

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**METODOLOGÍA DE DISEÑO PARA CENTROS DE
TRANSFORMACIÓN A FUNCIONAR EN EDIFICIOS RESIDENCIALES
DENTRO DEL ÁREA DE CONSECIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA
QUITO S.A.**

ROMMEL MANOLO ANTAMBA RIVAS

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2013

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

ROMMEL MANOLO ANTAMBA RIVAS

DECLARAN QUE:

El proyecto de grado denominado “Metodología de Diseño para Centros de Transformación a funcionar en Edificios Residenciales dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito S.A.”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, 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 autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 14 de enero de 2013.

Rommel Manolo Antamba Rivas

171837631-0

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORIZACIÓN

Yo, Rommel Manolo Antamba Rivas

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “Metodología de Diseño para Centros de Transformación a funcionar en Edificios Residenciales dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito S.A.”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 14 de Enero de 2013.

Rommel Manolo Antamba Rivas

171837631-0

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

CERTIFICADO

Ing. Víctor Hugo Páez

Ing. Edwin Cevallos

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “Metodología de Diseño para Centros de Transformación a funcionar en Edificios Residenciales dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito S.A.”, realizado por Rommel Manolo Antamba Rivas, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que se trata de un trabajo de investigación recomiendo su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado, un disco compacto, el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Rommel Manolo Antamba Rivas que lo entreguen al Ingeniero Víctor Proaño, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Ing. Víctor Hugo Páez

DIRECTOR

Ing. Edwin Cevallos

CO-DIRECTOR

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el siguiente proyecto titulado “Metodología de Diseño para Centros de Transformación a funcionar en Edificios Residenciales dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito S.A.” fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Rommel Manolo Antamba Rivas con C. I. 1718376310 bajo nuestra dirección.

Ing. Víctor Hugo Páez

DIRECTOR

Ing. Edwin Cevallos

CO-DIRECTOR

DEDICATORÍA

*A mis padres, de forma especial a mi madre,
su esfuerzo y consejo se ve retribuido en la
culminación de mi carrera.*

*A mis hermanos, Tania y Santiago
por estar conmigo en las buenas y
en las malas, su apoyo es incondicional*

Rommel Antamba Rivas

AGRADECIMIENTO

Doy gracias de forma infinita a mi madre, el guiarme día a día con cariño y ejemplo para ser cada vez mejor, el esfuerzo realizado por ella nunca lo olvidaré.

A mi padre, el transcurso de estos años me ha señalado que usted guió mi camino para ser una persona de bien y luchadora.

Tania mi querida hermana, tu cariño en esos ratos difíciles me llenan completamente, me enseñaste a esperar los momentos precisos y aprovecharlos.

Mi hermano Santiago, sus palabras de apoyo fueron importantes cuando se veía lejos la meta, hoy ya alcanzada.

Priss, mi flaca, contigo aprendí que el empezar desde cero es el camino del éxito para nuestros sueños.

Mis amigos de clase Christian G., Paul L., Daniel G., Javier G, Darío G., Andrés M., Andrea N., Diana N., Andrés D., Víctor P., Cesar U., Marcelo P., William Q. compartimos tantas horas en esta universidad que por varios años fue nuestro segundo hogar, hoy nuestros sueños se están haciendo realidad.

Al Ing. Víctor Hugo Páez, un excelente profesional, que aparte de su enseñanza en este proyecto, supo dirigirme hacia nuevas oportunidades.

Al Ing. Edwin Cevallos, ha guiado de forma acertada el presente proyecto.

Rommel Antamba Rivas

RESUMEN

El presente documento describe el dimensionamiento de centros de transformación, en base a ejemplos y análisis realizados en diferentes muestras.

La selección de las distintas muestras se basó en técnicas de muestreo, posteriormente se analizó el consumo energético en los lugares seleccionados, de esta manera enfocar las características de consumo propias de cada nivel de consumo de electricidad.

Los datos obtenidos del indicado análisis permiten el diseño del transformador, de manera adicional se señala el dimensionamiento de conductores y protecciones eléctricas.

Los resultados obtenidos en base al ejemplo de referencia se encuentran dentro de parámetros establecidos por la EEQ.

Finalmente se cita la necesidad de sistemas de monitoreo de centros de transformación, obteniendo así importante información de consumo de electricidad y el controlar distintas magnitudes eléctricas.

PRÓLOGO

El presente proyecto indica los distintos pasos a realizar, con el objetivo de dimensionar centros de transformación a funcionar en edificios residenciales, para la empresa de diseño eléctrico Eléctrica VH, dentro del área de concesión de la EEQ.

Previo al dimensionamiento a realizarse se ejecutó el respectivo análisis en diferentes muestras, de esta forma obtener valores veraces para los diseños a efectuarse.

Para entender de mejor manera la indicada metodología se realizó el diseño del centro de transformación para el Edificio Ibis del Moral III ubicado en el sector de Monteserrín.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.3. ALCANCE DEL PROYECTO.....	4
1.4. OBJETIVOS	7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
CAPÍTULO II	10
FUNDAMENTO TEÓRICO	10
2.1. SISTEMAS DE POTENCIA	10
2.2. SISTEMAS TRIFÁSICOS	14
2.3. LÍNEAS ELÉCTRICAS DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE	23
2.4. TRANSFORMADORES	33
2.5. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	44
2.5.1. EQUIPO DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE.....	46
2.5.2. CONDUCTORES DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE	50
2.5.3. PUESTA A TIERRA - PARARRAYOS	53
2.6. FACTOR DE POTENCIA EN CARGAS INSTALADAS.....	56
2.6.1. PARÁMETROS DE ARRANQUE DE MOTORES	59
2.7. FACTORES PARA PROYECCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO	62
2.8. SISTEMAS SCADA EN MONITOREO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS.....	65
2.9. RESUMEN DE NORMAS ELÉCTRICAS PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	67
CAPÍTULO III	69

ANÁLISIS.....	69
3.1 DELIMITACIÓN Y MUESTREO DE EDIFICIOS DENTRO DEL ÁREA DE SELECCIÓN DEL PROYECTO	69
3.2 MUESTREO POR CONGLOMERADOS.....	71
3.2.1 FORMACIÓN DE CONGLOMERADOS	72
3.2.2 PROCESO DE MUESTREO.....	73
3.3 POTENCIA Y VOLTAJE A UTILIZARSE EN EDIFICIOS.	76
3.4 DEMANDA Y FACTORES ELÉCTRICOS EN MUESTRAS SELECCIONADAS.....	87
3.5 FACTOR DE POTENCIA EN CARGAS ELÉCTRICAS A UTILIZARSE EN EDIFICIOS.....	94
3.6 ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO EN ILUMINACIÓN EN LAS EDIFICACIONES TOMADAS COMO MUESTRA.....	110
3.7 ARRANQUE DE MOTORES A UTILIZAR EN ASCENSORES.....	116
3.8 CAÍDA DE VOLTAJE EN RED ELÉCTRICA EN BAJO VOLTAJE	117
3.9 ANÁLISIS DE RESISTIVIDAD, EN BASE A TIPOS DE SUELOS DE LA CIUDAD DE QUITO.....	121
3.10 ESTUDIO E IMPORTANCIA DE VOLTAJE DE PASO Y DE CONTACTO.....	125
3.11 OBSERVACIÓN DE NIVELES ISOCERÁUNICOS EN LA CIUDAD	130
3.12 APLICACIÓN DE SISTEMAS SCADA EN MONITOREO DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	132
CAPÍTULO IV.....	135
INGENIERÍA	135
4.1 PASOS A REALIZAR PARA DISEÑO DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EN LAS INFRAESTRUCTURAS YA INDICADAS.....	135
4.2 MÉTODO PARA CÁLCULO DE POTENCIA APARENTE A SUMINISTRAR POR LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN.....	137
4.3 ANALIZAR LAS FASES Y TENSIONES A ALIMENTAR DICHAS INFRAESTRUCTURAS	165
4.4 PROYECCIÓN DE FACTOR DE DEMANDA ELÉCTRICA, EN BASE A RESULTADOS DE DISEÑO REALIZADO Y A OTRAS IMPLEMENTACIONES REALIZADAS.....	169
4.5 DISEÑO DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN ELECTRÓNICOS CON EL FIN DE DISMINUIR EL RUBRO DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	170
4.6 CRITERIO PARA DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES	176
4.7 SELECCIÓN DE CONDUCTORES DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE.....	178

4.8	ESCOGIMIENTO DE PROTECCIONES ELECTRICAS DE MT Y BT	184
4.9	PLANTEAMIENTO DE OPCIONES DE SISTEMAS SCADA PARA MONITOREO DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	188
4.10	ESPECIFICACIONES DE PUESTA A TIERRA.....	191
4.11	INDICAR RAZONES EN DONDE SEA NECESARIA LA IMPLEMENTACIÓN DE PARARRAYOS EN FUNCIÓN DE NIVELES ISOCERÁUICOS DE LA CIUDAD Y UBICACIONES DE LOS INMUEBLES.	198
4.12	PARÁMETROS DE OBRA CIVIL, PREVIO A LA IMPLEMENTACIÓN.....	200
CAPÍTULO V.....		203
ANÁLISIS ECONÓMICO DE IMPLEMENTACIÓN.....		203
5.1	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE TRANSFORMADORES.....	203
5.2	INDICACIONES PARA REALIZACION DE APRECIASIONES ECONÓMICAS DE CONDUCTORES DE BT Y MT A UTILIZARSE EN ESTAS INSTALACIONES.....	204
5.3	VERIFICACIÓN ECONÓMICA DE PROTECCIONES EN MEDIO Y BAJO VOLTAJE, EN DIFERENTES ELEMENTOS DE LOS MISMOS.....	204
5.4	PROFORMA DE MATERIALES PARA IMPLEMENTACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	205
5.5	BAJO REFERENCIAS DE PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCION, INDICAR UN VALOR APROXIMADO DE OBRA CIVIL.....	205
CAPÍTULO VI.....		206
PRUEBAS Y RESULTADOS.....		206
6.1	VERIFICACIÓN DE METODOLOGÍA REALIZADA, DE ACUERDO A DIFERENTES NORMAS ELÉCTRICAS	206
6.1.1	TRANSFORMADOR.....	206
6.1.2	CONDUCTORES.....	207
6.1.3	PROTECCIONES.....	208
6.1.4	PUESTA A TIERRA.....	209
6.1.5	PARARRAYOS.....	209
CAPÍTULO VII.....		211
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		211
7.1	CONCLUSIONES.....	211
7.2	RECOMENDACIONES.....	212
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		214

ÍNDICE DE FIGURAS.....	217
ÍNDICE DE TABLAS	222
GLOSARIO	227
ANEXOS	229

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La demanda energética en el Ecuador específicamente en el sector residencial ha ido incrementándose en los últimos años, este consumo energético ha aumentado por diferentes motivos, entre ellos el aumento de consumo eléctrico por utilización de diferentes electrodomésticos, para citar algunos de estos tenemos: lavadora, calefactores, mayor número de televisores, computadores; este ítem es parte del consumo total energético en sectores residenciales, de tal forma que las conexiones, instalación y suministro de energía eléctrica (Potencia y Voltaje) a este tipo de consumidores debe ser óptima, dando por resultado, el evitar pérdidas en potencia y así disminuir en parte la demanda eléctrica en el sector ya indicado, por lo tanto los centros de transformación, cumplen un rol importante en el suministro de energía eléctrica, haciendo muy necesario el correcto diseño de los mismos.

El presente proyecto se centrará en la metodología de diseño de centros de transformación a ser diseñados e implementados en sectores residenciales, específicamente para edificios que pertenecen a este sector.

Para comenzar a contemplar de forma inicial el proyecto a realizar, se citará las cargas a manejar en edificios de sector residencial.

- Iluminación General.
- Iluminación Especial.
- Toma corrientes de uso general.
- Toma corrientes de uso especial.
- Alimentación de voltaje estabilizado.
- Circuitos especiales.

Citados estos parámetros iniciales, además haciendo referencia a diferentes investigaciones a realizar y conocimientos adquiridos a lo largo de carrera de ingeniería, se obtendrá una guía para diseño de centros de transformación seguros y confiables, que suministren de energía eléctrica hacia toda la instalación.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La realización del proyecto tiene su importancia, ya que en los edificios de tipo residencial, donde se realizará la implementación de centros de transformación de voltaje se podrán referenciar por medio del presente proyecto, agilitando así el diseño y por ende su implementación, además asegurando la operación de las distintas cargas a funcionar, bajo óptimas condiciones; por lo tanto la referencia para

diseños a realizar debe cumplir con diferentes estándares y normas que corresponden a este tipo de instalaciones, de esta manera los diseños a obtener posteriormente presentaran el siguiente proceso:

- Analizar las cargas a trabajar en ascensores, ya que a partir del arranque de los motores a funcionar en los elevadores, se sobredimensionará en cierto porcentaje al transformador para la cámara de transformación a funcionar.
- Estudiar el tipo de cargas residencial, como iluminación, luminarias especiales, circuitos de fuerza, circuitos especiales.
- Estudiar y evaluar la potencia en focos ahorradores, previo al estudio de demanda.
- Dimensionar transformadores a utilizar en el centro de transformación, ajustados a diferentes parámetros eléctricos de edificios residenciales donde se realizará la implementación, además cumplir normas que rigen a este tipo de instalaciones.
 - Código Eléctrico Ecuatoriano
 - Empresa Eléctrica Quito
- Descripción de conductores a utilizar, tanto de media como bajo voltaje.
- Verificación de conductores en función de:
 - Caídas de voltaje.
 - Instalación de conductores.
 - Normas Eléctricas.
 - Código Eléctrico Ecuatoriano

- Empresa Eléctrica Quito

- Descripción de protecciones en etapa de medio voltaje.
- Descripción de protecciones en etapa de bajo voltaje.
- Parámetros para instalación de puesta a tierra en la zona ya indicada, de acuerdo tipos de suelos consultados dentro del área de concesión ya indicada o del país.
- Designación correcta para implementación de pararrayos, según niveles isocerámicos del país.
- Parámetros de obra civil, para implementación de centro de transformación.

1.3. ALCANCE DEL PROYECTO

Una vez ya finalizado el proyecto, se contará con una metodología de diseño de centros de transformación, a ser implementados en edificios de tipo residencial dentro del área de concesión de la EEQ S.A, área en la cual realiza sus proyectos la empresa de diseño eléctrico y electrónico ELECTRICA VH, compañía para la cual se está realizando el presente proyecto, las cámaras de transformación a ser implementados en función de la metodología a ser realizada, estará bajo normas eléctricas establecidas por el Código Eléctrico Ecuatoriano y la Empresa Eléctrica Quito, centrándose en el dimensionamiento eléctrico y parámetros de obra civil, además indicar que las normas de seguridad a plantear en el proyecto se reunirán en contrarrestar fallas eléctricas, de forma adicional se presentara informes sobre

tipos de suelo y niveles isoceráunicos del país, estos se obtendrán en base a diferentes consultas e investigaciones, necesarias, previo a la ejecución de puesta de tierra y pararrayos, las limitaciones del proyecto anteriormente citadas se detallan a continuación:

- Localización de inmuebles.
- Estudios de factibilidad eléctrica dentro del área de concesión de la EEQ.
- Definir el nivel socio-económico del sector para que de esta manera visualizar las características eléctricas a utilizarse por los abonados.
- Análisis de planos.
- Cargas eléctricas que se conectaran al sistema eléctrico de los edificios residenciales.
- Obtener un valor de potencia aparente total, tomando a consideración el factor de potencia que estos presenten.
- Sistemas especiales a conectar al centro de transformación (Motores para elevador, bombas de agua, etc.).
- Definir demanda máxima unitaria y demanda máxima total diversificada.
- Límites en caída de voltaje admisible.
- Validaciones para dimensionamiento de transformador en base a diferentes parámetros como:

-
- Voltajes de fases en circuitos trifásicos.
 - Tipo de instalación del centro de transformación.
 - Puntos de alimentación (Medio voltaje).
 - Potencia.
 - Nivel de voltaje.
 - Caída de voltaje.
 - Esquemas de conexiones.
 - Aprobación de conductores a utilizar en este tipo de instalaciones en función de:
 - Caídas de voltaje.
 - Tipo de instalación de conductores.
 - Emplazamiento de conductores e instalación del centro de transformación para edificios residenciales.
 - Parámetros de seguridad contra fallas eléctricas
 - Sobrecargas
 - Sobrevoltajes
 - Cortocircuitos
 - Descargas Atmosféricas
 - Referencia para protecciones en centros de transformación: Interruptor-seccionador con fusible
 - Referencia y conclusiones de tipos de suelo, para implementación de puesta a tierra en sectores a construir edificios residenciales en los sectores ya indicados.

- En base a diseños de puesta a tierra, indicar una guía óptima y clara para dicha implementación
- Indicar ubicaciones para implementación de pararrayos, en función de niveles isoceráunicos del ecuador, ya que centrarse al área de concesión de la EEQ, representaría un estudio extenso.
- Indicar parámetros técnicos para obra civil, de la cámara de transformación

Así finalmente se obtendrá una metodología de diseño para cámaras de transformación para el suministro de energía en bajo voltaje a toda la instalación residencial.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar una metodología para el diseño de centros de transformación a funcionar en edificios de tipo residencial de la ciudad de Quito, con todos sus componentes y protecciones, bajo diferentes normas, asegurando así el flujo de energía eléctrica hacia dicha infraestructura

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los diferentes valores de demanda y carga eléctrica, necesaria para el dimensionamiento de transformadores.

- Analizar el arranque de los motores a funcionar en dichos inmuebles.
- Analizar el factor de potencia en focos ahorradores.
- Conocer marcas de focos ahorradores que presenten un valor cercano a uno en su factor de potencia.
- Indicar el dimensionamiento de transformadores en base a diferentes medidas eléctricas.
- Indicar parámetros para dimensionar los diferentes conductores, tanto de media como bajo voltaje.
- Seleccionar los calibres de los distintos conductores a utilizar en base a distintas medidas eléctricas.
- Seleccionar las diferentes protecciones eléctricas tanto en bajo voltaje como medio voltaje, bajo parámetros obtenidos y normas que rigen a estos dispositivos.
- Cumplir con una referencia de tipo de suelos dentro de los sectores indicados, previo a la implementación de puesta a tierra.
- Realizar una guía optimizada para diseño de puesta a tierra, para la cámara de transformación.
- Seleccionar lugares para protecciones contra descargas atmosféricas (Pararrayos) en función de niveles isocerámicos de la ciudad

- Indicar parámetros técnicos, para la construcción de la obra civil del centro de transformación.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

Subtransmisión

2.1 SISTEMAS DE POTENCIA

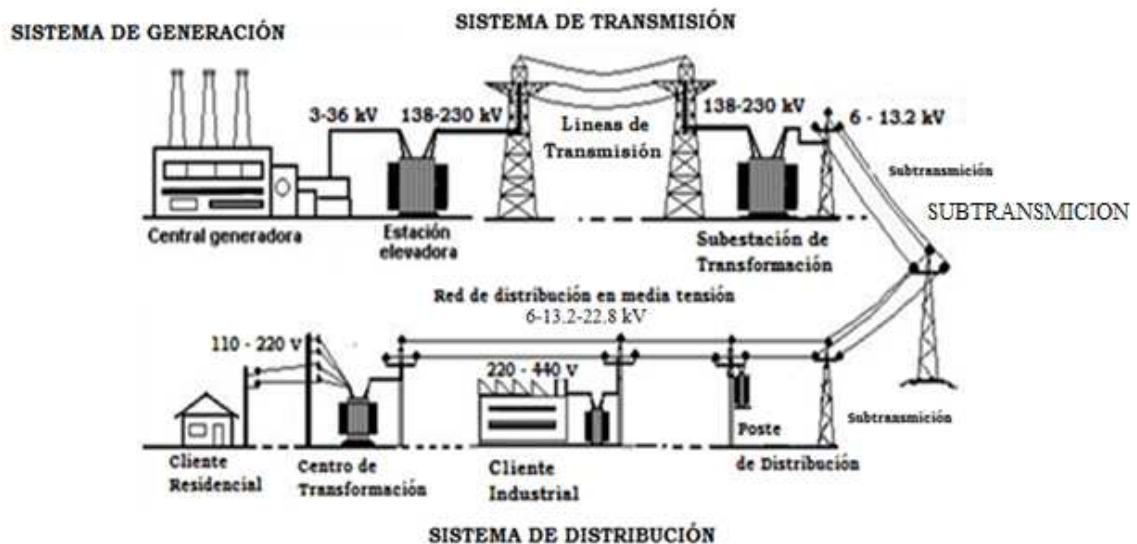


Figura 2.1. Sistema Eléctrico de Potencia

“Un sistema de energía eléctrica consiste en una gran diversidad de cargas eléctricas repartidas en una región, en las plantas generadoras para producir la energía eléctrica consumida por las cargas, una red de transmisión y distribución para transportar esa energía de las plantas generadoras a los puntos de consumo y todo el equipo adicional necesario para lograr que el suministro se realice con las características de continuidad de servicio, de regulación de tensión y control de frecuencia requeridas”¹.

Por lo tanto el sistema de potencia define el recorrido en el suministro de la energía eléctrica, desde su generación en las diferentes centrales, hasta su provisión hacia el consumidor final (Cargas), pasando por las líneas de transmisión y distribución para asegurar un suministro eléctrico eficiente tanto técnica como económicamente.

Un sistema potencia eléctrica se encuentra conformado por:

- Generación
- Transmisión
- Subestaciones
- Distribución
- Consumo

Sistema de Generación

Como su nombre lo indica, es la etapa donde se genera la energía eléctrica en base a parámetros de teoría de campos electromagnéticos. La generación se basa

¹Viqueira Jacinto, *Redes eléctricas*. 1990

El termino TENSIÓN, presente el mismo significado de VOLTAJE.

en el movimiento de rotores, impulsados por distintos medios físicos, estos últimos definen la clasificación de centrales de generación, indicando los siguientes:

Centrales Térmicas

El vapor de agua a altas presiones se utiliza para el movimiento de rotores, la evaporización del agua se obtiene a partir de la combustión de derivados de petróleo p.e. diesel, querosén.

Centrales Nucleares

El impulso de los generadores se obtiene por la presión de vapor de agua. Las altas temperaturas emitidas por la fusión nuclear (“Reacción nuclear en la que dos núcleos de átomos ligeros, en general el hidrógeno y sus isótopos (deuterio y tritio), se unen para formar otro núcleo más pesado, liberando una gran cantidad de energía”²) provocan la evaporización del líquido.

Centrales Hidroeléctricas

El movimiento de los rotores en los generadores se produce por la fuerza de impulso de ríos o cascadas.

Centrales Geotérmicas

Se aprovecha el calentamiento de la corteza interna de la tierra para poder evaporar agua, este vapor moverá los rotores en los generadores.

Centrales Mareomotrices

La presión alta del agua obtenida a partir de diámetros estrechos en tuberías impulsa los generadores, el agua que circula por las tuberías indicadas es embalsada cuando la marea del mar es alta.

²http://energia-nuclear.net/es/como_funciona/fusion_nuclear.html#.UHDh Ji8 XA

Centrales Eólicas

El movimiento impulsado por el viento mueve las aspas conectadas a rotores, para la generación eléctrica en DC, posteriormente a través de inversores se obtiene energía eléctrica en AC.

La instalación de los centros de generación eléctrica se encuentran en sitios donde existe los recursos naturales a utilizarse, para centrales de generación térmica se ubican cerca de las plantas refinadores de petróleo p.e. la Central de Generación Térmica de Esmeraldas se ubicada frente a Refinería de Esmeraldas, normalmente dichas centrales de generación se encuentran lejos de la carga a alimentar.

Sistema de Transmisión

Los sistemas de transmisión están encargados del transporte de energía eléctrica desde las centrales de generación hasta las estaciones de distribución, esta transmisión se lo realiza en alto voltaje, dicho suministro por líneas eléctricas resulta más económico que movilizar los combustibles hacia centrales de generación cerca de las distintas cargas. “Es considerablemente más barato transportar energía eléctrica al mayoreo en líneas de transmisión de voltaje alto, que transportar las cantidades equivalentes de carbón en ferrocarril, las tendencias recientes de la India.”³Resaltando que la transmisión en alto voltaje disminuye las caídas de voltaje.

Los sistemas de transmisión eléctrica se encuentran conformados por conductores, estructuras de soporte, sujetadores, aisladores encargados del transporte de la energía eléctrica, hacia los distintos puntos de consumo.

³Kothari, D.P. *Sistemas Eléctricos de Potencia*. 2009

Subestaciones

A partir de las subestaciones se obtiene voltajes manejables y seguros para los diferentes centros de distribución, ya que se realiza la reducción de voltaje de transmisión, para el Ecuador las amplitudes manejadas corresponden a valores de 13,2 kV y 22,5 kV, para instalaciones eléctricas antiguas se presenta voltajes de 6,3 kV.

“Las subestaciones pueden clasificarse en:

- Subestaciones elevadoras de las plantas generadoras.
- Subestaciones de interconexión de la red de alto voltaje.
- Subestaciones reductoras para alimentar los sistemas de sub transmisión o de distribución.”⁴

Como pequeñas subestaciones se puede incluir a los centros de transformación ya que su función es transformar voltajes de medio bajo voltaje.

Los centros de transformación comprenden líneas eléctricas de medio y bajo voltaje cada una con sus respectivas protecciones. El lado de bajo voltaje proporcionará amplitudes apropiadas para la utilización de los consumidores finales. El presente proyecto se centrara en centros de transformación a implementarse en edificios residenciales, por lo que en los siguientes capítulos se indicará parámetros de los distintos dispositivos que conforman el dispositivo indicado.

2.2. SISTEMAS TRIFÁSICOS

Son tres fuentes monofásicas con igual voltaje y frecuencia, difieren entre sí por su desfase de 120 grados. Las diferentes necesidades técnicas y económicas de

⁴Viqueira Jacinto, *Redes eléctricas*. 1990

generación y transmisión eléctrica dan a indicar al sistema trifásico como una excelente alternativa por las siguientes razones:

- Transmitir energía eléctrica a grandes distancias de forma eficiente.
- Ahorro en materiales, equipos y dispositivos de distribución y transmisión de energía eléctrica.
- Con una misma cantidad de cobre, un sistema trifásico proporciona una mayor potencia que un sistema monofásico, “los conductores necesitan el 75 por ciento del tamaño que necesitaría para un sistema monofásico con la misma potencia en VA”⁵
- Menores pérdidas en transporte de energía.

En cada uno de los sistemas trifásicos a estudiar e instalar se busca el balance entre las distintas fases, es decir igualdad en corriente y voltaje en las tres fases.

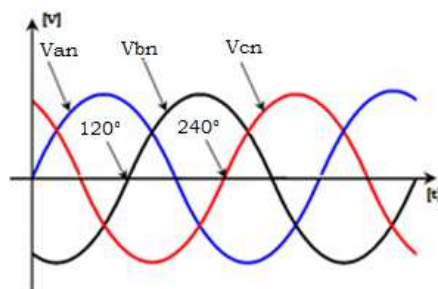


Figura 2.2.Sistema Trifásico Balanceado

Los sistemas trifásicos presentan distintas conexiones, con sus respectivas ventajas y desventajas sean estas en campo técnico o económico, por lo tanto es necesario conocer las principales conexiones de las mismas.

⁵<http://www.trifasicos.com/wp/porque-se-usan/>

Conexión Estrella

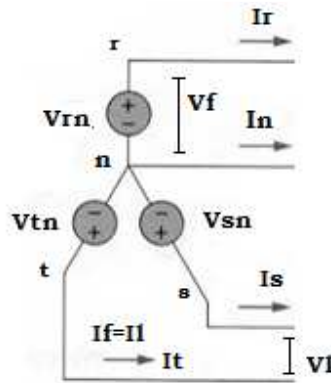


Figura 2.3. Sistema Trifásico en Estrella

Este tipo de conexión presenta un punto común de operación, funcionando el mismo como retorno de corriente (Figura 2.3.).

De acuerdo a fasores los valores de voltajes en conexión estrella son las siguientes:

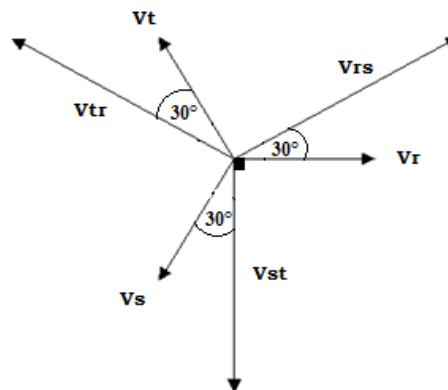


Figura 2.4. Diagrama Fasorial - Conexión en estrella

$$V_{rn} = V_r = V \mid 0^\circ$$

$$V_{tn} = V_t = V \mid 120^\circ$$

$$V_{sn} = V_s = V \mid -120^\circ$$

Donde:

$V_{an}, V_{bn}, V_{cn} \rightarrow$ Voltaje Fase Neutro

Voltaje V_{rs}

$$V_{rs} = V_r - V_s \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

$$V_{rs} = (V \mid 0^\circ) - (V \mid -120^\circ)$$

$$V_{rs} = \sqrt{3}V \mid 30^\circ$$

Voltaje V_{tr}

$$V_{tr} = V_t - V_r \quad \text{Ecuación (2.2)}$$

$$V_{tr} = (V \mid 120^\circ) - (V \mid 0^\circ)$$

$$V_{tr} = \sqrt{3}V \mid 150^\circ$$

Voltaje V_{st}

$$V_{st} = V_s - V_t \quad \text{Ecuación (2.3)}$$

$$V_{st} = (V \mid -120^\circ) - (V \mid 120^\circ)$$

$$V_{st} = (\sqrt{3}V \mid -90^\circ)$$

Donde:

$V_{rs}, V_{tr}, V_{st} \rightarrow$ Voltaje Fase Fase \rightarrow Voltaje de Línea

Las respuestas anteriormente señaladas indican que el voltaje de fase se encuentra 30° en retraso con respecto al voltaje de línea.

Refiriéndose a corrientes, por el neutro circula la corriente de retorno, es decir circulan la suma de las corrientes I_r, I_s e I_t cuya resultante es cero en circuitos

balanceados. Si la corriente de retorno es diferente de cero indicara la corriente de desbalance del sistema trifásico.

$$I_n = I_r + I_s + I_t = 0 \quad \text{Ecuación (2.4)}$$

Donde:

$I_n \rightarrow$ Corriente de retorno

$I_r \rightarrow$ Corriente de fase A

$I_s \rightarrow$ Corriente de fase B

$I_t \rightarrow$ Corriente de fase C

La potencia de un sistema trifásico de conexión en estrella, contempla los siguientes parámetros:

- *Potencia de una Fase de Sistema trifásico Equilibrado*

$$P_f = V_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi \quad \text{Ecuación (2.5)}$$

Donde:

$P_f \rightarrow$ Potencia de fase

$V_f \rightarrow$ Voltaje de fase

$I_f \rightarrow$ Corriente de fase

$\cos \varphi \rightarrow$ Factor de Potencia

- *Potencia de sistema trifásico Equilibrado*

$$P_m = 3 \cdot V_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi \quad \text{Ecuación (2.6)}$$

Dado que:

$$V_l = \sqrt{3} V_f$$

$$V_f = \frac{V_l}{\sqrt{3}}$$

$$I_l = I_f$$

Por lo tanto

$$P_m = 3 \cdot \frac{V_l}{\sqrt{3}} \cdot I_l \cdot \cos \varphi$$

$$P_m = \sqrt{3} \cdot V_l \cdot I_l \cdot \cos \varphi$$

Ecuación (2.7)

Donde:

$P_m \rightarrow$ Potencia de sistema trifásico

$V_f \rightarrow$ Voltaje de fase

$I_f \rightarrow$ Corriente de fase

$\cos \varphi \rightarrow$ Factor de Potencia

$V_l \rightarrow$ Voltaje de línea

$I_l \rightarrow$ Corriente de línea

Para obtener los valores de corriente, se debe verificar que tipo de carga está conectado el sistema trifásico, esta carga puede ser capacitiva, inductiva o resistiva, por lo tanto cada uno de los ángulos de desfase dependerá de las cargas indicadas anteriormente.

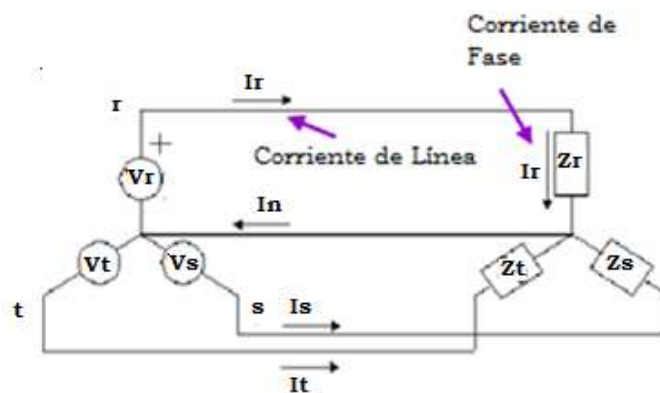


Figura 2.5. Conexión Estrella

$$I_r = \frac{V_r}{Z_r} = \frac{V|0^\circ}{Z|\theta} = I|(0^\circ - \theta)$$

$$I_s = \frac{V_s}{Z_s} = \frac{V|-120^\circ}{Z|\theta} = I|(-120^\circ - \theta)$$

$$I_t = \frac{V_t}{Z_t} = \frac{V|120^\circ}{Z|\theta} = I|(120^\circ - \theta)$$

Donde

$P_m \rightarrow$ Potencia de sistema trifásico

$I_r \rightarrow$ Corriente de carga Z_r

$I_s \rightarrow$ Corriente de carga Z_s

$I_t \rightarrow$ Corriente de carga Z_t

$\theta \rightarrow$ Angulo de desfase

Conexión en Delta

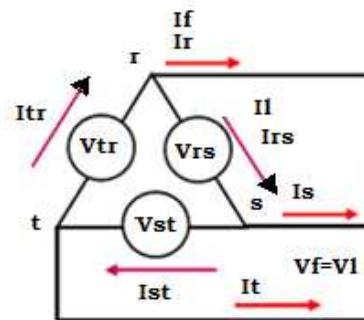


Figura 2.6. Conexión Trifásica en Delta

De manera similar al sistema conectado en estrella se tiene un desfase de 120° . Dado la conexión en triángulo que se presenta no cuenta con punto común de operación.

De acuerdo a fasores los valores de corrientes en conexión delta es la siguiente:

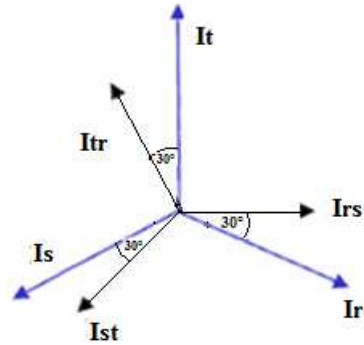


Figura 2.7. Diagrama Fasorial–Conexión Delta

De acuerdo con la Figura 2-7 tenemos las siguientes corrientes

$$I_{rs} = I|0^\circ$$

$$I_{tr} = I|120^\circ$$

$$I_{st} = I|-120^\circ$$

Por lo que:

Corriente I_r

$$I_r = I_{tr} - I_{rs} \quad \text{Ecuación (2.8)}$$

$$I_r = I|120^\circ - I|0^\circ$$

$$I_r = \sqrt{3} \cdot I|-30^\circ$$

Corriente I_s

$$I_s = I_{rs} - I_{st} \quad \text{Ecuación (2.9)}$$

$$I_s = I|0^\circ - I|-120^\circ$$

$$I_s = \sqrt{3} \cdot I|-150^\circ$$

Corriente I_t

$$I_t = I_{st} - I_{tr} \quad \text{Ecuación (2.10)}$$

$$I_t = I|-120^\circ - I|120^\circ$$

$$I_t = \sqrt{3} \cdot I |90^\circ$$

Donde:

$I_a, I_b, I_c \rightarrow$ Corrientes de fase

$I_{ba}, I_{ac}, I_{cb} \rightarrow$ Corrientes de línea

En función de los cálculos realizados, las corrientes de fase están retrasadas 30 grados respecto a las corrientes de línea.

En una conexión trifásica en delta, lo que respecta a voltajes de línea y de fase estos son iguales.

$$V_l = V_f \quad \text{Ecuación (2.11)}$$

Donde:

$V_l \rightarrow$ Voltaje de línea

$V_f \rightarrow$ Voltaje de fase

La potencia de un sistema trifásico de conexión en delta, es la siguiente

- **Potencia de una Fase de Sistema trifásico Equilibrado**

$$P_f = V_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$$

Donde:

$P_f \rightarrow$ Potencia de fase

$V_f \rightarrow$ Voltaje de fase

$I_f \rightarrow$ Corriente de fase

$\cos \varphi \rightarrow$ Angulo de fase

- *Potencia de sistema trifásico Equilibrado* $P_m = 3 \cdot V_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$

Dado que:

$$I_l = \sqrt{3} I_f$$

$$I_f = \frac{I_l}{\sqrt{3}}$$

$$V_l = V_f$$

Por lo tanto

$$P_m = 3 \cdot V_l \cdot \frac{I_l}{\sqrt{3}} \cdot \cos \varphi$$

$$P_m = \sqrt{3} \cdot V_l \cdot I_l \cdot \cos \varphi$$

Donde:

$P_m \rightarrow$ *Potencia de sistema trifásico*

$V_l \rightarrow$ *Voltaje de línea*

$I_l \rightarrow$ *Corriente de línea*

$\cos \varphi \rightarrow$ *Ángulo de fase*

2.3 LÍNEAS ELÉCTRICAS DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE



Figura 2.8. Red Eléctrica en medio y bajo voltaje

A partir de estas líneas eléctricas, se realiza la distribución de energía eléctrica hacia las distintas cargas, “un sistema de distribución comprende los alimentadores primarios que parten de las subestaciones de distribución, los transformadores de distribución para reducir los valores de tensión a valores utilizables”⁶.

Las líneas de distribución de medio voltaje bajo la concesión de la EEQ S.A maneja voltajes de 22,8 GRDY/13,2 kV, 13,2GRDY/7,6 kV, Y 6,3 kV.

La distribución en medio voltaje se lo realiza por medio de un sistema trifásico de tres hilos, es decir, en conexión delta, a continuación se indica las distintas características al realizar una distribución, sea esta en estrella o en delta.

- “Un generador tiene la misma capacidad de generación de potencia en Y que en Δ , precisando que en la primera se necesita mayores aislamientos y en la segunda mayores secciones de conductor de cobre para el transporte”⁷. Cabe resaltar que las líneas de transmisión eléctrica en el Ecuador no son de cobre, se utiliza aluminio para la indicada función.
- La potencia que absorbe una carga en conexión trifásica en delta es tres veces mayor que la absorbida al realizar una conexión en estrella, cumpliendo que el voltaje de línea tanto en conexión delta y estrella, y la carga a suministrar deben ser iguales.

⁶Viqueira Jacinto, *Redes eléctricas*. 1990

⁷Castejon Agustín, *Tecnología Eléctrica*. 1993

El termino TENSIÓN, presente el mismo significado de VOLTAJE.

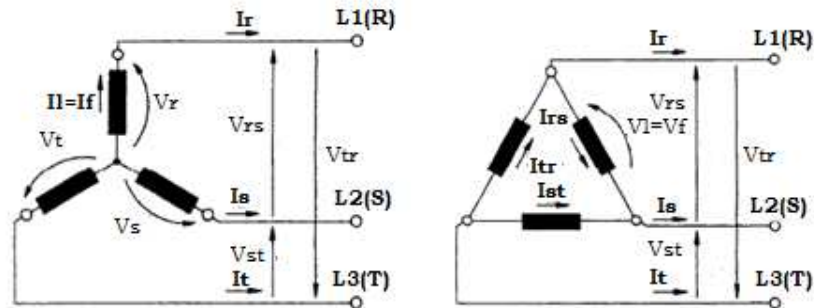


Figura 2.9. Transporte de energía eléctrica en conexión estrella y delta

Teorema de suministro de potencia en conexión delta, tres veces mayor que en conexión estrella, siempre y cuando se mantenga constante el voltaje de línea y la respectiva impedancia en las dos conexiones indicadas.

Conexión Estrella

$$S_{fy} = \frac{vf^2}{Z} \quad \text{Ecuación (2.12)}$$

$$S_{fy} = \frac{vl^2}{(\sqrt{3})^2 Z}$$

$$S_Y = 3 \cdot S_{fy} \quad \text{Ecuación (2.13)}$$

$$S_Y = 3 \cdot \frac{vl^2}{(\sqrt{3})^2 Z}$$

- Conexión Delta

$$S_{f\Delta} = \frac{vf^2}{Z} = \frac{vl^2}{Z} \quad \text{Ecuación (2.14)}$$

$$S_{\Delta} = 3 \cdot S_{f\Delta}$$

$$S_{\Delta} = 3 \cdot \frac{vl^2}{Z} \quad \text{Ecuación (2.15)}$$

$$S_Y = \frac{vl^2}{Z} \quad \text{Ecuación (2.16)}$$

Igualando Ecuación (2.15) y Ecuación (2.16)

$$S_{\Delta} = 3 \cdot S_Y \quad \text{Ecuación (2.17)}$$

Donde:

V_l → Voltaje de línea constante en conexión delta y estrella

V_f → Voltaje de fase

S_{fy} → Potencia en función de voltaje en conexión en estrella

S_y → Potencia total del sistema trifásico en conexión estrella

$S_{f\Delta}$ → Potencia en función del voltaje en conexión delta

S_{Δ} → Potencia total del sistema trifásico en conexión delta

Z → Impedancia de carga igual en ambas conexiones

Por lo tanto la potencia suministrada en delta hacia la carga es tres veces mayor a una conexión en estrella.

Ya verificado las características de transmisión en estrella y delta, se analiza ciertas características en circuitos de medio y bajo voltaje.

Circuitos de Medio Voltaje

- Generalmente trifásicos
- Transmisión a tres hilos (Transmisión en delta)
- A partir de este circuito se puede derivar conexiones trifásicas y monofásicas
- Voltajes manejados por la EEQ de 6,3 kV, 13,2 kV y 22.5 Kv

Circuitos de Bajo Voltaje

- Circuitos trifásicos a cuatro hilos o monofásicos a tres hilos
- Voltajes en conexión trifásica 220/127 V
- Voltajes en conexión monofásica 240/ 120 V

Verificando brevemente las conexiones monofásicas, en ciertos sistemas de distribución secundaria la misma se la realiza en dos o tres hilos, por lo que a continuación se verifica la variación de resistencia de conductores y peso de los mismos entre un sistema monofásico de dos hilos y un sistema trifásico de tres hilos

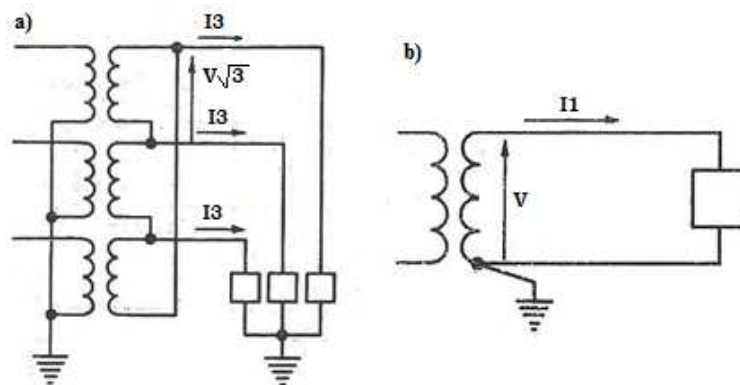


Figura 2.10. a) Conexión trifásica a tres hilos –b) Conexión monofásica a dos hilos

Potencia de un sistema monofásico a dos hilos

$$P = V \cdot I_1 \cdot \cos \phi$$

$$I_1 = \frac{P}{V \cdot \cos \phi}$$

$$p = 2R_1 \cdot I_1^2 \quad \text{Ecuación (2.18)}$$

$$p = 2R_1 \cdot \left(\frac{P}{V \cdot \cos \phi} \right)^2$$

$$p = 2R_1 \cdot \frac{P^2}{V^2 \cdot \cos^2 \phi} \quad \text{Ecuación (2.19)}$$

Donde:

$P \rightarrow$ Potencia real transmitida

$p \rightarrow$ Pérdidas por efecto Joule

$V \rightarrow$ Tensión a tierra

$I_1 \rightarrow$ Corriente de circulación en circuito monofásico

$R_1 \rightarrow$ Resistencia de conductor en conexión a dos hilos

Potencia de un sistema trifásico a tres hilos

$$P = 3V \cdot I_3 \cdot \cos \phi \quad \text{Ecuación (2.20)}$$

$$I_3 = \frac{P}{3V \cdot \cos \phi}$$

$$p = 3R_3 \cdot I_3^2 \quad \text{Ecuación (2.21)}$$

$$p = 3R_3 \cdot \left(\frac{P}{3V \cdot \cos \phi} \right)^2$$

$$p = R_3 \cdot \frac{P^2}{3V^2 \cdot \cos^2 \phi} \quad \text{Ecuación (2.22)}$$

Donde:

$P \rightarrow$ Potencia real transmitida

$p \rightarrow$ Perdidas por efecto Joule

$V \rightarrow$ Tensión a tierra

$I_3 \rightarrow$ Corriente de circulación en circuito trifasico

$R_3 \rightarrow$ Resistencia de conductor en conexión a tres Hilos trifásica

Igualando las potencias de los sistemas tratados tenemos:

$$2R_1 \cdot \frac{P^2}{V^2 \cdot \cos^2 \phi} = R_3 \cdot \frac{P^2}{3V^2 \cdot \cos^2 \phi}$$

$$\frac{R_3}{R_1} = 6 \quad \text{Ecuación (2.23)}$$

En iguales condiciones de longitud y resistencia de conductores, el peso de los alimentadores es inversamente proporcional a la resistencia de los mismos, por lo tanto

$$\frac{C_3}{C_1} = \frac{1}{6} \quad \text{Ecuación (2.24)}$$

Donde:

$C_3 \rightarrow$ Peso de conductor conexión trifásica a tres Hilos

$C_1 \rightarrow$ Peso de conductor conexión monofásica a dos Hilos

Resaltando que se tiene dos conductores en conexión monofásica y tres conductores en conexión trifásica, la expresión será la siguiente:

$$\frac{3C_3}{2C_1} = \frac{3.1}{2.6}$$

$$\frac{3C_3}{2C_1} = \frac{1}{4}$$

Por lo tanto tres conductores en un sistema trifásico es cuatro veces más liviano que una conexión monofásica a dos hilos, de esta manera confirmando del porque la conexión trifásica en transmisión eléctrica en bajo y medio voltaje.

En el caso de una transmisión monofásica a tres hilos y trifásica a cuatro hilos, respecto a pesos de conductores, se indica los siguientes enunciados.

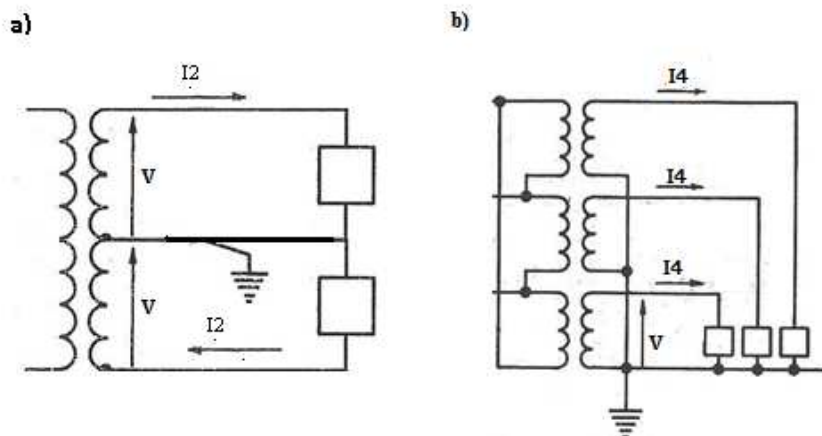


Figura 2.11. Conexión a tres hilos - Conexión a cuatro hilos

Potencia de un sistema monofásico a tres hilos

$$P = 2V \cdot I_2 \cdot \cos \phi$$

Ecuación (2.25)

$$I_2 = \frac{P}{2V \cdot \cos \phi}$$

$$p = 2R_2 \cdot I_2^2 \quad \text{Ecuación (2.26)}$$

$$p = 2R_2 \cdot \left(\frac{P}{2V \cdot \cos \phi} \right)^2$$

$$p = R_2 \cdot \frac{P^2}{2V^2 \cdot \cos^2 \phi}$$

Donde:

$P \rightarrow$ Potencia real transmitida

$p \rightarrow$ Pérdidas por efecto Joule

$V \rightarrow$ Voltaje a tierra

$I_2 \rightarrow$ Corriente de circulación en circuito monofásico a tres hilos

Potencia de un sistema trifásico a cuatro hilos

$$P = 3V \cdot I_4 \cdot \cos \phi$$

$$I_4 = \frac{P}{3V \cdot \cos \phi}$$

$$p = 3R_4 \cdot I_4^2$$

$$p = 3R_4 \cdot \left(\frac{P}{3V \cdot \cos \phi} \right)^2$$

$$p = R_4 \cdot \frac{P^2}{3V^2 \cdot \cos^2 \phi}$$

Donde:

$P \rightarrow$ Potencia real transmitida

$p \rightarrow$ Pérdidas por efecto Joule

$V \rightarrow$ Tensión a tierra

$I_4 \rightarrow$ Corriente de circulación en circuito trifásico

$R_4 \rightarrow$ Resistencia de conductor en conexión a cuatro Hilos

Igualando las pérdidas de los sistemas tratados tenemos

$$R_2 \cdot \frac{P^2}{2V^2 \cdot \cos^2 \phi} = R_4 \cdot \frac{P^2}{3V^2 \cdot \cos^2 \phi}$$

$$\frac{R_4}{R_2} = \frac{3}{2} \quad \text{Ecuación (2.27)}$$

Como se indicó anteriormente en iguales condiciones de longitud y resistencia de conductores, el peso de los alimentadores es inversamente proporcional a la resistencia de los mismos, por lo que se tiene:

$$\frac{C_4}{C_2} = \frac{2}{3} \quad \text{Ecuación (2.28)}$$

$C_4 \rightarrow$ Peso de conductor conexión trifásica a cuatro Hilos

$C_2 \rightarrow$ Peso de conductor conexión monofásica a tres Hilos

Dado que se tiene cuatro y tres conductores en la conexión trifásica y monofásica respectiva se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{4 \cdot C_4}{3 \cdot C_2} = \frac{2.4}{3.3} = \frac{8}{9}$$

La expresión indica que respecto a peso de conductores una conexión trifásica a cuatro hilos es más liviana que una conexión monofásica a tres hilos, por lo tanto resulta una opción más económica, ventaja adicional a las ya indicadas anteriormente.

“Se usan tres conductores siempre que el desequilibrio entre las potencias de las tres fases es pequeño, que es el caso de las aplicaciones de transmisión. En los sistemas de distribución se usa frecuentemente el cuarto hilo, especialmente en circuitos de baja tensión”⁸

2.4. TRANSFORMADORES



Figura 2.12. Transformador

⁸Viqueira Jacinto, *Redes eléctricas*. 1990

El termino TENSIÓN, presente el mismo significado de VOLTAJE.

El uso del transformador es indispensable para el desarrollo de centros de transformación, pero se debe indicar que el presentar el mismo a detalle conlleva un estudio extenso, por lo que se verificará aspectos aplicables y concisos con su debido fundamento teórico.

“Un transformador es un dispositivo que cambia potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna a otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético”⁹, su funcionamiento “trabaja de acuerdo con el principio de la inductancia mutua entre dos o más bobinas o circuitos acoplados inductivamente”¹⁰, la utilización de los transformadores es fundamental en los sistemas de distribución actuales, sin esta máquina eléctrica la forma de consumo eléctrico en estos días no sería posible, para el presente proyecto se analizará de forma no extensa a transformadores reales, su utilización ofrece condiciones aplicables para análisis

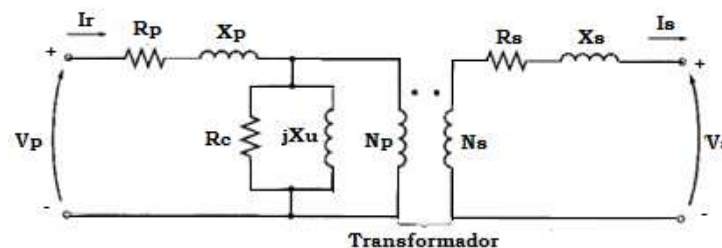


Figura 2.13. Circuito equivalente de transformador real

En la figura 2.13 se verifica el modelo de un transformador real con la siguiente nomenclatura:

$R_p \rightarrow$ Resistencia del circuito primario

⁹Chapman Stephen, *Máquinas Eléctricas* 2002

¹⁰Kosow Irving, *Maquinas Eléctricas y Transformadores* 2000

$X_p \rightarrow$ Reactancia inductiva del circuito primario

$jX_u \rightarrow$ Resistencia que produce el flujo de dispersión

$R_c \rightarrow$ Resistencia equivalente por pérdidas en el núcleo, corrientes parásitas por flujo disperso

$I_r \rightarrow$ Corriente en circuito primario

$N_p \rightarrow$ Bobina en circuito primario

$N_s \rightarrow$ Bobina en circuito secundario

$R_s \rightarrow$ Resistencia del circuito secundario

$X_s \rightarrow$ Reactancia inductiva del circuito secundario

$I_s \rightarrow$ Corriente en circuito secundario

Relación de transformación en transformadores reales

Como ya es conocido los transformadores presentan distintas relaciones de transformación sean estas de corriente, voltaje o impedancias, donde la relación de vueltas de los devanados primarios y secundarios, representan la constante de transformación.

Relación de transformación en función de voltajes

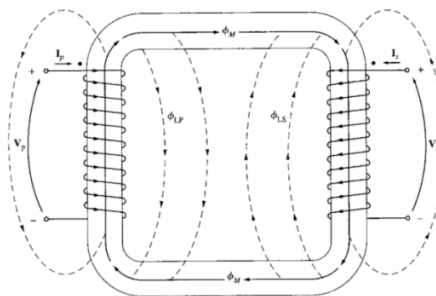


Figura 2.14. Flujo Mutuo en el núcleo del transformador

La relación de transformación basada en voltajes se fundamenta en la ley de Faraday, que indica la generación de flujo a través de un bobinado inducido con voltaje. La relación de transformación trabaja a partir de flujos mutuos, es decir el flujo que permanece en el núcleo, relaciona a la bobina primaria y secundaria, por lo que se tiene:

$$v_p(t) = Np \frac{d\varphi_M}{dt} \quad \text{Ecuación (2.29)}$$

$$\frac{d\varphi_M}{dt} = \frac{v_p(t)}{Np}$$

$$v_s(t) = Ns \frac{d\varphi_M}{dt} \quad \text{Ecuación (2.30)}$$

$$\frac{d\varphi_M}{dt} = \frac{v_s(t)}{Ns}$$

Igualando

$$\frac{v_p(t)}{Np} = \frac{v_s(t)}{Ns}$$

$$\frac{Np}{Ns} = \frac{v_p(t)}{v_s(t)} = \alpha \quad \text{Ecuación (2.31)}$$

Donde:

$\alpha \rightarrow$ Constante de transformación

$Ns \rightarrow$ Número de vueltas del bobinado primario

$Np \rightarrow$ Número de vueltas del bobinado secundario

$V_p(t) \rightarrow$ Voltaje primario

$V_s(t) \rightarrow$ Voltaje secundario

$\frac{d\varphi_M}{dt} \rightarrow$ Derivada de flujo respecto al tiempo

Relación de transformación en función de corrientes

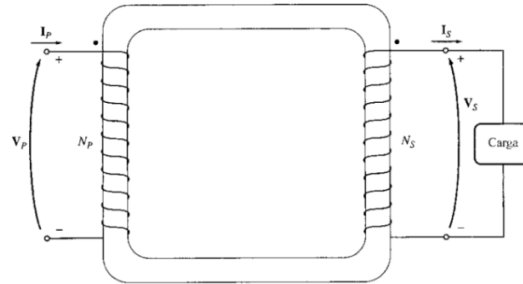


Figura 2.15. Corriente en bobinado primario y secundario

Una corriente que fluye hacia un devanado, por su extremo marcado con punto, produce una fuerza magnetomotriz positiva \mathcal{F} , en tanto que una corriente que fluye hacia dentro del devanado, por el extremo no marcado con punto, produce una fuerza magnetomotriz negativa¹¹, “por lo que:

$$\mathcal{F}_{net} = \mathcal{F}_p - \mathcal{F}_s \quad \text{Ecuación (2.32)}$$

$$\mathcal{F}_{net} = N_p \cdot i_p - N_s \cdot i_s$$

Un flujo neto en el núcleo, presenta una reluctancia muy próxima a cero, por lo que:

$$\mathcal{F}_{net} = N_p \cdot i_p - N_s \cdot i_s = \phi \cdot R \approx 0 \quad \text{Ecuación (2.33)}$$

$$N_p \cdot i_p - N_s \cdot i_s \approx 0$$

$$N_p \cdot i_p \approx N_s \cdot i_s$$

¹¹Chapman Stephen, *Máquinas Eléctricas* 2002 (10)

$$\frac{N_s}{N_p} \approx \frac{i_p}{i_s} = \frac{1}{\alpha} \quad \text{Ecuación (2.34)}$$

Donde:

$\alpha \rightarrow$ Constante de transformación

$N_s \rightarrow$ Número de vueltas del bobinado primario

$N_p \rightarrow$ Número de vueltas del bobinado secundario

$V_p(t) \rightarrow$ Voltaje primario

$V_s(t) \rightarrow$ Voltaje secundario

$\frac{d\phi_M}{dt} \rightarrow$ Derivada de flujo respecto al tiempo

Relación de transformación en función de impedancias

Para obtener la relación de transformación en función de impedancias, la obtenemos de los resultados anteriormente indicados.

$$\frac{v_p(t)}{v_s(t)} = \alpha$$

$$\frac{i_p}{i_s} = \frac{1}{\alpha}$$

Dividiendo las expresiones

$$\frac{\frac{v_p(t)}{v_s(t)}}{\frac{i_p}{i_s}} = \alpha^2$$

$$\frac{v_p(t)}{i_p} = \alpha^2 \cdot \frac{v_s(t)}{i_s}$$

$$\frac{Z_p}{Z_s} = \alpha^2 \quad \text{Ecuación (2.35)}$$

Donde:

α → Constante de transformación

N_1 → Número de vueltas del bobinado primario

N_2 → Número de vueltas del bobinado secundario

V_1 → Voltaje primario

V_2 → Voltaje secundario

I_1 → Corriente en circuito primario

I_2 → Corriente en circuito secundario

Rendimiento en transformadores

Previo a la instalación definitiva del respectivo transformador en el centro de transformación es necesario conocer su rendimiento, a partir de este parámetro se confirma la instalación o no del dispositivo.

La eficiencia de una máquina eléctrica esta dado por:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% \quad \text{Ecuación (2.36)}$$

Donde:

η → Rendimiento del transformador

P_{out} → Potencia de Salida

P_{in} → Potencia de Entrada

En el caso de transformadores se debe tomar en cuenta.

Pérdidas en el cobre

Las pérdidas en el cobre son variables y se obtienen a partir de la corriente de carga, la misma que se obtiene por medio de la prueba de cortocircuito, esta prueba consiste en colocar una resistencia despreciable en uno de los bobinados, en el bobinado restante se alimenta con voltaje reducido, por lo que la medición de corriente y potencia real en la carga representará valores nominales (Despreciando pérdidas en el núcleo).

Pérdidas en el núcleo

Para obtener las pérdidas en el núcleo del transformador, es necesario realizar pruebas de circuito abierto en el transformador, esta prueba se lo realiza aplicando voltaje nominal al bobinado de bajo voltaje, mientras que el bobinado de medio voltaje se encuentra en circuito abierto. Se realizan las respectivas mediciones de voltaje, corriente y potencia real.

Por lo que el rendimiento del transformador se obtendrá a partir de la siguiente expresión:

$$\eta = \frac{V_S \cdot I_S \cdot \cos\phi}{P_{Cu} + P_{Nucleo} + V_S \cdot I_S \cdot \cos\phi} \cdot 100\% \quad \text{Ecuación (2.37)}$$

Donde:

$\eta \rightarrow$ Rendimiento del transformador

$P_{out} \rightarrow$ Potencia de Salida

$P_{in} \rightarrow$ Potencia de Entrada

Los parámetros de rendimiento del o los transformadores a identificar en la presente metodología se lo explicará en el capítulo cuatro.

Regulación de tomas (taps) en transformadores



Figura 2.16. Taps en conexión de transformadores a red eléctrica

Ya indicada las relaciones de transformación en transformadores, los mismos poseen tomas de regulación de voltaje, estos tienen la función de permitir cambios pequeños en los voltajes de entrada del transformador, estas variaciones están en el orden de $\pm 2.5\%$ a $\pm 5\%$ con un funcionamiento a plena carga, estos rangos de variación para la regulación de voltaje permite que el transformador se ajuste a los diferentes niveles de voltajes de la localidad en donde se va a realizar la instalación.

Transformadores trifásicos

Los acoples de voltaje tanto para su reducción o elevación de amplitud en las líneas eléctricas trifásicas se lo puede realizar a través de tres transformadores monofásicos o con un solo transformador con tres bobinados en un solo núcleo, este último se lo utiliza en su mayoría ya que el mismo ofrece ventajas en rendimiento, peso y costo del transformador.

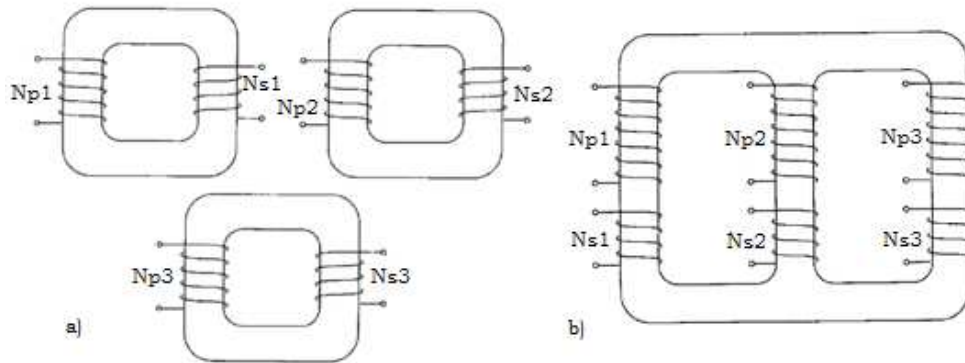


Figura 2.17. a) Transformación Trifásica con 3 transformadores Monofásicos – b) Transformador Trifásico con único núcleo

Conexión de transformadores trifásicos

Las distintas conexiones de transformadores son utilizadas para poder realizar la respectiva distribución de energía eléctrica de medio a bajo voltaje y viceversa, cada una de las conexiones con transformadores trifásicos presentan sus distintas ventajas y contras. Como ya se indicó en ítems anteriores el transporte de energía eléctrica en medio voltaje se la realiza en conexión delta, mientras que en suministro de baja voltaje se lo realiza en estrella, por lo que se analizará más profundamente la conexión Delta – Estrella.

Conexión Delta - Estrella

La conexión indicada es estable ante cualquier desbalance en las cargas, suministro de tres veces más potencia que el transporte en estrella.

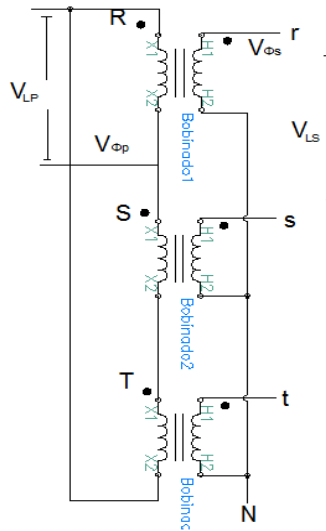


Figura 2.18. Conexión Delta - Estrella

La conexión Delta-Estrella, de igual manera que un transformador monofásico presenta sus relaciones de transformación en función del voltaje de los bobinados sea del primario o secundario, difiriendo con los voltajes de línea y de fase que se presenta en la conexión señalada

En Conexión delta

$$V_{LP} = V_{\phi p}$$

En Conexión Estrella

$$V_{LS} = \sqrt{3}V_{\phi s}$$

Por lo tanto tenemos la siguiente relación de transformación

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{\phi p}}{\sqrt{3}V_{\phi s}} \quad \text{Ecuación (2.38)}$$

Donde:

$V_{LP} \rightarrow$ Voltaje de fase

$V_{\phi p} \rightarrow$ Voltaje de fase

$V_{LS} \rightarrow$ Voltaje de fase

$V_{\phi S} \rightarrow$ Voltaje de Línea

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{\sqrt{3}V_{\phi p}}{\sqrt{3}V_{\phi S}} = a \quad \text{Ecuación (2.39)}$$

Donde:

$V_{LP}, V_{LS} \rightarrow$ Voltaje de fase

$V_{\phi p}, V_{\phi S} \rightarrow$ Voltaje de línea

2.5. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

“Instalación provista de uno o varios transformadores reductores de media a baja tensión, con sus aparatos y obra complementaria precisos”¹², según los diferentes factores que se presenten en el diseño e instalación de los centros de transformación los mismos se clasifican en diferentes formas en las que se puede resaltar:

Alimentación a centros de transformación

Lo que respecta a la alimentación de los centros de transformación, debemos indicar que tipo de acometida va a tener la misma, entre las más comunes se encuentran las alimentaciones por línea aérea, estas son utilizadas por las empresas de distribución eléctrica, por lo tanto la transformación de media a bajo voltaje se

¹² Publicación Técnica Schneider, *Centros de Transformación*. 2000
El termino TENSIÓN, presente el mismo significado de VOLTAJE.

realiza en transformadores instalados en los postes de red pública (Postes de distribución), a lo que refiere a alimentación eléctrica por red subterránea se lo realiza a edificios de uso general o plantas industriales, la acometida eléctrica subterránea ofrece mayores seguridad eléctricas, ya que se encuentran más protegidas ante posibles descargas atmosféricas, sin descartar que estas fallas eléctricas se pueden transmitir por medio de redes aéreas anteriores.

Además es necesario conocer la configuración de conexión que tiene la red eléctrica a la cual se va anexas el centro de transformación, como indica la alimentación en antena o radial, la misma señala una conexión de seccionador con fusible hacia el transformador por un único camino eléctrico; las limitaciones de la indicada configuración son los posibles cortes en toda la red eléctrica a partir de una única interrupción.

La alimentación en anillo o bucle, corresponde a una conexión en lazo cerrado de la red eléctrica, este lazo puede estar conectado a una única central de distribución o a dos centrales independientes, la ventaja de esta configuración es la no pérdida de todo el suministro eléctrico en toda la red ante alguna desconexión en cualquier punto.

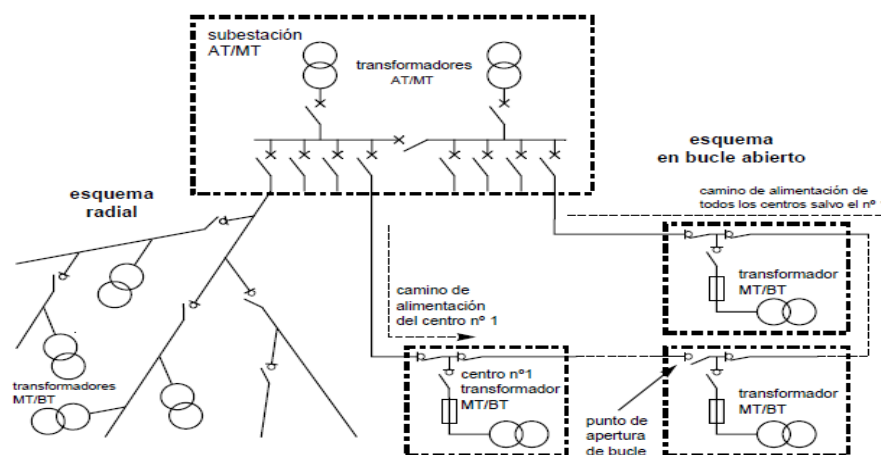


Figura 2.19. Configuración de conexión eléctrica en esquema radial y bucle abierto

Emplazamiento del centro de transformación

Se refiere a la ubicación del centro de transformación, la misma se la puede realizar tanto en el interior como en el exterior de la edificación en donde se brindará el suministro eléctrico, el emplazamiento por interior se refiere a centros de transformación instalados dentro de la instalación en donde va a utilizarse, mientras que emplazamiento en exterior, indica al centro de transformación y a sus dispositivos instalados a la intemperie, de forma general en postes, también se presenta cabinas de transformación construidas de fábrica.

2.5.1. EQUIPO DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE

Para poder realizar la transformación de voltaje de medio a bajo voltaje es necesaria la utilización de varios dispositivos.

Dentro de los equipos de medio voltaje se destaca los siguientes:

Seccionadores

“Los seccionadores tienen que aislar los equipos conectados aguas abajo, es decir que los equipos que ya no están bajo tensión, de los circuitos que están conectados a los mismos”¹³, como se indicó en la cita textual, los seccionadores separan circuitos el uno del otro, además de proteger ante posibles fallas a las redes eléctricas.

Para el presente proyecto se indicará seccionadores de operación de 6,3 kV, 13,2 kV y 22.5 kV, ya que los valores indicados es el rango de operación con el cual trabaja las líneas de distribución de la EEQ.

¹³SIEMENS, *Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra 3D*. 2008 (11)
El termino TENSIÓN, presente el mismo significado de VOLTAJE.

Seccionadores de cuchillas giratorias

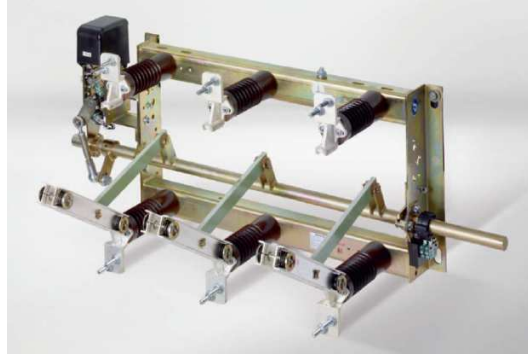


Figura 2.20. Seccionador de cuchillas giratorias

Este tipo de seccionador se utiliza para el análisis que se está realizando, ya que el mismo maneja voltajes de hasta 13,2 kV a corriente nominal de 630 A. El mismo es utilizado en transformadores a instalarse en interiores o exteriores.

Estos seccionadores al ser utilizados en ambientes exteriores deben tener protección contra corrosión, lo que se respecta a endurancia eléctrica (“Número de ciclos on-off a corriente nominal y tensión nominal”¹⁴), dichos seccionadores tienen 5000 ciclos de apertura y cierre. Las partes que conforman los seccionadores de cuchillas son las siguientes:

- Base o armazón
- Aisladores de porcelana
- Contacto fijo o piza de contacto
- Contacto móvil o cuchilla giratoria

¹⁴http://www.programacasasegura.org/pe/img/File/pdfs/presentacion_interruptores_de_proteccion.pdf
El termino TENSIÓN, presente el mismo significado de VOLTAJE.

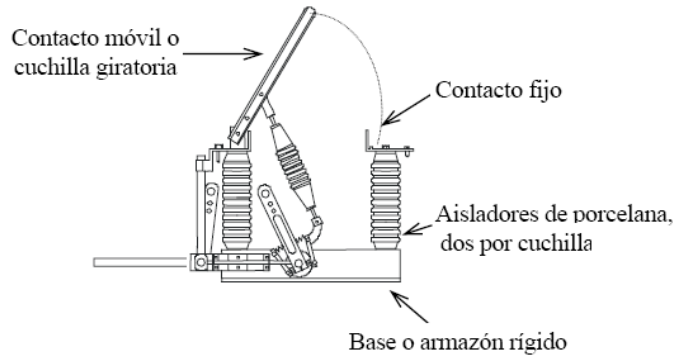


Figura 2.21. Partes de seccionadores

Este tipo de seccionadores se presenta de forma unipolar o tripolar, la ventaja de una conexión tripolar es el no desequilibrio de voltajes, al contrario de conexión unipolar puede provocar un desequilibrio al realizar las diferentes conexiones por cada seccionador.

Seccionadores de puesta a tierra

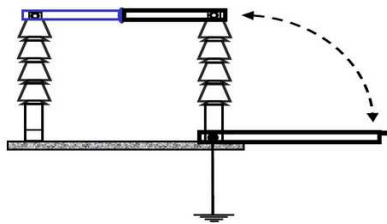


Figura 2.22. Seccionador de Puesta a Tierra

“Es utilizado para conectar una línea o barraje a tierra. Este seccionador está provisto en uno de sus extremos una conexión a tierra. Comúnmente se encuentra incorporado al seccionador de línea, con enclavamiento para que opere

exclusivamente cuando el seccionador de línea se encuentre abierto”¹⁵. El enclavamiento que desarrolla el equipo cuando el seccionador se encuentre abierto, se realiza para garantizar la seguridad cuando se realice el mantenimiento del mismo, al realizar una conexión de puesta a tierra en los seccionadores se asegura que cualquier corriente presente en los alimentadores se descargue hacia tierra.

Aisladores



Figura 2.23. Aislador de Exteriores

“Son piezas de material aislante que sirven para soportar o sujetar conductores o equipos eléctricos. En función de donde se sitúen podrán ser de interior o exterior”¹⁶. Estos dispositivos deben soportar tensiones mecánicas producidas por la apertura y cierre de los elementos de conexión y sujeción de conductores.

Interruptor automático

Su función es mantener, interrumpir o establecer el suministro de corriente bajo parámetros previamente establecidos de corriente, el funcionamiento del dispositivo

¹⁵ <http://es.scribd.com/doc/85745830/157/Seccionador-de-Puesta-a-Tierra>

¹⁶ Sanz José, *Técnicas y Procesos en las Instalaciones Eléctricas de Media Y Baja Tensión*, 2002

tratado se lo realizará de forma automática o manual, ya que su operación se basa en relés de sobre intensidad y bobinas de disparo.

Dentro de equipos de bajo voltaje se describe el dispositivo a continuación:

Disyuntores



Figura 2.24. Disyuntor de dos fases

Dispositivo de protección ante corrientes de falla, con el objetivo de proteger la instalación eléctrica, la apertura del disyuntor se realiza cuando se presente corrientes eléctricas superiores a las nominales, su funcionamiento en caso de disyuntores térmicos se basa en la temperatura que soporta el metal en el interior del disyuntor, ya que a mayor corriente aumentará la temperatura de dicho metal dilatándose y abriendo el contacto, en disyuntores magnéticos, las corrientes superiores a las nominales generaran un campo magnético mayor al normal, haciendo que los contactos móviles realicen la apertura del circuito.

2.5.2. CONDUCTORES DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE

Los conductores debido a su baja resistencia realizan el transporte de energía eléctrica, este traslado de electricidad difiere en características según el material conductor a utilizar sean estos de cobre, oro, hierro o de aluminio, cada uno con sus

respectivas ventajas y desventajas, en el presente escrito se tratará el caso de conductores de cobre y aluminio, el primero presenta alta conductividad pero peso y densidad altos, dificultando así su instalación; al contrario, al usar aluminio posee una densidad baja, por lo que el tendido de redes eléctricas en media y baja son más manejables, destacando un menor precio en dicho material. “Densidad de aluminio un tercio que la de cobre, y estableciendo sus correspondientes resistividades, el cobre podría ser sustituido por la mitad de peso en aluminio, conservando la misma resistividad”¹⁷, las desventajas de conductores de aluminio es su corrosión y desgaste breve al no realizarse un buen mantenimiento.

El proyecto se refiere a sectores residenciales, por lo que se centrara a conductores en el grupo indicado. Para proyectos residenciales es necesario tener en cuenta que tipo de acometida se va a realizar, subterránea o aérea, nivel de voltaje, potencia instalada, que tipo de cable es el correcto para su instalación. Los parámetros anteriormente citados serán verificados en el capítulo de ingeniería con los respectivos parámetros técnicos, el presente ítem se restringirá a citar de forma concreta los tipos y calibres de los conductores eléctricos.

Dependiendo de la implementación a realizar difieren los calibres de los conductores, dichos calibres se encuentran normadas por estándares americanos (AWG, American Wire Gauge, Calibre Americano para Conductores), para diámetros grandes de conductores se utiliza el término MCM, el mismo que indica una milésima parte de pulgadas de diámetro del conductor.

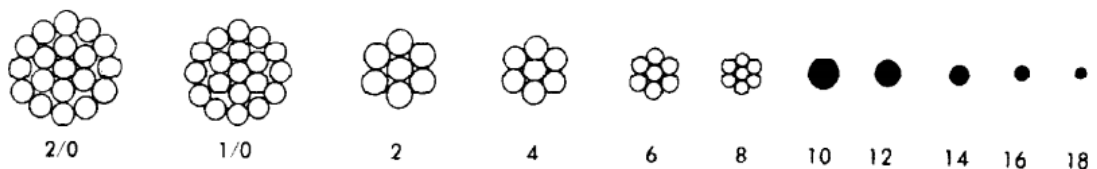


Figura 2.25. Calibre de Alimentadores

¹⁷<http://www.generalcable.es/>

Dentro de los distintos tipos de conductores, se especifica parámetros de uso, instalación y material por lo que se tiene las siguientes opciones en conductores.

En medio voltaje se tiene los siguientes conductores

NKY

Conductor utilizado en líneas primarias de distribución eléctrica, dividido por zonas concéntricas, cada sección se encuentra aislada por papel impregnado en aceite, su interior es de aleación de plomo, su parte exterior está cubierta por una chaqueta de PVC, resistente a vibración y tensión mecánica, resistente contra aceites y grasas.

Aleación aluminio

Su utilización se hace presente en zonas urbanas, se encuentra conformado por alambres de aleación de aluminio tratados térmicamente, presenta una alta conductividad, montaje y mantenimiento manejable, resistente a la corrosión.

Para conductores de bajo voltaje presentamos los siguientes tipos de cables:

THHN

De uso general, resistentes al calor, su instalación puede realizarse en lugares secos, ductos o canaletas. Resistentes a gasolina y aceites.

THW.

Utilizado en circuitos de fuerza e iluminación en interior de edificios, su instalación se propone en lugares secos y húmedos.

RHH

Conductor trenzado, aislado, resistente a altas temperaturas y humedad, su instalación se realiza principalmente para acometidas subterráneas o aéreas por tuberías tipo conduit o ductos.

2.5.3. PUESTA A TIERRA - PARARRAYOS

Puesta a tierra



Figura 2.26. Malla de Tierra

Una puesta a tierra es un sistema provisto para establecer un circuito de retorno a tierra de corrientes de falla y mantener diferenciales de voltaje bajos entre las diferentes infraestructuras de la instalación.

Los sistemas de puesta a tierra son utilizados de forma amplia en sistemas eléctricos y electrónicos, ya que su uso se lo realiza desde las estaciones generadoras hasta los consumidores finales.

La instalación del sistema de puesta a tierra proporcionara seguridad a la conexión eléctrica entre las que destaca:

- Condiciones de baja impedancia, para facilitar el camino de la corriente de falla hacia la tierra común implementada.
- Diferencial de potencia bajo entre las distintas infraestructuras metálicas, de esta manera resguardar la integridad física del diferente personal.
- Limitar el voltaje a tierra sobre equipos eléctricos, en caso de variaciones o picos de voltaje en la red eléctrica.
- Mantener los niveles de voltaje normales entre fase y tierra en condiciones normales de operación.
- Minimizar corrientes parásitas (Ruido eléctrico), en funcionamiento de equipos electrónicos

El sistema de puesta a tierra en centros de transformación de voltaje, tiene su importancia, primeramente en brindar seguridad a los moradores de la edificación ante eventuales diferenciales de voltaje altos; en caso de condiciones de falla el sistema de puesta a tierra debe funcionar eficazmente, ya que se debe asegurar el suministro de energía eléctrica hacia las infraestructuras civiles; descargando a tierra las diferentes corrientes de falla, además asegurar el correcto funcionamiento del transformador al descargar a tierra corrientes parásitas del sistema eléctrico.

Para obtener un buen sistema de puesta a tierra es necesario conocer la resistividad del suelo y la resistencia del sistema de puesta a tierra a obtener a partir de los parámetros anteriores se iniciará el respectivo diseño, realizando posibles análisis de:

- Estimación de resistencia del sistema de puesta a tierra
- Determinar el estado del sistema de puesta a tierra, si ya se encuentra instalado
- Determinar si se necesita un nuevo sistema de puesta a tierra
- Estimación de voltajes de paso y de contacto

Arreglos de Sistema de Puesta a Tierra

Se realizan diferentes diseños de sistemas de puesta a tierra, respecto a la complejidad de la instalación a protegerse, desde instalaciones residenciales comunes hasta centros de distribución eléctrica.

Electrodo Simple

Varilla de cobre enterrada, por lo general, a una profundidad mínima, por presentarse un solo electrodo la resistencia del puesta es menor. Se utiliza en domicilios urbanos medios y pequeños por el poco espacio que dichos electrodos ocupan. Longitud de varillas de cobre:

“Longitud L: 2.0, 2.5, 3.0m con un diámetro de 0.025 y 0.012m”¹⁸

Electrodos en Paralelo.

El bajar la resistencia de la puesta a tierra para mejorar la conductividad del sistema instalado en caso de fallas, se lo realiza al instalar en paralelo varias varillas. Diferentes hojas técnicas indican que la distancia de separación entre varillas de cobre debe ser el doble de la longitud del mismo.

Malla de Tierra.

Es un conjunto de varillas de cobre conectadas entre sí por conductores desnudos de forma horizontal y vertical, formado así la configuración de malla.

¹⁸http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/gqueshuayllo_cw/cap2.pdf

En capítulos siguientes se seleccionará y verificará una conexión de puesta a tierra, con funcionalidad eficaz para centros de transformación con los distintos parámetros técnicos que indican dicha implementación.

Pararrayos



Figura 2.27. Pararrayos

Dispositivo que limita las subidas de voltaje, conduciendo la corriente de descarga atmosférica (Corrientes de Falla) a conductores de baja impedancia que se encuentran en contacto con un sistema de puesta a tierra, disipando la indicada corriente de falla hacia el suelo, evitando así posibles daños en la instalación eléctrica y sus dispositivos.

2.6. FACTOR DE POTENCIA EN CARGAS INSTALADAS

“El factor de potencia es el cociente de la relación del total de watts entre el total de volt-amperes RMS (Valor medio cuadráticos), es decir, la relación de la potencia

activa entre la potencia aparente¹⁹, por lo tanto el factor de potencia describe una relación entre la potencia real de trabajo realizado por el equipo y la potencia total consumida para realizar el indicado trabajo.

$$fp = \cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} \quad \text{Ecuación (2.40)}$$

Donde:

$V \rightarrow$ Voltaje

$I \rightarrow$ Corriente

$\phi \rightarrow$ Ángulo de fase entre voltaje y corriente

Potencia activa

Es el aprovechamiento de energía eléctrica para la conversión a otro tipo de energías sea esta mecánica, térmica.

$$P = V \cdot I \cos \phi$$

Donde:

$V \rightarrow$ Voltaje

$I \rightarrow$ Corriente

$\phi \rightarrow$ Ángulo de fase entre voltaje y corriente (Factor de Potencia)

Potencia Aparente

Es la suma vectorial de potencias activa y reactiva, dicha suma se da ya que los diferentes circuitos eléctricos están conformados por elementos resistivos, capacitivos e inductivos, estos elementos producen las potencias ya indicadas.

¹⁹BratuNeagu, *Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño*. 2000

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ Ecuación (2.41)}$$

Donde:

$S \rightarrow$ Potencia Aparente

$P \rightarrow$ Potencia Activa

$Q \rightarrow$ Potencia Reactiva

El factor de potencia representa un parámetro importante dentro de la funcionalidad óptima de un sistema eléctrico, citando las siguientes:

- **Incremento de pérdidas en las líneas de transmisión o distribución**

Al tener un factor de potencia bajo, las corrientes serán mayores, por lo tanto las pérdidas en transmisión aumentaran ya que esta última se encuentra en función de la corriente.

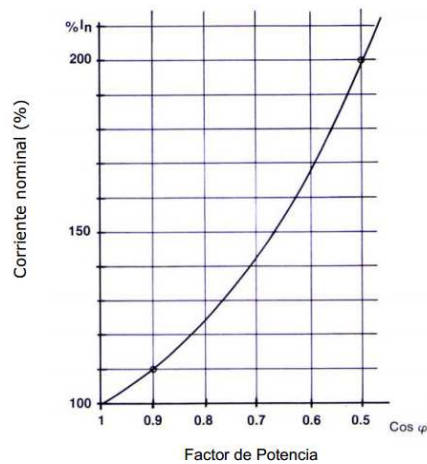


Figura 2.28. Diagrama de corriente nominal afectada por factor de potencia

- **Deficiente regulación de voltaje**

Indica la relación de voltaje al inicio de la línea de transmisión y el voltaje de usuario final, al tener una mayor corriente por un factor de potencia bajo, la regulación de voltaje será más deficiente.

$$R = \frac{V_o - V_n}{V_n} \cdot 100 \quad \text{Ecuación (2.42)}$$

Donde:

$V_o \rightarrow$ Voltaje al inicio de la línea

$V_n \rightarrow$ Voltaje en usuario final

$R \rightarrow$ Regulación de Voltaje

- Calentamiento en conductores y bobinados de transformadores
- Sobrecarga de transformadores y líneas de transmisión
- Disminución de potencia en transformadores
- Penalizaciones por factor de potencia bajo

2.6.1. PARÁMETROS DE ARRANQUE DE MOTORES

Dentro de los diferentes edificios residenciales, se encuentran instalados motores, los mismos que son utilizados en diferentes operaciones tanto en ascensores como en bombas de agua. Como es de conocimiento se presenta diferentes arranques en motores que modifican distintos parámetros de la red eléctrica, estos son:

Factor de potencia

En arranque de motores con resistencias estáticas o reactores, “este método acarrea algunas consecuencias, presentes en la fase de arranque, como el notable descenso del factor de potencia a causa de las reactancias”²⁰

Inductancia de Reactor o Resistencias estáticas

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad \text{Ecuación (2.43)}$$

$$X = X_L$$

$$\theta = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{X}{R} \right)$$

$$fp = \cos(\theta)$$

Donde:

$X_L \rightarrow$ Reactancia Inductiva

$f \rightarrow$ Frecuencia de red

$L \rightarrow$ Inductancia

$X \rightarrow$ Reactancia

$\theta \rightarrow$ Ángulo de desfase

$fp \rightarrow$ Factor de Potencia

²⁰[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/477b5b9a47443becc125791a003ab324/\\$file/1TXA007106G0701_CT6.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/477b5b9a47443becc125791a003ab324/$file/1TXA007106G0701_CT6.pdf) (17)

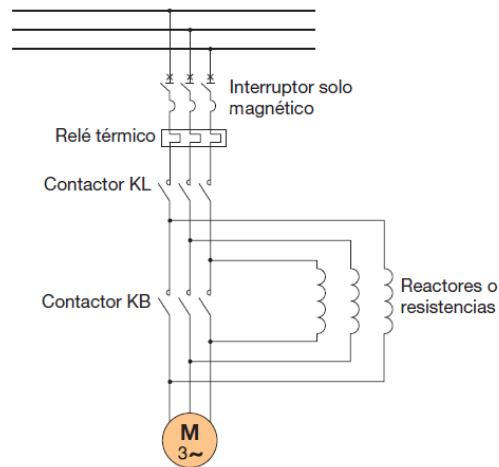


Figura 2.29. Arranque de Motor por resistencia estática o reactor

Corriente de arranque

Al realizar arranques directos, la corriente inicial de operación se incrementará hasta diez veces su corriente nominal, interfiriendo notablemente con el resto de dispositivos conectados a la misma red, un arranque estrella-delta presente un pico de corriente en la conmutación de estrella a delta, si no se realiza una buena sincronización de tiempos para transferir de estrella a delta, es decir, se presentaría condiciones similares a un arranque directo.

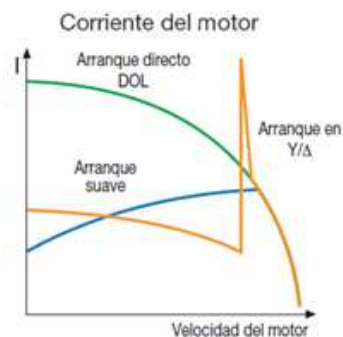


Figura 2.30. Velocidad de motor vs Corriente en diferentes arranques de motores

En el capítulo cuatro del presente escrito se analiza arranques con respuestas con aproximación lineal entre velocidad y corriente del motor, con sus respectivas ventajas, incluyendo el factor de potencia.

2.7. FACTORES PARA PROYECCIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO

De manera preliminar para realizar los respectivos dimensionamientos de centros de transformación se debe tomar en cuenta los siguientes conceptos.

Carga

Es la potencia entregada en un punto dado, de tal forma que es la suma de las potencias de los aparatos y equipos que se encuentran conectados al sistema de distribución eléctrica.

Demanda

Es la medición promedio durante un intervalo estimado de los terminales de una instalación o sistema, la medición realizada se obtiene en Kw o W.

Demanda máxima o pico

Es la demanda más alta obtenida, en un intervalo determinado.

Factor de demanda

Es la relación que existe entre la demanda máxima y la carga total conectada al sistema en estudio o parte del mismo, el factor de demanda es siempre menor a uno.

$$fd = \frac{D_{max}}{C_g} < 1$$

Ecuación (2.44)

Donde,

$f_d \rightarrow$ Factor de demanda

$D_{max} \rightarrow$ Demanda máxima

$C_g \rightarrow$ Carga conectada

Potencia instalada

Es la potencia total de todos los dispositivos que serán utilizados en cierto establecimiento, según especificaciones de las placas de fábrica de cada uno de estos dispositivos.

Potencia efectiva

Es la potencia en donde la energía eléctrica, se aprovecha al máximo durante la operación de trabajo, bajo condiciones normales de operación.

Factor de carga

Es la relación de la demanda promedio, en un intervalo de tiempo designado, con la demanda máxima, que se presenta dentro del período seleccionado

$$F_c = \frac{C_{pro}}{C_{max}} \quad \text{Ecuación (2.45)}$$

Donde,

$F_c \rightarrow$ Factor de carga

$C_{pro} \rightarrow$ Carga promedio en un intervalo de tiempo

$C_{max} \rightarrow$ Carga máxima en el mismo tiempo

Demanda máxima coincidente

A esta representación se la indica como la contribución simultánea de todas las cargas en cuestión.

Factor de Simultaneidad (FS)

Es la potencia simultánea máxima de trabajo de un grupo de dispositivos eléctricos o electrónicos de un determinado número de abonados, dentro de un intervalo, la expresión de este factor se la realiza en porcentaje.

Factor de Frecuencia de Uso (FFU)

Representa las posibilidades de presencia de un dispositivo eléctrico entre diferentes usuarios dentro de un mismo recinto, este factor se obtiene en porcentaje al promediar a los usuarios que tengan el dispositivo eléctrico y el usuario de mayor carga de consumo.

El factor de frecuencia de uso para un único usuario es 100%, ya que los dispositivos que se encuentren en este lugar representan una única muestra, sin poder promediar con otros usuarios.

Carga Instalada Representativa (CIR)

Representa una fracción del período máximo de consumo simultáneo, del total de la carga instalada. Se tiene este parámetro en función de la carga instalada y el factor de frecuencia de uso.

Demanda Máxima Unitaria (DMU)

Valor máximo de consumo eléctrico individual en un intervalo, este valor se obtiene a partir de la carga instalada representativa y el factor de simultaneidad.

Demanda de Diseño (DD)

Señala la capacidad en voltamperios requeridas por el transformador.

2.8. SISTEMAS SCADA EN MONITOREO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

Dentro de los sistemas eléctricos es necesario realizar su monitoreo, medición y control ya que de esta manera se pueden detectar de manera ágil y eficaz diferentes problemas dentro del área de interés. Respecto a los centros de transformación su monitoreo es importante ya que contribuirá a detectar de manera anticipada posibles fallas que pueden afectar al suministro eléctrico.

Es necesario indicar que no se profundiza el tema de monitoreo de centros de transformación por sistemas Scada (Supervisory Control and Data Acquisition) ya que conlleva un estudio largo y no representa el tema esencial del presente escrito.

“La automatización de subestaciones requiere ser manejada desde 3 niveles diferentes, con el afán de tener un control jerárquico exhaustivo de todos los componentes, tanto en campo, como de control y supervisión ya en los niveles superiores; los niveles establecidos son:

Nivel 0.- Equipos de Potencia

Nivel 1.- Nivel de Bahía

Nivel 2.- Nivel de Estación”²¹

²¹Peñaherrera Juan, *Automatización de subestaciones e integrarlas al Sistema SCADA*, 2007

En los centros de transformación al tratarse de pequeñas subestaciones se empleara los mismos principios anteriormente indicados.

En el nivel 0, se encuentra la diferente instrumentación del centro de transformación, estos son:

- Sensores de presión en aceite de transformadores.
- Sensores de detección de vibraciones mecánicas en transformadores
- Sensores de temperatura

La comunicación entre los diferentes instrumentos de campo y adquisición de datos debe estar libre de interferencias eléctricas y electromagnéticas, para el correcto monitoreo de las distintas magnitudes a medir.

En el nivel 1, presenta dispositivos en base a funcionamiento de microprocesadores, los mismos ya presentan los respectivos acondicionamientos de señales y sus alarmas correspondientes. Además se señala a los diferentes elementos de control como PLC para la decodificación de las distintas señales de campo y a los dispositivos IED (Relés de control, referidas a distintas comandos, los mismos que realizan su control por medio de bobinas de activación)

En el nivel 2, indica las diferentes centrales de monitoreo, interfaz hombre-máquina, para su monitoreo respectivo, con señales decodificadas para poder ser visualizadas en las diferentes HMI (Interfaz Hombre Máquina)

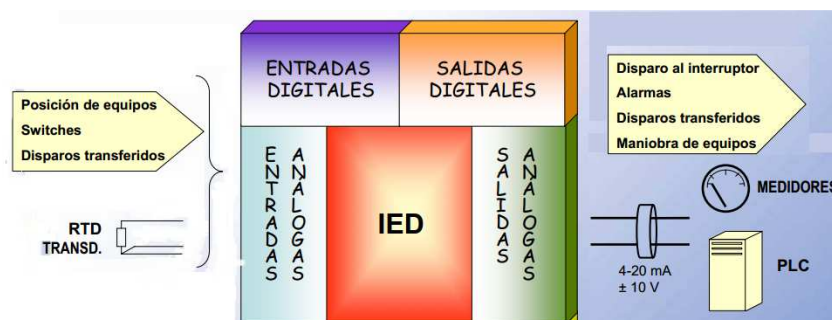


Figura 2.31. Arquitectura de monitoreo y control de CT, en base a IED

2.9. RESUMEN DE NORMAS ELÉCTRICAS PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Dentro del código eléctrico ecuatoriano se encuentran distintos parámetros de diseño de centros de transformación, indicando de forma principal los niveles de voltaje de los centros de transformación (6,3kV – 22,5 kV), dimensiones de infraestructura de centros de transformación.

Además recalca la correcta instalación de los dispositivos que conforman los centros de transformación entre los principales se indica al transformador, seccionadores, aisladores, terminales de medio voltaje, protecciones en circuito de bajo voltaje, puesta a tierra.

Después de la implementación se debe detallar diferentes parámetros del transformador como:

- Marca y número de serie del fabricante.
- Clase de transformador.
- Número de fases.
- Diagrama Fasorial.
- Voltajes y corrientes nominales.
- Número de derivaciones.
- Impedancia de cortocircuito.
- Grupo y diagrama de conexión.

Se indica de forma adicional parámetros de obra civil previo a la implementación del centro de transformación (Hormigones, mampostería, revestimientos).

Dentro de la instalación el código eléctrico ecuatoriano señala lugares idóneos para la instalación del transformador y dispositivos eléctricos.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS

3.1 DELIMITACIÓN Y MUESTREO DE EDIFICIOS DENTRO DEL ÁREA DE SELECCIÓN DEL PROYECTO

Dentro del área de concesión de la EEQ S.A. se presenta diversidad de edificios o conjuntos residenciales, por lo que es necesario realizar una limitación de este tipo de construcciones.

Debido a la variedad de diseños arquitectónicos de este tipo de edificaciones, cada una presenta características propias, en las que se puede resaltar:

- Área de construcción de cada uno de los departamentos a implementar.
- Distribución de las distintas áreas dentro de la edificación con variación de número de dormitorios o baños, dispositivos eléctricos conectados.
- Número de pisos total a construir en la implementación del inmueble.
- Distribución de bloques dentro del conjunto residencial.
- Diferentes modelos de departamentos tipo

A continuación se indica ciertos proyectos inmobiliarios, con sus respectivas diferencias.



Figura 3.1. Edificio BairesParc (Juan Severino entre Diego de Almagro y Av. 6 de Diciembre)



Figura 3.2. Edificio MEI (República del Salvador y Suecia)

Como se puede observar en las Figuras 3.1 y 3.2 de departamentos tipo, se puede verificar las diferencias entre los dos, la primera figura señalada, muestra una distribución longitudinal, presente en dos plantas, con amplias áreas de circulación, mientras que en la segunda se observa una distribución total de todas las áreas del

departamento dentro de una misma zona, lo que respecta a semejanzas los dos departamentos tienen igual número de baños y dormitorios. Las características de similitud y diferencias anteriormente señaladas son base para el proceso de muestreo.

El proyecto seleccionará edificios residenciales para el estudio de cargas y factores eléctricos, con características heterogéneas (Categorización de consumo eléctrico) y homogéneas (Distribución de áreas dentro de los departamentos), por lo tanto se abarca las escalas de consumo establecida por la EEQ, de esta manera incluir en lo posible a las distintas construcciones existentes.

La selección de los edificios, se basa en el siguiente método de muestreo.

3.2 MUESTREO POR CONGLOMERADOS

“Una muestra por conglomerados es una muestra aleatoria en la cual la unidad de muestreo es una colección o conglomerado de unidades experimentales ultimas”²².

El muestreo por conglomerados presenta ventajas para obtener información en las siguientes situaciones.

- Es complicado disponer de una lista de los elementos de la población, mientras que es fácil lograr un marco que liste los conglomerados
- “El coste de obtención de las observaciones es menor debido al agrupamiento de los elementos”²³

²² Bautista Francisco, *Técnicas de Muestreo para manejadores de recursos naturales*, 2004

²³<http://es.scribd.com/doc/69636665/MUESTREO>

3.2.1 FORMACIÓN DE CONGLOMERADOS

“Lo primero que debemos hacer es especificar los conglomerados apropiados. Si los elementos dentro de un conglomerado presentan características similares”.²⁴

En este caso de estudio se muestra conglomerados similares ya que los edificios residenciales presentan departamentos con características generales, las características señaladas se indica en los dos siguientes ítems.

- Departamento tipo1
 - Dos dormitorios
 - Uno o Dos baños
 - Sala
 - Comedor
 - Cocina
 - Patio (Opcional)

- Departamento tipo2
 - Tres dormitorios
 - Uno o dos baños
 - Sala
 - Comedor
 - Mesa para cocina
 - Patio (Opcional)

Las muestras seleccionadas cumplen las especificaciones que indica el muestreo por conglomerados, ya que se selecciona departamentos homogéneos, es decir, distribución de áreas del departamento similares, y heterogénea ya que los

²⁴<http://es.scribd.com/doc/69636665/MUESTREO>

mismos pertenecen a distintos estratos de consumo según la clasificación de la EEQ, a partir de esta información podemos seleccionar las muestras a estudiar.

3.2.2 PROCESO DE MUESTREO

Se realizó las respectivas consultas sobre el número de edificios residenciales en la ciudad de Quito, en el catastro de la ciudad, obteniendo únicamente información del total del número de predios dentro de la ciudad, añadiendo un motivo adicional para utilizar el muestreo por conglomerados, ya que el indicado proceso estadístico no necesita un número total del conjunto estudiado.

Se seleccionó cuatro lugares de forma aleatoria, como indica el proceso de muestreo por conglomerados, es decir, se dividió al área de concesión de la EEQ en cuatro partes (Según categorización de consumo), de la misma manera se seleccionó cierto conjunto habitacional dentro de la misma área indicada.

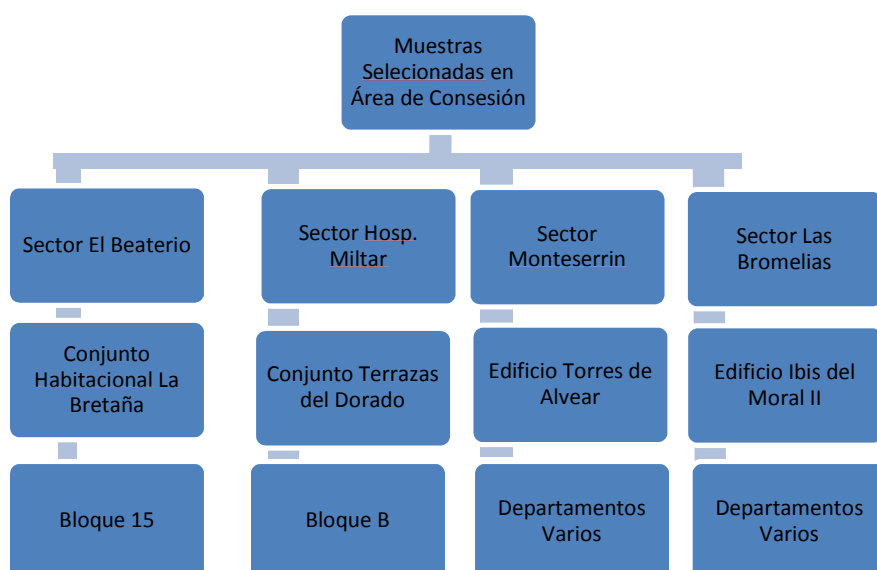


Figura 3.3. Selección de Muestras

- **Edificio 1 - Conjunto Habitacional La Bretaña**



Figura 3.4. Conjunto Habitacional La Bretaña

Dirección: Sector El Beaterio Av. Pedro Vicente Maldonado, Bloque 15

- **Edificio2 - Conjunto Terrazas del Dorado**



Figura 3.5. Conjunto Habitacional Terrazas del Dorado

Dirección: Av. Gran Colombia Telmo Paz y Miño - Bloque B

- **Edificio4 – Edificio Ibis del Moral II**



Figura 3.6. Edificio Ibis del Moral II

Dirección: Sector Las Bromelias, Antiguo camino a Nayón S/N

- **Edificio5 – Torres de Alvear Sur**



Figura 3.7. Edificio Torres de Alvear Sur

Dirección: Sector Las Bromelias, Antiguo camino a Nayón S/N

3.3 POTENCIA Y VOLTAJE A UTILIZARSE EN EDIFICIOS.

Conocer los valores de potencia y voltaje en donde se realizará el proyecto eléctrico ya indicado, son parámetros iniciales para realizar el diseño. Para llegar a conocer estos valores técnicos necesarios para el diseño, se debe conocer diferentes aspectos como son la ubicación del inmueble, clasificación de consumidores, categoría de estrato de consumo, nivel de voltaje que maneja el sector a realizarse la implementación, tipo de conexión instalada en el área de construcción del inmueble, por lo que se detalla los siguientes aspectos:

Área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito

El suministro eléctrico para consumidores finales en el Ecuador continental, independientemente de que los sectores sean estos residencial, comercial o industrial, deben regirse a las diferentes normas dictadas por las distintas empresas de distribución eléctrica que se encuentran en el país, cada una de estas cubren una área geográfica delimitada.

En el caso de la Empresa Eléctrica Quito abarca un área extensa, cubriendo casi en su totalidad a la provincia de Pichincha (Cantón Puerto Quito fuera de área de Concesión) y en parte a las provincias de Imbabura, Cotopaxi y Napo.

De esta forma la EEQ suministra de energía eléctrica a un número significativo de poblaciones, con un crecimiento residencial constante, por ende mayor número de construcciones en altura para conjuntos habitacionales, entre las principales:

- **Provincia de Pichincha**
 - Quito

- Valles (Chillos, Cumbayá)
- Parroquias Circundantes (Pomasqui, El Quinche)
- Occidente de la Provincia (Cantón Pedro Vicente Maldonado)
- Oriente de la Provincia (Papallacta)
- Sur de la Provincia (Machachi)

- **Provincia de Imbabura**
 - García Moreno

- **Provincia de Cotopaxi**
 - Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN)

- **Provincia de Napo**
 - Baeza

VER ANEXO 1

Categorización de estrato de consumo eléctrico según la EEQ S.A.

De acuerdo al consumo mensual realizado por el abonado, la EEQ realiza una clasificación con respecto a la categoría de consumo de los abonados en Kwh, este parámetro señalará los niveles de voltaje de suministro del sector y la conexión a ser realizada para la implementación del servicio eléctrico en la infraestructura a ser tratada.

Categoría de estrato de consumo	Escalas de consumo (Kwh/mes/cliente)
E	0-100
D	101-150
C	151-250
B	251-350
A	351-500

Tabla 3.1. Estrato de consumo según la EEQ

Suministro de fases a clientes según nivel de consumo dentro del área de concesión de la EEQ

Ya indicada el área de concesión de la EEQ, la etapa de análisis se debe centrar en los diferentes niveles de consumo eléctrico sean estos bajos o muy altos, de acuerdo al sector en donde se va a realizar la implementación, a partir de esta información, se podrá conocer el número de fases a suministrar en el tipo de infraestructura ya mencionadas.

Conexión trifásica para sectores de nivel socio-económico alto

En sectores de nivel socio-económico alto, se presenta un consumo elevado de energía eléctrica, ya que las necesidades domésticas de este estrato social son mayores, por ende la utilización de electrodomésticos con carga alta. Citando algunos de estos electrodomésticos:

ORDEN	ARTEFACTO	CARGA TÍPICA (w)
1	Cocina Eléctrica Completa	11000
2	Cocina sin horno, 4 unidades	6000
3	Cocina sin horno, 2 unidades	3000
4	Horno	4500
5	Calentador de agua	3000
6	Secadora de ropa 240 V	5000
7	Secadora de ropa 120 V	1200
8	Acondicionador de aire 1 1/2 HP	2150

Tabla 3.2. Extracto de Lista de artefactos típicos para residencia – Ing. Fausto Ludeña docente ESPE

Cargas eléctricas de electrodomésticos de consumo alto de energía citados por la EEQ S.A. se tiene:

ORDEN	ARTEFACTO	CARGA TÍPICA (w)
1	Cocina Eléctrica Completa	12000
2	Secadora de ropa	5000
3	Calentador de agua	3000
4	Lavadora	400
5	Bomba de agua	750

Tabla 3.3. Cargas Típicas de aparatos eléctricos – Normas para sistemas de distribución EEQ

De esta manera, la forma con la que se pueda suministrar, cantidades altas de energía eléctrica hacia el indicado sector social, sin aumentar costos en las líneas de transmisión eléctrica y dispositivos que se encuentran dentro de este sistema de transporte eléctrico, es la utilización de conexión trifásica.

- Tres fases de media voltaje a 6,3 kV
Relación de transformación 6000 – 220/127V
Conexión Delta – Estrella, con neutro (Dyn)
- Tres fases de media voltaje a 22,8 kV
Relación de transformación 22860 – 220/127V
Conexión Delta - Estrella, con neutro (Dyn)

Se realiza la conexión delta-estrella, ya que la misma ofrece varias ventajas, las mismas ya citadas en el capítulo anterior.

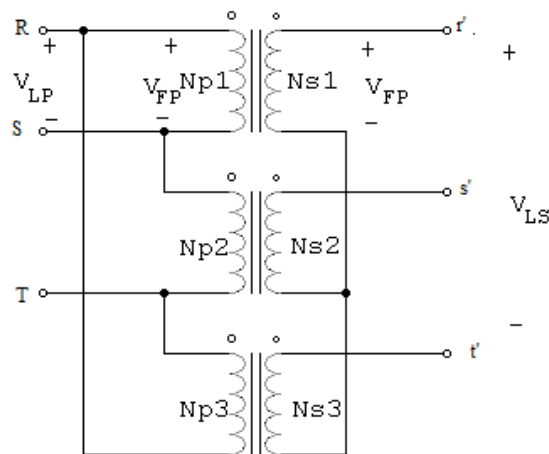


Figura 3.8. Conexión Delta - Estrella

En resumen la conexión trifásica ofrece diferentes ventajas entre las principales, un mayor rendimiento de potencia en los conductores utilizados, además el mantener

o reducir costos en los mismos, ya que la potencia total en donde se va a realizar el suministro final puede ser dividida para tres.

Para el presente proyecto se realizó la respectiva verificación de carga a las muestras seleccionadas.

Verificación de carga conectada en el Departamento 308 de la familia Pérez-Gaibor, perteneciente al bloque B del Conjunto Terrazas del Dorado.

- **Circuito de fuerza**

N°	Artefacto	Pn (w)	Cantidad	CI
1	Televisor Samsung 14"	60	1	60
2	Televisor Goldstar 14"	65	1	65
3	Mini Componente SONY	125	1	125
4	DVD SONY	15	1	15
5	Refrigerador Durex – Clase T	288	1	288
6	Microondas Panasonic	1250	1	1250
7	Router	24	1	24
8	Teléfono Panasonic (2u)	120	1	120
9	Plancha Oster	1100	1	1100
10	Aspiradora Hoover	840	1	840
11	Abrillantadora Electrolux	600	1	600
12	Calefactor Ceramic Element	1500	1	1500
13	Cargador Celular (4 Unidades)	40	1	40
14	Reloj Digital	4	1	4
15	Router - Wireless	24	1	24
16	Wireless MAC	24	1	24
17	Microondas Electrolux	800	1	800
18	Impresora HP Laser Jet	480	1	480
19	Portátil HP	204	1	204
20	Licuada Oster	375	1	375
TOTAL		7938		7938

Tabla 3.4. Cargas Eléctrica de Fuerza Departamento 22, Bloque 15, Conjunto La Bretaña

- **Circuito de iluminación**

N°	Equipo	Unidad	Potencia (W)
1	Foco Ahorrador Sylvania (26W)	4	104
2	Foco Ahorrador OSRAM (23w)	1	23
3	Foco Ahorrador Lightex (21W)	1	21
4	Foco Incandescente (100W)	4	400
5	Tubo Fluorescente	1	40
6	Foco ahorrador color amarillo	1	32
TOTAL			620

Tabla 3.5. Cargas Eléctrica de Iluminación Departamento 308, Bloque B, Conjunto Terrazas del Dorado

- **Circuito Especial**

N°	Artefacto	W	Potencia (W)
1	Ducha Eléctrica Lorenzetti	1	5000
2	Lavadora LG Turbo Drumm	1	740
Total			5740

Tabla 3.6. Circuitos especiales en Departamento 308, Bloque B, Conjunto Terraza del Dorado

- **Potencia total instalada en el departamento de prueba**

N°	Tipo de Circuito	Potencia
1	Circuito de Fuerza	7938
2	Circuito de iluminación	620
3	Circuito especial	5740
Potencia Total		14290

Tabla 3.7. Cargas Eléctrica Instalada en Departamento 308, Bloque B, Conjunto Terraza del Dorado

La acometida realizada hacia el indicado sector es a tres hilos.



Figura 3.9. Suministro de acometida trifásica hacia departamento perteneciente a edificio Torres de Alvear Sur

Conexión a dos o tres hilos para sectores de nivel socio-económico medio

En sectores de nivel socio-económico medio, la conexión eléctrica generalizada hacia los usuarios finales (Acometida) es a dos o tres hilos, ya sea la distribución monofásica o trifásica, la indicada implementación se realiza debido al consumo diario que no contempla la instalación de equipos con alto consumo, por lo que la instalación trifásica no es necesaria.

La EEQ, realiza el suministro eléctrico monofásico con la relación de transformación 6 kV - 240/120V, con neutro y 22860 GRDY/13200 – 240/120 V con neutro común, en conexión trifásica se realiza a relación 6,3kV – 210/121 V (Conexión Delta Estrella) y 22,8 kV – 210/121 V (Conexión Delta Estrella, neutro continuo)

De manera similar al estrato anterior se verifica lo citado, realizando el análisis de carga eléctrica conectada en departamentos, tomando como referencia al Conjunto Habitacional La Bretaña.

Verificación de carga conectada en el Departamento 22 de la familia Jácome-Díaz, perteneciente al bloque 15 del Conjunto La Bretaña.

- **Circuito de fuerza**

N°	Artefacto	Potencia (W)
1	LCD – Panasonic – Viera Plasma TV 50"	98
2	Plasma LG – 32"	90
3	Equipo de sonido SONY LBT-N355	800
4	DVD SONY	15
5	Router	60
6	Portátil HP 425	204
7	Router Wireless	24
8	Cargador Celular (5 u)	36
9	PSP	36
10	Monitor Samsung 17"	100
11	Procesador	150
12	Equipo de amplificación Genius	354
13	Regulador de voltaje Tripp Lite	600
14	Impresora EPSON Artisan 835	84
15	Grabadora JWIN	25
16	Refrigeradora SINGER (Antigua)	800
17	Microondas Electrolux	800
18	Licuada Osterizer	375
TOTAL		5851

Tabla 3.8. Cargas Eléctrica de Fuerza Departamento 22, Bloque 15, Conjunto La Bretaña

- **Circuito de iluminación**

N°	Artefacto	Unidad	Potencia (W)
1	Foco ahorrador Phillips (12W)	10	120

Tabla 3.9. Cargas Eléctrica de Iluminación Departamento 22, Bloque 15, Conjunto La Bretaña

- **Circuito Especial**

N°	Artefacto	Unidad	Potencia (W)
1	Ducha Eléctrica RELAX automática	1	3000
2	Bomba de agua ¾ HP	1	555
TOTAL			3555

Tabla 3.10. Circuito especial en Departamento 22, Bloque 15, Conjunto La Bretaña

- **Potencia total instalada en el departamento de prueba**

N°	Tipo de Circuito	Potencia
1	Circuito de Fuerza	5851
2	Circuito de Iluminación	120
3	Circuito Especial	3555
Potencia Total		9526

Tabla 3.11. Cargas Eléctrica Instalada Departamento 22, Bloque 15, Conjunto La Bretaña

Como se puede verificar en los resultados, la carga total instalada en el departamento del conjunto La Bretaña es menor a la obtenida en el departamento de prueba del Conjunto Terrazas del Dorado. Verificando de esta manera el consumo eléctrico en los sectores socio-económicos.

Finalmente se puede resaltar que la distribución trifásica se la realiza para sectores socio-económicos altos o medios, o una distribución monofásica para sectores de alto consumo eléctrico, por lo que no se establece una distribución precisa para un indicado sector.

Nivel de voltaje suministrado por EEQ S.A. dentro de su área de concesión

El requerimiento de energía eléctrica en el país se ha incrementado en los últimos años (Figura 3.10.), ya sea por el crecimiento poblacional constante, aumento de necesidades domésticas, por ende mayor demanda de electrodomésticos, precios accesibles de dispositivos para el hogar, o facilitar las funciones que se realizan en el hogar; por lo que, las redes eléctricas de medio voltaje deben subir su voltaje, para que de esta manera los conductores, encargados del transporte de energía eléctrica no aumenten su calibre, este cambio de redes eléctricas se puede verificar en la zonificación por voltaje dentro del área que maneja la EEQ.

En la zonificación de voltaje se comprueba el aumento de consumo de energía eléctrica, en la ciudad de Quito se visualiza redes eléctricas a 6,3 kV, la ciudad señalada es uno de los primeros centros poblados, por lo que inicialmente se dimensionó voltajes de 6,3 kV, voltaje suficiente para cubrir necesidades de potencia eléctrica de hace 30 años, en la actualidad se está implementando redes eléctricas a un voltaje de 22.8 kV en sectores circundantes de la ciudad de Quito, poblados de la provincia de Pichincha y Napo, esto se da ya que la demanda eléctrica en estos sectores, al igual que en el resto del país ha crecido considerablemente, por lo que se debe garantizar que el sistema opere con normalidad y no colapse ante una posible sobrecarga debido al aumento constante de demanda eléctrica.

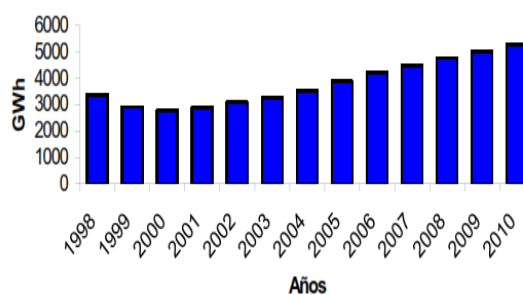


Figura 3.10. Demanda eléctrica ecuatoriana - Periodo 1998-2010

Partiendo de la explicación anterior se puede observar en el mapa de suministro eléctrico, la concentración de líneas de voltaje de 6.3 kV en sectores centrales de la ciudad de Quito por tratarse de los primeros centros poblados de la ciudad, mientras que en nuevas urbes alrededor de la ciudad ya referida y “en algunas zonas del sur de la provincia de Pichincha como Pifo, Alangasí, Yaruquí, Pintag, Machachi y en su totalidad en el área de concesión de la provincia de Napo se puede notar claramente líneas de voltaje a 22,8 kV / 13,2 kV (Color Verde), en sectores como Pedro Vicente Maldonado y Puerto Quito se manejan niveles de tensión 13,2 kV/7,6 kV (Color Azul)”.²⁵

VER ANEXO 2

3.4 DEMANDA Y FACTORES ELÉCTRICOS EN MUESTRAS SELECCIONADAS

Para encaminar al presente proyecto en una referencia de diseño, se realizó los respectivos análisis de consumo eléctrico, factor de simultaneidad y frecuencia de uso en las muestras seleccionadas.

- **Análisis de Demanda**

Se toma las diferentes medidas de potencia (W), en función de encuestas realizadas a los diferentes bloques seleccionados como muestra, de esta manera se obtiene el análisis de demanda de los inmuebles seleccionados como muestra. El estudio de demanda se enfoca a días laborales y a fines de semana por separado.

²⁵ Normas para sistemas de distribución Parte A – EEQ
El término TENSIÓN, presente el mismo significado de VOLTAJE.

MUESTRA 1 - Conjunto Residencial Terrazas del Dorado - bloque N° 2

A partir de las encuestas realizadas (Veinte observaciones) en el bloque N°2 del conjunto citado se obtuvo la figura 3.12 y 3.13, con un consumo típico realizado entre y fin de semana. La gráfica proporcionará la tendencia de consumo de un estrato socio-económico medio-alto. Se resalta de forma adicional la obtención de factor de simultaneidad y frecuencia de uso de la muestra seleccionada en función de los datos ya obtenidos.

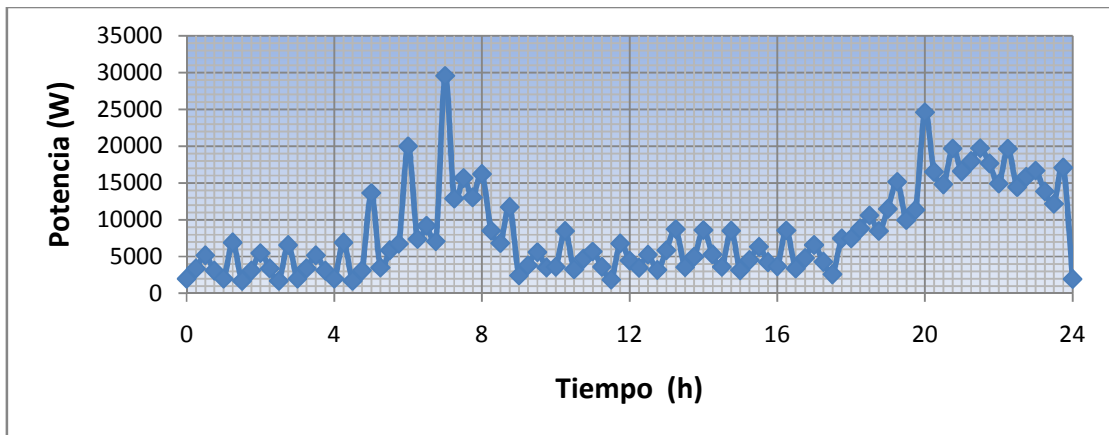


Figura 3.11 .Demanda eléctrica (Día laboral) – Conjunto Terrazas del Dorado Bloque B
(Número de observaciones 20)

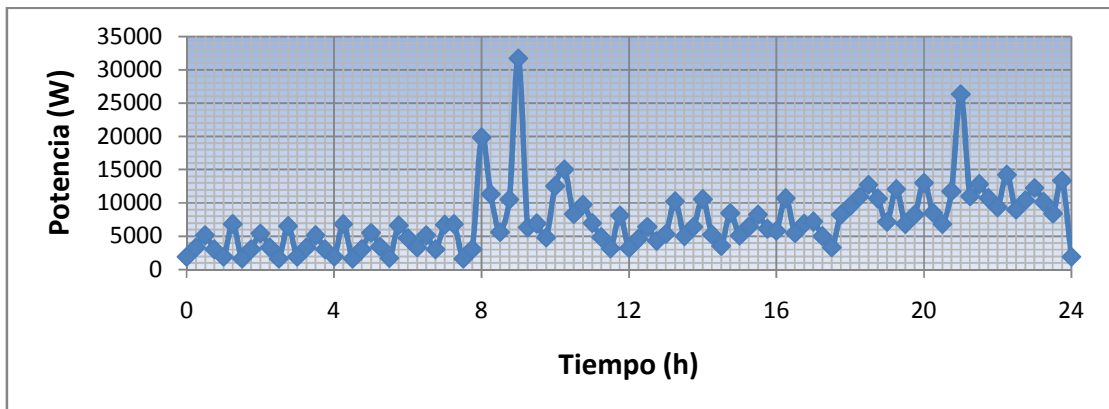


Figura 3.12. Demanda eléctrica (Fin de Semana) – Conjunto Terrazas del Dorado Bloque2
(Número de observaciones 20)

Al realizar un análisis de la gráfica, se puede observar una demanda máxima en un lapso de tiempo de seis a ocho de la mañana, dicho pico de demanda se debe principalmente al consumo de cargas especiales p.e. ducha eléctrica.

En los departamentos visitados se confirmó el uso de cargas especiales como ducha eléctrica, plancha, estas consumen cantidades significantes de energía, por lo que realizar un correcto análisis de factor de simultaneidad es primordial para evitar posibles sobrecargas en transformadores y sobrecalentamiento en conductores (Tabla 3.13). Además se verifica cargas grandes y pequeñas como microondas licuadoras, tostadoras, radios; su respectivo análisis es necesario.

El resto de cargas menores tienen su consumo prolongado durante la noche, llegando a valores cercanos al pico máximo, las cargas a destacar son televisor, plasma, equipo de computación, cargador de computador portátil, iluminación.

El pico de demanda alcanzada en los veinte departamentos intervenidos, llega a los 30000 W, este valor se determina por los hábitos similares de consumo de los residentes del bloque.

Ya indicada la demanda y los picos de demanda en los departamentos señalados, se inicia el proceso de diseño de los centros de transformación.

En el bloque B del conjunto Terrazas del Dorado, presenta departamentos tipo, por lo que de esta manera se puede tomar como referencia a uno de ellos. (Departamento 308).

La carga instalada en el departamento seleccionado es de 14290 W, es necesario realizar el análisis de factor de simultaneidad y frecuencia de uso, para

tener así valores concretos de consumo de energía por electrodoméstico, por departamento, para posteriormente del bloque entero.

De acuerdo a los análisis realizados en el departamento 308 se tiene los siguientes factores de frecuencia de uso individual.

N°	Artefacto	Pn (w)	FS (%)
1	Televisor 14"	60	40
2	Mini Componente	125	35
3	DVD	15	20
4	Refrigerador Menor a cinco años	288	55
5	Microondas	1250	15
6	Cargador Router - Wireless	48	80
7	Teléfono Panasonic (2u)	120	80
8	Plancha Oster	1100	20
9	Aspiradora Hoover	840	20
10	Abrillantadora Electrolux	600	0
11	Calefactor Ceramic Element	1500	33
12	Cargador Celular (4 Unidades)	40	25
13	Reloj Digital	4	80
14	Router - Wireless	24	80
15	Impresora HP Laser Jet	480	35
16	Portátil HP	204	8
17	Licadora Oster	375	20
18	Iluminación Incandescente (100W)	400	65
19	Iluminación Fluorescente (26W)	208	60
20	Ducha Eléctrica	5000	30
21	Lavadora	740	20

Tabla 3.12. Factor de frecuencia de uso individual – Departamento 308 – Conjunto Terrazas del Dorado

Los análisis efectuados en los veinte departamentos presentan los siguientes datos eléctricos de factor de simultaneidad y de frecuencia de uso.

La selección del factor de frecuencia de uso se basa en el siguiente tratado “se representa en porcentaje, las posibilidades existentes de un aparato eléctrico, que se promedia entre los usuarios que tengan este artefacto y el usuario de mayor cantidad de carga”²⁶.

Refiriéndose al factor de simultaneidad se debe tomar en cuenta los períodos de pico máximo, sea en día laboral o fin de semana, para el caso de las muestra analizada se presenta los datos siguientes.

N°	Artefacto	Pn (w)	FS (%)	FFU (%)
1	Televisor 14” a 22”	60	35	80
2	Televisor tipo LCD o PLASMA	100	40	55
3	Equipo de Sonido	75	20	40
4	Equipo de Computación	300	55	65
5	Minicomponente o grabadora	40	15	25
6	Microondas	1250	20	75
7	Router - Wireless	48	60	25
8	Computador portátil	120	60	65
9	Lavadora	700	30	30
10	Secadora	1200	0	0
11	Tostadora	400	33	90
12	Licuadora	400	33	90
13	Cafetera	400	33	90
14	Cocina Eléctrica	6000	0	0
15	Ducha Eléctrica	4000	35	75
16	Iluminación General (Incandescente 100W)	400	8	4
17	Iluminación General (Fluorescente 20 W)	160	26	96
18	Aspiradora	1500	10	10
19	Calefactor	1500	10	10
20	Refrigerador	400	55	100

Tabla 3.13. Factor de frecuencia de uso – Factor de coincidencia - Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado

²⁶ Diseño del Sistema Eléctrico y de comunicación del Edificio Urban Plaza, Luna Miguel, 2009

MUESTRA 2 - Conjunto Habitacional La Bretaña – Bloque 15

En el conjunto residencial se realizó un total de quince intervenciones, completando el total del bloque. La gráfica que se obtuvo representa un estrato socio-económico medio.

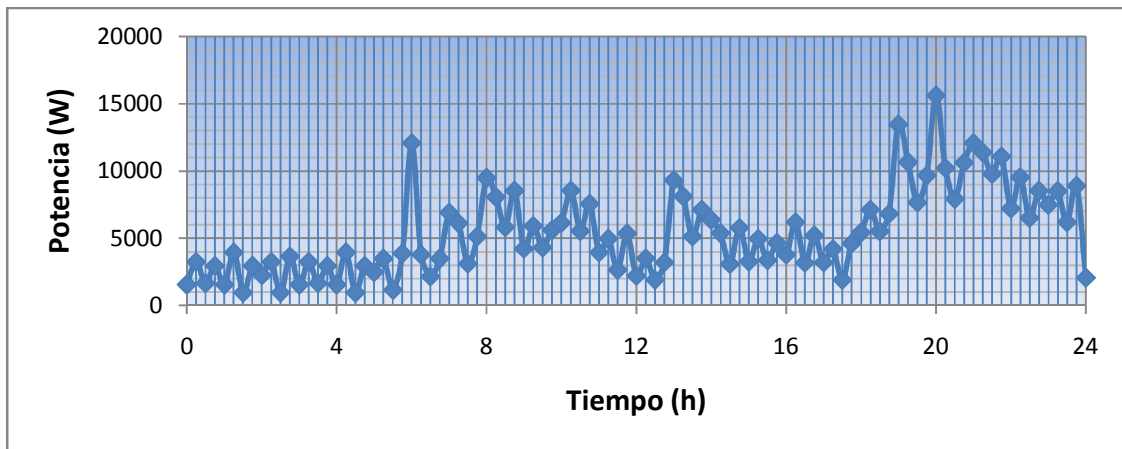


Figura 3.13. Demanda eléctrica (Día laboral) – Conjunto La Bretaña Bloque (Número de observaciones 15)

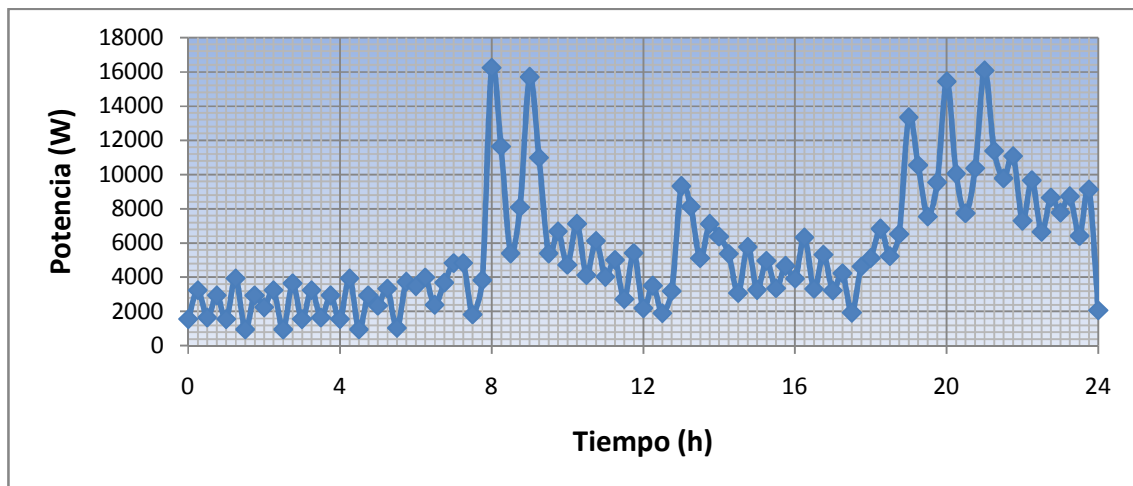


Figura 3.14. Demanda eléctrica (Fin de Semana) – Conjunto La Bretaña Bloque 15 (Número de observaciones 15)

Al verificar las respectivas gráficas se evidencia un pico máximo con menor amplitud comparada a las Figuras 3.10 y 3.11, a pesar de tener un número menor de muestras, evidenciando las necesidades menores de energía en este sector.

Se procede de forma similar al ítem anterior con un departamento de referencia, de esta forma obtener factores de frecuencia de uso y de simultaneidad para las 15 muestras. El departamento 22 es seleccionado para el análisis inicial.

De acuerdo a los análisis realizados en el departamento 22 se tiene los siguientes factores de frecuencia de simultaneidad individual.

N°	Artefacto	Pn (W)	FS (%)
1	LCD – Panasonic – Viera Plasma TV 50"	98	35
2	Plasma LG – 32"	90	30
3	Equipo de sonido SONY LBT-N355	800	20
4	DVD SONY	15	10
5	Router	60	60
6	Computador HP para portátil HP 425	204	40
7	Router - Wireless	24	40
8	Cargador Celular (5 u)	36	15
9	PSP	36	5
10	Equipo de Computación	300	40
11	Equipo de amplificación Genius	354	30
12	Impresora EPSON Artisan 835	84	30
13	Grabadora JWIN	25	10
14	Refrigeradora SINGER (Antigua)	800	65
15	Microondas Electrolux	800	25
16	Foco ahorrador Philips (12 W)	120	40
17	Ducha Eléctrica RELAX automática	3000	20
18	Lavadora	700	20

Tabla 3.14. Factor de frecuencia de uso individual – Departamento 22 – Conjunto la Bretaña

Los análisis realizados en los quince departamentos muestran los presentes datos eléctricos de factor de simultaneidad y de frecuencia de uso.

Para el caso de factor de simultaneidad se tomo puntos de demanda máxima sea en días laborales o fin de semana.

N°	Artefacto	Pn (w)	FS (%)	FFU (%)
1	Televisor 14" a 22"	60	56,6	93
2	Televisor tipo LCD o PLASMA	100	30	53
3	Equipo de Sonido	75	15	53
4	Equipo de Computación	300	80	93
5	Minicomponente o grabadora	40	20	40
6	Microondas	1250	33,3	46
7	Router - Wireless	48	73,3	73
8	Computador portátil	120	66,6	66
9	Lavadora	700	20	26
10	Secadora	1200	0	0
11	Tostadora	400	66,6	26
12	Licuadora	400	66,6	26
13	Cafetera	400	66,6	26
14	Cocina Eléctrica	6000	0	0
15	Ducha Eléctrica	4000	26,6	60
16	Iluminación General (Incandescente 100W)	400	57,8	7
17	Iluminación General (Fluorescente 20 W)	160	15	93
18	Aspiradora	1500	6,6	20
19	Calefactor	1500	6,6	20
20	Refrigerador	400	43,3	100

Tabla 3.15. Factor de frecuencia de uso – Factor de coincidencia - Bloque 15 – Conjunto La Bretaña

3.5 FACTOR DE POTENCIA EN CARGAS ELÉCTRICAS A UTILIZARSE EN EDIFICIOS

Como ya se indicó en ítems anteriores el factor de potencia cumple un papel importante en varios aspectos, sean estos técnicos o económicos. En el presente

análisis se verificará las distintas cargas que pueden provocar una disminución del factor de potencia en el total de la carga (Edificio Residencial), estos son:

- Motor Eléctrico en ascensores
- Focos Ahorradores

Motor eléctrico para elevadores

El motor eléctrico, indispensable para el movimiento de los elevadores, puede causar un factor de potencia bajo en la instalación eléctrica. Se ha realizado las respectivas consultas en empresas de instalación de ascensores presentando los siguientes datos técnicos del siguiente equipo. Por motivo de políticas de las empresas consultadas no se puede dar el nombre de las mismas.

Consulta Empresa A

Modelo	Mitsubishi SB-JRF
Características Eléctricas	
Alimentación	Trifásica 220 V
Potencia Activa	7.6 Kw
Frecuencia	60 Hz
Factor de Potencia	0.85
Características Mecánicas	
Velocidad angular	1700 RPM
Capacidad (Peso)	550 kg – 8 Personas
Instalación	Empresa de instalación ha realizado la instalación del equipo en edificios de cinco pisos

Tabla 3.16. Características técnicas Motor Mitsubishi Modelo SB-JRF

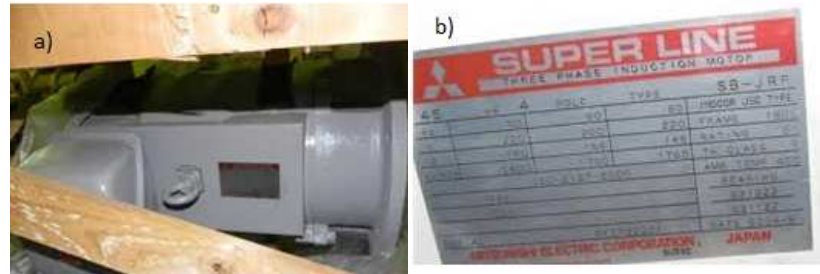


Figura 3.15. a) Motor Eléctrico Mitsubishi Modelo SB-JRF. b) Placa Técnica de Motor

Consulta Empresa B

Modelo	Orona 3G-2015
Características Eléctricas	
Alimentación	Trifásica 220 V
Potencia Activa	8 kW
Frecuencia	50 Hz
Factor de Potencia	0.85
Características Mecánicas	
Velocidad Lineal	1m/s
Capacidad (Peso)	630 kg – 8 Personas
Instalación	Empresa de instalación ha realizado la instalación del equipo en edificios de doce pisos

Tabla 3.17. Características técnicas Motor Orona Modelo SB-JRF

En la tabla 3.17 se especifica una frecuencia de 50 Hz, ya que los equipos utilizados por la indicada empresa son importados de Europa.



Figura 3.16. Motor Eléctrico marca Orona

Como ya se mencionó el parámetro a destacar en el uso de motores es el factor de potencia y su corriente en el arranque, las indicadas corrientes representan diez veces la corriente nominal, dando por consecuencia un sobrecalentamiento en conductores y en el transformador.

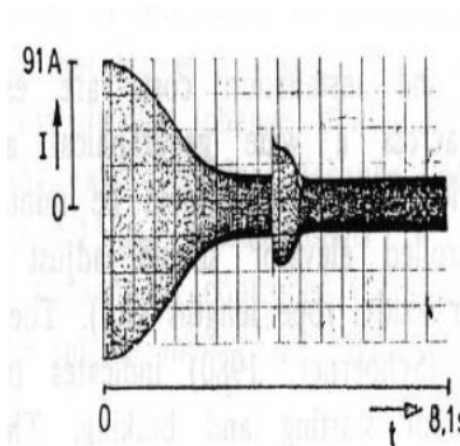


Figura 3.17. “Gráfica Corriente de arranque vs tiempo – Ascensores Orona”²⁷

En las instalaciones de ascensores, dependiendo de su antigüedad los valores de corriente de arranque serán mayores, el indicado parámetro es solucionado con

²⁷<http://www.mondragon.edu/en/phs/research/research-lines/electrical-energy/news-folder/presentaciones-conferencia/orona>

un variador de frecuencia (Arranque suave), pero este último dispositivo conlleva a un problema de armónicos en la red eléctrica, este tema se verificara en siguientes ítems.

La presencia de ascensores se contempla en edificios residenciales de estrato alto dentro del consumo de servicios generales, para el análisis del mismo se verifica la tabla 3.18. Aclarando que el valor de potencia activa puede variar respecto al peso que soporte el elevador, la potencia a señalar se la obtiene a partir de la tabla 3.16.

Equipo	Potencia Activa (kW)	Factor de Potencia	FFU (%)	FS (%)
Motor Eléctrico para uso de ascensor	7,6	0,87	100	50-60

Tabla 3.18. Datos Técnicos en instalación de motor para ascensor

Se establece un factor de frecuencia de uso de 100%, en el caso que se sea el único ascensor a funcionar en el inmueble.

Lámparas y Focos ahorradores



Figura 3.18. Iluminación en edificios residenciales

La instalación de focos y lámparas ahorradores, fue una innovación en el consumo energético del país, ya que representa un mayor rendimiento y tiempo de uso del dispositivo.

Un parámetro que no ha sido resaltado en el uso de focos ahorradores o tubos fluorescentes es su factor potencia, ya que su valor es bajo, “debido a su mecanismo de arranque estos focos inducen un retraso o desviación de corriente, generándose una potencia reactiva en la línea eléctrica”²⁸. La indicada presencia de potencia reactiva se debe a los circuitos conformados por bobinas y capacitores instalados en el circuito de arranque de las lámparas. En grandes cantidades pueden afectar el funcionamiento del transformador instalado en el edificio residencial.

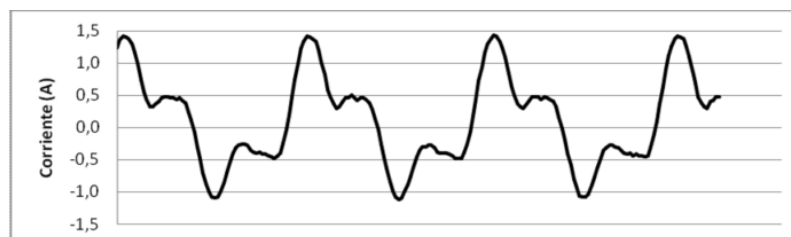


Figura 3.19. Forma de onda de corriente de foco ahorrador

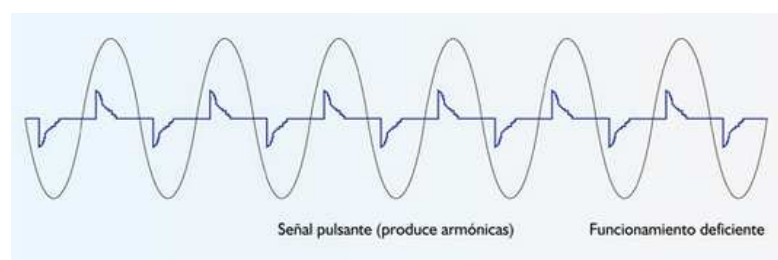


Figura 3.20. Señal de corriente respecto a señal de voltaje en focos ahorradores

²⁸http://www.econgruentes.com/index.php?option=com_content&view=section&id=7&layout=blog&Itemid=12

El inicio de la campaña, de cambio de focos incandescentes por fluorescentes (Ahorradores), comenzó con elementos de las siguientes características técnicas.

Voltaje (V)	Corriente (I)	Potencia (W)	Factor de Potencia	Frecuencia (Hz)	THDV (%)	THDI (%)
117,423	0,278	19,63	0,603	60	5,194	76,157

“Tabla 3.19. Características eléctricas de los focos ahorradores utilizados en el plan de sustitución masiva”²⁹

Indicando que los valores de THDV y THDI, señalan perturbaciones en la red eléctrica (Fuentes de voltaje distorsionadas, picos falsos de corriente o voltaje, falsos cruces por cero), debido a la influencia de corrientes de armónicos en la señal de suministro eléctrico, estos parámetros negativos se deben a las cargas no lineales, en este caso los focos ahorradores.

Los edificios residenciales analizados cuentan con focos ahorradores, con pocas excepciones en el uso de focos incandescentes. La iluminación fluorescente al estar encendida, tendrá sus resultados en su factor de potencia, de esta forma se contempla datos necesarios previos para el dimensionamiento del transformador.

El porcentaje de consumo de iluminación del total de consumo eléctrico se analiza en el ítem 3.6.

Factor de potencia en edificios seleccionados como muestra

Para este análisis se tomó como muestras al Conjunto Terrazas del Dorado – Bloque B, y al Torres de Alvear II (Datos en función de planos y departamentos cercanos al último edificio mencionado) obteniendo así:

²⁹Moposita Edison, *Evaluación Técnica-Económica de las lámparas fluorescentes compactas (2012)*

DATOS - Conjunto Terrazas del Dorado

Respecto a marcas de focos ahorradores, cinco de estas se usa más comúnmente en el indicado bloque, aparte del modelo de foco ahorrador ya mencionado.

Marca	Voltaje (V)	Corriente especificación de Fábrica (mA)	Factor de Potencia	Potencia especificación de Fábrica (W)	Flujo Luminoso (Lm)
SYLVANIA	120-127	315	>0,5	20	950
OSRAM	110-130	380	>0,51	23	1430
LIGHTEX	110-120	305	≥0,5	20	900
PHILIPS	110-127	245	≥0,5	20	1100
BLITZ	110-120	230	≥0,5	15	825

Tabla 3.20. Características eléctricas de los focos ahorradores en su mayoría utilizados en conjunto Terrazas del Dorado – Datos Obtenidos de especificaciones técnicas de los respectivos productos

A continuación se realiza el respectivo cálculo aproximado del factor de potencia por departamento, para posteriormente obtener un valor total del bloque ya especificado.

La obtención del factor de potencia total del bloque presenta las siguientes características civiles.

- Los departamentos seleccionados como muestras presentan un área de construcción entre $56,79 m^2$ y $101,37 m^2$.
- La distribución de los departamentos señalados son:
 - Departamento Tipo 1 (Pág. 54)
 - Departamento Tipo 2 (Pág. 54)

Se realizará el cálculo del factor de potencia para el departamento 308, posteriormente el resto de departamentos se anotará los valores con los resultados finales.

Factor de potencia Departamento 308

N°	Artefacto	Potencia Real (W)	fp
1	Televisor Samsung	57	0,74
2	Televisor Goldstar 14"	62	0,74
3	Mini Componente SONY	115	0,92
4	DVD SONY	17	0,96
5	Refrigerador Durex	288	0,8
6	Microondas Panasonic	1210	0,9
7	Router - Wireless	22	0,96
8	Teléfono Panasonic	57	0,96
9	Plancha Oster	1100	1,00
10	Aspiradora Hoover	810	0,86
11	Abrillantadora	575	0,85
12	Calefactor Ceramic	1500	1,00
13	Cargador Celular	10	0,92
14	Impresora	460	0,5-1
15	Laptop	195	0,96
16	Licuadaora	360	0,85
17	Equipo de Computación	300	0,7
18	Iluminación Fluorescente (SYLVANIA 20w)	20	0,50
19	Iluminación Incandescente (10 W)	100	1

Tabla 3.21. Características técnicas de electrodomésticos – Departamento 308 – Conjunto Terrazas Del Dorado

Se menciona que las celdas resaltadas en la tabla 3.21 se obtuvo sus datos del siguiente artículo.³⁰

³⁰<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1760/1/6213R196.pdf>

Cargas conectadas a la red

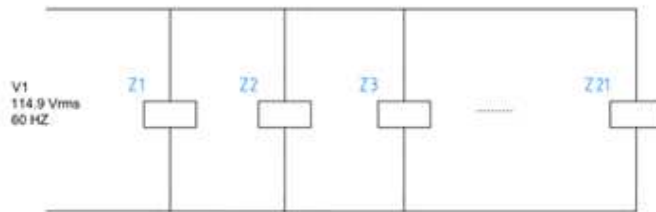


Figura 3.21 Conexión de Impedancias en departamentos

Cálculo a realizar para obtener el valor de potencia reactiva de todo el bloque en cuestión.

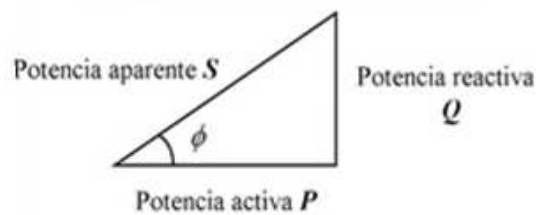


Figura 3.22. Triángulo de Potencia

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_{21}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{Q}{P}$$

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} (\cos^{-1} \operatorname{fp})$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots + Q_{21}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$$

Donde:

$P_T \rightarrow$ Potencia Total Activa del inmueble

$P_1, P_2, P_3 \dots \dots \rightarrow$ Potencia Activa por departamento

θ → Ángulo de desfase voltaje y corriente

fp → Factor de Potencia

Q_T → Potencia Reactiva Total del inmueble

$Q_1, Q_2, Q_3 \dots$ → Potencia Reactiva por dep

S_T → Potencia Aparente Total del inmueble

Cargas eléctricas a destacar en departamentos

Cargas	Equipo	P (W)	Q (VAR)	fp
Z1	Televisor Samsung	57	51,81	0,74
Z2	Televisor Goldstar 14"	62	56,35	0,74
Z3	Mini Componente SONY	115	48,99	0,92
Z4	DVD SONY	17	4,96	0,96
Z5	Refrigerador Durex	288	216	0,8
Z6	Microondas Panasonic	1210	586,03	0,9
Z7	Router - Wireless	22	6,42	0,96
Z8	Teléfono Panasonic	57	16,63	0,96
Z9	Plancha Oster	1100	0	1
Z10	Aspiradora Hoover	810	480,63	0,86
Z11	Abrillantadora	575	365,35	0,85
Z12	Calefactor Ceramic	1500	0	1
Z13	Cargador Celular	10	4,26	0,92
Z14	Impresora	460	613,33	0,6
Z15	Laptop	195	56,88	0,96
Z16	Licuada	360	223,11	0,85
Z17	Equipo de Computación	300	306,06	0,7
Z18	Ducha Eléctrica	4000	0	1
Z19	Lavadora	700	388,36	0,85
Z20	Iluminación Fluorescente (SYLVANIA 20w)	160	277,13	0,5
Z21	Iluminación Incandescente (100w)	400	0	1
Totales		12398	3702,3	

Tabla 3.22. Factores Eléctricos – Departamento 308 – Conjunto Terrazas Del Dorado

Potencia Aparente Total	Factor de Potencia Total
8377,45	0,91

Tabla 3.23. Factor de potencia aparente Total - Factor de Potencia Total – Departamento 308 – Conjunto Terrazas del Dorado

Es necesario conocer el factor de potencia por departamento, para así tener un valor total del mismo.

Número de Departamento	P (W)	Q (VAR)	fp
301	6980	7535,00	0,93
302	7203	7932,76	0,91
303	3468	3984,51	0,87
304	8260	8964,65	0,92
305	6855	7412,84	0,92
306	5815	6288,92	0,92
307	6800	7669,05	0,89
308	3116	3550,01	0,88
309	7832	8733,72	0,90
310	2676	3337,64	0,80
311	8139	8994,80	0,90
312	4322	5094,66	0,85
313	9504	10506,09	0,90
314	6076	6677,40	0,91
315	6144	6506,67	0,94
316	8351	9207,05	0,91
317	7703	8699,79	0,89
318	3812	4551,32	0,84
319	8440	9529,20	0,89
320	7891	8756,80	0,90

Tabla 3.24. Potencia Activa y Aparente – Factor de Potencia por departamentos – Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado

Factor de Potencia promedio de departamentos intervenidos → 0,89

Para el área de servicios generales se presenta la Tabla 3.23

N°	Detalle de Circuitos	Dispositivos	Cant.	P (W)	Q (VAR)	fp
1	Iluminación Exterior	Luminarias para área urbana - General Electric - Modelo DUNA - 100 W	5	500	666,67	0,6
2	Iluminación en corredores	Focos ahorradores OSRAM - 23 W	12	276	465,51	0,51
3	Bombas de Agua	Motor Monofásico	1	185	138,75	0,8
4	Motores para apertura de puertas	Motor Monofásico	1	185	138,75	0,8
Totales				1146	1409,67	

Tabla 3.25. Factores eléctricos – Equipos de Servicios Generales - Conjunto Terrazas Del Dorado

Potencia Aparente Total	Factor de Potencia Total
1816,72	0,63

Tabla 3.26. Potencia aparente Total - Factor de Potencia Total – Servicios Generales – Conjunto Terrazas del Dorado

Datos – Edificio Torres de Alvear Sur

Se realiza la visita a uno de los departamentos del Edificio Torres de Alvear Sur, que está ubicado en la zona de Monteserrín, obteniendo cargas de alto consumo energético. Respecto a circuitos de iluminación se obtuvo los siguientes datos.

Marca	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Factor de Potencia	Potencia (W)	Flujo Luminoso (Lm)
BLITZ	110-120	86	≥0,5	11	160

Tabla 3.27. Parámetros técnicos luminaria tipo dicroico

Iluminación Fluorescente, únicamente ubicada en cuarto de lavandería

Marca	Voltaje (V)	Corriente (mA)	fp	Potencia (W)	F.L. (Lm)
SYLVANIA	120-127	315	>0,5	20	950

Tabla 3.28. Parámetros técnicos luminaria fluorescente

Carga instalada y factor de potencia de dispositivos en el departamento analizado.

N°	Artefacto	P (W)	Q (VAR)	fp
1	Televisor tipo LCD (3u)	345	304,26	0,75
2	Blu Ray Disc	11	4,69	0,92
3	Play Station	200	85,20	0,92
4	Router - Wireless	22	6,42	0,96
5	Microondas	1200	581,19	0,9
6	Cocina Eléctrica 210V	6000	0,00	1
7	Horno Eléctrico	6000	0,00	1
8	Lavaplatos	2300	1425,41	0,85
9	Lavadora	700	433,82	0,85
10	Secadora 210V	5000	2421,61	0,9
11	Motor AC (Movimiento de pantalla de proyección) – (16 unidades)	850	637,50	0,8
12	Motor AC (Movimiento de Cortinas)	50	37,50	0,8
13	Proyector Multimedia	225	108,97	0,9
14	Equipo de Amplificación	850	362,10	0,92
15	Equipo de Amplificación en resto de Departamento (14 Parlantes)	1400	596,40	0,92
16	Parlantes Exteriores (4 Equipos)	400	170,40	0,92
17	Barra de Sonido	160	68,16	0,92
18	Refrigerador	400	300,00	0,8
19	Laptop (2 Unidades)	400	116,67	0,96
20	Equipo de Control por red de audio e iluminación	42	31,50	0,8
21	Pantalla Táctil para control de Iluminación	2	1,76	0,75
22	Iluminación Fluorescente – Luminaria Tipo Dicroico (200 Luminarias)	2200	2933,33	0,6
23	Iluminación Fluorescente (8 Luminarias)	160	213,33	0,6
24	Iluminación Incandescente (2 Luminarias)	200	0,00	1
Totales		29117	10840,2184	

Tabla 3.29. Potencia Activa y Aparente – Departamento – Edificio Torres de Alvear Sur
“Algunos datos de factor de potencia se obtuvo del siguiente tratado”³¹.

Potencia Aparente Total	Factor de Potencia Total
31434,8	0,93

Tabla 3.30. Factor de potencia aparente Total - Factor de Potencia Total – Departamento – Torres de Alvear Sur

Se verifica que los departamentos del lugar visitado son tipo, por lo que se puede estimar un factor de potencia aproximado de 0,9 para toda el área de departamentos.

Factor de potencia promedio de departamentos Edificio Torres de Alvear Sur → 0,9.
Para el área de servicios generales se presenta la Tabla 3.31.

³¹<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1760/1/6213R196.pdf>

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO				
	DESCRIPCION	Cant.	P (W)	Q (VAR)	fp
1	Iluminación Fluorescente (15W) en corredor	65	975	1300,00	0,6
2	Equipo de Limpieza para todo edificio(Aspiradora - Pulidora - 1500W)	6	9000	5577,70	0,85
3	Iluminación Parquederos (Lámparas 100 W)	47	4700	0,00	1
4	Iluminación Cuarto Eléctrico (30W)	4	120	160,00	0,6
5	Iluminación Fluorescente Sala comunal - guardianía - baños - corredor (20W)	20	600	800,00	0,6
6	Sala comunal (Equipo de computación)	1	700	714,14	0,7
7	Sala comunal (Equipo de amplificación)	1	1000	426,00	0,92
8	Sala comunal (Proyector multimedia)	1	225	108,97	0,9
9	Iluminación exterior (Lámparas 100 W)	4	400	0,00	1
10	Motor de accionamiento de bombas de agua	3	4800	2974,77	0,85
11	Motor para funcionamiento de ascensores	1	8000	4957,95	0,85
12	Iluminación cuarto de maquinas (30 W)	2	60	80,00	0,6
13	Equipo de CCTV - Cámaras Analógicas (25W)	4	100	48,43	0,9
14	Equipo de CCTV	1	450	217,94	0,9
15	Fuente para Controlador de accesos	1	40	19,37	0,9
16	Fuente para cerradura magnética y lector de tarjetas	13	520	251,85	0,9
17	Lector de tarjetas	13	520	251,85	0,9
18	Motor de apertura para ingreso a parqueaderos (3/4 HP)	2	1110	687,92	0,85
Totales			33320	18576,90	

Tabla 3.31. Factores eléctricos – Equipos de Servicios Generales – Edificios Torres De Alvear Sur

Potencia Aparente Total	Factor de Potencia Total
38148,70	0,87

Tabla 3.32. Detalle de Cargas de departamento perteneciente a conjunto Torres de Alvear Sur

3.6 ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO EN ILUMINACIÓN EN LAS EDIFICACIONES TOMADAS COMO MUESTRA

Se realizó los respectivos análisis de consumo de energía eléctrica con respecto a iluminación, el consumo varía notablemente el uno del otro con relación al nivel socio-económico, cada uno presenta su estilo de consumo.

Al tratarse de departamentos tipo, el presente análisis es aplicable, ya que la mayoría de departamentos con características tipo 1 y tipo 2 (Página 58) señalados son construidos por empresas inmobiliarias.

El conocer las características de consumo energético en iluminación tiene diferentes ventajas e importancia, ya que desde este punto se puede realizar diseños con el fin de minimizar el indicado consumo (Ver Capítulo IV).

Para el análisis se realizó la respectiva verificación de dispositivos de iluminación, obteniendo los parámetros técnicos más representativos:

- Tipo de iluminación
- Potencia
- Factor de Potencia
- Flujo de Luminoso (“Es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista”³²).

³²http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/OPTOPDF1_archivos/UNIDAD1TEMA2.PDF

ANÁLISIS DE CONSUMO DE ILUMINACIÓN – Conjunto Terrazas del Dorado

Para comenzar el respectivo análisis de consumo de iluminación se verifica la relación de consumo fluorescente con respecto al incandescente.

Tipo de Lámpara	Uso de lámparas en horas pico (%)
Fluorescentes	89,8
Incandescentes	10,2

Tabla 3.33. Porcentaje de uso de luminarias en Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado

La iluminación fluorescente con mayor cantidad de luminarias instaladas en el bloque indicado está representada en las siguientes marcas.

Marca	Factor de Potencia	Potencia (W)	Flujo Luminoso (Lm)
SYLVANIA	>0,5	20	950
OSRAM	>0,51	23	1430
LIGHTEX	≥0,5	20	900
PHILIPS	≥0,5	20	1100
BLITZ	≥0,5	15	825

Tabla 3.34. Parámetros técnicos de luminarias fluorescentes

Marca	Factor de Potencia	Potencia (W)	Flujo Luminoso (Lm)
PHILIPS	1	100	1300
OSRAM	1	100	1300

Tabla 3.35. Parámetros técnicos de luminarias incandescentes

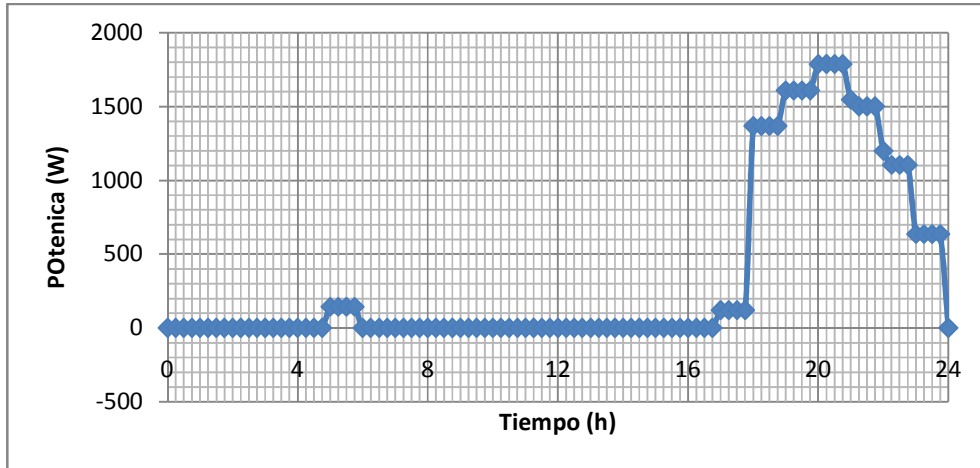


Figura 3.23. Consumo de Potencia en iluminación Fluorescente – Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado

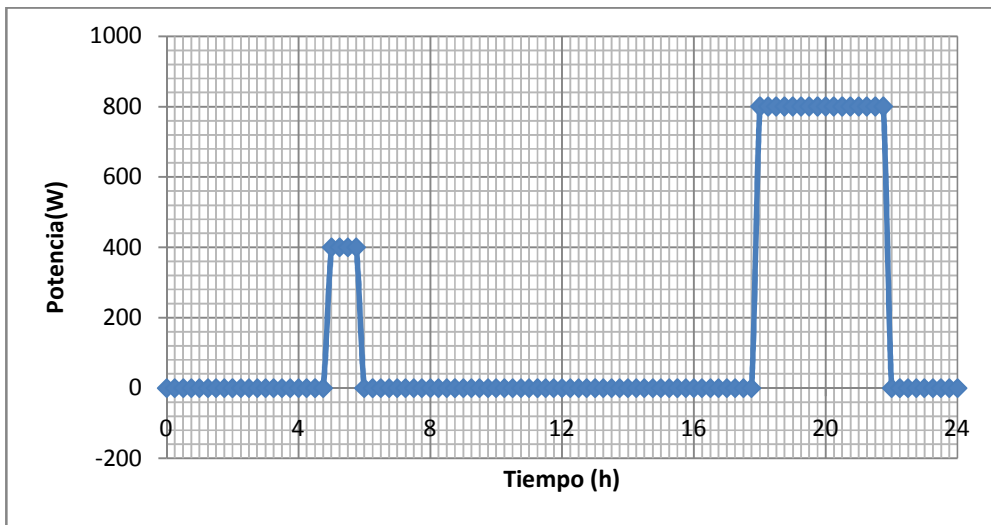


Figura 3.24. Consumo de Potencia en iluminación Incandescente – Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado

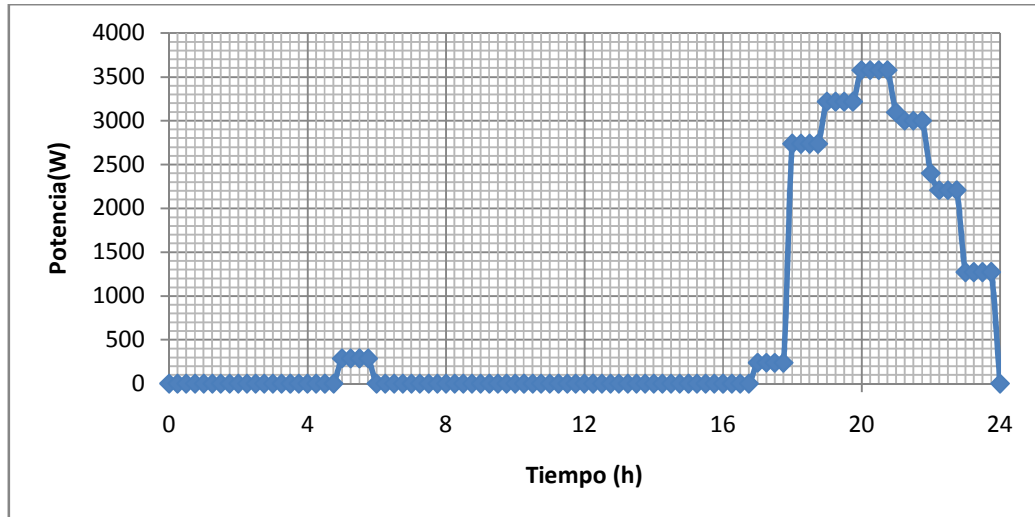


Figura 3.25. Consumo de Potencia en iluminación – Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado

El valor obtenido de 3600 W representa el 14,6% del total del pico máximo verificado en las horas de la noche (Figura 3.12), teniendo así una demanda de 3,6 kWh en el bloque, traducido dicho valor en dinero y según las tarifas pre establecidas (“Tarifa de la dignidad a ¢4 el kilovatio/hora, los que consumen menos de 130 kWh al mes. Un segundo grupo que consume entre 131 y 500 kWh al mes que pagará a ¢8 el kilovatio/hora³³”) se tiene un valor de 28,8 dólares diarios, a la semana se tiene un valor aproximado de 144 dólares, el valor citado representará un rubro significativo durante periodos extensos de tiempo, siendo necesario la disminución de dicho valor de consumo energético.

Representa necesario realizar un sistema de control de iluminación, para poder minimizar los valores anteriormente mencionados (Capítulo IV).

³³<http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/incremento-de-tarifa-escalonado-479498.html>

ANÁLISIS DE CONSUMO DE ILUMINACIÓN – Torres de Alvear Sur

El análisis de consumo de iluminación en este tipo de edificación, se lo realizó en un solo departamento, ya que las políticas de seguridad del indicado conjunto no permitieron el ingreso al resto de residencias.

De manera similar al ítem anterior, se analiza el consumo de iluminación fluorescente e incandescente en el departamento señalado, resaltando que únicamente en un solo departamento se verificó 220 puntos de iluminación tipo dicroico, confirmando el alto consumo energético en este tipo de edificaciones de estrato socio-económico alto.

Tipo de Lámpara	Uso de lámparas en horas pico (%)
Fluorescentes – Tipo Dicroico - Luz Cálida	95,6
Fluorescentes – Foco tipo espiral	3,4
Incandescentes	0,8

Tabla 3.36. Porcentaje de uso de luminarias en Departamento de muestra – Torres de Alvear Sur

Marca	Factor de Potencia	Potencia (W)	Flujo Luminoso (Lm)
BLITZ – Iluminación Cálida	>0,5	11	286
OSRAM	>0,51	23	1430

Tabla 3.37. Parámetros técnicos destacables en luminarias - Departamento de muestra – Torres de Alvear Sur

El hábito de consumo no se puede precisar de una manera generalizada como en el caso anterior, ya que la iluminación dentro del departamento se encuentra programada según el usuario, ya sea por horario, zonas de mas uso, o simplemente por gusto del mismo, se señala una gráfica de demanda de uso de iluminación de uso diario común,

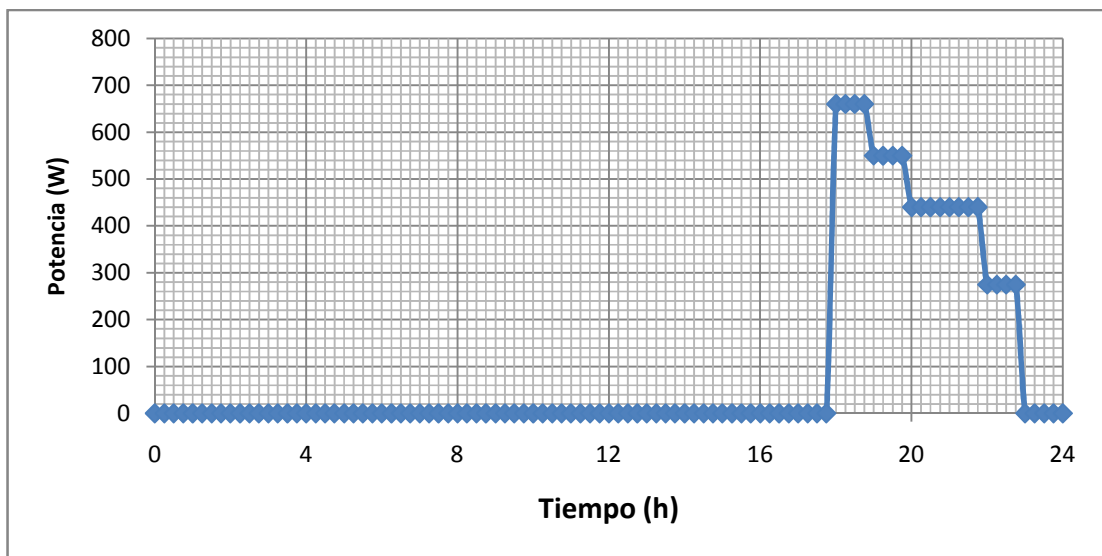


Figura 3.26. Consumo de Potencia en iluminación Departamento – Edificio Torres De Alvear Sur

La figura 3.26 demuestra un consumo elevado en iluminación para un departamento, indicando que el resto de departamentos presentan sistemas de iluminación similares se puede señalar un valor aproximado de 7800 W para un edificio con doce departamentos, especificando que el valor obtenido puede variar con los distintos hábitos de consumo de los usuarios.

3.7 ARRANQUE DE MOTORES A UTILIZAR EN ASCENSORES

El sistema de arranque de los elevadores es una parte importante para la estabilidad de los motores y su corriente de arranque, de esta forma la comodidad de los pasajeros en este transporte será la adecuada.

De forma general el arranque realizado se ejecuta con variadores de velocidad, este último llamado también variador de frecuencia.

La función del variador de frecuencia consiste en el poder variar la velocidad del campo magnético giratorio del estator, desde valores mínimos, hasta valores nominales, dependiendo de la frecuencia de la red eléctrica (60 Hz) y el número de polos del motor. La indicada variación de velocidad se hace posible al uso de rectificadores e inversores, haciendo posible la modificación de la frecuencia de la red eléctrica a una deseada por el operador.

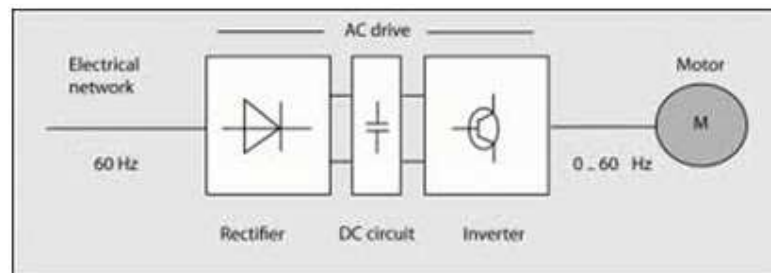


Figura 3.27. Diagrama de Bloques –Variador de Frecuencia

La respectiva selección de variadores de frecuencia se lo realiza a partir de parámetros principales como, potencia, factor de potencia, voltaje, corriente, velocidad.

Un dato importante de recalcar en los variadores de frecuencia son los armónicos (“Tensiones o corrientes cuya frecuencia es el múltiplo entero de la frecuencia fundamental de suministro³⁴”) que producen, caso similar al indicado en las lámparas fluorescentes, esto se debe a los circuitos que poseen, conformados por bobinas, diodos y capacitores, en el caso de los inductores estos generan campos electromagnéticos para su funcionamiento, es decir, potencia reactiva, haciendo que el factor de potencia disminuya así causando un desfase entre corriente y voltaje. La generación de armónicos es producida por circuitos rectificadores e inversores, los mismos trabajan a dos frecuencias, de red eléctrica y la obtenida después de la etapa de inversión, el circuito de acoplamiento de corriente continua modula las dos frecuencias señaladas, generando armónicos tanto en la red eléctrica como en la carga a alimentar (Figura 3.29).

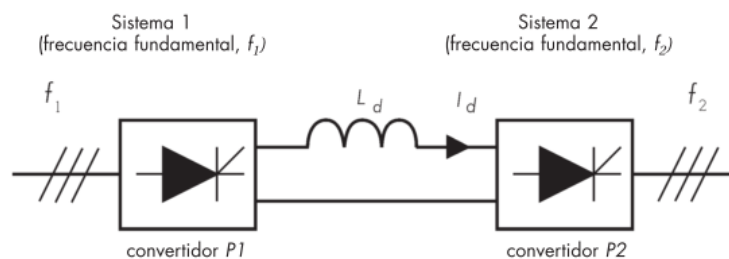


Figura 3.28. Generación de Armónicos en circuito de acoplamiento de corriente continua

3.8 CAÍDA DE VOLTAJE EN RED ELÉCTRICA EN BAJO VOLTAJE

La caída de voltaje en la instalación eléctrica propiamente residencial, es un aspecto importante que se debe analizar, esta irregularidad puede impedir que un equipo eléctrico funcione correctamente por falta de energía, para lo cual se realizó

³⁴http://www.leonardo-energy.org/espanol/lee-guia_calidad/Guia%20Calidad%203-1-1%20Armonic%20-%20Interarmonic.pdf

las respectivas mediciones en las distintas muestras, de esta manera obtener un valor promedio de caída de voltaje, además el mismo debe ajustarse a valores establecidos por el Código Eléctrico Ecuatoriano.

Las mediciones se realizaron con equipos de Marca Fluke, modelo 117.

VER ANEXO 3

VERIFICACIÓN DE CAÍDA DE VOLTAJE – Conjunto la Bretaña – bloque 15.

La verificación de caída de voltaje en el conjunto residencial de realizo tomando mediciones de voltaje en el tablero de distribución principal y en los puntos más alejados del tablero indicado, específicamente en el departamento 32, las mediciones se ejecutaron en horas pico, de esta manera se obtendrá caídas de voltaje máximas debido al uso máximo de las cargas en ese momento funcionando.



Figura 3.29. Tablero de distribución principal – Bloque 15 – La Bretaña

El tablero de distribución principal se encuentra en la planta baja del bloque citado, mientras que el punto más alejado se encuentra en el piso 4, las mediciones obtenidas son las siguientes.

N°	Horas	Voltaje	Voltaje	Caída de Voltaje
	Horario de Mediciones	Tablero de distribución principal	Varios puntos alejados (Departamento 32)	
1	17h00	114,8	110,7	4
2	18h00	114,9	111,2	3,7
3	19h00	114,7	110,8	3,9
4	20h00	114,8	111,4	3,4

Tabla 3.38. Verificación de caída de voltaje en Conjunto La Bretaña

Obteniendo un promedio de caída de voltaje de 3,75 V, el cual representa 3,26% de caída de voltaje dentro de la instalación residencial, el indicado porcentaje se encuentra fuera de los parámetros establecidos por el Código Eléctrico Ecuatoriano.

VERIFICACIÓN DE CAÍDA DE VOLTAJE – Domicilio Proyectista

Al tratarse de una instalación residencial, el domicilio del proyectista puede incluirse para realizar las respectivas mediciones de voltaje.

El centro de carga se encuentra en planta baja del domicilio, en el ingreso, el punto más alejado para suministro de corriente hacia carga se encuentra en el piso tres.



Figura 3.30. Tablero de distribución principal – Domicilio Proyectista

Las mediciones obtenidas son las siguientes:

N°	Horas	Voltaje	Voltaje	Caída de Voltaje
	Horario de Mediciones	Tablero de distribución principal	Varios puntos alejados (Piso 3)	
1	17h00	114,7	111,6	3,1
2	18h00	114,2	111,3	2,9
3	19h00	114,6	111,5	3,1
4	20h00	114,7	111,4	3,3

Tabla 3.39. Verificación de caída de voltaje en Domicilio de Proyectista

El porcentaje de caída de voltaje que se obtuvo en las mediciones es de 3,1 %, superando lo establecido en las normas de la EEQ que es de 3 %.

VERIFICACIÓN DE CAÍDA DE VOLTAJE – Conjunto Terrazas del Dorado – bloque2

El tablero de distribución principal del bloque indicado está ubicado en la planta baja del bloque, a una distancia de 10m del departamento más cercano, al contrario el punto de medición alejado del centro de carga se localiza en el piso cinco del bloque.



Figura 3.31. Tablero de distribución principal – Conjunto Terrazas del Dorado

Las medidas obtenidas son:

N°	Horas	Voltaje	Voltaje	Caída de Voltaje
	Horario de Mediciones	Tablero de distribución principal	Varios puntos alejados (Departamento 508)	
1	17h00	114,2	110,8	2,4
2	18h00	114,5	111	3,5
3	19h00	114,8	111,2	3,6
4	20h00	114,3	111	3,3

Tabla 3.40. Verificación de caída de voltaje en Conjunto Terrazas del Dorado

El porcentaje de caída de voltaje confirma que las mediciones anotadas en la tabla 3.40 en su mayoría superan los límites establecidos por la EEQ (3 %).

Los valores de caídas de voltaje citados en la tabla 3.40 pueden ser ocasionados por diferentes aspectos como son factor de potencia, arranque de motores, resaltando de forma principal el incorrecto dimensionamiento de conductores utilizados en la instalación eléctrica.

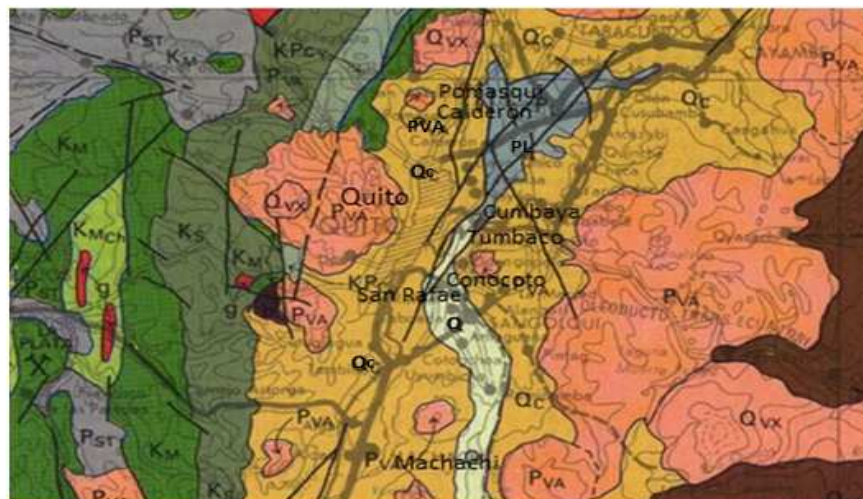
3.9 ANÁLISIS DE RESISTIVIDAD, EN BASE A TIPOS DE SUELOS DE LA CIUDAD DE QUITO

El correcto diseño de puesta a tierra en los centros de transformación es fundamental ya sea para protección de residentes y personal técnico, como también para el correcto funcionamiento de los diferentes dispositivos. De esta manera el tipo de suelo en el que se va a realizar las instalaciones de los centros de transformación debe ser tomado como factor importante previo al diseño de puesta a tierra ya que la composición química del terreno, sales minerales presentes, influyen notablemente en su resistividad (“La resistividad del suelo es la propiedad que tiene

éste, para conducir electricidad, es conocida además como la resistencia específica del suelo³⁵).

De esta forma se realiza las diferentes consultas en centros entendidos en el tema como son INAMHI, Facultad de Ingeniería Civil - UCE, así conocer parámetros básicos de tipo de suelo, mejorando de esta manera los diseños de puesta a tierra.

En la Figura 3.34 se puede identificar los principales centros poblados con construcciones en altura como Quito y sus alrededores (Calderón, Pomasqui, Cumbaya, Tumbaco, Conocoto, San Rafael, Machachi), destacando por colores los tipos de suelo de su asentamiento.



Referencia de Tipo de Suelo con relación a colores en mapa

Q	Quaternary deposits (Alluvium, terraces, tillite)
Qc	Cangagua(10-150m) Ash, pumice.
PL	Latacunga Gp(incPalmira, Chichi) Pumice tufts, ignimbrites, volcaniclastics
PVA	Altar Gp(strata-volcanoes) Andesitic lavas, pyroclastics

Figura 3.32 Tipo de suelos dentro del área analizada (Quito y alrededores) – Fuente Mapa Geológico facilitado por INAMHI

³⁵<http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe70.htm>

- La ciudad de Quito y sus alrededores como San Rafael, Amaguaña en la Figura 3.34 se encuentra sobre capas de ceniza de antiguas erupciones volcánicas, según los entendidos señalan, el transcurso del tiempo hace que el suelo se vuelve arcilloso (UCE - Facultad de Ingeniería Civil – Materia Geología).

Confirmando lo antes citado con el siguiente extracto sobre investigación de suelos “La acumulación de humus es mayor en suelos volcánicos localizados a mayor altitud (> 2500 m sobre el nivel del mar). Indirectamente, esto también indicaría cuales minerales arcillosos se formarían a partir de la ceniza volcánica en determinadas condiciones y la intensidad de la fijación de P.”³⁶.

Las características geo eléctricas que presenta el suelo arcilloso son las siguientes:

Tipo de Suelo	Resistencia de tierra, con punto de referencia del mismo ($\Omega.m$)
Arcilla	50

Tabla 3.41. Resistividad en arcilla

- Otro sector de alto crecimiento residencial es Cumbayá, los tipos de suelo donde se encuentra ubicado el indicado asentamiento se los conoce como Tobas Pumíticas (“Las Tobas Pumíticas son depósitos de pómez”³⁷) e ignimbritas (“Las ignimbritas son las rocas producidas por los flujos piroclásticos”³⁸). De esta manera se puede indicar que el suelo de esta localidad se encuentra conformada netamente por rocas, teniendo las siguientes características de interés para el presente análisis.

³⁶<http://cipotato.org/region-quito/congresos/ii-congreso-ecuadoriano-de-la-papa/presentaciones/jespinoza.pdf>

³⁷http://www.tenerife.es/planes/PTPOAbona/adjuntos/Memoria_Contento_Ambiental.pdf

³⁸http://www.insugeo.org.ar/libros/cg_15/capitulo_95.htm

Tipo de Suelo	Resistencia de tierra, con punto de referencia del mismo ($\Omega.m$)
Rocoso	300 a 500

Tabla 3.42 Resistividad en rocas

- En sectores como Amaguaña y Conocoto su suelo se encuentra conformado por piedras de antiguas inundaciones, por lo que la resistividad en este sector es aproximada a la indicada anteriormente. Tabla 3.42
- Al norte de la ciudad de Quito se encuentran poblados como Pomasqui y San Isidro, el suelo en estas localidades es rocoso compactado y seco debido a antiguas erupciones volcánicas, por lo que la resistividad en este tipo de suelo es mayor.

Tipo de Suelo	Resistencia de tierra, con punto de referencia del mismo ($\Omega.m$)
Rocoso Compactado	1500 a 3000

Tabla 3.43. Resistividad en rocas compactas

Los datos señalados en las Tablas 3.41, 3.42 y 3.43 se obtuvieron del escrito “Proyecto de un Sistema de Puesta a Tierra Normalizada para Centros de Transformación en el Sector del Nuevo Aeropuerto de Quito Parroquia de Tababela”.

Se aclara que la resistividad de los tipos de suelos citados puede variar por aspectos físicos naturales como son la humedad y la temperatura ambiente, además la posibilidad de tratamiento de suelos con sales minerales y gel, aspecto importante a ser desarrollado en el capítulo IV.

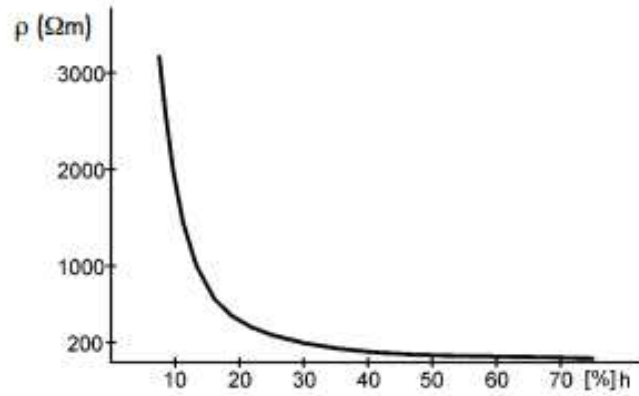


Figura 3.33. Resistividad de terrenos en función de la humedad del suelo

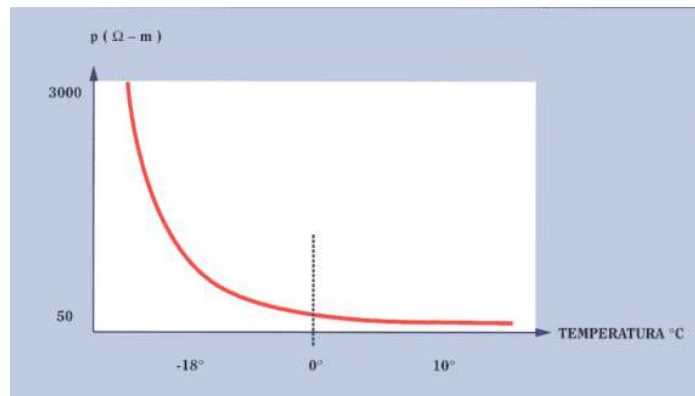


Figura 3.34. Resistividad de terrenos en función de temperatura

3.10 ESTUDIO E IMPORTANCIA DE VOLTAJE DE PASO Y DE CONTACTO

Una instalación de puesta a tierra es un sistema que debe asegurar la protección de usuarios y personal, durante su operación normal y de falla del centro de transformación.

Cuando ocurre un modo de fallo en el centro de transformación sea por descarga atmosférica o cortocircuito entre fase-fase o fase-neutro, se debe tener en cuenta los diferentes efectos que se tiene alrededor de la instalación, ya que los flujos de corriente a tierra pueden provocar diferenciales de voltaje altos dentro y alrededor de la instalación.

De esta forma se debe tomar todas las precauciones de diseño, durante condiciones de falla, es decir analizar los diferenciales de potencial que se pueden provocar fuera del centro de transformación, centrándose que la magnitud sea lo suficientemente baja para poder tener en buen resguardo a alguna persona que se encuentre en dicha zona.

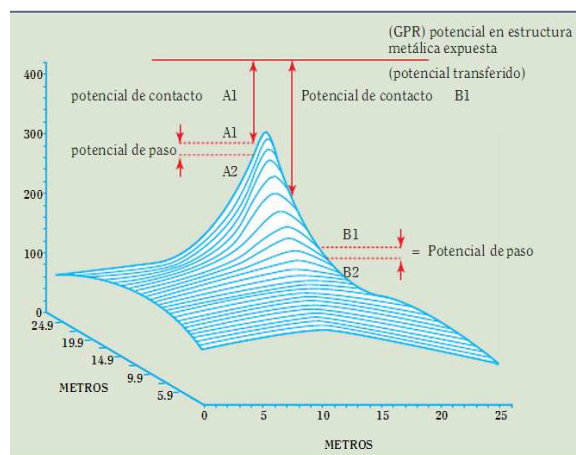


Figura 3.35. Variación de voltaje en área de instalación de puesta a tierra

El potencial referido tendrá su valor máximo en el área en la cual se encuentra instalada la puesta a tierra, al aumentar el área exterior de la instalación de protección eléctrica el valor de voltaje disminuirá, en la figura 3.36 se puede verificar la disminución de voltaje a medida que la distancia aumenta. Ejemplo para una sola varilla de tierra

De esta forma el personal que se encuentre cerca del centro de transformación, está expuesta a varias lesiones provocada por voltajes de paso (Diferencial de voltaje entre dos puntos de un terreno, una persona experimenta este voltaje cuando topa dichos puntos de forma simultánea), voltajes de contacto (Diferencial de voltaje entre un punto del terreno y una estructura conectada a tierra).

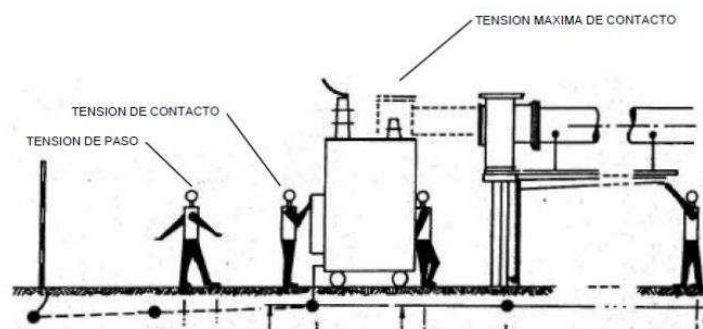


Figura 3.36. Voltaje de Paso – Voltaje de Contacto

La exposición a los voltajes mencionados debe ser muy corta ya que la corriente que atravesase un cuerpo dependiendo de su frecuencia o magnitud, puede causar graves trastornos e incluso la pérdida de la vida.

Se detalla aspectos importantes de la corriente que provoca graves daños a los seres humanos.

Estudios realizados por diferentes investigadoras presentaron los siguientes resultados con respecto al paso de corriente por el cuerpo humano “La duración para lo cual una corriente de 50 y 60 Hz puede ser tolerado por la mayoría de las personas está relacionada a su magnitud de acuerdo con la ecuación (3.1). Basado en los resultados de los estudios de Dalziel y Lee, asume que el 99,5% de todas las personas pueden soportar con seguridad sin fibrilación ventricular, el paso de una corriente con magnitud y duración determinada por la siguiente fórmula:

$$I_B = \frac{k}{\sqrt{ts}} \quad \text{Ecuación (3.1)}$$

Donde

$I_b \rightarrow$ Magnitud de corriente en A_{RMS} que atraviesa a una persona

$ts \rightarrow$ Exposición a la corriente en segundos

$k \rightarrow$ Constante de soporte al paso de corriente de acuerdo al peso del individuo

Respecto a amplitudes de corriente se debe tener cuidado con magnitudes de 60 a 100 mA ya que puede causar fibrilación ventricular, retraimiento de respiración, hasta paro del corazón, procesos de investigaciones realizadas (Dalziel y Lee) arrojan tiempos estimados de exposición a corrientes que están en intervalos de 0.03 a 3 segundos.

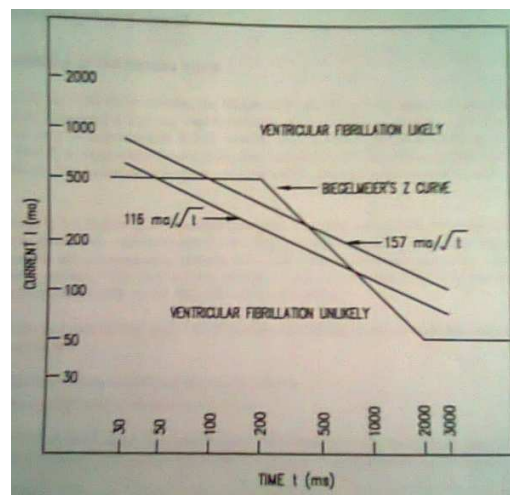


Figura 3.37. Corriente que recorre un cuerpo vs Tiempo

Además cada persona presente su resistividad propia variando de 500 a 3000 Ω a nivel de la piel, y una resistencia interna de 300 Ω , el valor señalado de

³⁹ IEEE-SA Standards Board, *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*

resistencia en personas representa un parámetro importante para el diseño de mallas de tierra, ya que así se conoce la corriente que recorrerá por una persona en condiciones de falla, esto adicional al voltaje de contacto y paso necesarios para el diseño citado (Detalle en Capítulo IV).

Voltaje de Paso

$$E_p = \frac{165 + \rho_s}{\sqrt{t}} \quad \text{Ecuación (3.2)}$$

Donde:

$E_p \rightarrow$ Voltaje de paso permisible en voltios

$\rho_s \rightarrow$ Resistividad de la superficie del terreno $\Omega.m$

$t \rightarrow$ Duración máxima de falla (segundos)

Voltaje de Contacto

$$E_p = \frac{165 + 0,25\rho_s}{\sqrt{t}} \quad \text{Ecuación (3.3)}$$

Donde:

$E_p \rightarrow$ Voltaje de contacto permisible en voltios

$\rho_s \rightarrow$ Resistividad de la superficie del terreno $\Omega.m$

$t \rightarrow$ Duración máxima de falla (segundos)

Lo que corresponde a centros de transformación presentan estructuras metálicas, que pueden ser tocadas en cualquier instante por los residentes del área, por lo cual las mismas deben estar aterrizadas para evitar voltajes de paso y

contacto altos, estos valores deben aproximarse al voltaje de tierra, es decir cantidades muy aproximadas a cero.

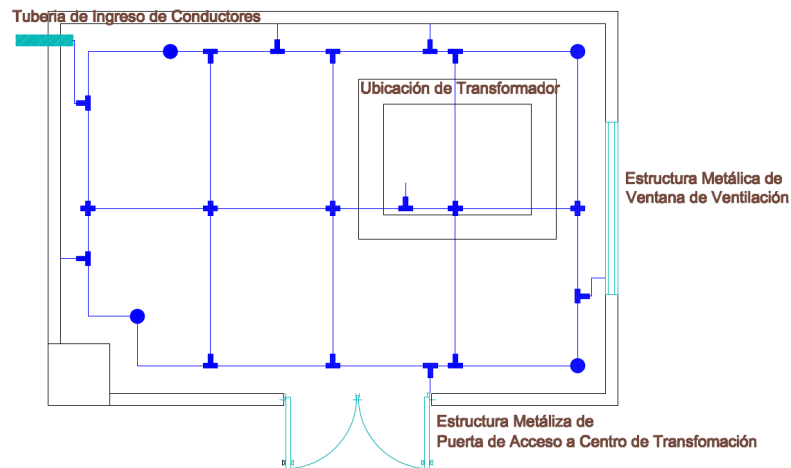


Figura 3.38. Estructuras metálicas aterrizadas

Las estructuras metálicas que se deben aterrizarse necesariamente son:

- Puerta de Ingreso.
- Ventana de ventilación para cámara de transformación.
- Tuberías metálicas para acometida de medio voltaje.

3.11 OBSERVACIÓN DE NIVELES ISOCERÁUNICOS EN LA CIUDAD

Los niveles isoceráunicos registran el número de descargas atmosféricas dentro de una zona, para el presente proyecto se realizó consultas en el INAMHI, obteniendo mapas isoceráunicos con referencia a todo el país, no se presenta registros por provincia a detalle. El mapa suministrado se encuentra en la Figura 3.39, detalla niveles isoceráunicos máximos del país.

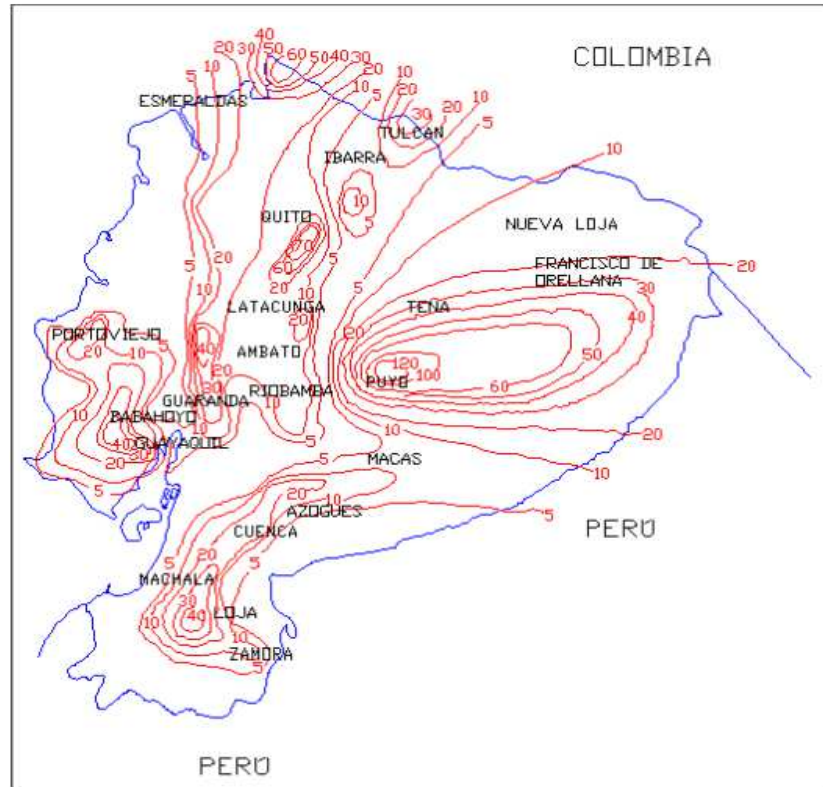


Figura. 3.39. Mapa isoceráunico del Ecuador – Fuente INAMHI

Dentro del área de interés del presente escrito, se verifica variedad de días tormentosos por año, netamente en la ciudad de Quito y sus valles se constata 70 días con tormentas eléctricas, en sectores periféricos al sur se denota 60 días tormentosos, en las zonas con pocas precipitaciones alrededor de Quito se encuentra 20 días con tormentas eléctricas.

Dado el alto número de días con descargas eléctricas en el área de Quito, es necesaria la instalación de pararrayos.

3.12 APLICACIÓN DE SISTEMAS SCADA EN MONITOREO DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.

En los distintas muestras visitadas no se encontró ningún centro de monitoreo, en los centros de transformación, parámetro importante ya que de esta manera se puede conocer aspectos importantes, tanto en condiciones de emergencia o conocer la eficiencia de la alimentación realizada desde el transformador al resto de la instalación eléctrica.

Dentro de variables eléctricas que podría monitorear se tiene:

- Voltaje Fase – Fase.
- Voltaje Fase – Neutro.
- Potencia Activa.
- Potencia Aparente.
- Factor de Potencia.
- Corriente.
- Distorsión en voltaje y corriente.
- Desbalance de Fases.
- Niveles altos de consumo eléctrico, a fin de controlar el mismo.
- Monitoreo detallado de consumo eléctrico por horas.

Para realizar las respectivas mediciones de las variables mostradas anteriormente y poder monitorearlas es preciso efectuarlas en el lado secundario del transformador, sin descartar el realizar las mediciones en el lado primario del transformador. Por facilidad y seguridad, las magnitudes a sensar se realizan en el circuito secundario del transformador

Características de centros de transformación Edificio Ibis del Moral II

Potencia	75 kVA
Voltaje Primario	6 kV
Voltaje Secundario	210/127 V
Corriente de Secundario	200 A
Frecuencia	60 Hz

Tabla. 3.44 Parámetros técnicos de transformador usado en centro de Transformación Edificio Ibis de Moral II

La tabla 3.42 indica una corriente de 200 A en el lado secundario del transformador, por lo que para poder sensar las magnitudes señaladas se debe hacer el uso de transformadores de corriente (TC), presentando ventajas importantes

- Ejecutar mediciones de corrientes altas con instrumentos con soporte de corriente limitado.
- Separación eléctrica de circuito de medición con circuito de potencia.



Figura 3.40. Corriente que recorre un cuerpo vs Tiempo

Indicado como realizar de forma simplificada las mediciones de magnitudes eléctricas, se debe buscar el equipo que se ajuste a las necesidades requeridas.

Consultado en diferentes distribuidores de equipos electrónicos se destaca la marca Schneider Electric, sus medidores de magnitudes eléctricas cuentan con módulos de comunicación RS 485, lo que indica que se puede cumplir con una comunicación con la PC. Entre los principales modelos se tiene

- PM 500 Merlin Gerin
- Central de Medida Power Logic de la serie 800



Figura 3.41. Medio PM 500

Ya analizado los parámetros básicos de monitoreo de las magnitudes eléctricas, en el capítulo siguiente se señala su respectiva arquitectura de conexión e implementación.

CAPÍTULO IV

INGENIERÍA

4.1 PASOS A REALIZAR PARA DISEÑO DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EN LAS INFRAESTRUCTURAS YA INDICADAS



Figura 4.1. Transformador en Instalación Residencial

En el presente capítulo se detalla el método de diseño para centros de transformación, especificada en los siguientes ítems.

- Carga instalada (Área de departamentos - Servicios generales).
- Factor de potencia del inmueble.
- Factor de frecuencia de uso y de simultaneidad del edificio.
- Voltajes en el centro de transformación.
- Fases para acometida de medio voltaje para el centro de transformación.
- Proyección de consumo eléctrico de la construcción.

Conformación de los diferentes dispositivos a integrar el indicado sistema, con los respectivos cálculos para el dimensionamiento de cada uno de ellos:

- Transformador
- Conductores de Media y Bajo Voltaje
- Protecciones de Media y Bajo Voltaje

La presente metodología presenta diseños para protección y funcionamiento continuo del suministro eléctrico hacia la construcción.

- Sistema de puesta a tierra.
- Pararrayos.

Finalizando esta etapa se realizó consultas a profesionales del área de la construcción para que de esta manera concluir completamente la presente guía.

Un aspecto importante que no presentan los centros de transformación visitados es su monitoreo, por lo que se muestra, alternativas iniciales para comenzar un diseño del mismo.

De forma adicional se plantea sistemas de control de iluminación, para que de esta manera lograr reducir el consumo eléctrico de los residentes y principalmente reducir la potencia que el transformador suministrará hacia toda la instalación eléctrica.

4.2 MÉTODO PARA CÁLCULO DE POTENCIA APARENTE A SUMINISTRAR POR LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN.

Como se mencionó en el capítulo III, se da los parámetros iniciales para dimensionar los centros de transformación, y así de esta forma poder tener valores de referencia en las distintas magnitudes eléctricas a aplicar.

Para explicar de mejor manera la presente metodología se ejecutara de forma paralela los respectivos dimensionamientos del centro de transformación del Edificio Ibis del Moral III.

Agrupación de departamentos tipo

El proyectista debe verificar a detalle los planos arquitectónicos de la infraestructura donde se realizará la instalación eléctrica, el propósito del mismo es constatar el número de departamentos tipo, además el aproximar a qué clase de consumo eléctrico pertenece el edificio, por último el sector en donde se encuentra la construcción civil señala un consumo típico del sector, para el edificio citado se presenta la siguiente información.

En el Edificio Ibis del Moral III se presenta cuatro departamentos tipo, dicha división se realiza de acuerdo a la distribución arquitectónica y área de la residencia.

Departamento tipo 1

- Distribución
 - Dormitorio Principal
 - Dormitorio 1
 - Dormitorio 2
 - Sala - Comedor
 - Cocina
 - Baño de Cuarto Principal
 - Baño 1, Baño 2
- Área de Construcción
113 m²

Departamento tipo 2

- Distribución
 - Dormitorio Principal
 - Dormitorio 1
 - Sala - Comedor
 - Cocina
 - Baño de Cuarto Principal
 - Baño 1
- Área de Construcción
73 m²

Departamento tipo 3

- Distribución
 - Dormitorio Principal
 - Sala - Comedor
 - Cocina
 - Baño de Cuarto Principal

- Área de Construcción
53 m²

Departamento tipo 4

- Distribución
 - Piso 1
 - Sala - Comedor
 - Cocina
 - Cuarto de Lavandería
 - Baño
 - Hall de Entrada
 - Piso 2
 - Dormitorio Principal
 - Dormitorio1
 - Dormitorio2
 - Sala de Estar
 - Vestidor – Baño Principal
 - Baño 2
- Área de Construcción
170 m²

El edificio consta de 13 Pisos, los departamentos tipo señalados anteriormente estas distribuidos de la forma siguiente:

Área de Departamento	Clasificación de Departamento Tipo en Edificio			
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Piso 1	2 Dep	1 Dep	-	-
Piso 2	2 Dep	1 Dep	-	-
Piso 3	2 Dep	1 Dep	-	-
Piso 4	1 Dep	1 Dep	-	-
Piso 5	1 Dep	1 Dep	-	-
Piso 6	2 Dep	-	-	-
Piso 7	1 Dep	1 Dep	-	-
Piso 8	-	-	-	-
Piso 9	1 Dep	-	1 Dep	-
Piso 10	2 Dep	-	-	-
Piso 11	2 Dep	-	2 Dep	-
Piso 12	2 Dep	1 Dep	1 Dep	-
Piso 13	-	1 Dep	-	3 Dep
Piso 14				

Tabla 4.1. Clasificación de Departamentos Tipo en Edificio Ibis del Moral III

El área de construcción varía en pocos metros en ciertos departamentos, la variación mínima indicada permite la agrupación de departamentos en los grupos establecidos en la tabla 4.1.

Según los planos revisados y el sector donde se encuentra el inmueble, podemos aproximar una categoría de consumo tipo B o C, por las siguientes razones:

- En los planos arquitectónicos, en todos los departamentos, se verifica electrodomésticos de alto consumo eléctrico, como secadora, cocina eléctrica, horno eléctrico.
- Área de servicios generales de alto consumo eléctrico, debido principalmente al uso de elevador.

Carga instalada en edificios residenciales

A través de planos recibidos de profesionales de la construcción se elabora los respectivos planos eléctricos, verificando las cargas a conectarse en los respectivos departamentos y en el área de servicios generales, el dato de potencia de los dispositivos se la obtiene a partir de informaciones de placa de los mismos.

Para el edificio señalado se realizó el diseño eléctrico inicial del mismo (Circuito de iluminación, fuerza y circuitos especiales).

VER ANEXO 6

Como se indicó en el ítem anterior, se realiza la respectiva clasificación de los departamentos tipo y así el asignar sus respectivas cargas, para el presente caso se tiene cuatro modelos de departamentos tipo, con las siguientes cargas correspondientes a cada uno, obtenidas del diseño realizado:

Se indica cargas adicionales, tomando en cuenta a las cargas verificadas en el edificio Torres de Alvear Sur.

Carga Instalada Departamentos Tipo1

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cantidad	Pn (W)	CI (W)
1	Iluminación (Dormitorios, vestidores, baños)	14	20	280
2	Iluminación (Cocina, sala, comedor, hall, balcón, cuarto de lavado, baño)	14	20	280
3	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850
4	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal - Dormitorio 1 y 2)	3	115	345
5	Computador portátil	2	250	500
6	Impresora	1	80	80
7	Blu Ray	1	50	50
8	Play Station	1	200	200
9	Barra de Sonido	1	150	150
10	Plancha	1	1200	1200
11	Secador de pelo	1	1800	1800
12	Lámpara de meza	3	100	300
13	Router - Wireless	2	22	44
14	Tostadora	1	400	400
15	Cafetera	1	400	400
16	Licuada	1	400	400
17	Refrigeradora	1	500	500
18	Campana Extractora	1	200	200
19	Sartén eléctrico (plancha de cocina)	1	800	800
20	Microondas	1	1200	1200
21	Toma Especial 220V (Horno Eléctrico)	1	6000	6000
22	Cocina Eléctrica	1	5000	5000
23	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000
24	Lavadora	1	700	700
25	Lavaplatos	1	1200	1200
26	Aspiradora	1	850	850
27	Pulidora	1	1000	1000
Total				29729

Tabla 4.2. Departamento Tipo 1 – Edificio Ibis del Moral III

Carga Instalada Departamentos Tipo 2

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cantidad	Pn (W)	CI
1	Iluminación (Dormitorios, vestidores, baños)	8	20	160
2	Iluminación (Cocina, sala, comedor, hall, balcón, cuarto de lavado, baño)	10	20	200
3	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850
4	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal - Dormitorio 1)	2	115	230
5	Computador portátil	1	250	250
6	Impresora	1	80	80
7	Blu Ray	1	50	50
8	Barra de Sonido	1	150	150
9	Plancha	1	1200	1200
10	Secador de pelo	1	1800	1800
11	Lámpara de meza	2	100	200
12	Router - Wireless	1	22	22
13	Tostadora	1	400	400
14	Cafetera	1	400	400
15	Licuada	1	400	400
16	Refrigeradora	1	500	500
17	Campana Extractora	1	200	200
18	Microondas	1	1200	1200
19	Cocina Eléctrica	1	5000	5000
20	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000
21	Lavadora	1	700	700
22	Lavaplatos	1	1200	1200
23	Aspiradora	1	850	850
Total				21042

Tabla 4.3. Departamento Tipo 2 – Edificio Ibis del Moral III

Carga Instalada Departamentos Tipo 3

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cantidad	Pn (W)	CI
1	Iluminación (Dormitorio, vestidor, baño)	4	20	80
2	Iluminación (Cocina, sala, comedor, cuarto de lavado, baño)	6	20	120
3	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850
4	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal)	1	115	115
5	Computador portátil	1	250	250
6	Impresora	1	80	80
7	Blu Ray	1	50	50
8	Barra de Sonido	1	150	150
9	Lámpara de meza	1	100	100
10	Router - Wireless	1	22	22
11	Tostadora	1	400	400
12	Cafetera	1	400	400
13	Licuadaora	1	400	400
14	Refrigeradora	1	500	500
15	Campana Extractora	1	200	200
16	Microondas	1	1200	1200
17	Cocina Eléctrica	1	5000	5000
18	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000
19	Lavadora	1	700	700
20	Lavaplatos	1	1200	1200
21	Aspiradora	1	850	850
Total				17667

Tabla 4.4. Departamento Tipo 3 – Edificio Ibis del Moral III

Carga Instalada Departamentos Tipo 4

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cantidad	Pn (W)	CI
1	Iluminación (Dormitorios, vestidores, baños)	20	20	400
2	Iluminación (Cocina, sala, comedor, hall, balcón, cuarto de lavado, baño)	25	20	500
3	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850
4	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal - Dormitorio 1 y 2 - Sala de Estar)	4	115	460
5	Proyector De Video	1	300	300
6	Computador portátil	3	250	750
7	Impresora	1	80	80
8	Blu Ray	1	50	50
9	Play Station	1	200	200
10	Barra de Sonido	1	150	150
11	Plancha	1	1200	1200
12	Secador de pelo	1	1800	1800
13	Lámpara de meza	4	100	400
14	Router - Wireless	2	22	44
15	Tostadora	1	400	400
16	Cafetera	1	400	400
17	Licuada	1	400	400
18	Refrigeradora	1	500	500
19	Campana Extractara	1	200	200
20	Sartén eléctrico (plancha)	1	800	800
21	Microondas	1	1200	1200
22	Toma Especial 220V (Horno Eléctrico)	1	6000	6000
23	Cocina Eléctrica	1	5000	5000
24	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000
25	Lavadora	1	700	700
26	Lavaplatos	1	1200	1200
27	Aspiradora	1	850	850
28	Pulidora	1	1000	1000
Total				31334

Tabla 4.5. Departamento Tipo 4 – Edificio Ibis del Moral III

Servicios Generales

N°	DESCRIPCION	Cantidad	Pn (W)	CI
1	Iluminación Fluorescente (15W) en corredor	143	15	2145
2	Equipo de Limpieza para todo edificio(Aspiradora - Pulidora - 1500W)	4	1500	6000
3	Iluminación Parqueaderos (Lámparas 2X32)	41	64	2624
4	Iluminación Cuarto Eléctrico (30W)	4	30	120
5	Iluminación Fluorescente Sala comunal - guardianaía - baños - corredor (15W)	27	15	405
6	Sala comunal (Equipo de computación)	1	700	700
7	Sala comunal (Equipo de amplificación)	1	500	500
8	Sala comunal (Proyector multimedia)	1	225	225
9	Iluminación exterior (Lámparas 100 W)	4	100	400
10	Motor de accionamiento de bombas de agua (1,6 kW)	2	1600	3200
11	Motor para funcionamiento de ascensores (8 kW)	1	8000	8000
12	Iluminación cuarto de máquinas (30 W)	2	30	60
13	Equipo de CCTV - Cámaras Analógicas (25W)	4	25	100
14	Equipo de CCTV - DVR	1	450	450
15	Controlador de accesos	1	40	40
16	Equipo adicional para control de acceso (Contactos Magnéticos, Lector de Tarjetas)	13	80	1040
17	Motor de apertura para ingreso a parqueaderos (3/4 HP)	2	1110	2220
Totales				28729

Tabla 4.6. Servicios Generales – Edificio Ibis del Moral III

Factor de Frecuencia y Simultaneidad en edificios residenciales

A partir de los análisis realizados se obtuvo los siguientes factores de simultaneidad y frecuencia de uso, respecto al nivel socio-económico de los electrodomésticos que se encontraron en los edificios seleccionados como muestra. Los indicados valores pueden contribuir como valores de referencia, para nuevos proyectos de diseño.

La Tabla 4.7 muestra valores de FFU y FS del bloque B perteneciente al conjunto Terrazas del Dorado (20 Departamentos), el bloque señalado presenta departamentos tipo de una sola clase y según sus facturas de consumo pertenece a una clase C, por lo que los valores señalados pueden ser tomados como referencia para un instalación eléctrica para estrato de consumo nombrado anteriormente, si el proyectista lo requiere puede incrementar los indicados valores.

N°	Artefacto	Pn (w)	FFU (%)	FS (%)
1	Televisor 14" a 22"	60	80	35
2	Televisor tipo LCD o PLASMA	100	55	40
3	Equipo de Sonido	75	40	20
4	Equipo de Computación	300	65	55
5	Minicomponente o grabadora	40	25	15
6	Microondas	1250	75	20
7	Router - Wireless	48	65	60
8	Computador portátil	120	65	60
9	Lavadora	700	65	30
10	Secadora	1200	0	0
11	Tostadora	400	90	33
12	Licuadaora	400	90	33
13	Cafetera	400	90	33
14	Cocina Eléctrica	6000	0	0
15	Ducha Eléctrica	4000	75	35
16	Iluminación General Incandescente	400	10	8
17	Iluminación General Fluorescente	160	90	26
18	Aspiradora	1500	10	10
19	Calefactor	1500	10	10
20	Refrigerador	400	100	55

Tabla 4.7. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Conjunto Terrazas del Dorado – Bloque B

Para un sector de categoría de consumo eléctrico de clase D, se presenta la tabla 4.7, obtenida de datos analizados en el Conjunto Residencial La Bretaña, Bloque 15 (15 Departamentos).

N°	Artefacto	Pn (w)	FFU (%)	FS (%)
1	Televisor 14" a 22"	60	93	56,6
2	Televisor tipo LCD o PLASMA	100	53	30
3	Equipo de Sonido	75	53	15
4	Equipo de Computación	300	93	80
5	Minicomponente o grabadora	40	40	20
6	Microondas	1250	46	33,3
7	Router - Wireless	48	73	73,3
8	Computador portátil	120	66	66,6
9	Lavadora	700	33	20
10	Secadora	1200	0	0
11	Tostadora	400	26	66,6
12	Licuada	400	26	66,6
13	Cafetera	400	26	66,6
14	Cocina Eléctrica	6000	0	0
15	Ducha Eléctrica	4000	60	26,6
16	Iluminación General Incandescente	400	7	57,8
17	Iluminación General Fluorescente	160	93	15
18	Aspiradora	1500	20	6,6
19	Calefactor	1500	20	6,6
20	Refrigerador	400	100	43,3

Tabla 4.8. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Conjunto La Bretaña – Bloque

15

Para el diseño que se realiza se toma como referencia a la tabla 4.7, ya que el consumo en donde se encuentra el inmueble presenta consumos altos de energía, pudiendo ubicarlos en una categoría C en incluso B. Se incrementa los valores citados en la tabla 4.7 ya que el consumo eléctrico en el edificio es mayor al seleccionado en la muestra.

Departamento Tipo 1

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cantidad	Pn (W)	CI (W)	FFU (%)	FS (%)
1	Iluminación	28	20	560	98	45
2	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850	40	50
3	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal - Dormitorio 1 y 2)	3	115	345	70	65
4	Computador portátil	2	250	500	70	65
5	Impresora	1	80	80	60	50
6	Blu Ray	1	50	50	55	25
7	Play Station	1	200	200	55	25
8	Barra de Sonido	1	1	150	45	20
9	Plancha	1	1200	1200	70	25
10	Secador de pelo	1	1800	1800	40	15
11	Lámpara de meza	3	100	300	5	20
12	Router - Wireless	2	22	44	70	70
13	Tostadora	1	400	400	90	33
14	Cafetera	1	400	400	90	33
15	Licuada	1	400	400	90	33
16	Refrigeradora	1	500	500	100	40
17	Campana Extractora	1	200	200	85	20
18	Sartén eléctrico (plancha de cocina)	1	800	800	70	35
19	Microondas	1	1200	1200	80	30
20	Toma Especial 220V (Horno Eléctrico)	1	6000	6000	55	20
21	Cocina Eléctrica	1	5000	5000	60	35
22	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000	50	25
23	Lavadora	1	700	700	90	25
24	Lavaplatos	1	1200	1200	70	30
25	Aspiradora	1	850	850	30	10
26	Pulidora	1	1000	1000	30	10
Total				29729		

Tabla 4.9. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 1

Departamento Tipo 2

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cantidad	Pn (W)	CI	FFU (%)	FS (%)
1	Iluminación	18	20	360	98	40
2	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850	40	50
3	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal - Dormitorio 1)	2	115	230	70	60
4	Computador portátil	1	250	250	70	60
5	Impresora	1	80	80	65	45
6	Blu Ray	1	50	50	60	20
7	Barra de Sonido	1	150	150	45	15
8	Plancha	1	1200	1200	75	40
9	Secador de pelo	1	1800	1800	40	15
10	Lámpara de meza	2	100	200	5	20
11	Router - Wireless	1	22	22	75	65
12	Tostadora	1	400	400	90	33
13	Cafetera	1	400	400	90	33
14	Licuada	1	400	400	90	33
15	Refrigeradora	1	500	500	100	40
16	Campana Extractora	1	200	200	85	20
17	Microondas	1	1200	1200	80	30
18	Cocina Eléctrica	1	5000	5000	60	35
19	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000	50	20
20	Lavadora	1	700	700	90	20
21	Lavaplatos	1	1200	1200	65	35
22	Aspiradora	1	850	850	30	10
Total				21042		

Tabla 4.10. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 2

Departamento Tipo 3

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cantidad	Pn (W)	CI	FFU (%)	FS (%)
1	Iluminación Fluorescente	10	20	200	98	40
2	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850	40	40
3	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal)	1	115	115	70	50
4	Computador portátil	1	250	250	75	60
5	Impresora	1	80	80	65	30
6	Blu Ray	1	50	50	50	20
7	Barra de Sonido	1	150	150	40	15
8	Lámpara de meza	1	100	100	10	20
9	Router - Wireless	1	22	22	75	60
10	Tostadora	1	400	400	80	33
11	Cafetera	1	400	400	80	33
12	Licuada	1	400	400	80	33
13	Refrigeradora	1	500	500	100	40
14	Campana Extractara	1	200	200	80	20
15	Microondas	1	1200	1200	85	30
16	Cocina Eléctrica	1	5000	5000	50	35
17	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000	40	20
18	Lavadora	1	700	700	90	20
19	Lavaplatos	1	1200	1200	75	30
20	Aspiradora	1	850	850	20	10
Total				17667		

Tabla 4.11. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 3

Departamento Tipo 4

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cantidad	Pn (W)	CI	FFU (%)	FS (%)
1	Iluminación Fluorescente	45	20	900	98	45
2	Iluminación Incandescente	5	100	500	80	10
3	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850	65	50
4	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal - Dormitorio 1 y 2 - Sala de Estar)	4	115	460	75	60
5	Proyector De Video	1	300	300	40	10
6	Computador portátil	3	250	750	75	65
7	Impresora	1	80	80	65	40
8	Blu Ray	1	50	50	50	15
9	Play Station	1	200	200	50	20
10	Barra de Sonido	1	160	160	60	15
11	Plancha	1	1200	1200	65	25
12	Secador de pelo	1	1800	1800	40	15
13	Lámpara de meza	4	100	400	10	20
14	Router - Wireless	2	22	44	75	65
15	Tostadora	1	400	400	90	33
16	Cafetera	1	400	400	90	33
17	Licuada	1	400	400	90	33
18	Refrigeradora	1	500	500	100	40
19	Campana Extractara	1	200	200	85	20
20	Sartén eléctrico (plancha)	1	800	800	70	30
21	Microondas	1	1200	1200	85	30
22	Toma Especial 220V (Horno Eléctrico)	1	6000	6000	65	20
23	Cocina Eléctrica	1	5000	5000	60	25
24	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000	50	30
25	Lavadora	1	700	700	90	25
26	Lavaplatos	1	1200	1200	70	25
27	Aspiradora	1	850	850	30	10
28	Pulidora	1	1000	1000	30	10
	Total			31334		

Tabla 4.12. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 4

Servicios Generales

N°	DESCRIPCION	Cantidad	Pn (W)	CI	FFU (%)	FS (%)
1	Iluminación Fluorescente (15W) en corredor	143	15	2145	100	70
2	Equipo de Limpieza para todo edificio (Aspiradora - Pulidora - 1500W)	4	1500	6000	80	10
3	Iluminación Parqueaderos (Lámparas 2X32)	41	64	2624	100	80
4	Iluminación Cuarto Eléctrico (30W)	4	30	120	100	10
5	Iluminación Fluorescente Sala comunal - guardianía - baños - (15W)	27	15	405	100	60
6	Sala comunal (Equipo de computación)	1	700	700	100	30
7	Sala comunal (Equipo de amplificación)	1	1000	1000	100	30
8	Sala comunal (Proyector multimedia)	1	225	225	100	30
9	Iluminación exterior (Lámparas 100 W)	4	100	400	100	90
10	Motor de accionamiento de bombas de agua (1,6 kW)	2	1600	3200	100	85
11	Motor para funcionamiento de ascensores (8 kW)	1	8000	8000	100	55
12	Iluminación cuarto de máquinas (30 W)	2	30	60	100	10
13	Equipo de CCTV - Cámaras Analógicas (25W)	4	25	100	100	100
14	Equipo de CCTV - DVR	1	450	450	100	80
15	Controlador de accesos	1	40	40	100	80
16	Equipo adicional para control de acceso (Contactos Magnéticos, Lector de Tarjetas)	13	80	1040	100	80
17	Motor de apertura para ingreso a parqueaderos (3/4 HP)	2	1110	2220	100	60
Total				28729		

Tabla 4.13. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III – Servicios Generales

Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria en Edificios

Una vez obtenido los factores de frecuencia de uso y de simultaneidad, el siguiente paso es obtener la carga instalada representativa y la demanda máxima

unitaria, estos valores representaran casi en su totalidad la potencia total del transformador a utilizar en la instalación eléctrica.

$$CIR = FFU \cdot CI$$

Donde:

CIR → *Carga Instalada Representativa*

FFU → *Factor de Frecuencia de Uso*

CI → *Carga Instalada*

$$DMU = CIR \cdot FS$$

Donde:

DMU → *Demanda Máxima Unitaria*

CIR → *Carga Instalada Representativa*

FS → *Factor de Simultaneidad*

Esta operación se la realiza de forma general para obtener los parámetros indicados en el presente ítem.

Para el edificio diseñado se presenta los siguientes resultados, en cada uno de los departamentos tipo y el área de servicios generales.

Departamento Tipo 1

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cant.	Pn(W)	CI (W)	FFU (%)	CIR (W)	FS (%)	DMU (W)
1	Iluminación	28	20	560	98	548,8	45	246,96
2	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850	40	340	50	170
3	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal - Dormitorio 1 y 2)	3	115	345	70	241,5	65	156,975
4	Computador portátil	2	250	500	70	350	65	227,5
5	Impresora	1	80	80	60	48	50	24
6	Blu Ray	1	50	50	55	27,5	25	6,875
7	Play Station	1	200	200	55	110	25	27,5
8	Barra de Sonido	1	1	150	45	67,5	20	13,5
9	Plancha	1	1200	1200	70	840	25	210
10	Secador de pelo	1	1800	1800	40	720	15	108
11	Lámpara de meza	3	100	300	5	15	20	3
12	Router - Wireless	2	22	44	70	30,8	70	21,56
13	Tostadora	1	400	400	90	360	33	118,8
14	Cafetera	1	400	400	90	360	33	118,8
15	Licuada	1	400	400	90	360	33	118,8
16	Refrigeradora	1	500	500	100	500	40	200
17	Campana Extractora	1	200	200	85	170	20	34
18	Sartén eléctrico (plancha de cocina)	1	800	800	70	560	35	196
19	Microondas	1	1200	1200	80	960	30	288
20	Toma Especial 220V (Horno Eléctrico)	1	6000	6000	55	3300	20	660
21	Cocina Eléctrica	1	5000	5000	60	3000	35	1050
22	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000	50	2500	25	625
23	Lavadora	1	700	700	90	630	25	157,5
24	Lavaplatos	1	1200	1200	70	840	30	252
25	Aspiradora	1	850	850	30	255	10	25,5
26	Pulidora	1	1000	1000	30	300	10	30
Total				29729		17434,1		5090,27

Tabla 4.14. Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 1

Departamento Tipo 2

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cant.	Pn(W)	CI	FFU (%)	CIR (W)	FS (%)	DMU (W)
1	Iluminación	18	20	360	98	352,8	40	141,12
2	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850	40	340	50	170
3	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal - Dormitorio 1)	2	115	230	70	161	60	96,6
4	Computador portátil	1	250	250	70	175	60	105
5	Impresora	1	80	80	65	52	45	23,4
6	Blu Ray	1	50	50	60	30	20	6
7	Barra de Sonido	1	150	150	45	67,5	15	10,125
8	Plancha	1	1200	1200	75	900	40	360
9	Secador de pelo	1	1800	1800	40	720	15	108
10	Lámpara de meza	2	100	200	5	10	20	2
11	Router - Wireless	1	22	22	75	16,5	65	10,725
12	Tostadora	1	400	400	90	360	33	118,8
13	Cafetera	1	400	400	90	360	33	118,8
14	Licuadora	1	400	400	90	360	33	118,8
15	Refrigeradora	1	500	500	100	500	40	200
16	Campana Extractora	1	200	200	85	170	20	34
17	Microondas	1	1200	1200	80	960	30	288
18	Cocina Eléctrica	1	5000	5000	60	3000	35	1050
19	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000	90	2500	20	500
20	Lavadora	1	700	700	90	630	20	126
21	Lavaplatos	1	1200	1200	65	780	35	273
22	Aspiradora	1	850	850	30	255	10	25,5
Total				21042		12699,8		3885,87

Tabla 4.15. Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 2

Departamento Tipo 3

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cant.	Pn(W)	CI	FFU (%)	CIR (W)	FS (%)	DMU (W)
1	Iluminación Fluorescente	10	20	200	98	196	40	78,4
2	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850	40	340	40	136
3	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal)	1	115	115	70	80,5	50	40,25
4	Computador portátil	1	250	250	75	187,5	60	112,5
5	Impresora	1	80	80	65	52	30	15,6
6	Blu Ray	1	50	50	50	25	20	5
7	Barra de Sonido	1	150	150	40	60	15	9
8	Lámpara de meza	1	100	100	10	10	20	2
9	Router - Wireless	1	22	22	75	16,5	60	9,9
10	Tostadora	1	400	400	80	320	33	105,6
11	Cafetera	1	400	400	80	320	33	105,6
12	Licuada	1	400	400	80	320	33	105,6
13	Refrigeradora	1	500	500	100	500	40	200
14	Campana Extractara	1	200	200	80	160	20	32
15	Microondas	1	1200	1200	85	1020	30	306
16	Cocina Eléctrica	1	5000	5000	50	2500	35	875
17	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000	40	2000	20	400
18	Lavadora	1	700	700	90	630	20	126
19	Lavaplatos	1	1200	1200	75	900	30	270
20	Aspiradora	1	850	850	20	170	10	17
Total				17667		9807,5		2951,45

Tabla 4.16. Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 3

Departamento Tipo 4

N°	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO - DEPARTAMENTOS	Cant.	Pn(W)	CI (W)	FFU (%)	CIR (W)	FS (%)	DMU (W)
1	Iluminación Fluorescente	45	20	900	98	882	45	396,9
2	Iluminación Incandescente	5	100	500	80	400	10	40,0
3	Equipo de Amplificación de audio	1	850	850	65	552,5	50	276,3
4	Televisor tipo Led (Dormitorio Principal - Dormitorio 1 y 2 - Sala de Estar)	4	115	460	75	345	60	207,0
5	Proyector De Video	1	300	300	40	120	10	12,0
6	Computador portátil	3	250	750	75	562,5	65	365,6
7	Impresora	1	80	80	65	52	40	20,8
8	Blu Ray	1	50	50	50	25	15	3,8
9	Play Station	1	200	200	50	100	20	20,0
10	Barra de Sonido	1	160	160	60	96	15	14,4
11	Plancha	1	1200	1200	65	780	25	195,0
12	Secador de pelo	1	1800	1800	40	720	15	108,0
13	Lámpara de meza	4	100	400	10	40	20	8,0
14	Router - Wireless	2	22	44	75	33	65	21,5
15	Tostadora	1	400	400	90	360	33	118,8
16	Cafetera	1	400	400	90	360	33	118,8
17	Licuada	1	400	400	90	360	33	118,8
18	Refrigeradora	1	500	500	100	500	40	200,0
19	Campana Extractara	1	200	200	85	170	20	34,0
20	Sartén eléctrico (plancha)	1	800	800	70	560	30	168,0
21	Microondas	1	1200	1200	85	1020	30	306,0
22	Toma Especial 220V (Horno Eléctrico)	1	6000	6000	65	3900	20	780,0
23	Cocina Eléctrica	1	5000	5000	60	3000	25	750,5
24	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000	50	2500	30	750,0
25	Lavadora	1	700	700	90	630	25	157,5
26	Lavaplatos	1	1200	1200	70	840	25	210,0
27	Aspiradora	1	850	850	30	255	10	25,5
28	Pulidora	1	1000	1000	30	300	10	30,0
	Total			31344		19463		5456,6

Tabla 4.17. Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 4

Servicios Generales

N°	DESCRIPCION	Cant.	Pn(W)	CI(W)	FFU (%)	CIR (W)	FS (%)	DMU (W)
1	Iluminación Fluorescente (15W) en corredor	143	15	2145	100	2145	70	1501,5
2	Equipo de Limpieza para todo edificio(Aspiradora - Pulidora - 1500W)	4	1500	6000	100	6000	10	600
3	Iluminación Parquaderos (Lámparas 2X32)	41	64	2624	100	2624	80	2099,2
4	Iluminación Cuarto Eléctrico (30W)	4	30	120	100	120	10	12
5	Iluminación Fluorescente Sala comunal - guardianía - baños - (15W)	27	15	405	100	405	60	243
6	Sala comunal (Equipo de computación)	1	700	700	100	700	30	210
7	Sala comunal (Equipo de amplificación)	1	1000	1000	100	1000	30	300
8	Sala comunal (Proyector multimedia)	1	225	225	100	225	30	67,5
9	Iluminación exterior (Lámparas 100 W)	4	100	400	100	400	90	360
10	Motor de accionamiento de bombas de agua (1,6 kW)	2	1600	3200	100	3200	85	2720
11	Motor para funcionamiento de ascensores (8 kW)	1	8000	8000	100	8000	55	4400
12	Iluminación cuarto de maquinas (30 W)	2	30	60	100	60	10	6
13	Equipo de CCTV - Cámaras Analógicas (25W)	4	25	100	100	100	100	100
14	Equipo de CCTV - DVR	1	450	450	100	450	80	360
15	Controlador de accesos	1	40	40	100	40	80	32
16	Equipo adicional para control de acceso (Contactos Magnéticos, Lector de Tarjetas)	13	80	1040	100	1040	80	832
17	Motor de apertura para ingreso a parqueaderos (3/4 HP)	2	1110	2220	100	2220	60	1332
Total				28729		28729		15175,2

Tabla 4.18. Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria – Edificio Ibis del Moral III – Servicios Generales

Potencias Aparentes Parciales de edificios

Al obtener la demanda máxima unitaria, de los diferentes modelos tipo de departamentos y de servicios generales, el proyectista se rige a tablas establecidas por la EEQ, estas presentan valores numéricos de acuerdo al número de departamentos pertenecientes a un modelo tipo.

Número de Usuarios	Factor de Diversidad	Número de Usuarios	Factor de Diversidad
1	1	26	3
2	1,5	27	3,01
3	1,78	28	3,02
4	2,01	29	3,03
5	2,19	30	3,04
6	2,32	31	3,04
7	2,44	32	3,05
8	2,54	33	3,05
9	2,61	34	3,06
10	2,66	35	3,06
11	2,71	36	3,07
12	2,75	37	3,07
13	2,79	38	3,08
14	2,83	39	3,08
15	2,86	40	3,09
16	2,88	41	3,09
17	2,9	42	3,1
18	2,92	43	3,1
19	2,93	44	3,1
20	2,94	45	3,1
21	2,95	46	3,1
22	2,96	47	3,1
23	2,97	48	3,1
24	2,98	49	3,1
25	2,99	50	3,1

Tabla 4.19. Factor de Diversidad

Previo a la obtención a la demanda de diseño, el valor de la demanda máxima unitaria debe presentar como unidad el voltamperio DMU (kVA), para ello utilizamos los datos de factor de potencia obtenidos en el capítulo de análisis. De forma adicional es importante presentar el factor de demanda, así tener referencia de diseños anteriores similares y confirmar el correcto diseño que se está realizando.

Cálculo de Potencia de Transformador en Kilo Voltamperios

$$DD (kVA) = \frac{\frac{DMU (kW).n}{FD} + D_{Pérdidas\ Técnicas}}{fp} \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

Donde:

$DD(kVA) \rightarrow$ Potencia de Transformador a Utilizar en kilo votamperios

$DMU(kW) \rightarrow$ Demanda Máxima Unitaria (kW)

$n \rightarrow$ número de usuarios

$FD \rightarrow$ Factor de Diversidad

$D_{Pérdidas\ Técnicas} =$ Demanda de Pérdidas técnicas (1 %)

$fp \rightarrow$ factor de potencia

$$P_{Trafo} = DD(kVA). P_{Sobrecarga} \quad \text{Ecuación (4.2)}$$

Donde:

$P_{Trafo} \rightarrow$ Potencia de Transformador a Instalarse

$DD(kVA) \rightarrow$ Potencia de Transformador a Utilizar en kilo votamperios

$P_{Sobrecarga} \rightarrow$ Facto de Sobrecarga del Transformador a 10 %

Cálculo de factor de demanda

$$FD = \frac{DMU}{CIR} \quad \text{Ecuación (4.2)}$$

Donde:

$FD \rightarrow$ Factor de Demanda

$DMU \rightarrow$ Demanda Máxima Unitaria

$CI \rightarrow$ Carga Instalada

Para el ejemplo de diseño que se está realizando se tiene los siguientes datos

Factor de Potencia	0,95	Factor de Demanda	0,29
DMU (KVA)	5,09		
Número de Usuarios	18,00		
Factor de diversidad	2,92		
Demanda de Pérdidas técnicas (1%)	0,31		
DD (kVA)	33,36		
Sobre Carga de Transformador (10 %)	0,10		
P(Trafo)	30,02		

Tabla 4.20. Demanda de Diseño – Departamento Tipo 1 – Edificio Ibis del Moral III

Factor de Potencia	0,95	Factor de Demanda	0,30
DMU (KVA)	3,8		
Número de Usuarios	8		
Factor de diversidad	2,54		
Demanda de Pérdidas técnicas (1%)	0,12		
DD (kVA)	12,72		
Sobre Carga de Transformador (10 %)	0,10		
P(Trafo)	11,45		

Tabla 4.21. Demanda de Diseño – Departamento Tipo 2 – Edificio Ibis del Moral III

Factor de Potencia	0,95	Factor de Demanda	0,30
DMU (KVA)	2,9		
Número de Usuarios	4		
Factor de diversidad	2,01		
Demanda de Pérdidas técnicas (1%)	0,06		
DD (kVA)	6,14		
Sobre Carga de Transformador (10 %)	0,10		
P(Trafo)	5,52		

Tabla 4.22. Demanda de Diseño – Departamento Tipo 3 – Edificio Ibis del Moral III

Factor de Potencia	0,95	Factor de Demanda	0,28
DMU (KVA)	5,4		
Número de Usuarios	3		
Factor de diversidad	1,78		
Demanda de Pérdidas técnicas (1%)	0,09		
DD (kVA)	9,68		
Sobre Carga de Transformador (10 %)	0,10		
P(Trafo)	8,71		

Tabla 4.23. Demanda de Diseño – Departamento Tipo 4 – Edificio Ibis del Moral III

Factor de Potencia	0,9	Factor de Demanda	0,52
DMU (KVA)	15,17		
Número de Usuarios	1		
Factor de diversidad	1		
Demanda de Pérdidas técnicas (1%)	0,15		
DD (kVA)	15,32		
Sobre Carga de Transformador (10 %)	0,10		
P(Trafo)	13,79		

Tabla 4.24. Demanda de Diseño – Servicios Generales – Edificio Ibis del Moral III

Ya obtenida los valores parciales de potencia se determina la potencia total del transformador a diseñar, realizando la suma de los mismos.

Potencial total del transformador **69,49 kVA**

Para valores de producción de transformadores se tiene una potencia de **75 kVA**

La EEQ, además presenta otro método para el dimensionamiento de transformadores que es en base a los estratos de consumo eléctrico de los usuarios finales y del número de departamentos que se encuentren en el edificio residencial. El valor encontrado a partir de los dos parámetros señalados es la demanda máxima coincidente, a este valor se suma la demanda por pérdidas técnicas, finalmente se divide para el factor de potencia para obtener la demanda de diseño del transformador.

En resumen este valor de demanda máxima coincidente es el valor de demanda máxima unitario obtenida a partir de las tablas realizadas a lo largo del capítulo IV.

Lo citado se define en la ecuación x

$$DD = \frac{(D_{max} + D_{Pérdidas técnicas})}{FP} \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

Donde:

$DD \rightarrow$ Demanda de Diseño

$D_{max} \rightarrow$ Demanda máxima coincidente

$D_{max} \rightarrow$ Demanda de pérdidas técnicas

$FP \rightarrow$ Factor de Potencia

Las tablas que especifican las demanda máxima coincidente basada en los estratos de consumo energético y número de usuarios se especifica en el anexo 12.

4.3 ANALIZAR LAS FASES Y TENSIONES A ALIMENTAR DICHAS INFRAESTRUCTURAS

Ya obtenida la potencia del transformador a utilizar en el centro de transformación, el proyectista debe analizar las fases y el voltaje de suministro que se conectaran en el transformador, como se mencionó en el capítulo III, la EEQ, ha elaborado un mapa en el cual se señala los niveles de voltaje dentro del área de concesión, con su respectiva nomenclatura, en la cual describe, numero de fases, neutro, y configuración de distribución.

Configuraciones presentes dentro del área de concesión de la EEQ.

- Lado de Medio Voltaje a 6,3 kV, presencia de tres conductores de fase tanto en circuito primario como secundario, neutro secundario independiente.

Relación de Transformación trifásica 6300 – 220/127 V.

Conexión Delta – Estrella.

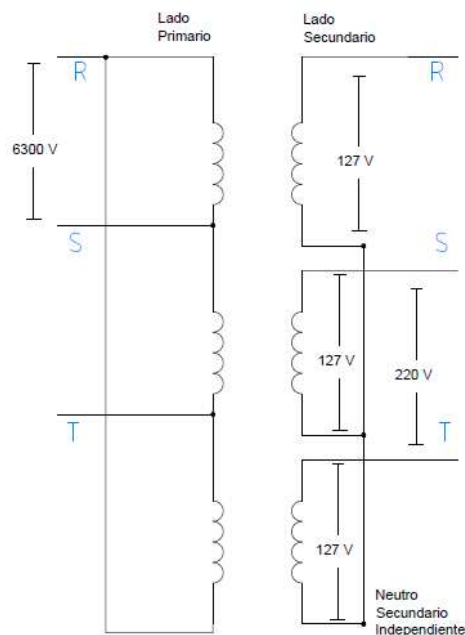


Figura 4.2. Conexión Delta Estrella con neutro secundario independiente 6300 – 220/127 V

- Lado de Medio Voltaje a 6,3 kV, presencia de dos conductores de fase tanto en circuito primario como secundario, neutro secundario independiente.

Relación de Transformación Monofásica 6300 – 240/120 V.

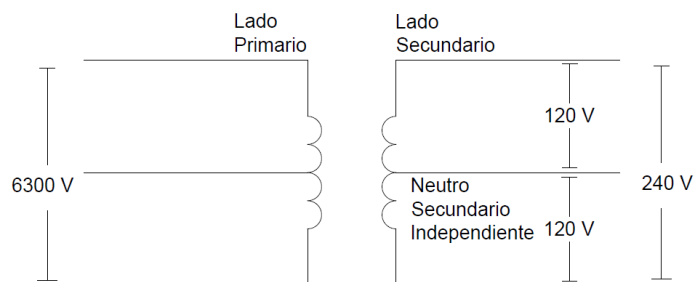


Figura 4.3. Conexión Monofásica con neutro secundario independiente 6300 – 240/120 V

- Lado de Medio Voltaje a 22.8 kV, presencia de tres conductores de fase tanto en circuito primario como secundario, neutro secundario continuo

Relación de Transformación trifásica 22860 – 220/127 V.

Conexión Delta – Estrella.

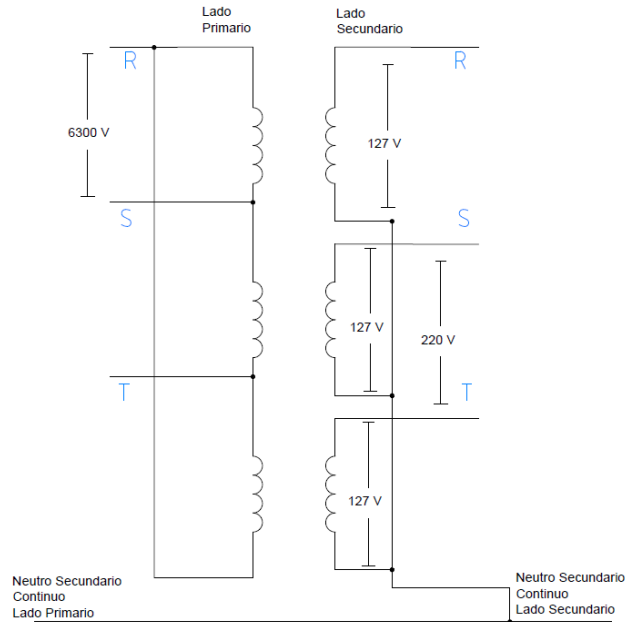


Figura 4.4. Conexión Delta Estrella con neutro secundario continuo 22860 – 220/127 V

- Lado de Medio Voltaje a 22.8 kV, presencia de dos conductores de fase tanto en circuito primario como secundario, neutro común con circuito primario. Relación de Transformación 22860 GRDY – 240/120 V.

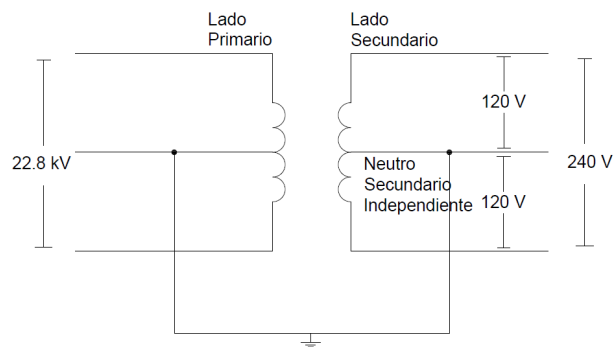


Figura 4.5. Conexión Monofásica con neutro común con circuito primario 22860 GRDY – 220/127 V

- Lado de Medio Voltaje a 13.2 kV, presencia de dos conductores de fase tanto en circuito primario como secundario, neutro común entre circuito primario y secundario.

Relación de Transformación 13200 GRDY – 240/120 V.

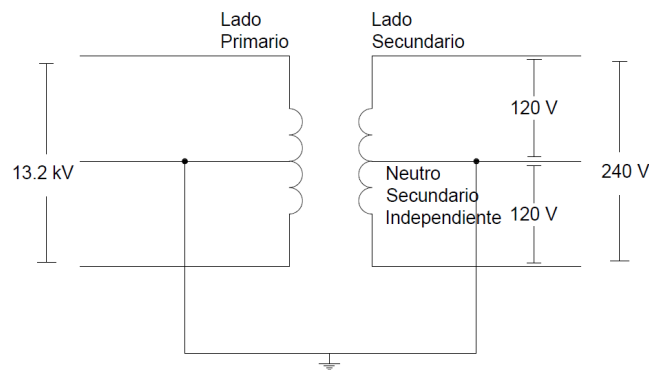


Figura 4.6. Conexión Monofásica con neutro común con circuito primario 22860 GRDY – 220/127 V

- Lado de Medio Voltaje a 13.2 kV, transformador monofásico (Fase Neutro), lado secundario a tres hilos.

Relación de transformación 13.2 kV – 240/120 V



Figura 4.7. Conexión Monofásica primario 13200 – 220/127 V

Dentro del diseño de referencia que se realiza, según el mapa suministrado, se presenta una red de distribución primaria de tres fases, en conexión delta a 6,3 kV, es decir que se realizará una conexión Delta – Estrella, con neutro independiente en el circuito secundario. (Anexo 8).

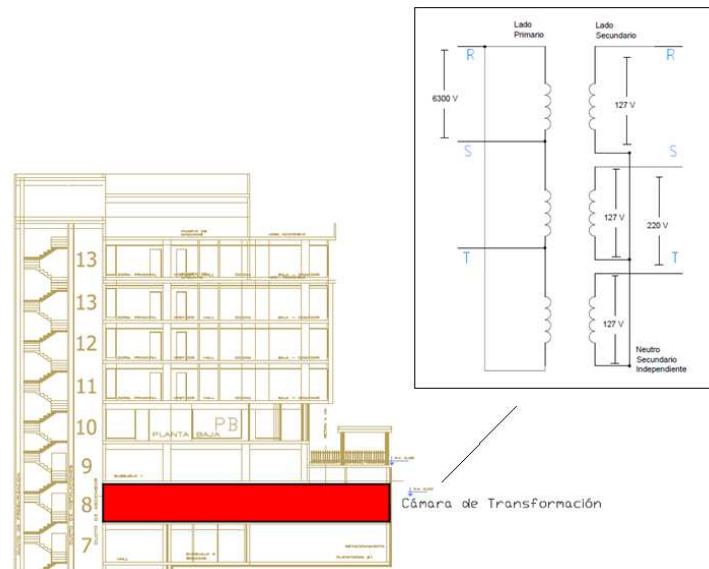


Figura 4.8. Conexión Monofásica con neutro común con circuito primario 22860 GRDY – 220/127 V

4.4 PROYECCIÓN DE FACTOR DE DEMANDA ELÉCTRICA, EN BASE A RESULTADOS DE DISEÑO REALIZADO Y A OTRAS IMPLEMENTACIONES REALIZADAS

El factor de proyección de consumo eléctrico se utilizaba constantemente en la mayoría de proyectos de centros de transformación, el inconveniente de utilizar las proyecciones de consumo energético es el alto sobredimensionamiento de transformadores.

Las recomendaciones de diseño que cita la EEQ, hace referencia a un factor de proyección de 10 años, haciendo que los proyectistas sobredimensionen altamente los transformadores, en ciertos casos los transformadores utilizaban el 40% del total de su potencia nominal. (Referencia Ing. Víctor Páez)

En el diseño inicial del transformador se sobredimensiona el transformador a utilizar, por lo que la EEQ, según consultas realizadas a los mismos no exige en la actualidad un diseño de centro de transformación con factor de proyección por las razones anteriormente señaladas.

Es decir en la actualidad se tiene un factor de proyección de consumo eléctrico de uno.

4.5 DISEÑO DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN ELECTRÓNICO CON EL FIN DE DISMINUIR EL RUBRO DE CONSUMO ENERGÉTICO

Control de iluminación 1

Dentro del control de iluminación en edificios residencial, los sistemas basados en sensores son los más comunes, el control señalado es empleado en áreas comunes para los residentes, es decir en el área de servicios generales (Áreas de esparcimiento, parqueaderos, corredores).

Lo que corresponde a áreas de esparcimiento se utiliza fotocélulas, de esta manera al disminuir los niveles de lumincidad en el transcurso día, la resistencia varia activando o desactivando las bobinas y por ende a las luminarias que se encuentran dentro del circuito. Las bobinas de activación de las luminarias se encuentran en valores de 110 V y 220 V.

La empresa eléctrica especifica las siguientes conexiones a 110 V y a 220 V

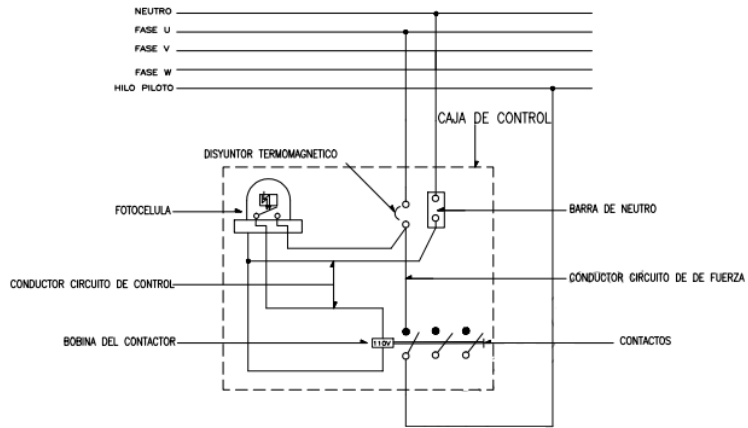


Figura 4.9. Control de iluminación – Hilo piloto controlado por contactor y célula fotoeléctrica – Bobina 110 V

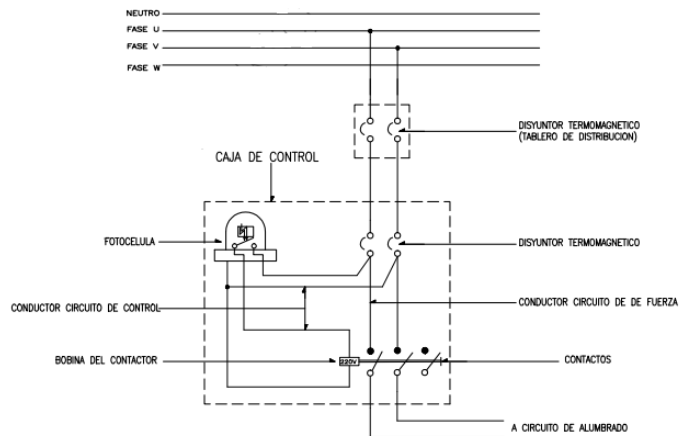


Figura 4.10. Control de iluminación – Hilo piloto controlado por contactor y célula fotoeléctrica – Bobina 220 V

Control de iluminación 2

En el área de estacionamientos o corredores, el rubro para consumo de iluminación era demasiado costoso especialmente es corredores ya que las luminarias permanecían encendidas durante todo el día, la solución es conectar en

serie con el circuito de iluminación sensores de presencia, de esta manera el encendido de luces se efectuará únicamente cuando sea necesario.

La tecnología que utilizan los sensores situados en estacionamientos son varias entre ellas la Tecnología PIR (Rayos Infrarrojos Pasivos), estos reaccionan a la detección de energía que emite un cuerpo humano, ya que diferencia el calor emitido con el espacio alrededor, Tecnología Ultrasónica, el sensor citado emite ondas de sonido ultrasónicas que rebotan en el alrededor, cuando alguna persona transita por el área estas rebotan con frecuencia diferente.

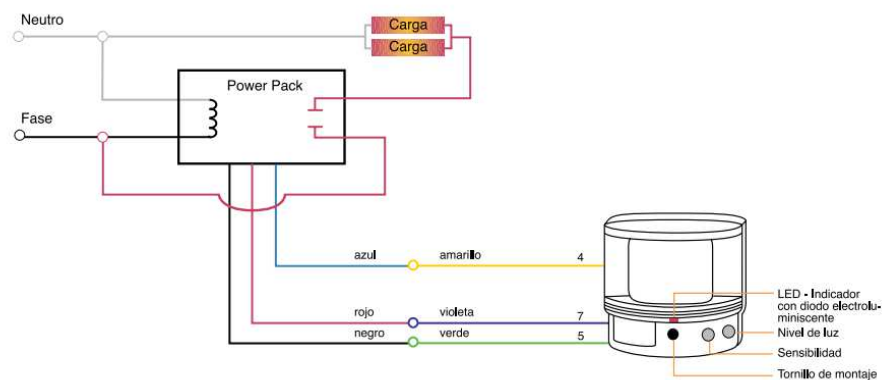


Figura 4.11. Diagrama de conexión de sensores para funcionamiento en estacionamientos

Control de iluminación 3

Como se constató en el capítulo III, la iluminación representa el 14.6% del total de consumo pico (Figura 3.12) para edificio de categoría de consumo C, por lo que se plantea un modelo de control de iluminación representado de la siguiente forma.

Se realizó la consulta de diseño de iluminación a la empresa Conextek S.A, la cual se especializa en proyectos domóticos, resaltando que domótica se refiere al conjunto de funciones y técnicas para el control, automatización y compartición de

información de viviendas unifamiliares, señalando que los edificios citados en el proyecto son residenciales se puede aplicar los parámetros técnicos ofertados por Conextek S.A. Se cita parámetros básicos de diseño domótico, ya que no es objetivo del presente proyecto realizar un diseño de control de iluminación:

- Previo a la implementación del control de iluminación se debe realizar los respectivos circuitos de iluminación, conformando de forma directa las diferentes áreas que se desea controlar p.e. (Pasillos, sala, comedor, baños, cocina, dormitorios, balcón).
- El sistema de iluminación se encuentra controlado bajo equipos de la marca MRX, específicamente el controlador MRX 10.



Figura 4.12. Controlador MRX 10

- El control de iluminación puede ser controlado por diferentes equipos ya sea Ipad, Iphone y teclados TRC-780.



Figura 4.13. Teclado TRC-780 – Ipad – Iphone

- La atenuación de la iluminación se ejecuta en función de la variación de frecuencia producida por Dimmers de marca Lutron.
- El software que utiliza la empresa en estas aplicaciones es el URC Accelerator, en el mismo, se cita las zonas en donde se requiere la iluminación.

Ver Anexo 10 - a

- Adherir todos los dispositivos que van a usar en el control que sean parte de la marca URC.

Ver Anexo 10 - b

- Insertar los elementos a emplearse que sean diferentes de la marca URC, buscando en las librerías del software como son:
 - Serial
 - Control por una vía
 - Control por dos vías

Cada una de las librerías tiene su categoría dependiendo la aplicación que se desea realizar, en este caso el control de iluminación por zonas, adicional se puede realizar aplicaciones para video y audio.

Ver Anexo 10 - c

- Indicar las salidas del controlador, hacia los dispositivos a controlar.

Ver Anexo 10 - d

- Configurar los parámetros de red del controlador, ya que el sistema ofrece posibilidad de monitoreo remoto.

Ver Anexo 10 - e

- Asignar zonas en las cuales se desea realizar el control.

Ver Anexo 10 - f

- Seleccionar los elementos de iluminación que se va usar en el control residencial, en este caso los dimmers, dependiendo de las zonas se asigna una dirección para cada uno de los circuitos.

Ver Anexo 10 - g

- Diseñar submenús para cada ambiente del departamento, sean estos la atenuación de iluminación, encendido o apagado.

Ver Anexo 10 - h

- Realizar la programación de cada elemento de iluminación según las características a cumplir.

Ver Anexo 10 - i

- Finalmente realizar la interfaz gráfica y descargar el programa hacia el controlador, con la cual nos permitirá conectador con los periféricos de control (Ipad, Teclado).

Ver Anexo 10 – j

4.6 CRITERIO PARA DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES

A lo largo del presente escrito se ha detallado los diferentes parámetros para el dimensionamiento de los transformadores a utilizar en las instalaciones eléctricas a realizar, en el presente ítem se resume los detalles técnicos mencionados.

Lado Primario		Lado Secundario	
Tensiones Nominales de Línea Primaria	6,3 kV	Tensiones Nominales de Línea Primaria	220 - 127 V
Conexión	Δ	Conexión	Y
Neutro	-	Neutro	Independiente
Frecuencia	60 Hz	Frecuencia	60 Hz
Regulación de Voltaje	3%	Regulación de Voltaje	3%
Factor de potencia	0,9	Factor de potencia	0,9
Potencia Aparente (W)	A calcular	Potencia Aparente (W)	A calcular

Tensiones Nominales de Línea Primaria	6,3 kV	Tensiones Nominales de Línea Primaria	240 - 120 V
Conexión	Monofásica	Conexión	Monofásica
Neutro	-	Neutro	Independiente
Frecuencia	60 Hz	Frecuencia	60 Hz
Regulación de Voltaje	3%	Regulación de Voltaje	3%
Factor de potencia	0,9	Factor de potencia	0,9
Potencia Aparente (W)	A calcular	Potencia Aparente (W)	A calcular

Tensiones Nominales de Línea Primaria	22,8 kV	Tensiones Nominales de Línea Primaria	220 - 127 V
Conexión	Δ	Conexión	Y
Neutro	Continuo Independiente	Neutro	Continuo de Lado Primario
Frecuencia	60 Hz	Frecuencia	60 Hz
Regulación de Voltaje	3%	Regulación de Voltaje	3%
Factor de potencia	0,9	Factor de potencia	0,9
Potencia Aparente (W)	A calcular	Potencia Aparente (W)	A calcular

Tensiones Nominales de Línea Primaria	22,8 kV	Tensiones Nominales de Línea Primaria	240 - 120 V
Conexión	Monofásica	Conexión	Monofásica
Neutro	Común	Neutro	Común
Frecuencia	60 Hz	Frecuencia	60 Hz
Regulación de Voltaje	3%	Regulación de Voltaje	3%
Factor de potencia	0,9	Factor de potencia	0,9
Potencia Aparente (W)	A calcular	Potencia Aparente (W)	A calcular

Tabla 4.25. Datos técnicos para dimensionamiento de transformadores

De forma adicional los productores de transformadores para las instalaciones indicadas deben garantizar el correcto funcionamiento en los siguientes ámbitos. Estos parámetros se encuentran establecidos por diferentes normas eléctricas y puestos a prueba bajo inspecciones de la EEQ.

- Rendimiento de transformador.
- Temperatura (Límites de calentamiento).
- Verificación de relación de Transformación.
- Relación de Fases.
- Soporte contra fallas eléctricas (Cortocircuitos).
- Valor nominal de potencia solicitado.
- Refrigeración de transformador.
- Aislamiento eléctrico.
- Ensayos mecánicos (Vibración de transformador).

En el Edificio Ibis del Moral III, en el cual se está realizando el diseño del centro de transformación, se cita los parámetros del transformador de la siguiente forma.

La instalación del transformador se realizará en el subsuelo 2 (Piso 8), en cuarto de transformación eléctrica, conforme se señala en el plano arquitectónico (Anexo 4). Los datos técnicos del transformador son los siguientes.

Lado Primario		Lado Secundario	
Tensiones Nominales de Línea Primaria	6,3 kV	Tensiones Nominales de Línea Primaria	220 - 127 V
Conexión	Δ	Conexión	Y
Neutro	-	Neutro	Independiente
Frecuencia	60 Hz	Frecuencia	60 Hz
Regulación de Voltaje	3%	Regulación de Voltaje	3%
Factor de potencia	0,9	Factor de potencia	0,9
Potencia Aparente (kVA)	75 kVA	Potencia Aparente (kVA)	75 kVA

Tabla 4.26. Datos técnicos de transformador Edificio Ibis del Moral III

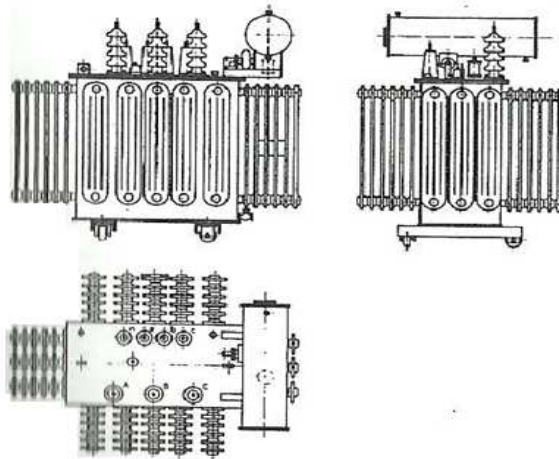


Figura 4.14. Transformador de Potencia con aislamiento de aceite

Planos de centro de instalación del Transformación (Anexo 8)

4.7 SELECCIÓN DE CONDUCTORES DE MEDIA Y BAJO VOLTAJE

La selección de los conductores a utilizar en la instalación eléctrica es un aspecto de similar importancia que el transformador a manejar, ya que el incorrecto

dimensionamiento del mismo puede ocasionar condiciones de falla o deficiente suministro eléctrico como cortocircuitos, sobrecargas, caídas de voltaje.

Para el escogimiento de los conductores a ser instalados se toma como referencia los siguientes parámetros:

- Corriente máxima de circulación por conductor.
- Caída de voltaje.
- Corriente máxima admisible en condiciones de falla (Corto circuitos).

En el caso de conductores de medio voltaje, la estructura de los mismos varia, ya que los campos eléctricos generados son mucho mayores que los de bajo voltaje, provocando así fallas como contactos entre conductores, descargas por estructuras metálicas.

Para garantizar el correcto funcionamiento de los dispositivos a conectar a la red eléctrica, un conductor de medio voltaje presenta las siguientes características:

- El blindaje de conductores de media deben estar conectados a tierra.
- Resistencia eléctrica de $3,3 \Omega/Km$ a una temperatura de 20°

Parámetro a tomar en cuenta son las pantallas protectores en los citados conductores, impidiendo la expansión al exterior de los campos magnéticos.



Figura 4.15. Estructura de conductor de medio voltaje

Cálculo de sección de pantalla protectora

$$S = \frac{I \cdot T^{0.5}}{K} \quad \text{Ecuación (4.4)}$$

Donde

$S \rightarrow$ Sección de Cobre de pantalla protectora (mm^2)

$I \rightarrow$ Corriente de cortocircuito por fase (A)

$T \rightarrow$ Tiempo de actuación de protecciones (seg)

$K \rightarrow$ Densidad máxima de corriente a 250°C es (Cobre 143), (Aluminio 94)

Verificación de Caída de Voltaje

Para circuito Trifásico

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos(\varphi) + X \cdot \text{sen}(\varphi)) \quad \text{Ecuación (4.5)}$$

Donde:

$\Delta V \rightarrow$ Caída de voltaje en %

$I \rightarrow$ Corriente

$L \rightarrow$ Longitud de línea en km

$R \rightarrow$ Resistencia de conductor

$X \rightarrow$ Reactancia

$\varphi \rightarrow$ Ángulo de fase voltaje – corriente

Para circuito Monofásico

$$\Delta V = 2 \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos(\varphi) + X \cdot \text{sen}(\varphi)) \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

Donde:

$\Delta V \rightarrow$ Caída de voltaje en %

I → Corriente

L → Longitud de línea en km

R → Resistencia de conductor

X → Reactancia

Respecto a las normas planteadas por la EEQ, se utiliza conductores de medio voltaje de acuerdo al voltaje de la línea de distribución, de donde se deriva la instalación a realizar, es decir voltajes de 6,3 kV, 13,2 kV y 22,5 kV. Pero es necesario recalcar que la empresa de distribución eléctrica plantea trabajar con un solo valor de voltaje para el total de las líneas de distribución (22,5 kV), por lo que el cable a utilizar en instalaciones actuales será de 25 kV.

Según consultas a varios ingenieros eléctricos el conductor a utilizar por su calidad en la implementación de centros de transformación son los conductores tipo XLPE.

Descripción de conductores XLPE

Cable de energía, conformado por un conductor suave de cobre, que se encuentra compactado entre varias capas concéntricas, “aislamiento termofijo de polietileno de cadena cruzada (XLPE)”⁴⁰, pantalla semiconductora extruida (“Estructura celular cerrada, que se utiliza como aislante térmico”⁴¹) sobre el aislamiento, presenta una pantalla metálica continua de plomo aplicada directamente sobre el material semiconductor, su aislamiento exterior es de PVC.

Datos Técnicos

⁴⁰ <http://www.viakon.com/pdf/categorias/10.pdf>

⁴¹ http://www.construmatica.com/construpedia/Poliestireno_Extruido

- Voltajes de operación entre fases de 5 a 35 kV.
- Temperaturas de operación en condiciones nominales 90°C, para operaciones de sobrecarga 130°C, en circunstancias de cortocircuito 250°C
- Calibres de conductores de cobre de 13,3mm² a 506,7 mm² (6 AWG a 1000 kcmil)
- Aislamiento XLPE

Aplicaciones

Se utiliza en distribución y alimentación en circuitos primarios

Ventajas

- Permite su instalación en lugares húmedos
- Mayor estabilidad térmica
- La pantalla metálica de plomo permite realizar conexiones de puesta a tierra, de esta forma preservar la integridad física del personal técnico.
- La cubierta exterior protege ante daños mecánicos en el momento de la instalación



Figura 4.16. Conductor XLPE de 25 kV

Citando los conductores de bajo voltaje se realiza el cálculo necesario, de esta forma encontrar la corriente del lado secundario del transformador, mediante la Ecuación 2.7.

Los cables a instalar en el lado secundario del transformador dependiendo de su emplazamiento presentados en la tabla 4.27 muestran recomendaciones de productores y distribuidores de dispositivos eléctricos.

Tabla guía para la selección de conductores de acuerdo al tipo de instalación										
TIPOS DE INSTALACIÓN	Tipos de conductores									
	TF	TW THW XHHW	TTU Potencia	NM	AT CT ST SJT TSJN	Instalación 105 °C	Potencia tripolares	Soldadura	Batería	SPT
Interiores en edificios.	X	X	X	X	--	--	--	--	--	--
Exteriores en edificios e industrias.	--	X	X	--	--	--	X	--	--	--
Interiores en paredes y tabiques.	--	--	--	X	X	--	--	--	--	X
Interiores donde se requiere flexibilidad.	--	--	--	--	X	--	--	--	--	X
Conexión de equipos de sonido, alarmas, timbres.	X	--	--	--	X	--	--	--	--	X

Tabla 4.27.Extracto de Tabla – “Guía de selección de conductores de acuerdo a tipo de instalación”⁴²

Para el edificio Ibis del Moral se cita los siguientes datos técnicos de conductores.

- **Acometida de Medio Voltaje**

Detallando los planos del Anexo 9, se ejecuta la acometida de medio voltaje desde el poste P1, ubicado sobre la calle S/N (Entrada Monteserrín), por medio de

⁴² <http://www.maresa.com/pdf/13%20conductores%20baja%20y%20media%20tension/p%2013-1%20conductores%20de%20baja%20tension.pdf>

cables unipolares de 25 kV con calibre número 2, hacia la cámara de transformación ubicada en el subsuelo 2, adicional para la conexión de tierra se presenta conductores de Cobre desnudos 2 AWG. Para el ingreso de conductores hacia el centro de transformación, se plantea la construcción de pozos en la acera cercana del poste de donde se distribuye la alimentación hacia el edificio.

- **Acometida de Bajo Voltaje**

La acometida de bajo voltaje empieza desde los conectores secundarios del transformador, para ello se utiliza conductores 3/0 AWG, este alimentador se conecta a un interruptor tipo caja moldeada, posteriormente a tableros de distribución principal, llegando hasta los tableros de medidores, la acometida de bajo voltaje se lo realiza a través de tuberías de PVC. La conexión de tierra se la realiza con conductores desnudos de número 2 AWG.

En el edificio donde se realiza el diseño de la instalación eléctrica, se presenta los datos a continuación

	Circuito Primario	Circuito Secundario
Conductor	3 x 2 AWG+ 2 AWG Desnudo – Conductor de 25 kV	3 X 3/0 TTU + 1 x 3/0 TTU + 2 AWG Desnudo

Tabla 4.28. Datos técnicos para dimensionamiento de conductores en circuito primario y secundario del transformador a usar en Edificio Ibis del Moral III

4.8 ESCOGIMIENTO DE PROTECCIONES ELECTRICAS DE MT Y BT

Las protecciones eléctricas cumplen un papel importante en la instalación, al asegurar la operación correcta de los dispositivos de los centros de transformación.

De manera similar que en el caso de los conductores se realizó las respectivas consultas proyectistas con experiencia en instalación de centros de transformación teniendo los datos a presentar para circuitos primarios:

Seccionador Fusible - Unipolar

“Dispositivo de seccionamiento manual sin corriente de carga, admite el corte de corrientes de valor limitado como aquellas de magnetización de transformadores de distribución; además el elemento fusible incorporado permite obtener una protección de sobre corriente.”⁴³

Dicho seccionador puede ser utilizado en redes aéreas como subterráneas.

La selección de seccionadores, se lo ejecuta en función del voltaje de suministro hacia la instalación, es decir se elige seccionadores para voltajes de 6,3kV, 13,2 kV y 22,5 kV, como ya se mencionó a lo largo del escrito, son voltajes de distribución que maneja la EEQ. Adicional el proyectista debe elegir las protecciones con valores nominales de voltaje para seccionadores, esto quiere decir:

Para voltajes de 6,3 kV y 13,2 KV se escogerá protecciones a 15 kV, valores menores a 15 kV no se encuentra en el mercado ecuatoriano

Voltajes de 22,5 kV se selecciona protecciones de 27 kV.

De manera similar como se destacó en el ítem anterior la EEQ, señala la necesidad del manejo de un solo nivel de voltaje (22,5 kV), por lo que lo seccionadores a escoger son de 27 kV

⁴³ Normas para sistemas de distribución Parte A - EEQ



Figura 4.17. Seccionador Fusible – Unipolar

Lo que respecta a los fusibles de protección se dimensiona en función de la Ecuación 4.6., teniendo como datos la potencia máxima del transformador y el voltaje de suministro de la red de medio voltaje.

Para circuitos secundarios en función de los resultados de corriente obtenidos de la Ecuación 4.7 se tiene la respectiva protección, que son interruptores termo magnéticos tipo caja moldeada.



Figura 4.18. Interruptor Automático Termo magnéticos Tipo Caja Moldeada – Marca Schneider Electric – 100 A

Para el edificio Ibis del Moral III, se presenta los siguientes datos respecto a protecciones eléctricas.

Protecciones de Medio Voltaje

El seccionador a ser usado en la instalación del centro de transformación es de 27 kV, el valor de voltaje manejado en el sector es de 6kV, pero por nuevas políticas de la EEQ, de un manejo de voltaje común de 22,5 kV, se dimensiona a 27 kV.

Lo que respecta a fusibles del seccionador se realiza el cálculo de corriente de fase a potencia máxima de transformador.

$$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$I = \frac{75 \text{ kVA}}{(\sqrt{3})(6,3 \text{ kV})}$$

$$I = 6,88 \text{ A}$$

Protección estándar a escoger de 10 A por fase.

Protecciones de Bajo Voltaje

De manera similar se dimensiona el interruptor termo magnético respecto al voltaje y potencia del circuito secundario del transformador

$$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$I = \frac{75 \text{ kVA}}{(\sqrt{3} \cdot 220 \text{ V})}$$

$$I = 197,05 \text{ A}$$

	Circuito Primario	Circuito Secundario
Protección	Seccionador Unipolar de 15 kV Bajo Carga con Fusibles de 15 A	Interruptor Tipo Caja Moldeada 3 Polos a 200 A

Tabla 4.29. Datos técnicos para dimensionamiento de protecciones, circuito primario y secundario del transformador – Edificio Ibis del Moral III

4.9 PLANTEAMIENTO DE OPCIONES DE SISTEMAS SCADA PARA MONITOREO DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Ya mencionado en el capítulo III, las diferentes ventajas de un sistema SCADA en un centro de transformación, se citara a continuación los parámetros necesarios para comenzar una implementación del mismo.

- Primero se realiza la instalación de transformadores de corriente, de esta manera poder realizar mediciones de forma más segura y exacta al transformador.

Se resalta que algunos transformadores de potencia incluyen su respectivo transformador de corriente por fase, caso contrario se debe realizar la respectiva

instalación de transformadores de corriente en el circuito secundario del transformador (Figura 4.15).

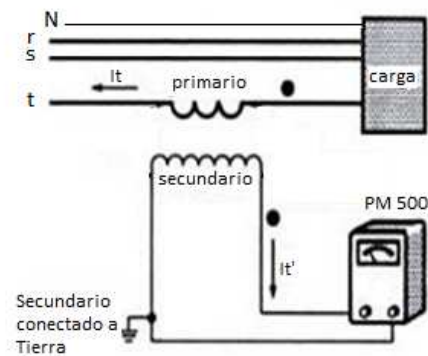


Figura 4.19. Conexión de Equipo de medición eléctrica PM 500

- Una vez ya instalado los transformadores de corriente, se procede a conectar el equipo de mediciones eléctrica.

Los equipos de mediciones eléctricas cumplen con la función de monitoreo de diferentes medidas de este tipo entre ellas corrientes de fase, voltajes de fase y línea, factor de potencia, además verifica las distintas variaciones eléctricas como armónicos en la red y caídas de voltaje. La ventaja de comunicación con otros dispositivos externos como computadores es una aplicación importante para realizar monitoreo a partir de interfaces gráficas realizadas en aplicaciones como InTouch.

En el mercado comercial se encuentran diversidad de equipos que cumplen con las funciones citadas anteriormente, para el presente proyecto se analiza la operabilidad del equipo PM 500

- Las respectivas conexiones hacia el equipo PM 500, requiere la instalación de sus respectivas protecciones sean estos interruptores termo magnéticos o fusibles.

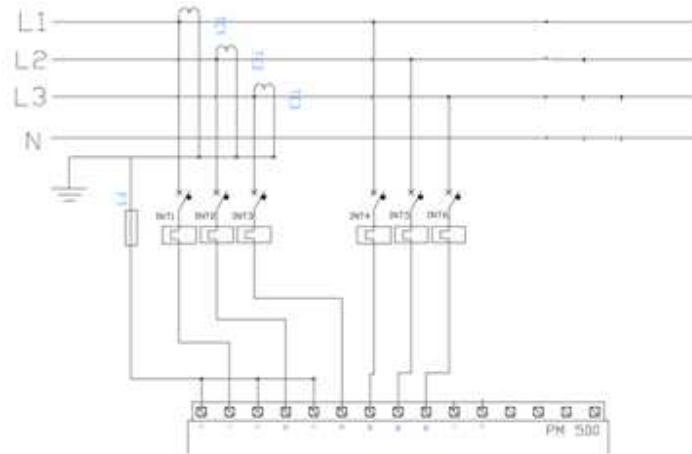


Figura 4.20. Diagrama de conexión – PM 500 a red eléctrica

- Una vez culminado las respectivas instalaciones y conexiones, se verifica la configuración el equipo.

Dados las características del equipo PM 500 (Anexo 5), la comunicación a realizar es vía RS-485 ModBus RTU (Enlace a dos hilos entre dispositivos), es decir se presenta un maestro, que es la estación central de monitoreo y los esclavos en este caso el dispositivo de medición (Figura 4.16).

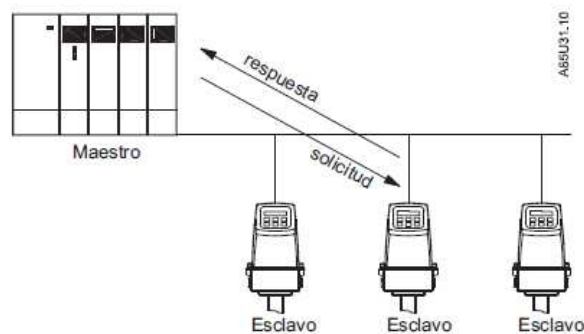


Figura 4.21. Conexión de configuración Maestro - Esclavo

Módulo de Comunicación RS485 ModBus

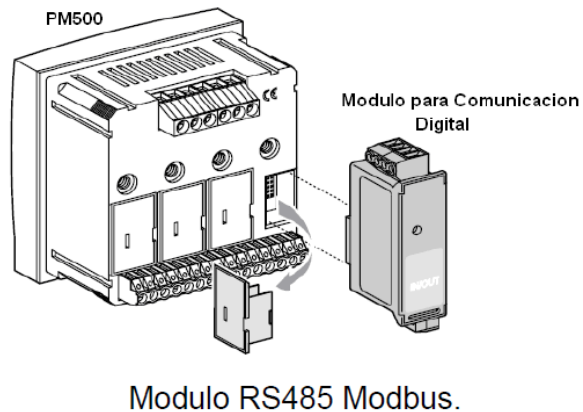


Figura 4.22. Módulo RS485 ModBus

- El cableado entre los dispositivos se realiza a través de cable FTP (Cable estructurado de par trenzado apantallado). Debido a las altas perturbaciones ocasionados por el transformador, se usa un cable FTP categoría 5 o 6, de esta manera disminuir la mayor cantidad de ruido en la transmisión de datos.
- De forma adicional se necesita un conversor digital RS 485 a RS 232, modificación necesaria para poder realizar la respectiva conexión al computador.
- La programación del respectivo monitoreo se lo realiza a través de InTouch, en esta parte se realiza el enlace entre el dispositivo PM 500 y el computador a través I/O Servers, complemento del enlace vía ModBus.

4.10 ESPECIFICACIONES DE PUESTA A TIERRA

En el capítulo III se especificó los tipos de suelo que se encuentran dentro del área de concesión eléctrica, dejando una referencia de resistividad eléctrica del

suelo, adicionalmente se presentó parámetros de riesgo para la integridad física de personas ante una posible descarga por estructuras metálicas no aterrizadas.

Utilizando estos antecedentes el presente ítem se enfoca a citar especificaciones para una instalación de puesta a tierra, la información a indicar se basa en diseños de puesta a tierra ya instalados, los mismos diseñados por ingenieros con experiencia en este tipo de instalación, adicional a información obtenida de varios textos referentes al tema.

Todos los centros de transformación están provistos de puesta a tierra con el objetivo de descarga corrientes de falla a tierra, de esta forma favorecer la eliminación se riesgo eléctrico hacia residentes y equipo técnico; además limitar los sobre voltajes que se producen en la instalación contribuyendo a la funcionalidad de los dispositivos conectados a la red, derivada del centro de transformación en cuestión.

- Previo a realizar los respectivos diseños de puesta a tierra, se toma mediciones de resistencia de mallas o varillas existentes, el método de medición se basa en el método de los 3 puntos, en el cual se tiene dos electrodos de medición, de voltaje y corriente, y adicionalmente la varilla de prueba la cual es donde se realiza la medición.

Como referencia se tiene la medición de puesta a tierra con el equipo de medición Earth Ground Resistance Tester Kit de la marca Extech Instruments (Figura 4.19.).



Figura 4.23. Medición de Resistencia de Tierra

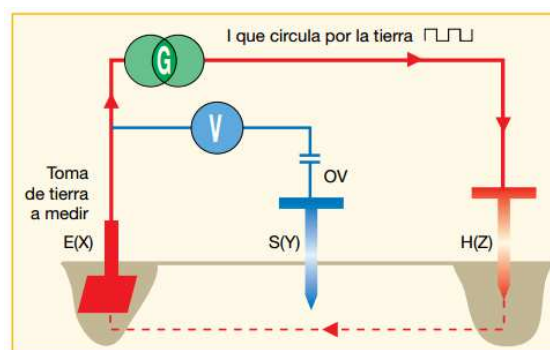


Figura 4.24. Diagrama de Conexión de Resistencia de Tierra

Se debe ejecutar varias mediciones alrededor de la malla o varilla de tierra, de esta forma obtener un promedio de medición de resistencia de puesta a tierra.

Los valores recomendados de resistencia de tierra deben ser menores a 2Ω

- Cuando no se presente malla de tierra es necesario efectuar la medición de resistividad del suelo, equipos como el GP-2 GEO TEST de la marca AMPROBE

cumplen con este cometido, el esquema de conexión para las correspondientes mediciones presenta cuatro puntos de conexión. (Figura 4.20).

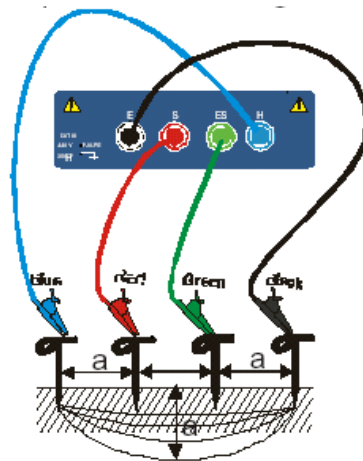


Figura 4.25. Diagrama de Conexión de Resistividad del Suelo

La distancia “a” de la Figura 4.21, señala la profundidad del suelo a la cual se está efectuando la medición, de manera similar a la resistencia de tierra se debe realizar varias mediciones para tener un promedio de medición final.

- Posteriormente de las respectivas mediciones, el cálculo de varilla de tierra es el siguiente paso a ejecutar (Varilla de Copperweld). Desde la ecuación 4.8 a la ecuación 4.11 que especifican las distintas configuraciones para diseño de puesta a tierra se obtienen a partir de consultas realizadas a la tesis “Proyecto de un Sistema de Puesta a Tierra Normalizada para centros de transformación en el sector del nuevo aeropuerto de Quito Parroquia de Tababela”

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left[\ln \left(\frac{2L}{a} \right) \right] \quad \text{Ecuación (4.9)}$$

Donde:

$R \rightarrow$ Resistencia de puesta a tierra

$\rho \rightarrow$ Resistencia del suelo en $\Omega.m$

$L \rightarrow$ Longitud de varilla

$a \rightarrow$ Radio de varilla

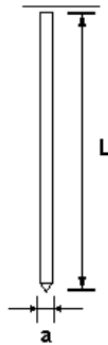


Figura 4.26. Varilla de Puesta a Tierra

Si el resultado de resistencia es alto, es necesario el uso de varillas en paralelo.

Para 2 varillas en paralelo se tiene la ecuación 4.10

$$R = \frac{\rho}{2} \cdot \left[0.404 + \frac{0.16}{S} \cdot \ln(1.31) \right] \quad \text{Ecuación (4.10)}$$

Donde:

$R \rightarrow$ Resistencia de puesta a tierra

$\rho \rightarrow$ Resistencia del suelo en $\Omega.m$

$S \rightarrow$ Longitud entre varillas de tierra

La distancia S debe ser mayor a la longitud L de la varilla.

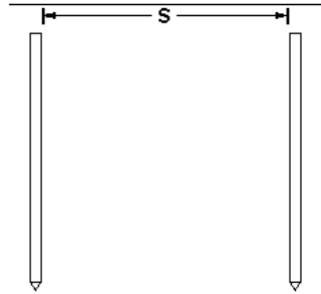


Figura 4.27. Configuración en paralelo de dos varillas de tierra

Para N electrodos en paralelo (Ecuación 4.11)

$$R = \frac{\rho}{N} \cdot \left[0.404 + \frac{0.16}{S} \cdot \ln(0.655 \cdot N) \right] \quad \text{Ecuación (4.11)}$$

Donde:

$R \rightarrow$ Resistencia de puesta a tierra

$\rho \rightarrow$ Resistencia del suelo en $\Omega \cdot m$

$S \rightarrow$ Longitud entre varillas de tierra

$N \rightarrow$ Número de varillas a instalar

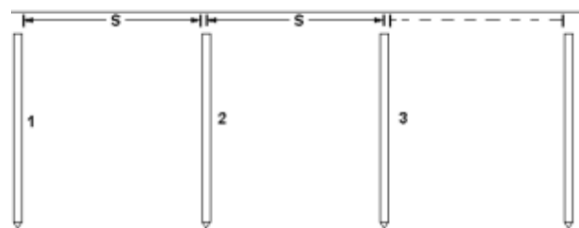


Figura 4.28. Configuración en paralelo de N varillas de Tierra

Para ubicación de electrodos en cada esquina del centro de transformación
(Ecuación 4.12)

$$R = 0.443 \cdot \frac{\rho}{\sqrt{A}} + \frac{\rho}{L} \quad \text{Ecuación (4.12)}$$

Donde:

$R \rightarrow$ Resistencia de puesta a tierra

$\rho \rightarrow$ Resistencia del suelo en $\Omega \cdot m$

$A \rightarrow$ Área total de instalación

$L \rightarrow$ Longitud de varillas

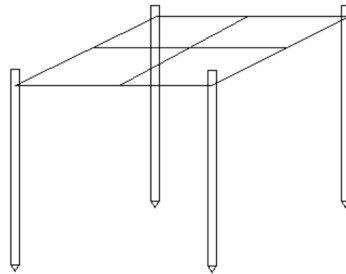


Figura 4.29. Configuración para un área seleccionada para puesta a tierra

Respecto al diseño que se realiza en el Edificio Ibis del Moral III, la puesta a tierra es un parámetro importante, para realizar el indicado diseño se debe verificar las dimensiones del área y perímetro en donde se va a efectuar la indicada instalación de protección eléctrica.

Área de instalación de centro de transformación: $15.25m^2$.

Perímetro de instalación de centro de transformación: 14,8 m.

Resistividad de suelo con tratamiento de suelo: 50 $\Omega \cdot m$.

Para la puesta a tierra se utiliza cuatro varillas de Copperweld de 1,8 m de longitud, la ubicación será en las esquinas del cuarto del generador.

El cálculo a realizar se toma como referencia a la ecuación 4.11.

$$R = \frac{\rho}{N} \cdot \left[0.404 + \frac{0.16}{S} \cdot \ln (0.655 \cdot N) \right]$$

$$R = \frac{50 \Omega m}{8} \cdot \left[0.404 + \frac{0.16}{2m} \cdot \ln (0.655 \cdot 8) \right]$$

$$R = 3,35 \Omega$$

La resistencia de la puesta a tierra diseñada es 3,35 Ω , la ubicación de las varillas se visualiza en el anexo 11.

Se citó adicionalmente el riesgo eléctrico al que se encuentran expuestos los residentes y equipo técnico ante diferentes condiciones de descarga de corrientes a tierra, por lo que el Anexo 7, señala distintas configuraciones de puesta a tierra, con voltajes de paso y contacto tolerantes para el cuerpo humano.

4.11 RAZONES POR LA CUAL SEA NECESARIA LA IMPLEMENTACIÓN DE PARARRAYOS EN FUNCIÓN DE NIVELES ISOCERÁUCOS DE LA CIUDAD Y A UBICACIONES DE LOS INMUEBLES.

Ya verificado los altos niveles isoceráucos en la ciudad de Quito, la instalación de protección contra descargas atmosféricas es necesaria.

Razones por el cual realizar la instalación de pararrayos se indica a continuación:

- Al revisar a detalle el resto de inmuebles alrededor de donde se está realizando la instalación del centro transformación, la presencia de pararrayos en lugares cercanos del edificio residencial es importante, ya que los mismos atraen descargas atmosféricas, decidiendo así la instalación o no de pararrayos.
- La constitución del terreno no es un factor predominante para la caída de rayos, estudios determinan que “Las zonas de impacto de rayos son aleatorias, aparecen registros de impacto en las piedras, en tierra seca o húmeda, en las cumbres de las montañas, en las laderas y valles”⁴⁴.
- Sobre las líneas de distribución, generan una señal de corriente de amplitud alta, que se propaga en la red, provocando una sobre voltaje en la red eléctrica.
- Voltajes de paso considerables, posibilidad de riesgo eléctrico a personas que circulan por el área de caída del rayo.
- Pueden generar voltajes de contacto peligrosos al no descargar toda la corriente del rayo hacía tierra.
- Contribuyen al aumento de resistividad del suelo, ya que las descargas eléctricas evaporan el agua aumentando la resistividad
- Los equipos eléctricos dentro de una misma infraestructura en donde se instalaron distintas referencias de tierra, tendrán riesgo de presentar arco eléctrico por los variados valores de potencial de tierra.
- Corrientes que no fueron absorbidas por la tierra, pueden retornar por los tomas de tierra ocasionando voltajes de paso y contacto peligrosas.

⁴⁴<http://www.pararrayos.info/pdf/rayos%20y%20sus%20efectos.pdf>

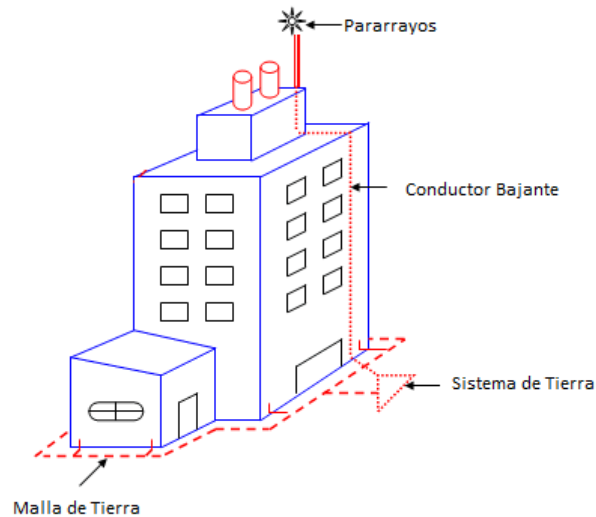


Figura 4.30. Esquema de Conexión de Pararrayos a malla de tierra

4.12 PARAMETROS DE OBRA CIVIL, PREVIO A LA IMPLEMENTACIÓN

Dentro de la instalación eléctrica a realizar en edificios residenciales, la obra civil tiene aspecto muy importante, ya que a partir de la misma la instalación eléctrica se realizara de forma correcta, segura y rápida.

- **Construcción de soporte para transformador**

Según consultas realizadas en la Cámara de Construcción de Quito y varias textos de parámetros de obra civil en centros de transformación se cita aspectos como, la construcción del cuarto del centro de transformación, si este no se encuentra integrado en la construcción del edificio se debe “calcular y construir todos los elementos de hormigón armado, tales como plintos, columnas, cadenas, vigas y losas. Además se considerará los elementos de hormigón simple tales como: fundamentos de equipo, canales de cables, rampas de acceso, gradas, pisos interiores, etc.

El transformador se montará sobre una base rodeada por un canal, de acuerdo a los planos particulares de cada caso, este canal debe llenarse de ripio lavado # 2. La construcción civil incluye también las paredes de la cámara con mampostería sólida, hormigón, o de ladrillo y mortero de cemento. La mampostería será de relleno y no de soporte”⁴⁵

- **Pozos**

La construcción de pozos debe ser especificada en la construcción civil del inmueble, la profundidad mínima de los ductos debe ser aproximadamente 0,5 m de profundidad según diferentes escritos como la página web <http://ductoselectricos.blogspot.com/>, además se debe especificar la respectiva nomenclatura de la construcción realizada.

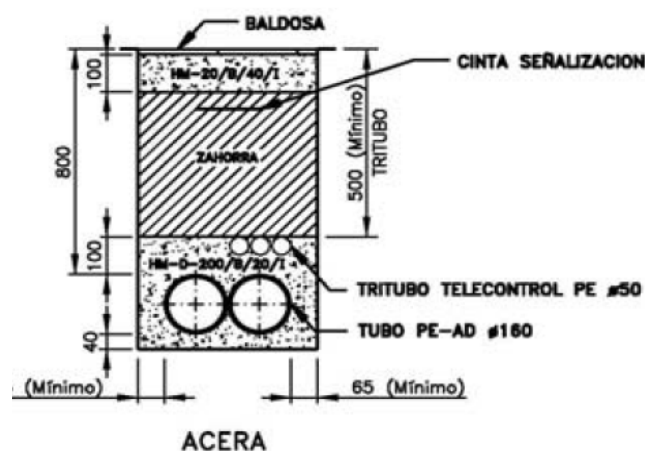


Figura 4.31. Esquema de Conexión de Pararrayos a malla de tierra

- **Ductos**

Lo que respecta a ductos se cita a las tuberías en la cual se va realizar las respectivas acometidas eléctricas, ya que el instalar un número excesivo de conductores puede ocasionar distintas condiciones negativas en la instalación resaltando el recalentamiento en los conductores.

⁴⁵http://www.camaraconstruccionquito.ec/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=130&Itemid=38&lang=es

Número Máximo de Conductores por Ducto (Tabla C11 de NTC 2050)												
CALIBRE	1/2 "		3/4 "		1"		1,5"		2"		3"	
	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN	THW o THW-2	THHN
14 AWG	11	16	18	27	31	44						
12 AWG	8	11	14	19	24	32						
10 AWG	6	7	10	12	18	20	38	44				
8 AWG	3	4	6	7	10	12	21	25	33	40		
6 AWG	1	3	3	5	6	8	13	18	20	28	45	64
4 AWG	1	1	2	3	4	5	9	11	15	17	33	39
2 AWG	1	1	1	1	3	3	7	8	11	12	24	28
1 AWG	1	1	1	1	1	2	5	6	7	9	17	21
1/0 AWG	1	1	1	1	1	2	4	5	6	8	14	17
2/0 AWG	0	1	1	1	1	1	3	4	5	6	12	14
3/0 AWG			1	1	1	1	3	3	4	5	10	12
4/0 AWG			1	1	1	1	2	3	4	4	9	10
250 kcmil					1	1	1	2	3	3	7	8
300 kcmil					1	1	1	1	2	3	6	7
350 kcmil					1	1	1	1	2	2	5	6
400 kcmil					1	1	1	1	1	2	5	5
500 kcmil					0	0	1	1	1	1	4	4
750 kcmil					0	0	1	1	1	1	3	3
1000 kcmil					0	0	1	1	1	1	1	2

Tabla 4.32. Datos técnicos para dimensionamiento conductores

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO DE IMPLEMENTACIÓN

5.1 EVALUACION ECONÓMICA DE TRANSFORMADORES

Dado que se está realizando un ejemplo de referencia de la indicada metodología, se señala precios del presente proyecto, la referencia de los precios son obtenidos de diferentes distribuidores eléctricos, por su seguridad no se indican las entidades de consulta de precios.

Instalación eléctrica a realizarse en el Edificio Ibis del Moral III

Dispositivo	Precio USD
Transformador de 75 KVA 6KV convencional	4.458,24

Tabla 5.1. Presupuesto Transformador

5.2 INDICACIONES PARA REALIZACION DE APERCIASIONES ECONÓMICAS DE CONDUCTORES DE BT Y MT A UTILIZARSE EN ESTAS INSTALACIONES

Lo que respecta a conductores se señala los siguientes precios, los valores monetarios a señalar varían respecto a varios parámetros como diseño, construcción civil (Distancias en pozos y ductos), precios de distribución.

Conductor	Unidad	Precio USD
Conductor Cu des No. 2 A	m	8,00
Conductor Cu No. 3/0AWG	m	10,00
Conductor Unipolar 25 KV No. 2	m	12,1

Tabla 5.1. Presupuesto Conductores

5.3 VERIFICACION ECONOMICA DE PROTECCIONES EN MEDIO Y BAJO VOLTAJE, EN DIFERENTES ELEMENTOS DE LOS MISMOS

Similarmente los precios de las diferentes protecciones varías respecto a voltaje y corriente de operación.

Protección	Unidad	Precio USD
Seccionador de barra 27 KV 200A	c/u	155,52
Fusible de 10 A	c/u	3,11
Breaker caja moldeada de 200A	c/u	240,00

Tabla 5.2. Presupuesto protecciones eléctricas

5.4 PROFORMA DE MATERIALES PARA IMPLEMENTACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Los materiales a utilizar en la instalación de puesta a tierra son los siguientes.

Material	Unidad	Precio USD
Varilla de Copperweld 1.8m	c/u	6,74
Suelda Cadwel	c/u	7,26

Tabla 5.3. Presupuesto protecciones eléctricas

5.5 BAJO REFERENCIAS DE PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCION, INDICAR UN VALOR APROXIMADO DE OBRA CIVIL

Material	Unidad	Precio USD
Ladrillo	c/u	0,19
Bloque de hormigón	c/u	0,44
Murete de piedra	c/u	0,46
Plancha de Zinc 1x6 metros	c/u	37

Tabla 5.4. Presupuesto de materiales de obra civil

CAPÍTULO VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 VERIFICACIÓN DE METODOLOGÍA REALIZADA, DE ACUERDO A DIFERENTES NORMAS ELÉCTRICAS

El presente escrito debe regirse a diferentes normas eléctricas, por lo que se señalara ítems en los cuales el presente proyecto se guio. Las principales fuentes de consulta son la EEQ y el Código Eléctrico Nacional.

6.1.1 TRANSFORMADOR

Lo que respecta a transformadores el dimensionamiento del mismo debe realizarse bajo normas que indica la EEQ, es decir manejar voltajes de 6,3 kV, 12 kV y 22,4 kV, sean estas las conexiones monofásicas o trifásicas.

TENSIÓN NOMINAL		Nº DE FASES	POTENCIA NOMINAL (kVA)
MT (kV)	BT (V)		
6,0	210 / 121	3	30; 50; 75; 100; 112,5; 125; 160; 250; 315
6,0	240 / 120	2	10; 15; 25; 37,5
22,8	210 / 121	3	30; 50; 75; 100; 112,5; 125; 160; 250; 315
22,8GRDY/13,2	240 / 120	1	5; 10; 15; 25; 37,5; 50
13,2GRDY/7,6	240 / 120	1	5; 10; 15; 25; 37,5; 50

Tabla 6.1. Especificaciones de transformadores según la EEQ

6.1.2 CONDUCTORES

De forma adicional los conductores de cobre dimensionados se encuentran en rangos dispuestos por la EEQ

		mm ²	AWG o MCM
Media Tensión 6,3, 13,2 y 22,8 kV	Máximo	152,01	300
	Mínimo	33,63	2
Red Secundaria	Máximo	152,01	300
	Mínimo	53,46	1/0

Tabla 6.2. Especificaciones de conductores según la EEQ

6.1.3 PROTECCIONES

Respecto a los parámetros establecidos por la EEQ respecto a protecciones, la presente metodología se encuentra dentro de los indicadores citados por dicha entidad.

TIPO DE INSTALACIÓN	TENSIÓN NOMINAL kV	DEMANDA MÁXIMA kVA	TIPO DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO	
Aérea	6,3	Sobre 800	Reconectador automático o seccionizador (Nota 1)	
	22,8	Sobre 1000		
	6,3	300-800	Seccionador tripolar para operación bajo carga	
	22,8	400-1000		
	6,3	Inferior a 300		Seccionadores – Fusibles
	22,8	Inferior a 400		
TIPO DE INSTALACIÓN	TENSIÓN NOMINAL kV	DEMANDA MÁXIMA kVA	TIPO DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO	
Subterránea	6,3	Sobre 400	Interruptor Automático o Seccionador Tripolar Bajo carga con fusibles (Nota 1)	
	22,8	Sobre 600	Interruptor Automático (Nota 1)	
	6,3	Inferior a 300	Interruptor Automático (Nota 1)	
	22,8	Inferior a 600	Seccionadores Fusibles (Nota 2)	

Tabla 6.3. Especificaciones de protecciones según la EEQ

6.1.4 PUESTA A TIERRA

En los sistemas de puesta a tierra se sigue los siguientes tratados

Se toma como referencia de normas a practicar al estudio de puesta a tierra, con nombre de proyecto “Análisis de puesta a Tierra de Primarios Urbanos de 22,8 kV y 6,3 kV de la EEQ S.A.”, el mismo que señala los siguientes ítems.

- “Para suelos con resistividad inferior a 100 Ω .m permite obtener un valor de RPT inferior a 25 Ω
- Para suelos con resistividad inferior a 200 Ω .m no permite obtener un valor de RPT inferior a 25 Ω

Se sugiere los siguientes mecanismos para reducir el valor de resistencia de puesta a tierra:

- Mejoramiento de suelo mediante el uso de geles químicos
- Inclusión de una varilla Copperweld a una separación de 2,5 m y 3,75 m.”⁴⁶

6.1.5 PARARRAYOS

Las especificaciones en pararrayos se basan en el mismo estudio ya indicado en el ítem 6.1.4, con los siguientes tratados:

- “Para efecto de que el pararrayos cumpla la función de descargar la corriente es necesario que el circuito este cerrado por la resistencia de puesta a tierra, lo cual produce una caída de potencial en esta, que incrementa el voltaje residual.
- El valor de resistencia de puesta a tierra del pararrayos deberá ser seleccionado de tal forma que no se sobrepase el margen de protección sugerido.

⁴⁶<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9917/1/2007AJIEE-17.pdf>

- El margen de protección de un equipo se encuentra entre 10% y 35%; utilizando los valores superiores para protección de descargas atmosféricas, y valores menores, para protección contra impulsos de maniobra.
- Al momento de la descarga, el pararrayos deberá proteger al sistema de una elevación de voltaje superior al nivel de aislamiento de los equipos.
- El voltaje de descarga del pararrayos, depende del valor en ohmios de la resistencia no lineal en el instante en que la corriente de descarga es máxima; al igual que la caída de voltaje presentada en la resistencia de puesta a tierra⁴⁷.

⁴⁷ <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9917/1/2007AJIEE-17.pdf>

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Se verificó la utilización de sistemas trifásicos ya que sus ventajas son destacables para el suministro eléctrico en comparación a los sistemas monofásicos, tanto técnica como económicamente,
- Es importante ejecutar el respectivo análisis de cargas (Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso) en edificios residenciales, para que de esta manera no sobre dimensionar el transformador a utilizar, ahorrando así en costos y tiempo de instalación.
- La metodología realizada constató el alto consumo energético que utilizan ciertos estratos socio-económicos, comprobando de esta manera la estratificación realizada por la EEQ y la instalación eléctrica que esto conlleva.

- A lo largo del desarrollo del presente proyecto se comprobó las ventajas de los centros de transformación, entre ellas las pérdidas energéticas mínimas, mayor aislamiento entre la red de bajo y medio voltaje, y la confiabilidad que este tipo de instalación presenta.
- El presentar parámetros básicos de monitoreo de centros de transformación, inicia la pauta para nuevos proyectos de tesis enfocados a monitoreo y control de centros de transformación, en ítems importantes como consumo energético excesivo, desbalance de fases (Voltaje y corriente) y factor de potencia.

7.2 RECOMENDACIONES

- Para el dimensionamiento de transformadores a instalarse en sitios de consumo energético alto, los factores de simultaneidad deben ajustarse a este estrato social (Valores entre 60 % y 70 %), para evitar así una posible sobrecarga en el transformador instalado.
- Verificar la instalación de equipos con factor de potencia bajo como motores y focos ahorradores, ya que su uso a grandes cantidades conlleva a un bajo rendimiento del transformador, adicional al incremento de energía a consumir.
- Aterrizar las diferentes estructuras metálicas del centro de transformación, puede evitar descargas peligrosas hacia personal técnico y residentes.

- Efectuar la instalación de Sistemas Scada permitirá monitorear consumos excesivos de energía, de esta forma detectar a usuarios con consumos derrochadores de energía en varios intervalos del día, semana o mes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Camara Construccion Quito*. (s.f.). Recuperado el 12 de Julio de 2012, de http://www.camaraconstruccionquito.ec/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=130&Itemid=38&lang=es
2. Chapman, S. J. (2000). *Maquinas Eléctricas*. Buenos Aires: McGraw Hill.
3. Edison, M. (2010). *EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES*. Quito : Tesis de Ingeniería -EPN.
4. *Energía Nuclear*. (s.f.). Recuperado el 14 de Agosto de 2012, de http://energia-nuclear.net/es/como_funciona/fusion_nuclear.html#.UHDh_Ji8_XA
5. Espinosa. (s.f.). Recuperado el 5 de Abril de 2012, de <http://cipotato.org/region-quito/congresos/ii-congreso-ecuatoriano-de-la-papa/presentaciones/jespinoza.pdf>
6. Feito, J. S. (2002). *Máquinas Eléctricas*. Buenos Aires: Prentice Hall.
7. Francisco, B. (2004). *écnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. México: Zuñiga.
8. *General Cable*. (s.f.). Recuperado el 5 de Septiembre de 2012, de <http://www.generalcable.es/>

-
9. Irving L, K. (1991). *Maquinas Eléctricas*. México: Prentice Hall.

 10. Kothari, D. P. (2008). *Sistemas Eléctricos de Potencia*. Madrid: McGraw Hill - Interamericana.

 11. Leonardo. (s.f.). Recuperado el 15 de MARZO de 2012, de http://www.leonardo-energy.org/espanol/lee-guia_calidad/guia%20calidad%203-1-1%20armonicos%20-%20interarmonicos.pdf

 12. Peñaherrera. (2007). *Automatización de subestaciones e integración de sistemas Scada*. Quito: Tesis de Ingeniería EPN.

 13. *Programa Casa Segura*. (s.f.). Recuperado el 1 de Septiembre de 2012, de http://www.programacasasegura.org/pe/img/File/pdfs/presentacion_interruptores_de_proteccion.pdf

 14. Rangel. (11 de Mayo de 2009). Recuperado el 12 de Febrero de 2012, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1760/1/6213R196.pdf>

 15. Rodriguez. (s.f.). Recuperado el Junio de Abril de 2012, de <http://www.pararrayos.info/pdf/rayos%20y%20sus%20efectos.pdf>

 16. *Scribd*. (s.f.). Recuperado el 23 de Octubre de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/69636665/MUESTREO>

 17. Serbán, E. B. (2000). *Instalaciones Eléctricas Básicos y Diseños*. Madrid: Ediciones Alfaomega.

18. *Trifasicos*. (s.f.). Recuperado el 17 de Agosto de 2012, de <http://www.trifasicos.com/wp/porque-se-usan/>

19. Viqueira. (1975). *Redes Eléctricas*. Mexico: Repres. y ser. ing.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Sistema Eléctrico de Potencia.....	10
Figura 2.2.Sistema Trifásico Balanceado.....	15
Figura 2.3. Sistema Trifásico en Estrella.....	16
Figura 2.4. Diagrama Fasorial - Conexión en estrella.....	16
Figura 2.5. Conexión Estrella.....	19
Figura 2.6. Conexión Trifásica en Delta.....	20
Figura 2.7. Diagrama Fasorial–Conexión Delta.....	21
Figura 2.8. Red Eléctrica en medio y bajo voltaje.....	23
Figura 2.9. Transporte de energía eléctrica en conexión estrella y delta.....	25
Figura 2.10. a) Conexión trifásica a tres hilos –b) Conexión monofásica a dos hilos.....	27
Figura 2.11. Conexión a tres hilos - Conexión a cuatro hilos.....	30
Figura 2.12. Transformador.....	33
Figura 2.13. Circuito equivalente de transformador real.....	34
Figura 2.14. Flujo Mutuo en el núcleo del transformador.....	35
Figura 2.15. Corriente en bobinado primario y secundario.....	37
Figura 2.16.Taps en conexión de transformadores a red eléctrica.....	41
Figura 2.17. a) Transformación Trifásica con 3 transformadores Monofásicos – b) Transformador Trifásico con único núcleo.....	42
Figura 2.18. Conexión Delta - Estrella.....	43
Figura 2.19. Configuración de conexión eléctrica en esquema radial y bucle abierto.....	45
Figura 2.20. Seccionador de cuchillas giratorias.....	47
Figura 2.21. Partes de seccionadores.....	48

Figura 2.22. Seccionador de Puesta a Tierra	48
Figura 2.23. Aislador de Exteriores	49
Figura 2.24. Disyuntor de dos fases.....	50
Figura 2.25. Calibre de Alimentadores	51
Figura 2.26. Malla de Tierra	53
Figura 2.27. Pararrayos.....	56
Figura 2.28. Diagrama de corriente nominal afectada por factor de potencia.....	58
Figura 2.29. Arranque de Motor por resistencia estática o reactor.....	61
Figura 2.30. Velocidad de motor vs Corriente en diferentes arranques de motores	61
Figura 2.31. Arquitectura de monitoreo y control de CT, en base a IED	66
Figura 3.1. Edificio BairesParc (Juan Severino entre Diego de Almagro y Av. 6 de Diciembre)	70
Figura 3.2. Edificio MEI (República del Salvador y Suecia)	70
Figura 3.3. Selección de Muestras	73
Figura 3.4. Conjunto Habitacional La Bretaña.....	74
Figura 3.5. Conjunto Habitacional Terrazas del Dorado.....	74
Figura 3.6. Edificio Ibis del Moral II	75
Figura 3.7. Edificio Torres de Alvear Sur.....	75
Figura 3.8. Conexión Delta - Estrella.....	80
Figura 3.9. Suministro de acometida trifásica hacia departamento perteneciente a edificio Torres de Alvear Sur.....	83
Figura 3.10. Demanda eléctrica ecuatoriana - Periodo 1998-2010	86
Figura 3.11 .Demanda eléctrica (Día laboral) – Conjunto Terrazas del Dorado Bloque B (Número de observaciones 20)	88
Figura 3.12. Demanda eléctrica (Fin de Semana) – Conjunto Terrazas del Dorado Bloque2 (Número de observaciones 20)	88

Figura 3.13. Demanda eléctrica (Día laboral) – Conjunto La Bretaña Bloque (Número de observaciones 15)	92
Figura 3.14. Demanda eléctrica (Fin de Semana) – Conjunto La Bretaña Bloque 15 (Número de observaciones 15)	92
Figura 3.15. a) Motor Eléctrico Mitsubishi Modelo SB-JRF. b) Placa Técnica de Motor	96
Figura 3.16. Motor Eléctrico marca Orona.....	97
Figura 3.17. “Gráfica Corriente de arranque vs tiempo – Ascensores Orona”	97
Figura 3.18. Iluminación en edificios residenciales	98
Figura 3.19. Forma de onda de corriente de foco ahorrador.....	99
Figura 3.20. Señal de corriente respecto a señal de voltaje en focos ahorradores	99
Figura 3.21 Conexión de Impedancias en departamentos	103
Figura 3.22. Triángulo de Potencia	103
Figura 3.23. Consumo de Potencia en iluminación Fluorescente – Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado	112
Figura 3.24. Consumo de Potencia en iluminación Incandescente – Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado	112
Figura 3.25. Consumo de Potencia en iluminación – Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado.....	113
Figura 3.26. Consumo de Potencia en iluminación Departamento – Edificio Torres De Alvear Sur.....	115
Figura 3.27. Diagrama de Bloques –Variador de Frecuencia.....	116
Figura 3.28. Generación de Armónicos en circuito de acoplamiento de corriente continua	117
Figura 3.29. Tablero de distribución principal – Bloque 15 – La Bretaña	118
Tabla 3.38. Verificación de caída de voltaje en Conjunto La Bretaña	119
Figura 3.30. Tablero de distribución principal – Domicilio Proyectista.....	119
Tabla 3.39. Verificación de caída de voltaje en Domicilio de Proyectista	120
Figura 3.31. Tablero de distribución principal – Conjunto Terrazas del Dorado	120

Figura 3.32 Tipo de suelos dentro del área analizada (Quito y alrededores) – Fuente Mapa Geológico facilitado por INAMHI	122
Figura 3.33. Resistividad de terrenos en función de la humedad del suelo	125
Figura 3.34. Resistividad de terrenos en función de temperatura	125
Figura 3.35. Variación de voltaje en área de instalación de puesta a tierra	126
Figura 3.36. Voltaje de Paso – Voltaje de Contacto	127
Figura 3.37. Corriente que recorre un cuerpo vs Tiempo.....	128
Figura 3.38. Estructuras metálicas aterrizadas	130
Figura. 3.39. Mapa isocerámico del Ecuador – Fuente INAMHI.....	131
Figura 3.40. Corriente que recorre un cuerpo vs Tiempo.....	133
Figura 3.41. Medio PM 500	134
Figura 4.1. Transformador en Instalación Residencial	135
Figura 4.2. Conexión Delta Estrella con neutro secundario independiente 6300 – 220/127 V	166
Figura 4.3. Conexión Monofásica con neutro secundario independiente 6300 – 240/120 V	166
Figura 4.4. Conexión Delta Estrella con neutro secundario continuo 22860 – 220/127 V	167
Figura 4.5. Conexión Monofásica con neutro común con circuito primario 22860 GRDY – 220/127 V	167
Figura 4.6. Conexión Monofásica con neutro común con circuito primario 22860 GRDY – 220/127 V	168
Figura 4.7. Conexión Monofásica primario 13200 – 220/127 V.....	168
Figura 4.8. Conexión Monofásica con neutro común con circuito primario 22860 GRDY – 220/127 V.....	169
Figura 4.9. Control de iluminación – Hilo piloto controlado por contactor y célula fotoeléctrica – Bobina 110 V	171
Figura 4.10. Control de iluminación – Hilo piloto controlado por contactor y célula fotoeléctrica – Bobina 220 V	171

Figura 4.11. Diagrama de conexión de sensores para funcionamiento es estacionamientos	172
Figura 4.12. Controlador MRX 10.....	173
Figura 4.13. Teclado TRC-780 – Ipad – Iphone	173
Figura 4.14. Transformador de Potencia con aislamiento de aceite.....	178
Figura 4.15. Estructura de conductor de medio voltaje	179
Figura 4.16. Conductor XLPE de 25 kV	182
Figura 4.17. Seccionador Fusible – Unipolar	186
Figura 4.18. Interruptor Automático Termo magnéticos Tipo Caja Moldeada – Marca Schneider Electric – 100 A.....	186
Figura 4.19. Conexión de Equipo de medición eléctrica PM 500	189
Figura 4.20. Diagrama de conexión – PM 500 a red eléctrica.....	190
Figura 4.21. Conexión de configuración Maestro - Esclavo	190
Figura 4.22. Módulo RS485 ModBus	191
Figura 4.23. Medición de Resistencia de Tierra	193
Figura 4.24. Diagrama de Conexión de Resistencia de Tierra.....	193
Figura 4.25. Diagrama de Conexión de Resistividad del Suelo.....	194
Figura 4.26. Varilla de Puesta a Tierra.....	195
Figura 4.27. Configuración en paralelo de dos varillas de tierra.....	196
Figura 4.28. Configuración en paralelo de N varillas de Tierra.....	196
Figura 4.29. Configuración para un área seleccionada para puesta a tierra	197
Figura 4.30. Esquema de Conexión de Pararrayos a malla de tierra	200
Tabla 5.1. Presupuesto Transformador	203
Tabla 5.1. Presupuesto Conductores	204
Tabla 5.2. Presupuesto protecciones eléctricas	204
Tabla 5.3. Presupuesto protecciones eléctricas	205
Tabla 5.4. Presupuesto de materiales de obra civil.....	205

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Estrato de consumo según la EEQ.....	78
Tabla 3.2. Extracto de Lista de artefactos típicos para residencia – Ing. Fausto Ludeña docente ESPE	79
Tabla 3.3. Cargas Típicas de aparatos eléctricos – Normas para sistemas de distribución EEQ.....	79
Tabla 3.4. Cargas Eléctrica de Fuerza Departamento 22, Bloque 15, Conjunto La Bretaña	81
Tabla 3.5. Cargas Eléctrica de Iluminación Departamento 308, Bloque B, Conjunto Terrazas del Dorado	82
Tabla 3.6. Circuitos especiales en Departamento 308, Bloque B, Conjunto Terraza del Dorado	82
Tabla 3.7. Cargas Eléctrica Instalada en Departamento 308, Bloque B, Conjunto Terraza del Dorado	82
Tabla 3.8. Cargas Eléctrica de Fuerza Departamento 22, Bloque 15, Conjunto La Bretaña	84
Tabla 3.9. Cargas Eléctrica de Iluminación Departamento 22, Bloque 15, Conjunto La Bretaña	84
Tabla 3.10. Circuito especial en Departamento 22, Bloque 15, Conjunto La Bretaña	85
Tabla 3.11. Cargas Eléctrica Instalada Departamento 22, Bloque 15, Conjunto La Bretaña	85
Tabla 3.12. Factor de frecuencia de uso individual – Departamento 308 – Conjunto Terrazas del Dorado	90

Tabla 3.13. Factor de frecuencia de uso – Factor de coincidencia - Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado	91
Tabla 3.14. Factor de frecuencia de uso individual – Departamento 22 – Conjunto la Bretaña.....	93
Tabla 3.15. Factor de frecuencia de uso – Factor de coincidencia - Bloque 15 – Conjunto La Bretaña	94
Tabla 3.16. Características técnicas Motor Mitsubishi Modelo SB-JRF	95
Tabla 3.17. Características técnicas Motor Orona Modelo SB-JRF	96
Tabla 3.18. Datos Técnicos en instalación de motor para ascensor	98
“Tabla 3.19. Características eléctricas de los focos ahorradores utilizados en el plan de sustitución masiva”.....	100
Tabla 3.20. Características eléctricas de los focos ahorradores en su mayoría utilizados en conjunto Terrazas del Dorado – Datos Obtenidos de especificaciones técnicas de los respectivos productos	101
Tabla 3.21. Características técnicas de electrodomésticos – Departamento 308 – Conjunto Terrazas Del Dorado	102
Tabla 3.22. Factores Eléctricos – Departamento 308 – Conjunto Terrazas Del Dorado	104
Tabla 3.23. Factor de potencia aparente Total - Factor de Potencia Total – Departamento 308 – Conjunto Terrazas del Dorado.....	105
Tabla 3.24. Potencia Activa y Aparente – Factor de Potencia por departamentos – Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado	105
Tabla 3.25. Factores eléctricos – Equipos de Servicios Generales - Conjunto Terrazas Del Dorado.....	106
Tabla 3.26. Potencia aparente Total - Factor de Potencia Total – Servicios Generales – Conjunto Terrazas del Dorado	106
Tabla 3.27. Parámetros técnicos luminaria tipo dicroico	106
Tabla 3.28. Parámetros técnicos luminaria fluorescente.....	107
Tabla 3.29. Potencia Activa y Aparente – Departamento – Edificio Torres de Alvear Sur	108
Tabla 3.30. Factor de potencia aparente Total - Factor de Potencia Total – Departamento – Torres de Alvear Sur.....	108

Tabla 3.31. Factores eléctricos – Equipos de Servicios Generales – Edificios Torres De Alvear Sur	109
Tabla 3.32. Detalle de Cargas de departamento perteneciente a conjunto Torres de Alvear Sur.....	109
Tabla 3.33. Porcentaje de uso de luminarias en Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado.....	111
Tabla 3.34. Parámetros técnicos de luminarias fluorescentes	111
Tabla 3.35. Parámetros técnicos de luminarias incandescentes.....	111
Tabla 3.36. Porcentaje de uso de luminarias en Departamento de muestra – Torres de Alvear Sur	114
Tabla 3.37. Parámetros técnicos destacables en luminarias - Departamento de muestra – Torres de Alvear Sur.....	114
Tabla 3.38. Verificación de caída de voltaje en Conjunto La Bretaña	119
Tabla 3.39. Verificación de caída de voltaje en Domicilio de Proyectista.....	120
Tabla 3.40. Verificación de caída de voltaje en Conjunto Terrazas del Dorado	121
Tabla 3.41. Resistividad en arcilla.....	123
Tabla 3.42 Resistividad en rocas	124
Tabla 3.43. Resistividad en rocas compactas	124
Tabla. 3.44 Parámetros técnicos de transformador usado en centro de Transformación Edificio Ibis de Moral II	133
Tabla 4.1. Clasificación de Departamentos Tipo en Edificio Ibis del Moral III	140
Tabla 4.2. Departamento Tipo 1 – Edificio Ibis del Moral III	142
Tabla 4.3. Departamento Tipo 2 – Edificio Ibis del Moral III	143
Tabla 4.4. Departamento Tipo 3 – Edificio Ibis del Moral III	144
Tabla 4.5. Departamento Tipo 4 – Edificio Ibis del Moral III	145
Tabla 4.6. Servicios Generales – Edificio Ibis del Moral III.....	146
Tabla 4.7. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Conjunto Terrazas del Dorado – Bloque B	147
Tabla 4.8. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Conjunto La Bretaña – Bloque 15.....	148

Tabla 4.9. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 1	149
Tabla 4.10. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 2	150
Tabla 4.11. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 3	151
Tabla 4.12. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 4	152
Tabla 4.13. Factor de Simultaneidad y Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III – Servicios Generales	153
Tabla 4.14. Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 1	155
Tabla 4.15. Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 2	156
Tabla 4.16. Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 3	157
Tabla 4.17. Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria – Edificio Ibis del Moral III – Departamento Tipo 4	158
Tabla 4.18. Carga Instala Representativa – Demanda Máxima Unitaria – Edificio Ibis del Moral III – Servicios Generales.....	159
Tabla 4.19. Factor de Diversidad	160
Tabla 4.20. Demanda de Diseño – Departamento Tipo 1 – Edificio Ibis del Moral III	162
Tabla 4.21. Demanda de Diseño – Departamento Tipo 2 – Edificio Ibis del Moral III	162
Tabla 4.22. Demanda de Diseño – Departamento Tipo 3 – Edificio Ibis del Moral III	163
Tabla 4.23. Demanda de Diseño – Departamento Tipo 4 – Edificio Ibis del Moral III	163
Tabla 4.24. Demanda de Diseño – Servicios Generales – Edificio Ibis del Moral III.....	168
Tabla 4.25. Datos técnicos para dimensionamiento de transformadores	177
Tabla 4.26. Datos técnicos de transformador Edificio Ibis del Moral III	178

Tabla 4.27.Extracto de Tabla – “Guía de selección de conductores de acuerdo a tipo de instalación”.....	183
Tabla 4.28. Datos técnicos para dimensionamiento de conductores en circuito primario y secundario del transformador a usar en Edificio Ibis del Moral III	184
Tabla 4.29. Datos técnicos para dimensionamiento de protecciones, circuito primario y secundario del transformador – Edificio Ibis del Moral III	188
Tabla 4.30. Datos técnicos para dimensionamiento conductores	202
Tabla 5.1. Presupuesto Transformador	203
Tabla 5.1. Presupuesto Conductores	204
Tabla 5.2. Presupuesto protecciones eléctricas	204
Tabla 5.3. Presupuesto protecciones eléctricas	205
Tabla 6.1. Especificaciones de transformadores según la EEQ.....	207
Tabla 6.2. Especificaciones de conductores según la EEQ	207
Tabla 6.3. Especificaciones de protecciones según la EEQ	208

GLOSARIO

EEQ: Empresa Eléctrica Quito

DC: Corriente Directa

AC: Corriente Alterna

DYn: Conexión Delta estrella con neutro

GRDY: Conexión en estrella con neutro

CI: Carga Instalada

CIR: Carga Instalada Representativa

FS: Factor de Simultaneidad

FFU: Factor de Frecuencia de Uso

CIR: Carga Instalada Representativa

DMU: Demanda Máxima Unitaria

DD: Demanda de Diseño

HMI: Interfaz Hombre - Maquina

THDV: Distorsión Armónica Total en Voltaje

THDI: Distorsión Armónica Total en Corriente

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

TC: Transformador de Corriente

Aislamiento XLPE: Aislamiento termofijo de polietileno de cadena cruzada

Δ -Y: Conexión Delta – Estrella

p.e.: Por ejemplo

RPT: Resistencia de Puesta a Tierra

ANEXOS

