



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“OBTENCIÓN DEL FACTOR DE CARGA PARA DETERMINAR LAS  
PÉRDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO PARA LOS BLOQUES A  
Y B DEL CAMPUS LA MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
COTOPAXI”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Electromecánicos.

**Autores:**

Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés

Quicaliquín Constante Édison Ernesto

**Tutor Académico:**

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi M.Sc

**LATACUNGA – ECUADOR**

**AGOSTO-2021**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés y Quicaliquín Constante Édison Ernesto autores del presente proyecto tecnológico: **“OBTENCIÓN DEL FACTOR DE CARGA PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO PARA LOS BLOQUES A Y B DEL CAMPUS LA MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para la aprobación de la materia y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos el derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Universidad Técnica de Cotopaxi según lo establecido por la ley propiedad intelectual por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Latacunga, Agosto 2021

---

Quicaliquín Constante Édison Ernesto

C I: 185043296-2

[edison.quicaliquin2962@utc.edu.ec](mailto:edison.quicaliquin2962@utc.edu.ec)

---

Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés

CI: 172404360-7

[anderson.changoluisa3607@utc.edu.ec](mailto:anderson.changoluisa3607@utc.edu.ec)



## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

En mi calidad de tutor del proyecto tecnológico sobre el tema: **“OBTENCIÓN DEL FACTOR DE CARGA PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO PARA LOS BLOQUES A Y B DEL CAMPUS LA MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”** de los señores Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés y Quicaliquín Constante Édison Ernesto, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, Agosto del 2021

---

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi M.Sc  
050259517-6



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el siguiente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad en Ciencias de la Ingeniería y Aplicada de la carrera de Ingeniería Electromecánica; por lo cual, los postulantes **Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés** con cedula de identidad N° **172404360-7**, y **Quicaliquín Constante Édison Ernesto** con cedula de identidad N° **185043296-2**, con el título de Proyecto de Titulación: **“OBTENCIÓN DEL FACTOR DE CARGA PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO PARA LOS BLOQUES A Y B DEL CAMPUS LA MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto 2021

Para constancia firman:

---

**Lector 1 (Presidente)**

**Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes; M.Sc**

**CC. 070440044-9**

---

**Lector 2**

**Ing. Edwin Homero Moreano Martínez; M. Sc**

**CC. 050260750-0**

---

**Lector 3**

**Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina; M.Sc**

**CC. 050284769-2**



## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, se pone en constancia que los estudiantes; Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés y Quicaliquín Constante Édison Ernesto, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico **“OBTENCIÓN DEL FACTOR DE CARGA PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO PARA LOS BLOQUES A Y B DEL CAMPUS LA MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”** y realizaron la entrega del módulo para laboratorio de energías renovables cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Latacunga, Agosto 2021

---

**DIRECTOR DE LA CARRERA  
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**  
Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina M.Sc.

C.C: 050284769-2

## AGRADECIMIENTO

*A nuestras familias por toda su dedicación y confianza que depositaron a lo largo de nuestras vidas estudiantiles. Que siempre se han esperado para que alcancemos todas nuestras metas pese a todas las adversidades que se han presentado a lo largo de todo este tiempo. A todos los amigos que hemos encontrado a lo largo de nuestras vidas y a nuestros queridos docentes que siempre nos han inculcado el valor de la educación y la responsabilidad, así como a nuestro tutor quien ha tenido un paciencia para corregir nuestros errores y compartir sus conocimientos para ser unos excelentes profesionales.*

*Changoluisa Anderson Andrés*

*Quicaliquín Constante Édison Ernesto*

## **DEDICATORIA**

*Este preste trabajo de titulación está dedicada de igual manera a toda nuestra familia por siempre habernos compartido una palabra de aliento y seguir adelante llenándonos de fuerza, valor y sabiduría así de esta forma poder concluir con el presente proyecto. A mis docentes que nos han compartido sus ideas y nos han apoyado para cumplir con dicho proyecto.*

*Changoluisa Anderson Andrés*

*Quicaliquín Constante Édison Ernesto*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xviii
1 INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2 INTRODUCCIÓN .....	3
2.1 EL PROBLEMA .....	3
2.1.1 Situación problemática .....	3
2.1.2 Formulación del problema .....	4
2.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL .....	4
2.2.1 Antecedentes .....	4
2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN .....	6
2.3.1 Objeto .....	6
2.3.2 Campo de acción .....	6
2.4 BENEFICIARIOS .....	6
2.4.1 Los beneficiarios directos .....	6
2.4.2 Los beneficiarios indirectos .....	6
2.5 JUSTIFICACIÓN .....	6
2.6 HIPÓTESIS .....	7
2.7 OBJETIVOS .....	7
2.7.1 General .....	7
2.7.2 Específicos .....	7
2.8 SISTEMAS DE TAREAS .....	8
3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	9



3.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR.....	9
3.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO.....	9
3.3 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.....	11
3.4 ELEPCO S.A.....	14
3.5.1 Pérdidas de potencia en el hierro.....	15
3.5.2 Pérdidas en el cobre.....	15
3.6 REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	15
3.6.1 Redes de distribución para cargas residenciales.....	15
3.6.2 Redes de distribución para cargas comerciales.....	16
3.6.3 Redes de distribución para cargas industriales.....	16
3.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRANSFORMADOR.....	16
3.7.1 Capacidad.....	16
3.7.2 Carga instalada (CI).....	16
3.7.3 Capacidad instalada (PI).....	16
3.7.4 Carga máxima (DM) kW o kVA.....	17
3.7.5 Demanda D (t).....	17
3.7.6 Demanda Máxima (Dmax).....	17
3.7.7 Demanda facturable.....	17
3.7.8 Demanda mensual (DF).....	17
3.7.9 Demanda promedio.....	17
3.7.10 Demanda de potencia.....	18
3.7.11 Curvas de carga diaria.....	18
3.7.12 Curva de carga anual.....	18
3.7.13 Carga Promedio (DP).....	19
3.7.14 Factor de demanda (FD).....	19
3.7.15 Factor de utilización (FU).....	19
3.7.16 Factor de potencia $\cos\phi$ .....	20
3.7.17 Factor de carga FC.....	20
3.7.18 Factor de pérdidas (FP).....	20
3.7.19 Pérdidas de potencia con carga PPC.....	21
3.7.20 Pérdidas totales.....	21
3.7.21 Pérdidas de energía.....	21
3.7.22 Consumo Base (CBase).....	22
3.7.23 Energía Reactiva.....	22
3.7.23 La cargabilidad.....	22

3.7.24 Tarifa dispuesta de media tensión registrando de demanda horaria.....	22
3.7.25 Capacidades de Transformador de Distribución .....	22
3.7.26 Tablero eléctrico.....	23
3.8 PERIODO DE MEDICIÓN DE LA DEMANDA .....	23
3.9 MÉTODO DE MENTOR POVEDA.....	23
3.10 SISTEMA DE VALORES EN PARTES POR UNIDAD PU .....	24
3.11 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS .....	24
3.11 COMUNICACIÓN RS 485.....	25
3.12 DASH EKM .....	26
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	26
4.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS.....	26
4.3.1 Método documental.....	27
4.3.2 Método analítico.....	27
4.3.3 Método Mentor Poveda para cálculo de factor de carga .....	27
4.3.4. Método analítico-sintético.....	27
4.3.5 Metodología de “cálculo de pérdidas de potencia y energía” de José Daniel acosta .....	27
4.4 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....	28
4.4.1 Adquisición de datos. ....	28
4.4.2 Modelación.....	28
4.5 ANÁLISIS DE CURVA DE RENDIMIENTO DEL TRANSFORMADOR.....	28
4.5.1 Eficiencia de los transformadores de distribución .....	30
4.6 PLACA DE DATOS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO .....	30
4.7 ANÁLISIS DE DATOS MEDIANTE LAS FACTURAS DE CONSUMO ELÉCTRICO ELEPCO S. A.....	30
4.7.1 Análisis de datos en las factura del año 2015.....	30
4.7.2 Análisis de datos en las factura del año 2016.....	35
4.7.3 Análisis de datos en las factura del año 2017.....	39
4.7.4 Análisis de datos en las factura del año 2018.....	43
4.7.5 Análisis de datos en las factura del año 2019.....	47
4.7.6 Análisis de datos en las factura del año 2020.....	51
4.7.7 Análisis de datos en las factura del año 2021.....	59
4.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO .....	63
4.8.1 Dimensionamiento y selección de los equipos.....	63
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	64

5.1 Relación entre de factor de carga y factor de pérdidas .....	64
5.1.1 Análisis de comportamiento de factores de carga y pérdidas en el transformador de servicio de la universidad .....	65
5.2 Análisis del factor de utilización en el transformador de servicio .....	66
5.3 Análisis de las pérdidas de potencia y energía en el transformador .....	68
5.3.1 Calculo de pérdidas de potencia por unidad [pu] .....	70
5.4 Análisis general y post baja cargabilidad del transformador en el periodo 2020.....	73
5.4.1 Análisis de comportamiento de factores de carga y pérdidas en el transformador de servicio de la universidad en el año 2020.....	73
5.4.2 Análisis de comportamiento de factor de utilidad en el transformador de servicio de la universidad en el año 2020.....	74
5.4.3 Análisis de pérdidas potencia general y por baja cargabilidad en el transformador en el año 2020 .....	74
5.4 Análisis económico respecto a las pérdidas de energía en el transformador.....	75
5.5 Análisis de impactos .....	77
5.5.1 Impacto social .....	77
5.5.2 Impacto económico .....	77
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	78
6.1 Conclusiones.....	78
6.2 Recomendaciones .....	79
7. BIBLIOGRAFÍA .....	81
8. ANEXOS .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Sistema de tareas .....	8
Tabla 4.1	Características técnicas del transformador .....	30
Tabla 4.2	Facturación del consumo eléctrico del año 2015 .....	31
Tabla 4.3	Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2015 .....	32
Tabla 4.4	Cálculo de diversos factores del año 2015 .....	33
Tabla 4.5	Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2015 .....	34
Tabla 4.6	Facturación del consumo eléctrico del año 2016 .....	35
Tabla 4.7	Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2016 .....	36
Tabla 4.8	Cálculo de diversos factores del año 2016 .....	37
Tabla 4.9	Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2016 .....	38
Tabla 4.10	Facturación del consumo eléctrico del año 2017 .....	39
Tabla 4.11	Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2017 ....	40
Tabla 4.12	Cálculo de diversos factores del año 2017 .....	41
Tabla 4.13	Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2017 .....	42
Tabla 4.14	Facturación del consumo eléctrico del año 2018 .....	43
Tabla 4.15	Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2018 ....	44
Tabla 4.16	Cálculo de diversos factores del año 2018 .....	45
Tabla 4.17	Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2018 .....	46
Tabla 4.18	Facturación del consumo eléctrico del año 2019 .....	47
Tabla 4.19	Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2019 ..	48
Tabla 4.20	Cálculo de diversos factores del año 2019 .....	49
Tabla 4.21	Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2019 .....	50
Tabla 4.22	Facturación del consumo eléctrico del año 2020 .....	51
Tabla 4.23	Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2020 ....	52
Tabla 4.24	Cálculo de diversos factores del año 2020 .....	53
Tabla 4.25	Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2020 .....	54
Tabla 4.26	Facturación del consumo eléctrico del año 2020 (Abril _ Agosto).....	55
Tabla 4.27	Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2020 ....	56
Tabla 4.28	Cálculo de diversos factores del año 2020 (Abril – Diciembre) .....	57
Tabla 4.29	Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2020 (Abril – Diciembre).....	58

Tabla 4.30	Facturación del consumo eléctrico del año 2021 .....	59
Tabla 4.31	Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2021 ..	60
Tabla 4.32	Cálculo de diversos factores del año 2021 .....	61
Tabla 4.33	Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2021 .....	62
Tabla 5.1	Valores obtenidos de Fc y Fp, lapso de seis años .....	65
Tabla 5.2	Valores calculados de FU durante referencias de 6 años.....	67
Tabla 5.3	Pérdidas de potencia y energía en el periodo de seis años .....	68
Tabla 5.4	Pérdidas de potencia en [pu] .....	70
Tabla 5.5	Valores obtenidos en el 2020 en diferentes periodos Fc y Fp,.....	73
Tabla 5.6	Comparación FU general y post baja cargabilidad (2020).....	74
Tabla 5.7	Pérdidas de potencia totales representadas (pu).....	74
Tabla 5.8	Cálculo de rubros referenciales en el periodo 2015-2021 .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Principio de funcionamiento.....	9
Figura 3.2	Bobinado voltaje alterno.....	10
Figura 3.3	Inducción de F.E en el bobinado secundario.....	10
Figura 3.4	Carga conectada .....	11
Figura 3.5	Núcleo del transformador.....	11
Figura 3.6	Núcleo tipo columna.....	12
Figura 3.7	Núcleo tipo acorazado.....	12
Figura 3.8	Materiales resistentes para devanados.....	13
Figura 3.9	Curva de carga anual.....	19
Figura 3.10	Velocidad y longitud de comunicación.....	26
Figura 4.1	Rendimiento del transformador.....	28
Figura 4.2	Consumo anual del año 2016.....	36
Figura 4.3	Consumo anual del año 2017.....	40
Figura 4.4	Curva de consumo anual del año 2018.....	44
Figura 4.5	Consumo anual del año 2019.....	48
Figura 4.6	Curva de consumo anual del año 2020.....	52
Figura 4.7	Curva de consumo anual del año 2020 (Abril _ Diciembre).....	56
Figura 4.8	Curva de consumo anual del año 2021.....	60
Figura 5.1	Relación entre factor de carga y factor de pérdidas.....	66
Figura 5.2	Curva característica del factor de utilización en el periodo de 5 años...	67
Figura 5.3	Curva de pérdidas de potencia en el periodo 2015-2021.....	69
Figura 5.4	Curva de pérdidas de energía en el periodo 2015-2021.....	70
Figura 5.5	Cálculo en pu de pérdidas de energía.....	71
Figura 5.6	Comparación de Fp y Fc en el 2020.....	73
Figura 5.7	Curva del factor de utilización en distintos T en el 2020.....	74
Figura 5.8	Perdidas de potencia totales en diferentes T del 2020.....	75
Figura 5.9	Perdidas de energía totales en diferentes T del 2020.....	75

## ÍNDICE DE ECUACIONES

(3.1) Relación de transformación.....	11
(3.2) Pérdidas de potencia en el hierro.....	15
(3.3) Pérdidas de potencia en el cobre.....	15
(3.4) Demanda promedio.....	18
(3.5) Demanda de potencia.....	18
(3.6) Carga promedio.....	19
(3.7) Factor de demanda.....	19
(3.8) Factor de utilización.....	19
(3.9) Factor de potencia.....	20
(3.10) Factor de carga.....	20
(3.11) Factor de carga en un tiempo T.....	20
(3.12) Factor de carga anual.....	20
(3.13) Factor de pérdidas.....	21
(3.14) Pérdidas de potencia con carga.....	21
(3.15) Pérdidas de potencia con carga en porcentaje.....	21
(3.16) Pérdidas totales.....	21
(3.17) Pérdidas de energía.....	21
(3.18) Valor en [pu].....	24
(4.19) Eficiencia en máquinas eléctricas.....	29
(4.20) Eficiencia en transformadores.....	29
(4.21) Eficiencia de transformadores desglosado.....	29
(4.22) Intensidad trifásica.....	63
(4.23) Intensidad monofásica.....	64
(5.24) Costo por pérdidas de energía.....	76

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TÍTULO: “OBTENCIÓN DEL FACTOR DE CARGA PARA DETERMINAR LAS  
PÉRDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO PARA LOS BLOQUES A Y B  
DEL CAMPUS LA MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

**Autores:**

Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés

Quicaliquín Constante Édison Ernesto

**RESUMEN**

A nivel mundial uno de los problemas más graves que se ha visto en los sistemas de distribución de energía eléctrica son las pérdidas que se producen en su transformación por elevación o reducción eléctrica, inconvenientes que acarrearán las empresas que están a cargo de la distribución de energía eléctrica a la población. En la presente propuesta tecnológica se plantea como obtener el factor de carga producido en el transformador de servicio que abastece de energía eléctrica al bloque A y B, campus la Matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi, aplicando un método que nos permite corroborar la información descrita. La metodología utilizada es la que presenta Mentor Poveda la cual busca facilitar y unificar el cálculo de las pérdidas de potencia y energía en un transformador de 300 kVA. La aplicación fue desarrollada en el software Excel, plataforma que permite procesar y determinar cálculos utilizando valores específicos en un orden particular. Finalmente, los resultados obtenidos son los parámetros eléctricos analizados en una curva de pérdidas en un lapso de 5 años que demostraron una tendencia estacional salvo los 2 últimos años que disminuyó debido a que el transformador de servicio no está trabajando en sus condiciones normales.

**Palabras claves:** Transformador, Factor de carga, Pérdidas, Cálculos, Demanda, Consumo, Programas



**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE: “OBTAINING THE LOAD FACTOR TO DETERMINE THE LOSSES OF THE SERVICE TRANSFORMER FOR BLOCKS A AND B OF THE LA MATRIZ CAMPUS AT THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI”**

**Authors:**

Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés

Quicaliquín Constante Édison Ernesto

**ABSTRACT**

Worldwide, one of the most severe problems seen in electrical energy distribution systems is the losses that occur in their transformation by electrical elevation or reduction, inconveniences caused by the companies in charge of energy distribution to the population. This technological proposal proposes how to obtain the load factor produced in the service transformer that supplies electrical energy to block A and B, La Matriz campus at the Technical University of Cotopaxi, applying a method that allows corroborating the information described. The methodology used is the one presented by Mentor Poveda, which seeks to facilitate and unify the calculation of power and energy losses in a 300 kVA transformer. The application was developed in Excel software, a platform that allows processing and determining estimates using specific values in a particular order. Finally, the results obtained are the electrical parameters analyzed in a loss curve over a 5-year period that showed a seasonal trend, except for the last two years, which decreased because the service transformer is not working under normal conditions.

Keywords: Transformer, Load factor, Losses, Calculations, Demand, Consumption, Program.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

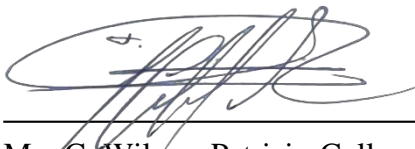
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“OBTENCIÓN DEL FACTOR DE CARGA PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO PARA LOS BLOQUES A Y B DEL CAMPUS LA MATRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”** presentado por: **Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés y Quicaliquín Constante Édison Ernesto**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2021

Atentamente,



Mg. C. Wilmer Patricio Collaguazo Vega  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC  
CI: 1722417571



MARCO PAUL  
BELTRAN  
SEMBLANTE



CENTRO  
DE IDIOMAS

## **1 INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:**

Obtención del factor de carga para determinar las pérdidas del transformador de servicio para los bloques A y B del campus la matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi

**Fecha de inicio:**

Abril del 2021

**Fecha de finalización:**

Agosto del 2021

**Lugar de ejecución:**

Universidad Técnica de Cotopaxi \_ Campus La Matriz

**Facultad que auspicia:**

Facultad de las Ciencias de la Ingeniería y Aplicada

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:**

**Equipo de Trabajo:** Ing. Luís Rolando Cruz Panchi M. Sc

Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés

Quicaliquín Constante Edison Ernesto

**Área de Conocimiento:**

Tomando como referencia a la norma CINE UNESCO las áreas de conocimiento del proyecto se detallan a continuación.

**Campos amplio**

330000 Ciencias tecnológicas

**Campos específicos**

3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas

3311. Tecnología de la instrumentación

**Campos detallados**

3306.02 Aplicaciones eléctricas

3311.05 Equipos eléctricos de control

### 3311.06 Elementos eléctricos [1]

**Línea de investigación:**

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la línea de investigación del presente proyecto es: Energías Alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

**Sublíneas de Investigación de Carrera:**

El proyecto de investigación se acoge a la sub línea de investigación: Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

## **2 INTRODUCCIÓN**

### **2.1 EL PROBLEMA**

La propuesta tecnológica surge como un plan de mejoramiento en el consumo eléctrico del tablero que abastece energía a los bloques A y B del campus La Matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi, enfocándose en determinar las pérdidas del transformador de servicio mediante el factor de carga obtenido estadísticamente con lo que se podrá obtener un diagnóstico inicial de la instalación previo a la implementación de un sistema de generación mediante energías renovables.

Las pérdidas en los transformadores de servicio pueden ser muy altas lo cual puede incidir económicamente dependiendo del consumo que se presente en cada una de las instalaciones, lo cual es un gran inconveniente tomando en cuenta que la generación y demanda cada día van en incremento debido a la creciente población, por lo que las grandes generadoras de energía eléctrica no logran abastecer al mercado, lo cual ha creado un problema social ya que se presenta en toda red de distribución eléctrica y no se ha tomado medidas para contrarrestar dicho efecto en los transformadores, de esta forma se ayudaría al medio ambiente, reduciendo la cantidad de emisiones por consumo de energía eléctrica.

Con los documentos del ARCONEL se pretende cuantificar los valores económicos causados por las pérdidas que se producen en los transformadores, que se obtendrán estadísticamente, logrando un estudio técnico que nos permita determinar el monto de los valores adeudados en un periodo de tiempo establecido.

Para una futura gestión energética no existe una adquisición de datos en periodos de tiempo cortos, solamente consta de datos en las planillas del consumo energético mensual, los cuales proporcionaron datos que ayuden a determinar la factibilidad de añadir una fuente de generación alterna, por lo que se buscará implementar un sistema de recolección de datos mediante medidores inteligentes para posterior obtención del factor de carga y pérdidas en periodos cortos de tiempo.

#### **2.1.1 Situación problemática**

Las pérdidas en el transformador de servicio que abastece a la institución dependen del consumo eficiente de energía eléctrica; por lo cual, un bajo factor de carga puede afectar económicamente a la institución, además el ARCONEL dentro de su normativa puede emitir sanciones económicas cuando se exceden los límites de factor de potencia establecido.

El plan de mejoramiento de consumo eléctrico de la institución es de vital importancia ya que no se cuenta con información práctica o con el aval de algún estudio técnico realizado sobre las pérdidas en el transformador de servicio que abastece.

Con el estudio técnico se pretende la adquisición de datos estadísticos mediante las planillas del consumo energético mensuales, con los cuales se intentará en un futuro mejorar el factor de carga, implementado en un futuro un sistema fotovoltaico, para lo cual es de vital importancia el análisis de datos, con ellos se dimensiona la capacidad de los equipos procurando que no afecte a la cargabilidad del transformador de servicio.

En el estudio energético analizando los datos estadísticos mensuales carece de información, debido que las planillas de consumo eléctrico mensual son datos en periodos largos de tiempo, y para la implementación de un sistema que ayude a mejorar el factor de carga es necesario la obtención de datos en periodos cortos de tiempo en los cuales se pueda evidenciar las horas en que se producen las demandas pico, por tal motivo se buscará implementar equipos, que ayuden en la obtención de datos a corto plazo para realizar dicha gestión en un futuro.

### **2.1.2 Formulación del problema**

La falta de un registro de datos referente a las pérdidas en el transformador de servicio que alimenta a los bloques A y B del campus La Matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL**

### **2.2.1 Antecedentes**

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE CARGA SEGURA EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA según, José Luis Alcón Mesa, Gómez Ramos Ángel (2010) en la Universidad Carlos III DE Madrid (España) Departamento de Ingeniería Eléctrica.

En el presente proyecto los autores proponen que “Los transformadores de potencia juegan un papel crucial en el funcionamiento de los sistemas eléctricos de potencia ya que son las máquinas eléctricas encargadas de transformar la energía de forma que sea posible transportar grandes cantidades de ésta con tensiones muy elevadas a su vez realizar una disminución significativa de los voltajes transportados. Se analizarán de qué forma influyen diferentes parámetros en la capacidad de carga del transformador, qué daños puede ocasionar en el transformador trabajar por encima de su potencia nominal, así como las limitaciones que evitar

que estos daños puedan provocar averías graves en el transformador.”[2]

APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN BAJA TENSIÓN PARA REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EL SALVADOR según, Munguía Aguilera Josué Israel (2016) en la Universidad De El Salvador (El Salvador) Escuela De Ingeniería Eléctrica.

En el presente proyecto los autores proponen “esta investigación está orientada hacia el estudio de los diferentes métodos para la estimación de las pérdidas técnicas en las redes que componen el sistema eléctrico de distribución en BT de diferentes países. Para ello se aplicaron cuatro métodos de suma relevancia explicados detalladamente en los capítulos del proyecto. Las metodologías se aplicaron en una red de distribución de BT real de una empresa distribuidora en El Salvador, donde se evalúan las ventajas y desventajas, así como el nivel de confianza y practicidad de cada uno, para estimar y proponer oficialmente un método en El Salvador.”[3]

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA EN TRANSFORMADORES, PARA LOS SERVICIOS DE COMERCIALIZACIÓN EN BASE A LOS USOS DE ENERGÍA, EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL, CENTRO SUR PARA LA CIUDAD DE CUENCA según, Campoverde Villavicencio Darwin (2017) en la Universidad de Cuenca (Ecuador)Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería.

En el presente trabajo de investigación los autores nos mencionan que “las pérdidas de energía y potencia en los transformadores de energía eléctrica siempre han sido un problema que todos los sectores residencial, comercial, industrial e institucional presentan en gran medida al alto consumo de energía. Para lo cual, Se realizarán constataciones físicas, mediciones, registros del consumo actual de los clientes, considerando las pérdidas en acometidas; y, sobre esta base, se analizaron los datos para diseñar una metodología que permita estimar con un alto grado de confiabilidad la demanda en los transformadores de distribución, desde el punto de vista de los usos de energía por parte de los usuarios, tomando como base de cálculo los registros reales de venta de energía por parte de la Empresa a los usuarios, la tarifa de cada usuario, su ubicación y alimentado ”[4]

## **2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.3.1 Objeto**

El objeto de estudio son las pérdidas que se producen en el transformador de servicio.

### **2.3.2 Campo de acción**

Relacionado a las Ciencias Tecnológicas en el ámbito de la Ingeniería y Tecnología Eléctricas con la Tecnología de las telecomunicaciones se buscará determinar las pérdidas en el transformador de servicio para los bloques A y B en el campus La Matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi previo a un análisis en las planillas de consumo energético de años anteriores y con la implementación de equipos eléctricos.

## **2.4 BENEFICIARIOS**

### **2.4.1 Los beneficiarios directos**

La Universidad Técnica de Cotopaxi, la Carrera de Ingeniería Electromecánica, los docentes, estudiantes internos y externos de la universidad y toda la comunidad universitaria interesada en analizar los registros de datos de pérdidas de potencia y energía calculados en el proyecto para fines investigativos.

### **2.4.2 Los beneficiarios indirectos**

Toda institución que requiera estos datos como guía para fines investigativos.

## **2.5 JUSTIFICACIÓN**

A lo largo del tiempo a nivel mundial uno de los problemas más graves que se ha visto en los sistemas de distribución de energía eléctrica son las pérdidas que se producen en los mismos, en los cuales están contemplados ya sea por transmisión, subtransmisión o transformación. Inconvenientes que acarrearán las empresas que están a cargo de la distribución de energía eléctrica a la población. Nuestro enfoque radica en el último parámetro transformación el cual surge debido a la necesidad de llevar un registro de datos en base a las pérdidas del transformador de servicio y analizar una propuesta de plan de mejoramiento del consumo energético el cual contempla la implementación de sistemas de generación.



En el presente proyecto se pretende obtener el factor de carga del transformador de servicio que alimentan los bloques A y B en el campus La Matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi, a través del análisis de registros estadísticos de datos proporcionadas por la ELEPCO S.A, información que nos permita determinar las pérdidas que se suscitan en el transformador de servicio, evaluarlas y cuantificarlas y así obtener un registro estadístico de datos.

Adicionalmente se prevé establecer alternativas de reducción de pérdidas y mejorar el consumo energético de la institución, con esto poder contribuir a la sociedad y medio ambiente mejorando el consumo energético, debido que la generación de energía eléctrica genera un gran impacto ambiental negativo.

## **2.6 HIPÓTESIS**

Con la obtención del factor de carga basado en datos estadísticos de consumo energético permitirá determinar las pérdidas del transformador de servicio que alimenta los bloques A y B del campus la Matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2.7 OBJETIVOS**

### **2.7.1 General**

Obtener el factor de carga mediante el análisis estadístico de las planillas del consumo energético para determinar las pérdidas del transformador de servicio que alimenta los bloques A y B del campus La Matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **2.7.2 Específicos**

- Establecer una metodología para el cálculo de factor de carga, pérdidas de potencia y energía en un transformador de servicio.
- Realizar el procesamiento de los datos estadísticos obtenidos de las planillas de consumo energético desde el año 2015 hasta el presente año.
- Desarrollar el análisis económico de las pérdidas de energía obtenidas.
- Implementar un sistema de recolección de datos mediante medidores inteligentes para posterior obtención del factor de carga y pérdidas en periodos cortos de tiempo

## 2.8 SISTEMAS DE TAREAS

**Tabla 2.1** Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Establecer una metodología para el cálculo de factor de carga y pérdidas de potencia y energía en un transformador de servicio.	Recopilar información sobre la metodología utilizada para determinar el factor de carga y pérdidas en un transformador de servicio.	Elegir un método apropiado para la obtención del factor de carga y pérdidas en el transformador	Indagación _Repositorio UTC.
Realizar el procesamiento de los datos estadísticos obtenidos de las planillas de consumo energético desde el año 2015 hasta el presente año.	Indagar en la página ELEPCO S. A con el usuario de la UTC visualizando los datos del consumo energético.  Realizar un registro de datos estadísticos con la información obtenida en ELEPCO S. A	Obtener los consumos energéticos mensuales de la UTC desde el año 2015 hasta el presente año  Determinar el factor de carga y las pérdidas del transformador de servicio	_ ELEPCO S. A _Excel _Dem. Máx. _Dem. Prom _Fac. Carga _Fac. Pérdidas -Fac Utilización _Pérdidas Cu _ Pérdidas Po _Pérdidas total
Desarrollar el análisis económico de las pérdidas obtenidas.	Calcular las pérdidas de energía en función del costo por hora	Evaluar las pérdidas económicas que se produjeron	- _Excel - _ARCONEL
Implementar un sistema de recolección de datos mediante medidores inteligentes para posterior obtención del factor de carga y pérdidas en periodos cortos de tiempo	Instalación de equipos eléctricos y monitoreo de datos en periodos de tiempo cortos	Obtener el factor de carga y pérdidas diarias, semanales	- _Dash EKM - _Fac. Carga - _Dem. Max - _ Perdidas Cu y Po - _ Pérdidas de energía

### 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Las siguientes definiciones se emplean en la propuesta tecnológica para determinar las pérdidas de energía en el transformador de servicio y los elementos eléctricos que se implementaran.

#### 3.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR

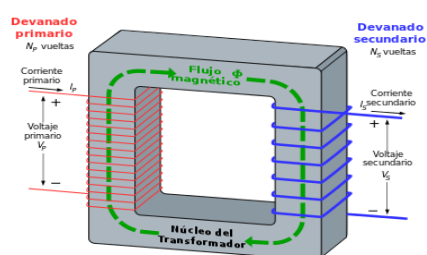
Ecuador está experimentando cambios masivos en el sector energético. El país está pasando de una fuerte dependencia de los combustibles fósiles a una autosuficiencia casi completa a través de energías renovables, en particular la energía hidroeléctrica. El país también está mejorando su infraestructura de transferencia de energía para permitir que cargas masivas se transporten de manera más eficiente a alto voltaje.

En 2014, la capacidad instalada efectiva de generación de energía eléctrica de Ecuador alcanzó los 5.299 MW, con una participación de la capacidad hidroeléctrica del 42 por ciento, la participación de los motores de combustión interna del 27 por ciento, la participación de las turbinas de gas del 18 por ciento y el resto a través de turbinas de vapor, biomasa, fotovoltaica y eólica Generación de energía. Para 2018, el gobierno prevé que la capacidad instalada alcance los 7780 MW, con una mayor dependencia de la energía hidroeléctrica a gran escala.

Actualmente en lo que va el 2021 el Ecuador en su mayoría depende de energía eléctrica generada por hidroeléctricas, pero eso no parece ser suficiente debido a la gran demanda que produce el país y a su vez la exportación de energía. Es de saberes que existen otras fuentes de generación de energía renovable como lo son la eólica y solar por lo que el país debería enfatizar más en las mencionadas.

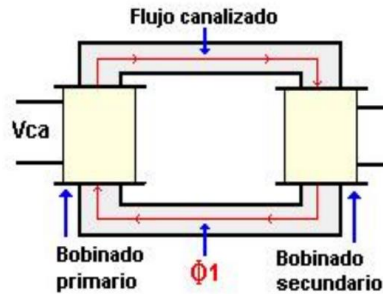
#### 3.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO

El transformador constituye de un núcleo ferromagnético, que forma el circuito magnético, y dos arrollamientos, que forman el circuito eléctrico.[24]



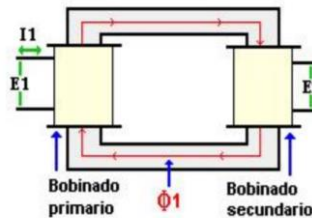
**Figura 3.1** Principio de funcionamiento [24]

Cuando se induce en el bobinado primario una fuerza electromotriz alterna, circulará una intensidad eléctrica alterna ( $I_1$ ), y convierte una fuerza magneto motriz que permite que se introduzca un flujo de líneas de fuerza alterna ( $\Phi_1$ ).



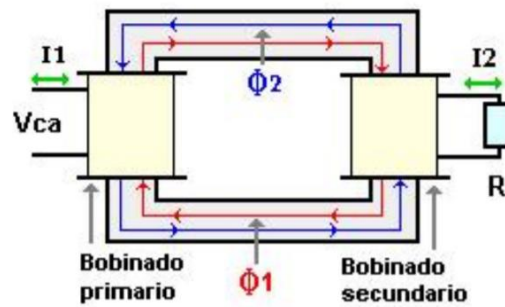
**Figura 3.2** Bobinado voltaje alterno [25]

El flujo  $\Phi_1$  dirigido en el núcleo, incita a las espiras del bobinado secundario una fuerza electromotriz ( $E_2$ ). Las espiras del bobinado primario están en la dominio del  $\Phi_1$ , Y en ellas se va a inducir una fuerza contraelectromotriz ( $E_1$ ), ya que se opone al voltaje de alimentación, dando una disminución de la intensidad de corriente ( $I_1$ )



**Figura 3.3** Inducción de F.E en el bobinado secundario [25]

Cuando se le aplica carga ( $R$ ) al bobinado secundario, recorre por él la intensidad de corriente  $I_2$ , produce el flujo magnético  $\Phi_2$ , contrario al  $\Phi_1$ , y reduce el flujo resultante en el núcleo resultando que la fuerza contraelectromotriz disminuya al contrario de la intensidad de corriente  $I_1$  aumente. [25]



**Figura 3.4** Carga conectada [25]

La fuerza contraelectromotriz es directamente proporcional al flujo inductor ( $\Phi_1$ ), cuando este disminuye por la contraposición del  $\Phi_2$ , se da un incremento en la corriente  $I_1$ .

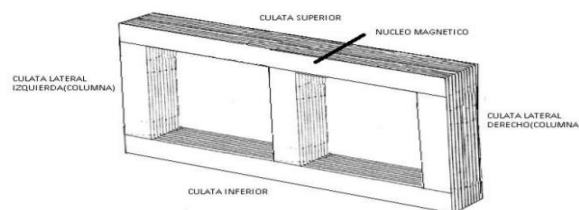
Si el transformador es reductor el arrollamiento primario será el arrollamiento de mayor tensión y el secundario el de menor tensión, y si el transformador es elevador el arrollamiento primario será el de menor tensión y el secundario el de mayor tensión. Las tensiones del arrollamiento primario y secundario en vacío, coinciden, en el caso de transformadores monofásicos y algunos grupos de conexión trifásicos, con bastante aproximación con la relación existente entre el número de espiras primarias y secundarias. Esto determina la relación de transformación del transformador, punto fundamental de estos equipos.[25]

$$RT = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (3.1)$$

### 3.3 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

#### Núcleo.

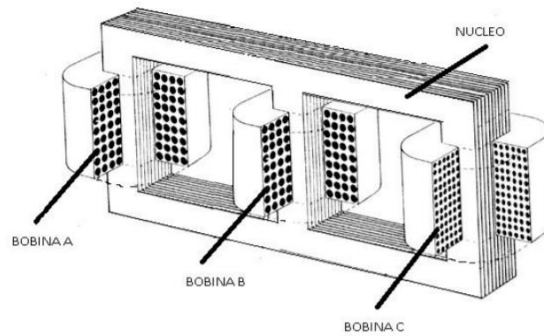
Debe ser de acuerdo al tipo o capacidad de un transformador de distribución, pueden ser fabricados con láminas de acero eléctrico, grano orientado, laminado y magnético, caracterizado por ser libres de envejecimiento, de alta permeabilidad y bajas pérdidas por histéresis.[25]



**Figura 3.5** Núcleo del transformador [25]

De acuerdo con el tipo de transformador de potencia que se desee construir, se puede también escoger el tipo de núcleo más apropiado. [25]

### Núcleo Tipo Columna.



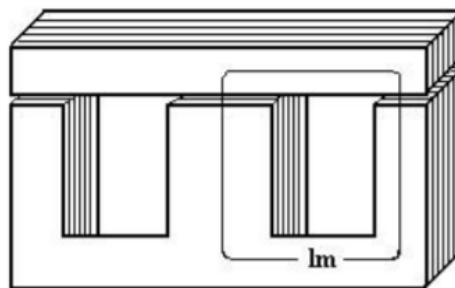
**Figura 3.6** Núcleo tipo columna [25]

En el diseño de columnas las bobinas están arrolladas alrededor del núcleo, lo cual se presenta en forma de bobinas cilíndricas. [25]

Generalmente el arrollamiento de alta y baja tensión es enrollado concéntricamente. Normalmente la bobina de baja tensión se arrolla en el interior de la bobina de alta tensión.

El espacio vacío entre columnas, donde se alojan las bobinas, se llama ventana, normalmente las columnas están alojadas en un plano y su orientación es vertical. [25]

### Núcleo Tipo Acorazado



**Figura 3.7** Núcleo tipo acorazado [25]

En transformadores de grandes potencias, el núcleo de tipo acorazado es mejor, ya que en caso de cortocircuito o sobrecarga las fuerzas electromagnéticas pueden ser mejor controladas. [25]

Las láminas llevarán películas aislantes en sus superficies, las cuales no serán afectadas por el aceite caliente o los aumentos de temperatura propios del núcleo del transformador y

presentarán superficies suaves con el fin de poder obtener elevados factores de laminación. [25]  
 Cuando el núcleo sea del tipo enrollado, deberá ser sujeto a un proceso de recocido en atmósfera de gas inerte con el fin de reorientar los granos de las láminas magnéticas. [25]

### Los Devanados

Es el material conductor de corriente eléctrica, que se ha dado un extenso empleo en la electrotecnia es el cobre.

DENOMINACION DEL METAL		RESISTENCIA ESPECIFICA $\rho \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ para $t = 20^\circ C$
Plata	Ag.....	0.01622
Cobre	Cu.....	0.016925
Oro	Au.....	0.0219
Aluminio	Al.....	0.0262

**Figura 3.8** Materiales resistentes para devanados. [25]

El cobre que es para conductores no debe contener más 0.1% de impurezas. Ya que son dañinas las impurezas de bismuto (Bi) y antimonio. [25]

Además del cobre, en calidad de conductor corriente eléctrica encontró un empleo significativo el aluminio, su resistencia específica en estado normal a  $20^\circ C = 0.0262 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ . [26]

### Sistema aislante.

En un transformador de potencia son de vital importancia para mantener una distancia adecuada entre dos puntos de diferente potencial, en el circuito eléctrico del propio transformador dependiendo de los puntos que se van a aislar, los aislamientos se pueden clasificar en las siguientes categorías. [26]

- Aislamiento principal o mayor, el cual comprende la separación entre devanados diferentes de una misma fase, así como la separación entre devanados y tierra. [26]
- Aislamiento menor, que comprende la separación entre espiras adyacentes y además, la separación entre secciones del mismo devanado. [26]
- Aislamiento entre fases diferentes, que comprende la separación entre los devanados de estas fases. [26]

Los materiales que integran los aislamientos son aceite y papel aislante, de altas características de rigidez dieléctrica, aunque en menor proporción, se utilizan otros materiales como madera, vidrio, porcelana. De acuerdo a sus características térmicas, tanto el aceite como el papel se

clasifican en la clase "A", los cuales deben operar a temperaturas máximas de 105 °C, sin pérdida de vida por degradación térmica. [26]

Por otra parte, existen transformadores tipo seco clasificados con aislamiento clase H, que son para temperaturas máximas de 125 °C. [26]

Además de la degradación térmica, la vida de estos materiales aislantes es afectada por la humedad, contaminación química, efecto corona y esfuerzos mecánicos.

Con los transformadores de potencia en servicio, los sistemas de aislamiento deben soportar esfuerzos dieléctricos debidos a la excitación continua de voltajes normales, a voltajes transitorios bajo condiciones de falla, sobretensiones ocasionadas por maniobras y sobretensiones de impulso debidos a descargas atmosféricas; todas estas sobretensiones implican severos esfuerzos eléctricos, sobre todos, los frentes de onda de sobretensiones de impulso, llegando a producir la falla en los aislamientos al sobrepasar los límites de diseño. [26]

### **Transformadores Distribución**

Los transformadores de distribución, son aquellos de potencias menor o igual a 500 kVA y de tensiones menores o iguales a 67 000 V, tanto monofásicos y trifásicos. La mayoría están proyectadas para montaje en postes, algunos de potencia superiores de las clases de 18 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar residencias, edificios o almacenes públicos, y centros comerciales. [6]

### **3.4 ELEPCO S.A**

Provee el servicio público de energía eléctrica con calidad, fiabilidad y estabilidad sostenibles, contribuyendo al desarrollo económico y social de nuestros propios usuarios, con innovación persistente y responsabilidad ambiental.

Además, quiere llegar al año 2021 como una compañía relacionada en la prestación del servicio eléctrico, reconocida por su calidad, cobertura y eficiencia en el campo nacional. [7]

### **3.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS PÉRDIDAS EN EL TRANSFORMADOR**

Las pérdidas de energía en los transformadores dependen de la vida útil de los materiales como son el cobre, hierro y aislamiento.

La reducción de la vida útil del aislamiento se ve afectado por sobretensiones cortocircuito, carga nominal y las condiciones de sobrecarga, las altas temperaturas, presencia de oxígeno y humedad aceleran el proceso de envejecimiento y por lo tal las pérdidas se elevan.



### 3.5.1 Pérdidas de potencia en el hierro

Es la potencia eléctrica que se pierde debido al calor dentro del núcleo cuando se encuentra sometido a fuerza de magnetización sin proporcionales al cuadrado del voltaje e impedancias de la carga estas componen las pérdidas por histéresis, pérdidas por corrientes parásitas en el hierro y pérdidas residuales pero sus variaciones en sistemas modernos son muy pequeñas que no pueden ser consideradas.[4]

Según la normativa técnica Ecuatoriana la siguiente fórmula aplica a transformadores trifásicos de distribución, autorefrigerados, sumergidos en aceite, frecuencia 60Hz, potencia de 15 a 2000 kVA, clase medio voltaje menores o iguales a 34,5 kV, de 75 a 2000 kVA, clase medio voltaje mayores a 25 kV y menores iguales a 34,5 kV, clase bajo voltaje menores o iguales a 1,2 kV.[8]

$$P_o = 13,27 \times P_n^{0,7093} \quad (3.2)$$

### 3.5.2 Pérdidas en el cobre

Son causadas por la impedancia en el bobinado y varían con la corriente de carga, abarcan pérdidas por el efecto joule en los devanados del transformador debido a la resistencia del conductor al flujo de corriente.

Las pérdidas en el cobre pueden ser casi el doble que las pérdidas en el núcleo en algunos casos. [4]

Según la normativa técnica ecuatoriana la siguiente fórmula aplica a transformadores trifásicos de distribución, autorefrigerados, sumergidos en aceite, frecuencia 60Hz, potencia de 15 a 2000 kVA, clase medio voltaje  $\leq 34,5$  kV, de 75 a 2 000 kVA, clase medio voltaje  $> 25$  kV y  $\leq 34,5$  kV, clase bajo voltaje  $\leq 1,2$  kV.[8]

$$P_{cu} = 10,465 \times P_n + 537 \quad (3.3)$$

## 3.6 REDES DE DISTRIBUCIÓN

### 3.6.1 Redes de distribución para cargas residenciales

Que comprenden básicamente de domicilios familiares, las cuales son eminentemente resistivas y con pequeñas características reactivas provocadas por los electrodomésticos.[9]

### **3.6.2 Redes de distribución para cargas comerciales**

Este tipo de cargas son caracterizadas por ser resistivas ya como su nombre mismo lo indica buscan ser ubicadas en puntos estratégicos de las ciudades donde sea la mayor concentración de personas los cuales pueden ser centros comerciales, además presentan componentes inductivos que afectan mínimamente al factor de potencia. [9]

### **3.6.3 Redes de distribución para cargas industriales**

Este tipo de cargas se caracteriza por presentar un componente importante de energía reactiva ya que en la industria se trabaja con motores de alta potencia y un sin número de máquinas que están trabajando en sincronismo y los tableros eléctricos no pueden con tanta demanda que se realiza en dicha empresa, se hace necesario corregir el factor de potencia. [9]

## **3.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRANSFORMADOR**

### **3.7.1 Capacidad**

Es la potencia nominal que un equipo o sistema eléctrico tiene para entregar. En los datos de placa de los diferentes aparatos del sistema se lee la capacidad.[9]

- Generador de 70 kVA.
- Transformador de 75 kVA.

### **3.7.2 Carga instalada (CI)**

Es la suma algebraica de todas las potencias nominales continuas de los aparatos instalados de consumo conectados a un sistema de una carga residencial, industrial, o comercial lo cual se puede expresar generalmente en kVA, MVA, kW o MW. [9]

### **3.7.3 Capacidad instalada (PI)**

Corresponde a la suma algebraica de las potencias nominales de los equipos como son los transformadores y generadores que están instalados a líneas que suministran la potencia eléctrica a las cargas que están en funcionamiento en diversos lapsos de tiempo, lo cual también

toma el nombre de capacidad nominal del sistema. [9]

### **3.7.4 Carga máxima (DM) kW o kVA**

También conocida como demanda máxima la cual es la carga mayor que se presenta en un sistema en un período de tiempo previamente establecido, y en la cual es el foco de atención y la que ofrece mayor interés ya que en ese lapso de tiempo presenta la máxima caída de tensión en el sistema y por lo tanto es cuando se presentan las mayores pérdidas de energía y potencia. Para establecer la carga máxima se debe especificar el lapso de tiempo de demanda pico para medirla.[9]

### **3.7.5 Demanda $D(t)$**

En una instalación eléctrica los terminales receptores, toma como un costo medio en un intervalo de tiempo definido. La época en el que se toma el costo medio se denomina intervalo de demanda. La duración que se fije en este intervalo de tiempo dependerá del costo de demanda que se quiera conocer, la demanda se puede manifestar en kVA, kilovatios, kVAR, A, etcétera. La alteración de la demanda en la época para una carga dada origina el periodo de carga que es una curva de carga, otros términos la interacción entre la demanda vs tiempo. [9]

### **3.7.6 Demanda Máxima ( $D_{max}$ )**

En un sistema la demanda máxima consiste en que es la mayor de todas las demandas que se han ocurrido en un específico intervalo de tiempo.

La cual es de mayor interés ya que se debe a que es la condición normal más rigurosa impuesta al sistema ya que con esto se podrá determinar la caída de tensión de dicho sistema.[10]

### **3.7.7 Demanda facturable**

La demanda facturable es la resultante de la comparación con la demanda máxima registrada en el equipo de medición y la potencia contratada.[11]

### **3.7.8 Demanda mensual ( $DF$ )**

Es la que corresponde a la máxima demanda (DM) registrada en el mes por el medidor de demanda, pero no podrá ser inferior al 60% del valor de la máxima demanda de los últimos doce meses incluyendo el mes de facturación.[11]

### **3.7.9 Demanda promedio**

Es la demanda constante en un periodo de tiempo determinado. [11]

$$Demanda\ promedio = \frac{Energía\ total\ en\ un\ periodo}{Duración\ del\ periodo} (Wh)$$

(3.4)

### 3.7.10 Demanda de potencia

Es la demanda de potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar.

Se denomina como intervalo de demanda, su indicación es necesaria ya que el efecto de demostrar el determinado valor de demanda.[12]

$$D = \sqrt{FU} \times Pn \times Fp (W)$$

(3.5)

### 3.7.11 Curvas de carga diaria

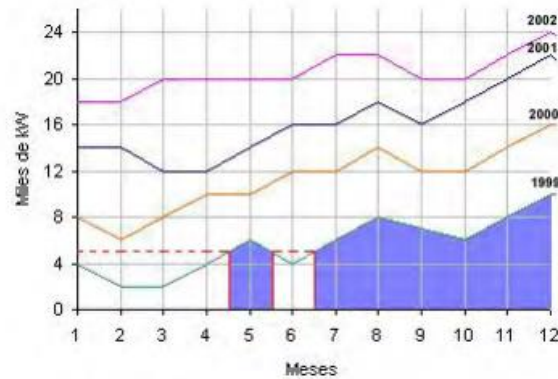
Formadas por picos conseguidos en periodos de una hora, las curvas de carga diaria dan una indicación de las características de la carga en el sistema.

Con las adecuadas interpretaciones se establecerá conclusiones similares a las curvas de carga anual, pero proporcionan mayores detalles sobre la forma en que han venido variando durante el período histórico y constituye una base de datos para determinar las tendencias predominantes de las cargas del sistema, con lo cual permitirá seleccionar en forma los equipos de transformación, obteniendo la capacidad límite de sobrecarga, de enfriamiento de transformadores de subestaciones y límites de sobrecarga transformadores de distribución. [9]

### 3.7.12 Curva de carga anual

Estas curvas lo ideal es que se deben dibujar por lo menos con 4 años del período estadístico ya que con la muestra se podrá visualizar mediante gráficos como se está incrementando la carga durante dicho periodo la cual ayudará en la deducción de curva de crecimiento de la demanda.

Las curvas de carga anual son los valores de la demanda a la hora pico de cada mes, con los cuales nos otorgan valores que se pueden visualizar los crecimientos y variaciones tanto de los picos mensuales como los anuales. [9]



**Figura 3.9** Curva de carga anual [9]

### 3.7.13 Carga Promedio (DP)

Se define como la relación entre el consumo de energía por el usuario durante un intervalo dado y el intervalo mismo. [9]

$$Dp = \frac{\text{Energía consumida en el tiempo } T \text{ en kWh}}{T \text{ en horas}} \quad (3.6)$$

### 3.7.14 Factor de demanda (FD)

El factor de demanda en un intervalo de tiempo  $t$ , de una carga, es la razón entre la demanda máxima y la carga total instalada.[9]

$$FD = \frac{\text{Carga instalada}}{\text{Carga máxima}} \leq 1 \quad (3.7)$$

### 3.7.15 Factor de utilización (FU)

El factor de utilización es un sistema eléctrico en un intervalo de tiempo  $t$ , se define entre la diferencia de la demanda máxima y capacidad nominal de un sistema o también de la capacidad instalada.[9]

$$FU = \frac{\text{Capacidad máxima}}{\text{Capacidad instalada}} = \frac{DM}{PI} \quad (3.8)$$

### 3.7.16 Factor de potencia $\cos\phi$

Es la relación entre la potencia activa sus unidades son W, kW o MW y la potencia aparente con sus unidades VA, kVA, MVA, determinada en el sistema o en uno de sus componentes.[9]

$$\cos \phi = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}} \quad (3.9)$$

### 3.7.17 Factor de carga FC

Es la razón entre la demanda promedio en un intervalo de tiempo dado y la demanda máxima observada en el mismo intervalo de tiempo.

$$FC = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}} = \frac{DP}{DM} \quad (3.10)$$

El intervalo que se considera para el cálculo del valor de la demanda máxima es el instantáneo por otro lado en la determinación del factor de carga, es necesario especificar el intervalo de la demanda en el que están considerados los valores de demanda máxima instantánea y la demanda promedio.

Se establece un período mayor, dará como resultado un factor de carga más pequeño, también se puede expresar el factor de carga de la siguiente manera.

$$FC = \frac{DP \times t}{DM \times t} = \frac{\text{Energía absorbida en el tiempo } t}{DM \times t} \quad (3.11)$$

t = días, meses o años

$$FC \text{ anual} = \frac{\text{Energía total anual}}{DM \text{ anual} \times 8760} \quad (3.12)$$

La evaluación precisa del factor de carga permite seleccionar el tipo de refrigeración que se le asignará a los transformadores de potencia. [9]

### 3.7.18 Factor de pérdidas (FP)

Para transformadores de distribución, la relación entre el factor de las pérdidas y el factor de la carga se la puede hallar con la siguiente fórmula.

$$\text{Factor de pérdidas} = 0,15 (\text{Factor de carga}) + 0,85 (\text{Factor de carga})^2 \quad (3.13)$$

Por lo general, no se conoce la curva de descarga de los distintos circuitos primarios y secundarios que es necesario analizar en el diseño de transformadores, aunque usualmente no se tiene un estimativo razonable del factor de carga de la demanda correspondiente. En este caso, es posible estimar el factor de pérdidas a partir del factor de carga, mediante fórmulas empíricas.[13]

### 3.7.19 Pérdidas de potencia con carga PPC

Estas pérdidas se generan por efecto Joule en los devanados del transformador. Las pérdidas con carga varían con el cuadrado de la carga en el transformador y se calculan de la siguiente forma.[27]

$$PPC = Fu \times Pcu \times F_{pérdidas} (W) \quad (3.14)$$

La siguiente fórmula es la representación porcentual de pérdidas anuales que se da en un transformador de distribución.

El rango establecido del porcentaje de pérdidas de un transformador es de 0 a 2 %.[13]

$$\%Pérdidas = \frac{Po + FU \times Pcu \times (\text{Factor de pérdidas})}{D \times Fc} \times 100 \quad (3.15)$$

### 3.7.20 Pérdidas totales

Se denominan pérdidas totales en un transformador a la sumatoria entre la pérdida en el hierro y la pérdida de potencia con carga, dado que las pérdidas con carga en los sistemas de transmisión son proporcionales a la demanda las pérdidas totales varían. [13]

$$Pt = Po + PPC (W) \quad (3.16)$$

### 3.7.21 Pérdidas de energía

Son pérdidas inherentes a la operación normal de un sistema eléctrico. Se generan por la circulación de corriente por el sistema y dependen solamente de factores técnicos, de materiales y/o constructivos de las redes. [13]

$$Pe = 8760 \times Pt (kWh - \text{año}) \quad (3.17)$$

### **3.7.22 Consumo Base ( $C_{Base}$ )**

Prácticamente es correspondiente al consumo en kWh luego previo análisis estadístico del historial de consumos de energía eléctrica.[11]

### **3.7.23 Energía Reactiva**

Los receptores que por lo general generan campos magnéticos para su funcionamiento como son los motores, transformadores y diversos equipos consumen energía reactiva para su funcionamiento. La intensidad necesaria para ese tipo de energía está retrasada respecto a la tensión por lo que la potencia aparente que absorbe de la red tiene una componente activa (P) y otra reactiva.[14]

### **3.7.23 La cargabilidad**

Es un parámetro que influye directamente en el funcionamiento de un transformador de potencia. La duración de un transformador se encuentra ligada con la cargabilidad, ya que la vida útil se puede asimilar a la vida de su aislamiento sólido. Un transformador que funciona a cargas muy elevadas será menor la vida de su aislamiento a diferencia de un transformador que trabaja con cargas inferiores [15]

### **3.7.24 Tarifa dispuesta de media tensión registrando de demanda horaria**

Se emplea en las viviendas que instala un registrador de la demanda horaria, que se permite asemejar la demanda de potencia y los consumos de energía en los períodos horarios de punta, media y base.[11]

### **3.7.25 Capacidades de Transformador de Distribución**

La capacidad nominal de un transformador se le establece, en función de la carga, en los sistemas de distribución existen transformadores sobrecargados, subcargados o que estén funcionando con la carga óptima. . [16]

Se considera subcargado cuando la carga demandada es menor o igual al 80% de la potencia nominal del transformador.

Se considera funcionando a carga nominal cuando la carga demandada, siendo mayor al 80% de la capacidad nominal, es menor o igual a la potencia nominal del transformador.

Un transformador sobrecargado cuando la carga demandada es mayor al 100% de la potencia nominal del transformador. [16]



### **3.7.26 Tablero eléctrico**

Es un gabinete que tiene los dispositivos muy importantes de conexión como son los de maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización que ayudan a cumplir con un determinado trabajo

El ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir varios criterios de diseño cumpliendo a cabalidad normativas que permitan su óptimo funcionamiento una vez energizado, y lo más importante que sea garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales sean ubicados.[17]

### **3.8 PERIODO DE MEDICIÓN DE LA DEMANDA**

Lapso en el cual se realiza las mediciones de demanda

#### **- Corto plazo**

Un periodo de demanda a corto plazo puede ser:

Diario que es utilizado para muestreo de usuarios ya sean residenciales, comerciales o industriales.

#### **- Medio plazo**

Se consideran a los períodos de dos a cuatro años, en los cuales se toma en cuenta los cambios de economía en la región, desarrollo industrial y agrícola.

#### **- Largo plazo**

Se considera periodos de cinco a diez años, que permite la planeación de nuevas centrales, instalación y operación en el sistema de potencia.[16]

### **3.9 MÉTODO DE MENTOR POVEDA**

En dicha metodología se lleva a cabo determinar el factor de carga llevando un registro bajo la norma CONELEC 004/01 referente a la calidad de servicio para los clientes, dicho estudio para de un problema de que las empresas de distribución obtenían pérdidas económicas por falta de datos del estado de las redes de distribución respecto a las cargas que soportaban.[18]

### 3.10 SISTEMA DE VALORES EN PARTES POR UNIDAD PU

Un cifra numérica de los distintos parámetros eléctricos que llegan a ser las tensiones, potencias, impedancias y corrientes para el respectivo análisis en un Sistema Eléctrico de Potencia, generalmente se expresa en un valor relativo, puede ser en por ciento o en por unidad. Esto se resume en consecuencia para referenciar los valores absolutos de los distintos parámetros en sus diferentes unidades como en kV, MW,  $\Omega$ , kA a sus respectivos valores bases.[2]

$$Valor \text{ en } [pu] = \frac{Valor \text{ Medido (unidad correspondiente)}}{Valor \text{ Base Elejido (unidad correspondiente)}} \quad (3.18)$$

### 3.11 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS

#### **Omnimeter Pulse V4 (kWh medidor eléctrico)**

Tiene un diseño compacto y fácil para su instalación, consta de un medidor de uso de kilowatt que está diseñado para una instalación sencilla de riel DIN, ya que los cables son a través de un tubo. El medidor eléctrico kW h puede ser visualizado en un LCD con 800 pulsos por kW h. Incluye un kit ajustable de interior que mejora la estética con un aspecto técnico.[19]

#### **CT de núcleo dividido**

Se trata de medidores EKM núcleo dividido transformador de corriente (CT), su funcionamiento óptimo es en conjunto con los medidores electrónicos Omnimeter. Esta combinación proporciona un sistema de medición de kW h y monitoreo de energía de alta precisión.

CT de núcleo dividido consta de un diámetro de agujero Seleccione estos 800 amperios CTs para facilitar la instalación.

Estos transformadores de corriente tienen una eficiencia del 99%, con una salida de 26,6 mA. La línea de CTs tiene mejores condiciones y son superiores a otras marcas en la medición del ángulo de fase de los sistemas AC. También constan con cables de 1,8 m para fijar al medidor.[20]

#### **EKM 485 Bee –Nodo Inalámbrico Zigbee**

El 485 Bee reemplazó los enlaces cableados de su red RS-485 con enlaces de red inalámbrica

de malla zigbee.

Funciona en perfectas condiciones en comunicación con el EKM-Omnimeter v.3 y v.4 metros solamente, con las otras versiones anteriores no tendría funcionamiento ya que la comunicación sería más lenta. Cuando no existe mucha interferencia podría tener un excelente comunicación hasta de 200 metros con la antena suministrada, también se podría mejorar el alcance de hasta una milla mediante el uso de antenas de alta ganancia enfocadas entre sí.

Las radios actuales vienen pre configuradas para reemplazar el cable de comunicaciones RS-485, ya están diseñadas para ser utilizados en áreas remotas donde es imposible ejecutar un cable de comunicación RS-485.

Para su funcionamiento se necesitará al menos 2 de estos para crear ambos extremos de la red de malla de zigbee con una alimentación de 6 a 42 voltios de entrada de CC. [20]

### **EKM Push – Nube Base Meter sistema de comunicación**

Es un sistema de comunicación con excelente calidad y facilidad, trabaja de mejor manera con la línea de omnimeter de kWh metros, con el fin de maximizar sus capacidades. Se puede disponer de datos sin problemas y de inmediato ya que consta con un envío de datos a la nube. A los datos se puede acceder con un sin número de maneras, como por ejemplo por cualquiera de las soluciones de software disponible en la App Store de Push.[20]

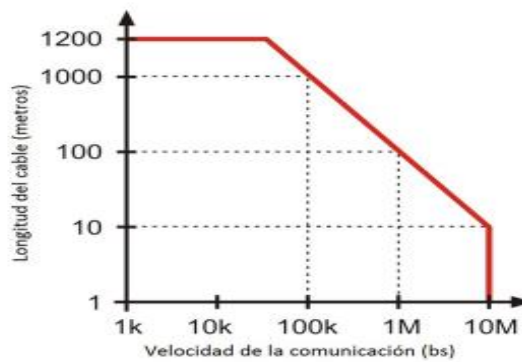
### **3.11 COMUNICACIÓN RS 485**

El estándar RS485 define esquemas de datos que proporcionan soluciones para transmitir datos en largas distancias y en entornos ruidosos.[28]

En RS485 especifican una longitud máxima de 1200 metros para los cables de comunicación la velocidad de comunicación bps depende de los equipos instalados, de los cables de comunicación.[28]

También describe una interfaz de comunicación que trabaja sobre líneas diferenciales capaces de comunicarse con 32 unidades de carga. Sin embargo, algunos dispositivos consumen fracciones de unidades de carga, lo que aumentaría el número máximo de dispositivos. [28]

La figura a continuación muestra el compromiso entre la velocidad de comunicación y la longitud máxima del cable.[21]



**Figura 3.10** Velocidad y longitud de comunicación. [21]

### 3.12 DASH EKM

Esta herramienta la desarrolló EKM Metering, Inc. El fichero de instalación actual disponible para descarga ocupa 11.4 MB en el disco duro, es un programa del tipo Utilidades del sistema. Normalmente, el archivo de instalación de este programa tiene el siguiente nombre de fichero: EKM Dash.exe. EKM Dash le permite leer los medidores que están conectados al computador. Desde esta aplicación, puede leer todos los parámetros del medidor, establecer números de medidor, establecer contraseñas, restablecer la demanda a cero y registrar el uso del medidor en un archivo y enviar informes por correo electrónico a usuarios individuales o formateados para imprimir y enviar por correo [22].

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizó la investigación bibliográfica caracterizada por la utilización de los datos como fuente de información y pretende encontrar soluciones a problemas planteados, relacionando datos ya existentes de distintas fuentes, que proporciona una visión amplia de una determinada cuestión indagando en múltiples fuentes.

Se buscará un método apropiado que nos permita obtener ecuaciones y técnicas para la determinación del factor de carga y pérdidas en el transformador.

### 4.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

El instrumento para la obtención de datos son las planillas de consumo eléctrico emitidas mensualmente las cuales se encuentran en el repositorio de la página web de ELEPCO S. A,

que ayudarán con información registrada en los últimos años.

Es un servicio gratuito que brinda la empresa hacia sus consumidores, para que puedan averiguar los el consumo, demandas, perdidas y un detalle de los valores adeudados, ingresando con el número de cuenta, cédula RUC o el nombre.

El instrumento para procesar los datos y registrarlos será Excel el cual nos permite incluir funciones de promedio, valores máximos, valores mínimos, establecer fórmulas, parámetros que ayudarán cuantificada mente en la investigación.

### **4.3 MÉTODOS**

#### **4.3.1 Método documental**

En este método se analiza la información a utilizar en la práctica, contenida con información de confiabilidad en cuanto a pérdidas de transformadores, cálculo de factor de carga, consumo energético y afines, cuya finalidad, permite establecer criterios usados en la evaluación de pérdidas en el transformador de servicio.

#### **4.3.2 Método analítico**

Consiste en el análisis de un todo descomponiéndose en sus partes o elementos para observar las causas, naturaleza y efectos. En nuestro caso a partir del registro de datos de planillas de facturación eléctrica se desglosó mes por mes.

#### **4.3.3 Método Mentor Poveda para cálculo de factor de carga**

El método de Mentor Poveda consiste en aplicar la ecuación 7 para el factor de carga después de obtener las curvas de demanda en un periodo de consumo a largo plazo en un tiempo de 5 años obteniendo datos mensuales en las planillas de consumo eléctrico otorgados por la empresa ELEPCO S.A.

#### **4.3.4. Método analítico-sintético**

Método que permite organizar y clasificar la información contenida en los registros de facturación del medidor No. 94831 proporcionadas por la empresa ELEPCO S.A., con base a los índices de confiabilidad respecto a la demanda energética.

#### **4.3.5 Metodología de “cálculo de pérdidas de potencia y energía” de José Daniel acosta**

En esta metodología se detalla cómo se calcula las pérdidas de un transformador en base a su

cargabilidad, factor que inciden en el mismo y como estos afectan al rendimiento en situaciones normales.

## 4.4 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

### 4.4.1 Adquisición de datos.

Para el procesamiento de datos se utilizará el software Excel, es una herramienta ideal para realizar cálculos y análisis, cuenta con una amplia gama de comandos de funciones matemáticas, además contiene ilustraciones gráficas con los cuales se obtendrá una mejor percepción en el análisis de los resultados.

### 4.4.2 Modelación

Técnica, con la cual se modela una curva de tasa de pérdidas de potencia y energía establecida en los años de consumo energético.

## 4.5 ANÁLISIS DE CURVA DE RENDIMIENTO DEL TRANSFORMADOR

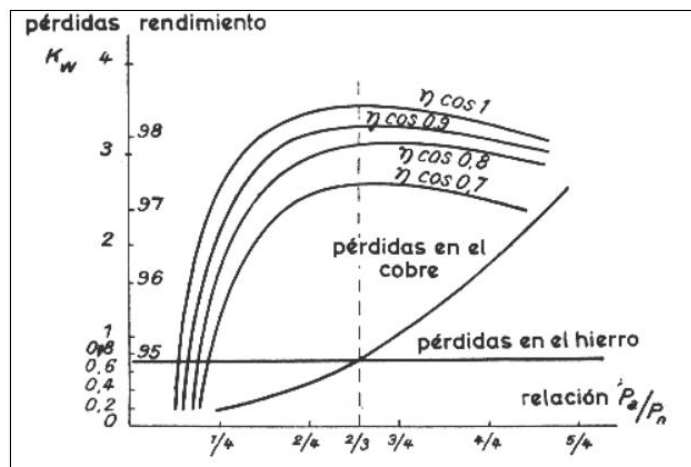


Figura 4.1 Rendimiento del transformador [23]

Para un estudio de transformadores en cuanto a su rendimiento, pérdidas de potencia y energía se debe partir desde el estudio de la figura 11 el cual nos indica el rendimiento en base a la relación de potencia ( $P_a/P_n$ ).

En el rendimiento del transformador consta de un símbolo “ $\eta$ ”, que varía y depende de varios factores que actúan sobre el:

- Potencia del transformador

- La forma del transformador
- Calidad de materiales de construcción

El rendimiento de cualquier máquina o sistema tiene una gran importancia por el valor económico que consigue, desde un punto de vista de lo económico y también algo muy fundamental que es de operación ambiental.

La eficiencia o rendimiento de un artefacto se puede conocer por medio de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} \times 100 \% \quad (4.19)$$

Esta ecuación se aplica a motores y generadores, así como a transformadores.

Existen tipos de pérdidas que aparecen en los transformadores de distribución:

- En el cobre.
- Por histéresis.
- Por corrientes parásitas.

Para el cálculo de la eficiencia en un transformador de distribución con una carga dada, se suman las pérdidas en cada una de las resistencias para lo cual se aplica la siguiente ecuación:

$$n = \frac{P_{sal}}{(P_{sal} + P_{Pérdidas})} \times 100 \% \quad (4.20)$$

Puesto que la potencia es  $P_{sal} = V_s * I_s \cos \theta$ , la eficiencia puede expresarse por:

$$n = \frac{V_s * I_s \cos \theta}{P_{cu} + P_{Núcleo} + V_s * I_s \cos \theta} \times 100\% \quad (4.21)$$

En el caso particular de los transformadores se está en presencia de una máquina de características excepcionales como su rendimiento es muy elevado y requieren muy bajo mantenimiento, todo ello debido a su condición de máquina estática.

Las pérdidas del hierro o en el núcleo y pérdidas del cobre, son de condiciones de diseño e implementación de materiales, que también hacen referencia a los volúmenes de hierro y cobre. A medida que crece las dimensiones de una máquina, también crece rápidamente la potencia y sus pérdidas, por lo que mejora su rendimiento.[23]

#### 4.5.1 Eficiencia de los transformadores de distribución

Dependiendo del desempeño en los transformadores, se usan para operar todas las horas del día, hasta cuando la carga no es consumida de forma continua en un período de operación.

Un transformador tiene conceptos de eficiencia, un concepto global de condición a plena carga y para distintas cargas al día también llamada eficiencia diaria.[23]

#### 4.6 PLACA DE DATOS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO

Se detallan las especificaciones técnicas del transformador de servicio que alimenta a los bloques A y B del campus matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Tabla 4.1** Características técnicas del transformador

<b>Transformador de servicio de 13.8kV/220V</b>	
<b>P nominal</b>	300 <i>kVA</i>
<b>Numero de fases</b>	3
<b>Tens. Prim</b>	13.8 <i>kV</i>
<b>Tens. Sec</b>	220 <i>V</i>
<b>Corriente Prim</b>	787.29 <i>A</i>
<b>Corriente Sec</b>	12.55 <i>A</i>

#### 4.7 ANÁLISIS DE DATOS MEDIANTE LAS FACTURAS DE CONSUMO ELÉCTRICO ELEPCO S. A

Para la obtención de datos del consumo, pérdidas en el transformador, demanda máxima, demanda promedio, consumo base, energía reactiva y factor de potencia entre otros datos se realizará un análisis estadístico de las planillas mensuales de consumo eléctrico emitidas por la empresa ELEPCO S. A desde el año 2015 hasta el presente año.

##### 4.7.1 Análisis de datos en las factura del año 2015

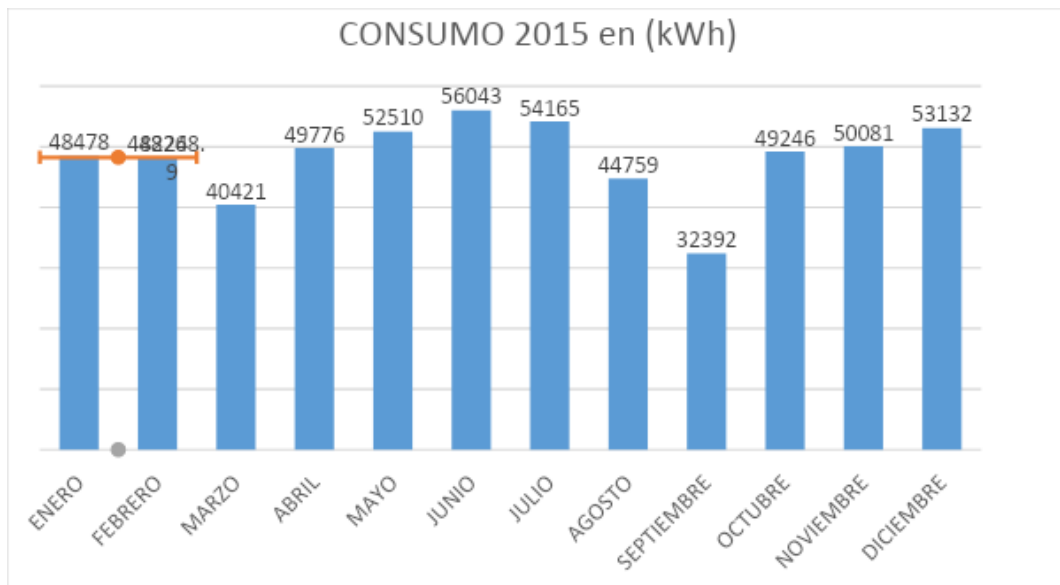
Se analizarán los datos mensuales del consumo, demanda máxima, demanda promedio y factor de carga en las planillas eléctricas del año 2015.



**Tabla 4.2** Facturación del consumo eléctrico del año 2015

MES	CONSUMO 2015	kWh	DEMANDA PICO (KW)
ENERO	48478	kWh	158
FEBRERO	48224	kWh	158
MARZO	40421	kWh	100
ABRIL	49776	kWh	148
MAYO	52510	kWh	153
JUNIO	56043	kWh	151
JULIO	54165	kWh	154
AGOSTO	44759	kWh	154
SEPTIEMBRE	32392	kWh	71
OCTUBRE	49246	kWh	162
NOVIEMBRE	50081	kWh	167
DICIEMBRE	53132	kWh	188
TOTAL	579227	kWh	

En la tabla 4.2 se puede apreciar los datos de consumo mensual del año 2015 los cuales están en kWh, los valores se obtuvieron de las planillas eléctricas emitidas por ELEPCO S. A, la demanda máxima del año calendario se produce en el mes de junio.

**Figura 4.1** Consumo anual del año 2015

En la figura 4.1. Se obtiene un análisis estadístico del consumo anual del año 2015, se puede visualizar los meses en los cuales se produce la demanda máxima, demanda mínima y la demanda promedio, la descripción gráfica presenta una tendencia estable, no varía

drásticamente excepto en el mes de Septiembre que sale fuera del rango normal de consumo.

**Tabla 4.3** Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2015

<b>DEMANDA MÁXIMA 2015</b>		
<b>jun-15</b>	56043	<b>KWh</b>
<b>DEMANDA PROMEDIO</b>		
<b>Dp</b>	48268,917	<b>kWh</b>
<b>FACTOR DE CARGA</b>		
<b>Fc</b>	0,861	

En la tabla 4.3 Se puede visualizar el mes en que se produjo la demanda máxima y la demanda promedio del año 2015 la cual se obtuvo con la ecuación 3.4

$$Demanda\ promedio = \frac{Energía\ total\ en\ un\ periodo}{Duración\ del\ periodo}$$

$$Demanda\ promedio = \frac{579227\ kWh}{12}$$

$$Demanda\ promedio = 48268,917\ kWh$$

También en la tabla 4.3 Se obtuvo el factor de carga que se obtuvo con la ecuación 3.10

$$FC = \frac{Demanda\ promedio}{Demanda\ máxima}$$

$$FC = \frac{48268,917\ kWh}{56043\ kWh}$$

$$FC = 0,861$$

Entonces FC porcentual:

$$FC = 86,1\ \%$$

**Tabla 4.4** Cálculo de diversos factores del año 2015

<b>CARGA PICO 2015</b>		
Cp	147	kW
<b>Potencia Nominal Transformador</b>		
Pn	300	kW
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
Fu	0,583	
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
Fp	0,321	

En la tabla 4.4 Se obtiene el factor de utilización y factor de pérdidas durante el año 2015, se utilizó la ecuación 3.8 y la ecuación 3.13 respectivamente.

$$FU = \frac{\text{Capacidad máxima}}{\text{Capacidad instalada}}$$

$$FU = \frac{147 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$FU = 0,490$$

Entonces FU en porcentaje:  $FU = 49 \%$

$$\text{Factor de pérdidas} = 0,15 (\text{Factor de carga}) + 0,85 (\text{Factor de carga})^2$$

$$FP = 0,15 (0,861) + 0,85 (0,861)^2$$

$$FP = 0,760$$

Entonces FP en porcentaje:  $FP = 76 \%$

**Tabla 4.5** Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2015

<b>PÉRDIDAS EN EL HIERRO</b>		
<b>Po</b>	758,39	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS EN EL COBRE</b>		
<b>Pcu</b>	3676,50	<b>W</b>
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,76	
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,490	
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA CON CARGA</b>		
<b>PPC</b>	1368,643	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA TOTALES</b>		
<b>Pt</b>	2127,034	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA</b>		
<b>Pe</b>	18632817,494	<b>Wh</b>

En la tabla 4.5 Se obtiene las pérdidas en el hierro y en el cobre en el transformador de servicio, se utilizó las ecuaciones 3.2 y la ecuación 3.3 respectivamente

Pérdidas en el hierro:

$$P_o = 13,27 \times P_n^{0,7093}$$

$$P_o = 13,27 \times 300^{0,7093}$$

$$P_o = 758,39 \text{ W}$$

Pérdidas en el cobre:

$$P_{cu} = 10,465 \times P_n + 537$$

$$P_{cu} = 10,465 \times 300 + 537$$

$$P_{cu} = 3676,5 \text{ W}$$

También en la tabla 4.5 Se obtuvo las pérdidas de potencia, pérdidas totales y pérdidas de energía se obtuvo con la ecuación 3.14, la ecuación 3.16 y la ecuación 3.17 respectivamente.

Pérdidas de potencia:

$$PPC = F_u \times P_{cu} \times F_{pérdidas}$$

$$PPC = 0,490 \times 3676,50 \times 0,76$$

$$PPC = 1368,643 \text{ W}$$

Pérdidas totales:

$$Pt = Po + PPC$$

$$Pt = 758,39 + 1368,643$$

$$Pt = 2127,034 \text{ W}$$

Pérdidas de energía:

$$Pe = 8760 \times Pt$$

$$Pe = 8760 \times 2127,034 \text{ W}$$

$$Pe = 18632,817 \text{ kWh} - \text{año}$$

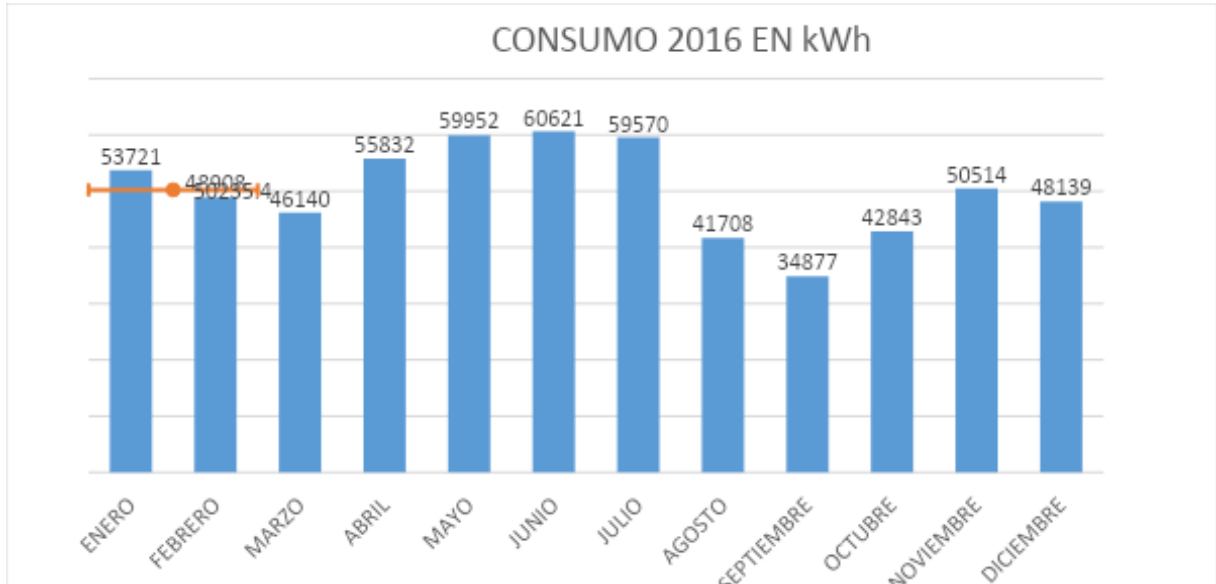
#### 4.7.2 Análisis de datos en las factura del año 2016

Se analizarán los datos mensuales del consumo, demanda máxima, demanda promedio y factor de carga en las planillas eléctricas del año 2016.

**Tabla 4.6** Facturación del consumo eléctrico del año 2016

MES	CONSUMO 2016	kWh	DEMANDA PICO (KW)
ENERO	53721	kWh	171
FEBRERO	48908	kWh	165
MARZO	46140	kWh	108
ABRIL	55832	kWh	172
MAYO	59952	kWh	178
JUNIO	60621	kWh	172
JULIO	59570	kWh	168
AGOSTO	41708	kWh	139
SEPTIEMBRE	34877	kWh	87
OCTUBRE	42843	kWh	155
NOVIEMBRE	50514	kWh	175
DICIEMBRE	48139	kWh	170
TOTAL	602825	kWh	

En la tabla 4.6 Se puede apreciar los datos de consumo mensual del año 2016 los cuales están en kWh, los valores se obtuvieron de las planillas eléctricas emitidas por ELEPCO S. A, la demanda máxima del año calendario se produce en el mes de junio.



**Figura 4.2** Consumo anual del año 2016

En la figura 4.2 Se obtiene un análisis estadístico del consumo anual del año 2016, se puede visualizar los meses en los cuales se produce la demanda máxima, demanda mínima y la demanda promedio la descripción gráfica presenta una tendencia relativamente variable ya que en los meses de Febrero, Agosto y Septiembre el consumo disminuye.

**Tabla 4.7** Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2016

<b>DEMANDA MÁXIMA 2016</b>		
<b>jun-16</b>	60621	<b>KWh</b>
<b>DEMANDA PROMEDIO</b>		
<b>Dp</b>	50235,416	<b>KWh</b>
<b>FACTOR DE CARGA</b>		
<b>Fc</b>	0,829	

En la tabla 4.7 Se puede visualizar el mes en que se produjo la demanda máxima y la demanda promedio del año 2016 la cual se obtuvo con la ecuación 3.4

$$Demanda\ promedio = \frac{Energía\ total\ en\ un\ periodo}{Duración\ del\ periodo}$$

$$Demanda\ promedio = \frac{602825\ kWh}{12}$$

$$Demanda\ promedio = 50235.416\ kWh$$

También en la tabla 4.7 Se obtuvo el factor de carga que se obtuvo con la ecuación 3.10

$$FC = \frac{Demanda\ promedio}{Demanda\ máxima}$$

$$FC = \frac{50235.416\ kWh}{60621\ kWh}$$

$$FC = 0,829$$

**Tabla 4.8** Cálculo de diversos factores del año 2016

<b>CARGA PICO 2016</b>		
Anual	155	kW
<b>Potencia Nominal Transformador</b>		
<b>Pn</b>	300	kW
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,517	
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,708	

En la tabla 4.8 Se obtiene el factor de utilización y factor de pérdidas durante el año 2016, se utilizó la ecuación 3.8 y la ecuación 3.13 respectivamente.

$$FU = \frac{Capacidad\ máxima}{Capacidad\ instalada}$$

$$FU = \frac{155\ kW}{300\ kW}$$

$$FU = 0,517$$

Entonces FU en porcentaje:  $FU = 51.7\ %$

$$Factor\ de\ pérdidas = 0,15 (Factor\ de\ carga) + 0,85 (Factor\ de\ carga)^2$$

$$FP = 0,15 (0,829) + 0,85 (0,829)^2$$

$$FP = 0,708$$

Entonces FP en porcentaje:  $FP = 70,8 \%$

**Tabla 4.9** Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2016

<b>PÉRDIDAS EN EL HIERRO</b>		
<b>Po</b>	758,39	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS EN EL COBRE</b>		
<b>Pcu</b>	3676,50	<b>W</b>
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,708	
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,517	
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA CON CARGA</b>		
<b>PPC</b>	1344,875	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA TOTALES</b>		
<b>Pt</b>	2103,266	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA</b>		
<b>Pe</b>	18424610,928	<b>Wh</b>

En la tabla 4.9. Se obtiene las pérdidas en el hierro y en el cobre en el transformador de servicio, se utilizó las ecuaciones 3.2 y la ecuación 3.3 respectivamente

Pérdidas en el hierro:

$$Po = 13,27 \times Pn^{0,7093}$$

$$Po = 13,27 \times 300^{0,7093}$$

$$Po = 758,39 W$$

Pérdidas en el cobre:

$$Pcu = 10,465 \times Pn + 537$$

$$Pcu = 10,465 \times 300 + 537$$

$$Pcu = 3676.5 W$$

También en la tabla 4.9 Se obtuvo las pérdidas de potencia, pérdidas totales y pérdidas de energía se obtuvo con la ecuación 3.14, la ecuación 3.16 y la ecuación 3.17 respectivamente.



Pérdidas de potencia:

$$PPC = Fu \times Pcu \times F_{p\acute{e}rdidas}$$

$$PPC = 0,517 \times 3676,50 \times 0,708$$

$$PPC = 1344,875 W$$

Pérdidas totales:

$$Pt = Po + PPC$$

$$Pt = (758,39 + 1344,87)W$$

$$Pt = 2103,266 W$$

Pérdidas de energía:

$$Pe = 8760 \times Pt$$

$$Pe = 8760 \times 2103,266$$

$$Pe = 18424,611 kWh - \text{año}$$

#### 4.7.3 Análisis de datos en las factura del año 2017

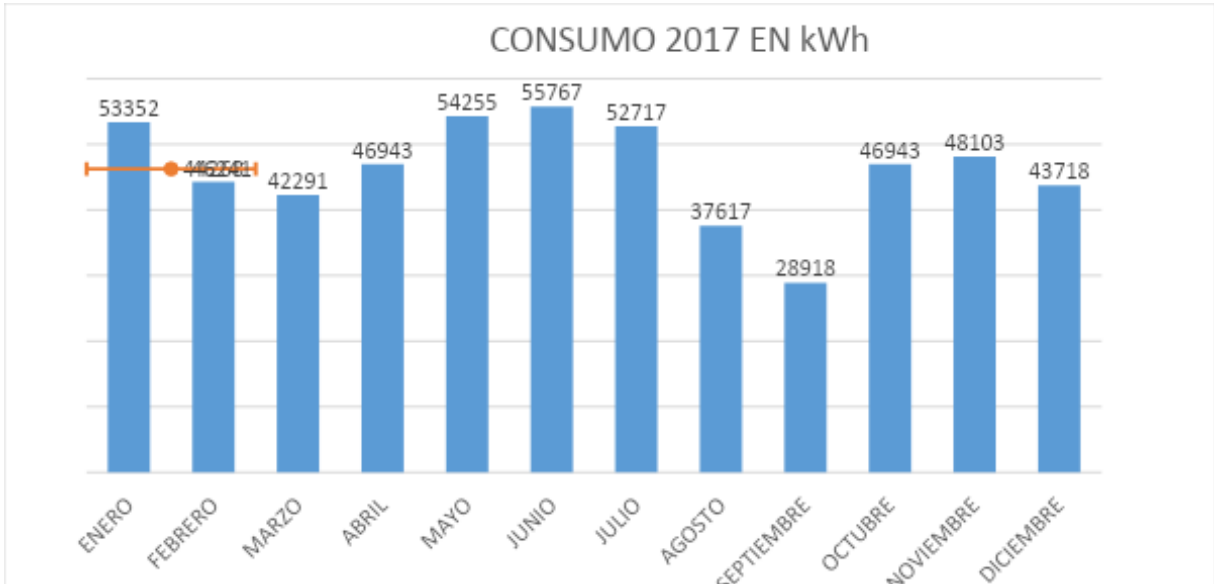
Se analizarán los datos mensuales del consumo, demanda máxima, demanda promedio y factor de carga en las planillas eléctricas del año 2017.

**Tabla 4.10** Facturación del consumo eléctrico del año 2017

MES	CONSUMO 2017	kWh	DEMANDA PICO (kW)
ENERO	53352	kWh	161
FEBRERO	44268	kWh	151
MARZO	42291	kWh	106
ABRIL	46943	kWh	156
MAYO	54255	kWh	158
JUNIO	55767	kWh	164
JULIO	52717	kWh	158
AGOSTO	37617	kWh	119
SEPTIEMBRE	28918	kWh	60
OCTUBRE	46943	kWh	140
NOVIEMBRE	48103	kWh	141
DICIEMBRE	43718	kWh	150
TOTAL	554892	kWh	150

En la tabla 4.10 Se puede apreciar los datos de consumo mensual del año 2017 los cuales

están en kWh, y las demandas pico que están en Kw, los valores se obtuvieron de las planillas eléctricas emitidas por ELEPCO S. A, la demanda máxima del año calendario se produce en el mes de Junio.



**Figura 4.3** Consumo anual del año 2017

En la figura 4.3. Se obtiene un análisis estadístico del consumo anual del año 2017, se puede visualizar los meses en los cuales se produce la demanda máxima, demanda mínima y la demanda promedio, la descripción gráfica presenta una tendencia similar al consumo del año 2016.

**Tabla 4.11** Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2017

<b>DEMANDA MÁXIMA 2017</b>		
<b>jun-17</b>	55767	<b>kW h</b>
<b>DEMANDA PROMEDIO</b>		
<b>Dp</b>	46241	<b>kW h</b>
<b>FACTOR DE CARGA</b>		
<b>Fc</b>	0,829	

En la tabla 4.11 Se puede visualizar el mes en que se produjo la demanda máxima y la demanda promedio del año 2017 la cual se obtuvo con la ecuación 3.4

$$Demanda\ promedio = \frac{Energía\ total\ en\ un\ periodo}{Duración\ del\ periodo}$$

$$Demanda\ promedio = \frac{554892\ kWh}{12}$$

$$Demanda\ promedio = 46241\ kWh$$

También en la tabla 4.11 Se obtuvo el factor de carga que se obtuvo con la ecuación 3.10

$$FC = \frac{Demanda\ promedio}{Demanda\ máxima}$$

$$FC = \frac{46241\ kWh}{55767\ kWh}$$

$$FC = 0,829$$

**Tabla 4.12** Cálculo de diversos factores del año 2017

<b>CARGA PICO 2017</b>		
<b>Anual</b>	138,667	<b>kW</b>
<b>Potencia Nominal Transformador</b>		
<b>Pn</b>	300	<b>kW</b>
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,462	
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,709	

En la tabla 4.12 Se obtiene el factor de utilización y factor de pérdidas durante el año 2017, se utilizó la ecuación 3.8 y la ecuación 3.13 respectivamente.

$$FU = \frac{Capacidad\ máxima}{Capacidad\ instalada}$$

$$FU = \frac{138,667\ kW}{300\ kW}$$

$$FU = 0,462$$

Entonces FU en porcentaje:  $FU = 46,2\%$

$$Factor\ de\ pérdidas = 0,15 (Factor\ de\ carga) + 0,85 (Factor\ de\ carga)^2$$

$$FP = 0,15 (0,829) + 0,85 (0,829)^2$$

$$FP = 0,709$$

Entonces FP en porcentaje:

$$FP = 70,9 \%$$

**Tabla 4.13** Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2017

<b>PÉRDIDAS EN EL HIERRO</b>		
<b>Po</b>	758,39	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS EN EL COBRE</b>		
<b>Pcu</b>	3676,50	<b>W</b>
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,709	
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,462	
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA CON CARGA</b>		
<b>PPC</b>	1204,490	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA TOTALES</b>		
<b>Pt</b>	1962,881	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA</b>		
<b>Pe</b>	17194838,572	<b>Wh</b>

En la tabla 4.13 Se obtiene las pérdidas en el hierro y en el cobre en el transformador de servicio, se utilizó las ecuaciones 3.2 y la ecuación 3.3 respectivamente

Pérdidas en el hierro:

$$Po = 13,27 \times Pn^{0,7093}$$

$$Po = 13,27 \times 300^{0,7093}$$

$$Po = 758,39 W$$

Pérdidas en el cobre:

$$Pcu = 10,465 \times Pn + 537$$

$$Pcu = 10,465 \times 300 + 537$$

$$Pcu = 3676.5 W$$

También en la tabla 4.13 Se obtuvo las pérdidas de potencia, pérdidas totales y pérdidas de energía se obtuvo con la ecuación 3.14, la ecuación 3.16 y la ecuación 3.17 respectivamente.

Pérdidas de potencia:

$$PPC = Fu \times Pcu \times F_{pérdidas}$$

$$PPC = 0,462 \times 3676,50 \times 0,709$$

$$PPC = 1204,490 W$$

Pérdidas totales:

$$Pt = Po + PPC$$

$$Pt = (758,39 + 1204,490)W$$

$$Pt = 1962,881W$$

Pérdidas de energía:

$$Pe = 8760 \times Pt$$

$$Pe = 8760 \times 1962,881$$

$$Pe = 17194,938 kWh - \text{año}$$

#### 4.7.4 Análisis de datos en las factura del año 2018

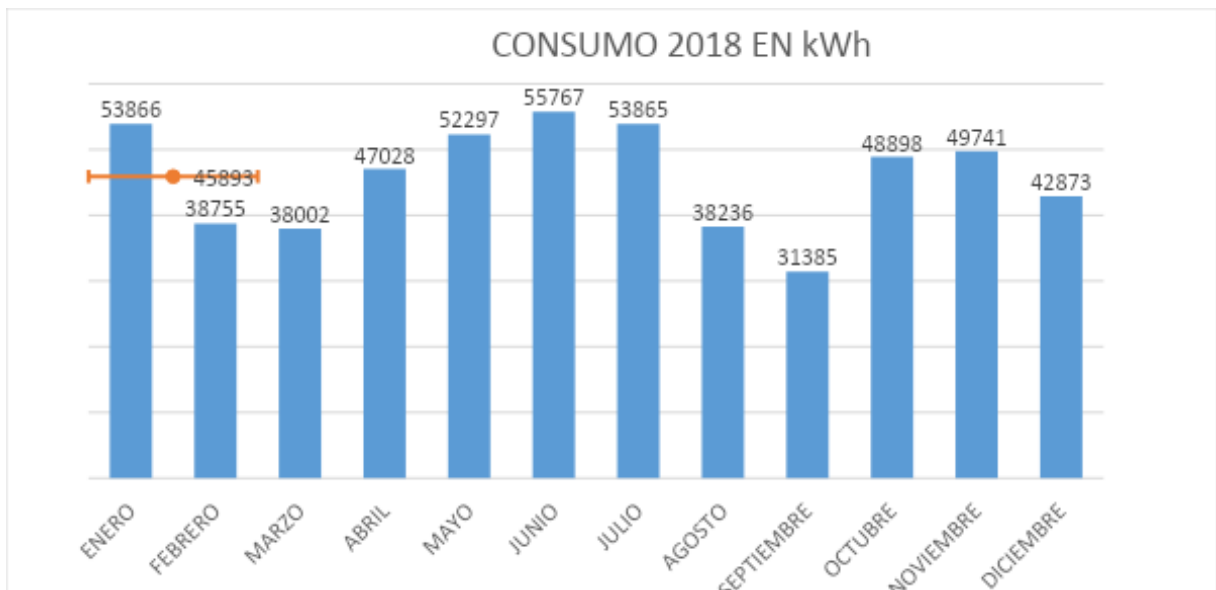
Se analizarán los datos mensuales del consumo, demanda máxima, demanda promedio y factor de carga en las planillas eléctricas del año 2018.

**Tabla 4.14** Facturación del consumo eléctrico del año 2018

MES	CONSUMO 2018	kWh	DEMANDA (kW)
ENERO	53866	kWh	139
FEBRERO	38755	kWh	128
MARZO	38002	kWh	81
ABRIL	47028	kWh	144
MAYO	52297	kWh	150
JUNIO	55767	kWh	143
JULIO	53865	kWh	135
AGOSTO	38236	kWh	109
SEPTIEMBRE	31385	kWh	70
OCTUBRE	48898	kWh	145
NOVIEMBRE	49741	kWh	158
DICIEMBRE	42873	kWh	514
<b>TOTAL</b>	550713	kWh	

En la tabla 4.14 Se puede apreciar los datos de consumo mensual del año 2018 los cuales están en kWh, y las demandas pico que está en kW los valores se obtuvieron de las planillas eléctricas emitidas por ELEPCO S. A, la demanda máxima del año calendario se produce en

el mes de junio.



**Figura 4.4** Curva de consumo anual del año 2018

En la figura 4.4 Se obtiene un análisis estadístico del consumo anual del año 2018, se puede visualizar los meses en los cuales se produce la demanda máxima, demanda mínima y la demanda promedio, la descripción gráfica presenta una tendencia con los anteriores años, la reducción del consumo energético coincide en épocas previas a vacaciones estudiantiles en la Universidad.

**Tabla 4.15** Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2018

<b>DEMANDA MÁXIMA 2018</b>		
<b>jun-18</b>	55767	<b>kW h</b>
<b>DEMANDA PROMEDIO</b>		
<b>Dp</b>	45892,753	<b>kW h</b>
<b>FACTOR DE CARGA</b>		
<b>Fc</b>	0,823	

En la tabla 4.15 Se puede visualizar el mes en que se produjo la demanda máxima y la demanda promedio del año 2018 la cual se obtuvo con la ecuación 3.4

$$Demanda\ promedio = \frac{Energía\ total\ en\ un\ periodo}{Duración\ del\ periodo}$$

$$Demanda\ promedio = \frac{550713\ kWh}{12}$$

$$Demanda\ promedio = 45892,753\ kWh$$

También en la tabla 4.15 Se obtuvo el factor de carga que se obtuvo con la ecuación 3.10

$$FC = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}}$$

$$FC = \frac{45892,753 \text{ kWh}}{55767 \text{ kWh}}$$

$$FC = 0,823$$

**Tabla 4.16** Cálculo de diversos factores del año 2018

<b>CARGA PICO 2018</b>		
<b>Anual</b>	159,667	<b>kW</b>
<b>Potencia Nominal Transformador</b>		
<b>Pn</b>	300	<b>kW</b>
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,532	
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,699	

En la tabla 4.16 Se obtiene el factor de utilización y factor de pérdidas durante el año 2018, se utilizó la ecuación 3.8 y la ecuación 3.13 respectivamente.

$$FU = \frac{\text{Capacidad máxima}}{\text{Capacidad instalada}}$$

$$FU = \frac{159,667 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$FU = 0,532$$

Entonces FU en porcentaje:

$$FU = 53,2\%$$

$$\text{Factor de pérdidas} = 0,15 (\text{Factor de carga}) + 0,85 (\text{Factor de carga})^2$$

$$FP = 0,15 (0,823) + 0,85 (0,823)^2$$

$$FP = 0,699$$

Entonces FP en porcentaje:

$$FP = 69,9 \%$$

**Tabla 4.17** Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2018

<b>PÉRDIDAS EN EL HIERRO</b>		
<b>Po</b>	758,39	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS EN EL COBRE</b>		
<b>Pcu</b>	3676,50	<b>W</b>
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,70	
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,532	
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA CON CARGA</b>		
<b>PPC</b>	1367,908	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA TOTALES</b>		
<b>Pt</b>	2126,299	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA</b>		
<b>Pe</b>	18626380,771	<b>Wh</b>

En la tabla 4.17 Se obtiene las pérdidas en el hierro y en el cobre en el transformador de servicio, se utilizó las ecuaciones 3.2 y la ecuación 3.3 respectivamente

Pérdidas en el hierro:

$$Po = 13,27 \times Pn^{0,7093}$$

$$Po = 13,27 \times 300^{0,7093}$$

$$Po = 758,39 W$$

Pérdidas en el cobre:

$$Pcu = 10,465 \times Pn + 537$$

$$Pcu = 10,465 \times 300 + 537$$

$$Pcu = 3676.5 W$$

También en la tabla 4.17 Se obtuvo las pérdidas de potencia, pérdidas totales y pérdidas de energía se obtuvo con la ecuación 3.14, la ecuación 3.16 y la ecuación 3.17 respectivamente.

Pérdidas de potencia:

$$PPC = Fu \times Pcu \times F_{pérdidas}$$

$$PPC = 1,713 \times 3676,50 \times 0,532$$

$$PPC = 1367,908 W$$



Pérdidas totales:

$$Pt = Po + PPC$$

$$Pt = 758,39 + 4403,571$$

$$Pt = 2126,299 W$$

Pérdidas de energía:

$$Pe = 8760 \times Pt$$

$$Pe = 8760 \times 2126,299$$

$$Pe = 18626,381 kWh - \text{año}$$

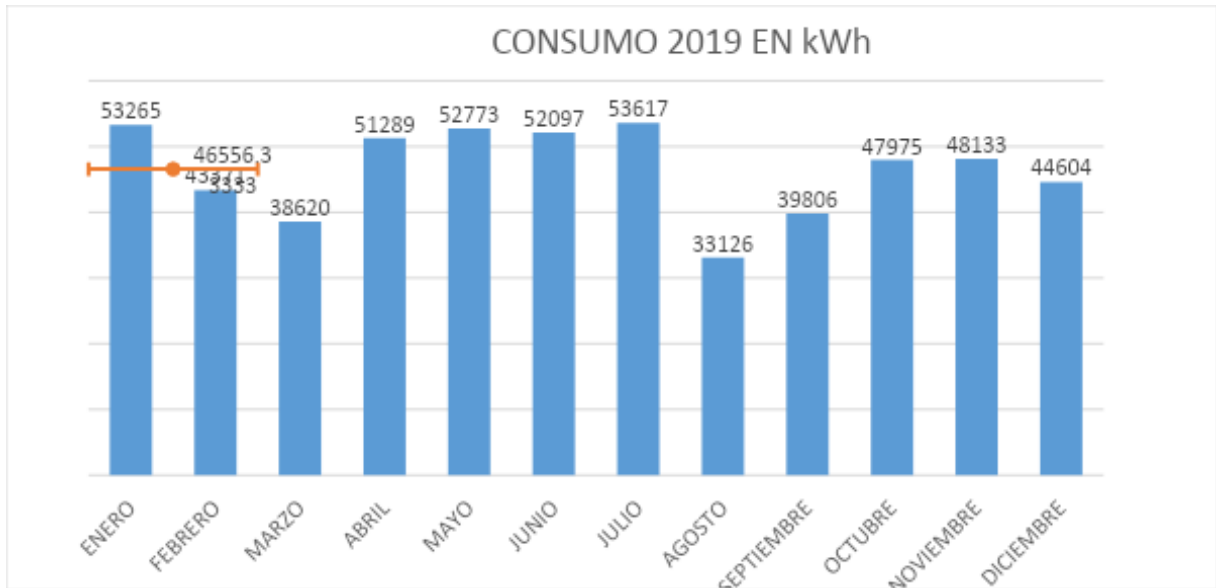
#### 4.7.5 Análisis de datos en las factura del año 2019

Se analizarán los datos mensuales del consumo, demanda máxima, demanda promedio y factor de carga en las planillas eléctricas del año 2019.

**Tabla 4.18** Facturación del consumo eléctrico del año 2019

MES	CONSUMO 2019	kWh	DEMANDA (kW)
ENERO	53265	kWh	147
FEBRERO	43371	kWh	138
MARZO	38620	kWh	123
ABRIL	51289	kWh	153
MAYO	52773	kWh	155
JUNIO	52097	kWh	138
JULIO	53617	kWh	134
AGOSTO	33126	kWh	98
SEPTIEMBRE	39806	kWh	134
OCTUBRE	47975	kWh	200
NOVIEMBRE	48133	kWh	192
DICIEMBRE	44604	kWh	159
<b>TOTAL</b>	558676	kWh	

En la tabla 4.18 Se puede apreciar los datos de consumo mensual del año 2019 los cuales están en kWh, y las demandas pico que están en kW los valores se obtuvieron de las planillas eléctricas emitidas por ELEPCO S.A, la demanda máxima del año calendario se produce en el mes de Julio.



**Figura 4.5** Consumo anual del año 2019

En la figura 4.5 Se obtiene un análisis estadístico del consumo anual del año 2019, se puede visualizar los meses en los cuales se produce la demanda máxima, demanda mínima y la demanda promedio, la descripción gráfica presenta una tendencia ya establecida, su consumo en los meses de febrero y septiembre bajan pero son valores que están dentro del rango de consumo anual.

**Tabla 4.19** Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2019

<b>DEMANDA MÁXIMA 2019</b>		
<b>jul-19</b>	53617	<b>kW h</b>
<b>DEMANDA PROMEDIO</b>		
<b>Dp</b>	46556,333	<b>kW h</b>
<b>FACTOR DE CARGA</b>		
<b>Fc</b>	0,868	

En la tabla 4.19 Se puede visualizar el mes en que se produjo la demanda máxima y la demanda promedio del año 2019 la cual se obtuvo con la ecuación 3.4

$$Demanda\ promedio = \frac{Energía\ total\ en\ un\ periodo}{Duración\ del\ periodo}$$

$$Demanda\ promedio = \frac{558676\ kWh}{12}$$

$$Demanda\ promedio = 46556,333\ kWh$$

También en la tabla 4.19 Se obtuvo el factor de carga que se obtuvo con la ecuación 3.10

$$FC = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}}$$

$$FC = \frac{46556,333 \text{ kWh}}{53617 \text{ kWh}}$$

$$FC = 0,868$$

**Tabla 4.20** Cálculo de diversos factores del año 2019

<b>CARGA PICO 2019</b>		
<b>Anual</b>	147,583	<b>kW</b>
<b>Potencia Nominal Transformador</b>		
<b>Pn</b>	300	<b>kW</b>
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,492	
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,771	

En la tabla 4.20 Se obtiene el factor de utilización y factor de pérdidas durante el año 2019, se utilizó la ecuación 3.8 y la ecuación 3.13 respectivamente.

$$FU = \frac{\text{Capacidad máxima}}{\text{Capacidad instalada}}$$

$$FU = \frac{147,583 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$FU = 0,492$$

Entonces FU en porcentaje:  $FU = 49,2\%$

$$\text{Factor de pérdidas} = 0,15 (\text{Factor de carga}) + 0,85 (\text{Factor de carga})^2$$

$$FP = 0,15 (0,868) + 0,85 (0,868)^2$$

$$FP = 0,771$$

Entonces FP en porcentaje:  $FP = 77,1 \%$

**Tabla 4.21** Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2019

<b>PÉRDIDAS EN EL HIERRO</b>		
<b>Po</b>	758,39	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS EN EL COBRE</b>		
<b>Pcu</b>	3676,50	<b>W</b>
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,771	
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,492	
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA CON CARGA</b>		
<b>PPC</b>	1394,669	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA TOTALES</b>		
<b>Pt</b>	2153,060	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA</b>		
<b>Pe</b>	18860803,184	<b>Wh</b>

En la tabla 4.21 Se obtiene las pérdidas en el hierro y en el cobre en el transformador de servicio, se utilizó las ecuaciones 3.2 y la ecuación 3.3 respectivamente

Pérdidas en el hierro:

$$Po = 13,27 \times Pn^{0,7093}$$

$$Po = 13,27 \times 300^{0,7093}$$

$$Po = 758,39 W$$

Pérdidas en el cobre:

$$Pcu = 10,465 \times Pn + 537$$

$$Pcu = 10,465 \times 300 + 537$$

$$Pcu = 3676.5 W$$

También en la tabla 4.21 Se obtuvo las pérdidas de potencia, pérdidas totales y pérdidas de energía se obtuvo con la ecuación 3.14, la ecuación 3.16 y la ecuación 3.17 respectivamente.

Pérdidas de potencia:

$$PPC = Fu \times Pcu \times F_{pérdidas}$$

$$PPC = 0,492 \times 3676,50 \times 0,771$$

$$PPC = 1394,669 W$$

Pérdidas totales:

$$Pt = Po + PPC$$

$$Pt = (758,39 + 1394,669)W$$

$$Pt = 2153,060 W$$

Pérdidas de energía:

$$Pe = 8760 \times Pt$$

$$Pe = 8760 \times 2153,060$$

$$Pe = 18860,803 kWh - \text{año}$$

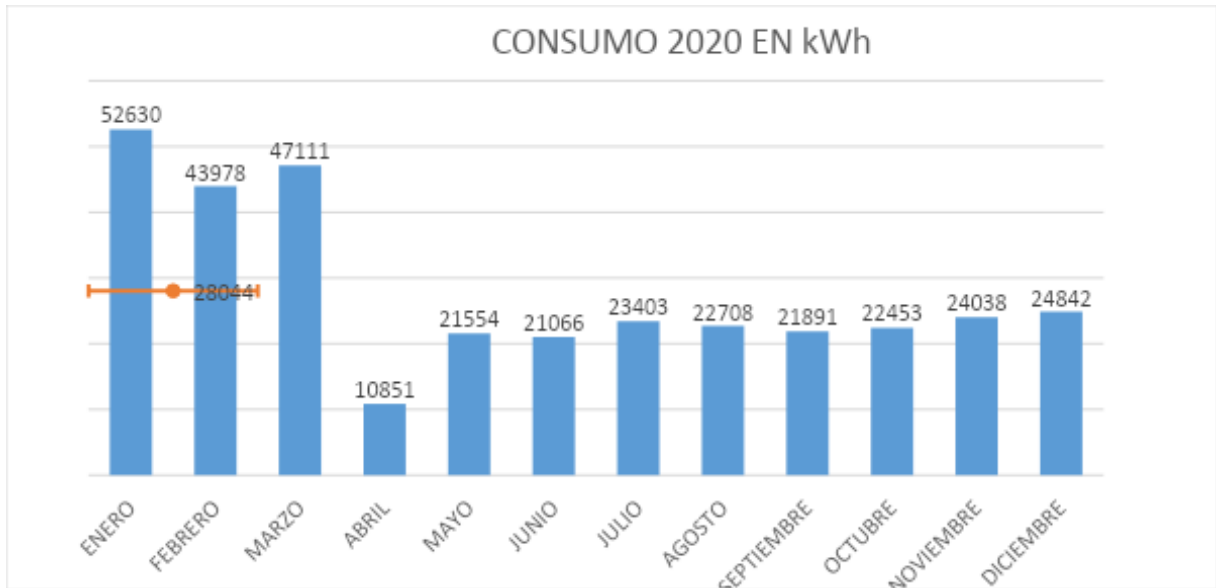
#### 4.7.6 Análisis de datos en las factura del año 2020

Se analizarán los datos mensuales del consumo, demanda máxima, demanda promedio y factor de carga en las planillas eléctricas del año 2020.

**Tabla 4.22** Facturación del consumo eléctrico del año 2020

MES	CONSUMO 2020	kWh	DEMANDA (kW)
<b>ENERO</b>	52630	kWh	147
<b>FEBRERO</b>	43978	kWh	131
<b>MARZO</b>	47111	kWh	131
<b>ABRIL</b>	10851	kWh	44
<b>MAYO</b>	21554	kWh	43
<b>JUNIO</b>	21066	kWh	41
<b>JULIO</b>	23403	kWh	37
<b>AGOSTO</b>	22708	kWh	37
<b>SEPTIEMBRE</b>	21891	kWh	36
<b>OCTUBRE</b>	22453	kWh	42
<b>NOVIEMBRE</b>	24038	kWh	41
<b>DICIEMBRE</b>	24842	kWh	40
<b>TOTAL</b>	336525	kWh	

En la tabla 4.22 Se puede apreciar los datos de consumo mensual del año 2020 los cuales están en kWh, y las demandas pico que están en kW los valores se obtuvieron de las planillas eléctricas emitidas por ELEPCO S.A, la demanda máxima del año calendario se produce en el mes de Enero.



**Figura 4.6** Curva de consumo anual del año 2020

En la figura 4.6 Se obtiene un análisis estadístico del consumo anual del año 2020, se puede visualizar los meses en los cuales se produce la demanda máxima, demanda mínima y la demanda promedio, la descripción gráfica llega al mes de febrero con una tendencia normal de consumo con respecto a los anteriores años, a partir del mes de marzo tiene un cambio drástico porque se produjo la pandemia a nivel mundial y las clases fueron en la modalidad virtual.

**Tabla 4.23** Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2020

<b>DEMANDA MÁXIMA 2020</b>		
<b>jun-18</b>	52630	<b>kW h</b>
<b>DEMANDA PROMEDIO</b>		
<b>Dp</b>	28043,754	<b>kW h</b>
<b>FACTOR DE CARGA</b>		
<b>Fc</b>	0,533	

En la tabla 4.23. Se puede visualizar el mes en que se produjo la demanda máxima y la demanda promedio del año 2020 la cual se obtuvo con la ecuación 3.4

$$\text{Demanda promedio} = \frac{\text{Energía total en un periodo}}{\text{Duración del periodo}}$$

$$\text{Demanda promedio} = \frac{336525 \text{ kWh}}{12}$$

$$Demanda\ promedio = 28043,754\ kWh$$

También en la tabla 4.23 Se obtuvo el factor de carga que se obtuvo con la ecuación 3.10

$$FC = \frac{Demanda\ promedio}{Demanda\ máxima}$$

$$FC = \frac{28043,754\ kWh}{52630\ kWh}$$

$$FC = 0,533$$

**Tabla 4.24** Cálculo de diversos factores del año 2020

<b>CARGA PICO 2020</b>		
<b>Anual</b>	64,167	<b>kW</b>
<b>Potencia Nominal Transformador</b>		
<b>Pn</b>	300	<b>kW</b>
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,214	
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,321	

En la tabla 4.24 Se obtiene el factor de utilización y factor de pérdidas durante el año 2020, se utilizó la ecuación 3.8 y la ecuación 3.13 respectivamente.

$$FU = \frac{Capacidad\ máxima}{Capacidad\ instalada}$$

$$FU = \frac{64,167\ kW}{300\ kW}$$

$$FU = 0,214$$

Entonces FU en porcentaje:  $FU = 21,4\ \%$

$$Factor\ de\ pérdidas = 0,15 (Factor\ de\ carga) + 0,85 (Factor\ de\ carga)^2$$

$$FP = 0,15 (0,533) + 0,85 (0,533)^2$$

$$FP = 0,321$$

Entonces FP en porcentaje:  $FP = 32,1\ \%$

**Tabla 4.25** Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2020

<b>PÉRDIDAS EN EL HIERRO</b>		
<b>Po</b>	758,39	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS EN EL COBRE</b>		
<b>Pcu</b>	3676,50	<b>W</b>
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,32	
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,214	
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA CON CARGA</b>		
<b>PPC</b>	252,632	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA TOTALES</b>		
<b>Pt</b>	1011,022	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA</b>		
<b>Pe</b>	8856555,267	<b>Wh</b>

En la tabla 4.25 Se obtiene las pérdidas en el hierro y en el cobre en el transformador de servicio, se utilizó las ecuaciones 3.2 y la ecuación 3.3 respectivamente

Pérdidas en el hierro:

$$P_o = 13,27 \times P_n^{0,7093}$$

$$P_o = 13,27 \times 300^{0,7093}$$

$$P_o = 758,39 \text{ W}$$

Pérdidas en el cobre:

$$P_{cu} = 10,465 \times P_n + 537$$

$$P_{cu} = 10,465 \times 300 + 537$$

$$P_{cu} = 3676,5 \text{ W}$$

También en la tabla 4.25 Se obtuvo las pérdidas de potencia, pérdidas totales y pérdidas de energía se obtuvo con la ecuación 3.14, la ecuación 3.16 y la ecuación 3.17 respectivamente.

Pérdidas de potencia:

$$PPC = F_u \times P_{cu} \times F_{p\acute{e}rdidas}$$

$$PPC = 0,214 \times 3676,50 \times 0,32$$

$$PPC = 252,632 \text{ W}$$



Pérdidas totales:

$$Pt = Po + PPC$$

$$Pt = (758,39 + 252,632) W$$

$$Pt = 1011,022 W$$

Pérdidas de energía:

$$Pe = 8760 \times Pt$$

$$Pe = 8760 \times 1011,022 W$$

$$Pe = 8856,555 kWh - \text{año}$$

#### 4.7.6.1 Análisis de datos en las factura del año 2020 (Abril \_ Diciembre)

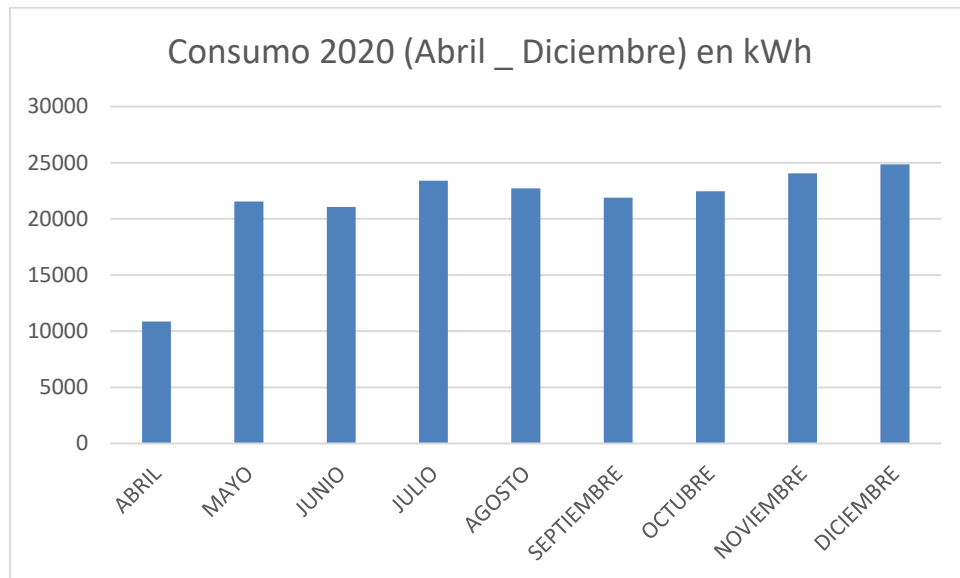
Se analizarán los datos mensuales del consumo, demanda máxima, demanda promedio y factor de carga en las planillas eléctricas del año 2020 en el periodo Abril \_ Agosto.

Debido a que los valores de los 3 primeros meses antes de la pandemia son altos, se dispuso realizar un análisis en dos periodos de tiempo en este mismo año debido a que la cargabilidad en el transformador repercute mucho en primeros meses del año.

**Tabla 4.26** Facturación del consumo eléctrico del año 2020 (Abril \_ Agosto)

MES	CONSUMO 2020	kWh	DEMANDA (kW)
ABRIL	10851	kWh	44
MAYO	21554	kWh	43
JUNIO	21066	kWh	41
JULIO	23403	kWh	37
AGOSTO	22708	kWh	37
SEPTIEMBRE	21891	kWh	36
OCTUBRE	22453	kWh	42
NOVIEMBRE	24038	kWh	41
DICIEMBRE	24842	kWh	40
<b>TOTAL</b>	<b>336525</b>	<b>kWh</b>	

En la tabla 4.26 Se puede apreciar los datos de consumo mensual del año 2020 en el periodo Abril \_ Diciembre los cuales están en kWh, y las demandas pico que están en kW los valores se obtuvieron de las planillas eléctricas emitidas por ELEPCO S.A, la demanda máxima del año calendario se produce en el mes de Diciembre.



**Figura 4.7** Curva de consumo anual del año 2020 (Abril \_ Diciembre)

En la figura 4.7 Se obtiene un análisis estadístico del consumo anual del año 2020 en el periodo Abril \_ Diciembre, se puede visualizar los meses en los cuales se produce la demanda máxima, demanda mínima y la demanda promedio, la descripción gráfica en este caso el consumo permanece en un rango de 21422 kWh, por motivos de bioseguridad está prohibido el ingreso a las instalaciones y el consumo reflejado se debe al consumo de los equipos electrónicos de la universidad.

**Tabla 4.27** Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2020

<b>DEMANDA MÁXIMA 2020 (Abril – Diciembre)</b>		
<b>Dic-20</b>	24842	<b>kW h</b>
<b>DEMANDA PROMEDIO</b>		
<b>Dp</b>	21422,8889	<b>kW h</b>
<b>FACTOR DE CARGA</b>		
<b>Fc</b>	0,863	

En la tabla 4.27. Se puede visualizar el mes en que se produjo la demanda máxima y la demanda promedio del año 2020 en el periodo Abril \_ Diciembre la cual se obtuvo con la ecuación 3.4

$$\text{Demanda promedio} = \frac{\text{Energía total en un periodo}}{\text{Duración del periodo}}$$

$$\text{Demanda promedio} = \frac{192806 \text{ kWh}}{9}$$

$$\text{Demanda promedio} = 21422,888 \text{ kWh}$$

También en la tabla 4.27 Se obtuvo el factor de carga que se obtuvo con la ecuación 3.10

$$FC = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}}$$

$$FC = \frac{21422,888 \text{ kWh}}{24842 \text{ kWh}}$$

$$FC = 0,863$$

**Tabla 4.28** Cálculo de diversos factores del año 2020 (Abril – Diciembre)

<b>CARGA PICO 2020</b>		
<b>Anual</b>	44	<b>kW</b>
<b>Potencia Nominal Transformador</b>		
<b>Pn</b>	300	<b>kW</b>
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,146	
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,761	

En la tabla 4.28 Se obtiene el factor de utilización y factor de pérdidas durante el año 2020 en el periodo Abril \_ Diciembre, se utilizó la ecuación 3.8 y la ecuación 3.13 respectivamente.

$$FU = \frac{\text{Capacidad máxima}}{\text{Capacidad instalada}}$$

$$FU = \frac{44 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$FU = 0,146$$

Entonces FU en porcentaje:  $FU = 14,6 \%$

$$\text{Factor de pérdidas} = 0,15 (\text{Factor de carga}) + 0,85 (\text{Factor de carga})^2$$

$$FP = 0,15 (0,863) + 0,85 (0,863)^2$$

$$FP = 0,761$$

Entonces FP en porcentaje:  $FP = 76,1 \%$

**Tabla 4.29** Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2020 (Abril – Diciembre)

<b>PÉRDIDAS EN EL HIERRO</b>		
<b>Po</b>	758,39	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS EN EL COBRE</b>		
<b>Pcu</b>	3676,50	<b>W</b>
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,761	
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,146	
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA CON CARGA</b>		
<b>PPC</b>	408,481	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA TOTALES</b>		
<b>Pt</b>	1166,871	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA</b>		
<b>Pe</b>	6834705,583	<b>Wh</b>

En la tabla 4.29 Se obtiene las pérdidas en el hierro y en el cobre en el transformador de servicio, se utilizó las ecuaciones 3.2 y la ecuación 3.3 respectivamente

Pérdidas en el hierro:

$$P_o = 13,27 \times P_n^{0,7093}$$

$$P_o = 13,27 \times 300^{0,7093}$$

$$P_o = 758,39 \text{ W}$$

Pérdidas en el cobre:

$$P_{cu} = 10,465 \times P_n + 537$$

$$P_{cu} = 10,465 \times 300 + 537$$

$$P_{cu} = 3676.5 \text{ W}$$

También en la tabla 4.29 Se obtuvo las pérdidas de potencia, pérdidas totales y pérdidas de energía se obtuvo con la ecuación 3.14, la ecuación 3.16 y la ecuación 3.17 respectivamente.

Pérdidas de potencia:

$$PPC = Fu \times Pcu \times F_{p\acute{e}rdidas}$$

$$PPC = 0,146 \times 3676,50 \times 0,761$$

$$PPC = 408,481W$$

Pérdidas totales:

$$Pt = Po + PPC$$

$$Pt = (758,39 + 598,733) W$$

$$Pt = 1166,871 W$$

Pérdidas de energía:

$$Pe = 5856 \times Pt$$

$$Pe = 5856 \times 1166,871 W$$

$$Pe = 6834,71 kWh - \text{año}$$

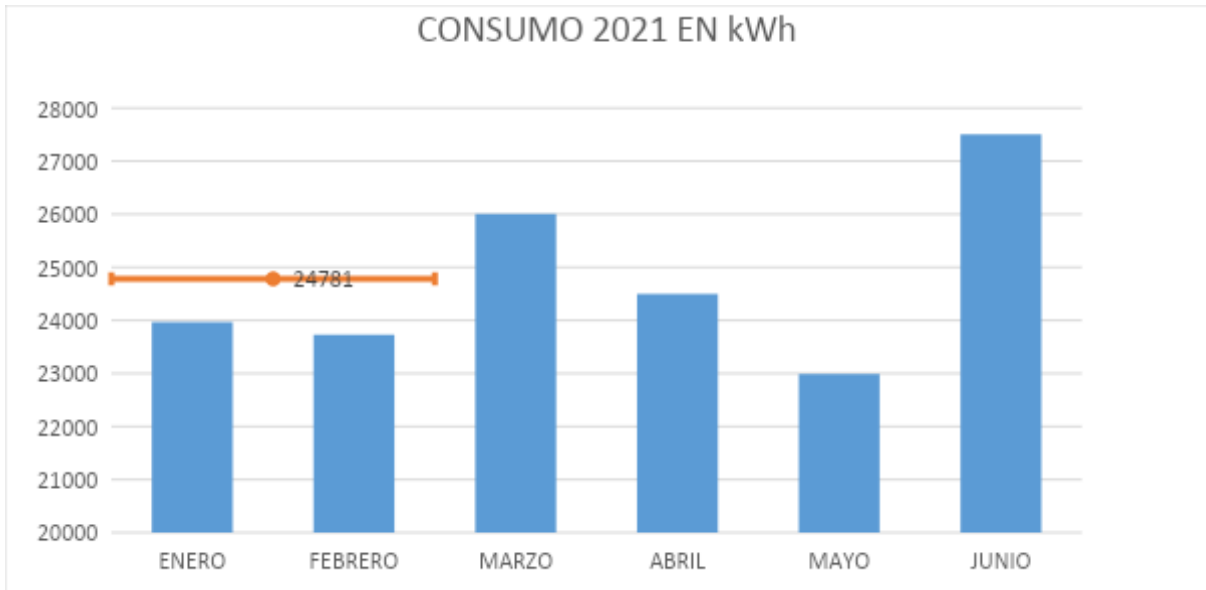
#### 4.7.7 Análisis de datos en las factura del año 2021

Se analizarán los datos mensuales del consumo, demanda máxima, demanda promedio y factor de carga en las planillas eléctricas del año 2021.

**Tabla 4.30** Facturación del consumo eléctrico del año 2021

MES	CONSUMO 2021	kWh	DEMANDA PICO (kW)
<b>ENERO</b>	23962	kWh	41
<b>FEBRERO</b>	23727	kWh	56
<b>MARZO</b>	26006	kWh	44
<b>ABRIL</b>	24495	kWh	64
<b>MAYO</b>	22987	kWh	44
<b>JUNIO</b>	27509	kWh	47
<b>TOTAL</b>	148686	kWh	

En la tabla 4.30 Se puede apreciar los datos de consumo mensual del año 2021 los cuales están en kWh, y las demandas pico que están en kW los valores se obtuvieron de las planillas eléctricas emitidas por ELEPCO S.A, la demanda máxima del año calendario se produce en el mes de Junio.



**Figura 4.8** Curva de consumo anual del año 2021

En la figura 4.8 Se obtiene un análisis estadístico del consumo anual del año 2021, se puede visualizar los meses en los cuales se produce la demanda máxima, demanda mínima y la demanda promedio, la descripción gráfica en este caso el consumo permanece en un rango de 25000 kWh ya que hasta el momento no se ha reactivado las clases presenciales y ese es el consumo generado por equipos de la universidad.

**Tabla 4.31** Obtención de la demanda promedio y factor de carga del año 2021

<b>DEMANDA MÁXIMA 2021</b>		
<b>jun-21</b>	27509	<b>kWh</b>
<b>DEMANDA PROMEDIO</b>		
<b>Dp</b>	24781	<b>kWh</b>
<b>FACTOR DE CARGA</b>		
<b>Fc</b>	0,901	

En la tabla 4.31 Se puede visualizar el mes en que se produjo la demanda máxima y la demanda promedio del año 2021 hasta el mes de junio la cual se obtuvo con la ecuación 3.4

$$\text{Demanda promedio} = \frac{\text{Energía total en un periodo}}{\text{Duración del periodo}}$$

$$\text{Demanda promedio} = \frac{148686 \text{ kWh}}{6}$$

$$Demanda\ promedio = 24781\ kWh$$

También en la tabla 4.31 Se obtuvo el factor de carga que se obtuvo con la ecuación 3.10

$$FC = \frac{Demanda\ promedio}{Demanda\ máxima}$$

$$FC = \frac{24781\ kWh}{27509\ kWh}$$

$$FC = 0,901$$

**Tabla 4.32** Cálculo de diversos factores del año 2021

<b>CARGA PICO 2021</b>		
<b>Anual</b>	49,33	<b>kW</b>
<b>Potencia Nominal Transformador</b>		
<b>Pn</b>	300	<b>kW</b>
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,164	
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,825	

En la tabla 4.32. Se obtiene el factor de utilización y factor de pérdidas durante el año 2021, se utilizó la ecuación 3.8 y la ecuación 3.13 respectivamente.

$$FU = \frac{Capacidad\ máxima}{Capacidad\ instalada}$$

$$FU = \frac{49,33\ kW}{300\ kW}$$

$$FU = 0,164$$

Entonces FU en porcentaje:  $FU = 16,4\ \%$

$$Factor\ de\ pérdidas = 0,15 (Factor\ de\ carga) + 0,85 (Factor\ de\ carga)^2$$

$$FP = 0,15 (0,901) + 0,85 (0,901)^2$$

$$FP = 0,825$$

Entonces FP en porcentaje:  $FP = 82,5\ \%$

**Tabla 4.33** Análisis de pérdidas de potencia y energía en el año 2021

<b>PÉRDIDAS EN EL HIERRO</b>		
<b>Po</b>	758,39	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS EN EL COBRE</b>		
<b>Pcu</b>	3676,50	<b>W</b>
<b>FACTOR DE PÉRDIDAS</b>		
<b>Fp</b>	0,82	
<b>FACTOR DE UTILIZACIÓN</b>		
<b>Fu</b>	0,164	
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA CON CARGA</b>		
<b>PPC</b>	498,684	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE POTENCIA TOTALES</b>		
<b>Pt</b>	1257,075	<b>W</b>
<b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA</b>		
<b>Pe</b>	5460731,894	<b>Wh</b>

En la tabla 4.33 Se obtiene las pérdidas en el hierro y en el cobre en el transformador de servicio, se utilizó las ecuaciones 3.2 y la ecuación 3.3 respectivamente

Pérdidas en el hierro:

$$P_o = 13,27 \times P_n^{0,7093}$$

$$P_o = 13,27 \times 300^{0,7093}$$

$$P_o = 758,39 \text{ W}$$

Pérdidas en el cobre:

$$P_{cu} = 10,465 \times P_n + 537$$

$$P_{cu} = 10,465 \times 300 + 537$$

$$P_{cu} = 3676.5 \text{ W}$$

También en la tabla 4.33 Se obtuvo las pérdidas de potencia, pérdidas totales y pérdidas de energía se obtuvo con la ecuación 3.14, la ecuación 3.16 y la ecuación 3.17 respectivamente.



Pérdidas de potencia:

$$PPC = Fu \times Pcu \times F_{p\acute{e}rdidas}$$

$$PPC = 0,164 \times 3676,50 \times 0,82$$

$$PPC = 498,684 W$$

Pérdidas totales:

$$Pt = Po + PPC$$

$$Pt = (758,39 + 498,684)W$$

$$Pt = 1257,075 W$$

Pérdidas de energía:

$$Pe = 8760 \times Pt$$

$$Pe = 4344 \times 1257,057 W$$

$$Pe = 5460,732 kWh - \text{año}$$

## 4.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TRANSFORMADOR DE SERVICIO

Se dará a conocer los valores a los que se trabaja tanto en primario como en el secundario del transformador de servicio

### 4.8.1 Dimensionamiento y selección de los equipos

- **Cálculo para encontrar intensidad del secundario del transformador.**

Para la selección de los equipos eléctricos es necesario calcular la intensidad del secundario del transformador de servicio que alimenta a los bloques A y B en la cual se aplicará la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P \text{ carga}}{V \times \sqrt{3}}$$

(4.22)

Entonces utilizando la ecuación 4.22

$$P \text{ carga} = 300 \text{ kVA}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$I_{\text{prim.}} = \frac{300000 \text{ VA}}{220 \text{ V} \times \sqrt{3}}$$

$$I_{\text{prim.}} = 787.29 \text{ A}$$

- **Cálculo para encontrar intensidad para los bloques A y B.**

Para la selección de los equipos eléctricos que se instalarán en las barras que alimentan a los bloques A y B es necesario calcular en primera instancia la intensidad, en la cual se utilizará la siguiente ecuación.

$$I_{1\phi} = \frac{I_{\text{sec}}}{3} \times f_s \tag{4.23}$$

Entonces utilizando la ecuación 4.23

$$I = 787.29 \text{ A}$$

$$\text{Factor de seguridad} = 1.25$$

$$I_{1\phi} = \frac{787.29}{3} \times 1.25$$

$$I_{1\phi} = 328 \text{ A}$$

Con los valores de intensidades encontrados a los que están expuestos los elementos eléctricos se pudo dimensionar los TC correspondientes los cuales soportan dichas intensidades, tanto en el secundario del transformador, así como en las corrientes que alimentan los bloques A y B respectivamente.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Relación entre de factor de carga y factor de pérdidas

Como bien se conoce el factor de pérdidas y el factor de carga están intrínsecamente relacionados en los análisis de transformadores debido a que las pérdidas son proporcionales al cuadrado de las cargas, por ende, el factor de pérdidas es siempre menor o igual al factor de carga.

En general, el factor de pérdidas no puede ser determinado por el factor de carga. Sin embargo, los valores que están dentro de los límites de la relación si se lograran ser encontrados. Generalmente se muestra una curva de carga arbitraria e idealizada. Sin embargo, ello no representa una curva de carga diaria.

### 5.1.1 Análisis de comportamiento de factores de carga y pérdidas en el transformador de servicio de la universidad

Inicialmente se realizó el análisis anualmente relacionando estos dos factores el cual nos coincide en cuanto a su relación.

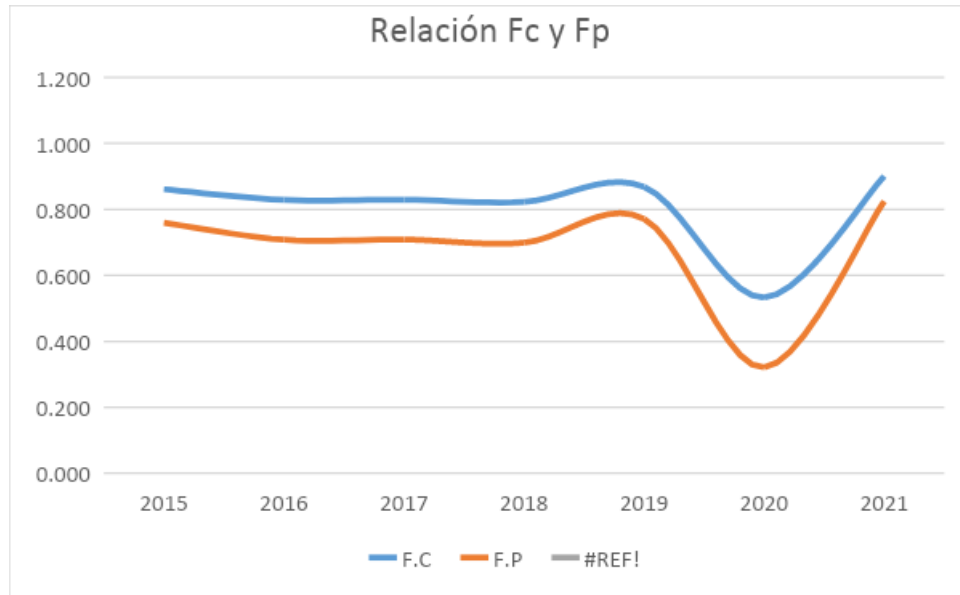
Para mejor entendimiento del factor de carga se realizó un análisis gradual de los 6 años registrados estadísticamente.

**Tabla 5.1** Valores obtenidos de Fc y Fp, lapso de seis años

AÑO	F.C	F.P
2015	0,861	0,760
2016	0,829	0,708
2017	0,829	0,709
2018	0,823	0,699
2019	0,868	0,771
2020	0,533	0,321
2021	0,901	0,825

Cómo se logra observar desde el año 2015 hasta el año 2019 existe un valor constante en cuanto a factor de carga y factor de pérdidas en el transformador, pero en el año 2020 se produce una caída en el valor de fc y un incremento gradual del fp esto debido a que en el mes de marzo del año mencionado bajo exponencialmente el valor de la demanda utilizada por los bloques A Y B de la universidad, esto debido a un cierre de la institución por emergencia sanitaria.

Posteriormente en lo que va el año 2021 el valor del factor de carga se eleva nuevamente esto debido a que la demanda en la universidad se estabiliza, pero con una baja utilización del transformador.



**Figura 5.1** Relación entre factor de carga y factor de pérdidas

Podemos deducir que la relación entre estos dos factores se mantiene constante hasta el 2019 posterior a ese año existe una caída drástica en sus valores, pero para va del año 2021 se empieza a estabilizar nuevamente, pero con demandas muy bajas posteriormente analizadas.

El Factor de carga indica el grado al cual el pico de la carga es sostenido durante el periodo. Esto quiere decir que, si el factor de carga es 1, la se mantiene constante, si el factor de carga es alto la curva de carga tiene muy pocas variaciones y en cambio si el factor de carga es bajo la curva de carga sufre muchas variaciones con picos y valles pronunciados.

## 5.2 Análisis del factor de utilización en el transformador de servicio

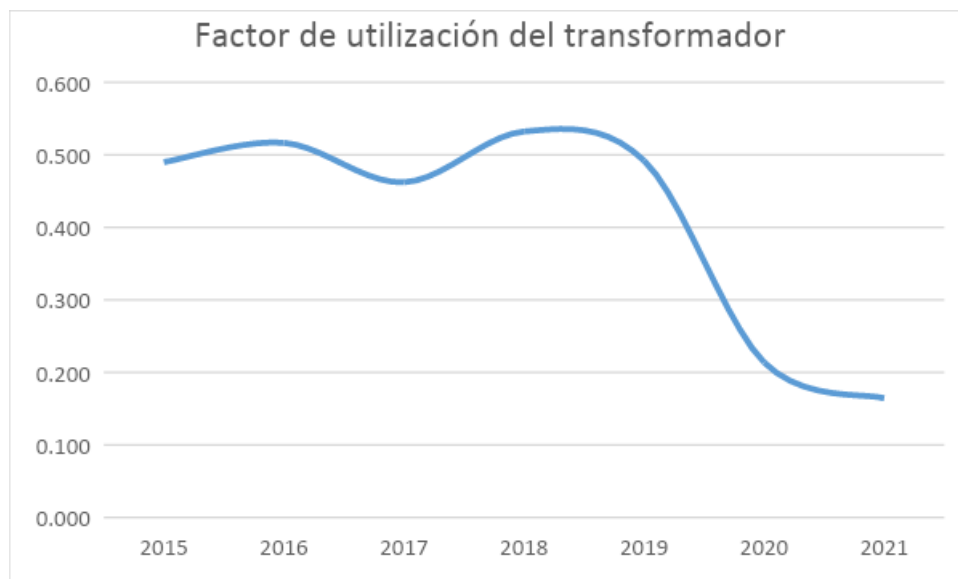
El factor de utilización indica la fracción de la capacidad del sistema que se está utilizando durante el pico de carga en el intervalo considerado.

Para realizar este análisis se requiera de una demanda registrada en intervalos de 15 minutos en un transformador de cualquier tipo, se pretende hallar la demanda máxima y su correspondiente factor de potencia que se encuentran en el registro de carga, en conjunto con la capacidad instalada del transformador que es dato de placa, se procede a obtener los resultados. Este tipo de análisis es para datos exactos con aparatos de instrumentación ideales, pero también se los pueden realizar de manera estadística a través de registro de datos brindados por una empresa eléctrica, no obteniendo los valores exactos, pero sí relativamente aceptables.

**Tabla 5.2** Valores calculados del factor de utilización durante referencias de 6 años.

AÑO	F.U
2015	0,490
2016	0,517
2017	0,462
2018	0,532
2019	0,492
2020	0,214
2021	0,164

En los análisis anuales del transformador vemos que el factor de utilización presenta un estándar alrededor del 48% que está por debajo de la mitad de su capacidad de trabajo. Esto quiere decir que desde el año 2015 hasta el 2019 la demanda de energía del transformador no es muy alta por ende no se le sobrecarga al transformador.

**Figura 5.2** Curva característica del factor de utilización en el periodo de 5 años

Como se observa en la figura 5.2 la curva es muy consistente, esto refleja el consumo regular del transformador, todo esto anteriormente a la emergencia sanitaria.

A partir de marzo del año 2020 el factor de utilización empieza a disminuir gradualmente hasta estabilizarse en un 20% de capacidad, este valor es muy bajo por lo que representa unas pérdidas de potencia y energía graduales, no solo eso, también que se desperdicia en si el transformador al no trabajar cerca de su potencia nominal. Cabe recalcar que este análisis se lo realizo mes a mes desde el 2015 hasta la presente fecha que es junio, por lo que esperamos que se regule el

factor de utilización en un 18% aproximadamente.

Generalmente cuando existen estos casos de bajo factor de utilización se realiza un estudio de factibilidad de cambio de transformador a menor potencia nominal, pero bien se sabe que no se está aprovechando la capacidad del transformador por emergencia sanitaria y que posteriormente se prevé volver a condiciones normales de demanda y por ende incrementar sus condiciones de utilización.

### 5.3 Análisis de las pérdidas de potencia y energía en el transformador

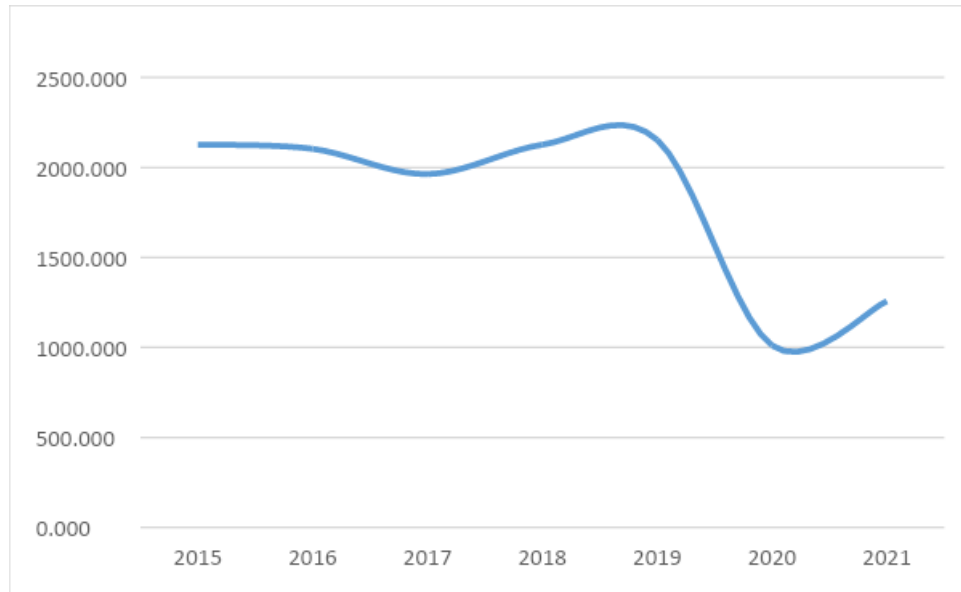
Para el cálculo se tomó en cuenta un mes promedio anual, con sus respectivas demandas. Estos datos estadísticos proporcionados por la ELEPCO S.A permitieron concluir con el análisis de pérdidas de potencia y energía en el transformador de servicio.

**Tabla 5.3** Pérdidas de potencia y energía en el periodo de seis años

<b>AÑO</b>	<b>PÉRDIDAS DE POT. TOTALES (W)</b>	<b>PÉRDIDAS DE ENERGÍA TOTALES (kWh)</b>
<b>2015</b>	2127,034	18632,817
<b>2016</b>	2103,266	18424,611
<b>2017</b>	1962,881	17194,839
<b>2018</b>	2126,299	18626,381
<b>2019</b>	2153,060	18860,803
<b>2020</b>	1011,022	8856,555
<b>2021</b>	1257,075	5460,732

En la tabla 5.3 se puede observar los valores de pérdidas anuales obtenidas del estudio realizado. Como se observa desde el año 2015 hasta el 2019 se mantiene regular las pérdidas de potencia y energía, posteriormente en el año 2020 se presenta una baja en las pérdidas en el transformador, eso debido a que la demanda disminuye considerablemente, para el año 2021 las pérdidas incrementan todo esto ya con una demanda referencial, pero las pérdidas de potencia incrementarán debido a que se está utilizando alrededor del 20% del transformador, por ende, es como si estuviera trabajando en vacío.

Referente al año 2021 se prevé que las pérdidas se mantienen constantes si se sigue teniendo una demanda promedio baja.

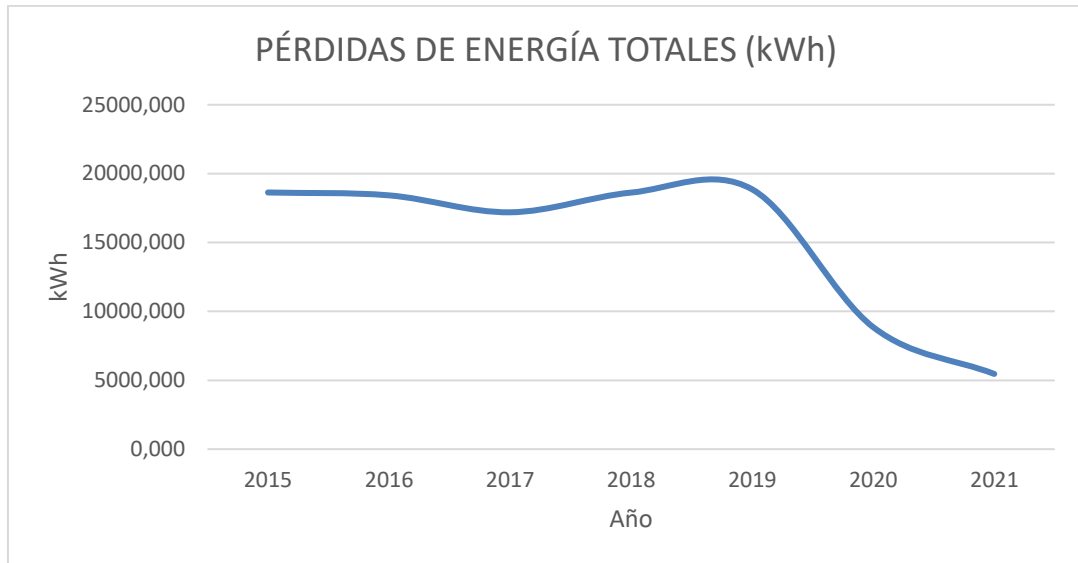


**Figura 5.3** Curva de pérdidas de potencia en el periodo 2015-2021

Al tener los valores para las pérdidas de potencia, se pueden obtener los valores correspondientes.

El total de pérdidas de energía es el resultado de la diferencia entre la energía entregada por el sistema de distribución en un periodo de tiempo y la registrada en los equipos de medición de los consumidores finales durante ese mismo periodo. El mejoramiento del manejo de la energía en los transformadores conlleva a realizar análisis de reducción y control de pérdidas; y ejecución de proyectos tendientes a la reducción de pérdidas para que estén en niveles aceptables técnica y económicamente.

Cabe recalcar que las pérdidas energéticas afectan en gran medida al ambiente ya que en el país no solo se produce energía eléctrica a base de recursos renovables si no que en una gran parte se recurre a utilizar centrales térmicas que utilizan materiales fósiles y contaminantes, el análisis de pérdidas da paso a futuros proyectos de eficiencia energética ya que como vemos existe porcentaje de pérdidas totales pronunciadas a demandas normales lo cual se puede evitar con un ingreso de energía adicional que ayude al transformador a abastecer la demanda energética.



**Figura 5.4** Curva de pérdidas de energía en el periodo 2015-2021

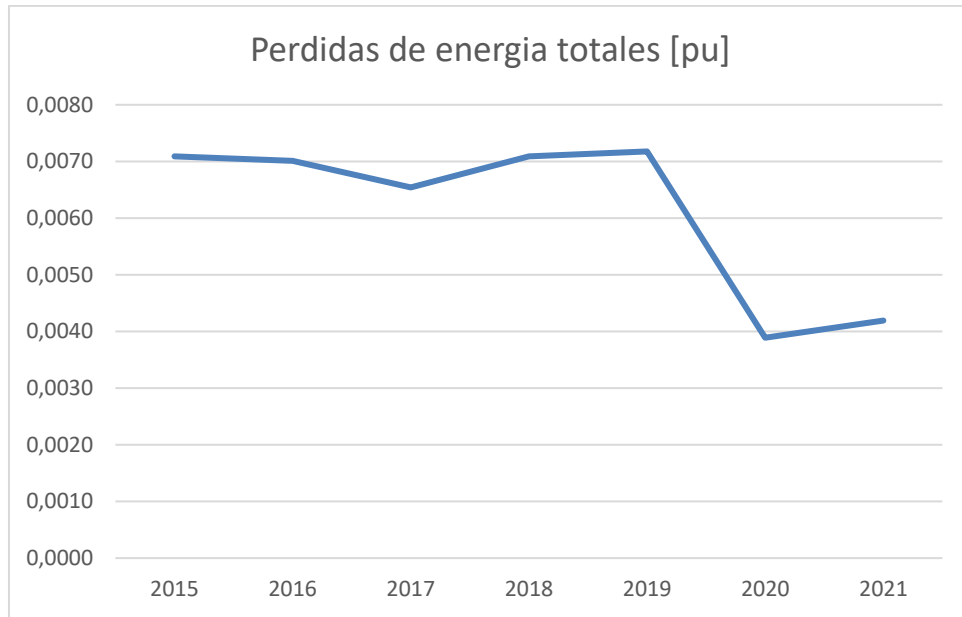
En temporada de emergencia sanitaria las pérdidas energéticas se mantendrán en un rango cerca de los 9.000 kWh, posteriormente se prevé que a demanda normal se incrementen alrededor de los 20.000 kWh aspirando tener un factor de utilización del 60% del transformador tal y como funcionaba en años anteriores a la pandemia.

### 5.3.1 Calculo de pérdidas de potencia por unidad [pu]

**Tabla 5.4** Pérdidas de potencia en [pu]

AÑO	PÉRDIDAS DE POT. TOTALES (W)	Pp(pu)
2015	2127,034	0,0071
2016	2103,266	0,0070
2017	1962,881	0,0065
2018	2126,299	0,0071
2019	2153,06	0,0072
2020	1011,022	0,0034
2021	1257,075	0,0042





**Figura 5.5** Cálculo en pu de pérdidas de energía

La figura 5.5 representa las pérdidas de energía totales calculadas en [pu], para ello se utilizó la ecuación 3.18

Año 2015

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{\text{Valor Medido (unidad correspondiente)}}{\text{Valor Base Elejido (unidad correspondiente)}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{2,127 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = 0,0071$$

Año 2016

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{\text{Valor Medido (unidad correspondiente)}}{\text{Valor Base Elejido (unidad correspondiente)}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{2,103 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = 0,0070$$

Año 2017

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{\text{Valor Medido (unidad correspondiente)}}{\text{Valor Base Elejido (unidad correspondiente)}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{1,962 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = 0,0065$$

Año 2018

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{\text{Valor Medido (unidad correspondiente)}}{\text{Valor Base Elejido (unidad correspondiente)}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{2,126 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = 0,0071$$

Año 2019

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{\text{Valor Medido (unidad correspondiente)}}{\text{Valor Base Elejido (unidad correspondiente)}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{2,153 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = 0,0072$$

Año 2020

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{\text{Valor Medido (unidad correspondiente)}}{\text{Valor Base Elejido (unidad correspondiente)}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{1,011 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = 0,0034$$

Año 2021

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{\text{Valor Medido (unidad correspondiente)}}{\text{Valor Base Elejido (unidad correspondiente)}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = \frac{1,166 \text{ kW}}{300 \text{ kW}}$$

$$\text{Valor en [pu]} = 0,0042$$

## 5.4 Análisis general y post baja cargabilidad del transformador en el periodo 2020

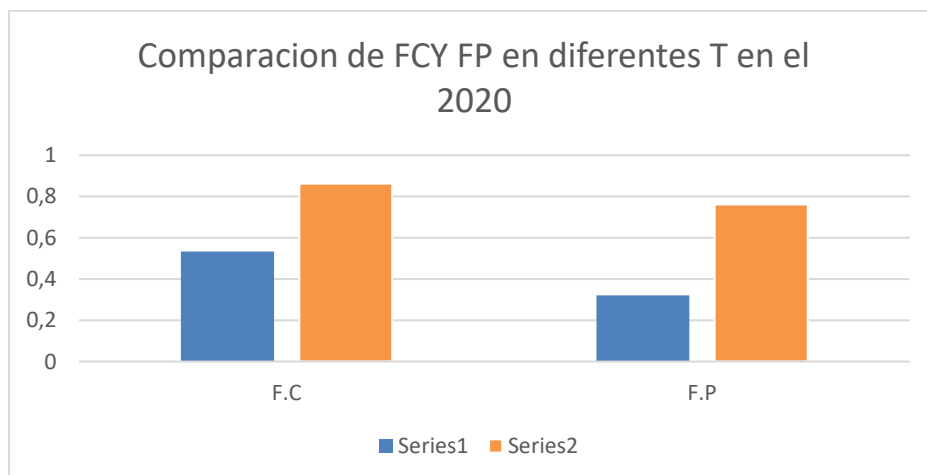
### 5.4.1 Análisis de comportamiento de factores de carga y pérdidas en el transformador de servicio de la universidad en el año 2020

Como es de conocimiento general en el año 2020 se produjo un hecho histórico de emergencia sanitaria por Covid 19 el cual obligó a todas las instituciones a cerrar sus puertas, en nuestra universidad no fue la excepción. Este acontecimiento produjo el bajo consumo de energía por parte del transformador de servicio que alimenta a los bloques A y B de la universidad debido a que sus cargas instaladas no están siendo utilizadas, efecto de lo mencionado existe un antes y después en los factores de carga y pérdidas en el transformador que son analizados en las siguientes figuras.

**Tabla 5.5** Valores obtenidos en el 2020 en diferentes periodos Fc y Fp,

AÑO	F.C	F.P
2020	0,534	0,321
2020 A_D	0,863	0,761

Como se logra apreciar en la Tabla 5.5 los valores generales de factor de carga y pérdidas en año 2020 son relativamente bajos debido a que su cargabilidad fue bastante inestable, debido a que en los tres primeros meses del año aún se consumía energía como regularmente se lo hacía en anteriores años, posterior en los siguientes meses se presenta un bajo consumo y se eleva el factor de carga y por ende el factor de pérdidas los cuales repercuten en la disipación de potencia no utilizada adecuadamente.



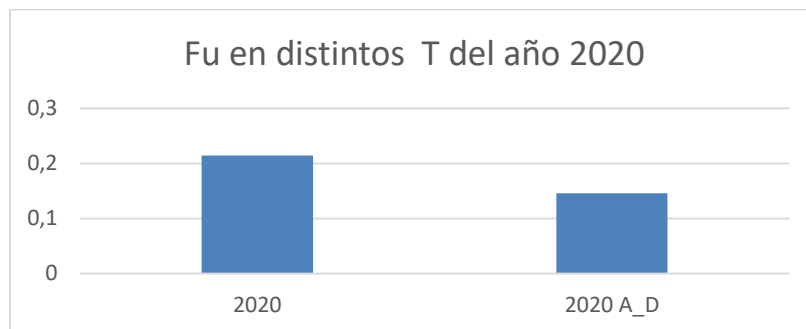
**Figura 5.6** Comparación de Fp y Fc en el 2020

### 5.4.2 Análisis de comportamiento de factor de utilidad en el transformador de servicio de la universidad en el año 2020

De igual manera en dicho periodo de tiempo 2020 se realizó un análisis general y otro desde el mes de inicio de baja cargabilidad el cual varía significativamente en cuanto a su baja utilización tal y como se presenta en la Tabla 5.6 y se puede vitalizar de mejor manera en la figura 5.7

**Tabla 5.6** Comparación FU general y post baja cargabilidad (2020)

AÑO	F.U
2020	0,214
2020 A_D	0,146



**Figura 5.7** Curva del factor de utilización en distintos T en el 2020

### 5.4.3 Análisis de pérdidas potencia general y por baja cargabilidad en el transformador en el año 2020

Como se muestra en la Tabla 5.7 se produce un fenómeno diferente a los demás años de análisis debido a que las pérdidas de potencia se incrementan, esto debido a que existe una baja cargabilidad en el transformador y por ende las pérdidas de potencia incrementan.

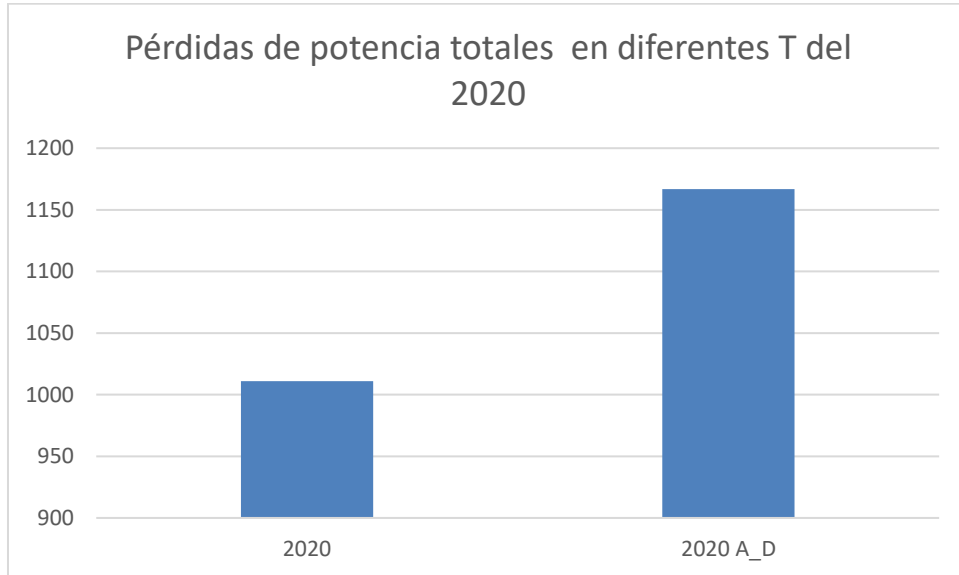
**Tabla 5.7** Pérdidas de potencia totales representadas (pu)

AÑO	PÉRDIDAS DE POT. TOTALES (W)	PÉRDIDAS DE POT. TOTALES (pu)
2020	1011,022	0,0034
2020 A_D	1166,871	0,0039

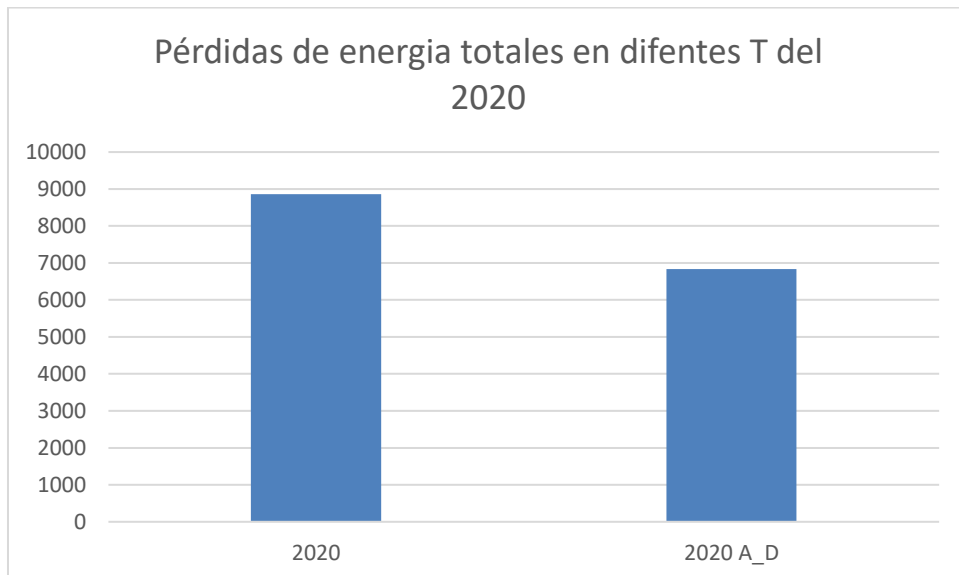
Adicionalmente se realizó una comparativa de pérdidas de potencia y energía en la Figuras 5.8 y 5.9 en la cual nos indica cómo se han incrementado las pérdidas posteriores a la baja

cargabilidad de energía que presenta hasta la actualidad el transformador.

En cuanto a pérdidas de energía no se ven regladas en una máxima cuantía debido a que estas dependen del lapso de tiempo en las que se analizan.



**Figura 5.8** Pérdidas de potencia totales en diferentes T del 2020



**Figura 5.9** Pérdidas de energía totales en diferentes T del 2020

#### 5.4 Análisis económico respecto a las pérdidas de energía en el transformador

Es necesario realizar un análisis económico en cuanto a las pérdidas de energía ya que en

posteriores años post pandemia el transformador volverá a trabajar a su demanda promedio y por ende sus pérdidas aumentaran.

El análisis económico se realiza exclusivamente para ver la posibilidad de aplicar la alternativa de implementación de un sistema de generación eléctrica mediante energías renovables y así evaluar el beneficio a favor que obtendrá la universidad al ahorrar rubros por costos de facturación.

Para el cálculo de pérdidas económicas se realizó multiplicando las pérdidas de energía en kWh por  $k$  como se muestra en la ecuación 5.24, el precio regulado por el ARCONEL para usuarios de medio y bajo voltaje con demanda horaria el cual pertenece la Universidad Técnica de Cotopaxi es establecido por el rubro de 0.054 USD y el cual fue obtenido mediante el análisis presentado en el anexo D.4 .

$$C_{pe} = k * PE \quad (5.24)$$

Donde:

$C_{pe}$  = Costo por pérdidas de energía USD/kWh

$K$  = Precio medio de la energía USD

$PE$  = Pérdidas de energía totales kWh

**Tabla 5.8** Cálculo de rubros referenciales en el periodo 2015-2021

<b>AÑO</b>	<b>KWh</b>	<b>\$USD</b>
<b>2015</b>	18632,817	1043,44
<b>2016</b>	18424,611	1031,78
<b>2017</b>	17194,839	962,91
<b>2018</b>	18626,381	1043,08
<b>2019</b>	18860,803	1056,20
<b>2020</b>	8856,555	495,97
<b>2021</b>	5460,732	305,80

Como podemos observar en la tabla 5.8 vemos que desde el año 2015 hasta el año 2017 se pagan rubros similares por pérdidas de energía, pero en el año 2018 este rubro se duplica, esto debido a la sobrecarga que se produjo en el mes de diciembre. En cuanto al año 2019 este rubro se vuelve a estabilizar, pero en el posterior año 2020 el rubro baja exponencialmente debido a

que la demanda energética disminuyó por no utilización de las cargas instaladas en la universidad debido a emergencia sanitaria, este rubro vemos que se mantiene hasta el mes de junio del presente año y se mantendrá hasta que el transformador comience a operar a demanda promedio general referenciadas en los anteriores años.

Un análisis general respecto a la pérdidas de energía y potencia en el transformador de servicio que alimenta a los bloques A Y B de la Universidad Técnica de Cotopaxi es el que ante de la presente emergencia sanitaria tenía una funcionalidad del 60% pero como observamos en el año 2018 se presenta un pico de demanda muy alto por cerca de los 500 kW muy superior a su potencia nominal de 300 kW por lo que la alternativa de instalación de un generador de electricidad mediante energías renovables es viable siempre y cuando se analice a perfección con instrumentos de medida adecuados en qué hora se presenta esa carga pico y así evitar daños en el transformador por una sobrecarga.

## **5.5 Análisis de impactos**

### **5.5.1 Impacto social**

Estos datos obtenidos quedan a disposición pública para que se los revise y analice lo cual creemos que es de alto impacto social ya que las pérdidas de potencia y energía de dicho transformador de energía a lo largo de estos seis años ha variado considerablemente en especial en el año 2020 debido a la pandemia por Covid-19.

### **5.5.2 Impacto económico**

Las pérdidas de potencia y energía repercuten económicamente en la facturación de la universidad por lo cual se asume que este análisis servirá para plantearse mejorar la eficiencia energética del transformador y que sus pérdidas no incidan en rubros adicionales en especial en horas picos que es en la que más se consume y pierde energía.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- La determinación del factor de carga en el transformador de servicio que alimenta el bloque A y B de la Universidad Técnica de Cotopaxi en función de datos estadísticos de consumo energético fue el primero de numerosos pasos para determinar las pérdidas de potencia y energía que se produce en el mismo y así en función de estos cálculos obtenidos generar un registro de datos en el cual presenta como han variado las pérdidas a lo largo del periodo de funcionamiento del transformador.
- Con la metodología Mentor Poveda la cual hace referencia a la recolección de datos estadísticos nos permitió determinar el factor de carga en el transformador de servicio, el cual oscila en los 4 primeros años entre un valor del 80% demostrando una cargabilidad estable, posteriormente en el siguiente año debido al bajo consumo energético en el transformador este disminuye igual al 53% demostrando así su cargabilidad inestable. Actualmente en lo que va el 2021 el factor de carga se ha estabilizado en un 90% lo que significa que su demanda es bastante estable, pero a condiciones muy bajas de consumo energético en el transformador.
- Referente a las pérdidas de potencia determinamos el valor anual el cual se establece en un promedio de 2100 W hasta el 2019, posteriormente en el siguiente año las pérdidas bajan, pero referente al consumo energético a una tasa de 1011 W . Actualmente en lo que va el 2021 las pérdidas de potencia ya se han incrementado aproximadamente a 1257 W debido a que el transformador presenta un alto porcentaje de factor de pérdidas.
- Se generó una base de datos con respecto al consumo energético del medidor No 94831 que alimenta al bloque A y B de la universidad. Estos datos registrados fueron el punto de partida para realizar los cálculos respectivos.
- Obtenidos los datos de pérdidas de energía en kWh se puede calcular el precio que generan estas pérdidas con el rubro estandarizado por el ARCONEL en el pliego tarifario. Rigiéndose en lo mencionado se realizó un análisis económico en dos etapas las cuales son anterior a época de pandemia y posterior. En base a la demanda energética consumida por la universidad se paga un rubro anual alrededor de 1050 USD desde el



2015 hasta el 2019. Posteriormente en el siguiente año 2020 se determinó un valor de 495 USD en pérdidas de energía, esto debido a que la demanda energética disminuyó a más de la mitad antes consumida.

- Se realizó la instalación de equipos de medición de energía eléctrica inteligentes en el transformador de servicio que alimenta a los bloques A y B de la Universidad Técnica de Cotopaxi que permitirán a futuras generaciones realizar el estudio de demanda energética y pérdidas de potencia y energía con datos exactos y no estadísticos. Posterior a la pandemia se prevé que el transformador vuelva a operar a sus condiciones anteriores y de esta manera analizar los datos obtenidos por los medidores y plantear una implementación de un sistema de generación eléctrica mediante energías renovables.
- Adicionalmente determinamos el factor de utilización del transformador de servicio, el cual nos indica el buen aprovechamiento que se le da al mismo. Anteriormente a la pandemia Covid-19 el porcentaje de utilización del transformador nos da entre el 48% el cual es relativamente bajo. Actualmente el factor de utilización del transformador es cerca del 20% esto quiere decir que se está desaprovechando en gran escala su desempeño dinámico.

## **6.2 Recomendaciones**

- Con la instalación de los medidores inteligentes queda a disposición de la comunidad universitaria para realizar futuros estudios en análisis de consumo energético el cual recomendamos se realicen ya que en algún momento el transformador volverá a trabajar a sus condiciones anteriores de demanda y su comportamiento variará en gran escala referente a la actualidad.
- Se recomienda a la universidad analizar los datos de pérdidas de potencia y energía ya que estos inciden económicamente en su facturación y proponer alternativas de generación de energía eléctrica las cuales ayudan a disminuir el consumo energético del transformador en las horas picos.
- Para futuras investigaciones se recomienda realizar un análisis de utilización del transformador en horas picos, ya que en cierto mes antes de la pandemia ocurrió un

fenómeno de sobrecarga de energía en el transformador.

- Finalmente, es importante la continuidad en los estudios de transformadores, pues generalmente a nivel nacional existen elevadas pérdidas de potencia y energía en las etapas de generación, distribución y transformación y este tipo de análisis contribuyen en el ámbito de eficiencia energética.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Y. Astrofísica *et al.*, “Códigos UNESCO.”
- [2] J. L. Alcon and A. Ramos, “Estudio de la capacidad de carga segura en transformador de potencia,” pp. 118–170, 2008, [Online].
- [3] J. Munguía, “Aplicación y evaluación de las metodologías para el cálculo de pérdidas técnicas en baja tensión para redes de distribución de energía eléctrica de El Salvador,” 2018, [Online].
- [4] J. C. Maldonado-Chica, P. M. Cando-Naula, and P. A. Mendez, “Determinación de pérdidas de energía en transformadores de distribución mediante algoritmo de compensación en sistemas de medición,” pp. 23–25, 2018.
- [5] Alfredoleyton, “Clases y tipos de Investigación Científica,” *Expo. y/o temas Explic. Metodol. Investig.*, pp. 621–624, 2011, [Online].
- [6] H. N. PEÑA PAREDES and J. J. PRENTICE JARRIN, “Normas De Transformadores De Distribución,” *Univ. Politécnica Sales. Sede Guayaquil*, p. 152, 2010.
- [7] V. El, “EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S . A . PLAN OPERATIVO ANUAL 2019.”
- [8] INEN, “Instituto Ecuatoriano de Normalización,” *Inst. Ecuatoriano Norm.*, p. 21, 2006, [Online].
- [9] R. SAMUEL, “REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA,” in *REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA*, Tercera ed., Colombia, 2004, p. 927.
- [10] “Luis Gonzalo COP.pdf,” 1980.
- [11] ARCONEL, “Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución,” vol. 18, p. 35, 2020, [Online].
- [12] U. Centro, B. D. E. Medell, and E. S. P. U. Centro, “GM-02 Guía Metodológica cálculo de pérdidas de energía Agosto 2019,” 2019.
- [13] S. R. Castaño, *Redes de Distribución de Energía.* .
- [14] S. Electric, “Capítulo E La compensación de la energía reactiva,” p. 86, 2002.
- [15] “CARGABILIDAD DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA ( 20 MVA ) DE LA SUBESTACIÓN NUEVA JAÉN Y LOS ALIMENTADORES DE 22 , 9 kV JAÉN - PERÚ,” 2019.
- [16] C. Oswaldo and O. Marcillo, “Escuela politécnica nacional,” 2001.
- [17] R. Aburto, “Tablero Electrico,” *Diciembre*, 2012, [Online].
- [18] E. Regional, D. E. L. Sur, I. Jorge, and R. Espinoza, “Ups-Ct007257,” 2017, [Online].
- [19] O. Line and N. Neutral, “EKM-Omnimeter I v . 3 Spec Sheet,” no. 831, pp. 5–7, 2000.
- [20] AFPRO Filters, “Product Catalog 2017,” no. 831, p. 120, 2017.
- [21] N. Automation, “Rs485 Y Rs422,” pp. 1–7.
- [22] E. K. M. Dash and U. Manual, “EKM metering,” no. 831, pp. 1–13, [Online]
- [23] N. a Lemozy, “RENDIMIENTO de TRANSFORMADORES Norberto A . Lemozy,” no. 3, pp. 1–8.
- [24] A. González, “Estudio de la acoplabilidad de transformadores de potencia,” Universidad Carlos III de Madrid, 2009.
- [25] Y. Barrios and J. Loor, “APLICACIÓN DE UN SOFTWARE PARA EL CÁLCULO,

- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA, COMO TUTORÍAS DE LA ASIGNATURA MÁQUINAS I,” Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2011.
- [26] J. Corrales, “PRUEBAS PARA INSTALACIÓN, PUESTA EN SERVICIO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.,” ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 1999.
- [27] C. C. S.A, “Guía Metodológica cálculo de pérdidas de energía,” 2019.
- [28] N. Automation, “CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE RS485 Y RS422,” pp. 1–7.

---

Quicaliquín Constante Édison Ernesto  
Email: [edison.quicaliquin2962@utc.edu.ec](mailto:edison.quicaliquin2962@utc.edu.ec)  
Telf. 0979308403

---

Changoluisa Changoluisa Anderson Andrés  
Email: [anderson.changoluisa3607@utc.edu.ec](mailto:anderson.changoluisa3607@utc.edu.ec)  
Telf. 0989354289

---

Ing. Cruz Panchi Luis Rolando M. Sc  
Email: [luis.cruz@utc.edu.ec](mailto:luis.cruz@utc.edu.ec)  
TelTelf.984518484

## 8. ANEXOS

### Anexo A. Diagrama de flujo

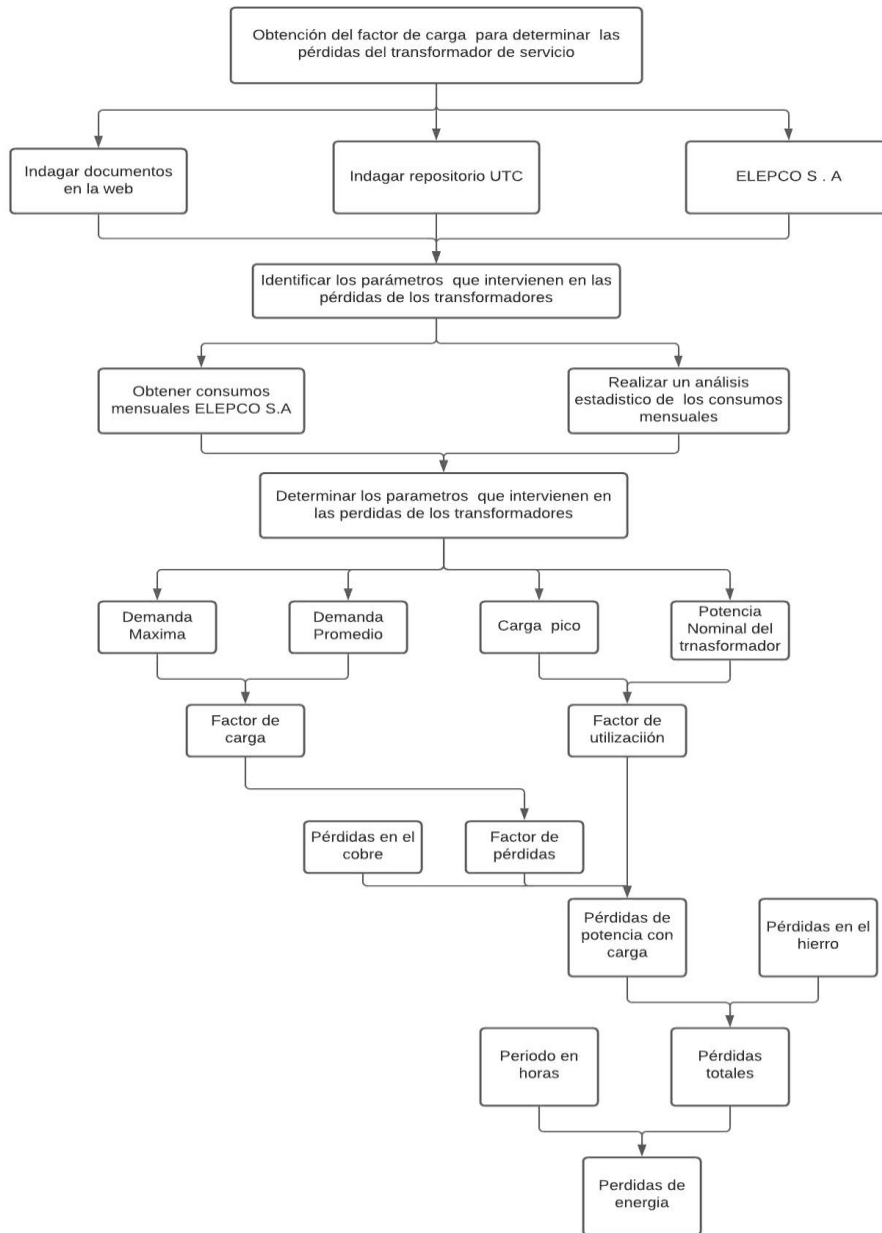


Figura A.1 Diagrama de flujo

**Anexo A:** Especificaciones técnicas de un transformador

POTENCIA NOMINAL KVA	Io (% de In)	Po (W)	Pc (W)	Pt (W)	Uzn (%)
15	4,4	80	313	393	3
30	3,6	134	514	648	3
45	3,6	182	711	893	3
50	3,4	197	776	973	3
60	3,2	225	903	1 128	3,5
75	2,6	266	1 094	1 360	3,5
100	2,6	330	1 393	1 723	3,5
112,5	2,6	361	1 539	1 900	3,5
125	2,6	390	1 682	2 072	3,5
150	2,4	447	1 959	2 406	4
160	2,5	486	2 211	2 697	4
200	2,1	569	2 630	3 199	4
225	2,1	618	2 892	3 510	4
250	2,1	666	3 153	3 819	4
300	2	758	3 677	4 435	4,5
350	2	846	4 200	5 046	4,5
400	1,9	930	4 730	5 660	4,5
500	1,7	1 090	5 770	6 860	5
630	1,6	1 284	7 170	8 454	5
750	1,6	1 453	8 386	9 839	5
800	1,6	1 521	8 909	10 430	5
1 000	1,6	1 782	11 138	12 920	5
1 250	1,5	2 088	13 454	15 542	6
1 500	1,5	2 395	15 770	18 165	6
1 600	1,5	2 518	16 696	19 214	6
2 000	1,5	3 009	20 402	23 411	6

**Figura B.1.** Valores de Po y Pcu

Para clase medio voltaje ≤ 25kV de 15 a 2000 Kva	
Desde 15 kVA hasta 150 kVA	Po= 10,514 x Pn0,7486
Mayores de 150 kVA hasta 800 kVA	Po= 13,27 x Pn0,7093
Mayores de 800 kVA hasta 2 000 kVA	Po= 1,227 x Pn + 554,59
Desde 15 kVA hasta 150 kVA	Pc= - 0,0103 x Pn2 + 13,892 x Pn + 106,65
Mayores de 150 kVA hasta 800 kVA	Pc= 10,465 x Pn + 537
Mayores de 800 kVA hasta 2 000 kVA	Pc= 9,2632 x Pn + 1875,2

**Figura B.2.** Ecuaciones fundamentales

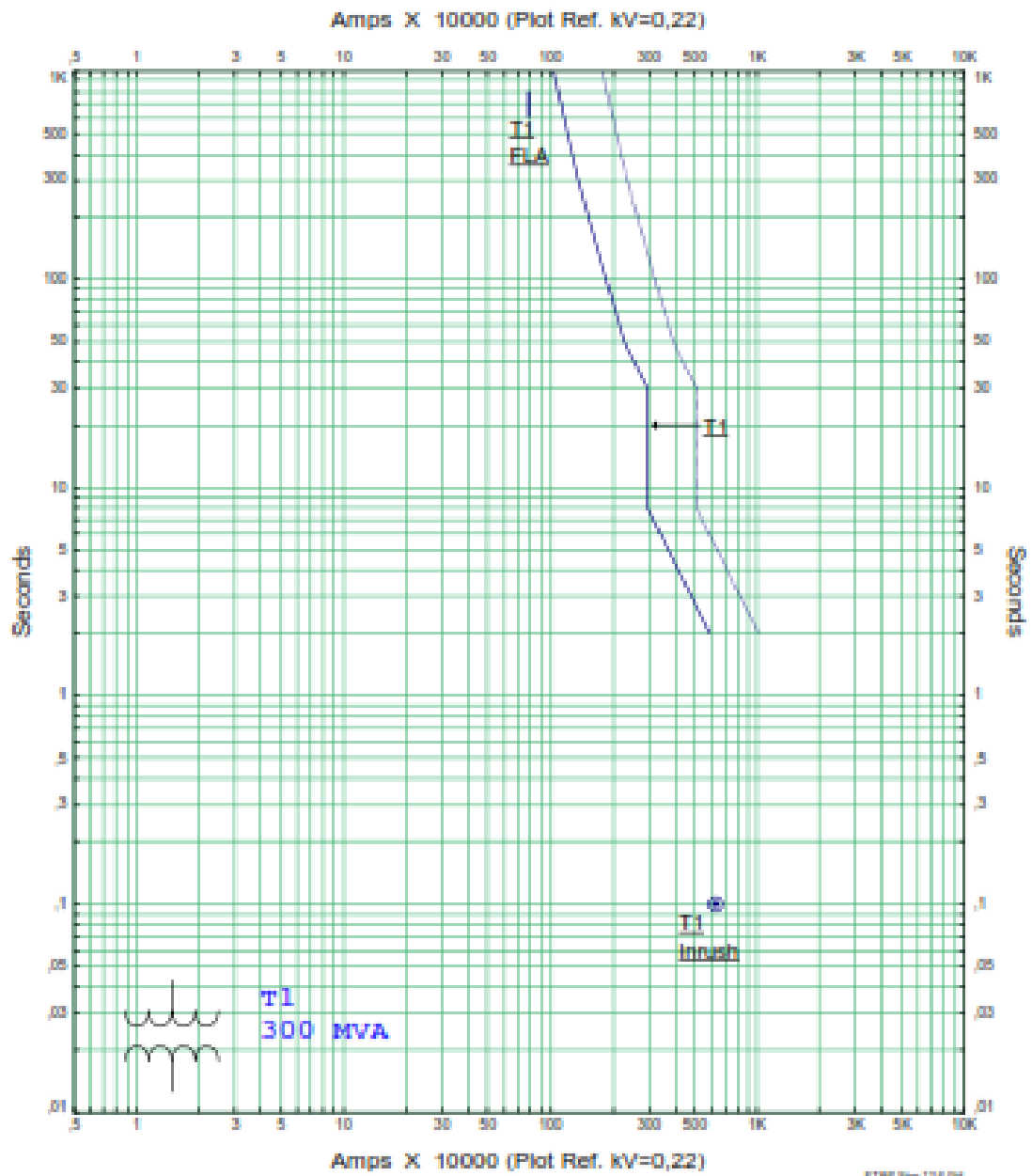
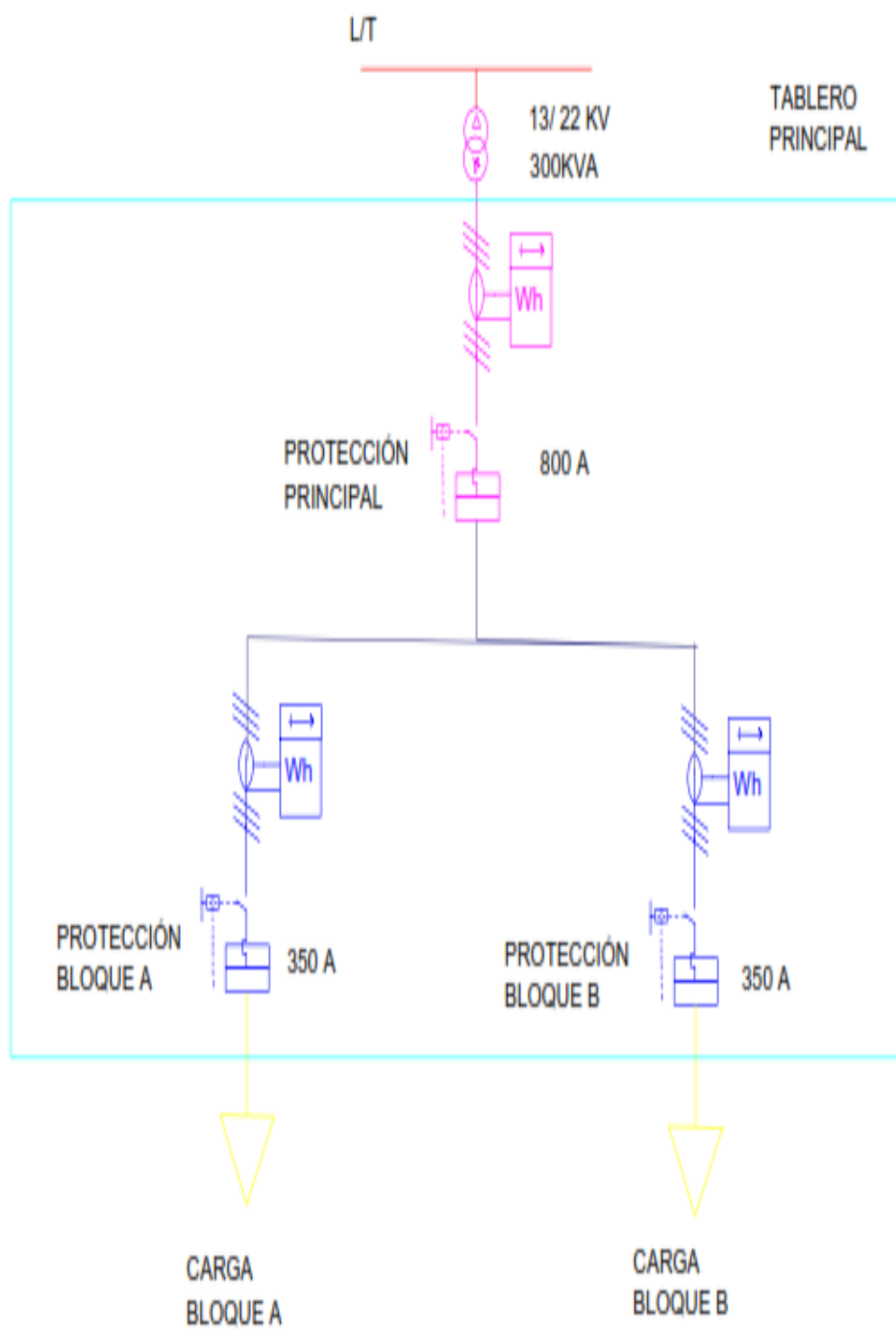


Figura B.3. Curva de fallo de un transformador de 300 kVA



**Figura B.4.** Diagrama unifilar del transformador de servicio de la UTC que alimenta los bloques A y B



Anexo C: Evidencia transformador de servicio bloques A y B en la UTC



Figura C.1. Transformador de servicio de 300 kVA

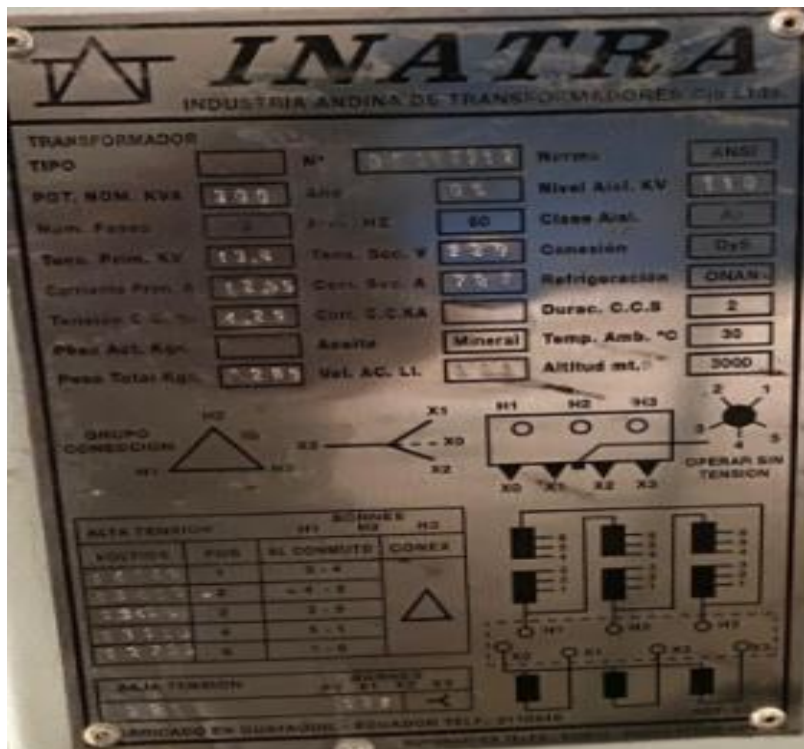


Figura C.2. Placa de datos del transformador




**Figura C.3.** Interruptor térmico principal de 800 A




**Figura C.4.** Interruptor térmico secundario de distribución

### Anexo D: Datos del pliego tarifario



EMPRESA ELÉCTRICA  
PROVINCIAL COTOPAXISA

“¡¡¡ DEBEMOS CUIDARLA AQUÍ !!!”



**EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA**  
R.U.C.: 0590042110001  
DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA S-44 Y JULIANO Y ORDONEZ  
TELEFONO: 032994440  
AGENTE DE RETENCION - CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4519  
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI  
FACTURA No.: 001-035-00000593      FORMA DE PAGO : Efectivo.  
AUTORIZACIÓN : 060720210105900421100012001035000005932005091111  
MES DE CONSUMO: JUNIO/2021 --- FECHA DE EMISIÓN : 2021-07-06 FECHA DE VENCIMIENTO : 2021-07-26

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apeñados y Nombre: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI		Código Único Eléctrico Nacional: 0600078027	
RUC o Cédula de Ciudadanía: 05600127001			
Dirección de Servicio: SECTOR SAN FELIPE AV SIMÓN RODRIGUEZ			
Dirección de Notificación: SECTOR SAN FELIPE AV SIMÓN RODRIGUEZ			
Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec			
Provincia: COTOPAXI	Cantón: LATAJUNGA	Paragüta: Eloy Alfaro	Geocódigo: 090-ESP-001-0220
Ciudad: 02491	Cuenta: 78027	Medidor: 94831	Tarifa: BPODP -> Beneficio Público con Demanda Pico
Letura Anterior: 320,841 - 2021-06-01	Letura Actual: 326,811 - 2021-06-30	Consumo en kWh: 27,309 kWh: 30	P.U.E.: 529
Factor de Potencia: 1.000	Dem.Factura: 67	Dem.Mes: 00	Dem.Pico: 67

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

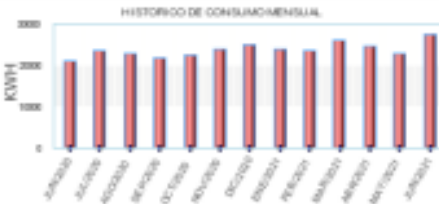
DESCRIPCIÓN	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO	CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
BASE:	306184	314278	8190	Consumo + P.T	\$ 1,255.41	\$ 0.00	\$ 1,255.41
REACTIVA:	77262	77245	3	Comercializaci	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
				Consumo Activa Base	\$ 442.53	\$ 0.00	\$ 442.53
				Demanda	\$ 144.50	\$ 0.00	\$ 144.50
				Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00
				Recargo por Recuperaci de Cartera	\$ 23.44	\$ 2.81	\$ 26.25
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (A):</b>							<b>\$ 1,886.19</b>


VALORES PENDIENTES	
IMPORTE IMPORTE	
<b>(C) VALOR ADEUDADO:</b>	<b>\$ 1,886.19</b>

\* Valores a la Fecha de Emisión

SUBTOTAL 12%	\$ 23.44
SUBTOTAL 0%	\$ 1,886.19
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 1,886.19
IVA 12%	\$ 2.81
<b>(A) SERVICIO ELÉCTRICO (FACTURA):</b>	<b>\$ 1,886.19</b>
(C) VALORES PENDIENTES	\$ 1,599.71
<b>(D) TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO</b>	<b>\$ 3,486.90</b>

HISTORICO DE CONSUMO MENSUAL






**EL GOBIERNO  
SUBSIDIA  
ESTE SERVICIO**

*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCIÓN ELÉCTRICA	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELÉCTRICA	\$ 1,322.02
<b>TOTAL AHORRO:</b>	<b>\$ 1,322.02</b>

CLAVE DE ACCESO.: 060720210105900421100012001035000005932005091111



Página 1 de 2

Figura D.1. Interfaz de una planilla eléctrica ELEPCO S.A

Categoría	Nivel de Voltaje - NV	Grupo de Consumo	Registro de Demanda
Residencial	<b>Bajo Voltaje – BV</b> <i>NV &lt; 600 V</i>	Residencial	Sin demanda
General		Comercial	Sin demanda
			Con demanda
			Con demanda horaria
			Con demanda horaria diferenciada
		Industrial	Sin demanda
			Con demanda
			Con demanda horaria
			Con demanda horaria diferenciada
		Otros(*)	Sin demanda
			Con demanda
			Con demanda horaria
			Con demanda horaria diferenciada
<b>Medio Voltaje – MV</b> <i>600 V ≤ NV ≤ 40 kV</i>	Comercial	Con demanda	
	Industrial		
	Otros(*)		
	Comercial	Con demanda horaria	
	Otros(*)		
	Industrial		
<b>Alto Voltaje – AV</b> <i>AV1: 40 kV ≤ NV ≤ 138 kV</i>	Comercial	Con demanda horaria	
	Otros(*)	Con demanda horaria diferenciada	
	Industrial		
<b>AV2: NV &gt; 138 kV</b>	Industrial	Con demanda horaria diferenciada	

Nota.- (\*) El grupo de consumo Otros considera consumidores como entidades oficiales, asistencia social, servicios comunitarios, bombeo de agua, escenarios deportivos, estaciones de carga rápida, entre otros.

**Figura D.2.** Niveles de voltaje según ARCONEL

NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA	
	<b>BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE</b>	
	2,620	
L-V 08:00 hasta 18:00 horas		0,096
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,095
L-V 22:00 hasta 08:00 horas**		0,045
S,D 18:00 hasta 22:00 horas		0,096
		1,414
	<b>VEHICULOS ELÉCTRICOS</b>	
	4,050	
L-V 08:00 hasta 18:00 horas		0,080
L-D: 18:00 hasta 22:00		0,100
L-D: 22:00 hasta 08:00 horas		0,050
SyD: 08:00 hasta 18:00 horas		
NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE	
	<b>BOMBEO AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS SIN FINES DE LUCRO</b>	
1-300		0,040
Superior		0,040
		0,700
	<b>ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA</b>	
	3,000	0,065
	<b>ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA</b>	
	3,000	
08:00 hasta 22:00 horas		0,065
22:00 hasta 08:00 horas		0,054
		1,414

**Figura D.3.** Costo kWh

CÁLCULO REFERENCIAL DE UNA PLANILLA ELÉCTRICA DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



**EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELECPOSA**  
R.U.C.: 0990042110001  
DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA S-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ  
TELEFONO: 032994440  
AGENTE DE RETENCIÓN - CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4519  
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI  
FORMA DE PAGO : Efectivo  
AUTORIZACIÓN : 310320210100900421100012001020009852212000091115  
MES DE CONSUMO: MARZO/2021 - FECHA DE EMISIÓN : 2021-03-31 FECHA DE VENCIMIENTO : 2021-04-21



Energía Consumida		Unidad
Lectura Actual	256290	KW/h
Lectura Anterior	230794	KW/h
Consumo	25496	KW/h
PIT	2	%
Consumo + PIT	26006	KW/h

Costo de la energía		
Tarifa	General Beneficio Público	
Tensión	Mv	
ED	Cotopaxi	
Costo Kw/h		
8:00-22:00	0,065	USD
22:00-8:00	0,054	USD

Demanda		
Dem. Act (DF)	80	Kw
Dem. Mes	62	Kw
Dem.pic	44	Kw
Demanda facturable	80	Kw
costo Kw	3	USD

Energía Demanda Pico		
Lectura Actual	291279	Kw
Lectura anterior	284094	Kw
Consumo	7185	Kw

INFORMACION DEL CONSUMIDOR	
Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI	Código Único Eléctrico Nacional: 0800070027
RUC o Cédula de Ciudadanía: 105000270001	
Dirección de Servicio: SECTOR SAN FELIPE AV SIMON RODRIGUEZ	
Dirección de Notificación: SECTOR SAN FELIPE AV SIMON RODRIGUEZ	
Correo Electrónico: administrativo@ut.edu.ec	
Provincia: COTOPAXI	Cantón: LATAJUNGA
Parroquia: Eloy Alfaro	Geocódigo: 090-ESP-001-02230
Ciudad: 82491	Cuenta: 76027
Medidor: 84831	Tarifa: BPOD -> Beneficio Público con Demanda Pico
Lectura Anterior: 230794 - 2021-03-01	Lectura Actual: 256290 - 2021-03-31
Consumo en KWH: 26.006	Días: 31
P.I.T.: 510	
Factor de Potencia: 1,000	Dem.Factura: 80
Dem.Mes: 62	Dem.Pico: 44

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO			
DESCRIPCIÓN	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO
BASE:	284094	291279	7185
REACTIVA:	7728	7728	1






CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo + PIT	\$ 1,214,01	\$ 0,00	\$ 1,214,01
Comercialización	\$ 1,41	\$ 0,00	\$ 1,41
Consumo Activa Base	\$ 395,77	\$ 0,00	\$ 395,77
Demanda	\$ 169,99	\$ 0,00	\$ 169,99
Tasa de Alumbrado Público	\$ 16,00	\$ 0,00	\$ 16,00
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (A):			\$ 1,797,18

VALORES	
Consumo + PIT	1196,276
Comercialización	1,41
Consumo	396,00
Activa Base	170,01
Demanda	170,01
Tasa Alumbrado Público	16,00

NIVEL VOLTAJE	BAJO TENSIÓN VOLTAJE	
1.000 Superior	BOMBEO AGUA - COMANDANTES CAMPESINOS DE SERVICIOS RURALES ECONOMIQUES EN PAISES EN DESARROLLO	0,700
	0,000	
	ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CUI Y/O RECURSOS CON DEMANDA	
	0,000	
	ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA	1,000
	0,000	
00:00 hasta 01:00 horas	0,000	
01:00 hasta 04:00 horas	0,000	

Anexo D.4. Análisis de facturación en el medidor 84831

**Anexo E: Implementación del medidor inteligente**

<b>COMPONENTE</b>	<b>GRÁFICO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Omnimeter Pulse V4		<p>Contador de pulsos, Control de relés hasta 2, Medidor Inteligente.</p> <p>120/240 V, 120/208 V, 230 V, 277 V, 480 V hasta 5000 A.</p> <p>Trifásico, 3 cables o 3 fases - 4 hilos. Comunicación RS- 485 Smart Meter V4.</p>
TC de núcleo dividido 800 A		<p>SCT-065-800. Núcleo dividido. 800 A.</p> <p>Diámetro interior: 65mm o 2,56 pulgadas.</p> <p>Precisión 0,1%.</p>
TC de núcleo dividido 400 A		<p>ESCT-025-400UL. Núcleo dividido. 400 A.</p> <p>Diámetro interior: 25mm o 0,98 pulgadas.</p> <p>Precisión 0,1%.</p>
EKM 485Bee –Nodo Inalámbrico Zigbee		<p>EKM 485Bee</p> <p>Red de malla Zigbee inalámbrica RS-485.</p> <p>6 - 24 voltios DC.</p>
EKM Push – Nube Base Meter sistema de comunicación		<p>Modelo: EKM-Push. Envía datos a la web. Conexiones: Ethernet, RS-485. Contador de intervalos de un minuto. Soporta V.3 y V4 omnimeters</p>

**Tabla E.1** Componentes a implementar





**Figura E.4.** Conexión del medidor y los CT



**Figura E.3.** Colocación de los equipos en la caja de revisión





**Figura E.2.** Colocación de la caja de revisión en el tablero eléctrico

### Anexo E: Conexión software EKM Dash

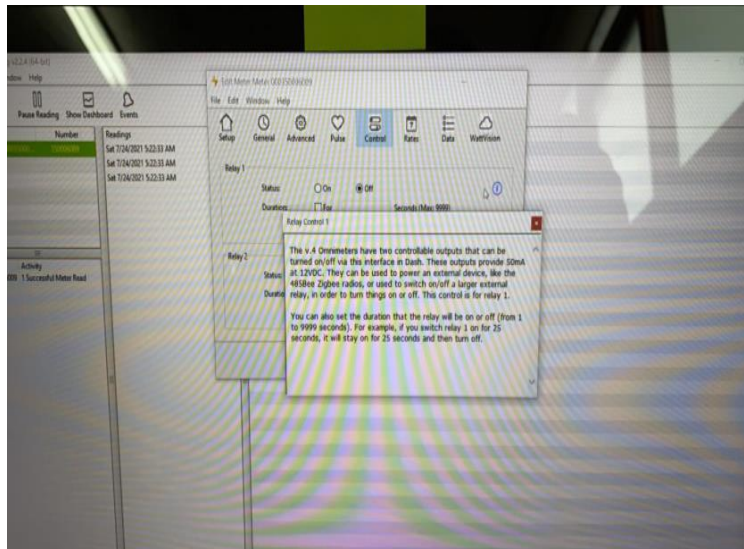
The screenshot shows the EKM Metering v2.2.4 software interface. It features a menu bar (File, Edit, Window, Help) and a toolbar with icons for Meters, Pause Reading, Show Dashboard, and Events. The main window is divided into three sections:

- Meters:** A table listing meters with columns for Name and Number.
- Readings:** A list of timestamped readings for the selected meter.
- Data:** A detailed view of the selected meter's data, including meter name, date, model, address, firmware, and various power and voltage metrics.

Name	Number	Readings	Data	Value
Meter #35006009	35006009	Fri 23/7/2021 13:05:08	Meter Name	Meter #35006009
		Fri 23/7/2021 13:04:08	Meter Date	Fri 23/7/2021 13:05:08 ECT
		Fri 23/7/2021 13:03:08	Computer Date	Sun 25/7/2021 16:13:00
		Fri 23/7/2021 13:02:08	Model	EKM-Omnimeter Pulse v.4
		Fri 23/7/2021 13:01:08	Address	35006009
		Fri 23/7/2021 13:00:08	Firmware	1f
		Fri 23/7/2021 12:59:08	Total Kilowatt Hour	0.00
		Fri 23/7/2021 12:58:08	Forward Kilowatt Hour	0.00
		Fri 23/7/2021 12:57:08	Reverse Kilowatt Hour	0.00
		Fri 23/7/2021 12:56:08	Net Kilowatt Hour	0.00
		Fri 23/7/2021 12:55:08	Total Kilowatt Hour T1 (TOU1)	0.00
		Fri 23/7/2021 12:54:08	Total Kilowatt Hour T2 (TOU2)	0.00
		Fri 23/7/2021 12:53:08	Total Kilowatt Hour T3 (TOU3)	0.00
		Fri 23/7/2021 12:52:08	Total Kilowatt Hour T4 (TOU4)	0.00
		Fri 23/7/2021 12:51:08	Reverse Kilowatt Hour T1	0.00
		Fri 23/7/2021 12:50:08	Reverse Kilowatt Hour T2	0.00
		Fri 23/7/2021 12:49:08	Reverse Kilowatt Hour T3	0.00
		Fri 23/7/2021 12:48:08	Reverse Kilowatt Hour T4	0.00
		Fri 23/7/2021 12:47:08	Voltage 1	129,
		Fri 23/7/2021 12:46:08	Voltage 2	0,
		Fri 23/7/2021 12:45:08	Voltage 3	0,
		Fri 23/7/2021 12:44:08	Current 1 (Amps 1)	0,
		Fri 23/7/2021 12:43:08	Current 2 (Amps 2)	0,
		Fri 23/7/2021 12:42:08	Current 3 (Amps 3)	0,
		Fri 23/7/2021 12:41:08	Power 1 (Watts 1)	8,
		Fri 23/7/2021 12:40:08	Power 2 (Watts 2)	0,
		Fri 23/7/2021 12:39:08	Power 3 (Watts 3)	0,
		Fri 23/7/2021 12:38:08	Total Power (Watts)	8,
		Fri 23/7/2021 12:37:08	Total Net Watts	8,
		Fri 23/7/2021 12:36:08	Conf. 1 (Power Factor 1)	1.00

Activity: 35006009 26 Successful Meter Reads

**Figura E.5.** Software Dash EKM



**Figura E.6.** Configuración EKM Metering

## Anexo F. Manual de instalación medidor EKM Metering

### Introducción

El presente manual de instalación se aplica para el medidor inteligente EKM metering, se realiza con el propósito de detallar la información requerida, en el proyecto de análisis del consumo energético implementada en la UTC.

### Lista de dispositivos y materiales para la implementación del sistema.

- 1 medidor inteligente EKM metering
- 3 CT 800 A
- 1 concentrador de datos y fuente de alimentación 24 V
- 2 485Bee - Nodo inalámbrico Zigbee
- Cable de comunicación del medidor cat5
- Cable de ethernet para la conexión de internet
- Cable de alimentación 18 AWG
- Convertidor USB EKM blink
- Internet

### Medidor inteligente marca EKM metering



Figura F.1 Medidor inteligente marca EKM METERING

**Campo de aplicación:** El medidor es para usuarios trifásicos de BT. El voltaje nominal 120/480 V (3 fases 4 hilos) y la corriente máxima puede ser hasta 500 A.

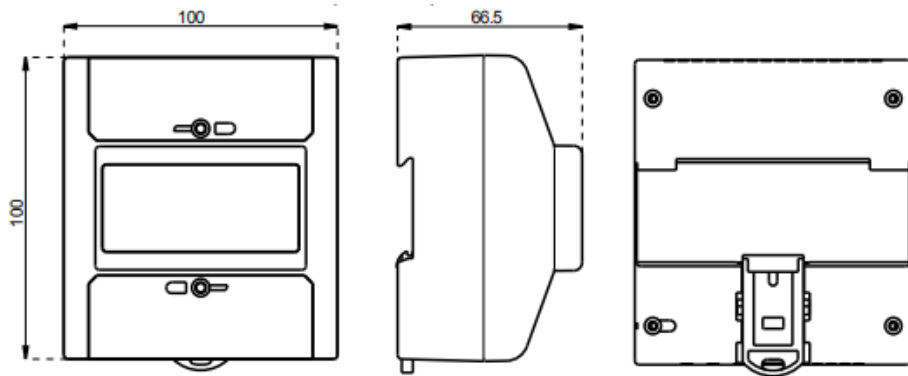
Especificaciones técnicas del medidor inteligente

- **Tipo:** CT externo, 50 o 60 Hz
- **Precisión:** 0,5% (clase 0,5)

- **Datos:** Comunicación RS-485

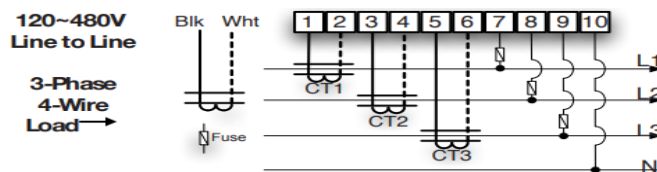
### Instrucciones de instalación parte eléctrica

1. Revise el medidor por cualquier daño visible causado por el envío, si hay daños visibles, cambiar de medidor
2. Desconecte el voltaje
3. Fije el medidor a través de un soporte de suspensión



**Figura F.2** Dimensión del medidor inteligente

4. Realice el cableado necesario de acuerdo al diagrama de conexión que está ubicado en la cubierta del bloque de terminales.
5. Pele los cables de modo que la parte pelada del cable sea lo suficiente larga para llegar debajo de los tornillos del conector asegúrese que el aislamiento del cable termine antes del terminal y etiquetar L1, L2, L3.
6. Utilizar los 3 CT para la instalación. Etiquételos como CT1, CT2, CT3.
7. Ajuste CT1 en de L1, CT2 en L2, CT3 en L3 (asegúrese de que la flecha este orientada hacia la carga en la dirección del flujo).
8. El cable negro de CT1 se conecta al puerto 1 del medidor, el cable blanco se conecta al puerto 2, (figura V.3) así sucesivamente con CT2 y CT3.



**Figura F.3** Diagrama de conexión

9. Colocar fusibles de hasta de 1.0 A en cada línea de alimentación para proteger al medidor y resistencias para la comunicación



**Figura F.4** Ilustración de la conexión de fusibles y CTs en los medidores

10. Cierre los CTs de núcleo dividido alrededor de los cables (L1, L2, L3) de forma segura.
11. Para alimentar el medidor L1 se conecta al puerto 7, L2 al puerto 8, L3 al puerto 9, y el neutro se conecta al puerto 10 y compruebe el funcionamiento del medidor.

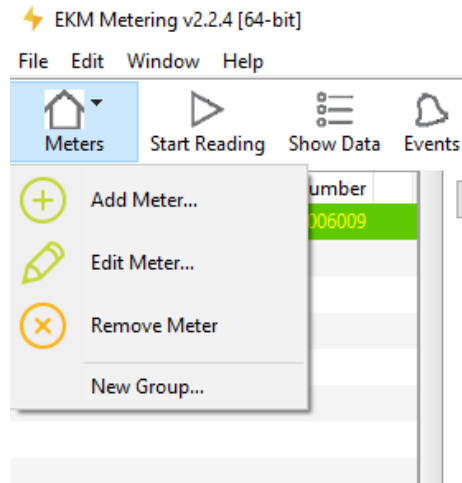


**Figura F.5** Instalación del medidor inteligente

### **Configuración del sistema de comunicación**

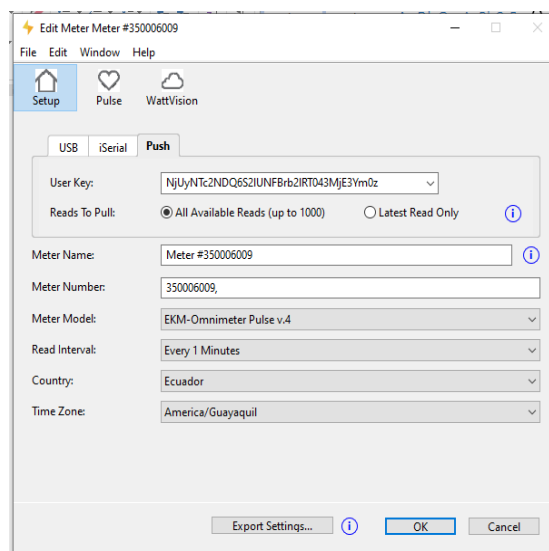
1. Realizar la comunicación del medidor a la computadora mediante la comunicación RS485 con la ayuda del convertidor USB.
2. Los terminales 20 (+A) y 21 (-B) son las salidas de comunicación RS485 del medidor que se conecta a los pines A y B del convertidor USB.
3. El medidor instalado y el convertidor USB se conecta al computador para agregar el medidor al programa EKM Dash.

4. Para agregar el medidor inteligente ir a la pestaña medidores, posteriormente a agregar medidor como se indica en el siguiente gráfico.



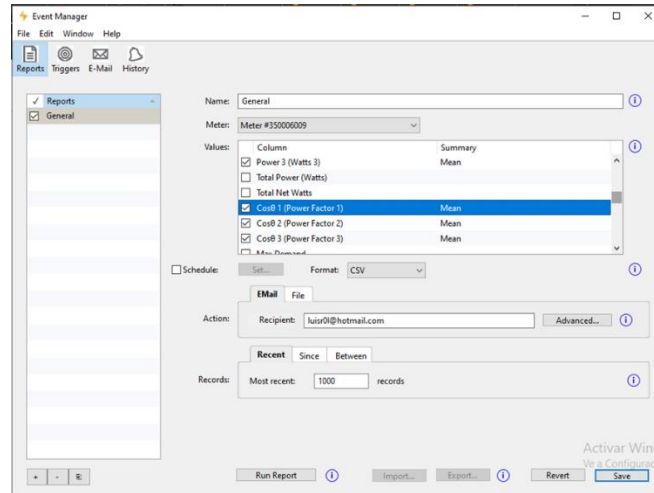
**Figura F.6** Ilustración del software EKM para agregar el medidor

5. Seguidamente procedemos a seleccionar el tipo de conexión del medidor inteligente con el software, introducimos la contraseña (use key) que proporciona el fabricante al comprar los medidores y crear una cuenta en el programa EKM. Introducimos el nombre, modelo y tipo del medidor; seguido seleccionamos el país y la zona horaria donde nos encontramos, como podemos fijarnos en la siguiente imagen.



**Figura F.7** Ventana de información del medidor a insertar

6. Para la configuración del medidor inteligente EKM vamos a la pestaña eventos en la cual nos despliega un menú donde podemos habilitar las diferentes opciones que tiene dicho medidor.



**Figura F. 8** Menú para habilitar y deshabilitar los datos del medidor

### **Instalación del sistema de comunicación**

1. Conectar los pines del nodo inalámbrico (emisor) +A y B- con los pines +A y B- (20-21) del medidor, posteriormente se conecta el pin 19 y 17 para la alimentación del nodo inalámbrico.
2. Establecer la comunicación RS485 entre el concentrador de datos y el nodo inalámbrico (receptor)
3. Conectar los pines del nodo inalámbrico +A y B- con los pines +A y B- del concentrador de datos.
4. Conectar el concentrador de datos a una fuente de internet mediante el cable ethernet
5. Alimentar el concentrador de datos y el nodo inalámbrico al adaptador de 12 V.
6. Verificar la conexión de internet con el encendido de luz verde en el concentrador de datos y luz naranja en la comunicación RS485.
7. Luego de la instalación mencionada verificar los datos obtenidos por el medidor en el programa. La siguiente figura muestra una ventana donde podemos observar las diferentes curvas como el voltaje, corriente y potencia en cada una de las fases en tiempo real.



**Figura F.9** Datos eléctricos proporcionados por los medidores inteligentes en el software EKM