

Metodología de Diseño para Centros de Transformación a funcionar en Edificios Residenciales dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito S.A.

Rommel Manolo Antamba Rivas

Facultad de Ingeniería Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército
Av. El Progreso S-N, Sangolquí, Ecuador

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 enfocamos las características de consumo propias de cada nivel estratificadas por la EEQ.

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.

I. INTRODUCCIÓN

La demanda constante de energía eléctrica en el país, ha ido incrementándose constantemente durante las últimas décadas, ya sea por soluciones con dispositivos que facilitan las funciones diarias (Lavadora, secadora, dispositivos de iluminación, calefactores) o nuevos elementos que permiten la conexión a diferentes medios de información (Televisores, Computadores), se destaca estos consumos ya que en el Ecuador, el sector residencial representa el sector con mayor gasto energético.

Con el antecedente mencionado el suministro eléctrico debe ser seguro y confiable hacia los usuarios finales, como parte del sistema eléctrico de potencia se encuentran los centros de transformación (Regulación de Medio Voltaje 6,3 kV, 12,8 kV, 22,5 kV a Bajo Voltaje 220/127 V, en el Ecuador), tema central del presente análisis en Edificios Residenciales, dentro del área de concesión de la EEQ.

II. FUNDAMENTOS TEORICOS

A. Transformadores

Maquina eléctrica que varía los niveles de voltaje entre devanados, respecto a principios de inductancia mutuos, la utilización de transformadores es indispensable para la distribución eléctrica realizada en la actualidad.

Previo al dimensionamiento de la cámara de transformación, se debe conocer parámetros técnicos utilizados en transformadores, estos son:



Figura 1. Transformador Trifásico de 200 kVA

Parámetros de Transformación de Transformadores

- Relación en función de voltajes

$$\alpha = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad \text{Ecuación 1}$$

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

- Relación en función de corrientes

$$\alpha = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

α → Constante de transformación

N_1 → Número de vueltas del bobinado primario

N_2 → Número de vueltas del bobinado secundario

I_1 → Corriente primario

I_2 → Corriente secundario

- Relación de Impedancias

$$\alpha^2 = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{Ecuación 3}$$

α → Constante de transformación

Z1 → Impedancia Primario
 Z2 → Impedancia Secundario

Funcionalidad de transformadores

El rendimiento de un transformador determina la cantidad de aprovechamiento máximo de la energía a suministrar, es necesario aclarar que este aspecto lo manejan principalmente los fabricantes de transformadores.

$$\eta = \frac{V_S \cdot I_S \cdot \cos\phi}{P_{Cu} + P_{Nucleo} + V_S \cdot I_S \cdot \cos\phi} \cdot 100\% \quad \text{Ecuación 4}$$

η → Rendimiento del transformador
 P_{out} → Potencia de Salida
 P_{in} → Potencia de Entrada

Regulación de Tomas en Transformadores

Los conectores entre el transformador y la red de media tensión son los Taps de transformación, estos se encuentran regulados de ±2.5 a ±5 por ciento.

Relación de conexión

En el escrito presentado se especifico la configuración de distribución eléctrica (Conexión para distribución en Delta), por lo tanto la especificación a conectarse en el transformador es una configuración Delta – Estrella, se utiliza un arreglo en estrella por la presencia de neutro, de esta manera poder realizar la distribución de circuitos sean estos monofásicos, dos fases trifásicos o netamente conexión trifásica.

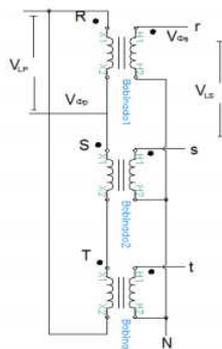


Figura 2. Transformador Trifásico de 200 kVA

Relación de Transformación.

En conexión Delta

$$V_{LP} = V_{\phi p} \quad \text{Ecuación 5}$$

En conexión Estrella

$$V_{LS} = \sqrt{3}V_{\phi s} \quad \text{Ecuación 6}$$

Por lo tanto la relación de transformación es:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{\phi p}}{\sqrt{3}V_{\phi s}} \quad \text{Ecuación 7}$$

B. Centro de Transformación

Instalación que presenta uno o varios transformadores para reducción de medio voltaje a bajo voltaje, con sus aparatos y obra complementaria, este tipo de instalaciones difiere en su emplazamiento, acometida realizada, y anexión del centro de transformación a la red eléctrica.

Dentro del tema central, que son los centros de transformación en edificios residenciales, se indica que la acometida realizada es subterránea, y su emplazamiento es interior.

Dentro de los elementos que componen los centros de transformación se cita los siguientes.

- Transformador
- Dispositivos de Media Tensión.
- Equipo de Seccionamiento
- Tomas de conexión
- Aisladores
- Conductores de media tensión

- Dispositivos de Baja Tensión.
- Interruptor automático
- Disyuntores
- Conductores de baja tensión

Como dispositivo adicional de protección en la instalación de los centros de transformación se presenta la puesta a tierra y pararrayos, el primero establecerá un circuito de retorno a tierra de corrientes de falla y mantener diferenciales de voltaje bajos, mientras que el segundo determina la conducción de corrientes atmosféricas hacia puntos de impedancia bajos.

III. ANALISIS

Análisis de Parámetros Eléctricos (FFU, FS).

Ya presentado los parámetros técnicos del centro de transformación se procede a realizar el dimensionamiento del mismo. Como aporte importante se procedió a realizar el análisis de cargas y parámetros eléctricos en edificios

ubicados en distintos puntos de la ciudad de Quito según a la categorización efectuada por la EEQ, de esta forma se tiene una referencia de estudio de cargas para próximos diseños, teniendo muy en cuenta la categoría de consumo del usuario y verificación de consumo diario. El análisis ejecutado, presenta resultados de factores eléctricos como Factor de Frecuencia de Uso (FFU), Factor de Simultaneidad (FS), Carga Instalada Representativa (CIR), demanda máxima unitaria (DMU) de cada uno de los edificios intervenidos.

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

Tabla 1. Factor de frecuencia de uso – Factor de simultaneidad – Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado

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

Tabla 2. Factor de frecuencia de uso – Factor de simultaneidad – Bloque 15 – Conjunto La Bretaña

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	Licuadora	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	70	20
21	Cocina Eléctrica	1	5000	5000	70	35
22	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000	90	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 3. Factor de Simultaneidad – Factor de Frecuencia de Uso – Edificio Ibis del Moral III

Las tablas indicadas anteriormente representan datos de análisis de carga durante el período de una semana, cada tabla representa un estrato de consumo eléctrico estratificado por la EEQ, no se verifico a infraestructuras de categoría E, ya que el mencionado grupo de consumo no se registra en edificios residenciales, mientras que la categoría A, incorpora a usuarios que exceden notablemente el consumo eléctrico promedio, es decir usuarios que no encuentran ubicados en departamentos, si no en casas de amplias extensiones.

Factor de Potencia

El factor de potencia un parámetro a ser tomado muy en cuenta, para el dimensionamiento de la cámara de transformación, ya que de este aspecto técnico depende el rendimiento en el funcionamiento del transformador (Un factor de potencia bajo deriva a fallas técnicas como el acortamiento de vida útil de transformadores y conductores, registro de corrientes altas, recalentamiento, mayor consumo de energía), para aquello se verifico a detalle las distintas cargas que conforman la carga instalada dentro de un edificio residencial, entre las que se destaca las luminarias de descarga de gas (Focos ahorradores), equipos electrónicos, motores de ascensores, motores para bombas de agua, variador de frecuencia

Dentro de las muestras ya citadas, se efectuó los análisis necesarios para obtener los valores de factor de potencia por cada edificio muestreado.

De manera similar se constató el factor de potencia por departamento, para posteriormente obtener el valor de factor de potencia total de todo el edificio residencial de las muestras seleccionadas

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	Licuadaora	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 4. Factor de Potencia Parcial por departamento – Conjunto Terrazas del Dorado

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

Tabla 5. Factor de Potencia Total por departamento – Conjunto Terrazas del Dorado

Para la obtención del factor de potencia por departamento, se detalla los factores de todos los dispositivos conectados a la red, ya que cada uno de estos repercute en el factor de potencia total del departamento analizado. Se debe resaltar que el valor de factor de potencia total no es una suma lineal.

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 6. Factor de Potencia Parcial por bloque – Conjunto Terrazas del Dorado

De manera similar al valor del parámetro eléctrico obtenido anteriormente, se detalla los valores de factor de potencia de todos los departamentos para obtener un factor de potencia total de todo el edificio. Se debe recalcar el análisis obligatorio, a los circuitos de servicios generales.

N°	Detalle de Circuitos	Dispositivos	Cantidad	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 7. Factor de Potencia – Servicios Generales – Conjunto Terrazas del Dorado

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

Tabla 8. Factor de Potencia Total – Bloque B – Conjunto Terrazas del Dorado

Puesta a Tierra

El salvaguardar principalmente a los residentes y personal técnico que transitan cerca del centro de transformación, además de la protección y mayor

rendimiento de la instalación eléctrica es la función que cumple la puesta a tierra, dentro de los centros de transformación el diseño de sistema de tierra se basó en valores de resistividad típicos de los tipos de suelo que existe a lo largo de la ciudad de Quito, posteriormente realizar el respectivo cálculo, según la configuración que se ajuste al diseño a realizar, sea este una sola varilla de tierra, dos varillas, n varillas en paralelo o varillas instaladas en los extremos del centro de transformación. El valor a obtener de resistencia de puesta a tierra debe ser máximo 5 Ω, con este valor asegurar el camino de corrientes de falla hacia tierra o a su vez poder eliminar las corrientes de tipo transitorio al de la red.

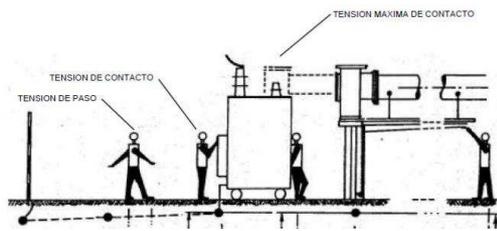


Figura 3. Estructuras metálicas aterrizadas a tierra

Sistemas Scada en Centros de Transformación

El monitoreo del sistema eléctrico en el país ha ido tomando amplio campo los últimos años, pero lo que se refiere a centros de transformación este tipo de tecnología se la encuentra muy poco, el poseer este tipo de sistemas contribuiría a encontrar fallas graves ocasionadas por factores de potencia alta, inserción de armónicos, adicional al encontrar usuarios con tendencia alta de derroche de la energía eléctrica, estos usuarios podrían ser localizados por al sensar la corriente en su acometida.

El proyecto plantea la utilización de equipo de monitoreo eléctrico PM500, con el cual se permite medir diferentes magnitudes eléctricas como voltaje, corriente, factor de potencia, presencia de armónicos en la red, el indicado equipo ofrece diferentes ventajas como comunicación RS-485, ya que esta comunicación permite la posibilidad de realizar interfaces gráficas amigables para un futuro operador.



Figura 4. Equipo de medición eléctrica PM 500

IV. DISEÑO

Dimensionamiento de Centro de Transformación Ibis del Moral III

Para el dimensionamiento del centro de transformación, los análisis de simultaneidad y frecuencia se basan en las tablas desarrolladas en el análisis del proyecto, de esta manera se obtiene la carga instalada representativa y demanda máxima unitaria total de edificio

Nº	APARATOS ELECTRICOS 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 Televisor tipo Led (Dormitorio Principal - Dormitorio 1)	1	850	850	40	340	50	170
3	Computador portátil	2	115	230	70	161	60	96,6
4	Impresora	1	250	250	70	175	60	105
5	Blu Ray	1	80	80	65	52	45	23,4
6	Barra de Sonido	1	50	50	60	30	20	6
7	Plancha	1	150	150	45	67,5	15	10,125
8	Secador de pelo	1	1200	1200	75	900	40	360
9	Lámpara de meza	1	1800	1800	40	720	15	108
10	Router - Wireless	2	100	200	5	10	20	2
11	Tostadora	1	22	22	75	16,5	65	10,725
12	Cafetera	1	400	400	90	360	33	118,8
13	Licuadora	1	400	400	90	360	33	118,8
14	Refrigeradora	1	500	500	100	500	40	200
15	Campana Extractora	1	200	200	85	170	20	34
16	Microondas	1	1200	1200	80	960	30	288
17	Cocina Eléctrica	1	5000	5000	60	3000	35	1050
18	Toma Especial 220V (Secadora)	1	5000	5000	90	2500	20	500
19	Lavadora	1	700	700	90	630	20	126
20	Lavaplatos	1	1200	1200	65	780	35	273
21	Aspiradora	1	850	850	30	255	10	25,5
22	Aspiradora	1	850	850	30	255	10	25,5
Total				21042		12699,8		3885,87

Tabla 8. Carga instalada Representativa- Demanda Máxima Unitaria obtenida en Edificio Ibis del Moral III – Departamento tipo I

Una vez ya encontrada el valor de demanda máxima unitaria se suma las demandas por pérdidas técnicas, que en el caso de edificios residenciales representa el 1% del total de carga, el factor de potencia para sector residencial tiene un valor de 0,9, con el indicado valor se cubre a dispositivos como luminarias fluorescentes, equipos electrónicos, motores de ascensores.

Cálculo de Potencia de Transformador en Kilo Voltamperios

$$DD (kVA) = \frac{DMU (kW) \cdot n}{FP} + D_{Pérdidas\ Técnicas} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

DD(kVA) → Potencia de Transformador a Utilizar

$DMU(kW) \rightarrow$ 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

$P_{Trafo} = DD(kVA) \cdot P_{Sobrecarga}$

Factor de Potencia	0,95
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 8. Datos de diseño Parciales para dimensionamiento de Transformador

El total de potencia aparente del transformador a utilizar es de 69,49 kVA, en valores estándar se tiene un transformador de 75 kVA

Conexión Cámara de Transformación

La configuración para la conexión del centro de transformación es una conexión Delta – Estrella, el lado primario presenta un voltaje de 6300 V, bajo voltaje 220 V/127 V

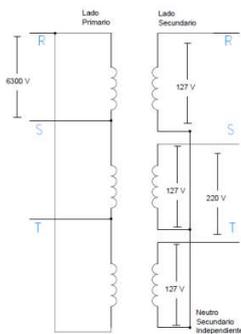


Figura5 . Conexión Delta - Estrella

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 9. Datos de diseño para transformador a instalarse en Edificio Ibis del Moral III

Las protecciones del transformador se dimensiona en función de la potencia total obtenida

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

Las protecciones eléctricas de forma similar a los conductores se dimensionan en función de la carga total del transformador.

	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 10. Datos de Protecciones tanto en medio como bajo voltaje

V. 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.

REFERENCIAS

1. Viqueira Jacinto, *Redes eléctricas*. 1990
2. Kothari D.P., *Sistemas Eléctricos de Potencia*. 2009
3. Castejon Agustín, *Tecnología Eléctrica*. 1993
4. Chapman Stephen, *Máquinas Eléctricas* 2002
5. IEEE-SA Standards Board, *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*
6. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1760/1/6213R196.pdf>
7. http://www.leonardo-energy.org/espanol/lee-guia_calidad/guia%20calidad%203-1-1%20armonicos%20-%20interarmonicos.pdf
8. <http://cipotato.org/region-quito/congresos/ii-congreso-ecuatoriano-de-la-papa/presentaciones/jespinoza.pdf>

BIOGRAFÍA



Antamba Rivas Rommel Manolo. Nació en Quito, Ecuador el 09 de Marzo de 1987. Su educación primaria la realizó en la Escuela del Ejército “Abdón Calderón”, sus estudios secundarios en Colegio Militar “Eloy Alfaro”, y su educación superior la realizó en la Escuela Politécnica del Ejército en la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control. Actualmente se desempeña en el área de diseño e ingeniería de sistemas de eléctricos y de control industrial.