



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

**TÍTULO:**

**ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN Y BAJA  
TENSIÓN DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE ESPECIALIDADES  
EMPRESARIALES DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL**

**AUTOR**

**Roberto Andrés Harnisth Sigcho**

**TUTOR:**

**Ing. Orlando Philco Asqui MSc**

**Guayaquil, Ecuador**

**2015**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Roberto Andrés Harnisth Sigcho, como requerimiento para la obtención del Título de Ingeniero en Eléctrico-Mecánica.

**TUTOR**

---

**Ing. Orlando Philco Asqui MSc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Armando Heras Sánchez MSc.**

**Guayaquil, a los 28 del mes de Agosto del año 2015**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA  
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Roberto Andrés Harnisth Sigcho**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación “**Análisis del Sistema Eléctrico de Media Tensión y Baja Tensión del Edificio de la Facultad de Especialidades Empresariales de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**”, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Eléctrico Mecánica, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. 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.

**Guayaquil, a los 28 del mes de Agosto del año 2015**

**EL AUTOR**

---

**Roberto Andrés Harnisth Sigcho**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Roberto Andrés Harnisth Sigcho**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación “**Análisis del Sistema Eléctrico de Media Tensión y Baja Tensión del Edificio de la Facultad de Especialidades Empresariales de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 28 del mes de Agosto del año 2015**

**EL AUTOR**

---

**Roberto Andrés Harnisth Sigcho**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**ING. ORLANDO PHILCO ASQUI MSC.**

PROFESOR TUTOR

---

**ING. ARMANDO HERAS SANCHEZ MSC.**

PROFESOR Oponente

## INDICE GENERAL

<i>AGRADECIMIENTOS</i>	XI
<i>DEDICATORIA</i>	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
<i>CAPÍTULO 1</i>	2
<i>Metodología de la Investigación</i>	2
1.1 Planteamiento Del Problema.	2
1.2 Justificación.	2
1.3 Hipótesis.	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos.	3
1.5 Metodología de la Investigación	3
<i>CAPÍTULO 2</i>	4
<i>Marco Teórico</i>	4
Normas de acometidas cuartos de transformadores	4
2.1 Cuartos para Transformadores	4
2.1.1 Lugar	4
2.1.2 Particularidades del cuarto de transformadores	5
2.1.3 Cuarto de Transformadores y sistema de ventilación	10
2.1.3.1 Calculo para ventilación natural	11
2.2. Particularidades de las Canalizaciones	12

2.3 Tableros	16
2.3.1 Conexiones del transformador	16
2.3.1.1 Transformadores trifásicos Paralelo	17
2.3.2 Protección De Sobrecorriente al transformador	18
2.3.2.1 Conexiones secundarias entre transformadores	20
2.3.3 Funcionamiento en paralelo de los transformadores	22
2.4 Características de Transformadores	23
2.4.1 Sistema de puesta tierra	23
2.4.2 Transformador de Placa de Datos	24
2.4.2 Transformadores de Tipo seco; instalación en el interior	24
2.4.3 Transformadores de aceite con aislamiento instalado en el interior	25
2.4.4 Transformadores de aceite con aislamiento instalada al aire libre	25
2.4.4.1 Disposiciones para bodegas de transformadores	26
2.4.5 Alimentador Identificado	26
2.4.5.1 Identificar un Transformador no marcado	27
2.4.6 Conexiones individuales del transformador	30
2.4.7 Funcionamiento en paralelo de Transformadores monofásicos	31
2.4.7.1 Transformador Primario TAPS	31
2.4.8 Reglamento	32
2.4.9 Transformadores Secos y lleno de líquido	33
2.4.9.1 Métodos de Enfriamiento	33
2.4.9.2 Enfriamiento Forzado	34
2.5 Precauciones de Seguridad	34
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>37</b>
<i>Levantamiento de Información Eléctrica y situación actual del sistema eléctrico de la FEE</i>	<i>37</i>
3.1 Análisis del último Poste.	37
3.2. Lugar del cuarto de transformador	38
3.2.2 Estado del Cuarto de Transformador	40

3.2.3 Mediciones de voltaje y corrientes en el secundario (cargabilidad) _	40
3.2.3.1 Equipo utilizado _____	41
3.3 Sistema Eléctrico de Baja Tensión _____	52
3.3.1 Acometida en baja tensión del cuarto transformador de la FEE ____	52
3.3.2 Tablero Principal de distribución, y Disyuntor Principal _____	54
3.3.4 Paneles de Breakers (centros de carga) _____	55
<i>CAPÍTULO 4</i> _____	60
<i>4 ANÁLISIS DE CARGA DEL EDIFICIO DE LA FEE</i> _____	60
4.1 Paneles de Breaker y Circuitos Eléctricos _____	61
4.2 Planilla de los Paneles de circuitos MT _____	62
CONCLUSIONES. _____	66
RECOMENDACIONES _____	68
BIBLIOGRAFÍA _____	69
GLOSARIO _____	72



## INDICE DE FIGURA

Figura 2. 1 Transformador de potencia tipo seco de FEE .....	4
Figura 2. 2 Diseño de cuarto para Transformadores 150KVA.....	6
Figura 2. 3 Diseño de cuarto para Transformadores 150KVA, con medición en BT .....	7
Figura 2. 4 Diseño de cuarto de Transformador 750KVA, con medición en MT ..	8
Figura 2. 5 Ventilación Natural.....	11
Figura 2. 6 Acometida Subterránea en Media Tensión. ....	15
Figura 2. 7 Conexión Delta-Y del transformador .....	17
Figura 2. 8 Transformador de protección contra sobretensión .....	18
Figura 2. 9 Transformador y protección de sobrecorriente del alimentador .....	20
Figura 2. 10 Conexiones entre transformadores .....	21
Figura 2. 11 Conexión entre transformadores con TAP descarga .....	21
Figura 2. 12 Esquema de conexión para transformadores en bodegas .....	26
Figura 2. 13 Bobina de polaridad sustractiva y polaridad aditiva.....	27
Figura 2. 14 A) Prueba utilizada para determinar la polaridad sustractiva del transformador B) Prueba utilizada para determinar polaridad aditiva del transformador .....	28
Figura 2. 15 Conexiones del transformador monofásicos: A. Conectado en serie polaridades aditivo; B. conectado de secundaria en paralelo.....	31
Figura 2. 16 TAPS de un transformador .....	32
Figura 3. 1 Descripción de los materiales y equipos de protección .....	37
Figura 3. 2 Entrada al Cuarto de Transformador.....	39
Figura 3. 3 Dimensiones del Cuarto de Transformador.....	40
Figura 3. 4 Medición de Voltaje, 24/01/2014.....	42
Figura 3. 5 Medición de Corriente, 24/01/2014. ....	43
Figura 3. 6 Medición de Voltaje, 25/01/2014.....	43
Figura 3. 7 Medición de Corriente, 25/01/2014. ....	44
Figura 3. 8 Medición de Voltaje, 26/01/2014.....	45
Figura 3. 9 Medición de Corriente, 26/01/2014. ....	46

Figura 3. 10 Medición de Voltaje, 27/01/2014. ....	46
Figura 3. 11 Medición de Corriente, 27/01/2014. ....	47
Figura 3. 12 Medición de Voltaje, 28/01/2014. ....	48
Figura 3. 13 Medición de Corriente, 28/01/2014. ....	49
Figura 3. 14 Medición de Voltaje, 29/01/2014. ....	49
Figura 3. 15 Medición de Corriente, 29/01/2014. ....	50
Figura 3. 16 Medición de Voltaje, 30/01/2014. ....	51
Figura 3. 17 Medición de Corriente, 30/01/2014. ....	52
Figura 3. 18 Acometidas que salen del secundario del Transformador y alimenta al Breaker Principal.....	53
Figura 3. 19 . Breaker principal del tablero de distribución.....	54
Figura 3. 20 Tablero Principal.....	55
Figura 4. 1 Edificio de la FEE-UCSG .....	60
Figura 4. 2 Esquema arquitectonico del Cuarto de transformadores edificio FEE .....	61
Figura 4. 3 Diagrama Unifilar campus UCSG. Fuente: UCSG,2014.....	64

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Espacio mínimo, rectangular y libre de los cuartos de Transformadores .....	9
Tabla 2. 2 Espaciado entre partes energizadas en un Tablero .....	16
Tabla 3. 1 datos levantados de caídas de tensión, de corriente en ramales y de carga en transformadores de la FEE .....	38
Tabla 3. 2 Datos del transformador instalado en cuarto de transformador de la FEE .....	39
Tabla 3. 3 Valores Máximos y Mínimos de los parámetros eléctricos obtenidos durante una semana .....	41
Tabla 3. 4 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Planta Baja .....	55
Tabla 3. 5 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Primera Planta .....	56
Tabla 3. 6 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Segunda Planta .....	56
Tabla 3. 7 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Tercera Planta .....	56
Tabla 3. 8 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Cuarta Planta .....	57
Tabla 3. 9 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Quinta Planta .....	57
Tabla 3. 10 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Sexta Planta .....	57
Tabla 3. 11 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Séptima Planta .....	58
Tabla 3. 12 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Octava Planta .....	58
Tabla 3. 13 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Novena Planta .....	58
Tabla 3. 14 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Décima Planta .....	59
Tabla 3. 15 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Décima Planta .....	59
Tabla 4. 1 Planilla de circuitos del sistema de MT de la FEE .....	62

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi gratitud a todas las personas que compartieron sus conocimientos conmigo para hacer posible la realización de este trabajo de investigación.

Especialmente agradezco a mi tutor, al Ing. Orlando Philco A., por sus consejos valiosos y asesoría para poder terminar este trabajo.

A mi esposa, por ese optimismo que siempre me ha impulsado para seguir adelante. Ella, con su apoyo incondicional y respaldo constante ha hecho posible la culminación de esta tesis.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres. A Dios porque me ha dado la fortaleza y la sabiduría para poder realizar este trabajo; a mis padres, por ser los pilares fundamentales en mi vida, quienes han cuidado siempre de mi bienestar y educación para verme crecer como persona y como profesional.

A mi esposa, por su paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu buena predisposición de siempre y sacrificio me inspiraste a ser mejor, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de titulación realiza el levantamiento del sistema eléctrico del edificio de la Facultad de Especialidades Empresariales FEE, de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, UCSG.

En el primer capítulo se describe las generalidades del trabajo de titulación, planteamiento del problema, objetivos, justificación y metodología de investigación. El segundo capítulo describe el marco teórico acerca de los cuartos de transformadores y su aparamenta eléctrica, se hace énfasis en normas internacionales como la NEC, NFPA y también de normas NATSIM y de la nacional INEN.

El tercer capítulo realiza el levantamiento de información, es decir de carga o consumo de corriente, también de variaciones de voltaje, de líneas entre otros factores más. El cuarto capítulo realiza el análisis de los datos obtenidos con un instrumento especializado para levantar información de consumo eléctrico.

Se logra determinar que hay alto consumo eléctrico en horarios de oficina, las luminarias, aires acondicionados y otros dispositivos eléctricos, consumen y el transformador trifásico de la FEE, solventa de forma adecuada.

Palabras claves: Transformador, normas eléctricas, NEC, NATSIM, Facultad de Especialidades Empresariales

## **ABSTRACT**

This degree work done lifting the building of the Faculty of Business Specialties FEE, at the Catholic University of Santiago de Guayaquil UCSG electrical system.

In the first chapter an overview of the degree work, problem statement, objectives, rationale and methodology of research is described. The second chapter describes the theoretical framework about the quarter of transformers and switchgear, emphasis on international standards such as NEC, NFPA and also NATSIM standards and national INEN done.

The third chapter performs information gathering, load or current draw, voltage variations also, the lines between other factors. The fourth chapter provides an analysis of data obtained from a specialized tool to gather information from electricity networks.

It is possible to determine that there is high power consumption during office hours, the lights, air conditioners and other electrical devices, consume and FEE-phase transformer, solved properly.

*Keywords: Transformer, Electrical Standards, NEC, NATSIM, Faculty of Business Specialties*

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de titulación para la obtención del título en Ingeniería Eléctrico-Mecánica está encaminado al levantamiento de información en cuanto a la estructura eléctrica de media y baja tensión para evaluar las instalaciones eléctricas del edificio de la Facultad de Especialidades Empresariales FEE, de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil UCSG, para aquello luego del levantamiento de información se debe efectuar el análisis del sistemas eléctrico de media y baja tensión.

Con este estudio se verifican teorías, normas y diseños de instalación, según el resultado del análisis se puede definir un plan de mejoramiento en las instalaciones del edificio de la FEE con el fin de mejorar la calidad y el consumo del servicio eléctrico, de igual manera se proveerán mejoraran los planes de mantenimientos preventivos y correctivos dentro de las instalaciones.

El levantamiento y evaluación del sistema eléctrico de Media Tensión MT y Baja Tensión BT, del edificio de la FEE, permitirá asegurar de riesgos por descargas eléctricas a los estudiantes y docentes que utilizan aulas, laboratorios, oficinas, el edificio a pesar de ser relativamente nuevo, debe inspeccionarse, con el fin de detectar anomalías o la prevenir deterioro en mecanismos eléctricos. Información actualizada mejora el tiempo para los mantenimientos correctivos.



# **CAPÍTULO 1**

## **Metodología de la Investigación**

### **1.1 Planteamiento Del Problema.**

El departamento de mantenimiento de la UCSG necesita actualización de la información del estado las instalaciones eléctricas del edificio de la FEE, para de esta manera pueda efectuar mantenimientos o ampliación de sus instalaciones eléctricas, con el primer aspecto se corrige o solucionan fallas, de una forma eficiente y segura.

### **1.2 Justificación.**

Proporcionar al departamento de mantenimiento de la UCSG una información técnica actualizada, con la cual podrán realizar procesos con mayor eficacia y seguridad. Con esta información tendrán el conocimiento sobre las normas y diseños que se deban cumplir al momento de realizar cualquier instalación eléctrica y los riesgos que conllevan los mismos. De esta manera se garantizara la calidad de las instalaciones y del servicio eléctrico.

### **1.3 Hipótesis.**

Se logrará mejorar tiempos de solución a problemas de infraestructura eléctrica, se conseguirá remediar las sucesos como expansión de la red del sistema eléctrico en el edificio FEE, así como optimizar los tiempos en planes de mantenimiento del departamento encargado de la UCSG.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Elaborar un análisis de las Instalaciones Eléctricas del Edificio de la Facultad de Especialidades Empresariales de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, para la propuesta de un plan de mejoramiento.

### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

1. Identificar la Infraestructura principal de acometida eléctrica del FEE.
2. Describir los riesgos vinculados a insuficiente mantenimiento del sistema eléctrico.
3. Efectuar el levantamiento de la información de infraestructura eléctrica, memoria técnica del edificio de la FEE.

## **1.5 Metodología de la Investigación**

Para este proyecto se utiliza el método analítico, porque se identifica toda la infraestructura eléctrica del sistema eléctrico del edificio de la FEE, para el pertinente análisis, con los resultados de observaciones y mediciones se pueden realizar convenientes planes de mejoras en el sistema eléctrico que alimenta el edificio de la FEE.

## **CAPÍTULO 2**

### **Marco Teórico**

#### **Normas de acometidas cuartos de transformadores**

La infraestructura de red eléctrica de suministro eléctrico debe proporcionar energía confiable y segura para sus elementos individuales. Para ello, el servicio de utilidad eléctrica entrante debe ser distribuido de tal manera que se facilite la restauración del poder durante un corte de una manera segura y rápida. Es fundamental detallar los elementos de la infraestructura eléctrica.

#### **2.1 Cuartos para Transformadores**

##### **2.1.1 Lugar**



Figura 2. 1 Transformador de potencia tipo seco de FEE

Fuente: el autor

El cuarto de transformadores del edificio FEE, se encuentra ubicado en la planta baja de la edificación.

El tipo de transformador, es tipo seco y su uso es para de distribución de 5 a 40 MVA con una tensión máxima de servicio de 145 kV. Se utilizan como transformadores de red en redes de distribución. Este tipo de transformador es normalmente de 3 fases (trifásico) y es diseñado de acuerdo a las normas internacionales. Los devanados de baja tensión deben ser diseñados como una lámina o capa devanados. Los arrollamientos de alta tensión deben usar capa o ejecución disco, incluyendo conductores transpuestos. Normalmente, el tipo de enfriamiento de pequeños transformadores de potencia es ONAN<sup>1</sup> (aceite natural, aire natural) u ONAF<sup>2</sup> (aceite natural, aire forzado). El transformador se puede diseñar con conmutadores de carga o sin carga.

La ubicación de los transformadores es una prioridad en los códigos eléctricos, en la mayoría de los códigos eléctricos, normalizan que las empresas de energía, deben instalar transformadores y bóvedas de transformadores con fácil accesibilidad para el personal cualificado para su inspección y mantenimiento. Los códigos también contienen secciones específicas que cubren transformadores con aislamiento de aceite, con aislamiento de askarel<sup>3</sup>, otros fluidos dieléctricos y de tipo seco, así como las bóvedas de transformadores.

### **2.1.2 Particularidades del cuarto de transformadores**

Cada edificio debe incorporar uno o más cuartos/salas de transformadores. Estos por lo general se encuentran en un nivel inferior del edificio, junto a la entrada de servicio eléctrico. Si la inundación es una latente preocupación, se puede decidir por esa obvia razón, evitar el nivel más bajo del edificio. Este cuarto deberá albergar el transformador del edificio, y su apartament<sup>4</sup> eléctrica. Se tomarán las medidas adecuadas para proteger las áreas adyacentes de la transmisión de

---

<sup>1</sup> oil-natural, air-natura

<sup>2</sup> oilnatural, air-forced

<sup>3</sup> Mezcla de difenil policlorado y tri o tetraclorobenzol.

<sup>4</sup> Equipo eléctrico destinado a ser conectado a un circuito eléctrico para protección, control, seccionamiento, conexión.

audible y/o ruido electromagnético. Obsérvese en las figuras 2.2, 2.3, 2.4, algunos diseños de cuartos de transformadores según su capacidad.

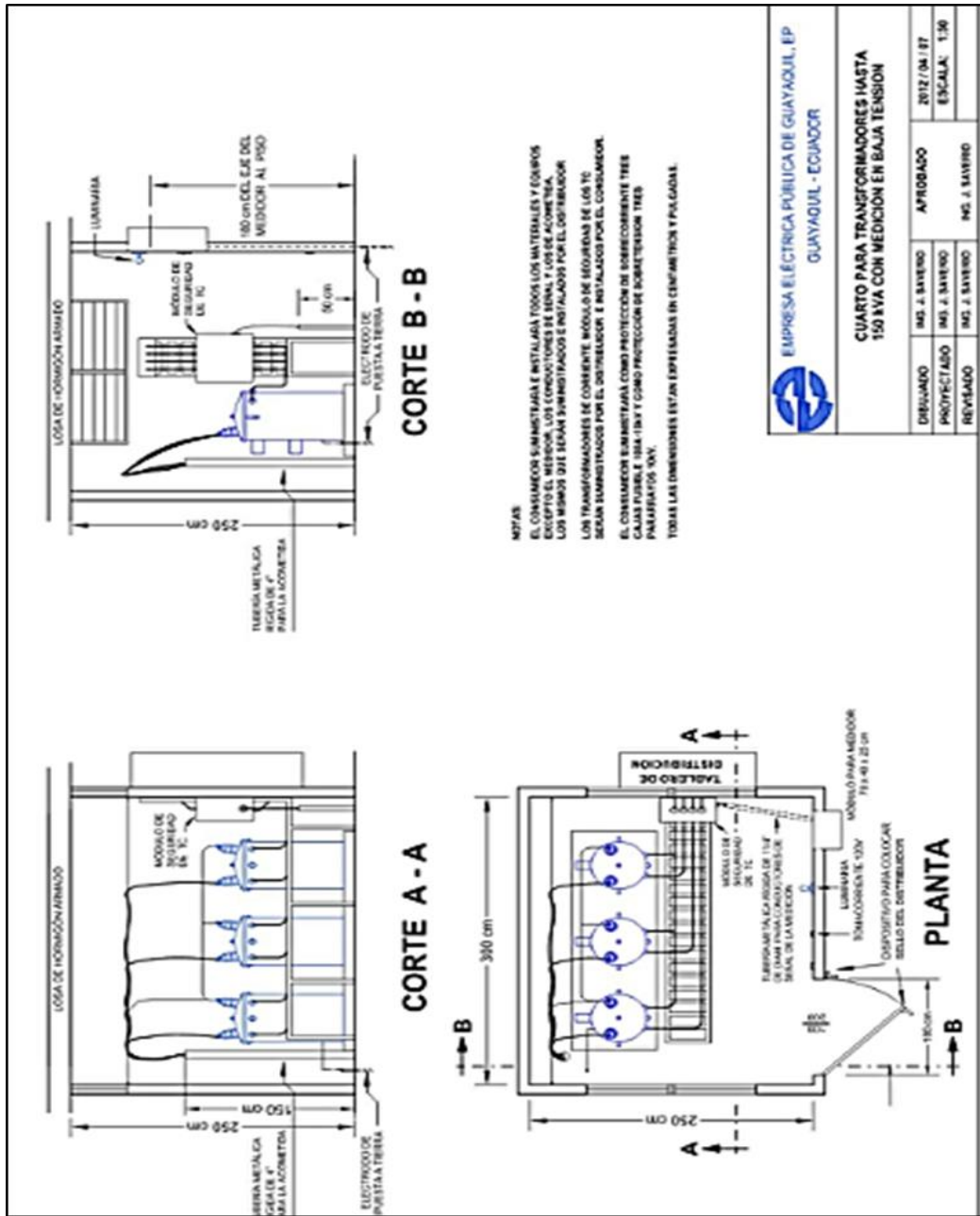
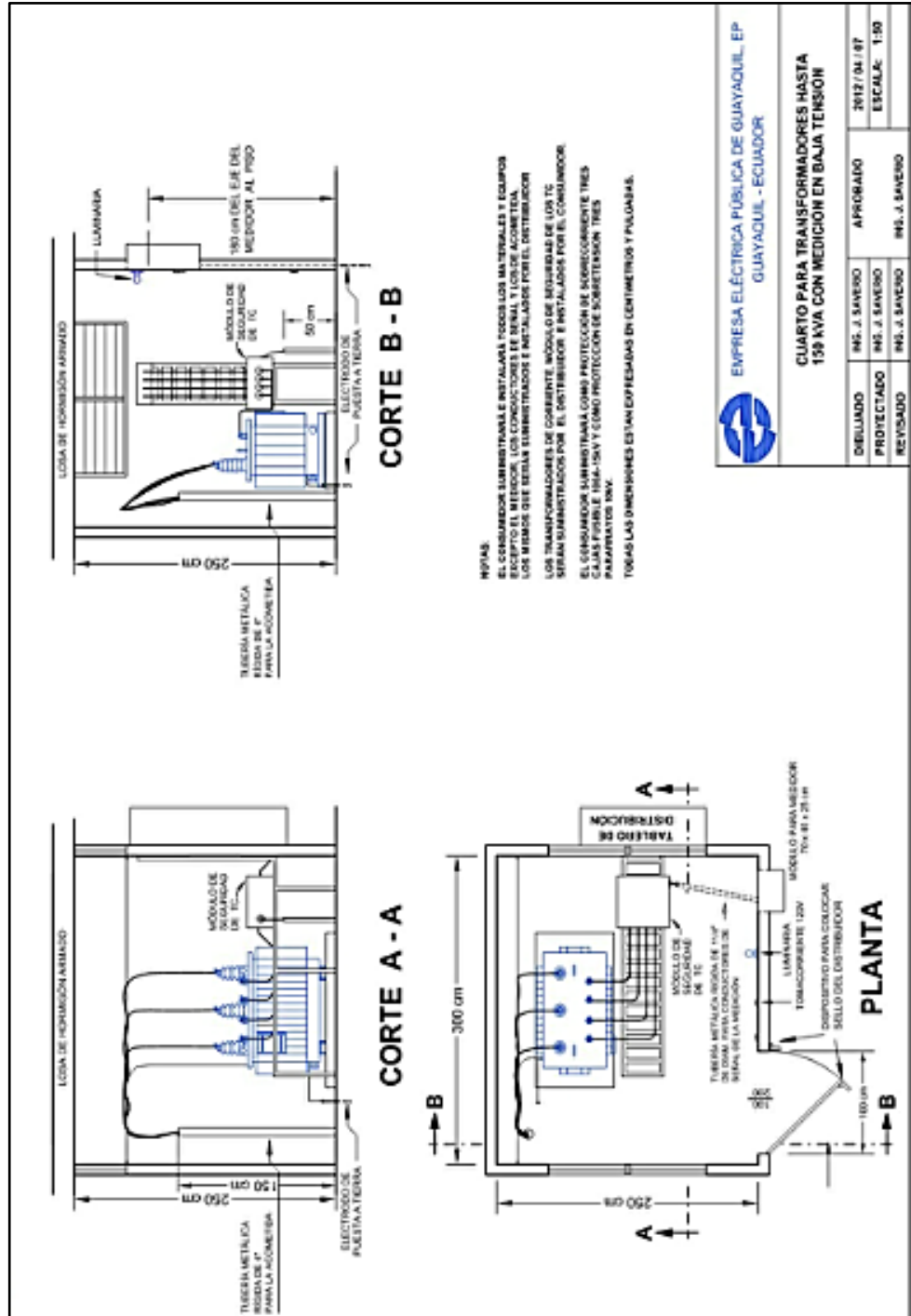


Figura 2. 2 Diseño de cuarto para Transformadores 150KVA.

(Fuente NATSIM, 2012)



**NOTAS:**

EL CONSUMIDOR SUMINISTRARA E INSTALARA TODOS LOS MATERIALES Y EQUIPOS EXCEPTO EL MEDIDOR, LOS CONDUCTORES DE SEÑAL Y LOS DE ACOMETIDA. LOS MÓDULOS DE SEÑAL, SUBTRINIDAD Y METALAJE POR EL DISTRIBUIDOR.

LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE, MÓDULO DE MEDICIÓN DE LOS TC SERÁN SUMINISTRADOS POR EL DISTRIBUIDOR E INSTALADOS POR EL CONSUMIDOR.

EL CONSUMIDOR SUMINISTRARA COMO PROTECCION DE SOBRETENSION TRES CABLES PUNTO 100A-150V Y COMO PROTECCION DE SOBRETENSION TRES PARARRAYOS 100V.

TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS Y PULGADAS.

**EMPRESA ELÉCTRICA PÚBLICA DE GUAYAQUIL, EP**  
GUAYAQUIL - ECUADOR

**CUARTO PARA TRANSFORMADORES HASTA 150 KVA CON MEDICION EN BAJA TENSION**

DISEÑADO	ING. J. SAVERIO	APROBADO	2012/01/07
PROYECTADO	ING. J. SAVERIO	REVISADO	ESCALA: 1:50
REVISADO	ING. J. SAVERIO		

Figura 2. 3 Diseño de cuarto para Transformadores 150KVA, con medición en BT

Fuente NATSIM, 2012

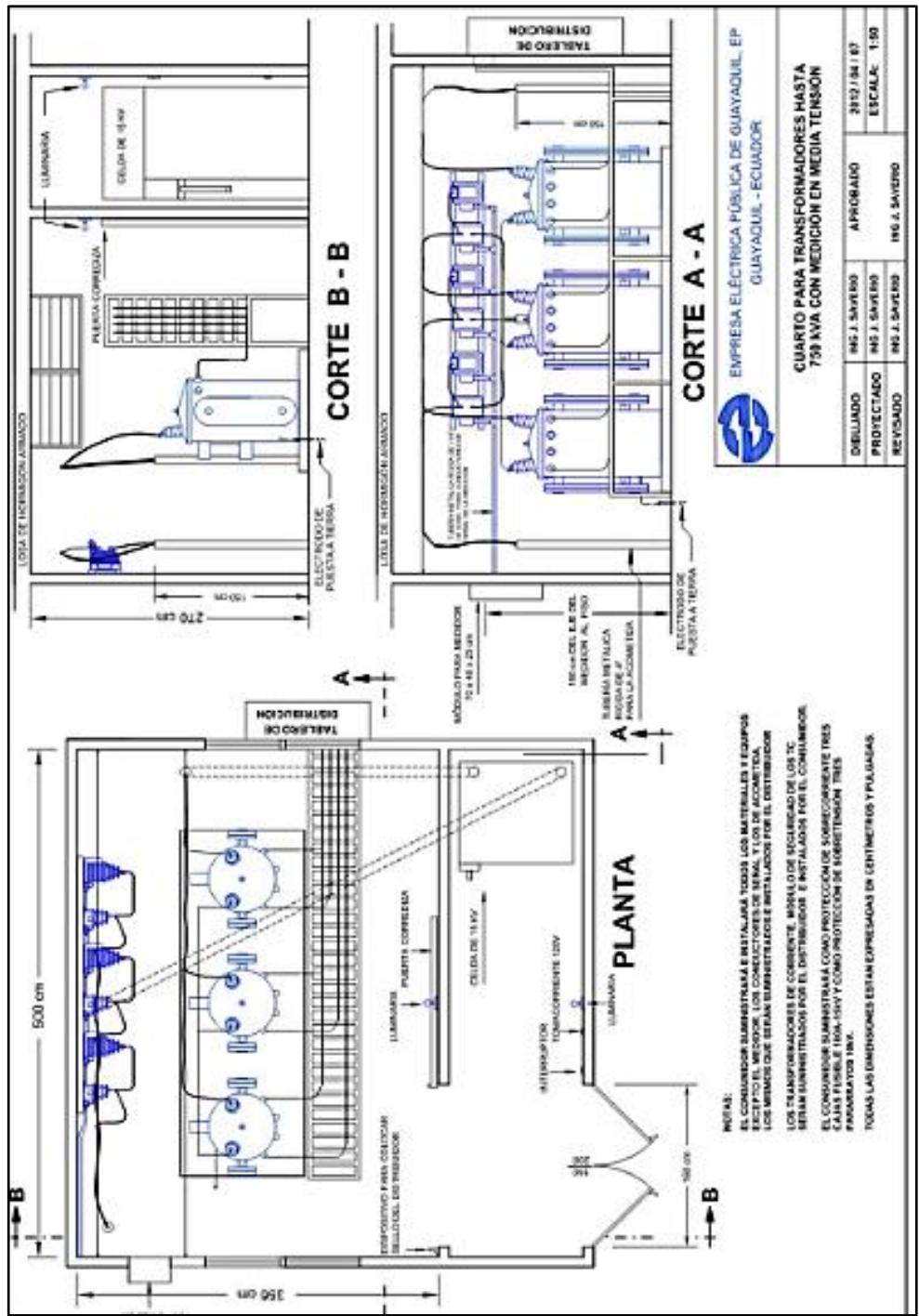


Figura 2. 4 Diseño de cuarto de Transformador 750KVA, con medición en MT

Fuente NATSIM, 2012

Las hendiduras de ventana convendrán acomodarse en las muros contiguos, inmediato a la azotea y quedarán protegidas de verjas permanentes, componentes ornamentales como bloques, o persianas resistentes, instaladas de forma que sea inadmisibles introducir objetos que consigan o logren caer sobre los transformadores.

En las grandes instalaciones se debe contar con un control de acceso del sistema es decir se puede controlar el ingreso a la sala. Se debe cumplir la seguridad contra incendios y riesgos eléctricos. Se requiere generalmente controlar el acceso de personas no autorizadas; estas reglas son especialmente estricta por cumplir.

Es decir, todas las salas o cuartos de transformadores deben estar bloqueados o con el acceso limitado exclusivamente a los empleados apropiados o autorizados. Así también todos los cuartos de transformadores deberán etiquetarse con la nomenclatura respectiva, esto debe advertir a personas no autorizadas. En la siguiente tabla se especifica las dimensiones de un cuarto de transformadores según la capacidad del transformador.

Tabla 2. 1 Espacio mínimo, rectangular y libre de los cuartos de Transformadores

<b>Dimensiones</b>	<b>Capacidad</b>
2,0 x 2,5 m	Hasta 100KVA ( 1 solo transformador monofásico)
3,0 x 2,5 m	Hasta 150KVA (Banco de 2 o 3 transformadores)
4,0 x 3,0 m	Hasta 300KVA(Banco de 3 transformadores)
5,0 x 4,0 m	Hasta 750KVA(Banco de 3 transformadores)
6,0 x 4,0 m	Hasta 1.000KVA(Banco de 3 transformadores)

Nota: Fuente Natsim, 2012 y citado por (Murillo Avecillas, 2014).



Si el banco de transformador tiene una capacidad superior a 1.000 KVA, su cuarto debe ser construido y equipado según requerimientos de la empresa eléctrica local (NATSIM, 2012)

### **2.1.3 Cuarto de Transformadores y sistema de ventilación**

En las edificaciones que manejan gases inflamables o líquidos o polvos combustibles, se debe poseer ventilación y otras medidas para prevenir un riesgo de explosión que de otro modo existir con equipos eléctricos en zonas peligrosas. Así también las áreas que albergan equipos de producción de calor, como transformadores deberán estar provistos de suficiente refrigeración o ventilación para evitar el sobrecalentamiento. Es preferible que la refrigeración se proporciona por medio de un sistema de ventilación atendida por campus central.

Los conductos de distribución se presentarán dentro de la sala como sea necesario. Los cuartos de transformadores, se enfrían a través de la ventilación del aire exterior. Cuando se usa el aire exterior para ventilar/enfriar cualquier cuarto eléctrico deberá ser filtrado antes de entrar en la habitación. Cuando se usa para la sala o cuarto del transformador al aire libre será proporcionado a un ritmo de 4 CFM<sup>5</sup> por KVA de la capacidad nominal del transformador.

Nota: Las calificaciones de transformadores se basan en 40°C de temperatura ambiente. Los conductores 'Ampacidades' se basan en 30°C (86 grados F°). Las temperaturas superiores a 30°C pueden comprometer el aislamiento.

Un sistema por aireación natural se lo muestra en la figura 2.5 (Schneider, 2010) y se lo puede implementar efectuando cálculos con una formula.

---

<sup>5</sup> Cubic Foot per Minute. Pie cubico por minuto

### 2.1.3.1 Cálculo para ventilación natural

La fórmula para calcular el área de sección de los orificios de ventilación es la siguiente:

$$S = \frac{0,18 P}{\sqrt{H}} \text{ y } S' = 1,1 S$$

En el portal electrónico de (Schneider, 2010) se indica:

P = Suma de las pérdidas en vacío y por carga expresadas en kW.

S = Sección del orificio de entrada de aire (deducida el área que ocupan las pantallas o rejillas) expresada en mm<sup>2</sup>.

S' = Sección del orificio de salida de aire (deducida el área que ocupan las pantallas o rejillas) expresada en mm<sup>2</sup>.

H = Altura (de centro a centro) del orificio de salida del aire sobre el orificio de entrada de aire, expresada en metros.

La fórmula es efectiva para cuartos de transformadores implementados a una altitud de 100 metros y donde la temperatura ambiente en promedio es 20 °C. (Murillo AVECILLAS, 2014).

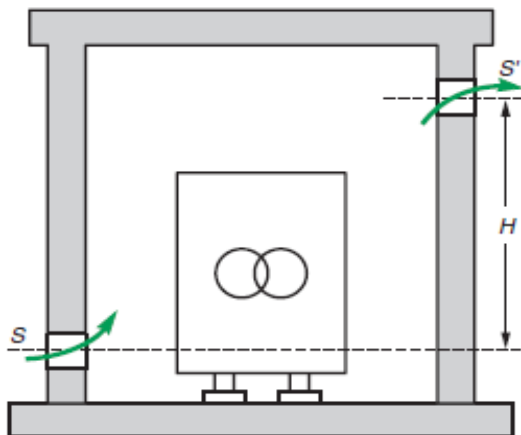


Figura 2. 5 Ventilación Natural

Fuente: (Schneider, 2010)

## 2.2. Particularidades de las Canalizaciones

En aceras y cruces de calle se permitirán ductos con diámetros de 4 pulgadas de cada uno, de material PVC<sup>6</sup>; Las canalizaciones en terrenos en el cual la Empresa por razones técnicas lo demande, logrará solicitar ductos en cantidades superiores

Dentro del Código Eléctrico Nacional de EEUU. NEC, para conductos y otros espacios de ventilación indica lo siguiente: los sistemas de tratamiento de aire tienen el potencial de transmitir el humo, los gases calientes, y las llamas de una zona de un edificio a otro, así como proporcionar suministro de aire para un posible incendio.

Los métodos de cableado eléctricos utilizados en estas áreas no deben añadir a la carga de combustible de un fuego ni humo añadir al sistema de tratamiento de aire. La NEC Sección 300-21 proporciona una declaración muy básica; Se requiere que se hagan por lo que la posible propagación de incendio o productos de combustión, como el humo, no se incrementará sustancialmente las instalaciones eléctricas en espacios huecos, pozos verticales, y de ventilación o de tratamiento de aire conductos. Antes de determinar los métodos de cableado que se pueden utilizar en conductos, cámaras impelentes, u otros espacios de ventilación, es necesario entender la terminología utilizada cuando se trata de sistemas de aire que dan.

La sección 1.6 de la National Fire Protection Association, NFPA, (Asociación Nacional de Protección Contra Incendios) 90A, la "Norma para la Instalación de Aire Acondicionado y Ventilación" (Edición 1996) proporciona definiciones para los sistemas de tratamiento de aire, un buen punto de partida en la comprensión de la terminología.

---

<sup>6</sup> El Policloruro de Vinilo (PVC). Derivado del plástico

Un sistema de distribución de aire se define como un conducto de paso continuo para la transmisión de aire. Este sistema de distribución puede constar de conductos de aire, conectores de aire, accesorios de conducto, amortiguadores, plenos, ventiladores y equipos de tratamiento de aire accesorio.

Un conducto de aire se define como un conducto para el transporte de aire. El aire ambiental es aire que se suministra, se remite, recircula, o agotado de espacios para el propósito de modificar la atmósfera existente dentro del edificio.

Por último, una cámara impelente se define en la norma NFPA 90A como un compartimiento o cámara a la que uno o más conductos de aire están conectados que forma parte del sistema de distribución de aire. Una cámara de sobrepresión no puede ser utilizado como un espacio ocupado o para el almacenamiento de cualquier material. El artículo 100 del NEC proporciona la misma definición para *plenum* como la que se encuentra en la norma NFPA 90A.

La palabra plenum en el NEC se utiliza para describir tanto un espacio de aire y también varios tipos de métodos de cableado que están diseñados y probados para su instalación dentro de estas áreas en particular.

La sección 300-22 (a) de la NEC proporciona información sobre la instalación y usos de cableado y equipos eléctricos en los conductos que se utilizan para el transporte de polvo, las acciones de suelta o vapores inflamables. Estos conductos pueden ser utilizados para la eliminación de vapor o para la ventilación de equipos de cocina de tipo comercial.

Estos conductos pueden ser conectados a un eje vertical u horizontal más grande o se pueden instalar como un único conducto sin una conexión de eje. Sin cables o equipos eléctricos se pueden instalar en estos conductos; sin embargo, los accesorios de iluminación (luminarias en el NEC 2002) se permiten en la campana de la cocina comercial donde se reúnen todas las condiciones establecidas en la Sección 410-4 (c).

La sección 300-22 (b) establece requisitos para conductos o cámaras de aire utilizados para el aire ambiental. Estos conductos o plenos, como conductos de metal o fibra de vidrio, son los específicamente fabricado para el transporte de aire ambiental. Estos conductos pueden ser fabricados ya sea en el sitio o traídos pre-fabricados y ensamblados en el sitio.

Los equipos y aparatos eléctricos están permitidos dentro de estos conductos o cámaras sólo si son necesarios para la acción directa o de detección del aire contenido dentro del conducto. El conducto metálico flexible y un conducto de metal flexible de los líquidos se pueden usar dentro de los conductos fabricados para conectar equipos ajustables y dispositivos similares, pero se limitan a cuatro pies. Si se requiere la iluminación interior del conducto fabricado para ayudar en el mantenimiento y reparación de equipos ubicados dentro del conducto, se debe utilizar un aparato cerrado y con juntas.

Las canalizaciones metálicas superficiales o canaletas de metal también se pueden utilizar. En un 'espacio diferente para el aire del medio ambiente', conducto metálico flexible de los líquidos se permite en longitudes individuales de 2 metros o menos.

El equipo eléctrico instalado en estas áreas debe estar encerrado metal. Sin embargo, los equipos eléctricos con una carcasa metálica y materiales de cableado asociados se pueden instalar si se enumeran para su uso en estas áreas. Ellos deben tener una adecuada resistencia al fuego y estar produciendo bajo el humo. Cualquier método de cableado utilizado en estas áreas debe ser adecuado para la temperatura ambiente en el otro espacio.

La figura 2.6 detalla la acometida subterránea para cuartos de transformadores BT.



## 2.3 Tableros

La altura mínima de montaje de los punto de conexión de gobierno o accionamiento instalados en un tablero será de 0.60 m y la altura máxima será de 2.0 m, ambas recorridos medidas respecto del nivel de piso terminado. (Norma Chilena de Electricidad , 2003), (MURILLO AVECILLAS, 2014).

Dentro de un tablero el espacio o distancias entre segmentos energizados desnudos, se lo muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2. 2 Espaciado entre partes entre partes energizadas en un Tablero

Voltaje de Servicio (V)	Partes energizadas con respecto a tierra(mm)
0 a 200	15
201 a 400	15
401 a 1000	30

Nota: Fuente Natsim, 2012

### 2.3.1 Conexiones del transformador

La mayoría de los transformadores de distribución de tipo seco trifásicos están conectados como una conexión primaria-delta. El secundario se puede conectar como estrella o un delta, y los cables sacados a los terminales de conexión. Si el patrón es una delta-delta, el desplazamiento puede ser cero grados o 180 grados. Si el patrón secundario es un Wye, el desplazamiento angular es típicamente de 30 grados.

La figura 2.7 ilustra un esquema delta-estrella.

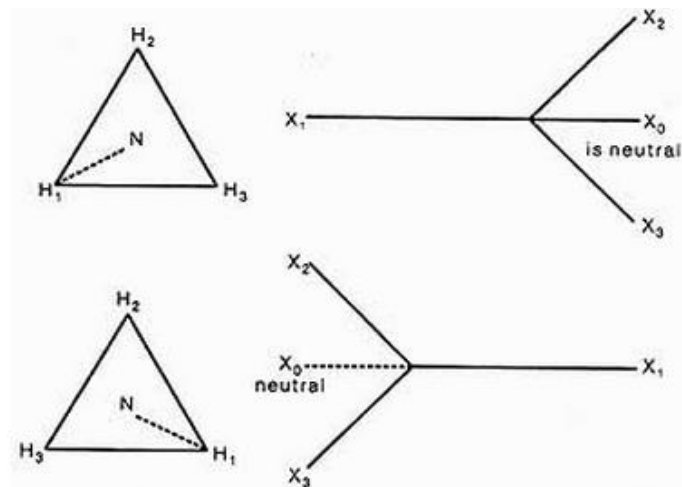


Figura 2. 7 Conexión Delta-Y del transformador

Fuente: NEC, 2010

### 2.3.1.1 Transformadores trifásicos Paralelo

Conocer los vectores de tensión le permitirá paralelas adecuadamente transformadores trifásicos para una mayor capacidad de carga. Sólo es necesario para conectar los terminales de alta y baja tensión de manera similar marcados si los transformadores tienen la misma relación de tensión, el mismo porcentaje de impedancia, y el mismo desplazamiento angular.

Si los transformadores son delta-estrella o en estrella a delta, el desplazamiento angular es de 30 grados. Cuando en paralelo unidades de transformadores trifásicos, sólo los transformadores con el mismo desplazamiento deben conectarse. La única manera de cambiar el desplazamiento angular es volver a conectar el cable interno de las bobinas individuales.

#### Ventajas y desventajas

Debido a transformadores trifásicos se enrollan en el mismo núcleo, la eficiencia de transformación es superior, con menos flujo de fuga. Normalmente, el costo es de menos de una unidad de tres fases en comparación con el mismo sistema



de la capacidad mediante tres simples unidades de Fase. La desventaja de una sola carcasa, es que en un solo transformador polifásico si una bobina falla, todo el transformador debe ser reemplazado, en lugar de sólo una fase del transformador.

### 2.3.2 Protección De Sobrecorriente al transformador

El NEC da información sobre la protección de sobrecorriente requerido para transformadores y bancos de transformadores, así como la máxima protección contra sobrecorriente permitido en el primario de un transformador.

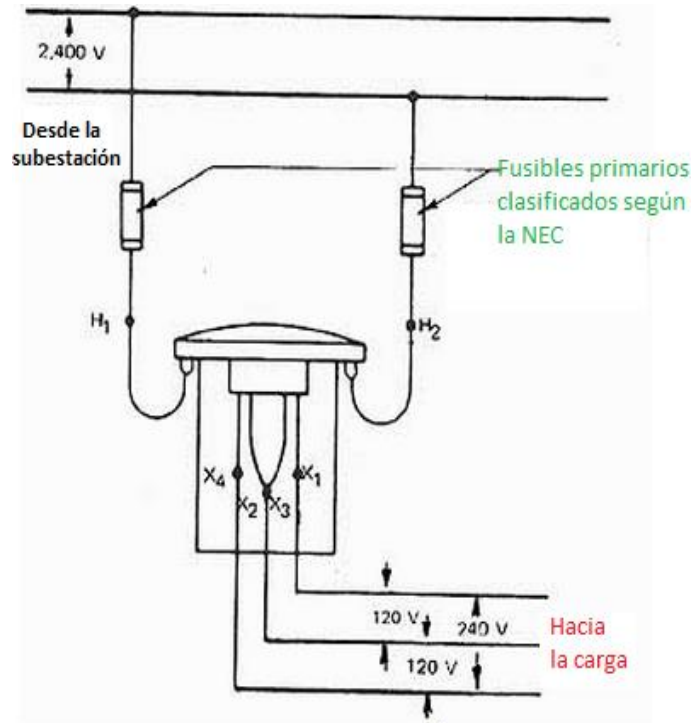


Figura 2. 8 Transformador de proteccion contra sobretensión

Fuente: NEC, 2010

Para un transformador de 600 voltios o menos, la protección de sobrecorriente se permite en el secundario, en lugar de protección primaria siempre que ciertos reglamentos son seguidos.

1. La protección de sobrecorriente secundaria. No deberá ser superior al 125% de la corriente nominal del secundario.
2. El alimentador principal no debe tener protección contra la sobretensión de más de seis veces la corriente nominal primaria del transformador. Esto es permisible sólo cuando la impedancia porcentaje del transformador no es en exceso de 6%.
3. Si la impedancia porcentaje es superior al 6%, pero menos del 10%, el alimentador principal no debe ser clasificado en más de cuatro veces la corriente nominal primaria del transformador.

Alrededor del 90% de los transformadores utilizados dentro de edificios son el tipo seco y generalmente requieren valores más bajos de protección contra sobrecorriente.

La figura 2.8, muestra una conexión del transformador donde se inserta la protección de sobreintensidad en el circuito secundario. Se debe tener en cuenta que la única protección primaria es la protección actual del alimentador.

Un transformador con protección de sobrecarga térmica integral (la protección está integrado en el transformador) no necesita la protección del fusible principal. Sin embargo, debe haber protección del alimentador primario. Los requisitos de calificación de sobrecorriente del alimentador son los mismos que dado previamente.

El Código exige que los transformadores de medida potencial tienen fusibles primarios. Se requieren fusibles de diferentes tamaños para la operación encima y por debajo de 600 voltios.

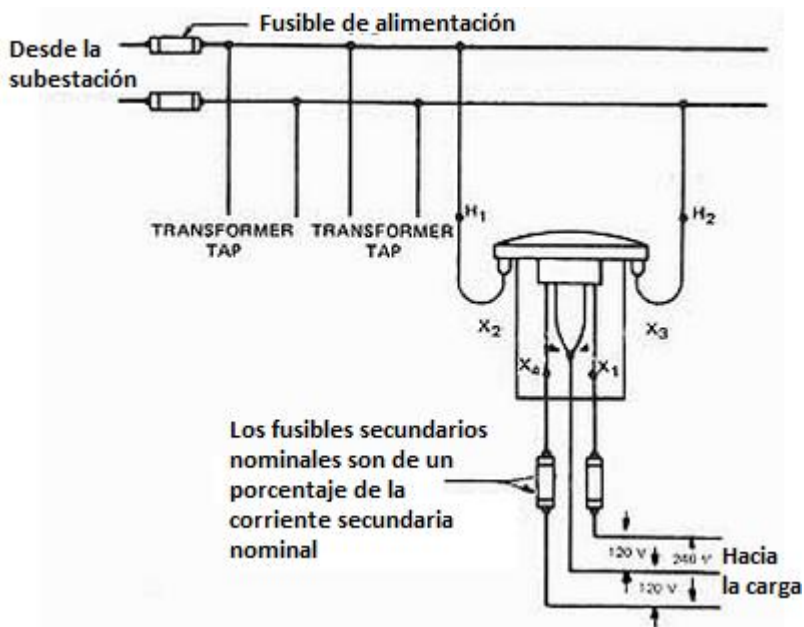


Figura 2. 9 Transformador y protección de sobrecorriente del alimentador

Fuente: NEC, 2010

### 2.3.2.1 Conexiones secundarias entre transformadores

El Código NEC define un lazo secundario como un circuito que funciona a 600 voltios o menos entre las fases. Este circuito conecta dos fuentes de energía o puntos de suministro de energía, como los secundarios de dos transformadores.

Un circuito de lazo secundario debe tener protección contra la sobretensión en cada extremo excepto en situaciones que se describen en el Código. Una conexión de empate entre dos secundarios del transformador se muestra en la figura 2.10. Se debe tener en cuenta que el circuito conductor lazo tiene protección contra sobrecorriente en cada extremo y que no hay grifos de carga en las conexiones de unión.

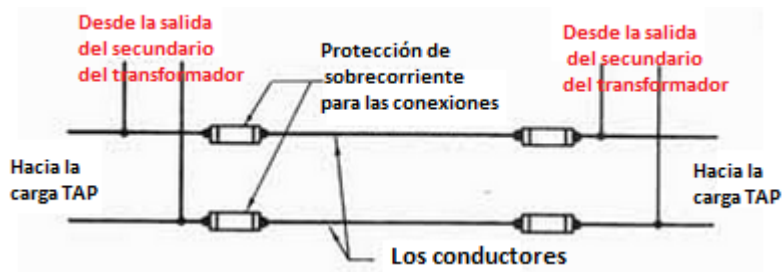


Figura 2. 10 Conexiones entre transformadores

Fuente: NEC, 2010

Sin embargo, cuando los TAPS de carga se realizan en el circuito de empate entre los transformadores, el mínimo tamaño del conductor requerido está regulado por el Código. En este caso, la capacidad de conducción de corriente no deberá ser inferior a un porcentaje establecido de la corriente nominal secundaria del transformador más grande conectado al lazo secundario.

Una conexión de lazo (con TAPS de carga) entre dos secundarios del transformador se en la figura 2.10, ya que existen TAPS de carga presente, el tamaño de los conductores de unión debe ser aumentada.

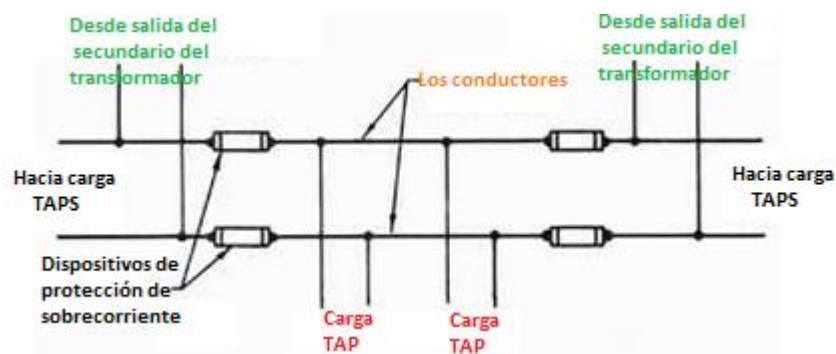


Figura 2. 11 Conexión entre transformadores con TAP descarga

Fuente: NEC, 2010

Los dispositivos de protección de sobrecarga se utilizan para la conexión empate con TAPS de carga, los cuales deben ser aprobados por el Underwriters' Laboratories, Inc. (UL). A continuación, una vez aprobado, son admisibles para la protección:

- Limitar los dispositivos que consisten en conectores de cable fusible de línea (limitador);
- Disyuntores automáticos.

Si la tensión supera un valor especificado en el Código, los conductores de unión deben tener un interruptor en cada extremo del circuito de lazo. Cuando estos interruptores están abiertos, los limitadores y conductores de corbatas se desactivan. Estos interruptores deberán ser inferior a la corriente nominal de los conductores de unión. Además, estos interruptores deberán ser capaces de abrir su corriente nominal.

El Código da más información sobre la protección de sobreintensidad cuando se utilizan conexiones de unión secundarias. Es una práctica aceptable para proporcionar protección contra la sobretensión en las conexiones secundarias de cada transformador. La configuración de este dispositivo de sobrecorriente está regulada por el Código.

Un disyuntor automático debe ser instalado en la conexión secundaria de cada transformador. Este interruptor debe tener un relé de corriente inversa que abrirá el circuito a no más de la corriente secundaria nominal del transformador.

### **2.3.3 Funcionamiento en paralelo de los transformadores**

Los transformadores pueden funcionar en paralelo y protegidos como una unidad si sus características eléctricas son similares. Estas características eléctricas incluyen la relación de voltaje y la impedancia de porcentaje. Cuando los

transformadores tienen características eléctricas similares, van a dividir la carga en proporción a su capacidad en kVA.

## **2.4 Características de Transformadores**

Las disposiciones adecuadas se deben hacer para reducir al mínimo la posibilidad de daños en los transformadores por causas externas. Esto es particularmente importante si los transformadores están situados donde están expuestos a daños mecánicos.

Los transformadores de tipo seco deben estar provistos de un caso resistente a la humedad no combustible o recinto que proporcionará una protección razonable contra la introducción accidental de objetos extraños. También deben tener recintos resistentes a la intemperie cuando está instalado al aire libre. El transformador de instalación debe cumplir con las disposiciones del Código de vigilancia de las partes activas.

La tensión de funcionamiento de las partes vivas expuestas de los transformadores debe estar marcado por señales de advertencia o marcas visibles. Estas marcas o signos se van a montar en posiciones sin obstáculos sobre el equipo y estructura.

### **2.4.1 Sistema de puesta tierra**

El NEC requiere que las cajas metálicas y tanques de transformadores de estar conectados a tierra. Además, todas las partes metálicas que no carguen corriente de instalaciones y estructuras de transformadores, incluyendo cercas, son también para estar conectados a tierra. Esta conexión a tierra debe hacerse en la forma prescrita por el Código para minimizar cualquier riesgo de tensión que pueden ser causados por fallos de aislamiento o condiciones estáticas.

### **2.4.2 Transformador de Placa de Datos**

Según el Código, cada transformador deberá estar provisto de una placa de identificación y la placa de identificación debe incluir la siguiente información:

- a. Nombre del fabricante;
- b. Capacidad nominal kVA;
- c. Frecuencia en hertzios;
- d. Tensiones primarias y secundarias;
- e. Cantidad de líquido y el tipo utilizado aislante;
- f. Clase de temperatura del aislamiento debe ser indicado en la placa de identificación en los transformadores de tipo seco;
- g. Aumento de la temperatura para este sistema de aislamiento;
- h. Impedancia (25 kVA y mayor).
- i. Autorizaciones requeridas para transformadores con aberturas ventiladas.

### **2.4.2 Transformadores de Tipo seco; instalación en el interior**

Los transformadores de tipo seco se utilizan ampliamente para instalaciones interiores. Estos transformadores están aislados y refrigerados por aire. Ellos no están encerrados en los depósitos de acero necesarias para transformadores llenos de aceite. Para una mayor protección, transformadores de tipo seco están encerrados en los casos de chapa con aberturas para permitir que circule el aire.

El Código especifica que los transformadores de tipo seco de una calificación de 112 ½ kVA o menos deben tener una separación de 12 pulgadas de cualquier material combustible. Sin embargo, hay condiciones de código y excepciones.

Algunos transformadores de más de una calificación específica se deben instalar en un cuarto transformador con la construcción resistente al fuego o se deben instalar en una cámara acorazada del transformador. Los transformadores con aislamiento clase B (80 ° C de aumento de temperatura) o Clase H de aislamiento (150 ° C de aumento de temperatura) no necesitan ser instalados en una cámara acorazada del transformador, siempre que estén separados de material combustible por las dimensiones horizontales y verticales especificadas en el Código, o están separados de material combustible por una barrera resistente al fuego. Cualquier transformador de tipo seco valorado en más de 35.000 voltios se debe instalar en una cámara acorazada del transformador.

#### **2.4.3 Transformadores de aceite con aislamiento instalado en el interior**

Muchos transformadores se enfrían y aislados con un aceite aislante especial. El potencial peligro de incendio debido a los transformadores aislados por aceite es mayor que la de los transformadores *askarel* con aislamiento por lo tanto; los requisitos del Código son más exigentes para los transformadores de aceite con aislamiento.

#### **2.4.4 Transformadores de aceite con aislamiento instalada al aire libre**

El Código exige que los edificios combustibles, aberturas de puertas y ventanas, y escaleras de incendios deben ser salvaguardados por los incendios originados en transformadores de aceite con aislamiento. Esta protección puede ser proporcionada por la separación o espacio efectivo mediante la construcción de una barrera resistente al fuego entre el banco transformador y las áreas que requieren protección.

Además, el Código requiere que se instalen algunos medios para contener y eliminar el aceite del transformador a partir de un tanque del transformador roto.



Tal precaución se aplica a una instalación de transformador adyacente a un edificio donde una explosión aceite puede resultar en un riesgo de incendio sin esta medida preventiva.

#### 2.4.4.1 Disposiciones para bodegas de transformadores

Las regulaciones del Código cubren todos los detalles esenciales para bóvedas utilizados para las instalaciones de transformación, incluyendo la disposición, la construcción, y la ventilación de las bóvedas

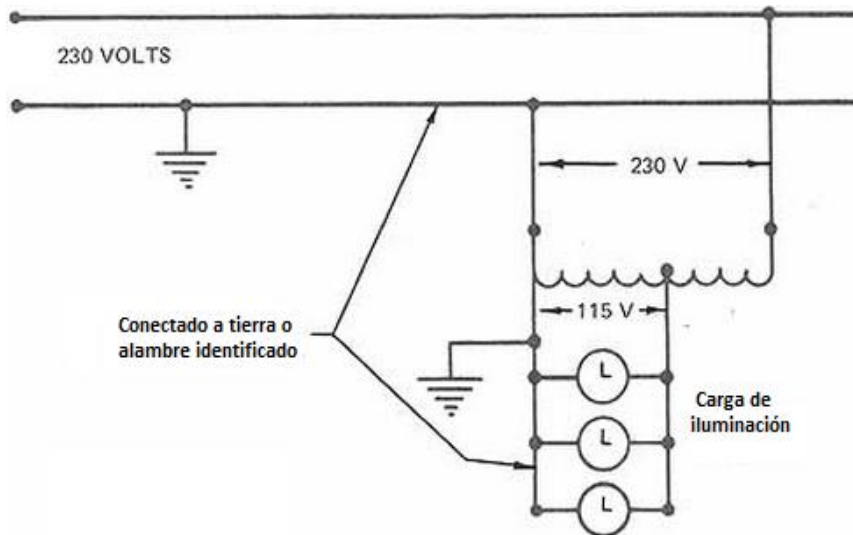


Figura 2. 12 Esquema de conexión para transformadores en bodegas

Fuente: NEC, 2010

#### 2.4.5 Alimentador Identificado

En un conductor alimentador secundario de cuatro hilos conectado en triángulo en el que el punto medio de una fase está conectada a tierra para proveer iluminación y cargas similares, el conductor de fase con el voltaje más alto a tierra debe ser identificado con un acabado exterior que es de color naranja, o etiquetado. Esta identificación se va a colocar en cualquier punto en el que se

realiza una conexión si el conductor neutro también está presente, como en un panel de distribución, caja de conexiones, etc..

### 2.4.5.1 Identificar un Transformador no marcado

Instalados transformadores suelen tener fichas que faltan o desfigurados. Cada vez que un transformador es de volver a conectar siguientes reparaciones, o debe volver a conectarse por otras razones, la polaridad de los cables debe ser revisado.

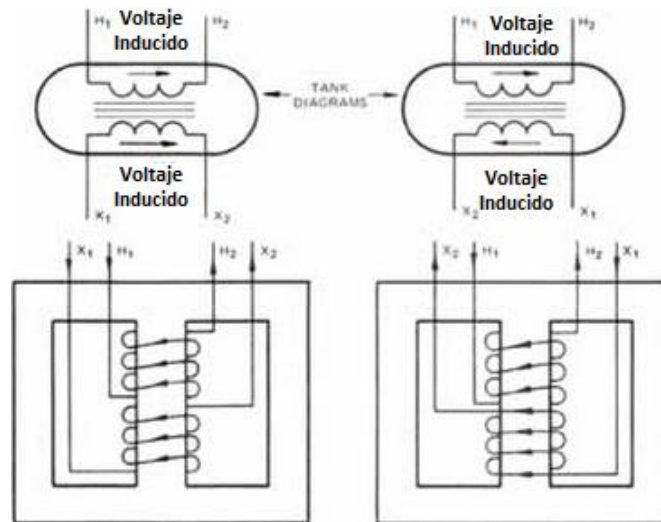


Figura 2. 13 Bobina de polaridad substractiva y polaridad aditiva

Fuente: (Milton Ernesto Eras, 2009)

En el uso convencional, la polaridad se refiere a la tensión inducida vector relaciones del transformador conduce, ya que son llevados fuera del tanque. El American National Standards Institute ANSI, ha estandarizado la ubicación de estos cables para obtener condiciones de aditivos y de polaridad sustractiva. Toda alta tensión conduce a devanados que están marcados H1, H2 y así sucesivamente, mientras que los cables de bajo voltaje están marcados X1, X2.

El conductor H se encuentra en el lado izquierdo cuando se enfrentan a los cables de baja tensión. Tanto H1 y X1 son ambos positiva en el mismo instante de tiempo.

Polaridad sustractiva. Muestra la relación de los voltajes inducidos en los devanados primario y secundario para la condición de polaridad sustractiva. Los transformadores conectados de esta manera tienen conductores H y X situados justo enfrente de la otra. Si H1 y X1 están conectados entre sí (como se muestra en la figura 2.14), el voltaje medido entre H2 y X2 es menor que la tensión primaria. Los voltajes inducidos se oponen a la tensión de alimentación y por lo tanto hace que la tensión inducida secundaria a restarse de la tensión primaria.

Polaridad Aditivo. Muestra la relación de tensión de las tensiones inducidas para la conexión de polaridad aditivo. Cuando H1 y X2 están conectados, el voltaje a través H2 y X1 es mayor que la tensión primaria. Las tensiones medidas se suman a la suma de los voltajes primario y secundario.

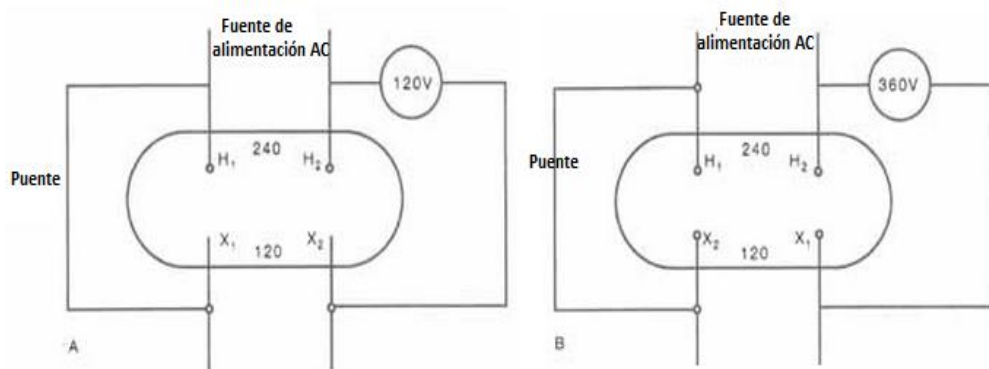


Figura 2. 14 A) Prueba utilizada para determinar la polaridad sustractiva del transformador B) Prueba utilizada para determinar polaridad aditiva del transformador

Fuente: NEC, 2010

Los transformadores que son nominales de hasta 200 kVA y tienen el valor de la liquidación de alta tensión igual a 8.660 voltios o menos serán aditivo. Todos los demás transformadores serán sustractivo.

Prueba de Polaridad. Bobinas del transformador a menudo deben ser conectadas en serie o en paralelo como en la figura anterior. Para estas situaciones, la polaridad de un transformador o cualquier bobina secundaria se puede encontrar al hacer las conexiones que se muestran en la (figura 2.14 A y B), al conectar la salida adyacente de la izquierda, de alta tensión y baja tensión conduce hacia el lado de baja tensión del transformador.

Se Aplica una alimentación de baja tensión al primario y se tiene en cuenta la tensión entre el adyacente derecho, terminales de baja y alta tensión.

- Para polaridad sustractiva, el voltímetro lectura (V) es menor que el voltaje aplicado.

El voltaje es la diferencia entre los voltajes primarios y secundarios,  $E_p - E_s$  (figura 2.14 A.).

- Para aditivo polaridad, el voltímetro lectura (V) es mayor que la tensión aplicada.

La tensión es la suma de las tensiones primarias y secundarias,  $E_p + E_s$  (figura 2.14 B).

Si la prueba se muestra en la figura 2.14 B indica polaridad aditiva, los cables secundarios en el interior del tanque debe ser invertido en la parte inferior de los casquillos para obtener una verdadera polaridad sustractiva. Si el transformador requiere que todos los aditivos polaridad y la prueba indica sustractivo, revertir los marcadores de plomo secundario para que X2 está situado H1 contrario. La mayoría de los transformadores están conectados en aditivo polaridad.

En todos los transformadores, los terminales H son siempre los terminales de alta tensión. Los terminales X son siempre los terminales de baja tensión. Cualquiera de los terminales H o X pueden ser designados como la primaria o la secundaria,

dependiendo de cuál es la fuente y que es la carga, y si el transformador se utiliza como un paso hacia arriba o transformador reductor.

#### **2.4.6 Conexiones individuales del transformador**

##### Conexión de la Serie

Si solo una fase del transformador 460/115/230 voltios es para ser conectado para obtener 460/230 voltios, las dos bobinas secundarias deben estar conectados en serie. El principio y el final de cada bobina deben estar unidos, como se muestra en la figura 2.15 A. El "inicio" de cada bobina se identifica por un subíndice impar.

Nota: Si el voltaje es cero a través de X1 - X4 después de las conexiones en serie están completas, las bobinas se oponen entre sí (la polaridad de una bobina se invierte). Para corregir esta situación, revertir una bobina y vuelva a conectarlo y vuelva a verificar la polaridad.

##### Conexión en paralelo

Para obtener 460/115 voltios, las dos bobinas secundarias deben estar conectados en paralelo como se muestra en la figura 2.15. La polaridad de cada bobina debe ser correcta antes de hacer esta conexión. La conexión en paralelo de dos bobinas de polaridad opuesta dará lugar a un cortocircuito y daños internos en el transformador.

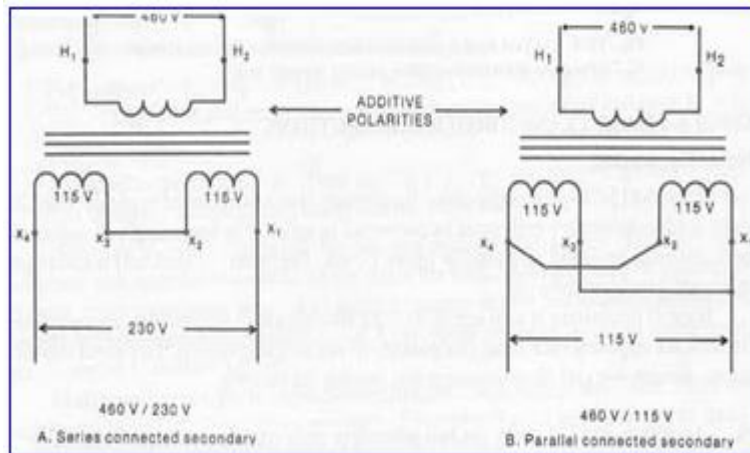


Figura 2. 15 Conexiones del transformador monofásicos: A. Conectado en serie polaridades aditivo; B. conectado de secundaria en paralelo

Fuente: (NEC, 2012)

## 2.4.7 Funcionamiento en paralelo de Transformadores monofásicos

Los transformadores de distribución monofásicos pueden conectarse en paralelo sólo si el voltaje y la impedancia de los transformadores son idénticos. Esta información se encuentra en las placas de identificación de los transformadores de gran tamaño. Se recomienda que esta regla debe seguirse al realizar las conexiones paralelas permanentes de todos los transformadores.

### 2.4.7.1 Transformador Primario TAPS

Los Taps son nada más que terminales alternativos que se pueden conectar para que coincida más estrechamente el suministro, la tensión primaria. Estos grifos están dispuestos en incrementos de medio 2 por ciento o 5 por ciento de la tensión nominal primaria del transformador (figura 2.17). Esto proporciona un ajuste de lugar de trabajo para garantizar que el primario del transformador coincida con la tensión de alimentación. La voluntad secundaria luego producir la tensión secundaria deseada.

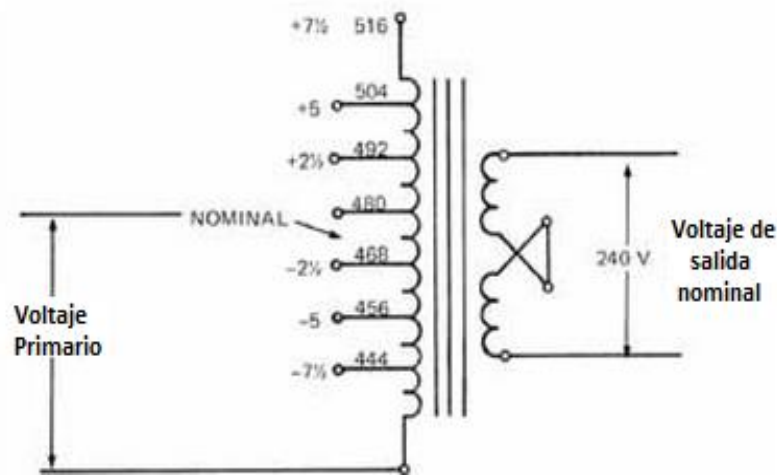


Figura 2. 16 TAPS de un transformador

Fuente: (NEC, 2012)

La tensión recibida de la compañía eléctrica puede ser baja o alta. Puesto que el transformador es un dispositivo de tensión fija, la tensión de salida está siempre en proporción directa a la tensión de entrada. Si la relación es 2: 1 y la tensión de alimentación es de 480 voltios, la salida será de 240 voltios. Si la tensión primaria es de 438 voltios, la secundaria habrá sólo 219 voltios.

Los voltajes altos y bajos pueden tener efectos graves en diferentes cargas conectadas. Se debe tener cuidado para entregar una tensión lo más cerca posible a lo deseado en el primario, de modo que la tensión secundaria coincidirá con los voltajes de placa del equipo. Consistentemente problemas de alta y baja tensión se pueden resolver mediante la conexión de las derivaciones primarias adecuadas. Si el voltaje fluctúa constantemente, toca cambio no es la solución. Se necesita un transformador de regulación de la tensión.

#### 2.4.8 Reglamento

Una caída ligera tensión en los terminales del secundario de vacío a plena carga se llama regulación; Estas son causadas por poca resistencia y reactancia en los devanados. El reglamento se expresa como un porcentaje. La regulación de

transformadores de potencial constante es de aproximadamente 1 por ciento al 5 por ciento.

Terminales secundarios:

Regulación%  $E = ((\text{sin carga } E - \text{plena carga } E) / (\text{carga completa } E)) \times 100$

Ejemplo: El voltaje secundario de un transformador se eleva de 220 a 228 voltios cuando se retira la carga nominal. ¿Cuál es la regulación del transformador?

Regulación%  $= ((\text{desde } 228 \text{ hasta } 220) / 220) \times 100 = 0.036 \times 100 = 3,6\%$

### **2.4.9 Transformadores Secos y lleno de líquido**

Los transformadores secos se utilizan ampliamente para instalaciones interiores. Estos transformadores se enfrían y se aislaron por aire y no están encerradas en tanques pesados, tales como los requeridos para los transformadores rellenos de líquido. Los transformadores secos se usan para circuitos de timbre de campana, transformadores de corriente y potencial, transformadores de soldadura, y casi todos los transformadores utilizados en equipos industriales portátil o pequeña.

Los transformadores llenos de líquido consisten en el núcleo y las bobinas sumergido en un tanque de aceite u otro líquido aislante. De refrigeración de aceite es de aproximadamente quince veces más eficaz que la refrigeración por aire. La mayoría de los transformadores de distribución diseñados para la instalación al aire libre son llena de líquido.

#### **2.4.9.1 Métodos de Enfriamiento**

El método seleccionado para enfriar un transformador no sólo debe mantener una temperatura media suficientemente bajo, sino que también debe evitar un aumento excesivo de la temperatura en cualquier parte de los transformadores. En otras palabras, el medio de enfriamiento debe evitar la formación de "puntos



calientes". Por esta razón, las partes de trabajo del transformador están generalmente sumergidos en un alto grado del aceite aislante. El aceite debe estar libre de humedad por lo que, si es necesario, el aceite debe ser filtrado para eliminar la humedad. El valor de aislamiento eléctrico del aceite se comprueba periódicamente.

Las líneas de conductos se disponen dentro del transformador de prever la libre circulación de aceite a través del núcleo y las bobinas. El aceite más caliente y por lo tanto más ligero sube a la parte superior del tanque de acero. El núcleo del transformador y arrollamientos se colocan cerca de la parte inferior del tanque. El refrigerador de aceite y más pesado se deposita en el fondo del tanque, Esta circulación natural proporciona para un mejor enfriamiento.

#### **2.4.9.2 Enfriamiento Forzado**

Varios métodos de eliminación de calor de un transformador implican enfriamiento forzado. El enfriamiento se logra mediante el uso de bombas para forzar la circulación del aceite o líquido, al forzar la circulación de aire más allá de los radiadores de aceite llenado o mediante la inmersión de bobinas que contienen agua en el aceite. El agua fría que circula en las bobinas elimina el calor almacenado en el aceite. El movimiento de aire forzado por el uso de ventiladores es una práctica común.

#### **2.5 Precauciones de Seguridad**

Aunque no hay partes móviles en un transformador, hay algunos procedimientos de mantenimiento que se deben realizar. Para una revisión general de un transformador de funcionamiento o cuando una inspección interna debe ser hecho, el transformador debe ser desenergizado. Ya sea que el transformador está desconectado se debe comprobar siempre por cuenta propia si esta desconectado o desenergizado.

Se debe estar seguro de que los fusibles se tira abierta o fuera y que el interruptor o disyuntor está abierto en ambos los lados primario y secundario. Después se desconecta el transformador, los bobinados deben estar conectados a tierra para descargar toda la energía capacitiva almacenada en el equipo. Este paso le protege mientras está en el trabajo también.

La Puesta a tierra se realiza con un dispositivo que consiste en un cable flexible con las abrazaderas en ambos extremos. El extremo de tierra se sujeta primero, a continuación, utilizando un palo de gancho, el otro extremo se toca al conductor. Se realiza esto con cada lado primario y secundario. Las fases son entonces corto circuitados y conectados a tierra para su protección.

Sobre la presión del depósito del transformador, esta debe ser aliviada, es decir se puede hacer por 'sangrado' de una válvula. Cualquier fluido como un gas en el tanque debe ser reemplazado con aire fresco antes de que una persona entre en el depósito. La ausencia de oxígeno en un tanque causar asfixia rápidamente y sin aviso. Una segunda persona debe estar en servicio fuera del transformador como precaución de seguridad cada vez que alguien tiene que entrar en el transformador.

Se recomienda aplicar y seguir las normas de OSHA<sup>7</sup> en la entrada peligrosos y el espacio de trabajo restringido. Todas las herramientas deben tener cordones de seguridad conectados con el otro extremo firmemente asegurado. Todos los bolsillos de la ropa deben ser vaciados.

Nada se debe permitir que caiga en el tanque. Gran cuidado debe tomarse medidas para evitar ponerse en contacto o acercarse a los conductores eléctricos y otras partes vivas de transformador a menos que se sabe que el transformador

---

<sup>7</sup> *Occupational Safety and Health Administration*, La organización OSHA se encarga de recomendar en acciones laborales condiciones seguras y saludables, mediante el establecimiento y aplicación de normas, utilizando capacitación, divulgación, educación y asistencia.

ha sido desenergizado. Los radiadores de tanques y refrigeración no deben ser tocados hasta que se determina que están conectados a tierra adecuadamente (tanto para instalaciones nuevas y viejas).

## CAPÍTULO 3

### Levantamiento de Información Eléctrica y situación actual del sistema eléctrico de la FEE

#### 3.1 Análisis del último Poste.

Poste #1,

El dispositivo denominado seccionador es de clase abierta, posee portafusibles, en cámara de cerámica, está aislado a 15KV, y su consumo de corriente es 100 A.

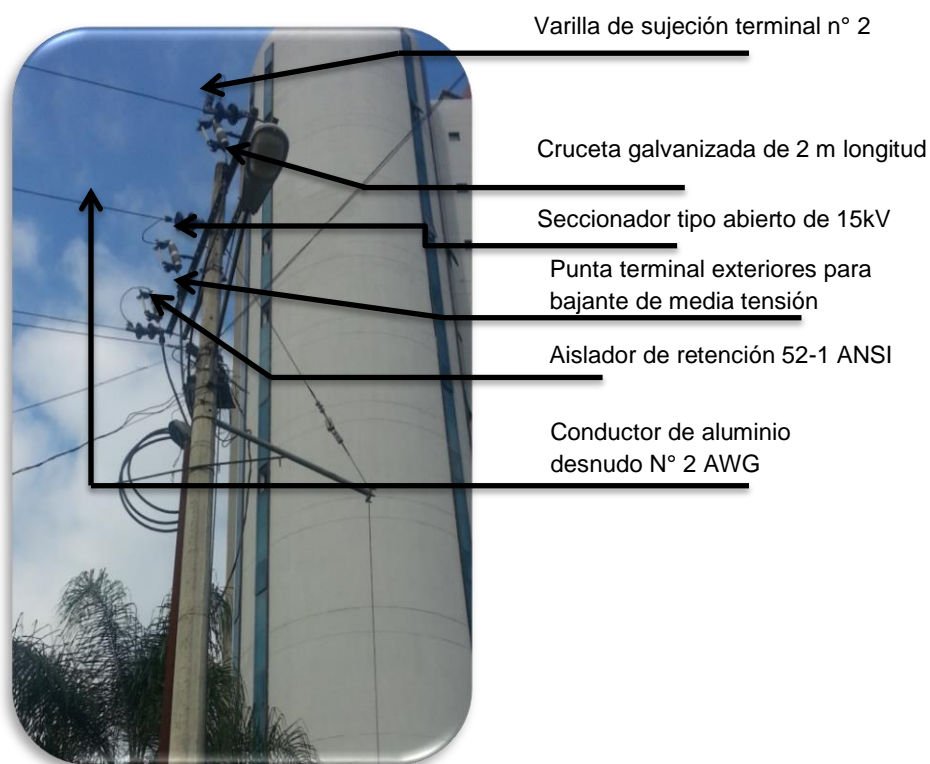


Figura 3. 1 Descripción de los materiales y equipos de protección

Fuente: (MURILLO AVECILLAS, 2014)

Tabla 3. 1 datos levantados de caídas de tensión, de corriente en ramales y de carga en transformadores de la FEE

### Flujos de Corriente en Ramales

=====						
Nombre del Ramal	Tipo	Código	I (kA)	Ang.(°)	Amp(kA)	Carga(%)
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CB_Empresariales_1	Alimentador	1/0	0.013	-32.8	0.132	0%
CB_Empresariales_2	Alimentador	2-15KV	0.013	-32.8	0.101	3%
Nombre del Ramal	Tipo	Código	I (kA)	Ang.(°)	Amp(kA)	Carga(%)
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
F_Empresariales_1	Fusible	SM-4-STD	0.013	-32.8	0.050	26%
F_Empresariales_2	Fusible	SM-4-STD	0.013	-32.8	0.050	26%

### Reporte de Caídas de Tensión

Nombre de Barra	Tipo	V (kV)	Caída V(%)	Ang (°)	P (MW)	Q (Mvar)
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Carga_Empresariales	Carga	0.217	1.59	-31.0	-0.26	-0.16

### Porcentajes de cargas en los transformadores

Transformador	Tipo	Capacidad (MVA)	Cargas (MVA)	F_Tap (%)	F_Tap (pu)
-----	-----	-----	-----	-----	-----
TR_Empresariales	750-3-L	0.75	0.30	41%	1.000

Fuente: el autor

### 3.2. Lugar del cuarto de transformador

Lugar:

El cuarto de Transformador se encuentra en la planta baja del edificio FEE, el transformador es de 750 KVA, clase 2, 3C.F. 50 A y es el de mayor capacidad de todo el campus,



Entrada al Cuarto De Transformador

Figura 3. 2 Entrada al Cuarto de Transformador

Fuente: El autor

El Cuarto de transformadores tipo 2 y tiene las siguientes características.

Tabla 3. 2 Datos del transformador instalado en cuarto de transformador de la FEE

Lugar	Ubicación	Tipo de equipo	Capacidad	Protección	Voltajes	Conexión
Facultad Esp. Empresariales	Cuarto de trafos	Trifásico	750 KVA	3C.F. 50 A	13.8 KV – 240/120 V	3 $\phi$

Fuente: el autor

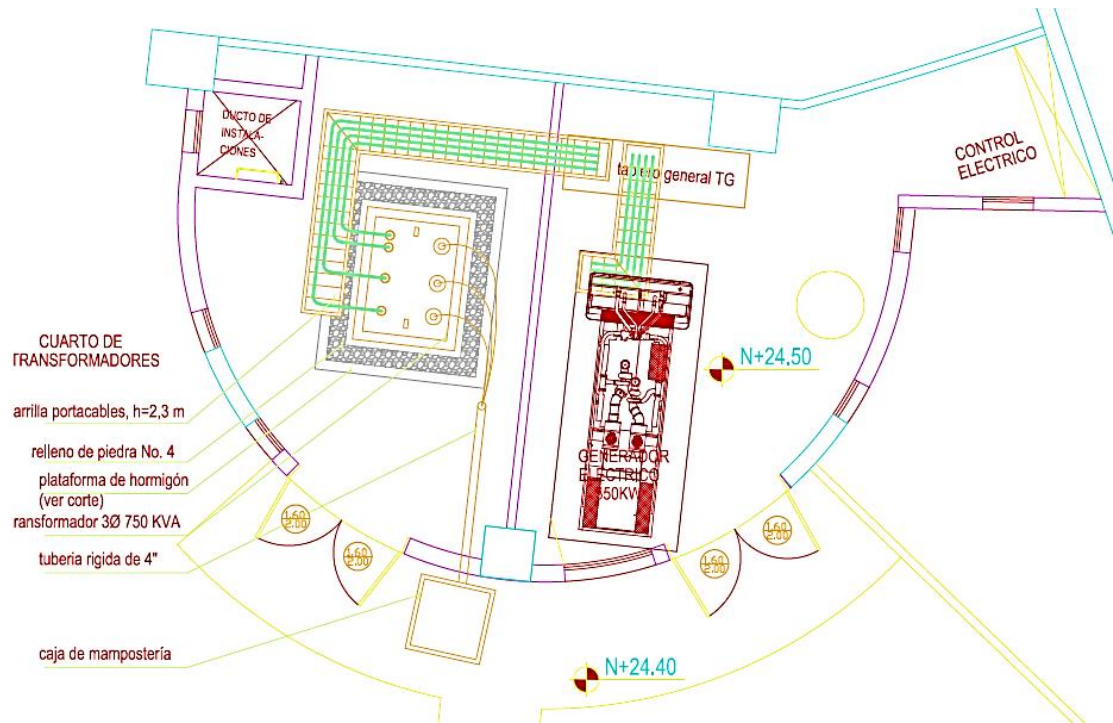


Figura 3. 3 Dimensiones del Cuarto de Transformador

Fuente: UCSG. 2014

### 3.2.2 Estado del Cuarto de Transformador

El cuarto cumple con los estándares de ubicación, iluminación, rotulación, accesibilidad, seguridad, etc.

### 3.2.3 Mediciones de voltaje y corrientes en el secundario (cargabilidad)

Se representa los datos obtenidos en curvas de voltaje y corriente, es decir el abastecimiento de energía en cada uno de los sitios de medición escogidos.

Sitio de Medición:

Barra Principal – Salida del Transformador trifásico ubicado en la planta baja del Edificio de la FEE de la UCSG.

Conexión: Tipo Estrella Aterrizado

### 3.2.3.1 Equipo utilizado

- Medidor ION 7600.
- Transformadores de Corriente. (Medición Directa).
- Pinzas Tipo lagarto (Medición Directa de voltaje).

Periodo de Medición Marte 24- Lunes 30:

Siete días (Martes 24 – Lunes 30) Enero-2014.

- Composiciones cada 20 minutos.
- Parámetros eléctricos: Valores Máximos y mínimos
- Armónicos Totales

Los datos obtenidos durante la medición en una semana fueron los siguientes:

Tabla 3. 3 Valores Máximos y Mínimos de los parámetros eléctricos obtenidos durante una semana

Parámetros eléctricos	Máximo	Mínimo
<b>Vab</b>	229,60102	214,341934
<b>Vbc</b>	230,600449	214,911087
<b>Vca</b>	229,375244	214,911087
<b>la</b>	787,711853	39,512135
<b>lb</b>	708,525818	56,572914
<b>lc</b>	797,544254	62,103729
<b>kW total</b>	284,933258	18,794954
<b>kVA total</b>	289,563965	20,008516

Nota; La corriente máxima es de 797.54 Amperios, 28/01/2014



El Breaker Principal es de 2000 A .Tiene una cargabilidad de 40%, está tiene una reserva del 60 % de la Capacidad Máxima.

A continuación se muestra las curvas de la variación de Voltaje y Corriente durante el período de medición. Se han tomados algunos días, el instrumento de medición se encarga de registrar fecha, hora de los días seleccionados para realizar el levantamiento de información tanto de voltaje y corriente.

Martes 24/01/2014

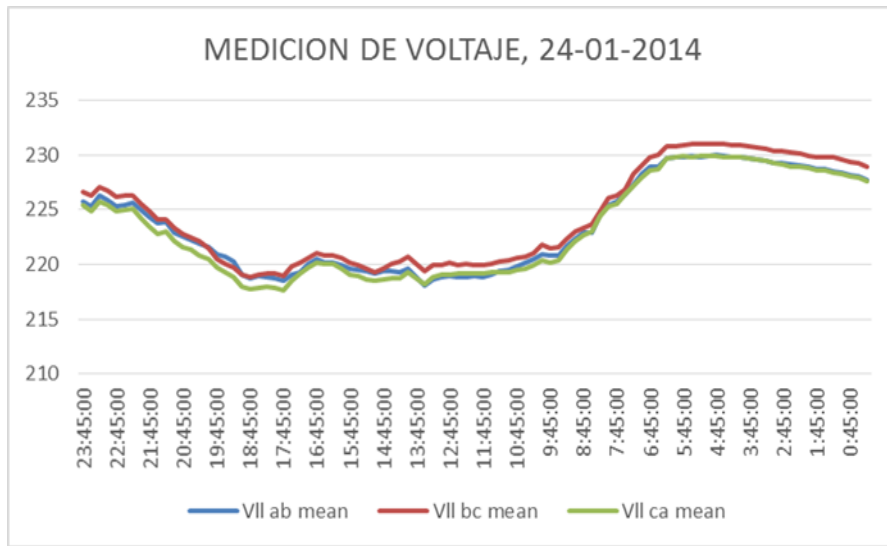


Figura 3. 4 Medición de Voltaje, 24/01/2014.

Fuente: el autor

Se verifica la hora de medición, desde las 23:45 hasta 0:45, en casi un día (23 horas) se registra el consumo de voltaje y se encuentra entre 220 V y 230 V. Los colores determinan líneas principales que están en fase y no hay novedades significativas. La corriente tiene picos por los consumos y estos están registrados por el medidor.

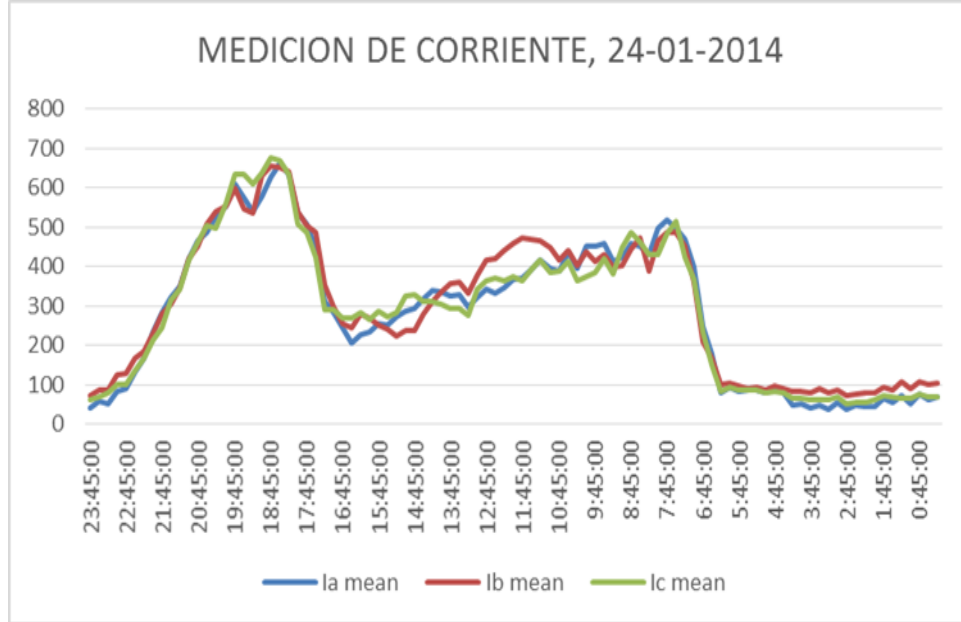


Figura 3. 5 Medición de Corriente, 24/01/2014.

Fuente: El autor

Miércoles 25/01/2014

Voltaje

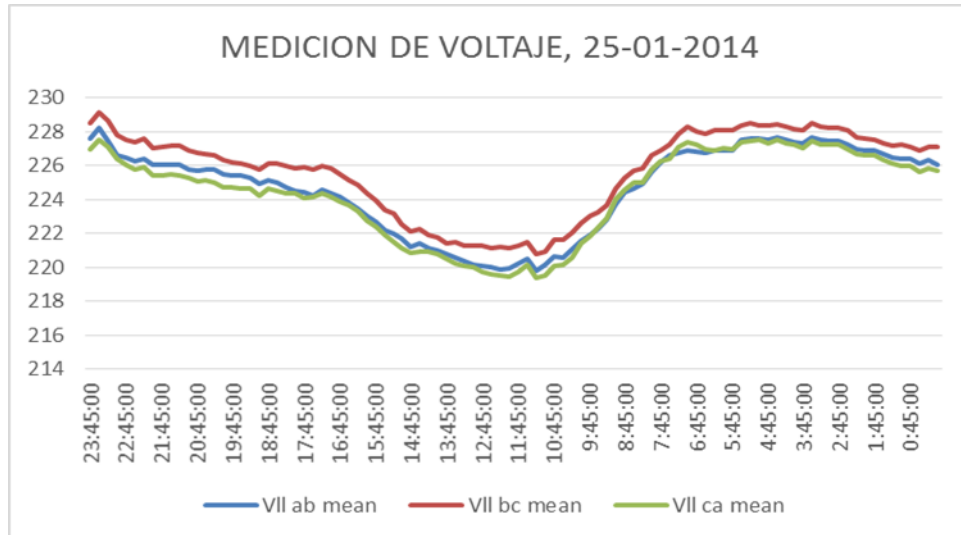


Figura 3. 6 Medición de Voltaje, 25/01/2014.

Fuente: el Autor

Se verifica la hora de medición, desde las 23:45 hasta 0:45, en casi un día (23 horas) se registra el consumo de voltaje y se encuentra entre 220 V y 230 V. Los colores determinan líneas principales que están en fase y no hay novedades significativas.

En la gráfica 3.7 se visualiza picos de corriente por consumo (carga) desde las 4:45 hasta 10:45 de la mañana hay un pico de corriente (promedio de 350 A) máximo luego desde las 13:45 de la tarde comienza a decrecer, hasta las 17:45. Luego según los registros de corriente se mantiene estable en 70 A hasta las 23:45 de la noche.

### Corriente

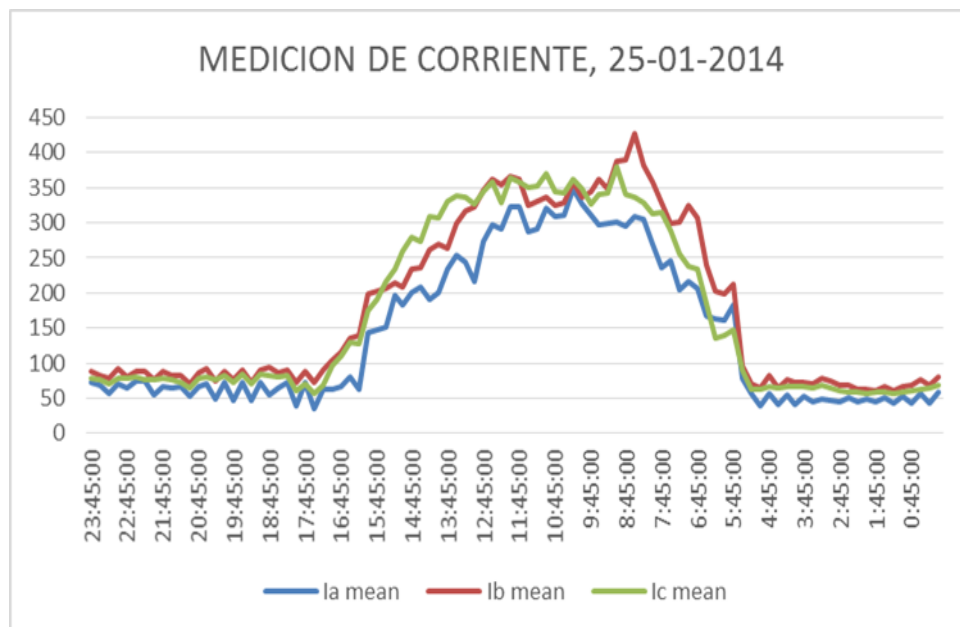


Figura 3. 7 Medición de Corriente, 25/01/2014.

Fuente: el Autor

Jueves 26/01/2014

Voltaje

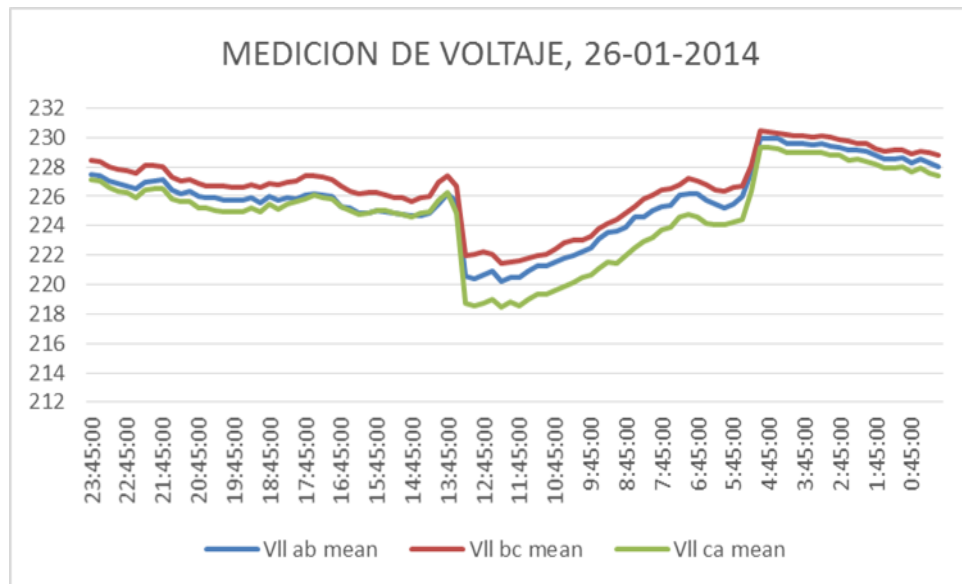


Figura 3. 8 Medición de Voltaje, 26/01/2014.

Fuente: el Autor

Los valores de voltaje varían en cantidades moderadas (figura 3.8), entre 220 y 230 VCA, para la corriente es diferente, en la figura 3.9 se visualiza picos de corriente por consumo (carga) desde las 4:45 hasta 10:45 de la mañana hay un pico de corriente (promedio de 300 A) máximo luego desde las 13:45 de la tarde comienza a decrecer, hasta las 17:45. Luego según los registros de corriente se mantiene estable en 60 A hasta las 23:45 de la noche.

Corriente

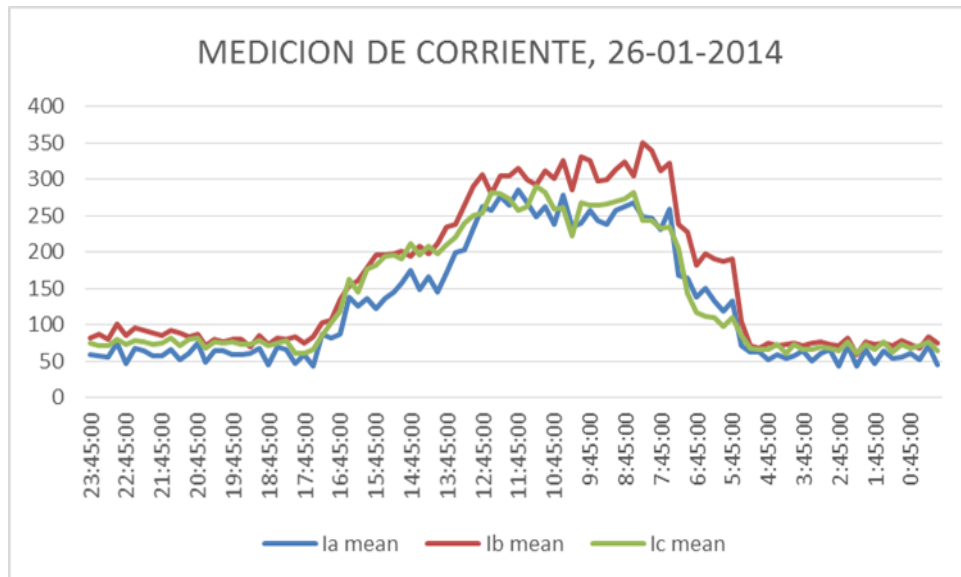


Figura 3. 9 Medición de Corriente, 26/01/2014.

Fuente: el Autor

Viernes 27/01/2014

Voltaje

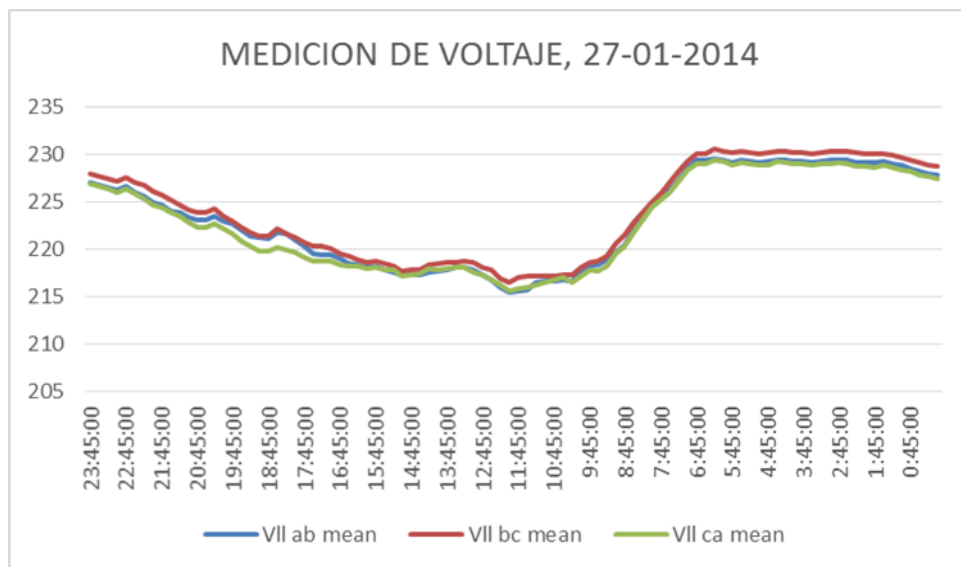


Figura 3. 10 Medición de Voltaje, 27/01/2014.

Fuente: el Autor

Según la gráfica 3.10 el rango de voltaje es moderado para el tercer día de medición, pero para corriente (figura 3.11), si se visualiza dos picos de corriente por consumo (carga) desde las 7:45 hasta 12:45 de la mañana hay un pico de corriente (promedio de 550 A) máximo luego decae por cuatro horas a 300 A., luego el amperaje por la carga aumenta desde las 17:45 de la tarde hasta las 21:45, en este rango de horas se alcanza 550 A.

Luego según los registros de corriente se mantiene estable en 70 A., desde las 23:45 de la noche.

### Corriente

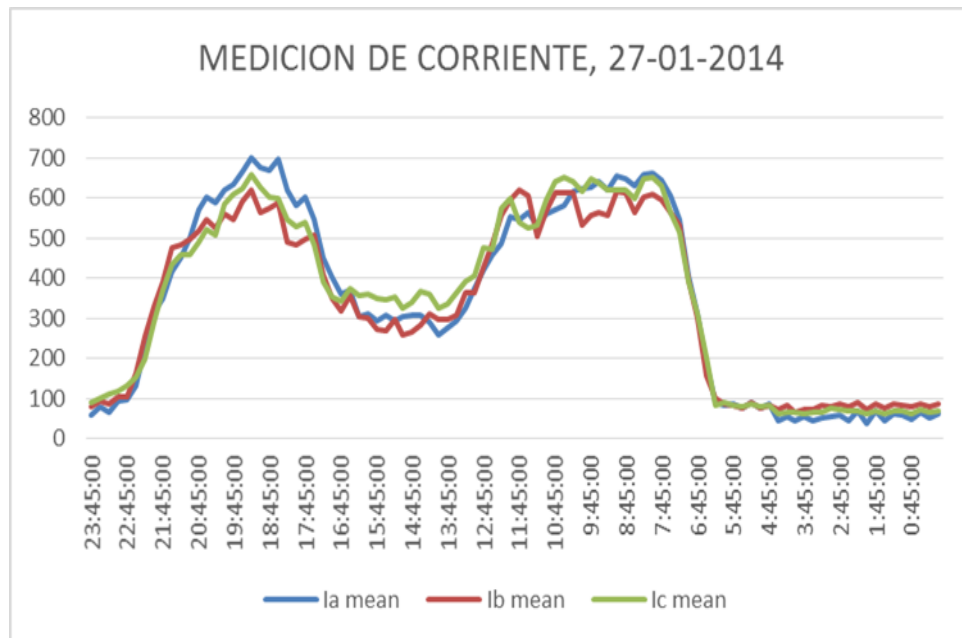


Figura 3. 11 Medición de Corriente, 27/01/2014.

Fuente: el Autor

Sábado 28/01/2014

Voltaje

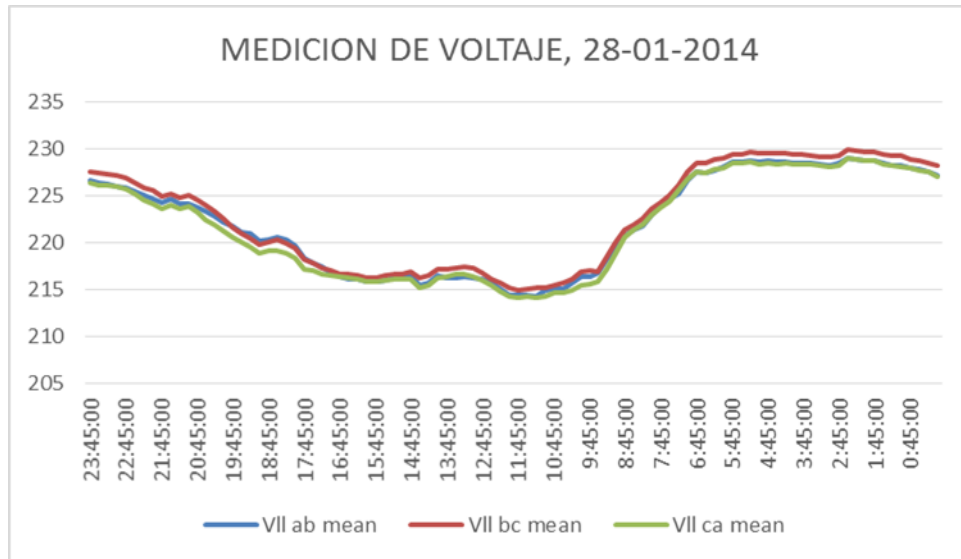


Figura 3. 12 Medición de Voltaje, 28/01/2014. .

Fuente: Autor

Según la gráfica 3.12 el rango de voltaje es moderado para el cuarto día de medición, pero para la corriente, si se visualiza dos picos de corriente por consumo (carga) desde las 6:45 hasta 11:45 de la mañana hay un pico de corriente (promedio de 550 A) máximo luego decae por dos horas a 300 A., luego el amperaje por la carga aumenta desde las 17:45 de la tarde hasta las 21:45, en este rango de horas se alcanza 650 A.

Luego según los registros de corriente (figura 3.15) se mantiene estable en 100 A., desde las 23:45 de la noche.

## Corriente

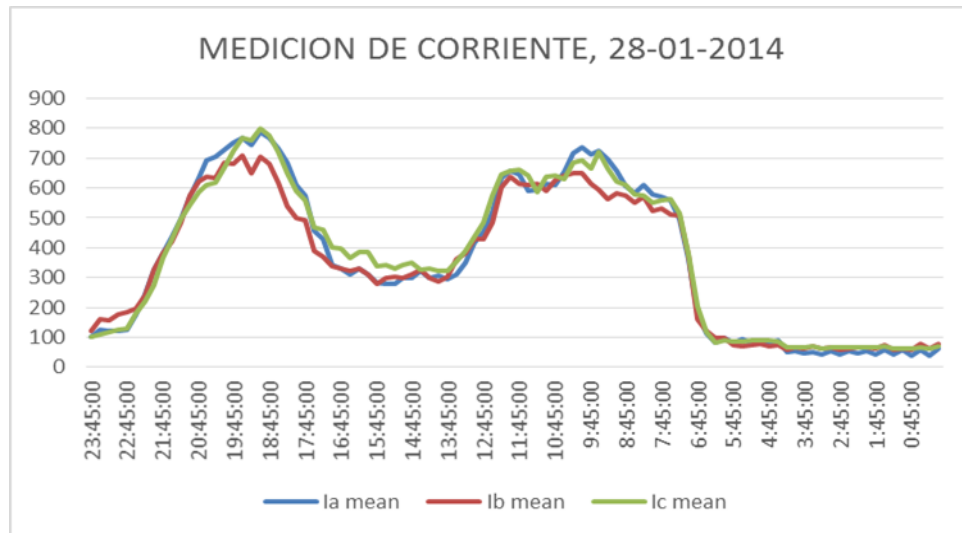


Figura 3. 13 Medición de Corriente, 28/01/2014.

Fuente: el Autor

## Domingo 29/01/2014

### Voltaje

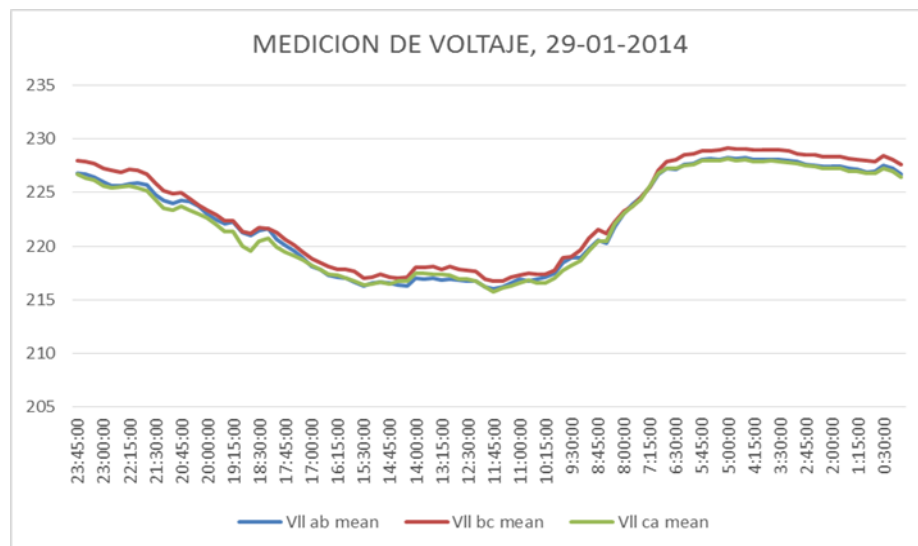


Figura 3. 14 Medición de Voltaje, 29/01/2014.

Fuente Autor



Según la gráfica 3.14 el rango de voltaje es moderado para el quinto día de medición, pero para la corriente, si se visualiza dos picos de corriente por consumo (carga) desde las 6:45 hasta 12:45 de la mañana hay un pico de corriente (promedio de 500 A) máximo luego decae por tres horas a 300 A., luego el amperaje por la carga aumenta desde las 17:45 de la tarde hasta las 21:45, en este rango de horas se alcanza 600 A.

Luego según los registros de corriente (figura 3.15) se mantiene estable en 100 A., desde las 22:45 de la noche.

### Corriente

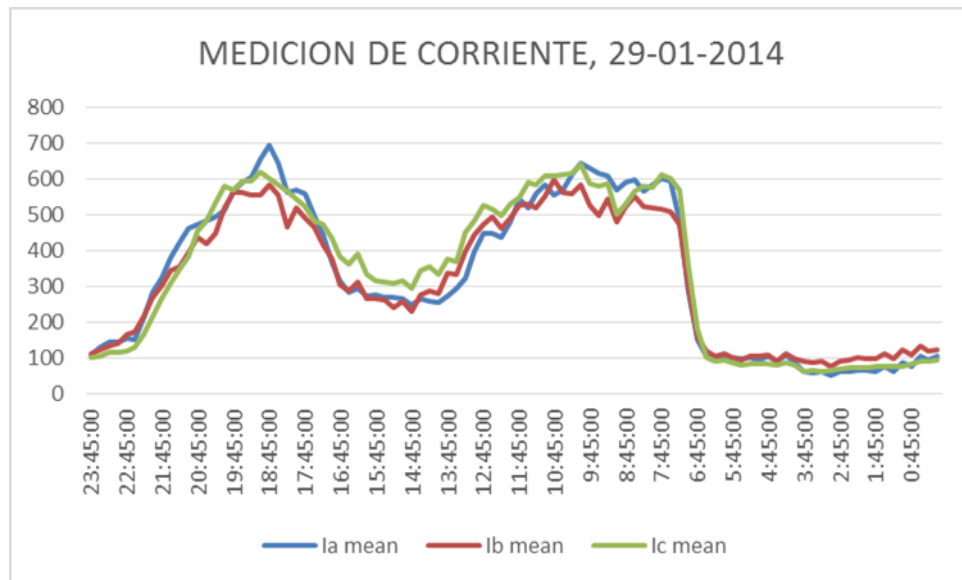


Figura 3. 15 Medición de Corriente, 29/01/2014.

Fuente: el Autor

Lunes 30/01/2014

Voltaje

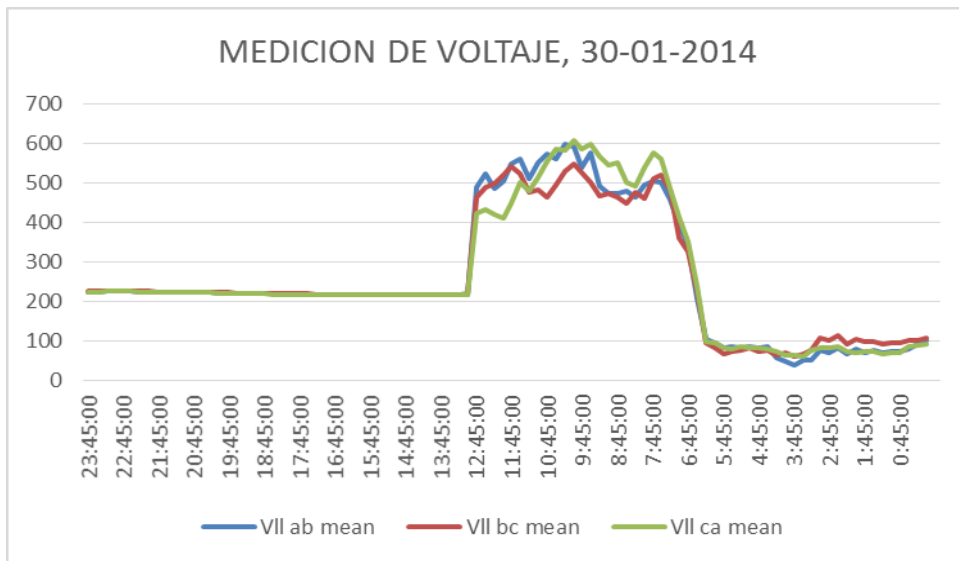


Figura 3. 16 Medición de Voltaje, 30/01/2014.

Fuente Autor

Según la gráfica 3.16 el rango de voltaje tiene un comportamiento de sobretensión entre las 6:45 hasta las 12:45, esto ocurrió en el sexto día de medición, pero para la corriente, si se visualiza dos picos de corriente por consumo (carga) desde las 12:45 hasta 14:45 de la tarde hay un pico de corriente (promedio de 280 A) máximo luego decae en la hora siguiente a 200 A., luego el amperaje por la carga aumenta desde las 17:45 de la tarde hasta las 21:45, en este rango de horas se alcanza 700 A.

Luego según los registros de corriente (figura 3.17) se mantiene estable en 140 A., desde las 23:45 de la noche.

## Corriente

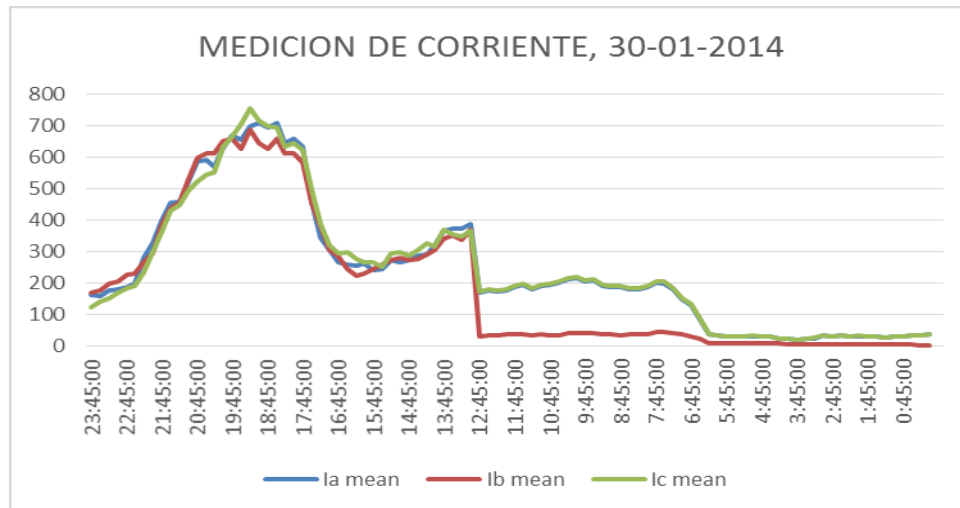


Figura 3. 17 Medición de Corriente, 30/01/2014.

Fuente Autor

Las mediciones son vitales para el análisis, ya que los datos obtenidos informan cómo se desempeña el sistema eléctrico del edificio de la FEE cuando hay cargas, se determina a breves rasgos que hay alto consumo en horarios de oficina, las luminaria, aires acondicionados y otros dispositivos eléctricos, consumen amperios y el transformador trifásico de la FEE, solventa de forma adecuada.

### 3.3 Sistema Eléctrico de Baja Tensión

#### 3.3.1 Acometida en baja tensión del cuarto transformador de la FEE

La acometida de BT aparece del secundario del Transformador Trifásico. Se Utiliza 1 Transformador Trifásico:



Figura 3. 18 Acometidas que salen del secundario del Transformador y alimenta al Breaker Principal.

Fuente: el autor

1.- Capacidad de 750KVA –Estrella aterrizado

Acometidas:

Fase A:

5(500MCM THWN )

Fase B:

5(500MCM THWN )

Fase C:

5(500MCM THWN)

Neutro:

2(500MCM THWN)

Voltajes de Fase

Voltaje de fase a fase: 240V

Voltaje de fase a neutro: 120V

### 3.3.2 Tablero Principal de distribución, y Disyuntor Principal

Cuarto de Transformadores Ubicado en la planta baja del Edificio de la Facultad de Empresariales

Dimensiones del Tablero Principal

Tablero Principal del Cuarto de Transformador

Ancho, Largo, Altura

0,6 x 0.40m x 2,00m

Disyuntor Principal 3 $\phi$  de 2000<sup>a</sup>



Figura 3. 19 . Breaker principal del tablero de distribución.

Fuente: el autor

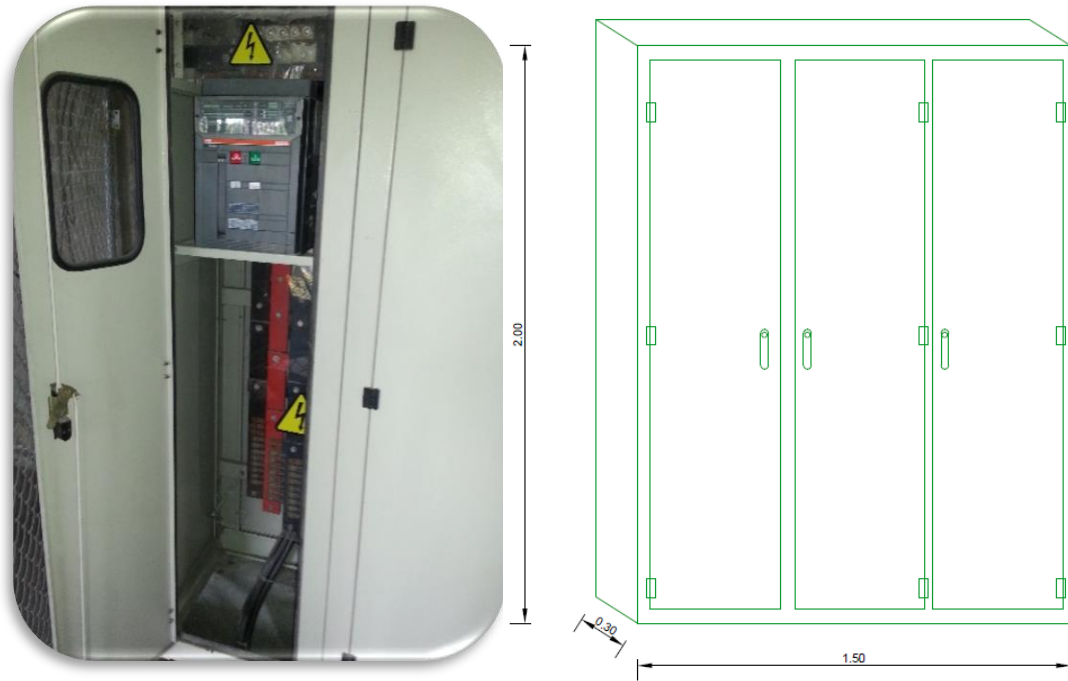


Figura 3. 20 Tablero Principal

Fuente; el autor

### 3.3.4 Paneles de Breakers (centros de carga)

Edificio de la Facultad de Empresariales de la UCSG

Paneles de Breakers – Planta Baja

Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 4 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Planta Baja

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-PB	Cuarto Eléctrico PB
PDT-PB	Cuarto Eléctrico PB

Nota: Datos tomados por el autor

Paneles de Breakers – Primer Piso

## Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 5 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Primera Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-1P	Cuarto Eléctrico 1P
PDT-1P	Cuarto Eléctrico 1P

Nota: datos tomados por el autor

## Paneles de Breakers – Segundo Piso

### Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 6 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Segunda Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-2P	Cuarto Eléctrico 2P
PDT-2P	Cuarto Eléctrico 2P

Nota: datos tomados por el autor

## Paneles de Breakers – Tercer Piso

### Existen 3 Paneles de Distribución

Tabla 3. 7 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Tercera Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-2P	Cuarto Eléctrico 3P
PDT-2P	Cuarto Eléctrico 3P
T-COMP	Cuarto Eléctrico 3P

Nota: datos tomados por el autor

## Paneles de Breakers – Cuarto Piso

## Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 8 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Cuarta Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-4P	Cuarto Eléctrico 4P
PDT-4P	Cuarto Eléctrico 4P

Nota: datos tomados por el autor

## Paneles de Breakers – Quinto Piso

### Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 9 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Quinta Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-5P	Cuarto Eléctrico 5P
PDT-5P	Cuarto Eléctrico 5P

Nota: datos tomados por el autor

## Paneles de Breakers – Sexto Piso

### Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 10 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Sexta Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-6P	Cuarto Eléctrico 6P
PDT-6P	Cuarto Eléctrico 6P

Nota: datos tomados por el autor

## Paneles de Breakers – Séptimo Piso



Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 11 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Séptima Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-7P	Cuarto Eléctrico 7P
PDT-7P	Cuarto Eléctrico 7P

Nota: datos tomados por el autor

Paneles de Breakers – Octavo Piso

Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 12 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Octava Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-8P	Cuarto Eléctrico 8P
PDT-8P	Cuarto Eléctrico 8P

Nota: datos tomados por el autor

Paneles de Breakers – Noveno Piso

Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 13 Ubicación de los Paneles de Distribución de la Novena Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-9P	Cuarto Eléctrico 9P
PDT-9P	Cuarto Eléctrico 9P

Nota: datos tomados por el autor

Paneles de Breakers – Décimo Piso

Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 14 Ubicación de los Paneles de Distribución dela Décima Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
PDA-10P	Cuarto Eléctrico 10P
PDT-10P	Cuarto Eléctrico 10P

Nota: datos tomados por el autor

Paneles de Breakers – Onceavo Piso

Existen 2 Paneles de Distribución

Tabla 3. 15 Ubicación de los Paneles de Distribución dela Décima Planta

Paneles de Distribución	Ubicación
TAA-1	Cuarto Eléctrico 11P
PDT-11P	Cuarto Eléctrico 11P

Nota: datos tomados por el autor

Los datos recogidos son analizados en el siguiente capítulo.

# CAPÍTULO 4

## 4 ANÁLISIS DE CARGA DEL EDIFICIO DE LA FEE

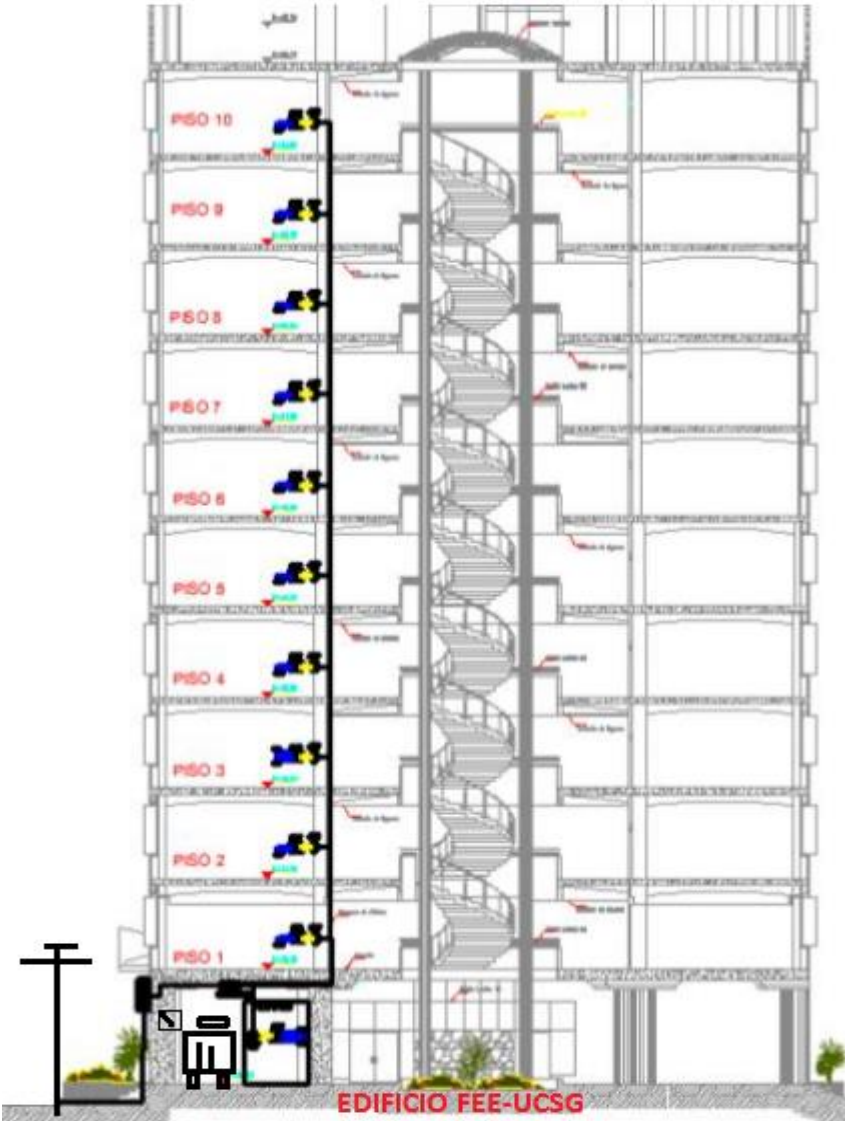


Figura 4. 1 Edificio de la FEE-UCSG

Fuente: el autor

## 4.1 Paneles de Breaker y Circuitos Eléctricos

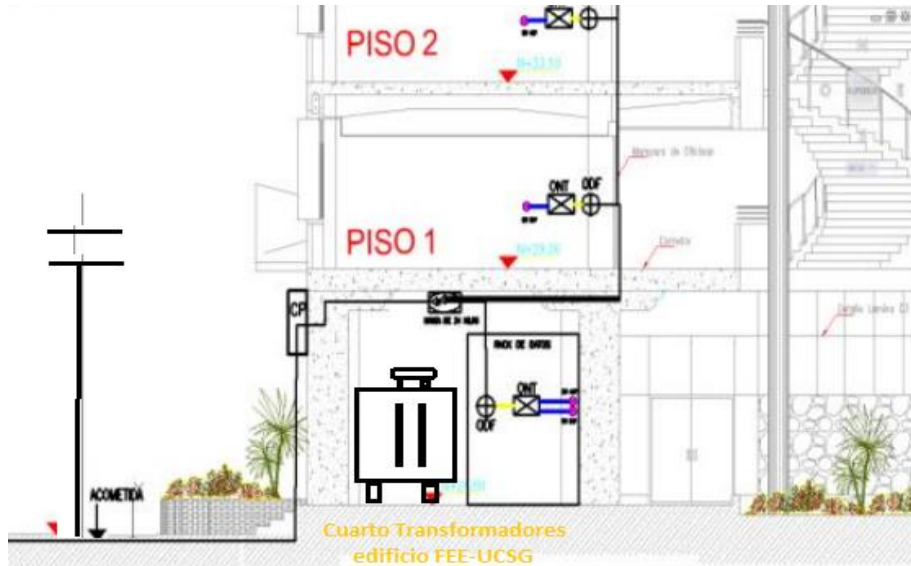


Figura 4. 2 Esquema arquitectónico del Cuarto de transformadores edificio FEE

Fuente: el autor

Implantación de los Paneles de Breaker – Edificio de la Facultad de Especialidades Empresariales de la UCSG

Planta Baja – 2/13 Plano Eléctrico

Primero Piso – 3/13 Plano Eléctrico

Segundo Piso – 4/13 Plano Eléctrico

Tercero Piso – 5/13 Plano Eléctrico

Cuarto Piso – 6/13 Plano Eléctrico

Quinto Piso – 7/13 Plano Eléctrico

Sexto Piso – 8/13 Plano Eléctrico

Séptimo Piso – 8/13 Plano Eléctrico

Octavo Piso – 9/13 Plano Eléctrico

Noveno Piso – 10/13 Plano Eléctrico

Décimo Piso –10/13 Plano Eléctrico

Onceavo Piso –11/13 Plano Eléctrico

Implantación de los Circuitos Eléctricos Edificio de la FEE

Planta Baja – 2/13 Plano Eléctrico

Primero Piso – 3/13 Plano Eléctrico

Segundo Piso –4/13 Plano Eléctrico

Tercero Piso –5/13 Plano Eléctrico

Cuarto Piso –6/13 Plano Eléctrico

Quinto Piso –7/13 Plano Eléctrico

Sexto Piso –8/13 Plano Eléctrico

Séptimo Piso –8/13 Plano Eléctrico

Octavo Piso –9/13 Plano Eléctrico

Noveno Piso –10/13 Plano Eléctrico

Décimo Piso –10/13 Plano Eléctrico

Onceavo Piso –11/13 Plano Eléctrico

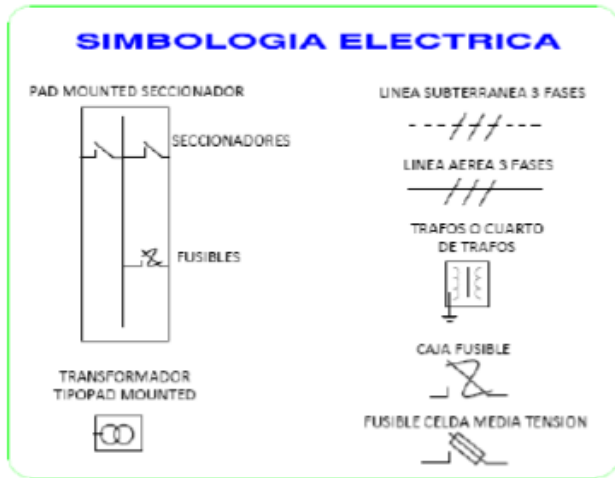
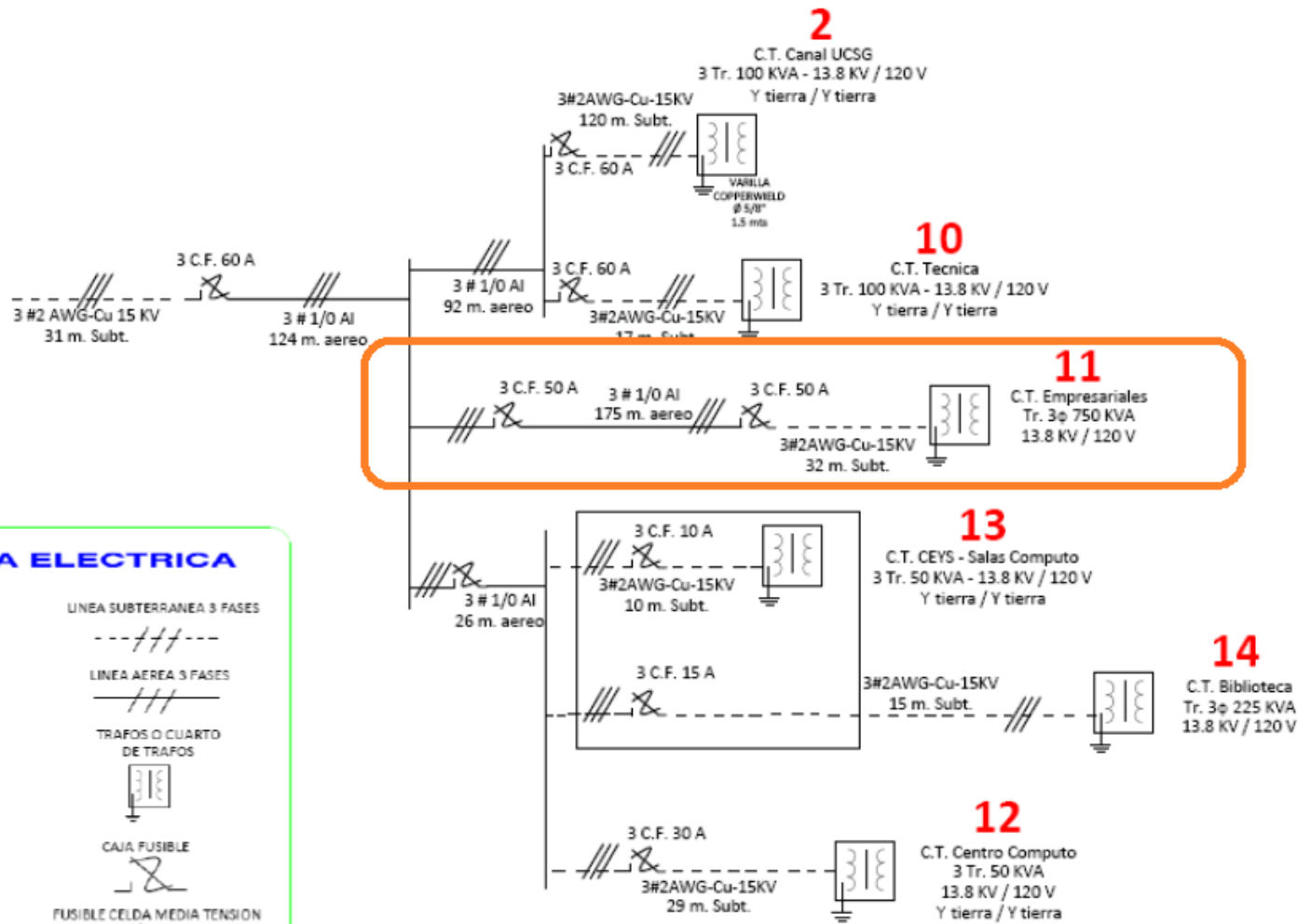
#### 4.2 Planilla de los Paneles de circuitos MT

Tabla 4. 1 Planilla de circuitos del sistema de MT de la FEE.

LUGAR	UBICACIÓN:	EQUIPO	TIPO	CAPACIDAD	CANTIDAD	PROTECCION PRIMARIO	CONDUCTORES PRIMARIO	PROTECCION SECUNDARIO	CONDUCTORES SECUNDARIO	CONEXIÓN DE TRAFOS
FACULTAD DE ESPECIALIDADES EMPRESARIALES	CUARTO DE TRAF0	TRAF0	TRIFASICO	750-KVA	1	3 C.F. 50 A	3#2AWG-Cu-15KV - 32 m. Subt.	ABB SACE E2	Neutro: 6 # 250 MCM - 600 V	3φ

Nota: Valores medidos por el autor





El campus UCSG obtiene energía eléctrica de la Empresa Eléctrica de Guayaquil a través de alimentadoras de la Subestación Garay a 13.8 KV, obteniendo un punto único de medición en la acometida principal de las siguientes características, conductor #...+ N # fusible de 140 A, la distribución de la energía se realiza en un conjunto de celdas, teniendo la celda principal una protección con un fusible de 125 A y tres celdas con capacidad de desconexión de 100 A

Los ramales # 1 y # 2 y 63 A el ramal # 3, el ramal #1 distribuye la energía a la Facultad de Jurisprudencia, Centro Pastoral, Facultad de Ingeniería, Aula Magna, Facultad de Arquitectura, Facultad de Filosofía, Facultad de ciencias Económicas, Facultad de Ciencias Médicas, teniendo una carga instalada de aproximadamente 3229 KVA, el ramal #2 para el edificio principal con 500 KVA de potencia instalada, y el ramal # 3 distribuye a Centro de Idiomas, Biblioteca, Centro de Computo, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo y Facultad de Especialidades Empresariales con capacidad instalada de 2178 KVA.



## CONCLUSIONES.

- Se debe tener cuidado cuando se conecta el transformador múltiple trifásico para suministrar una carga. La conexión patrón y el desplazamiento de fase deben ser considerados.
- Los transformadores trifásicos son más eficientes en la transformación de la energía debido al núcleo común y sistema de bobinado. La desventaja del transformador de la unidad trifásica es que si una de las fases falla, se debe reemplazar todo el transformador.
- La protección de sobrecorriente puede ser muy diferente dependiendo de la ubicación y otra protección vano capaz en la instalación del transformador. Asegúrese de considerar la información de la placa de identificación al ubicar el transformador.
- Los Transformadores pueden ser muy peligrosos y pueden causar daños materiales o lesiones graves si no se instala y protegido correctamente.
- El levantamiento del sistema eléctrico del edificio de la FEE de la UCSG, funciona de manera óptima, sus fusibles, son del tipo SM-4-STD, la velocidad es estándar, la operación del transformador es la correcta.
- Las normas de BT son cumplidas en el sistema eléctrico de la FEE, están apoyadas en normas del INEN (nacional) como del Código Eléctrico Nacional Americano del NEC 240, 250, 450, (NFPA 70) entre otros más.

- Gran parte de la capacidad de los transformadores para operar satisfactoriamente depende de la capacidad de disipar el calor producido en los devanados.
- Ante una falla eléctrica el tiempo de respuesta será considerablemente menor ya los datos técnicos obligatorios del sistema de acometida eléctrica están en buen estado y actualizado,

## RECOMENDACIONES

1. Se debe efectuar estos levantamientos de datos dentro de 18 meses, agregar al diagrama unifilar, implantación, identificación y un alzado eléctrico.
2. Efectuar un mantenimiento a la señalética, avisos fuera del cuarto de transformadores.
3. Diseñar planes de mantenimiento mediante programas informáticos, son más eficientes.
- 4.-No sobredimensionar los Breaker según la carga ya que esto puede aumentar espacios en panel innecesarios en su utilización óptima.

## BIBLIOGRAFÍA

*ANALISIS DE PELIGROS Y PUNTOS DE CONTROL CRITICOS EN SUBESTACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION DE LA FIEC.* (s.f.). Recuperado el 11 de 04 de 2014, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10912/1/ANALISIS%20DE%20PELIGROS%20Y%20PUNTOS%20DE%20CONTROL%20CRITICOS.pdf>

Construcción, N. E. (2013). *Instalaciones Electromecánicas.*

Construcción, N. E. (2013). *Instalaciones Electromecánicas.*

Milton Ernesto Eras, I. E. (2009). *Analisis de Peligros y Puntos de Control Criticos en Subestaciones Electricas en Baja Tension de la FIEC.* Guayaquil: Escuela Superior Politecnica del Litoral.

MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO y RECONSTRUCCIÓN. (18 de Agosto de 1984). <http://www.planospara.com>. Recuperado el 02 de 01 de 2015, de <http://www.planospara.com/planos4/normatividad-para-instalaciones-electricas-8741.doc>

MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO y RECONSTRUCCIÓN ELÉCTRICIDAD. (2010.). *INSTALACIONES INTERIORES EN BAJA TENSION.* Recuperado el 11 de 04 de 2014, de <http://www.planospara.com/planos4/normatividad-para-instalaciones-electricas-8741.doc>

Ministerio de Industria y Energia. (1999). *Centrales-electricas-subestaciones-y-centros-transformacion.*

Ministerio de Industrias y Energía. (2014). *Instalaciones Electricas del Interior*. Recuperado el 11 de 04 de 2014, de <http://endrino.pntic.mec.es/jhem0027/reglamentos/rcesct/itc14.htm>

MURILLO AVECILLAS, A. A. (2014). *ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN Y BAJA TENSIÓN DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL.PLAN DE MEJORAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO*. GUAYAQUIL.

Murillo Avecillas, A. A. 2014). <https://www.prezi.com>. Recuperado el 3 de Enero de 2015, de <https://prezi.com/jwhupsh9jo2q/analisis-del-sistema-electrico-de-media-tension-y-baja-tension-del-edificio-de-la-facultad-de-medicina-de-la-ucsgplan-de-mejora-del-sistema-electrico/>

NATSIM. (2012). *Normas de Acometidas Cuartos de Transformadores y Sistema de Medición para el Suministro de Electricidad*. Guayaquil: Empresa Electrica Publica de Guayaquil.

NEC, I. D. (2012). Proyecto de Reglamentación de Instalaciones Electricas Interiores, Aplicado a la Centro Sur S.A. En I. D. NEC, *Proyecto de Reglamentación de Instalaciones Electricas Interiores, Aplicado a la Centro Sur S.A* (pág. Capitulo 4). Quito.

Norma Chilena de Electricidad . (2003). *El Rincon del Vago* . Recuperado el 07 de 04 de 2014, de <http://html.rincondelvago.com>: <http://html.rincondelvago.com/norma-chilena-de-electricidad.html>

Rodriguez. (2014). *Análisis integral de la operación de los cuartos de transformación eléctrica, Plan de Mejora de la Facultad de Medicina de la UCSG*. Guayaquil.

Schneider. (2010). *Guía de Diseño de Instalaciones Eléctricas*. Normas Internacionales IEC.

Subdirección de Obras y Mantenimiento. (2008). Recuperado el 07 de 04 de 2014, de [http://www7.uc.cl/www\\_orga/infraest/html/proyectos6.html](http://www7.uc.cl/www_orga/infraest/html/proyectos6.html)

Superintendencia de Electricidad y Combustible . (2013). Recuperado el 11 de 04 de 2014, de [www.slideshare.net: http://www.slideshare.net/Adolfo1983/norma-chilena-4-2003](http://www.slideshare.net/Adolfo1983/norma-chilena-4-2003)

Superintendencia de Electricidad y Combustible. (2013). Recuperado el 07 de 04 de 2014, de <http://www.slideshare.net/Morizao/norma4-completa-17436491>

Superintendencia de Electricidad y Combustible. (2013). *Instalación de Consumo en Baja Tensión*. En S. d. Combustible, *Instalación de Consumo en Baja Tensión* (págs. 18-28).

Superintendencia de Electricidad y Combustible. (2013). *Instalaciones de Consumo en Baja Tensión*.

Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (2013). *Instalación de Consumo en Baja Tensión*. Recuperado el 11 de 04 de 2014, de [http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SECNORMATIVA/electricidad\\_norma4/canalizacion.pdf](http://www.sec.cl/pls/portal/docs/PAGE/SECNORMATIVA/electricidad_norma4/canalizacion.pdf)

## GLOSARIO

**Baja Tensión:** es la que se encuentra en los siguientes límites de tensiones nominales: corriente alterna, igual o inferior a 1.000 voltios; corriente continua, igual o inferior a 1.500 voltios.

**Media Tensión:** es el término que se usa para referirse a instalaciones eléctricas de alta tensión, con tensiones entre 1,599 y 2500 v (volts). En ocasiones, se extiende el uso del término a pequeñas instalaciones de 30 kV para distribución. Dichas instalaciones son frecuentes en líneas de distribución que finalizan en Centros de Transformación en dónde, normalmente, se reduce la tensión hasta los 400 voltios.

**Demanda de Facturación:** Es una planilla mensual del consumo de energía medido entre horas que consume un aparato eléctrico (kW/H consumidos/horas trabajado por el equipo).

**Disyuntor:** Es un interruptor o switch automático por corriente diferencial, se emplea como dispositivo de protección contra los contactos indirectos, asociado a la puesta de tierra de las masas de las instalaciones eléctricas.

**Distorsión:** Se entiende por distorsión la diferencia entre la señal que entra a un equipo o sistema y la señal que sale del mismo. Por tanto, puede definirse como la "deformación" que sufre una señal tras su paso por un sistema. La distorsión puede ser lineal o no lineal

**Subestación Eléctrica:** Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica.

**Transformador:** Es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin

pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.



# ANEXOS

## Fusibles del Trafo de la FEE

Conexión de fusibles que parten desde la 3º celda de MT, su tramo subterráneo continua las líneas aéreas (trafo de distribución de la FEE).

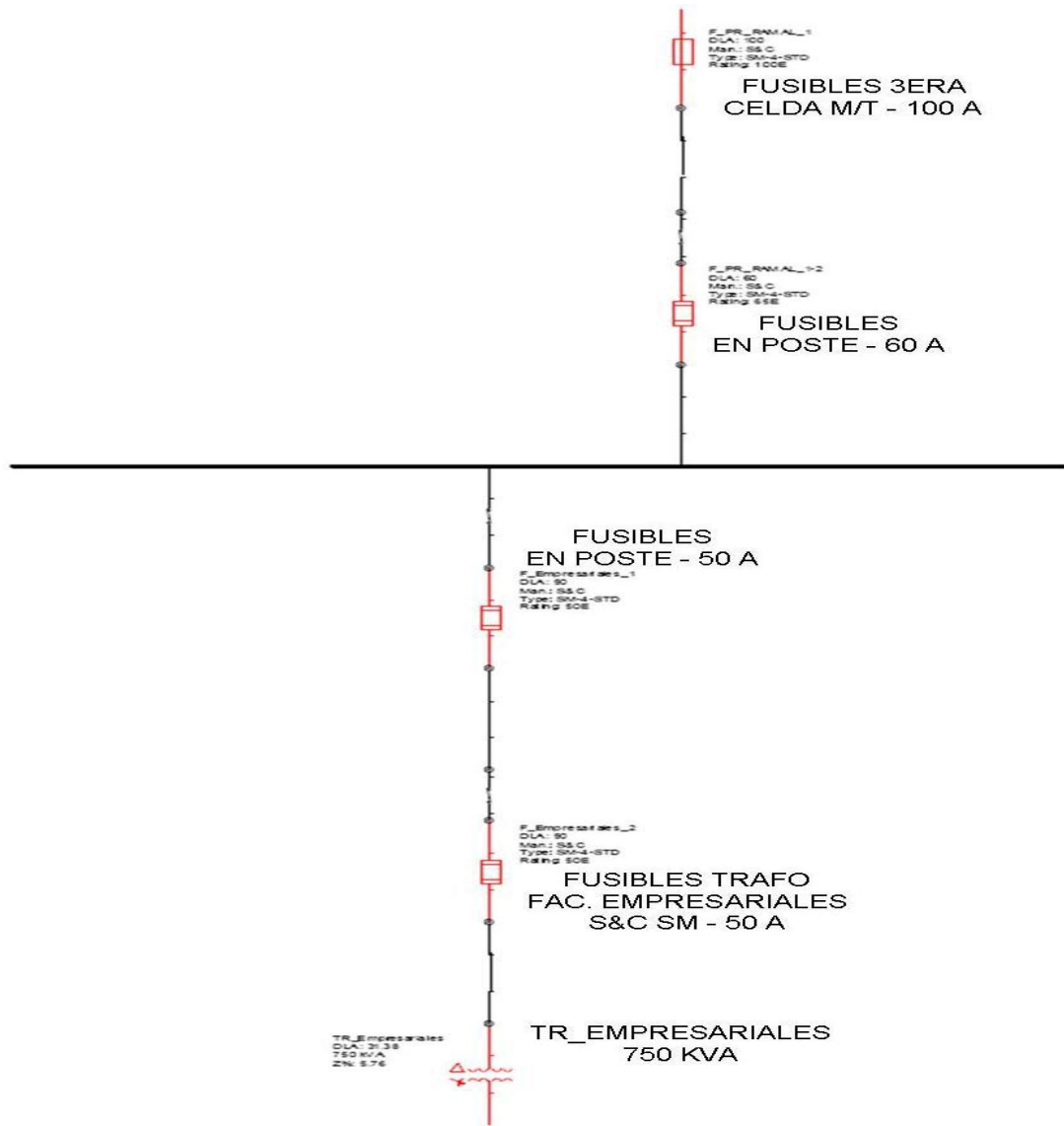
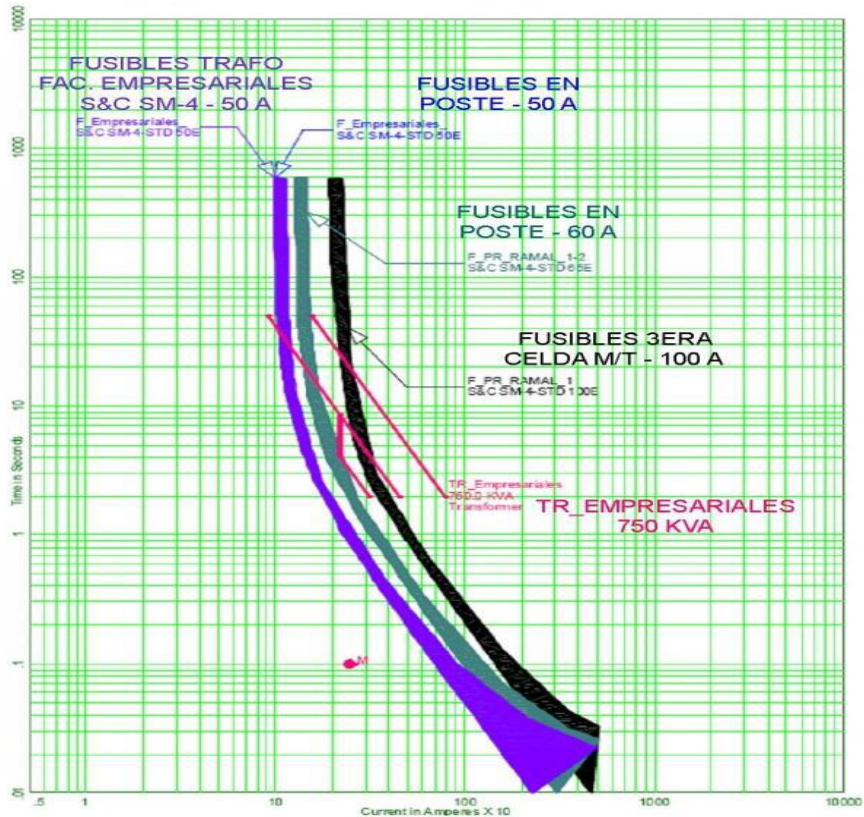


Fig.A1 Diagrama de fusibles del trafo FEE

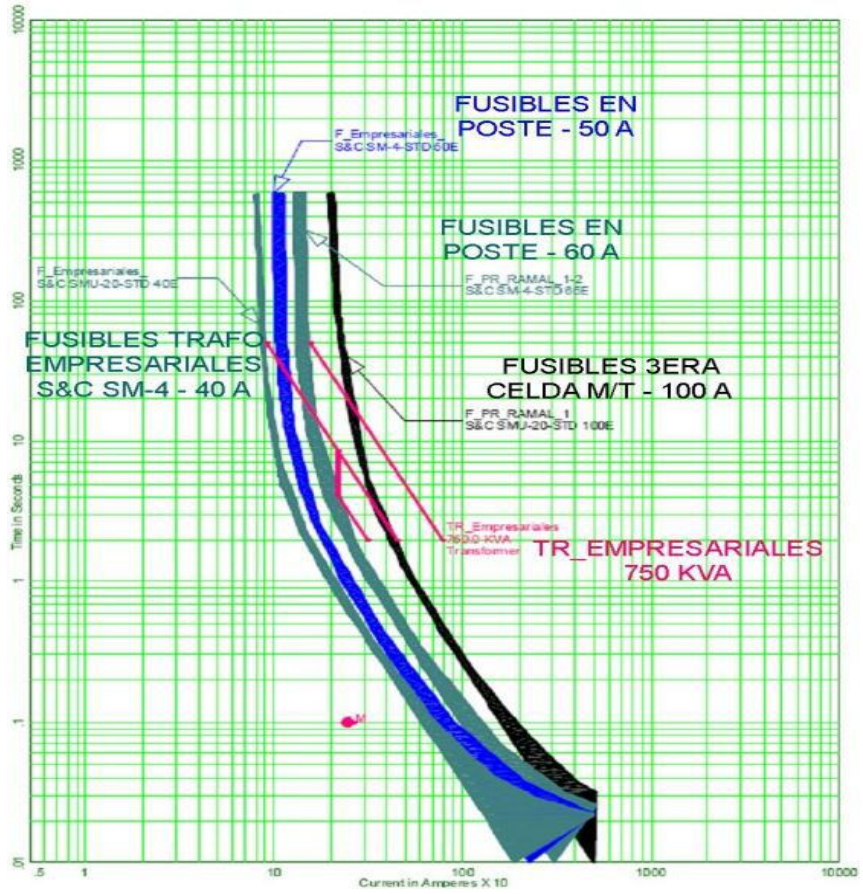
## COMPARACIÓN CURVAS DE COORD. CASO ACTUAL Y FUTURO

Los fusibles ubicados están resguardando al transformador (Ver figura A2), esta regularizado “aguas arriba” con otros mecanismos de protección emplazados en las líneas de distribución de la tercera celda de M/T.



Curva de fusibles del trafo de la FEE (Caso actual).

El cambio de fusibles no se necesita cambiar, pues el comportamiento de ambos fusibles resguarda al trafo, aunque el transformador correspondería tener mejor salvaguardia, por ser de mayor capacidad (750KVA).



Curva de fusibles del trafo de la FEE (Caso futuro).