens AG. (2013). *Interruptores de potencia de alta tensión de 72,5 kV hasta 800 kV*. Erlangen, Alemania: Siemens AG, Energy Sector, Power Transmission Division.
- Suárez Salazar, E. (2016). *Administración logística de empresas 4ta. Ed.* . México D.F.: Limusa.
- Valdivieso, R. (2014). Modelado y simulación de la distribución de energía eléctrica en sistemas genéricos consistentes en diversas fuentes y múltiples modos de transmisión. *Dialnet*.
- Veloz, E. (20 de julio de 2015). Obtenido de Propuesta de estrategia para disminuir las pérdidas de energía eléctrica :
<https://myslide.es/documents/propuesta-de-estrategia-para-disminuir-las-perdidas-de-energia-electrica.html>
- Viakon. (2014). *Manual del electricista*. Monterrey, Mexico: Viakon conductores Monterrey. Recuperado el 12 de diciembre de 2018, de <http://www.viakon.com/manuales/Manual%20Electrico%20Viakon%20-%20Capitulo%204.pdf>
- Watt, D., Kayis, B., & Willey, K. (2015). *Identifying key factors in the evaluation of tenders for projects and services*. Lisboa: International Journal of Project Management.



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Coello Aquino, Freddy Simón**, con C.C: 091666403-0 autor del trabajo de titulación: **Cálculo y estudio de parámetros en instalación de interruptores de potencia con gas sf6 para evitar daños por fallas a transformadores de poder en subestaciones típicas de Cnel Unidad de Negocios Guayaquil**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico-Mecánico en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador, para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigente.

Guayaquil, 14 de Marzo del 2019

f. _____

Coello Aquino, Freddy Simón

C.C:091666403-0



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Cálculo y estudio de parámetros en instalación de interruptores de potencia con gas sf6 para evitar daños por fallas a transformadores de poder en subestaciones típicas de Cnel Unidad de Negocios Guayaquil.		
AUTOR(ES)	Coello Aquino, Freddy Simón		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Efraín Oliverio, Vélez Tacuri		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico-Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de Marzo del año 2019	No. PÁGINAS:	79
ÁREAS TEMÁTICAS:	Subestaciones		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Sobrecarga, cortocircuitos, interruptores de potencia, gas SF6, protección de circuitos eléctricos.		

RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

RESUMEN/ABSTRACT (150 -250 palabras): La Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP es un referente del sector eléctrico del país, para solventar situaciones de sobrecarga o cortocircuitos, emplea interruptores que interrumpen el flujo de la corriente de falla en equipos y/o sistemas, por ello esta investigación busca “Determinar los parámetros para la instalación de interruptores de potencia con gas SF6 para evitar daños por fallas, a transformadores de poder en subestaciones típicas”. En primer lugar se estudian teóricamente, los dispositivos que protegen los circuitos eléctricos contra daños por alteraciones en la corriente, para conocer el funcionamiento de interruptores de potencia que utilizan el gas con tecnología SF6 para la extinción del arco eléctrico; luego se ha desarrollado un estudio comparativo, de los dispositivos de potencia con gas SF6 que protegen los circuitos eléctricos en subestaciones típicas de CNEL, Unidad de negocio Guayaquil, fusibles 150e y 200e S&C y disyuntores Alstom DT1-72.5, Siemens



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

3AP1 FG 145 kV y 245 kV, y ABB 72PM40-C; finalmente se proponer una solución más adecuada respecto a la instalación de interruptores de potencia con gas SF6, orientada a minimizar los daños por fallas a transformadores de poder. La investigación ha tenido un enfoque cualitativo y cuantitativo, y es de carácter descriptiva y exploratoria.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-6022610	E-mail: fascmere@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Efraín Oliverio, Vélez Tacuri	
	Teléfono: +593- 994084215	
	E-mail: efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		