

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD**



**ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA INHERENTES A
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE USO EXCLUSIVO.**

REALIZADO POR:
CARLOS JOSÉ DOS SANTOS ALVINO

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito Parcial
para optar al Título de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Barcelona, Diciembre de 2009.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



**ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA INHERENTES A
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE USO EXCLUSIVO.**

Revisado y Aprobado por:

Ing. Eduward Prato

Asesor Industrial

Firma

Barcelona, Diciembre de 2009.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD



ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA INHERENTES A
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE USO EXCLUSIVO.

JURADO

El Jurado hace constar que ha asignado a esta Tesis la calificación de:

Prof. Melquiades Bermúdez
Asesor Académico

Prof. Santiago Escalante
Jurado Principal

Prof. Manuel Maza
Jurado Principal

Barcelona, Diciembre de 2009.

RESOLUCIÓN

De acuerdo con el artículo 44 del reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados con otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, el cual lo participará al Consejo Universitario.”

DEDICATORIA

Este gran logro se lo dedico a las personas más importantes presentes en mi vida:

A DIOS TODOPODEROSO, que me ha permitido formar parte de este mundo, y que espiritualmente me guía, protege y ayuda a superar cualquier obstáculo por grande que sea; gracias Señor por regalarme el milagro de la vida y la familia en la que me tocó crecer. Gracias a tu voluntad Divina soy lo que soy.

A mi padre, AGOSTINHO DOS SANTOS... porque siempre has sido el pilar que sostiene a nuestra familia, por tu gran esfuerzo y devoción al trabajo, y a los valores que siempre nos enseñaste para vivir con unión y humildad, porque desde muy joven te tocó crecer y trabajar duro para ofrecernos una vida llena de plenitud, porque para ti siempre fuimos lo primero y más importante anteponiéndonos sobre tus propias necesidades. Porque nunca nos faltó esa palmada de apoyo cuando más la necesitábamos...por ser desde siempre el mejor Padre, Hermano y Amigo, ¡ERES MI EJEMPLO A SEGUIR!

A mi madre, YACENIA ALVINO... hoy quiero darte las gracias por la excelente labor que has desempeñado como madre; quiero que sepas que te admiro, te respeto y te quiero por esa dedicación que has demostrado hacia nuestra familia, esa cualidad de servicio que Dios generosamente te heredó, te hacen una persona y madre inigualable. Gracias madre por ese esfuerzo que día a día desempeñas sin esperar nada más que nuestro cariño y comprensión.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por regalarme la vida y bendecir día a día cada paso que doy... Gracias Señor!!!

A mis padres, Agostinho Dos Santos y Yacenia Alvino, por enseñarme los valores del respeto, confianza, humildad y servicio, con su propio ejemplo de vida; gracias porque en todo momento me dieron la libertad y confianza de elegir y me apoyaron en todo.

A mis hermanos, Jesús, Ali, Alfredo y Alfonso, por el apoyo que siempre me han brindado con su motivación, comprensión y esfuerzo que son parte de este logro, como muestra de gratitud les dedico este trabajo: por ser mis compañeros, y porque a raíz de nuestras vivencias aprendí muchas cosas.

A mi novia, Angellis Rodríguez, porque me has inspirado y motivado a realizar mis metas con una infinita paciencia, haciéndome ver que el esfuerzo y confianza son las mejores herramientas para lograr lo que deseamos TE AMO Chiqui!

A mi abuelo, Juan Moreno, a mis tíos(as), Arelis, Rosaura, Yamelis, porque a través del tiempo me dejaron valiosas enseñanzas; gracias especiales, a mi tío José (el negro) y a Julia, por ese gran cariño que me han demostrado y ese ejemplo familiar que son; mi respeto y cariño para todos.

A mis primos(as), Ronny, Jhonny, Yolenny, María José, Yulianny, Juan Carlos, mi ahijado Carlos Cruz, y Javier por sus ocurrencias y esa alegría que siempre demuestran que nos hacen disfrutar los pequeños y agradables momentos que con ustedes compartimos.

A mis compañeros y amigos, Nelson, Daniel, Juan José, Johan, Pan, Juan Francisco, María León, Eduardo, Jesús Franco, Jota, Julio, Reivis, Villo, La Niña, Ayleen, Pedro B, La Negra, Neyfi, Eimmy, Diegmar, Victor Brito, Ronald, José Ortiz, Angela, Angelo Prado, Sombay, Carlos Hernandez, Cesar Rengel, Antonio, Vicente, Jhonatan Alonso, Silvio, Nelsis, Miladys, Sorangel, Arturo por esos grandes momentos vividos durante nuestra carrera, por los consejos, el apoyo y la colaboración prestada, gracias a ese grano de arena que cada uno puso para lograr la meta de: “ser Ingenieros Electricistas”...!!!

A mis cuñadas, Mónica, Jenny, Marlin, Jenmar, Maryenis, por ese gran cariño que me han demostrado, por sus consejos y sus palabras de apoyo en todo momento; gracias por ese lazo de confianza y respeto brindado siempre.

A Francisca y Oswaldo, Haideé, Carmen (Camucha), la Tía Mery, Frineth Indriago, todos ellos padres y familiares de mis compañeros y amigos de la universidad, por brindarme el calor de su hogar en el momento que lo necesité, cuando madrugábamos estudiando. A Gladys Rivas, y Rosita, por la colaboración desinteresada y cariñosa.

Al Departamento de Coordinación y procesos de medición CADAFE Región I, especialmente a: Sergio Noel, Cruz Romero, Eulio Hernández, Pablo Guevara, Alí, Matías, al Ingeniero Eduward Prato, por prestarme gran colaboración en mi estadía dentro de la empresa.

RESUMEN

La elaboración de este trabajo tiene como finalidad analizar las pérdidas de energía eléctrica, en sistemas de distribución de uso exclusivo. En la elaboración del estudio, se usó el método de medición puntual y el seguimiento de registro de demandas, para inspeccionar la edificación asignada con la finalidad de determinar las fugas de corriente y posibles irregularidades causantes de pérdidas de energía.

Para la realización del análisis se determinaron las características de la carga, para así definir un método de estudio adecuado, en la recolección de datos, que den como resultado los niveles de funcionamiento de la carga, procediéndose al cálculo y análisis de las pérdidas técnicas en los elementos del sistema de distribución. Para el análisis de las pérdidas no técnicas, se obtuvo la cantidad de energía suministrada por el transformador de distribución al módulo de medición y la energía consumida por cada uno de los usuarios existentes, las diferencias de energía, entre éstas mediciones, son consideradas como pérdidas no técnicas en el sistema.

CONTENIDO

RESOLUCIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN.....	VIII
CONTENIDO	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XVII
LISTA DE TABLAS	XX
CAPITULO I.....	23
EL PROBLEMA	23
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.2 OBJETIVOS	25
1.2.1 Objetivo General	25
1.2.2 Objetivos Específicos.....	25
1.3 GENERALIDADES DE LA EMPRESA	25
1.4 CADAFE EN SUS INICIOS	26
1.5 RESEÑA HISTÓRICA.....	27

1.6 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	29
1.7 MISIÓN	30
1.8 VISIÓN	30
1.9 OBJETIVOS DE LA EMPRESA	31
1.10 VALORES	31
1.11 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.....	31
1.12 JUSTIFICACIÓN	32
CAPITULO II	34
MARCO TEORICO.....	34
2.1 ANTECEDENTES.....	34
2.2 SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA.....	35
2.2.1 Sub-sistema de Generación.....	36
2.2.2 Sub-sistema de Transmisión	36
2.2.3 Sub-sistema de sub-Transmisión.....	36
2.2.4 Sub-sistema de Distribución	37
2.3 ENERGÍA ELÉCTRICA	37
2.4 REDES DE DISTRIBUCIÓN	37

2.5 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	38
2.5.1 Sistemas de Distribución de uso Común.....	38
2.5.2 Sistemas de Distribución de uso Exclusivo	39
2.6 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	39
2.6.1 Transformadores	39
2.6.1.1 Transformadores de Distribución.....	40
2.6.1.2 Transformadores de Medida	41
2.6.1.3 Transformadores de Corriente	41
2.6.1.4 Transformadores de Tensión.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.1.5 Conexionado de los Transformadores.....	42
2.6.2 Acometida	43
2.6.3 Módulos de medición.....	44
2.6.3.1 Áreas del Módulo de Medición Básica	44
2.7 MEDICIÓN DIRECTA	46
2.8 MEDICIÓN INDIRECTA	47
2.9 PÉRDIDAS DE ENERGÍA	47
2.9.1 Pérdidas Técnicas.....	47
2.9.1.1 Pérdidas por Efecto Joule.....	47
2.9.1.2 Pérdidas en los Devanados y Núcleo de Transformadores	48
2.9.1.3 Pérdidas en las Acometidas.....	49

2.9.2 Pérdidas no Técnicas.....	49
2.9.2.1 Consumo de Usuario no Subscriptores o Contrabando.....	49
2.9.2.2 Error en la Contabilización de Energía (de suscriptor con contador)	49
2.9.2.3 Fraude o Hurto (por parte de suscriptores)	50
2.9.2.4 Por Facturación Incorrecta de los Usuarios	50
2.9.2.5 Por Recaudos	50
2.10 SISTEMA DE GESTIÓN COMERCIAL OPEN SGC	50
CAPITULO III.....	53
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CARGA	53
3.1 INTRODUCCIÓN	53
3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS	53
3.3 BALANCE DE CARGA	54
3.4 BALANCE DE VOLTAJE.....	55
3.5 NIVELES DE TENSIÓN PERMITIDOS.....	55
3.5.1 Condiciones Normales	55
3.5.2 Condiciones no Normales de la Carga.....	56
3.6 CONDICIONES GENERALES DE LA CARGA.....	57
3.7 FACTOR DE POTENCIA.....	58
3.8 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA.....	59

3.9 CRECIMIENTO DE LA CARGA.....	60
3.10 APLICACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA DE LA CARGA.....	61
3.11 DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE CARGA	62
3.12 DATOS REQUERIDOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA	63
3.13 MÉTODOS PARA HACER MEDICIONES DE CAMPO	64
3.13.1 Chequeo Puntual	65
3.13.2 Prueba de Demanda Máxima	65
3.13.3 Registro de Demanda.....	66
3.14 PROCEDIMIENTO APLICADO.....	66
3.15 EQUIPO DE MEDICIÓN EMPLEADO	68
3.15.1 Módulo de Medición y Acometidas en Alta y Baja Tensión.....	68
3.15.2 Transformador de Distribución (pad mounted).....	68
3.16 CONTADOR DE ENERGÍA EMPLEADO.....	69
3.16.1 Configuración del Contador.....	70
3.16.2 Configuración de Funciones	71
3.16.3 Instalación del Contador	72

3.16.4 Obtención de Datos del Contador de Energía.....	74
3.17 PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL SISTEMA.....	74
3.17.1 Cálculo de Pérdidas no Técnicas.....	75
3.17.2 Cálculo de Pérdidas Técnicas.....	76
3.17.2.1 Pérdidas en Baja Tensión.....	76
3.17.2.2 Acometida de Baja Tensión (Alimentadores Secundarios).....	76
3.17.2.3 Barras Distribuidoras	78
3.17.2.4 Transformador de Distribución.....	79
3.17.2.5 Pérdidas en Alta Tensión	80
3.17.2.6 Fusible de Expulsión (fusible cortacorriente)	81
3.17.2.7 Copas Terminales.....	81
3.17.2.8 Acometida de Alta Tensión (alimentadores primarios)	81
3.18 LÍMITES DE PÉRDIDAS TÉCNICAS.....	82
CAPITULO IV.....	84
ANÁLISIS Y CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA.....	84
4.1 INTRODUCCIÓN	84
4.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	84
4.3 DESCRIPCIÓN FÍSICA.....	85
4.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	86
4.5 INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN	89

4.6 CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LA CARGA	96
4.7 DIAGRAMA UNIFILAR	101
4.8 GRÁFICAS DE DEMANDA	102
4.9 ENERGÍA ACTIVA	102
4.10 ENERGÍA APARENTE	104
4.11 ENERGÍA REACTIVA	105
4.12 FACTOR DE POTENCIA	106
4.13 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA	108
4.14 CHEQUEO PUNTUAL	108
4.14.1 Pérdidas Técnicas	108
4.14.1.1 Acometida de Baja Tensión (alimentadores secundarios)	108
4.14.1.2 Barras Distribuidoras	111
4.14.1.3 Banco de Transformadores	113
4.14.1.4 Acometida de Alta Tensión	114
4.14.2 Pérdidas No Técnicas	118
4.15 REGISTRO DE DEMANDAS	120
4.15.1 Pérdidas Técnicas	122
4.15.1.1 Acometida de Baja Tensión	122
4.15.1.2 Barras Distribuidoras	124

4.15.2 Pérdidas No Técnicas.....	125
CONCLUSIONES	128
RECOMENDACIONES.....	125
BIBLIOGRAFIA	127
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO A :.....	¡Error! Marcador no definido.
Extracto de la data bruta recopilada por el CEWE Prometer.;	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO B:.....	¡Error! Marcador no definido.
Reporte de Inspección con Medición Directa	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO C:.....	¡Error! Marcador no definido.
Extracto de Tabla de Resistencia del Conductor de Cobre a 75°C;	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO D:.....	¡Error! Marcador no definido.
RESISTIVIDAD DE LOS ELEMENTOS MAS COMUNES A 20 °C	¡Error! Marcador no definido.
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:.....	175

LISTA DE FIGURAS

Figura: 1.1 Ubicación Geográfica de CADAPE (Oficina de Comercialización)	30
Fuente: Intranet CADAPE	30
Figura: 1.2. Estructura Organizativa CORPOELEC (CADAPE).....	32
Fuente: Intranet CADAPE.	32
Figura: 2.1 Transformador de Distribución 300 KVA tipo (Pad mounted).....	41
Fuente: Propia.	41
Figura: 2.2. Áreas del Módulo de Medición	46
Fuente: Propia	46
Figura: 2.3. Muestra de la Pantalla1 del Software OPEN SGC.....	51
Fuente: Departamento de Coordinación y Procesos de Medición CADAPE Región 1	51
Figura: 2.4. Muestra de la Pantalla 2 del Software OPEN SGC.....	51
Fuente: Departamento de Coordinación y Procesos de Medición CADAPE Región 1	51
Figura: 2.5. Muestra de la Pantalla 3 del Software OPEN SGC.....	52
Fuente: Departamento de Coordinación y Procesos de Medición CADAPE Región 52	
Figura: 3.1 Contador Patrón de Energía CEWE ProMeter 4343.	70

Fuente: Propia	70
Figura: 3.2 Conexionado del contador CEWE ProMeter 4343.	73
Fuente: Manual CEWE ProMeter 4343	73
Figura: 3.3 Circuito Equivalente Potencias de Entrada y Salida de Transformador de Distribución.....	80
Fuente: Propia	80
Figura: 4.1. Diagrama Vertical del Edificio en Estudio.	86
Figura: 4.2. Esquema de conexión Transformador (Pad mounted) 300KVA.	87
Figura: 4.3. Módulo de Medición del Edificio en Estudio.	88
Fuente: Propia	88
Figura: 4.4. Esquema de Conexión del Contador CEWE ProMETER 4343.....	90
Fuente: Propia	90
Figura: 4.5. Diagrama Unifilar del Sistema de Distribución de Uso Exclusivo	91
Fuente: Propia	91
Figura: 4.6. Diagrama unifilar del sistema de distribución en estudio.	101
Fuente: Propia.....	101
Figura: 4.7. Gráfica de Energía Activa.....	104

Figura: 4.8. Gráfica de Energía Aparente.....	105
Figura: 4.9. Gráfica de Energía Reactiva.....	106
Figura: 4.10. Gráfica de Factor de Potencia	107
Figura: 4.11. Gráfica de Pérdidas Técnicas Promedio.....	117
Figura: 4.12 Porcentajes de Potencia Activa Facturada y Pérdidas.....	120
Figura: 4.13 Porcentajes de Energía Activa Facturada y Pérdidas.....	127

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 2.1 Densidad de Corrientes en Barras Electrolíticas	45
Fuente: Manual de Sistemas de Distribución CADAFE.....	45
Tabla No. 3.1. Clasificación de las cargas	54
Tabla No. 3.2. Niveles de Tensión Normales	56
Tabla No. 3.3. Niveles de Tensión Anormales	57
Tabla No. 3.4. Límites de Pérdidas Técnicas en los Sistemas Eléctricos	83
Fuente: Normas CADAFE	83
Tabla No. 4.1. Niveles de Tensión.....	91
Tabla No. 4.2. Niveles Promedio de Tensión	92
Tabla No. 4.3. Valores de Corrientes.....	92
Tabla No. 4.5. Factor de Potencia	93
Tabla No. 4.6. Potencia de Salida del Transformador de Distribución.....	94
Tabla No. 4.7. Potencia de salida total entregada por el Transformador de Distribución.....	94
Tabla No. 4.8. Corrientes medidas en Alta Tensión	94

Tabla No. 4.9. Voltajes línea-línea Acometida Alta Tensión	95
Tabla No. 4.10. Potencia de Entrada en el Sistema de Distribución.....	95
Tabla No. 4.11. Potencia de Entrada.....	96
Tabla No. 4.12 (a) Módulo de Medición del Edificio en Estudio 26/01/2009	97
Tabla No. 4.12 (b) Módulo de Medición del Edificio en Estudio 22/03/2009	98
Tabla No. 4.12 (c) Módulo de Medición del Edificio en Estudio 02/04/2009.....	99
Tabla No. 4.12 (d) Módulo de Medición del Edificio en Estudio 18/05/2009	100
Tabla No. 4.13. Potencia Total Consumida en el Módulo de Medición	101
Tabla No. 4.14. Pérdidas en la Acometida de Baja Tensión.....	110
Tabla No. 4.15. Pérdidas Promedio en la Acometida de Baja Tensión	110
Tabla No. 4.16. Pérdidas en las Barras Distribuidoras	112
Tabla No. 4.17. Pérdidas promedio en las Barras Distribuidoras	112
Tabla No. 4.18. Potencia de Entrada y Salida del Transformador	113
Tabla No. 4.19. Pérdidas en el Transformador de Distribución.....	114
Tabla No. 4.20. Pérdidas en la Acometida de Alta Tensión	115
Tabla No. 4.21. Pérdidas totales en la Acometida de Alta Tensión.....	115
Tabla No. 4.22. Pérdidas promedio en la Acometida de Alta.....	116

Tabla No. 4.23. Pérdidas Técnicas Totales	116
Tabla No. 4.24. Pérdidas Técnicas Promedio de cada Elementos	117
Tabla No. 4.25. Porcentaje de Pérdidas Técnicas y No Técnicas	119
Tabla No. 4.26. Energía Consumida en el Módulo de Medición.....	121
Tabla No. 4.27. Energía Registrada en el Contador Patrón “CEWE”	122
Tabla No. 4.28. Pérdidas Técnicas de Energía en la Acometida de Baja Tensión ..	124
Tabla No. 4.28. Pérdidas Técnicas de Energía en las Barras Distribuidoras	125
Tabla No. 4.29. Pérdidas Técnicas de Energía Total	125
Tabla No. 4.30. Porcentaje de Pérdidas Técnicas y No Técnicas	127

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La electricidad, constituye una de las más importantes fuentes de energía para la expansión, desarrollo y progreso de la nación. La compañía anónima de administración y fomento eléctrico (CADAFE), fue creada en 1958 con el fin de optimizar la administración y la operación de las empresas de electricidad dependientes del Estado Venezolano que estaban repartidas en todo el país. La empresa CADAFE es una empresa dedicada a la transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica para todo el país, con el objetivo de brindar un servicio eléctrico confiable y seguro que permita satisfacer las necesidades de servicio a sus usuarios.

CADAFE, en la actualidad, adelanta políticas para mejorar sus servicios en el área de planificación y procesos de medición cuyos costos de operación se incrementan continuamente; la energía eléctrica, un recurso fundamental para el progreso y expansión industrial no escapa a esta tendencia de incremento. Esta situación ha llevado a la industria eléctrica a definir y promover el uso racional y eficiente de esta energía. Estas políticas son orientadas a la optimización de los aspectos técnicos de los sistemas de distribución de energía eléctrica, en las cuales tienen gran influencia las pérdidas de energía ocasionadas por anomalías e irregularidades en los mismos.

Los sistemas de distribución más propensos a incurrir en estas anomalías e irregularidades son los de uso exclusivo, los cuales son usuarios que requieren de gran demanda, superiores a los (225 KVA) tales como: edificios, comercios, bancos etc., los cuales se encuentran de alguna manera inmersos en la manipulación de los equipos de medición con el fin de obtener un servicio de forma gratuita, esta

manipulación no calificada e ilegal pudiera causar lesiones, sanciones económicas e inclusive riesgos que pongan en peligro la vida del usuario.

Además, estas anomalías e irregularidades perjudican tanto al usuario como a la empresa ya que producen desbalances, sobre cargas y caídas de tensión, acarreando daños a artefactos y equipos industriales y domésticos. Debido a que la principal fuente de ingresos de la compañía CADAFE constituye la venta de energía eléctrica a los suscriptores o clientes, es de suma importancia que las operaciones de ésta tengan un alto nivel de eficiencia que les permita prestar un buen servicio a través del cual la empresa obtenga los ingresos suficientes para cubrir los altos costos operativos.

El estudio planteado como pasantía de grado será realizado en CADAFE, específicamente en el departamento de coordinación de procesos de medición, que tiene la finalidad de controlar todos los aspectos relacionados a las mediciones de manera directa e indirecta, coordinando las actividades de inspección, adecuación e instalación de dispositivos contadores de energía eléctrica que permiten obtener los valores de consumo de energía de cada uno de los usuarios conectados a la red eléctrica.

El departamento de coordinación de procesos de medición implementa los dispositivos y mecanismos necesarios para la realización del estudio denominado: “Estudio de Pérdidas de Energía Eléctrica Inherentes a Sistemas de Distribución de Uso Exclusivo”. Este trabajo permitirá examinar el estado actual del sistema de distribución y determinar con mayor eficiencia las pérdidas de energía eléctrica mediante la diferencia de los valores obtenidos con un equipo de medición conectado en la salida del transformador de potencia y los medidos en las cargas conectadas a este transformador, para determinar las pérdidas de energía y aplicar las metodologías necesarias que permitan disminuirlas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Estudiar las pérdidas de energía eléctrica inherentes a sistemas de distribución de uso exclusivo.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Describir los componentes eléctricos que conforman el sistema de distribución de uso exclusivo.
2. Efectuar las mediciones de energía eléctrica entregada por el transformador de distribución y la consumida por las cargas conectadas al mismo.
3. Actualizar el diagrama unifilar de carga asociada a dicho sistema de distribución.
4. Determinar las curvas de demanda de la carga total del sistema.
5. Determinar de manera teórica las pérdidas técnicas y no técnicas en el consumo de energía del sistema de distribución.
6. Proponer mejoras para la disminución de pérdidas de energía eléctrica en sistemas de distribución de uso exclusivo.

1.3 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La compañía anónima de administración y fomento eléctrico (CADAFE), actualmente filial de la corporación eléctrica nacional (CORPOELEC) es una empresa creada con el fin de transmitir, distribuir y vender energía eléctrica, en forma efectiva y rentable brindando un servicio eléctrico integral, de eficiente calidad,

técnicamente confiable, a precios que permita cubrir los costos operativos y efectuar las inversiones requeridas para el mantenimiento, mejoramiento y ampliación rentable del sistema, estimulando el desarrollo del país y mejorando la calidad de vida de la población.

1.4 CADAFE EN SUS INICIOS

Es el 27 de Octubre de 1.958, cuando se crea la compañía de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE); Según Resolución N° 3.218 del 25 de Agosto de 1.958, iniciando sus actividades con quince (15) pequeñas compañías, las cuales en el mes de Junio de 1.959 se fusionan, quedando CADAFE como la empresa matriz de electricidad del estado venezolano, encargada de mantener uniformidad en los criterios técnicos y administrativos que permitieran la ampliación y formulación de programas y planes de forma integral.

Por lo tanto, es CADAFE quien organiza, opera, administra, planifica, coordina y controla los planes de electrificación nacional, con el fin de contribuir al desarrollo económico del país y al bienestar de la población.

Es importante destacar que CADAFE inicia sus operaciones con la centralización de las actividades ejecutivas de planificación y dirección; estructurándose organizativamente la administración principal con sede en la ciudad de Caracas.

En el año 1.971, se inicia la reorganización de la empresa en sus niveles operativos y administrativos, dando origen al establecimiento de una estructura que separa las funciones del fomento eléctrico y administración del servicio.

1.5 RESEÑA HISTÓRICA

CADAFE, la empresa eléctrica del estado venezolano, es la más grande del país y suministra el servicio de electricidad a más de veinte millones de usuarios.

La compañía anónima de administración y fomento eléctrico, CADAFE, fue creada en 1958 con el fin de optimizar la administración y la operación de las empresas de electricidad dependientes del estado venezolano que estaban repartidas en todo el país.

Desde ese momento, desarrolló una infraestructura eléctrica en generación, transmisión y distribución y logró un alto grado de electrificación en Venezuela, lo cual le permite atender, hoy en día a más del 80 por ciento del territorio nacional.

Gracias a su presencia a nivel nacional, se ha hecho posible el funcionamiento de empresas vitales y estratégicas para el país, como la industria siderúrgica, metalmecánica, del aluminio, manufacturera, alimentos, petroquímica y telecomunicaciones, entre otras.

Además, presta un servicio público, ya que suministra electricidad a hogares, hospitales, centros de enseñanzas, sistemas de protección, seguridad ciudadana, investigaciones científicas, entretenimiento y alumbrado público, garantizando la calidad de vida de los venezolanos. Prácticamente está presente en todas las actividades del ser humano.

Al reunificarse CADAFE, se crearon nueve regiones para atender el servicio en todo el país, bajo un esquema de mayor flexibilidad operativa, desconcentración de su funcionamiento operativo y un control más eficiente.

CADAFE, a finales del 2007 pasó a convertirse en Filial de la Corporación Eléctrica Nacional resolviendo su reorganización en el territorio nacional para el ejercicio de la actividad de distribución de potencia y energía eléctrica. A tales efectos se crean las siguientes regiones operativas:

- 1) Región Noroeste que comprende los estados Zulia, Falcón, Lara y Yaracuy.
- 2) Región Norcentral integrada por los estados Carabobo, Aragua, Miranda Vargas y Distrito Capital.
- 3) Región Oriental conformada por los estados Anzoátegui, Monagas, Sucre, Nueva Esparta y Delta Amacuro.
- 4) Región Central que comprende los estados Guárico, Cojedes, Portuguesa, Barinas y Apure.
- 5) Región Andina compuesta por los estados Mérida, Trujillo y Táchira.
- 6) Región Sur integrada por los estados Bolívar y Amazonas.

Esto permitirá que cada una de las regiones tenga respuestas más rápidas a los problemas de servicio y se pueda organizar mejor el crecimiento de la infraestructura, en función de los requerimientos del servicio que responda a sus intereses y necesidades.

La corporación eléctrica nacional, es la encargada de la realización de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de potencia y energía eléctrica, la misma tiene un plazo de tres años para fusionar a CADAFE, EDELCA, ENELVEN, ENELCO, ENELBAR, SENECA y ENAGEN, en una persona jurídica única.

El Estado adquirió las compañías de La Electricidad de Caracas (ELECTAR), Yaracuy (CALEY), Valencia (ELEVVAL), Puerto Cabello (CALIFE) y Ciudad Bolívar (ELEBOL), así como el Sistema Eléctrico de Nueva Esparta (Seneca) y TURBOVEN.

Estas empresas se sumaron a las estatales: Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAFFE), Electrificación del Caroní (EDELCA), Energía Eléctrica de Venezuela (ENELVEN) y de la Costa Oriental (ENELCO), Energía Eléctrica de Barquisimeto (ENELBAR) y Empresa Nacional de Generación (ENAGEN), esta última creada en noviembre de 2006.

A partir del primero de enero del 2008, las compañías se fusionaron en seis: ELECTAR, CADAFFE, EDELCA, ENELVEN, ENELBAR y ENAGEN. En 2009 se convertirán en las operadoras de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización.

1.6 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El estado Anzoátegui consta de una superficie de 43.300 kmt² constituyéndose en el 6to estado más grande del país con 4,7% del territorio nacional, este forma parte de la región 1 de CADAFFE cuyo edificio sede de comercialización está ubicado en la calle Simón Rodríguez diagonal a la avenida municipal de Puerto La Cruz.

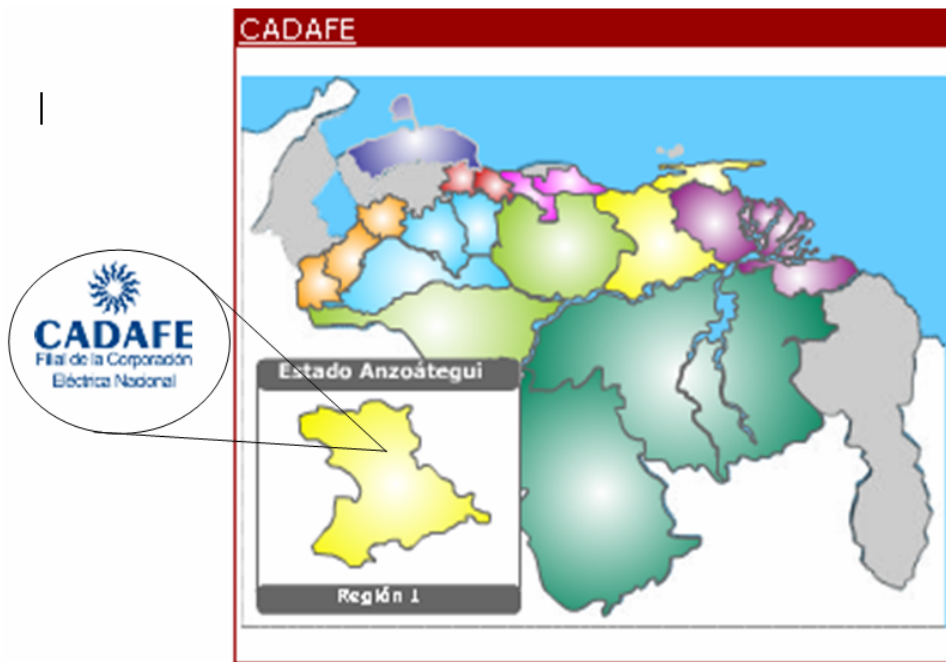


Figura: 1.1 Ubicación Geográfica de CADAFE (Oficina de Comercialización)

Fuente: Intranet CADAFE

1.7 MISIÓN

Prestar un servicio público de energía eléctrica de calidad, con un personal comprometido en la gestión productiva, para satisfacer necesidades de los usuarios, hacer uso eficiente de los recursos, en una Gestión que garantice ingresos suficientes, necesarios a la sostenibilidad financiera de la organización y en concordancia con un Proyecto País expresado en políticas sociales y de desarrollo.

1.8 VISIÓN

Ser una empresa estratégica posicionada en la prestación del servicio de energía eléctrica, con tecnología de punta y un personal calificado, comprometido con el

desarrollo económico y social del país, ofreciendo servicios de calidad a sus usuarios, con una gestión transparente y una sostenibilidad financiera.

1.9 OBJETIVOS DE LA EMPRESA

Distribuir y comercializar la energía eléctrica en forma confiable, con el objeto de promover el desarrollo económico y social de la región mejorando así el bienestar del estado.

1.10 VALORES

- Ética Organizacional

- Responsabilidad por los resultados

- Orientación al usuario/vocación de servicio

- Respeto

- Apoyo Mutuo y Trabajo en Equipo

1.11 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

El 18 de Febrero del 2008 se realizó la publicación en Gaceta Oficial N° 38.872 de la junta directiva de La Corporación Eléctrica Nacional. Esta organización está basada en la teoría “lineal funcional” en las cuales destacan las líneas de autoridad y responsabilidad, así como las de comunicación, indicando la variedad de las actividades que se realizan para alcanzar los objetivos de la empresa de acuerdo con el acta constitutiva, estatutos y otras disposiciones existentes. La empresa en función del logro de sus objetivos tiene una estructura organizativa de varios niveles.

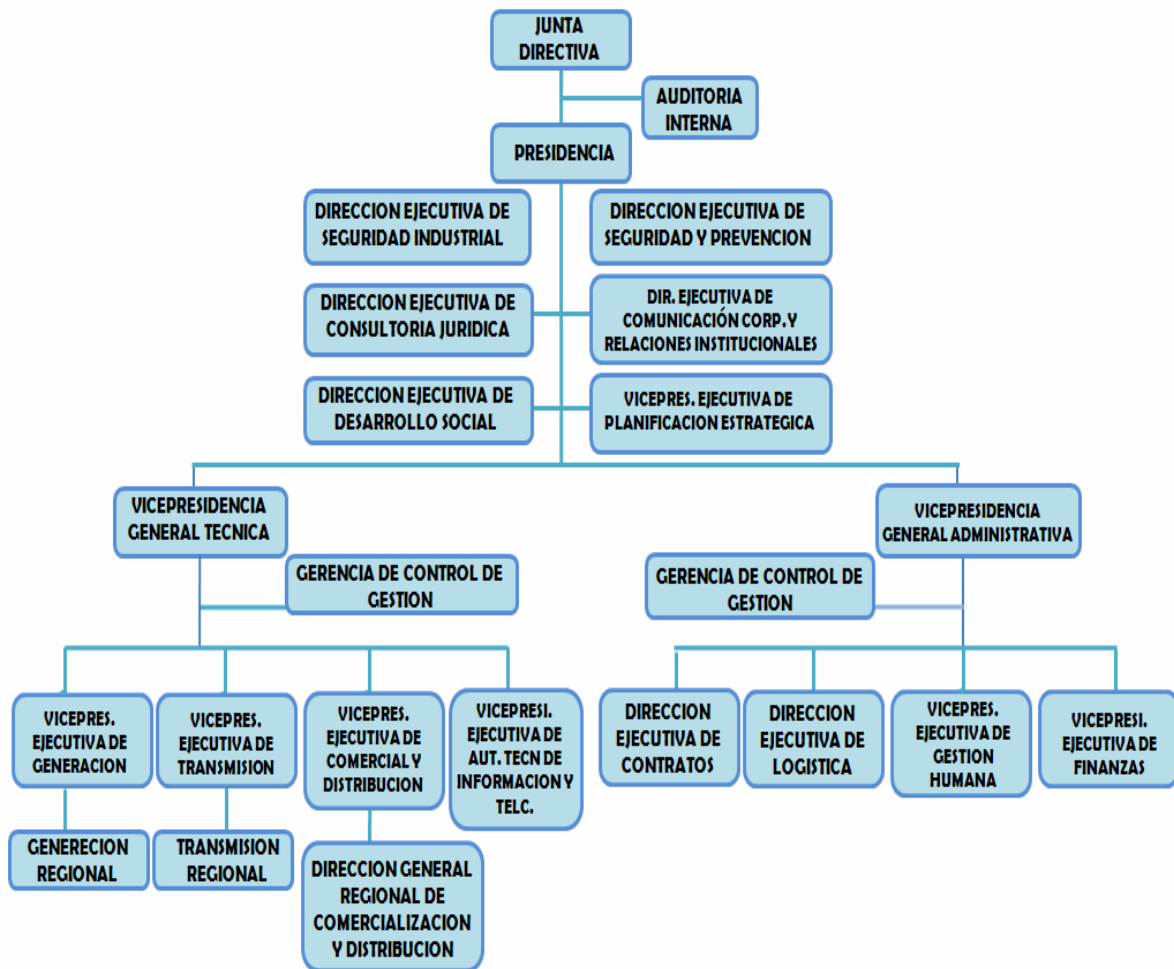


Figura: 1.2. Estructura Organizativa CORPOELEC (CADAPE).

Fuente: Intranet CADAPE.

1.12 JUSTIFICACIÓN

El estudio de pérdidas de energía eléctrica inherentes a sistemas de distribución de uso exclusivo, tiene como finalidad principal comprobar el estado actual de dichos sistemas de distribución mediante registros de datos históricos y el comportamiento de las cargas, a través, de mediciones puntuales y curvas de demanda, a fin de determinar pérdidas de energía y fugas de corriente eléctrica en los componentes del

sistema de distribución, con la finalidad de detectar, evaluar y corregir en forma eficiente las posibles causas que las ocasionan.

Por otra parte se encuentra el deterioro de los elementos que conforman el sistema de distribución tales como: pérdidas técnicas en el transformador de distribución, fallas de las protecciones en los módulos de medición, desconocimiento de la caída de tensión en los conductores y acometidas así como las características de las cargas conectadas. Todas estas irregularidades pueden traer como consecuencia la sobre cargas del sistema y su posterior colapso, ocasionando perjuicios a los usuarios y a sus bienes, en muchos casos esto requiere de suspensiones en el servicio eléctrico traduciéndose esto en pérdidas económicas para la empresa distribuidora del servicio e inconvenientes para los usuarios del sistema.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

La finalidad de este capítulo es aportar la teoría necesaria para el completo dominio del contenido a desarrollar en el proyecto.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto se definirán los elementos, variables y parámetros presentes en un sistema de distribución eléctrica así como los elementos que influyen en el análisis del trabajo realizado para finalmente establecer las causales de pérdidas en la misma.

2.1 ANTECEDENTES

En esta parte del trabajo de grado se plasman hechos anteriores que guardan relación con la presente investigación, con el fin de aprovechar las teorías ya existentes, de tal manera que los investigadores puedan interpretar la problemática planteada con una mejor perspectiva y ampliar la información obtenida reforzando los conceptos.

- En el año 2003, el Ing. Electricista Rodríguez Salamanca, Luis Enrique realizó un trabajo de grado, el cual se fundamenta en el análisis de valores obtenidos por las mediciones efectuadas a los módulos de medición comprendidos en tres áreas residenciales, también se describen los componentes de los sistemas de distribución de energía eléctrica en estudio y los diagramas unifilares de cada uno de ellos, con estos datos se establecieron métodos que según sus características, permiten realizar los cálculos necesarios para determinar las pérdidas de energía en cada uno de los sistemas de distribución. Con este proyecto se pueden precisar las pérdidas técnicas y no técnicas de energía eléctrica para lograr una evaluación y diagnóstico del sistema eléctrico.

- En el año 2007, el Ing. Lezama Centeno, José Enrique desarrolló un trabajo de grado el cual consiste en determinar el consumo de potencia reactiva en la zona industrial Los Montones en Barcelona estado Anzoátegui, debido a que la mayoría de las industrias trabajan con equipos inductivos (motores, transformadores y todo equipo que posee embobinados para su funcionamiento) produciendo un alto consumo de potencia reactiva, estos reactivos se determinaron a través de inspecciones cotidianas efectuadas a los puntos de suministros, obteniendo los valores que permiten lograr este objetivo. El propósito de este trabajo es analizar el consumo de potencia reactiva en el sistema de distribución de la zona industrial los montones a través de las cargas del ciclo 00 de dicha zona y de esta manera buscar una solución factible para corregir dicho consumo.

- En el año 1999, el Ing. Guarimán Figuera, Ricardo José realizó un trabajo de grado para determinar las pérdidas de energía eléctrica en los alimentadores de subestaciones, el estudio se caracteriza por poseer la información detallada acerca de las características y comportamiento del sistema eléctrico, además presenta la actualización de los alimentadores pertenecientes a la subestación Boulevard y se realizan los cálculos de pérdidas técnicas mediante un programa computacional denominado “SAD”. Este trabajo permite establecer especificaciones técnicas del sistema eléctrico y la búsqueda de pérdidas técnicas en los sistemas de energía eléctrica.

2.2 SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

Un sistema eléctrico de potencia es aquel formado por un conjunto de elementos empleados para la generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Un sistema eléctrico de potencia se puede dividir en cuatro sub-sistemas:

2.2.1 Sub-sistema de Generación

Es la encargada de la producción de la energía eléctrica por intermedio del uso de plantas generadoras de diferentes tipos, clasificándose éstas de acuerdo a la energía primera utilizada, entre ellas podemos mencionar las plantas hidráulicas, térmicas, nucleares, etc.

2.2.2 Sub-sistema de Transmisión

Es encargado de transmitir la energía desde los centros de generación hasta los Sub-sistemas de Sub-transmisión (subestación de transmisión).

Generalmente los sistemas de transmisión están compuestos por líneas que operan a niveles de tensión elevados a fin de permitir el transporte de grandes cantidades de energía. CADAFE trabaja a niveles de tensión para sistemas de transmisión de 800KV, 400KV ó 230KV.

2.2.3 Sub-sistema de sub-Transmisión

Es el encargado de transmitir la energía desde las sub-estación de transmisión hasta los centros de consumo. Generalmente este sistema está constituido por líneas de media tensión (115KV ó 34.5 KV) que pueden transportar la energía con bajo índice de peligrosidad y a un costo razonable hasta las subestaciones de distribución (115 /13.8 KV ó 34.5/13.8 KV).

2.2.4 Sub-sistema de Distribución

Es la parte del sistema eléctrico donde se efectúa el transporte de la energía, a partir de barras de una sub-estación y a través de cables conductores hasta los puntos de consumo, ejemplo de ello son las líneas que salen de las subestaciones reductoras (115/13.8KV ó 34.5/13.8KV) hasta los transformadores de distribución. El sub-sistema de distribución puede ser aéreo o subterráneo y este a su vez puede ser de uso común o de uso exclusivo.

2.3 ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica se manifiesta como corriente eléctrica, es decir, como el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador esté aplicando en sus extremos.

Cada vez que se acciona un interruptor, se cierra un circuito eléctrico y se genera el movimiento de electrones a través del cable conductor. Las cargas que se desplazan forman parte de los átomos que se desea utilizar, mediante las correspondientes transformaciones; por ejemplo, cuando la energía eléctrica llega a una encerradora, se convierte en energía mecánica, calórica y en algunos casos luminosa, gracias al motor eléctrico y a las distintas piezas mecánicas del aparato.

2.4 REDES DE DISTRIBUCIÓN

Es el sistema de circuitos que alimentan esencialmente cargas ubicadas dentro del perímetro urbano, y contempla la alta tensión (13,8 kV) y la baja tensión (120, 208, 240 Voltios, etc.).

Una red de distribución alimentada por uno sólo de sus extremos tiene el inconveniente de que, si por algún motivo, fallara la alimentación al centro de transformación, o la red de distribución, todos los usuarios del sector afectado se quedarán sin suministro eléctrico.

Por motivos de confiabilidad en el suministro, las redes de distribución se hallan interconectadas unas con otras, formando complejas redes que dejan conectados en paralelo todos los centros de transformación. Por otra parte, la interconexión de redes de distribución favorece el reparto de las intensidades según las cargas de cada momento, aprovechando mejor las secciones de los conductores, con la consiguiente disminución de las caídas de tensión.

2.5 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Es la parte del sistema eléctrico donde se efectúa el transporte de la energía, a partir de barras de una subestación y a través de cables conductores hasta los puntos de consumo, ejemplo de ello son las líneas que salen de las subestaciones reductoras (115/13.8Kv ó 34.5/13.8Kv) hasta los transformadores de distribución. Los sistemas de distribución pueden ser aéreos o subterráneos y estos a su vez pueden ser de uso común o de uso exclusivo.

2.5.1 Sistemas de Distribución de uso Común

Es aquél sistema al cual están conectados todos los tipos de clientes, estos sistemas generalmente alimentan las redes de distribución aéreas de baja tensión.

2.5.2 Sistemas de Distribución de uso Exclusivo

La característica principal de estos sistemas es que son empleados para alimentar solamente una edificación, son muy usados en la alimentación de cargas como edificios, bancos, hospitales, centros comerciales etc.

Dependiendo de la ubicación de los transformadores, estos sistemas pueden ser aéreos o subterráneos.

En la mayoría de los sistemas subterráneos los bancos de transformadores están ubicados en sótanos, dentro de la edificación, y se construyen a prueba de incendios.

Los transformadores se ubican en plataformas a nivel del suelo o son enterrados directamente en el suelo (protegidos por una caja de registro) cuando la instalación es subterránea.

2.6 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Los componentes que conforman los sistemas de distribución son los siguientes:

- Transformadores
- Acometidas
- Módulos de Medición

2.6.1 Transformadores

En muchas aplicaciones útiles de la potencia eléctrica es indispensable que sea de C.D., por consiguiente, es necesario rectificar la C.A, antes de su conversión al nivel correcto C.D., y es el transformador eléctrico el que transforma la potencia eléctrica a

un nivel de voltaje ideal, la misma potencia a otro nivel de voltaje. El transformador de potencia es un elemento básico en una red de transmisión y distribución de potencia de C.A., dado que la energía eléctrica se transmite con mayor economía sobre largas distancias a un alto voltaje y una corriente baja.

2.6.1.1 Transformadores de Distribución

Estos transformadores convierten la energía eléctrica de los voltajes de alta tensión a los de utilización, por acuerdos entre los usuarios y los fabricantes, se han estandarizado ciertas características de diseño de los transformadores, para tamaños hasta de 500kVA y para voltajes hasta de 69 kV.

Las capacidades son de 10, 15, 25, 37 1/2 , 50, 75, 100, 167, 250, 333 y 500 kVA, los voltajes nominales en los devanados primarios son 2400/4160Y, 4800/8320Y, 7200/12470Y, 12470GrdY/7200, 7620/13200Y, 13200GrdY/7620, 12000, 13200/22860GrdY, 13200, 13800GrdY/7970, 13800/23900GrdY, 13800, 14400/24940GrdY, 16340, 24940GrdY/14400, 19920/34500GrdY, 34500GrdY/19920, 22900, 34400, 43800 y 6900. En el secundario, los devanados laterales se construyen para operación trifilar a voltajes de 120/240 ó para 240/480.

Las boquillas tanto para las terminales en el primario como en el secundario vienen equipadas para conectores sin soldaduras; se tienen zapatas de soportes dispuestas para permitir el montaje mediante pernos al poste o del tipo pad mounted, cuya montura es en el concreto armado o pedestal.



Figura: 2.1 Transformador de Distribución 300 KVA tipo (Pedestal).

Fuente: Propia.

2.6.1.2 Transformadores de Medida

Son utilizados para reducir ya sea la corriente, la tensión o ambos y poder de esta manera medir las corrientes y tensiones de las cargas indirectamente.

2.6.1.3 Transformadores de Corriente

Reduce la corriente utilizada por el suscriptor (relativamente alta) a un valor normalizado de corriente (5 A. máximo), la cual circula por la bobina de corriente del medidor (o medidores). Se conecta en serie con la bobina de corriente del medidor de tal manera que circule la corriente de la carga indirectamente. La relación entre la corriente del primario (corriente suministrada al usuario) y la corriente del secundario

(corriente que circula por el contador) se denomina factor multiplicador del transformador de corriente (FMI).

$$FMI = \frac{\text{Corriente del Primario}}{\text{Corriente del Secundario}} \quad \text{EC.2.1}$$

2.6.1.4 Transformadores de Tensión

Reduce una tensión alta (13.800 ó 34.500 Voltios) a un valor de tensión normalizado (100 Voltios). La relación entre la tensión del primario (34,5KV o 13,8KV) y el secundario (Tensión aplicada al contador) se denomina factor multiplicador del transformador de tensión.

$$FMV = \frac{\text{Tensión del Primario}}{\text{Tensión del Secundario}} \quad \text{EC.2.2}$$

2.6.1.5 Conexión de los Transformadores

Se puede conectar tres transformadores monofásicos para formar un banco trifásico en cualquiera de las siguientes formas:

1. Conexión Estrella-Delta.
2. Conexión Delta-Estrella.
3. Conexión Delta-Delta.
4. Conexión Estrella-Estrella.

La conexión estrella-delta (Y-Δ) se usa en general para bajar de un voltaje alto a uno mediano o bajo. Una razón de ello es que así se tiene un neutro para aterrizar el lado de alto voltaje. La conexión delta-estrella (Δ-Y) se usa normalmente para elevar

el voltaje a un valor alto. La conexión delta-delta ($\Delta - \Delta$) tiene la ventaja de que se puede quitar un transformador para mantenimiento o reparaciones, mientras que los dos restantes pueden continuar trabajando como banco trifásico con una capacidad reducida al 58% de la del banco original; a esto se le llama conexión delta abierta. La conexión estrella-estrella (Y-Y) casi nunca se usa debido a las dificultades con fenómenos de corriente de excitación.

2.6.2 Acometida

Se entiende por acometida el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora y el alimentador que abastece al usuario. La acometida también puede entenderse como la línea (aérea o subterránea) que por un lado se conecta con la red eléctrica de alimentación y en el otro se instala el sistema de medición.

Generalmente en los sistemas de distribución de uso exclusivo las acometidas en alta tensión son subterráneas, entre el circuito de alimentación de la calle y el primer punto de conexión en la edificación (el transformador de distribución o banco de transformadores). Cerca del punto de entrada de la alimentación de la edificación, los gruesos conductores de la acometida se derivan por medio de los alimentadores que conducen la energía eléctrica hacia los tableros de control que están en los diversos centros de carga de la edificación, en donde se originan los circuitos ramales finales con los que alimentan las tomas de los servicios de generales. El tamaño de los alimentadores queda limitado por la dificultad de manejar conductores y conductos eléctricos grandes en los espacios restringidos de los edificios, por las caídas de voltaje y por consideraciones económicas.

2.6.3 Módulos de medición

Definen los espacios donde habrán de ubicarse todos los elementos constitutivos del sistema de medición y protección de la edificación. Se normalizan en CADAPE varios tipos de módulos. Cabe mencionar, en lo que se refiere a su diseño que se normaliza un módulo básico, identificado como 301 (esta codificación obedece a razones de previsión para posterior mecanización). El módulo de medición, como su nombre lo indica, corresponde al espacio mínimo y punto de partida para establecer un centro de medición en edificaciones.

2.6.3.1 Áreas del Módulo de Medición Básica

Existen varios tipos de módulos de medición, generalmente se pueden dividir en 8 áreas o espacios, las cuales se escriben a continuación:

Área #1: Corresponde al espacio reservado para ubicar el interruptor principal. Este consiste en un interruptor automático de reposición manual sin fusible, dependiendo de sus características de la naturaleza particular de los parámetros eléctricos del sistema, muy especialmente la corriente de corto circuito disponible en la salida de dicho interruptor.

Área #2: En esta área se ubica el interruptor de servicios preferenciales de emergencia, iguales consideraciones descritas para el Area#1 son válidas para esta.

Área #3: Se instalan barras de cobre electrolítico con cantos redondeados cuya densidad de corriente no supere en ningún caso los valores que especificamos a continuación.

Tabla No. 2.1 Densidad de Corrientes en Barras Electrolíticas

Fuente: Manual de Sistemas de Distribución CADAPE.

Corriente (A)	Densidad (A/mm ²)
Hasta 200	2,5
Hasta 800	2
Mayores de 800	1,5

Área #4: en esta área se ubican los medidores para los diferentes tipos de suscriptores.

Área #5: Se instalan los medidores especiales siguientes:

- Medidores para servicios generales del edificio: se entiende por servicios generales del edificio aquellos alimentadores eléctricos que suministran energía al alumbrado exterior, alumbrado interior de servicios, garajes, sistemas de señales y comunicaciones, sistemas de alarmas, así como de alimentadores de fuerza para ascensores y bombas de agua.
- Medidores para servicios de emergencia: este servicio de emergencia es aquel que se tendría en caso de hacer uso de un alimentador de emergencia, independiente de la acometida principal.
- Medidor para consumo de conserjería.

Área #6: Se ubican los dispositivos para realizar la desconexión de los suscriptores morosos en el pago de consumo.

Área #7: Se ubican los interruptores o protectores de sobre corriente (breaker), los cuales se colocan solo en las fases o conductores activos de la instalación. Estos interruptores deberán ser identificados claramente indicando el número y/o apartamento respectivo así como los correspondientes a comercios, servicios generales, etc. Los interruptores que protegen las acometidas individuales a los suscriptores serán de tipo termomagnético o alternatively la protección se hará mediante fusibles adecuados al alimentador protegido.

Área #8: Son espacios de reserva. A continuación se presentan las figuras en las cuales se ha descrito con el mayor detalle los módulos típicos de medición así como los módulos de protección y corte.

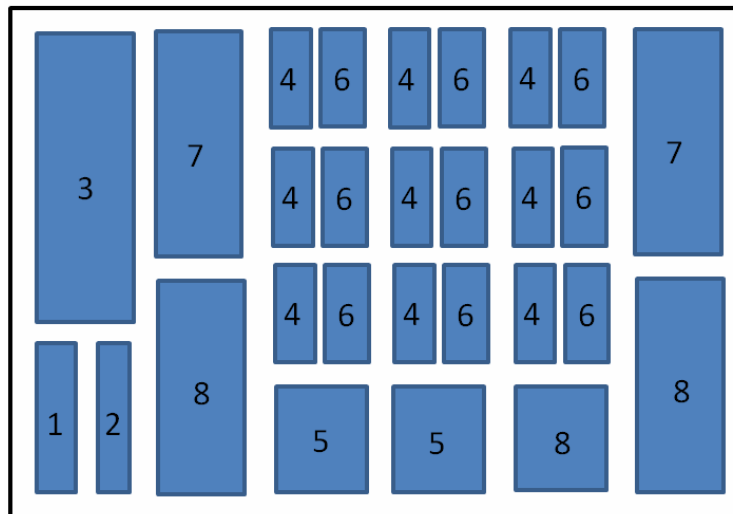


Figura: 2.2. Áreas del Módulo de Medición

Fuente: Propia

2.7 MEDICIÓN DIRECTA

Se llama medición directa de energía a los registros de energía eléctrica realizados por el contador asignado por la empresa al suscriptor

2.8 MEDICIÓN INDIRECTA

Es el registro de energía eléctrica que se obtiene al utilizar transformadores de medidas, ya sean transformadores de corriente (baja y alta tensión) o transformadores de tensión (alta tensión); su utilización depende de la carga del suscriptor.

2.9 PÉRDIDAS DE ENERGÍA

2.9.1 Pérdidas Técnicas.

Se define como el conjunto de pérdidas de potencia eléctrica debidas a fenómenos físicos. Se deben a las condiciones propias de la conducción y transformación de energía eléctrica, es decir, que obedecen a las restricciones físicas de los materiales que la transportan.

2.9.1.1 Pérdidas por Efecto Joule

Cada elemento o dispositivo que forma parte de este sistema producen pérdidas debido a las corrientes que circulan por ellos, consecuencia de una eficiencia limitada produciéndose calentamiento en el material conductor conocido este fenómeno como efecto joule. Estas pérdidas están asociadas con la variación de la demanda (pérdidas en carga); expresadas en unidades apropiadas para R, I y T queda:

$$W_i = R * I^2 * t \quad \text{EC.2.3}$$

Donde:

W_i: Pérdidas en el elemento del sistema (W)

I: Corriente (A) que circula por el elemento

R: Resistencia del elemento en (Ω)

t: Es el tiempo de consumo de la carga (horas)

2.9.1.2 Pérdidas en los Devanados y Núcleo de Transformadores

Las pérdidas en los transformadores se dividen en, pérdidas bajo carga y perdidas en vacio.

Pérdidas bajo carga: Esta varía con el cuadrado de la corriente de carga y se manifiesta por el calentamiento en los conductores de los devanados del transformador.

Pérdidas en vacio: Es la producida en el núcleo debida a las corrientes parasitas inducidas por el campo magnético de excitación, esta corriente es independiente de la carga, así que el transformador energizado que opere en vacio presenta las mismas pérdidas que en carga.

$$Per_{Vacio} = Wi * (Vj / Vi) \quad E.2.4$$

Donde:

Wi: Pérdidas en vacio (W) a un valor de tensión Vj (V)

Vj: Valor de tensión a la cual se desea conocer las pérdidas.

Las pérdidas en el transformador vendrían dadas por:

$$Per_T = P_{Carga} + Per_{Vacio} \quad EC.2.5$$

2.9.1.3 Pérdidas en las Acometidas

Una vez determinado el consumo de potencia de cada suscriptor y dependiendo del tipo de acometida se calcula la corriente que circula por cada conductor de la acometida, asumiendo que las fases están equilibradas y que no hay presencia de armónicos.

2.9.2 Pérdidas no Técnicas

Corresponde a la energía utilizada por algún usuario, suscriptor o no, de la empresa encargada de la distribución de energía eléctrica, donde la empresa recibe solo parte o ninguna retribución por el servicio. Se deben a sistemas de medición defectuosa que no se aplican en forma periódica procesos de facturación inadecuados e incapacidad de detectar y controlar las conexiones ilegales.

Las pérdidas no técnicas se pueden clasificar en:

2.9.2.1 Consumo de Usuario no Suscriptores o Contrabando

Comprende fundamentalmente la conexión directa de usuarios del servicio a una red sin haber suscrito un contrato de acuerdo con la empresa encargada de la distribución de energía. En este grupo se incluyen también aquellos usuarios que habiendo tenido un contrato con la empresa distribuidora son desconectados de la red y se vuelven a conectar a esta sin autorización.

2.9.2.2 Error en la Contabilización de Energía (de suscriptor con contador)

Comprende todos aquellos errores de medición de lectura y facturación de suscriptores excluyendo los casos de adulteración de los equipos de medición. En estas pérdidas se incluyen las debidas a la no-simultaneidad de la medición de los contadores.

2.9.2.3 Fraude o Hurto (por parte de suscriptores)

Corresponde a todos los casos en los cuales los usuarios, siendo un suscriptor de la empresa distribuidora, alteran el equipo de medición o toma directamente la energía sin registrarla por el contador.

2.9.2.4 Por Facturación Incorrecta de los Usuarios

Una vez que los consumos han sido registrados, se procede a la facturación a los usuarios. Para que el proceso sea completo, es preciso que la información, acerca de los suscriptores sea completa y exacta de lo contrario se presentaría errores en la facturación los cuales pueden resultar en energía que no se cobra o se cobra a la tarifa incorrecta. La energía correspondiente a esos errores no es pagada a la empresa resultando en pérdidas, denominadas por facturación

2.9.2.5 Por Recaudos

Después de producidas las facturas para el cobro de la energía, viene el proceso de recaudo de esos cobros. Por varias razones solo una parte de la energía que se facturo llega finalmente a ser recaudada. La energía que no puede ser recaudada representa también una pérdida llamada pérdida en el proceso de recaudo.

2.10 SISTEMA DE GESTIÓN COMERCIAL OPEN SGC

El sistema de gestión comercial OPEN SGC es una herramienta tecnológica, que facilita el manejo y control del proceso comercial de la integración de todos los sub-procesos (Atención al usuario, comercial, medición, lectura, facturación y cobranza) caracterizándose por ser un sistema en línea con una base de datos única integrada a nivel nacional. Con esta herramienta se facilita el chequeo de las mediciones efectuadas en el edificio antes de las inspecciones realizadas y luego de su

normalización, manteniendo un monitoreo en el tiempo del trabajo realizado a fin de corregir y las posibles irregularidades que se puedan presentar posteriormente.

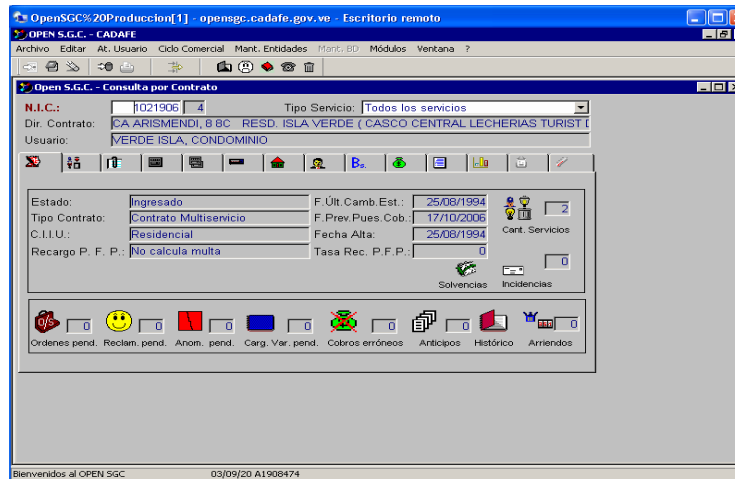


Figura: 2.3. Muestra de la Pantalla 1 del Software OPEN SGC

Fuente: Departamento de Coordinación y Procesos de Medición CADAFE Región 1

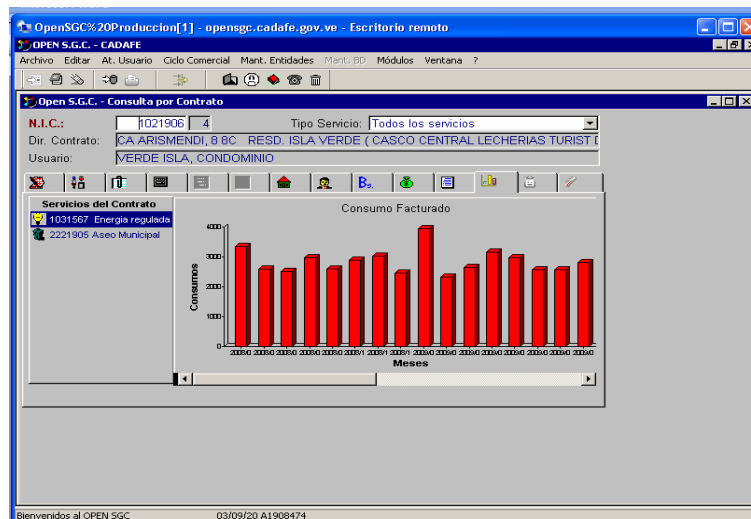


Figura: 2.4. Muestra de la Pantalla 2 del Software OPEN SGC

Fuente: Departamento de Coordinación y Procesos de Medición CADAFE Región 1

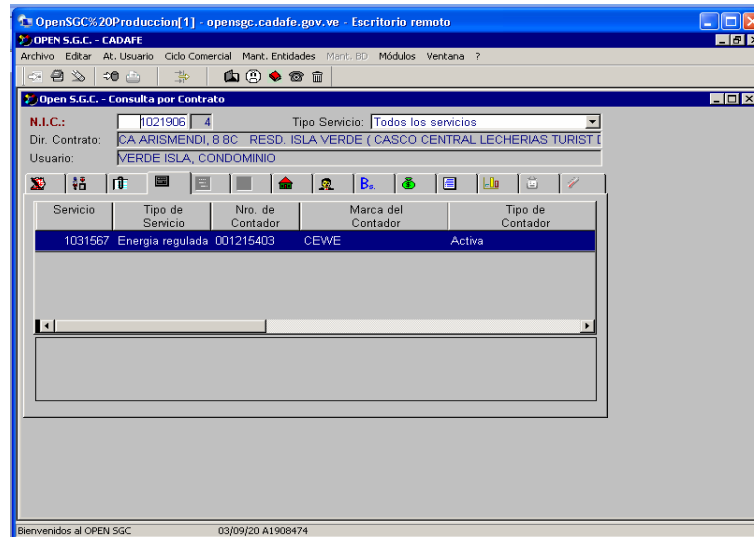


Figura: 2.5. Muestra de la Pantalla 3 del Software OPEN SGC

Fuente: Departamento de Coordinación y Procesos de Medición CADAFE Región

CAPITULO III

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CARGA

3.1 INTRODUCCIÓN

Para realizar el análisis de pérdidas de energía en el sistema, es necesario conocer los parámetros de la carga conectada a éste y los niveles normales de funcionamiento, para poder determinar el procedimiento y los equipos adecuados para el estudio.

En el capítulo se describe cuales son las características de la carga, debido a que se presenta como el factor más importante del sistema (donde no se tiene control), por eso es preciso tener el mayor conocimiento posible de las cargas conectadas al sistema o de algunos parámetros que puedan describir su comportamiento, de igual manera se describen los métodos para realizar las mediciones de campo en la carga y el equipo empleado, con la finalidad de desarrollar el procedimiento para realizar el estudio.

3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS

Las cargas se pueden clasificar para propósitos muy precisos algunas de las clasificaciones donde interviene la variable del tiempo son las siguientes:

1. Continuas
2. Intermitentes.
3. Estacionales.
4. Provisionales.

Es importante mencionar que, en cuanto a su composición, en el sistema de distribución se encuentran cargas balanceadas o equilibradas y desbalanceadas, lo cual ocasiona variaciones en los niveles de tensión y de corriente permitidos por la empresa o por normas eléctricas que estipulan los organismos pertinentes.

Otras clasificaciones, entre las más usuales se pueden apreciar en la tabla 3.1.

Tabla No. 3.1. Clasificación de las cargas

Base de Clasificación	Clasificación
Por ubicación geográfica	Casco central, urbana, sub-urbana, rural
Por tipo de consumidor	Domestica, residencial, comercial, industrial, institucional, recreacional
Por su dependencia del servicio eléctrico	Crítica, emergencia, normal
Por efecto sobre otras cargas o diseño del sistema	Transitorio, permanente
Por la tarifa aplicada al sistema eléctrico	Residencial social, residencial normal, comercial, industrial, rural
Por consideraciones	Proceso muy crítico, cargas muy sensibles al voltaje

3.3 BALANCE DE CARGA

Una carga polifásica balanceada es aquella donde circulan corrientes simétricas cuando es conectada a un sistema con voltajes simétricos.

Los circuitos de monofásicos, 3 hilos, 120/240 Voltios se consideran balanceados, si la corriente de neutro es cero, esta condición se dará si, se conectan impedancias

iguales línea a neutro y si existen voltajes línea-neutro balanceados en los terminales secundarios del transformador.

Un circuito trifásico normalmente está balanceado, mientras pueda obtenerse un razonable balance entre las cargas monofásicas y trifásicas. Donde la carga es generalmente desbalanceada se analiza por el método de las componentes simétricas.

Cuando se sirven cargas monofásicas desde sistemas trifásicos, es muy difícil lograr cargas totalmente equilibradas, el desequilibrio de cargas es más acentuado a medida que nos acercamos al nivel secundario de utilización. Este desequilibrio produce caídas de tensión diferentes en las líneas y transformadores, ocasionando por lo tanto desequilibrio de tensiones, este desequilibrio de tensiones tiende a agravar el problema porque produce corrientes desequilibradas en motores trifásicos.

3.4 BALANCE DE VOLTAJE

Normalmente los voltajes generados en un sistema polifásico son suficientemente simétricos, cuando se aplican a cargas balanceadas circulan corrientes simétricas, sin embargo se puede presentar voltajes asimétricos debido a corrientes asimétricas en circuitos desbalanceados.

3.5 NIVELES DE TENSIÓN PERMITIDOS

3.5.1 Condiciones Normales

El sistema de distribución de la empresa está diseñado para funcionar de manera que la tensión en el punto de medición, con base en 120 voltios, esté dentro de los siguientes límites:

Máximo: 126 voltios (+5%)

Mínimo: 114 voltios (-5%)

Los porcentajes ± 5 indican los límites máximos y mínimos que se pueden aplicar en cualquiera de las otras tensiones normalizadas según los valores mostrados en la tabla 3.5.1.

Tabla No. 3.2. Niveles de Tensión Normales

Tensión Nominal (V)	Tensión Máxima (V)	Tensión Mínima (V)
120	126	114
240	252	228
120/240	126/252	114/228
208Y/120	218Y/126	197Y/114
416Y/240	436Y/252	395Y/228
480Y/227	504Y/291	456Y/263

3.5.2 Condiciones no Normales de la Carga

Los sistemas de distribución de la empresa podrán funcionar con tensiones que están por debajo y por encima de los límites establecidos como niveles de tensión normales expresados en la tabla anterior, lo cual son el resultado de las condiciones de funcionamiento del sistema. Tales condiciones deberán estar limitadas en su frecuencia y duración.

Los límites permitidos bajo estas condiciones serán, con base en 120 voltios, los siguientes:

Máximo: 127 voltios (+5,83%)

Mínimo: 110 voltios (-8,33%)

Los porcentajes (+5,83%) y (-8,33%) indican los límites máximos y mínimos que se pueden aplicar en cualquiera de las otras tensiones normalizadas según los valores mostrados en la tabla 3.5.2.

Tabla No. 3.3. Niveles de Tensión Anormales

Tensión Nominal (V)	Tensión Máxima (V)	Tensión Mínima (V)
120	127	110
240	254	220
120/240	127/254	110/220
208Y/120	220Y/127	191Y/110
416Y/240	440Y/254	381Y/220
480Y/227	507Y/293	440Y/254

3.6 CONDICIONES GENERALES DE LA CARGA

Lo principal que se debe establecer es el tipo de carga (inductiva, capacitiva o resistiva) y en la magnitud que se factura. Normalmente puede ser cualquiera de los tipos de potencia eléctrica, de allí que pueda estar expresada en kilovatios (KW), kilovoltios-amperios (KVA), kilovoltios amperios-reactivos (KVAR). Para estudiar la carga puede ser adecuado la obtención de los siguientes parámetros del circuito de corriente alterna al cual está conectada:

1. Potencia instantánea (KW): $P = V * I$
2. Potencia aparente (KVA): $S = V * I$
3. Potencia Activa (KW): $P = S * \text{Cos}(\theta)$
4. Potencia Reactiva (KVAR): $Q = S * \text{Sen}(\theta)$

3.7 FACTOR DE POTENCIA

Básicamente el factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa (KW) y la potencia aparente (KVA), sin embargo, hasta ahora el concepto ha sido aplicado a cargas puntuales e invariables en el tiempo. En distribución esta definición debe aplicarse a cargas distribuidas o a un grupo de cargas que están cambiando en el tiempo.

En casos de grupos de carga, deberá conocer la composición del grupo, pues el factor de potencia global puede deberse a una sola de las cargas comparativamente más grande que las otras.

Si se quiere asumir que el factor de potencia del grupo es aplicable a cada carga individual se pudiera incurrir en un error, pues sería en el fondo asumir que las potencias activas, reactivas y aparentes se distribuyen uniformemente en las cargas individuales. Sin embargo, hay casos donde esta aproximación puede hacerse.

Para evitar efectos negativos del bajo factor de potencia las compañías de servicio eléctrico establecen contratos que incentivan la mejora del factor de potencia particularmente en cargas comerciales e industriales. La empresa CADAFE establece el siguiente rango en el cual debe estar el factor de potencia de los usuarios.

$$0,99 > fp > 0,80$$

Estos consumidores tienen tarifas (Cargo por demanda) con cláusulas que incluyen factor de potencia y es usual para la facturación la determinación del factor de

potencia promedio, en estos casos se utilizan medidores de kW-h y kVAR-h, como la potencia promedio es proporcional a los kW-h y la potencia reactiva promedio a los kVAR-h; el factor de potencia promedio es determinado por la siguiente expresión:

$$FP = \text{Cos} \left[\text{Arctg} \left(\frac{KVARh}{KWh} \right) \right] \quad \text{EC.3.1}$$

3.8 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA

La carga en los sistemas de distribución puede estar en grupos de carga concentrados en un punto o distribuidas en una parte del sistema. Las cargas concentradas son más fáciles de manejar y se utilizan comúnmente en circuitos de transmisión y sub-transmisión.

Las cargas concentradas se consideran en estudios de transitorios tales como las fluctuaciones de voltaje debido a arranques de motores o en casos donde una carga; por alguna característica en especial como su magnitud; requiere de un estudio individualizado. También pudiera darse el caso que, aunque la carga está distribuida en un área debe considerarse carga concentrada en un punto particular del sistema.

Las cargas no concentradas pueden distribuirse uniformemente o no a lo largo de un circuito o un área, aunque, una carga no sea perfectamente uniforme a menudo en análisis técnicos o económicos generales se asume que si para alcanzar soluciones prácticas. Esto permite expresar la carga y sus parámetros asociados como una función de la longitud del circuito o área

3.9 CRECIMIENTO DE LA CARGA

Sólo en casos muy raros se diseña el sistema para satisfacer requerimientos de carga actuales o en un futuro inmediato. Sólo en casos aislados donde no hay posibilidad de cambios en la carga se puede diseñar el sistema sin considerar ninguna carga adicional.

Generalmente es económico planificar en algún grado para el futuro crecimiento de la carga, para lo cual se consideran las necesidades del consumidor a largo plazo, esto puede ser determinante para la elección de las capacidades nominales del equipo a utilizar en el sistema de distribución.

El crecimiento de la carga es de primordial importancia en el diseño económico, el cual está fuertemente influenciado por los diseños eléctricos y mecánicos. Independientemente de la manera en la cual los principios económicos sean aplicados al diseño, el crecimiento de carga debe ser considerado. La regla general es que, en una zona la demanda inicial es baja, luego experimenta un crecimiento rápido de acuerdo a un cierto patrón y se estabiliza en un valor de crecimiento medio bajo. El crecimiento de carga se produce en forma horizontal, por la adición de nuevas áreas, en forma vertical, por el ritmo creciente de ocupación o por el aumento del consumo de los suscriptores existentes, y por los cambios de zonificación en el ordenamiento urbano. Por lo tanto el crecimiento de la carga puede producir un aumento en la demanda máxima, el consumo de energía o en ambos.

En Venezuela, se le ha dado cada vez más importancia al estudio del crecimiento de la carga y cada compañía de electricidad ha adoptado metodología que en mayor o menor grado utilizan las computadoras como herramientas. Esto es debido a que en estas metodología está involucrado el análisis estadístico de datos históricos de

comportamiento de la población desde el punto de vista social, económico, de la utilización de la energía eléctrica, ordenamiento territorial, y otros factores que pudieran influir en el consumo de electricidad y la forma de utilización de la energía en el futuro.

3.10 APLICACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA DE LA CARGA

Las características de las cargas se aplican a tres tipos generales de análisis en sistemas de distribución: Regulación y control de voltaje, carga térmica de los elementos del sistema y evaluación de pérdidas, además son también son útiles programas de incentivo al consumidor.

Aunque las pérdidas y las cargas térmicas pueden determinarse a partir de las magnitudes de corriente, un análisis completo que involucre cargas requiere información de la potencia activa y reactiva, éstas a su vez requieren del análisis de los componentes del sistema que las crean.

La potencia activa es entregada por los generadores y como está asociada a las necesidades de energía la carga debe ser producida, en realidad, por la unidad que mueve el generador.

La potencia reactiva puede ser producida por máquinas sincrónicas sobrecargadas o por capacitores estáticos. En el caso de estudios completos de caídas de voltaje, cargas térmicas o evaluación de pérdidas deben incluir soluciones para evitar o minimizar condiciones indeseables y determinar formas óptimas para servir determinadas cargas.

La aplicación de las características de las carga a un problema particular de ingeniería depende del tipo de problema, en problemas de control de voltaje los

componentes de la carga (potencia activa y reactiva), considerados por separados, son un factor importante dado que los componentes de la caída de voltaje son directamente proporcionales a los respectivos componentes de la carga. En tales estudios las demandas activa y reactiva son más práctica de utilizar dado que se tratan de cargas variables.

En el estudio de pérdidas o carga térmica de equipos, la carga es importante solamente para los efectos de ella sobre los factores principales de interés, dado que las pérdidas en conductores son proporcionales al cuadrado de la corriente de carga, está última es de mayor importancia que la primera en estudios de pérdidas y carga térmicas, como las pérdidas son usualmente variables se utilizan la demanda de pérdidas (normalmente demanda máxima), el factor de carga de las pérdidas o factor de pérdidas.

En estudios de sistemas, las características de las cargas y pérdidas que son de mayor interés son las demandas y de está la de mayor importancia es la demanda máxima aún que la mínima, o alguna intermedia puede ser de interés en un problema particular. La demanda máxima de pérdidas se entiende que serán las pérdidas en el pico de carga o en el instante que ocurre la demanda máxima de la carga.

3.11 DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE CARGA

Básicamente hay dos tipos de problemas que surgen en los cuales es necesario determinar los efectos de las cargas sobre los sistemas de distribución: En sistemas existentes y en el diseño de nuevos sistemas, las características de las cargas pueden determinarse por mediciones de campo o estimadas por cálculos estadísticos basados en mediciones de campo.

Debido a un gran número de cargas puede ser impráctico determinar las características de mediciones de campo entonces se determinan de mediciones de campo tomando un número pequeño de cargas y se le aplican principios estadísticos a estos datos. Para nuevos sistemas es necesario compararlos con sistemas existentes en los cuales los datos sobre características de carga pueden obtenerse para aplicar principios estadísticos, finalmente el problema de determinación de características de carga incluye dos áreas de actividad, éstas son:

- Métodos de hacer las mediciones de campo necesarias.
- Aplicando principios estadísticos a las medidas a fin de obtener características de la carga con suficiente exactitud para aplicarlo a problemas de distribución.

3.12 DATOS REQUERIDOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA

Los datos necesarios para obtener las características de la carga son evidentes de una revisión de las definiciones de esas características, algunas características son determinadas por mediciones mientras que otras son funciones de una o más de estas características básicas.

Las características básicas son: Carga máxima, usualmente conocida como demanda máxima y cargas promedios. Algunas características que involucran grupos de cargas individuales son función de las características básicas de las cargas individuales y de las del grupo como un todo. Determinar características básicas es usualmente complicado por la necesidad de diferenciar la carga bajo estudio de las otras, aun que puede ser posible técnicamente puede ser económicamente impráctico, el costo de realizar la medida para obtener unos datos puede exceder los beneficios derivados del conocimiento de las características deseadas.

El mayor interés de una compañía de electricidad, en un grupo de características de mayor utilidad son: Demanda máxima, gráfico de demanda, consumo de energía y factor de carga. La medición de la compañía aplicada en las acometidas de cargas industriales o comerciales puede proveer de suficientes datos a partir de los cuales determinar las características de las áreas bajo estudio.

La determinación de las características de la carga en varios puntos dentro de una planta industrial o un edificio comercial involucra determinación de características de grupo. El problema es algo similar a determinar características de cargas residenciales en varios puntos del sistema.

Para la compañía de electricidad, que sirve un grupo de cargas residenciales, un problema podría ser tratar de determinar las características de la carga en un punto donde no es posible realizar mediciones. Este problema requiere información de las características del grupo en términos de las características de las cargas individuales las cuales si son asequibles.

3.13 MÉTODOS PARA HACER MEDICIONES DE CAMPO

Se pueden obtener varios instrumentos y medidores, el tipo de aparato aplicado a un estudio en particular depende del propósito de una medición en particular, usualmente el costo de obtener la medida es comparable con el valor de los beneficios derivados de ella. Los instrumentos y medidores asequibles incluyen: Amperímetros (rms), voltímetros y medidores de demanda, los transformadores para instrumentos y otros accesorios pueden obtenerse para ser aplicados con los medidores según las necesidades.

Las mediciones de campo pueden clasificarse como comprobación puntual, de demanda máxima o de registro de demanda y todos los tipos pueden aplicarse a varias magnitudes.

3.13.1 Comprobación Puntual

Consiste en la medición de valores de carga en instrumento no retardados, este tipo de prueba casi siempre se refiere a corrientes aunque también puede aplicarse a otras magnitudes. Es uno de los tipos de prueba menos costosos aunque los datos obtenidos son de menos valor comparados por los obtenidos por otros métodos. La medición obtenida es el valor absoluto de corriente en el momento de la medición, la prueba puntual da información sólo del valor escalar de la carga medida.

Los datos de potencia activa y reactiva no se obtienen normalmente de mediciones en revisiones puntuales, este tipo de prueba requiere información del ciclo de la carga que está siendo medida para que la medición sea hecha en el momento adecuado, carga pico en algún valor menor y convertirlo luego a valor pico. La carga debe ser estable para que sea adecuada para este tipo de prueba.

3.13.2 Prueba de Demanda Máxima

Para evitar algunas de las dificultades encontradas en el método de prueba puntual puede ser mejor medir demanda máxima, esto puede ser hecho con medidores de instalación permanente o temporal.

La duración o período de la prueba de demanda máxima está influenciada por el propósito de la medida y el número de instrumentos con que se cuenta, si lo que se va a determinar es solamente la demanda máxima el instrumento puede quedar en servicio por un periodo extenso para asegurar que el pico de la carga ha sido registrado. Si es la demanda máxima de un número de cargas individuales que van a

ser correlacionadas será necesario limitar el período para que todos los valores determinados apliquen en el mismo periodo. Si no hay un número suficiente de instrumentos para tomar las medidas simultáneamente será necesario reducir el periodo de cada medición a fin de obtener todas las medidas bajo condiciones razonablemente similares. La confiabilidad de la medición de la demanda máxima que ha sido tomada en un periodo menor de una semana es cuestionable, la demanda máxima del grupo deberá ser determinada simultáneamente con las individuales a menos que las medidas de demanda sean tomadas de registradores.

3.13.3 Registro de Demanda

Los datos más confiables para determinar características de carga se obtienen de registradores. Aunque estos son más costosos que los instrumentos indicadores, la aplicación de registradores de demanda puede ser económica, al obtener datos de un sistema puede ser menos costoso obtener datos más confiables en un pequeño número de cargas que un enorme volumen de datos en un gran número de cargas obtenida por instrumentos indicadores. Los datos obtenidos en registradores son más aplicables para correlación dado que el factor tiempo está incluido en las medidas. Una importante ventaja de los medidores registradores de demanda sobre los medidores indicadores de demanda en cargas bajo estudio es que el registro de demanda del grupo puede obtenerse de los registros de las cargas individuales dentro del grupo, esta ventaja es particularmente importante porque las cargas individuales no necesitan ser relacionadas.

3.14 PROCEDIMIENTO APLICADO

El edificio seleccionado para el estudio, es considerado para un seguimiento del consumo de energía, debido a que su consumo, no está actualizado en la base de datos

de la empresa y se presume la existencia de fraude debido al seguimiento de la demanda de energía que registran los usuarios pertenecientes al edificio, como tal se desconocen las características del sistema de distribución.

Se recurrió a la inspección del edificio asignado, para determinar la ubicación y el estado del sistema de distribución de uso exclusivo, en la cual se describen las características del sistema de distribución como, la capacidad del transformador de distribución existente de tipo (Pedestal) de 300kva, configuración del banco, calibre de la acometida de baja tensión, calibre del conductor de alta tensión, tipo de acometida de alta tensión (subterránea o aérea), ubicación de los módulos de medición, cantidad de contadores, tipo de contadores, así como también el espacio físico destinado para algunos componentes del sistema (módulo de medición, transformador de distribución).

Se utilizó el método de comprobación puntual, el cual se aplicó en el módulo de medición, en el lado de alta y baja tensión del transformador, para obtener los parámetros de corriente y voltajes. Adicional a esto se aplicó el método de registro de demanda, utilizando un contador de medición que cumpliera con las características requeridas para obtener los datos que conllevan a la realización del estudio. Este, es instalado en el lado de baja tensión del transformador, con este equipo se medirá la demanda total del sistema, de esta manera se tiene el comportamiento de la carga de forma global. Vale la pena destacar que el equipo de medición indirecta conectado en el lado de baja tensión del transformador es un equipo adquirido por la empresa recientemente y el cual se debe programar para la obtención de los parámetros requeridos.

3.15 EQUIPO DE MEDICIÓN EMPLEADO

Debido a las dificultades que presenta el método de comprobación puntual en cuanto a la cantidad de equipos y personal necesario para realizar mediciones individuales simultáneas a cada suscriptor del área estudiada, se optó por seccionar el sistema de distribución y aplicar diferentes métodos de medición de campo a los elementos del sistema.

3.15.1 Módulo de Medición y Acometidas en Alta y Baja Tensión

El método de comprobación puntual se aplicó en los módulos de mediciones, lo cual consistió en realizar mediciones de corriente y voltajes instantáneos a cada suscriptor del módulo y a la acometida de alta (13,8 kV) y baja (120/208 V) tensión, con una pinza amperimétrica para el lado de baja tensión y con un kiloamperímetro para las corrientes de alta tensión.

3.15.2 Transformador de Distribución (Pedestal)

Como la carga total del sistema está conformada por la sumatoria de todas las cargas individuales concentradas en el módulo de medición, y además, su comportamiento como una carga total se refleja en el banco de transformadores, por tal motivo fue necesario obtener el comportamiento de la carga en su forma global, lo cual se logró conectando un contador de energía eléctrica para medición indirecta en el lado de baja tensión del transformador de distribución (Pedestal) a través del método de registro de demanda por las dificultades para adquirir transformadores de medida (transformadores para reducir corriente (TC) y voltaje (TP) en alta tensión para poder medir la carga de manera indirecta no se pudo colocar el equipo en alta lo cual

facilitaría el análisis para las pérdidas de energía y el estudio del comportamiento del sistema de manera global.

3.16 CONTADOR DE ENERGÍA EMPLEADO

Dependiendo de las características del estudio y de la facilidad en cuanto a la obtención del equipo, se pudo elegir el contador de energía necesario para realizar el análisis de pérdidas de energía.

El contador de energía utilizado fue el ProMeter modelo 4343 fabricado por la empresa Cewe Instruments AB, es un contador electrónico digital adquirido recientemente por la empresa. Las características más resaltantes del contador son las siguientes:

- Puede obtenerse mediciones instantáneas de voltaje, corriente, energía activa, energía reactiva, energía aparente, factor de potencia, ángulo de fase y frecuencia.
- Mide la demanda máxima en intervalos programables de 5, 10, 25, 30, y 60 minutos.
- Puede almacenar la demanda desde 1,5 meses hasta 18 meses, dependiendo solo del intervalo en que se programe para medir la demanda y de la capacidad de la memoria del equipo.
- Los datos almacenados pueden ser cargados al computador a través del puerto óptico y serial del contador.



Figura: 3.1 Contador Patrón de Energía CEWE ProMeter 4343.

Fuente: Propia

3.16.1 Configuración del Contador

Los datos almacenados en el contador de energía son de tres tipos diferentes: parámetros que definen las funciones usadas, valores medidos de energía y valores periódicos de potencia media, y datos de calibración.

Antes de poner el contador en operación, es necesario efectuar la preparación de éste. Para definir las funciones programables por el usuario se necesita hacer la configuración la cual se realiza usando el software ProWin a través de este se puede configurar el contador el uso de tarifas, demandas máximas, entradas digitales, salidas digitales, parámetros del canal de comunicación, constantes de contador y relación de transformación.

3.16.2 Configuración de Funciones

Dependiendo de la versión del contador de energía prometer es necesario configurar los parámetros básicos de funcionamiento.

Como el prometer muestra las mediciones por secuencia de pantallas fue necesario programar dos secuencias con la información necesaria para el análisis, las cuales se muestran a continuación:

Secuencia 1

- Registro de importación de energía activa.
- Registro de importación de energía reactiva.
- Demanda máxima 1:1.
- Demanda máxima 2:1.

Secuencia 2

- I_a, I_b, I_c .
- V_{an}, V_{bn}, V_{cn} .
- V_{ab}, V_{bc}, V_{ca} .
- F_p .

En la secuencia 1 se observan los datos que se almacenan en la memoria del contador de energía: los valores de energía activa y reactiva, el equipo se programó para que almacenara estas lecturas en intervalos de 15 minutos, la demanda máxima

1:1 la cual mide la demanda instantánea en (W) y demanda máxima 2:1, mide la demanda instantánea en voltio-amperios.

En la secuencia 2 se miden los valores instantáneos de corrientes de fase (I_a , I_b , I_c) los voltajes de línea neutro (V_{an} , V_{bn} y V_{cn}), voltajes de línea-línea (V_{ab} , V_{bc} y V_{ca}) y el factor de potencia de la carga total (F_p), estos valores no son almacenados por el equipo

3.16.3 Instalación del Contador

El ProMeter es un contador bidireccional; es decir, que mide la energía activa y reactiva en ambas direcciones, importación y exportación (importación significa para el equipo energía recibida y exportación energía suministrada).

Para asegurarse de que el contador mide correctamente, es muy importante conectar los voltajes y corrientes en el orden de fase correcto, y también las corrientes en la dirección correcta.

Para conectar el contador, es necesario definir el lado generador y el lado consumidor del contador con relación a la dirección energética indicada, en los contadores ProMeter, la dirección de flujo de la energía de importación se define como cuando la energía fluye en la dirección indicada, como se observa en la figura 3.2.

Las conexiones a tierra de los transformadores de medición no están dibujadas en los diagramas de conexiones, pero deberán hacerse según la práctica normal.

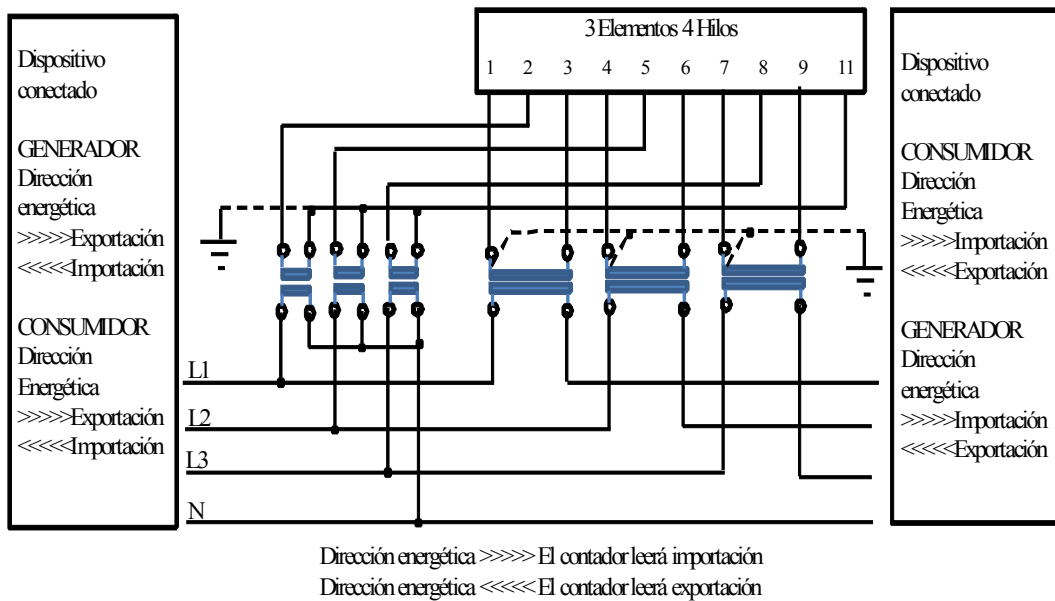


Figura: 3.2 Conexión del contador CEWE ProMeter 4343.

Fuente: Manual CEWE ProMeter 4343

Al arrancar, la pantalla mostrará primero "Orden de voltaje: no hay valor" hasta que el contador haya identificado los voltajes, las corrientes y la secuencia de fase. La secuencia de fase de voltaje se visualiza en la pantalla al arrancar durante dos minutos y puede verse en la secuencia de pantalla en la forma configurada, normalmente se indica 1 2 3 para la rotación de fase de voltaje correcta.

La conexión correcta de cada corriente para la dirección energética de importación se identifica con el símbolo + junto a cada miembro de fase. La dirección correcta de importación se indicara en la pantalla con 1+ 2+ 3+, la dirección energética de exportación correcta será indicada por 1- 2- 3-, si aparece en la pantalla 1+ 2- 3+, significará que son correctas la fase, la tensión y la corriente 1, pero hay un error en la segunda conexión.

3.16.4 Obtención de Datos del Contador de Energía

Para obtener los datos almacenados en el contador de energía se utilizó un software, éste, fue diseñado por los fabricantes del equipo para esta función, el software se denomina ProRead, el cual establece la comunicación con el equipo de medición a través de uno de sus puertos se puede seleccionar los datos para un período de tiempo deseado, sólo depende del tiempo que estuvo el equipo conectado a la carga, para el estudio realizado en el sistema de distribución de uso exclusivo se obtuvieron datos de un período de tiempo de 4 meses; período en el cual, el equipo recopiló los datos necesarios para el análisis. La información obtenida del contador de energía es almacenada en un archivo de texto ASCII, ya que es de fácil portabilidad a otros formatos de archivo para posterior manipulación de los datos.

La obtención de los datos almacenados se realizó con un computador portátil y con el contador de energía conectado a la carga del sistema de distribución. .

3.17 PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL SISTEMA

En el sistema, cada componente tiene un porcentaje de pérdidas, las pérdidas consideradas para el análisis son producidas por los componentes. Para la aplicación del método de comprobación puntual, se realizaron un total de 4 mediciones en diferentes días e intervalos de tiempo iguales, con la finalidad de obtener los datos necesarios para el cálculo de pérdidas, los datos obtenidos por este método fueron valores de voltajes y corrientes en el banco de transformadores, las acometidas de alta y baja tensión, y a cada suscriptor perteneciente al módulo de medición.

La empresa instaló un contador de demanda CEWE 4343 para la aplicación del método de registro de demanda, el tiempo de conexión del equipo en el sistema de el

edificio asignado fue de 4 meses, tiempo durante el cual, recolectó toda la información necesaria para el análisis, debido a este inconveniente solamente la recolección de datos para el estudio mantuvo una duración aproximada de 4 meses, en este tiempo, se obtuvo la demanda del transformador de distribución.

Las pérdidas calculadas son de dos tipos: pérdidas técnicas y pérdidas no técnicas. Las pérdidas técnicas son aquellas pérdidas debido a fenómenos físicos, condiciones propias de las instalaciones y equipos, manejo, conducción y transformación de la energía, que impone restricciones al paso de la corriente eléctrica. Su magnitud depende de las características del sistema y la corriente que conduce, estas pérdidas por lo común son originadas por efecto corona, efecto Joule o por corrientes parásitas, no se profundizará en el estudio de pérdidas por efecto corona debido a que se presentan en líneas que funcionan a voltajes superiores a 45000 voltios y el estudio solo se limita a sistema de (13800/208V). Las pérdidas no técnicas o pérdidas negras son pérdidas eléctricas representadas por energía utilizada y por la cual las empresas de comercialización no reciben pago alguno

3.17.1 Cálculo de Pérdidas no Técnicas

Se puede atribuir las pérdidas no técnicas a 4 factores, error en los contadores de energía, error en el consumo estimado cuando no hay medidor, error en el consumo propio de empresas y por fraude, todas estas pérdidas son variables, para el análisis se tomarán en consideración las pérdidas no técnicas ocasionadas por fraude al sistema de distribución.

Para determinar la cantidad de energía que se pierde por fraudes al sistema distribución, fue necesario determinar la energía que suministra por el transformador de distribución y la energía total consumida por el módulo de medición (determinada por la sumatoria del consumo individual de energía de los suscriptores), las cuales deben ser similares según la siguiente relación:

$$P_{\text{Banco}} = \sum_1^n Per_{\text{Usuario}} \quad \text{EC.3.2}$$

Donde:

P_{Banco} : Energía que suministra el transformador de distribución.

$\sum_1^n Per_{\text{usuario}}$: Representa la energía consumida por el módulo de medición.

3.17.2 Cálculo de Pérdidas Técnicas

Los elementos sujetos a estudio para analizar y estudiar las pérdidas son los siguientes:

- Acometida de baja tensión
- Barras distribuidoras
- Banco de transformadores
- Acometida de alta tensión

3.17.2.1 Pérdidas en Baja Tensión

Son calculadas para todos aquellos elementos del sistema de distribución de uso exclusivo que se encuentren a partir del lado de baja tensión del transformador.

3.17.2.2 Acometida de Baja Tensión (Alimentadores Secundarios)

Los alimentadores secundarios distribuyen la energía desde los transformadores de distribución hasta las barras distribuidoras, los alimentadores secundarios de distribución, por el número de hilos, se pueden clasificar en:

1. Monofásico dos hilos.
2. Monofásico tres hilos.
3. Trifásico cuatro hilos.

Para el cálculo de las pérdidas en la acometida de baja tensión se aplican, las siguientes ecuaciones: 3.3, 3.4 y 3.5. Donde la carga es "P", la tensión en el extremo de la carga es V y la resistencia de los conductores es "R"

La corriente de línea, considerando que la carga tiene un factor de potencia igual a $\cos(\theta)$, y que el sistema monofásico es:

$$I = \frac{P}{V * \cos(\theta)} \quad \text{EC.3.3}$$

Las pérdidas de energía en la acometida de baja tensión (Per_{ABT}), serán calculadas mediante la ecuación 3.4 para el caso, que no se cuente con valores de corriente medidos en dicho conductor:

$$Per_{ABT} = R * I^2 = R * \frac{I^2}{V^2 * \cos^2(\theta)} \quad \text{EC.3.4}$$

La resistencia en la acometida de baja tensión se puede obtener mediante la siguiente ecuación.

$$R = Resistencia_{conductor} \left(\frac{\Omega}{Km} \right) * Longitud_{Conductor} (Km) \quad \text{EC.3.5}$$

Para acometidas que posean más de 1 conductor por fase la resistencia total de cada fase quedara referida a la siguiente ecuación 3.6.

$$R_{Total} = \sum_{R=1}^n RiConductor / fase \quad EC.3.6$$

Donde:

Ri conductor /fase: es la resistencia de cada conductor de una misma fase.

Las pérdidas totales de la acometida de baja tensión corresponden a los valores promedio de cada fase de las mediciones efectuadas por días como se observa en la ecuación 3.7

$$Per_{TotalABT} = Per_a + Per_b + Per_c \quad EC.3.7$$

3.17.2.3 Barras Distribuidoras

Las barras distribuidoras son las encargadas de distribuir la energía que se recibe a través de la acometida de baja tensión hacia los usuarios del sistema, son de uso común en instalaciones eléctricas de edificios.

Para el cálculo de las pérdidas en las barras es necesario conocer su resistencia, para lo cual se utiliza la siguiente expresión:

$$R = \frac{\rho * L}{A} \quad EC.3.8$$

Donde:

ρ : Es la resistividad del material ($\mu\Omega/\text{cm}$)

L: Longitud de la barra (cm)

A: Área de la sección transversal de la barra (cm^2).

$$Per_{BD} = R * I^2 = \frac{\rho * L}{A} \quad \text{EC.3.9}$$

Una vez obtenida la resistencia del material para obtener las pérdidas de energía en la barra (PerBD) se aplica la expresión:

$$PerBD_{Total} = PerBD_a + PerBD_b + PerBD_c \quad \text{EC.3.10}$$

Donde:

PerBDa: Pérdidas en la barra de la fase “a”

PerBDb: Pérdidas en la barra de la fase “b”

PerBDc: Pérdidas en la barra de la fase “c”

3.17.2.4 Transformador de Distribución

Las pérdidas en el transformador de distribución se deben a los elementos internos de estos, entre los cuales se encuentran las pérdidas en el núcleo, las pérdidas en los devanados y las pérdidas por disipación de calor.

La potencia de entrada al transformador de distribución sufre disminuciones debido a las pérdidas ya mencionadas y el resultado de esto, es la potencia de salida o la potencia que se entrega en la carga (en el secundario)

Con la potencia de entrada al transformador y la potencia de salida se puede obtener las pérdidas en el transformador como se aprecia en la siguiente expresión.

$$Per_T = P_{entrada} - P_{salida} \quad EC.3.11$$

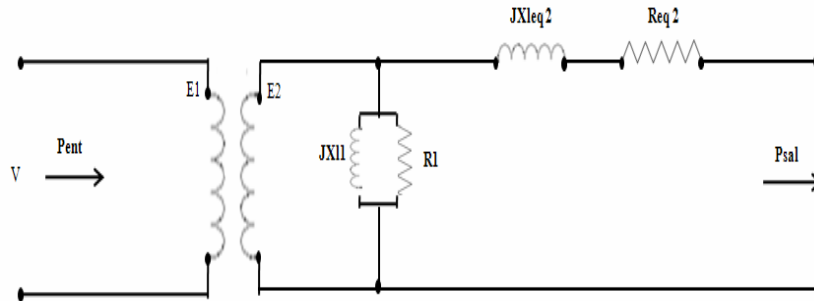


Figura: 3.3 Circuito Equivalente Potencias de Entrada y Salida de Transformador de Distribución.

Fuente: Propia

3.17.2.5 Pérdidas en Alta Tensión

En alta tensión al igual que en baja, existen elementos que por su baja disipación de potencia sus pérdidas de energía pueden ser despreciables, como es el caso de las protecciones, esto se debe a que se diseñan para obtener respuestas instantáneas frente a perturbaciones ocurridas en el sistema, por tal motivo, la mayoría de estos dispositivos son fabricados con metales o aleaciones que distribuyen la disipación de calor y aumentan la respuesta del elemento.

3.17.2.6 Fusible de Expulsión (fusible cortacorriente)

Debido a que los fusibles cortacorrientes son elementos de protección, los cuales se volatizan fácilmente, son diseñados con aleaciones especiales para disipar la menor potencia posible, por tal motivo se considera despreciable la contribución de la pérdida de energía disipada en este elemento.

3.17.2.7 Copas Terminales

Son elementos de acoplamiento y protección entre alimentadores primarios provenientes de la red de distribución de circuitos aéreos (conductor desnudo) y los alimentadores primarios subterráneos (de las áreas servidas). Debido a que son elementos de protección y acoplamiento entre conductores, tienen características especiales como, la resistencia del elemento la cual se ubica dentro de un rango de $1\mu\Omega$ a los $200\mu\Omega$ y una caída de tensión del 0.1%, por tal motivo este elemento del sistema no aporta pérdidas considerables para el análisis.

3.17.2.8 Acometida de Alta Tensión (alimentadores primarios)

El cálculo de las pérdidas en los conductores alimentadores primarios es semejante al aplicado en los conductores alimentadores secundarios, la diferencia está en la cantidad y tipo de conductores de las fases R, S, T, lo cual afecta proporcionalmente la resistencia de los conductores “R” empleada en el cálculo de las pérdidas.

Los alimentadores primarios por el número de fases e hilos se pueden clasificar en:

- Trifásicos tres hilos
- Trifásicos cuatro hilos
- Monofásico dos hilos

Los alimentadores primarios trifásicos con tres hilos requieren una menor inversión inicial, en lo que a material del alimentador se refiere, sin embargo debido a que estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterramiento mayor que uno trifásico cuatro hilos, permiten que los equipos que se instalen en estos sistemas de distribución tengan niveles de aislamiento mayores con costos mayores. Una característica adicional de estos sistemas es que los transformadores de distribución conectados a estos alimentadores son de neutro flotante en el lado primario. Los alimentadores primarios trifásicos con cuatro hilos requieren una mayor inversión inicial, ya que se agrega el costo del cuarto hilos (neutro) al de los tres hilos de fase, sin embargo debido a que en estos sistemas de distribución tienen un coeficiente de aterramiento menor de la unidad, los equipos que se conecten a estos alimentadores requieren de un menor nivel de aislamiento con menor costo de inversión.

Estos sistemas se caracterizan porque a ellos se conectan transformadores con el neutro aterrado (puesto a tierra), en el devanado primario y transformadores monofásicos cuya tensión primaria es la de fase neutro. En estos sistemas de distribución es más fácil detectar las corrientes de falla de fase a tierra ya que estos pueden regresar por el hilo neutro. Estos alimentadores se utilizan en las zonas urbanas. Los alimentadores primarios monofásicos de dos hilos se originan de sistemas de distribución trifásicos, de hecho son derivaciones de alimentadores trifásicos tres hilos que sirven para alimentar transformadores monofásicos, usándose estos alimentadores en zonas rurales, debido a la economía que presentan en costo.

3.18 LÍMITES DE PÉRDIDAS TÉCNICAS

La empresa estipula límites aceptables de pérdidas técnicas en los sistemas eléctricos, para los diferentes niveles de: transmisión, sub-transmisión, distribución y baja tensión. Debido a que el estudio está referido al sistema de distribución en

13800/120/208 V, los límites para las pérdidas técnicas en estos sistemas quedan establecidos por el siguiente rango aceptable 4% y la máxima tolerancia 7% de la potencia total del sistema ver tabla 3.4.

Tabla No. 3.4. Límites de Pérdidas Técnicas en los Sistemas Eléctricos

Fuente: Normas CADAPE

Componente	Aceptable (%)	Promedio (%)	Máxima Tolerancia (%)
Transmisión 115KV	1,25	1,87	2,5
Sub-Transmisión 34,5KV	2	3	4
Sub-Estación (115/34,5/13,8) KV	0,25	0,33	0,5
Líneas 13,8 KV y transformadores	3	4	5
Baja Tensión	1	1,5	2

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA

4.1 INTRODUCCIÓN

La información y condiciones del sistema de distribución, recopilada en el capítulo anterior, son de vital importancia para efectuar los análisis que permitan realizar las diferentes evaluaciones del sistema en estudio, como lo son las características de la carga, las demandas de energía y las pérdidas técnicas y no técnicas.

En este capítulo se determinan y analizan cada variable arrojada por el estudio a través de las mediciones efectuadas en el sistema de distribución de uso exclusivo, para determinar mediante cálculos teóricos el comportamiento del sistema con relación a las pérdidas de energía tanto técnicas como no técnicas que ocurren en estos.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La descripción de los aspectos físicos del inmueble está limitada, debido a que la mayoría de los usuarios se reservaron los aspectos vinculados al consumo eléctrico como, cantidad de equipos eléctricos usados, cantidad de circuitos de fuerza en los apartamentos, cantidad de puntos de alumbrado, sistemas de aire acondicionado etc.

En los sistemas de distribución de uso exclusivo específicamente los de tipo residencial normalmente se presenta la situación de que la información suministrada por el usuario es falsa o errada, esto se debe a la creencia que a mayor carga declarada por el usuario mayor será el pago de su consumo.

Por tal motivo la descripción se limitará a los aspectos necesarios para la obtención de los objetivos planteados en este análisis.

4.3 DESCRIPCIÓN FÍSICA

El edificio en estudio, está conformado por 11 pisos sin incluir la planta baja, con un total de 30 apartamentos, los apartamentos que conforman los pisos, desde el 1 hasta el 8 se distribuyen en relación de tres apartamentos por piso, los apartamentos de los pisos 9 y 10 se distribuyen en relación de 2 apartamentos por piso y el piso 11 es del tipo pent-house, el cual está constituido por un solo apartamento, todos los apartamentos poseen servicio trifásico cuatro hilos.

Los servicios generales se conforman por dos ascensores, una bomba hidroneumática, luces internas, externas y 1 portón electromecánico para el estacionamiento, más el apartamento de la conserjería que se encuentra en la planta baja.

El transformador de distribución de tipo (pad mounted) se encuentra ubicado en el estacionamiento a la intemperie. Tiene una capacidad de 300 KVA, en configuración delta-estrella aterrada (13800/120/208V) con polaridad sustractiva, protegido por tres fusibles de expulsión del tipo “K” de 15 A y 15 Kv de capacidad nominal.

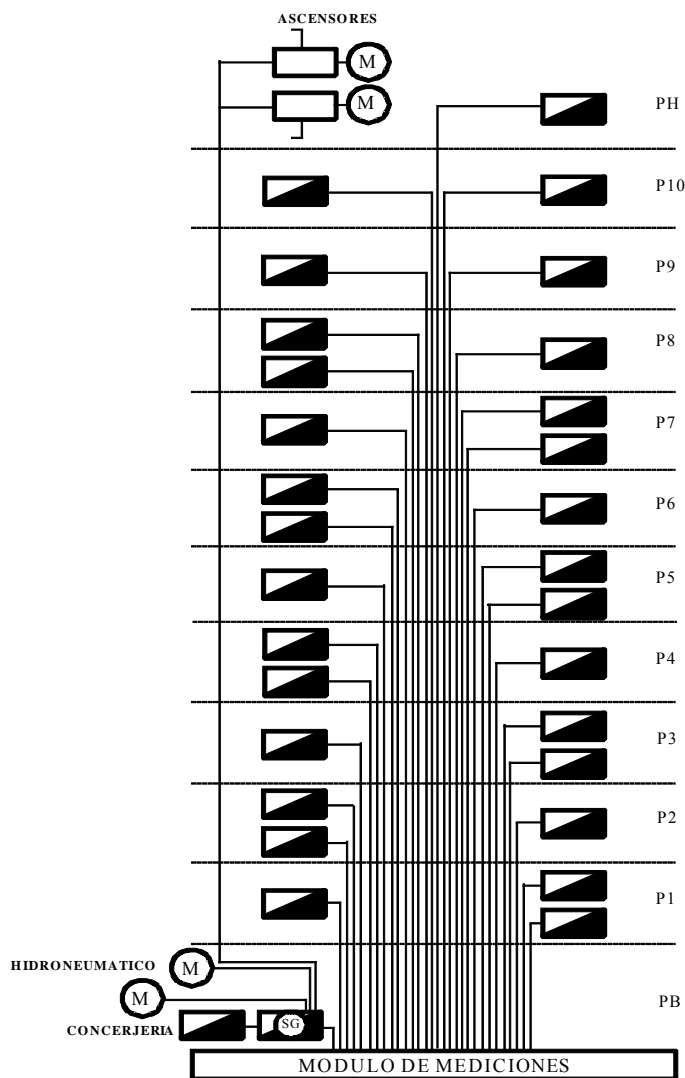


Figura: 4.1. Diagrama Vertical del Edificio en Estudio.

4.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de distribución de uso exclusivo en estudio está conformado mediante una configuración radial simple, alimentado por líneas de alta tensión 13.8 Kv provenientes de la salida 1 de la sub-estación Lecherías (115/13,8 kV). El poste en el cual se hace la derivación es un poste de alineación de alta y baja tensión, la

derivación de las líneas de alta tensión es trifásica y está conformada por cables mono polares de polietileno calibre 2/0, la cual tiene una distancia de 18 m desde el extremo superior del bajante hasta la ubicación del banco de transformadores.

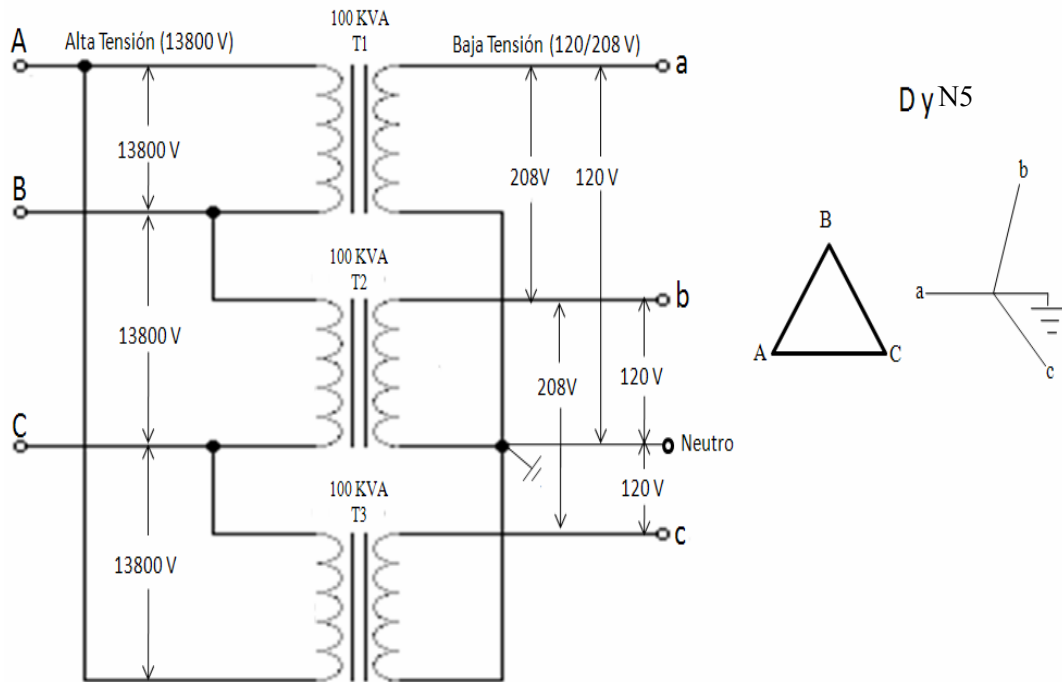


Figura: 4.2. Esquema de conexión Transformador (Pedestal) 300 KVA.

El transformador de distribución trifásico de tipo pad mounted tiene una capacidad instalada de 300 kVA, está a la intemperie ubicado en el estacionamiento del edificio, su grupo vectorial es (D y N5), frecuencia nominal 60 Hz, (13800/208 V), como se observa en la figura 4,2 con polaridad sustractiva protegidos por 3 fusibles cortacorrientes del tipo k de 15 A y 15 kV de capacidad nominal.

A la salida se deriva una acometida trifásica tetrafilar que consta de 2 conductores por fase calibre 500 MCM mas un conductor calibre 250 MCM para el neutro, esta

acometida tiene una longitud de 22,4 mt hasta llegar al interruptor principal Westinghouse de 3x800 A, que se encuentra en la parte central del módulo de medición.

Del interruptor principal prosigue su conexión al sistema de barras de cobre de 76 cm de largo por 7 cm de ancho con una sección transversal de 3,5 cm² en el cual los servicios generales utilizan un servicio trifásico tetrafilar al igual que el resto de los usuarios que conforman este sistema.

El módulo de medición consta de tres áreas como se observa en la figura 4.3, en las cuales se ubican los contadores de energía de los usuarios con los interruptores de corte (área 1), el sistema de barras e interruptor principal (área 2) y los interruptores para la acometida de los usuarios (área 3).

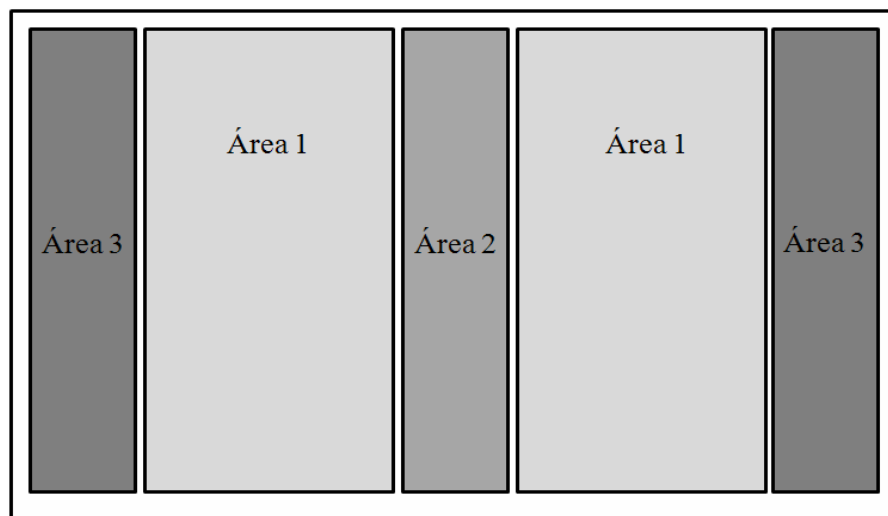


Figura: 4.3. Módulo de Medición del Edificio en Estudio.

Fuente: Propia

En relación a lo siguiente se puede indicar que el modulo de medición presenta las siguientes irregularidades:

- Cableado mal peinado.
- Secuencias de fase erróneas.
- La mayoría de los contadores presentan irregularidades.
- Usuarios (servicio cortado) con alimentadores directos o derivaciones.

4.5 INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

Para los efectos de determinar la demanda de energía en la edificación se instaló en el lado de baja tensión del transformador un equipo de medición marca CEWE modelo 4343 del tipo ProMETER, este contador bidireccional, es decir, que mide la energía activa y reactiva en ambas direcciones, importación y exportación (importación significa para el equipo energía recibida y exportación significa para el equipo energía suministrada).

Al equipo entrar en funcionamiento luego de su conexión, la pantalla mostrará “Orden de voltaje: no hay valor” hasta que el contador haya identificado los voltajes, las corrientes y las secuencias de fase. La secuencia de fase de voltaje se visualiza en la pantalla al arrancar durante dos minutos y puede verse en la secuencia de pantalla en la forma configurada, normalmente se indica (1 2 3) para la rotación de fase de voltaje correcta. Para obtener la intensidad de funcionamiento del equipo se utilizan transformadores de corriente de 300/5 con un multiplicador de 60, en el conexionado del equipo se utiliza cable de control AWG 7*12. Como se observa en la figura 4.4.

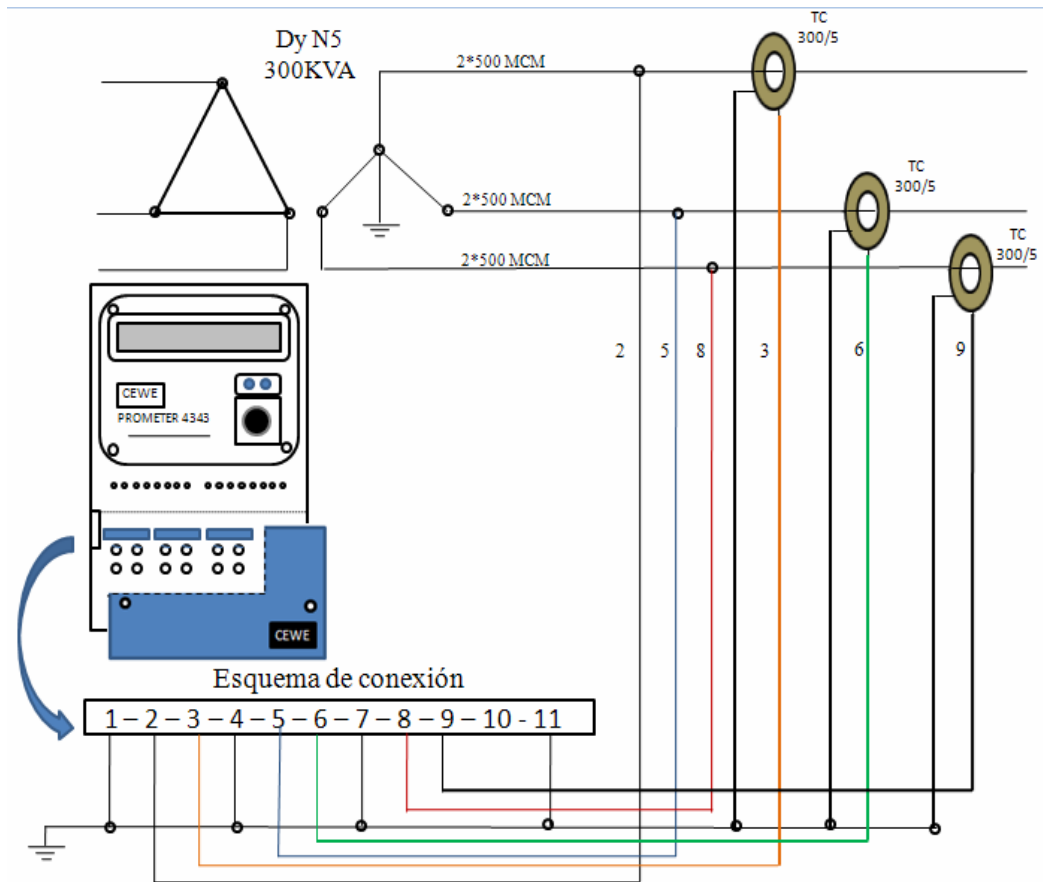


Figura: 4.4. Esquema de Conexión del Contador CEWE ProMETER 4343

Fuente: Propia

El equipo de medición (CEWE, ProMETER) instalado en la acometida de baja tensión aguas abajo del transformador de distribución permitirá obtener los valores totales de la carga asociada al modulo de medición así como los valores de potencia instantáneos en la salida del transformador de distribución.

El diagrama unifilar del sistema de distribución luego de instalado el equipo de medición queda de la siguiente forma, ver figura 4.5.

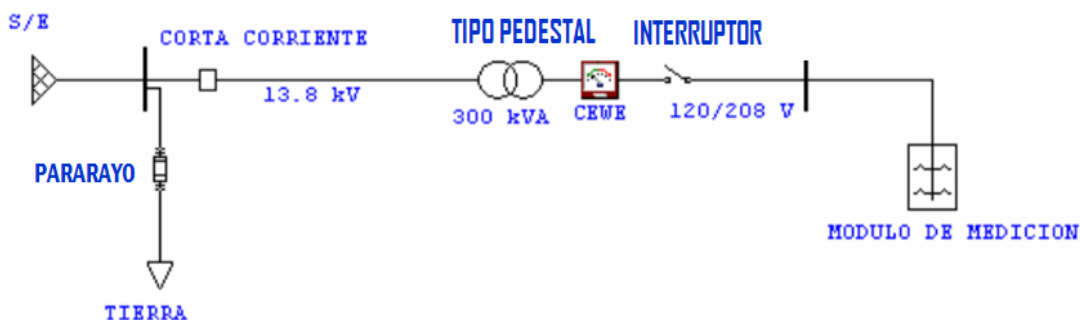


Figura: 4.5. Diagrama Unifilar del Sistema de Distribución de Uso Exclusivo
Fuente: Propia

4.6 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA

La tabla 4.1 muestra los valores de tensión línea-línea del edificio en estudio, medidos en los terminales de baja tensión del transformador de distribución durante 4 días.

Tabla No. 4.1. Niveles de Tensión

Días	Vab (V)	Vbc (V)	Vca (V)
1	209	204	206
2	208	206	206
3	208	204	208
4	209	206	208

Se puede observar que los niveles de tensión expresados en la tabla 4.1 varían levemente con respecto a los niveles de tensión normales estipulados por la empresa, expresados en la tabla 3.2, como se evidencia en la tabla 4.1 el valor de tensión máximo fue de 209 voltios medido en la fase “a” y el valor mínimo de tensión de 204

voltios en la fase “b”. Promediando los valores de tensión se puede observar los niveles de trabajo en el sistema:

Tabla No. 4.2. Niveles Promedio de Tensión

Voltios	Vlinea-linea (V)
Vab	208,5
Vbc	205
Vca	207

La tabla 4.2 muestra los niveles promedio de la tensión línea-línea los cual se encuentran dentro de los límites de tensión de condición normal permitidos por la empresa (208Y/120) según los valores mostrados en la tabla 3.2.

En la tabla 4.3 se muestran los niveles de intensidad medidos en los alimentadores secundarios durante las muestras tomadas los 4 días que se efectuaron las mediciones.

Tabla No. 4.3. Valores de Corrientes

Días	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)
1	225,8	237	231
2	238	242	234
3	254	248	243
4	246	250	258

La intensidad nominal del sistema es de 833A por fase. Las intensidades de la tabla 4.3 son medidas de forma instantánea, estas intensidades son asimétricas y no superan el 22% de la capacidad nominal del sistema.

De acuerdo a los valores obtenidos se puede observar que las fases (a, b, c) se encuentran desbalanceadas en los días que se le efectuaron las respectivas mediciones mostrando un patrón asimétrico de cargas en el sistema, esto es consecuencia de los circuitos de distribución interna de los apartamentos con relación a la distribución de las fases. Promediando los valores de las intensidades medidas se obtiene:

Tabla No. 4.5. Factor de Potencia

Días	Factor de Potencia
1	0,92
2	0,89
3	0,88
4	0,91

Los factores de potencia medidos durante los 4 días, no sobrepasan los límites establecidos por la empresa ($0,99 \geq fp \geq 0,80$), el factor de potencia promedio del sistema es de:

$$FP = 0,89 \text{ inductivo}$$

Con los valores obtenidos en las mediciones efectuadas de las tablas: 4.1, 4.3 y 4.5 utilizando la ecuación 4.1 se procede a obtener los valores de la potencia de cada fase en la salida del transformador de distribución.

$$P = \frac{V_{ll}}{\sqrt{3}} * I_{l-n} * fp \tag{EC.4.1}$$

Tabla No. 4.6. Potencia de Salida del Transformador de Distribución

Días	Pa(W)	Pb(W)	Pc(W)	Ptotal(W)
1	25066,72	25680,63	25275,89	76023,24
2	25437,22	25616,08	24769,23	75822,53
3	26842,26	25704,19	25679,8	78226,25
4	27012,34	27057,52	28194,46	82264,32

La potencia de salida total entregada por el transformador de distribución

Tabla No. 4.7. Potencia de salida total entregada por el Transformador de Distribución

Días	Psalida(W)
1	76023,24
2	75822,53
3	78226,25
4	82264,32

Las corrientes medidas en alta tensión son las referentes a la tabla 4.8, las cuales fueron obtenidas durante los días en los cuales se realizaron las inspecciones.

Tabla No. 4.8. Corrientes medidas en Alta Tensión

Días	IR(A)	IS(A)	IT(A)
1	3,6	3,6	3,58
2	3,7	3,72	3,6
3	3,9	3,68	3,7
4	3,9	3,9	4

Los voltajes de línea-línea medidos en alta tensión son los referentes a la tabla 4.9, los cuales fueron obtenidos durante los días en los cuales se realizaron las inspecciones.

Tabla No. 4.9. Voltajes línea-línea Acometida Alta Tensión

Días	Vlínea-línea RS(V)	Vlínea-línea ST(V)	Vlínea-línea TR(V)
1	14113,73	13934,56	13902,34
2	13994,12	13802,65	13899,56
3	13934,83	13945,56	13998,35
4	13945,23	13853,72	14006,45

Con los valores de voltajes y corrientes medidos en el lado de alta tensión expresados en las tablas 4.8 y 4.9, asumiendo el mismo factor de potencia procedente a la tabla 4.5, se efectuó el cálculo de la potencia de entrada en el transformador de distribución, mediante la ecuación 4.1, ver tabla 4.10.

Tabla No. 4.10. Potencia de Entrada en el Sistema de Distribución

Días	Pa(W)	Pb(W)	Pc(W)	Total(W)
1	26988,05	26645,44	26436,15	80069,64
2	26605,82	26383,64	25711,83	78701,29
3	27413,25	25866,85	26314,83	79594,93
4	28574	28386,49	29114,35	86074,84

La potencia de entrada total entregada por el transformador de distribución

Tabla No. 4.11. Potencia de Entrada

Días	Per (W)
1	80069,64
2	78701,29
3	79594,93
4	86074,84

La potencia de entrada promedio en los cuatro días en que se realizó la inspección referidos a la tabla 4.11 del transformador de distribución da como resultado 81110,175W.

4.6 CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LA CARGA

Los valores de potencia activa de cada fase, son calculados mediante la ecuación 4.1 tomando como referencia el factor de potencia de la tabla 4.5 y los voltajes y corrientes ver anexos B, para cada uno de los días en que se efectuó la medición.

Las mediciones efectuadas se realizaron de manera individual a cada uno de los usuarios en el módulo de medición, ver tablas 4.12 (a, b, c, d,) las cuales son obtenidas mediante medición puntual realizadas en intervalos de tiempo comprendidos entre las 8:00 am a las 11:00 am en fechas diferentes.

Tabla No. 4.12 (a) Módulo de Medición del Edificio en Estudio 26/01/2009

Ref.	Apto.	Ia (A)	Va-n (V)	Pa (W)	Ib (A)	Vb-n (V)	Pb (W)	Ic (A)	Vc-n (V)	Pc (W)	Pt (W)
5525	1A	2	129	237,36	0	128	0	0,3	130	35,88	273,24
5510	1B	6,2	126	718,704	2,5	126	289,8	0,6	129	71,21	1079,712
5526	1C	0,6	127	70,104	2,5	129	296,7	7	127	817,9	1184,684
5527	2A	1,5	130	179,4	5	128	588,8	0	130	0	768,2
5511	2B	24,7	129	2931,4	20	128	2355	0	129	0	5286,596
5528	2C	10	127	1168,4	9	128	1060	10	130	1196	3424,24
5529	3A	1	130	119,6	2	126	231,8	0	129	0	351,44
5512	3B	0	129	0	0,5	129	59,34	4	129	474,7	534,06
5530	3C	2,5	130	299	3	128	353,3	0	130	0	652,28
5513	4A	5	129	593,4	0,5	128	58,88	0	125	0	652,28
5514	4B	0	129	0	0	130	0	0	130	0	0
5531	4C	0	130	0	12	126	1391	12	127	1402	2793,12
5532	5A	6	125	690	1,5	127	175,3	0,9	126	104,3	969,588
5515	5B	1	130	119,6	0	130	0	0,8	129	94,94	214,544
5533	5C	0,3	126	34,776	1	129	118,7	4	129	474,7	628,176
5516	6A	1,5	130	179,4	0	127	0	0	127	0	179,4
5517	6B	6	128	706,56	1	130	119,6	0	130	0	826,16
5534	6C	0	126	0	2	129	237,4	0	129	0	237,36
5518	7A	1	129	118,68	0	130	0	2	130	239,2	357,88
5519	7B	11	128	1295,36	0,5	129	59,34	20	129	2374	3728,3
5535	7C	0	128	0	0	129	0	0	129	0	0
5536	8A	0	128	0	0	130	0	0,8	130	95,68	95,68
5520	8B	0	126	0	0	125	0	1	125	115	115
5537	8C	0	129	0	0,5	130	59,8	0	130	0	59,8
5521	9A	0,5	128	58,88	0	127	0	1,5	126	173,9	232,76
5538	9C	1,5	128	176,64	0	126	0	0,5	130	59,8	236,44
5523	10A	28	130	3348,8	2	129	237,4	40	125	4600	8186,16
5539	10C	15	130	1794	15	128	1766	0,5	124	57,04	3617,44
5522	PH	17	130	2033,2	22	128	2591	36	126	4173	8797,04
5524	SG	5	128	588,8	5,5	128	647,7	12	128	1413	2649,6
TOTALES				17462,1			12697			17972	48131,18

Tabla No. 4.12 (b) Módulo de Medición del Edificio en Estudio 22/03/2009

Ref.	Apto.	Ia (A)	Va-n (V)	Pa (W)	Ib (A)	Vb-n (V)	Pb (W)	Ic (A)	Vc-n (V)	Pc (W)	Pt (W)
5525	1A	3,2	130	370,2	0	128	0	0,3	127	33,909	404,149
5510	1B	5	129	574,1	3	126	336,42	0,5	129	57,405	967,875
5526	1C	0,8	130	92,56	4,2	129	482,2	4	127	452,12	1026,88
5527	2A	3,7	129	424,8	3,2	128	364,54	0	128	0	789,341
5511	2B	18	129	2067	17,8	128	2027,8	0	129	0	4094,36
5528	2C	8,7	130	1007	7	127	791,21	5	130	578,5	2376,3
5529	3A	5,6	125	623	5,6	126	627,98	0	129	0	1250,98
5512	3B	0	130	0	3	129	344,43	1	129	114,81	459,24
5530	3C	4	126	448,6	5	128	569,6	0	128	0	1018,16
5513	4A	3,2	130	370,2	2,3	128	262,02	0	125	0	632,256
5514	4B	0	128	0	0	127	0	0	129	0	0
5531	4C	0	126	0	7,8	126	874,69	8,2	127	926,85	1801,54
5532	5A	9	125	1001	4,2	127	474,73	0,3	126	33,642	1509,62
5515	5B	4,3	130	497,5	0	130	0	0,8	129	91,848	589,358
5533	5C	0,7	126	78,5	2	129	229,62	2	127	226,06	534,178
5516	6A	0,8	130	92,56	0	127	0	0	127	0	92,56
5517	6B	8,2	128	934,1	2,8	126	313,99	0	130	0	1248,14
5534	6C	0	126	0	3	129	344,43	0	129	0	344,43
5518	7A	3	129	344,4	0	130	0	1	130	115,7	460,13
5519	7B	13,7	130	1585	1	129	114,81	12,3	129	1412,2	3112,06
5535	7C	0	128	0	0	129	0	0	129	0	0
5536	8A	0	126	0	0	130	0	0,4	130	46,28	46,28
5520	8B	0	129	0	0	125	0	1	128	113,92	113,92
5537	8C	0	128	0	4,7	130	543,79	0	130	0	543,79
5521	9A	9,4	128	1071	0	128	0	1	127	113,03	1183,88
5538	9C	4,7	128	535,4	0	126	0	0,5	130	57,85	593,274
5523	10A	17	126	1906	2	129	229,62	28,7	125	3192,9	5328,88
5539	10C	22	129	2526	15	128	1708,8	0,5	126	56,07	4290,69
5522	PH	15,4	130	1782	23,2	128	2642,9	31	126	3476,3	7901,06
5524	SG	9	128	1025	6	130	694,2	8	128	911,36	2630,84
TOTAL				19356			13978			12011	45344,2

Tabla No. 4.12 (c) Módulo de Medición del Edificio en Estudio 02/04/2009

Ref.	Apto.	Ia (A)	Va-n (V)	Pa (W)	Ib (A)	Vb-n (V)	Pb (W)	Ic (A)	Vc-n (V)	Pc (W)	Pt (W)
5525	1A	6	128	675,84	0	128	0	1,8	128	202,75	878,592
5510	1B	4,8	129	544,9	7	126	776,16	1	129	113,52	1434,576
5526	1C	3	128	337,92	4,8	129	544,9	5,2	130	594,88	1477,696
5527	2A	4,2	129	476,78	5	128	563,2	0	128	0	1039,984
5511	2B	22	129	2497,4	19	128	2140,2	0	129	0	4637,6
5528	2C	7	127	782,32	6	130	686,4	4,8	128	540,67	2009,392
5529	3A	6,2	128	698,37	7	126	776,16	0	129	0	1474,528
5512	3B	0	130	0	9,2	129	1044,4	3	129	340,56	1384,944
5530	3C	6	128	675,84	4	128	450,56	0	128	0	1126,4
5513	4A	3,8	130	434,72	3,4	128	382,98	0	125	0	817,696
5514	4B	0	128	0	0	127	0	0	128	0	0
5531	4C	0	128	0	7	128	788,48	11	127	1229,4	2017,84
5532	5A	7,5	125	825	5,8	127	648,21	1	126	110,88	1584,088
5515	5B	4,9	130	560,56	0	130	0	2	129	227,04	787,6
5533	5C	3	128	337,92	4	129	454,08	1,8	127	201,17	993,168
5516	6A	2	130	228,8	0	126	0	0	129	0	228,8
5517	6B	9,6	128	1081,3	3,7	126	410,26	0	130	0	1491,6
5534	6C	0	126	0	8	129	908,16	0	129	0	908,16
5518	7A	5	129	567,6	0	129	0	1	130	114,4	682
5519	7B	15	129	1702,8	1	129	113,52	13,6	129	1543,9	3360,192
5535	7C	0	128	0	0	127	0	0	129	0	0
5536	8A	0	126	0	0	130	0	1	130	114,4	114,4
5520	8B	0	129	0	0	125	0	1	128	112,64	112,64
5537	8C	0	128	0	4,7	128	529,41	0	129	0	529,408
5521	9A	12	128	1351,7	0	128	0	1	127	111,76	1463,44
5538	9C	4,7	128	529,41	0	127	0	1,6	128	180,22	709,632
5523	10A	16,3	130	1864,7	6	129	681,12	25,7	125	2827	5372,84
5539	10C	18	129	2043,4	22	128	2478,1	1	127	111,76	4633,2
5522	PH	12,9	130	1475,8	18,9	128	2128,9	28,7	127	3207,5	6812,168
5524	SG	11	128	1239	5	130	572	12	128	1351,7	3162,72
TOTALES				20932			17077			13236	51245,3

Tabla No. 4.12 (d) Módulo de Medición del Edificio en Estudio 18/05/2009

Ref.	Apto.	Ia (A)	Va-n (V)	Pa (W)	Ib (A)	Vb-n (V)	Pb (W)	Ic (A)	Vc-n (V)	Pc (W)	Pt (W)
5525	1A	3	129	352,17	0	128	0	1	130	118,3	470,47
5510	1B	7	126	802,62	3	126	343,98	1	129	117,39	1263,99
5526	1C	1	127	115,57	5,4	129	633,906	12	127	1386,84	2136,32
5527	2A	2	130	236,6	3	128	349,44	0	130	0	586,04
5511	2B	26	129	3052,1	18,5	128	2154,88	0	129	0	5207,02
5528	2C	11,8	127	1363,7	9	128	1048,32	13	130	1537,9	3949,95
5529	3A	2	130	236,6	3,5	126	401,31	0	129	0	637,91
5512	3B	0	129	0	1	129	117,39	6	129	704,34	821,73
5530	3C	3	130	354,9	4,2	128	489,216	0	130	0	844,116
5513	4A	5,5	129	645,65	1	128	116,48	0	125	0	762,125
5514	4B	0	129	0	0	130	0	0	130	0	0
5531	4C	0	130	0	14	126	1605,24	11,8	127	1363,73	2968,97
5532	5A	7,4	125	841,75	3	127	346,71	1	126	114,66	1303,12
5515	5B	1,3	130	153,79	0	130	0	1	129	117,39	271,18
5533	5C	1	126	114,66	1	129	117,39	6	129	704,34	936,39
5516	6A	2	130	236,6	0	127	0	0	127	0	236,6
5517	6B	6,3	128	733,82	1	130	118,3	0	130	0	852,124
5534	6C	0	126	0	3,7	129	434,343	0	129	0	434,343
5518	7A	2	129	234,78	0	130	0	4,8	130	567,84	802,62
5519	7B	13	128	1514,2	1	129	117,39	18,3	129	2148,24	3779,87
5535	7C	0	128	0	0	129	0	0	129	0	0
5536	8A	0	128	0	0	130	0	4	130	473,2	473,2
5520	8B	0	126	0	0	125	0	1	125	113,75	113,75
5537	8C	0	129	0	1	130	118,3	0	130	0	118,3
5521	9A	1	128	116,48	0	127	0	2,1	126	240,786	357,266
5538	9C	2	128	232,96	0	126	0	1	130	118,3	351,26
5523	10A	31	130	3667,3	4	129	469,56	42,1	125	4788,88	8925,74
5539	10C	12	130	1419,6	13,6	128	1584,13	1	124	112,84	3116,57
5522	PH	18,3	130	2164,9	27	128	3144,96	34,9	126	4001,63	9311,48
5524	SG	7	128	815,36	8,6	128	1001,73	16	128	1863,68	3680,77
TOTAL				19406			14713			20594	54713,2

La potencia activa total consumida por la carga, es decir, referidas al módulo de medición es totalizada en cada una de las inspecciones realizadas, ver tablas 4.12(a, b, c, d), estos valores totalizados serán plasmados en la tabla 4.7.

Tabla No. 4.13. Potencia Total Consumida en el Módulo de Medición

Días	Pmódulo
1	48131,18
2	45344,2
3	51245,3
4	54713,2

La potencia total promediada consumida por el módulo de medición en los cuatro días en que se realizó la inspección referidos a la tabla 4.13 del módulo de medición da como resultado 49858,47W.

4.7 DIAGRAMA UNIFILAR

El diagrama unifilar del sistema de distribución de uso exclusivo en estudio presenta la siguiente configuración: (ver figura 4.6)

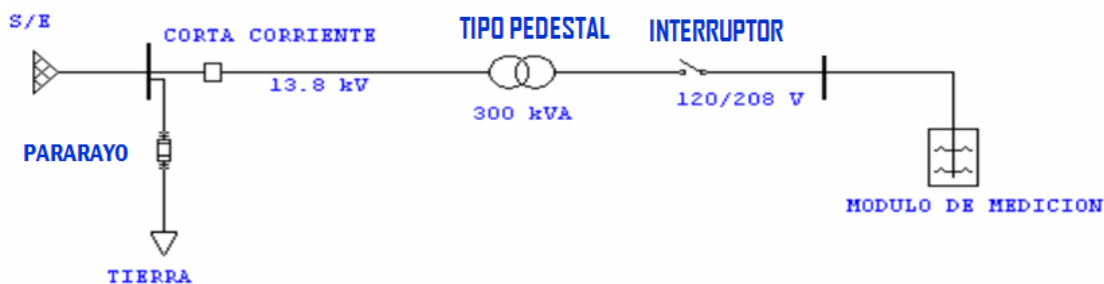


Figura: 4.6. Diagrama unifilar del sistema de distribución en estudio.

Fuente: Propia.

4.8 GRÁFICAS DE DEMANDA

Los valores de demanda de la carga son tomados de las mediciones efectuadas durante 4 meses, medidos en intervalos de 30 minutos por día, obteniendo valores de la carga en unidades como Energía activa (Wh), Energía Aparente (VAh), Energía reactiva (VARh) y el factor de potencia ver anexo A.

Estas gráficas representan el comportamiento de la carga a través de los diferentes parámetros de medición donde se pueden apreciar picos que representan los valores máximos y mínimos de la demanda en un tiempo determinado.

Como la carga total está compuesta por la sumatoria de cargas individuales, las cuales a su vez, tienen características propias, esto implica, que ninguna de las gráficas diarias de cada parámetro será igual, por tal motivo, se toman de la muestra los valores promedios más representativos ya que el comportamiento de este tipo de sistema de distribución de uso exclusivo de tipo residencial se asemejan en el tiempo, se van a desprestigiar las mediciones diarias donde el sistema haya sufrido alguna suspensión del suministro a efectos de evaluar mejor el trazado de las curvas de las demandas.

4.9 ENERGÍA ACTIVA

En la figura 4.7 se observa el consumo de energía activa en el edificio en estudio el cual representa una tendencia aproximadamente lineal, su valor máximo se presenta entre las 20:00 y 20:30 horas con un valor máximo de 272.128,00 Wh este pico representado en la gráfica se presume la coincidencia de cargas en ese instante de tiempo tales como: los servicios generales (ascensores, hidroneumático, los sistemas de alumbrado interno y externos), incluyendo las cargas del encendido de aires

acondicionados ya que este tipo de inmuebles de tipo residencial, mantienen un patrón de carga consecutivo en el tiempo adaptado a las horas laborales de los usuarios que lo habitan.

Entre las 20:30 y las 24:00 horas el sistema comienza a estabilizarse hasta llegar a un valor promedio de 184.276, Wh.

En el intervalo comprendido entre las 4:00 Y 6:30 horas se puede notar un incremento sustantivo alcanzando un valor máximo de 245.442,00 Wh, luego comienzan a disminuir hasta estabilizarse a un promedio de 218.432,00 Wh este comportamiento vuelve a experimentar un ascenso en el intervalo comprendido entre las 11:30 y 15:00 horas alcanzando su valor máximo de 251.435,00 Wh. Ésta creciente que experimenta la gráfica se debe a que este tipo de edificación carece del servicio de gas natural para el uso doméstico y como la totalidad de los apartamentos del inmuebles poseen cocinas eléctricas elevan el consumo de la carga en forma notable.

Luego desciende el consumo y se estabiliza aproximadamente en 211,523 Wh hasta nuevamente alcanzar un ascenso en las horas anteriormente descrita, cabe destacar que la muestra representa un comportamiento semejante tomando en consideración las 24 horas de las jornadas laborales y un incremento de un 2% de la muestra aproximadamente en los fines de semana.

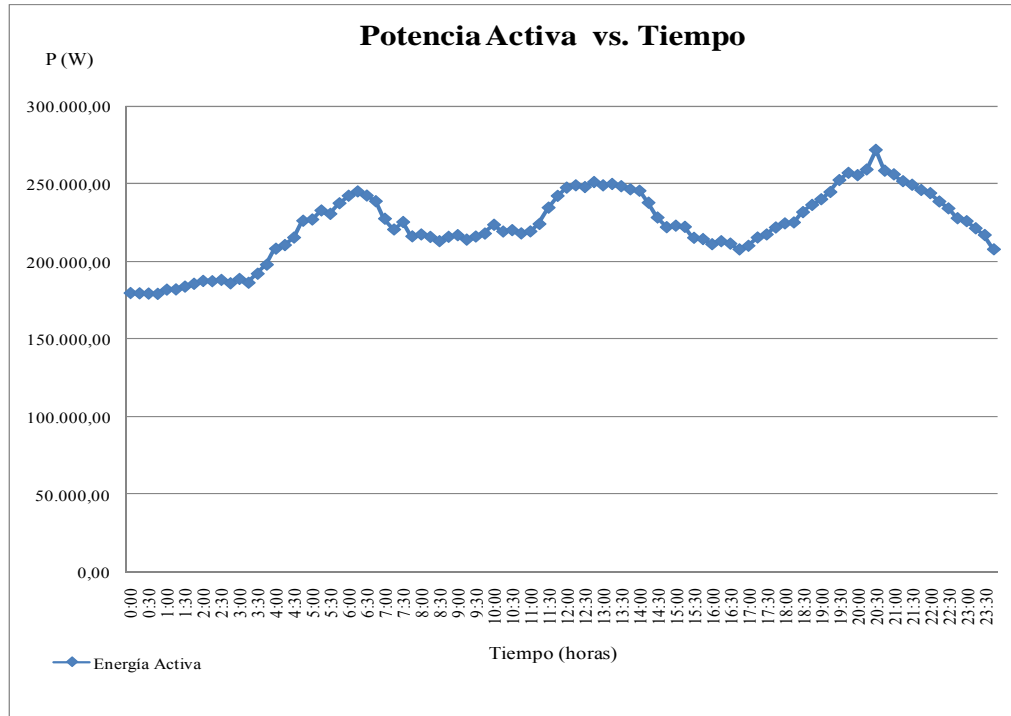


Figura: 4.7. Gráfica de Energía Activa.

4.10 ENERGÍA APARENTE

El comportamiento de la gráfica 4.8 referente a la energía aparente es similar a la grafica 4.7 referente a la energía activa la diferencia radica en que esta no está afectada por el valor del factor de potencia, por tal motivo el comportamiento de la curva queda referido al comportamiento de la curva de energía activa.

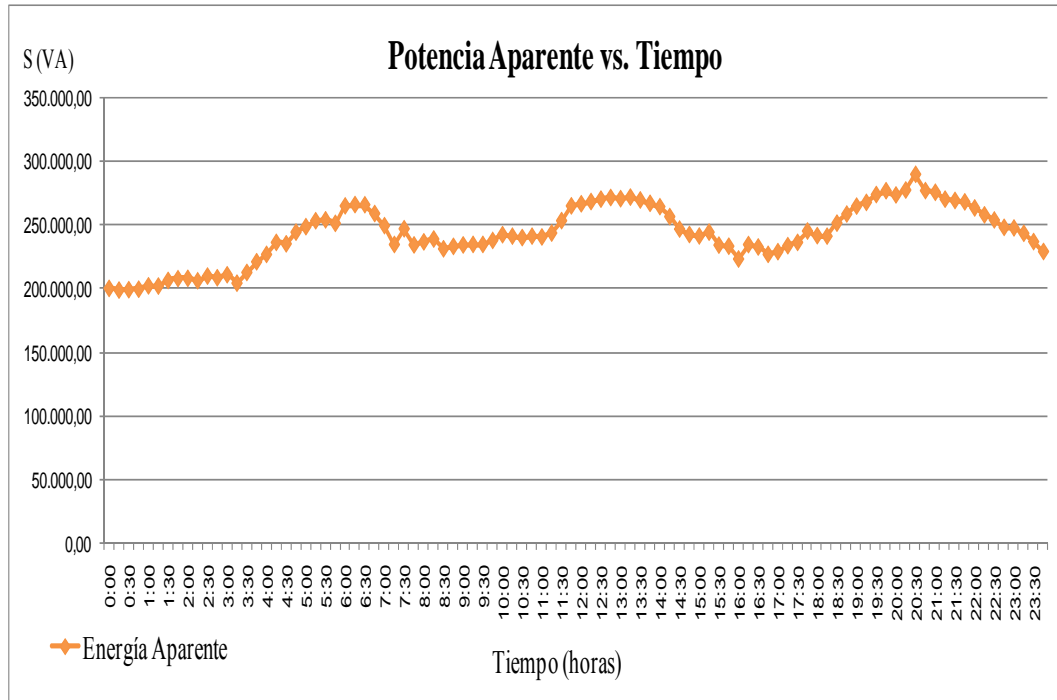


Figura: 4.8. Gráfica de Energía Aparente.

4.11 ENERGÍA REACTIVA

En la gráfica 4.9 se puede apreciar que la tendencia de la curva es lineal lo cual indica que la energía reactiva del sistema en estudio tiene un comportamiento aproximadamente constante. La curva de energía reactiva es menor que la curva de energía activa lo cual indica que el consumo de energía eléctrica en los sistemas de distribución de tipo residencial está conformado en su mayoría por cargas activas, en su trazado se puede apreciar que su pico más alto ocurre a las 22:00 horas siendo este de 103.874,00 VARh, en el intervalo entre las 7:00 y las 10:00 horas se puede apreciar una disminución la cual mantiene un valor promedio de 94.214,00 VARh lo

cual presume que las cargas por efectos del encendido de los aires acondicionado y de los servicios generales es mínima y por ende su carga disminuye.

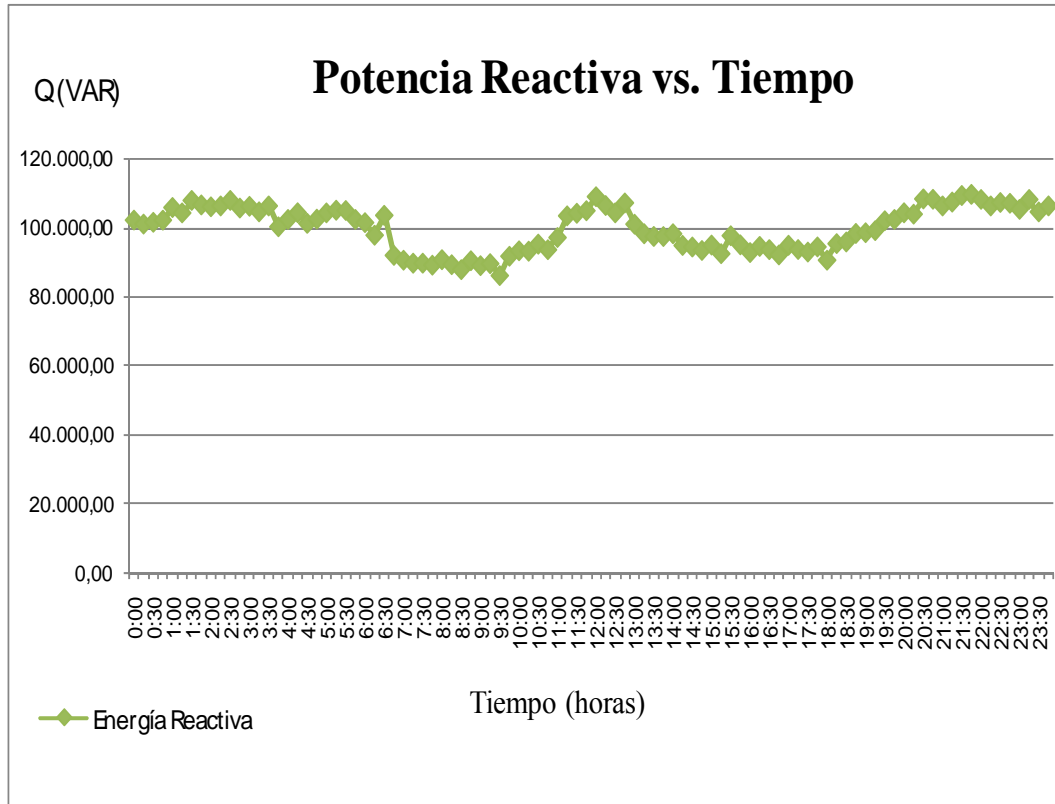


Figura: 4.9. Gráfica de Energía Reactiva.

4.12 FACTOR DE POTENCIA

En la gráfica 4.10 se obtiene el comportamiento del factor de potencia de la carga del edificio, los picos más elevados del trazado de la gráfica es de 0,9524. A partir de las 0:00 horas con un valor de 0,8632 el factor de potencia tiene un comportamiento ascendente de manera pausada, lo cual indica un crecimiento progresivo de la energía activa en el sistema. Luego en el intervalo comprendido entre las 6:45 y 9:45 horas la gráfica tiende a comportarse con valores máximos y mínimos, lo cual indica que la

energía reactiva en este intervalo de tiempo se comporta de manera similar como lo explicado en la gráfica de energía reactiva en las horas concernientes a este horario, los servicios generales aportan la mayor cantidad de activos y reactivos, lo cual se refleja en el comportamiento del factor de potencia, luego desde las 11:15 hasta las 13:00 horas se incrementa de manera ascendente alcanzando un valor máximo de 95,0862 para luego descender y describir un comportamiento quebrado de máximos y mínimos sostenidos hasta alcanzar su máximo del trazado en la grafica a las 20:15 horas.

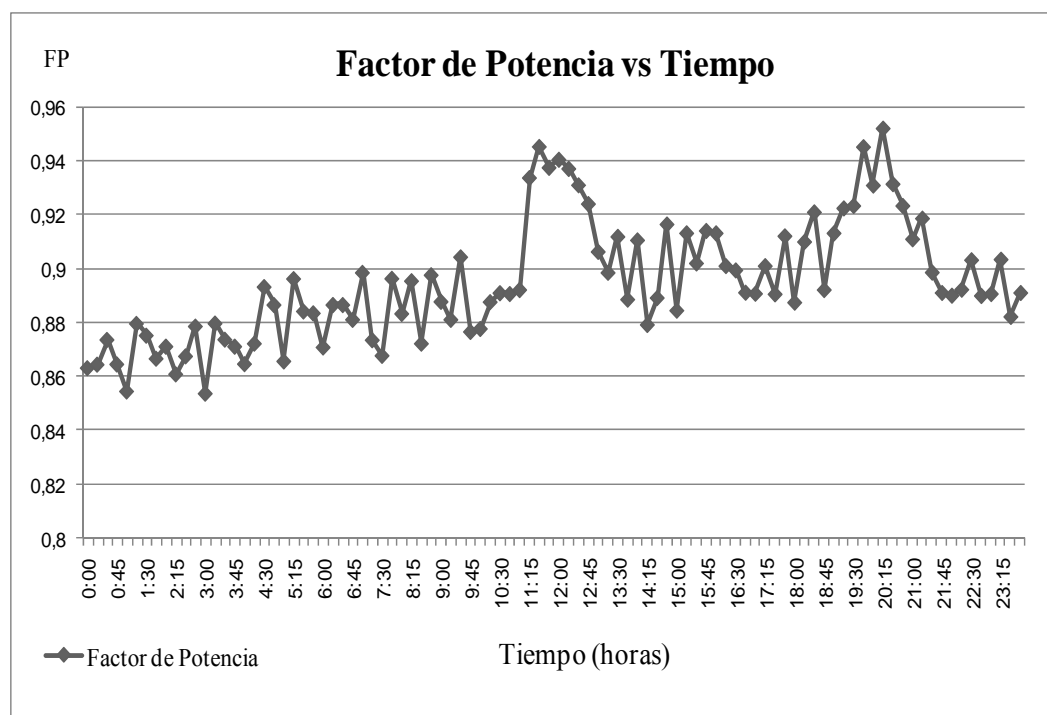


Figura: 4.10. Gráfica de Factor de Potencia

4.13 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA

Para llevar a cabo esta actividad se requiere la lectura de las potencias acumuladas (KWh) y de la medición de voltajes y corrientes que consume el edificio y cada uno de los suscriptores asignados a este. Para ello se procedió a instalar un contador patrón “CEWE” en la acometida de baja tensión del edificio.

Para efectuar el cálculo de pérdidas se utilizaron los métodos de comprobación puntual y registro de demanda.

4.14 COMPROBACIÓN PUNTUAL

Este método se aplica con la finalidad de obtener la cantidad de potencia activa entregada, y a la vez determinar las pérdidas técnicas y no técnicas que ocurren en un determinado momento.

4.14.1 Pérdidas Técnicas

4.14.1.1 Acometida de Baja Tensión (alimentadores secundarios)

Esta acometida presenta 2 conductores por fase de calibre 500 MCM. Utilizando la tabla 4.3, el valor de la resistencia del conductor ver anexo C, y ecuación 4.2 se obtiene el valor de las pérdidas de energía en la acometida de baja tensión, el valor de R se obtiene mediante la ecuación 3.5.

$$Per_{ABT} = R * I^2 \quad \text{EC.4.2}$$

La resistencia del conductor de 500 MCM a 60 Hz es de 0,093 Ω /Km, a 75°C este valor es obtenido en la tablas mostrada en los anexos, para el cálculo es necesario el valor de la resistencia en ohmios (Ω) por lo tanto se utiliza la longitud de la acometida para obtener este valor.

La acometida del inmueble tiene una longitud de 22,4 m. que equivalen a (0,0224 kilómetros). Sustituyendo en la ecuación 3.7 se obtiene:

$$R = 0,093\left(\frac{\Omega}{Km}\right) * 0,0224(Km)$$

$$R = 2,083 * 10^{-3} \Omega$$

En el caso del sistema de distribución en estudio que posee un total de 2 conductores por fase del mismo calibre se debe dividir R entre el número de conductores que posea como se muestra a continuación:

$$R_{total} = \frac{R}{2} = \frac{2,083 * 10^{-3} \Omega}{2}$$

$$R = 1,042 * 10^{-3} \Omega$$

En la tabla 4.7 se muestran las pérdidas en la acometida de baja tensión de cada una de las fases para los diferentes días que se realizaron las mediciones.

Tabla No. 4.14. Pérdidas en la Acometida de Baja Tensión

Días	Pérdidas fase a (W)	Pérdidas fase b (W)	Pérdidas fase c (W)	PerABT Total
1	53,127	58,528	55,602	167,257
2	59,023	61,023	57,056	177,072
3	67,226	64,087	61,529	192,842
4	63,058	65,125	69,359	197,542

Se puede apreciar en la tabla que la fase que muestra mayor cantidad de pérdidas es la fase “a” en el tercer día de inspección con un valor de 69,359 W. Debido a que la cantidad de pérdidas en la acometida se debe a la carga y a la corriente que circule por esta, se puede esperar que cualquiera de las fases tenga valores de mayor magnitud de energía pues las cargas conectadas a cada una de las fases es variable.

Promediando los valores de las pérdidas por fase se tiene lo siguiente:

Tabla No. 4.15. Pérdidas Promedio en la Acometida de Baja Tensión

PerABT	Pérdidas Promedio (W)
Per a	60,609
Per b	62,191
Per c	60,887

Como el sistema es trifásico las pérdidas totales resulta de la sumatoria de las pérdidas en las fases, ver ecuación 3.7.

Lo cual da como resultado:

$$PerABT_{totales} = 183,687W$$

Las pérdidas totales en la acometida de baja tensión son igual a 183,687 W, lo cual representan las pérdidas de energía en los conductores por efecto de las corrientes que circulan por ellos.

4.14.1.2 Barras Distribuidoras

Las barras distribuidoras del inmueble son de cobre las cuales poseen las siguientes dimensiones: 76cm de largo por 7cm de ancho, con una sección transversal de 3,5 cm², la resistividad del cobre es de 1,724μΩ.cm, ver anexos D y se calcula utilizando la ecuación 3.10.como se muestra a continuación.

$$R = \frac{1,724\mu\Omega cm * 76cm}{3,5cm^2}$$

$$R = 37,44 * 10^{-6} \Omega$$

La resistencia de cada una de las barras de cobre es de 37,44*10⁻⁶ Ω. Con este valor se calculan las pérdidas de energía de la barra utilizando las corrientes de la tabla 4.3 y la ecuación 3.9.

En la tabla se muestran las pérdidas en las barras de cada una de las fases en los diferentes días que se realizaron las mediciones.

Tabla No. 4.16. Pérdidas en las Barras Distribuidoras

Días	PerBD a (W)	PerBD b (W)	PerBD c (W)	Pérdidas totales (W)
1	1,908	2,102	1,997	6,007
2	2,121	2,192	2,05	6,363
3	2,415	2,302	2,21	6,927
4	2,265	2,34	2,492	7,097

En esta tabla 4.16 se puede observar que el comportamiento de las pérdidas de energía en las barras es similar al de la acometida de baja tensión ya que el factor común entre estas es la corriente que circula por ella.

Tabla No. 4.17. Pérdidas promedio en las Barras Distribuidoras

PérBD	Per prom (W)
PerBD a	2,177
PerBD b	2,234
PerBD c	2,187

Como el sistema es trifásico las pérdidas totales serian la sumatoria de las pérdidas. Utilizando la ecuación 3.10 se obtiene:

La pérdida de energía por efecto de la corriente que circula por las barras es de 6,598W.

$$PerBD_{total} = 2,177W + 2,234W + 2,18W$$

$$PerBD_{total} = 6,598W$$

4.14.1.3 Banco de Transformadores

Para la obtención de las pérdidas de energía eléctrica en el transformador de distribución se efectuaron las respectivas mediciones de voltaje línea-línea en alta tensión y las corrientes de cada fase a través del equipo de medición como el kiloamperímetro (bastón) y el kilovoltímetro, con el fin de determinar la potencia de entrada ver tabla 4.10.

La potencia de salida (lado de baja tensión) es calculada con los valores de voltaje, corriente y factor de potencia medidos en el lado de baja tensión como se puede evidenciar en las tablas 4.1, 4.3 y 4.5 a través de la ecuación 4.1 como se observa en la tabla 4.6

Para efectuar los cálculos de las potencias de entrada y salida, se asumirá el mismo factor de potencia ($\text{Cos}\phi = 0,89$) tanto al lado de alta como al lado de baja tensión, tomando en cuenta que la variación entre estos es mínima.

Las pérdidas en el transformador de distribución son obtenidas mediante la ecuación 3.10 con los valores de las tablas 4,7 y 4,11 como se observa en la tabla 4.18.

Tabla No. 4.18. Potencia de Entrada y Salida del Transformador

Días	Pentrada (W)	Psalida (W)
1	80069,64	76023,24
2	78701,29	75822,53
3	79594,93	78226,25
4	86074,84	82264,32

Para determinar las pérdidas en el transformador se tomaran los valores de la tabla 4.18 utilizando la ecuación 3.10. Lo cual da como resultado la tabla 4.19.

Tabla No. 4.19. Pérdidas en el Transformador de Distribución

Días	Pérdidas (W)
1	4046,4
2	2878,72
3	1368,68
4	3810,52

Las pérdidas promedio del transformador de distribución de acuerdo a los cálculos efectuados en la tabla 4.19 dan como resultado 3026,08W.

4.14.1.4 Acometida de Alta Tensión

La acometida de de alta tensión (trifásica tres hilos) está conformada por cables monopolares de polietileno calibre 2/0, la cual tiene una distancia de 18m, utilizando la ecuación 4.1 y los valores de las corrientes medidas en alta tensión de la tabla 4.10 se calculan las pérdidas de energía.

La resistencia de un conductor de calibre 2/0 monopolares de polietileno a 60 Hz es de $0,335\Omega/\text{Km}$ a 75°C , ver anexos C, para el cálculo es necesario el valor de la resistencia en Ω por lo tanto se utiliza la longitud de la acometida para obtener el valor en base a la acometida.

Al igual que en la acometida de baja tensión se usara la ecuación 4.2. El valor de R se obtendrá mediante la ecuación 3.5, con los datos de los conductores de alta tensión se obtienen los siguientes valores:

$$R = 0,335 \left(\frac{\Omega}{Km} \right) * 0,018 (Km)$$

$$R = 6,03 * 10^{-3} \Omega$$

Con este valor de resistencia y los valores de las corrientes medidos en alta tensión siguiendo la ecuación 4.2 se procede a calcular las pérdidas de energía en cada uno de las fases según la tabla 4.20.

Las tablas de pérdidas en la acometida de alta tensión por fases muestran como resultado los valores obtenidos en la tabla 4.20.

Tabla No. 4.20. Pérdidas en la Acometida de Alta Tensión

Días	PerAAT R(W)	PerAAT S(W)	PerAAT T(W)
1	0,0781	0,0781	0,0773
2	0,0826	0,0834	0,0781
3	0,0917	0,0816	0,0826
4	0,0917	0,0917	0,0965

Las pérdidas totales referidas a cada una de las inspecciones realizadas se muestran en la tabla 4.21.

Tabla No. 4.21. Pérdidas totales en la Acometida de Alta Tensión

Días	PerAAT (totales)W
1	0,2335
2	0,2441
3	0,2559
4	0,2799

Promediando los valores de las pérdidas por fase se obtiene:

Tabla No. 4.22. Pérdidas promedio en la Acometida de Alta

Fases	Pérdidas Prom AAT(W)
R	0,086
S	0,0837
T	0,0836

Las pérdidas totales en promedio en la acometida de alta tensión referidas a la tabla 4.22 son de 0,0844W, la cual representa la energía disipada en los conductores de la acometida de alta tensión por efecto de la corriente que circula por ellos. Las pérdidas técnicas totales diarias son el resultado de la sumatoria total a cada elemento del sistema de distribución antes calculado. Como resultado se obtiene la siguiente tabla:

Tabla No. 4.23. Pérdidas Técnicas Totales

Días	Alimentador Secundario (W)	Barras Alimentadoras (W)	Transformador de Distribución (W)	Alimentador Primario (W)	Pérdidas totales (W)
1	167,257	6,007	4046,4	0,2335	4219,89
2	177,072	6,363	2878,72	0,2441	3002,39
3	192,842	6,927	1368,68	0,2559	1568,7
4	197,542	7,097	3810,52	0,2799	4015,43

Los valores promedio de las pérdidas totales de cada uno de los elementos del sistema de distribución de uso exclusivo se muestran en la tabla 4.24.

Tabla No. 4.24. Pérdidas Técnicas Promedio de cada Elemento

Alimentador Secundario (W)	Barras Alimentadoras (W)	Transformador de Distribución (W)	Alimentador Primario (W)
183,67	6,59	3026,08	0,2533

Observando la figura 4.9 se aprecia que elemento del sistema de distribución disipa mayor cantidad de energía.

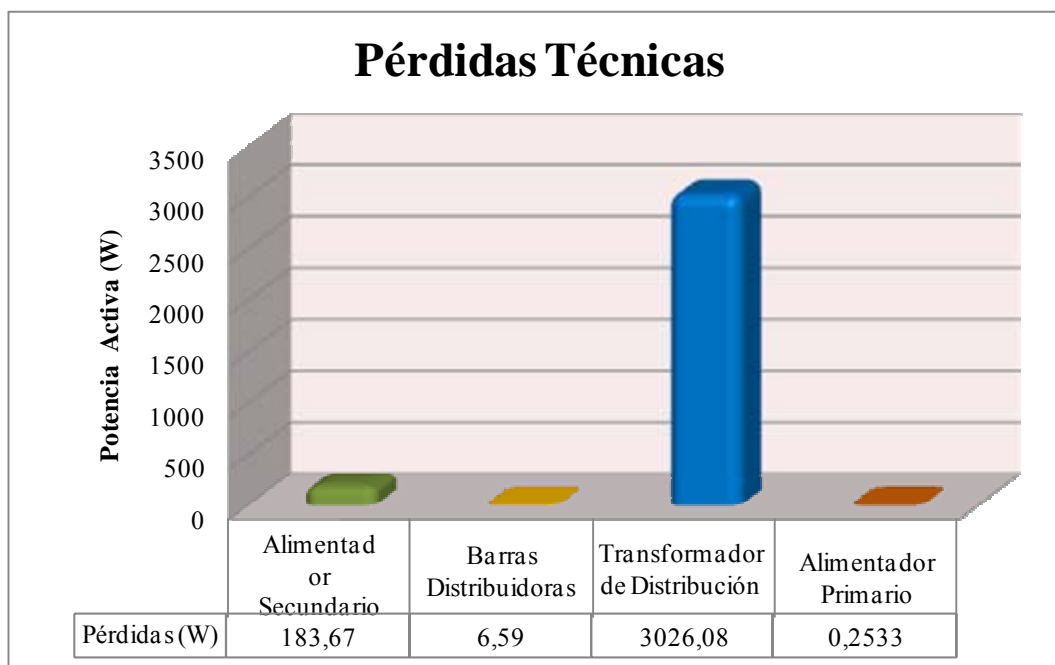


Figura: 4.11. Gráfica de Pérdidas Técnicas Promedio

Las pérdidas técnicas totales del sistema son de 3216,5933W, lo cual representa el 3,97% de la potencia total del sistema de distribución referente a la tabla 4.11 cuyo valor promedio es de 81110,175W En la figura 4.11.

4.14.2 Pérdidas No Técnicas

Para obtener las pérdidas no técnicas en el sistema de distribución de uso exclusivo se realizaron los siguientes cálculos:

$$Per_{\text{totales}} = P_{\text{entregada}} - P_{\text{consumida}}_{\text{módulo}} \quad \text{EC. 4.3}$$

$$Per_{\text{totales}} = 81110,175W - 49858,47W$$

$$Per_{\text{totales}} = 31251,705W$$

$$Per_{\text{totales}} = P_{\text{Técnicas}} + P_{\text{No técnicas}} \quad \text{EC. 4.4}$$

$$P_{\text{No Técnicas}} = Per_{\text{totales}} - P_{\text{Técnicas}}$$

$$P_{\text{No Técnicas}} = 31251,705W - 3216,5833W$$

$$P_{\text{No técnicas}} = 28035,1117 W$$

Los siguientes cálculos representan los porcentajes de pérdidas totales, técnicas y no técnicas en el sistema de distribución de uso exclusivo.

$$\%Pérdidas_{\text{Totales}} = \frac{31251,705W}{81110,175W} * 100$$

$$Pérdidas_{\text{Totales}} = 38,53\%$$

$$\%Pérdidas_{\text{Técnicas}} = \frac{3216,5933W}{31251,705W} * 38,53$$

$$Pérdidas_{\text{Técnicas}} = 3,97\%$$

$$\%Pérdidas_{\text{No Técnicas}} = 38,53\% - 3,97\%$$

$$Pérdidas_{\text{No Técnicas}} = 34,56\%$$

Tabla No. 4.25. Porcentaje de Pérdidas Técnicas y No Técnicas

Potencia Entregada		Pérdidas Totales		Pérdidas Técnicas		Pérdidas No Técnicas	
Watts	%	Watts	%	Watts	%	Watts	%
81110,175	100	31251,705	38,5	3216,5933	3,97	28035,1117	34,56

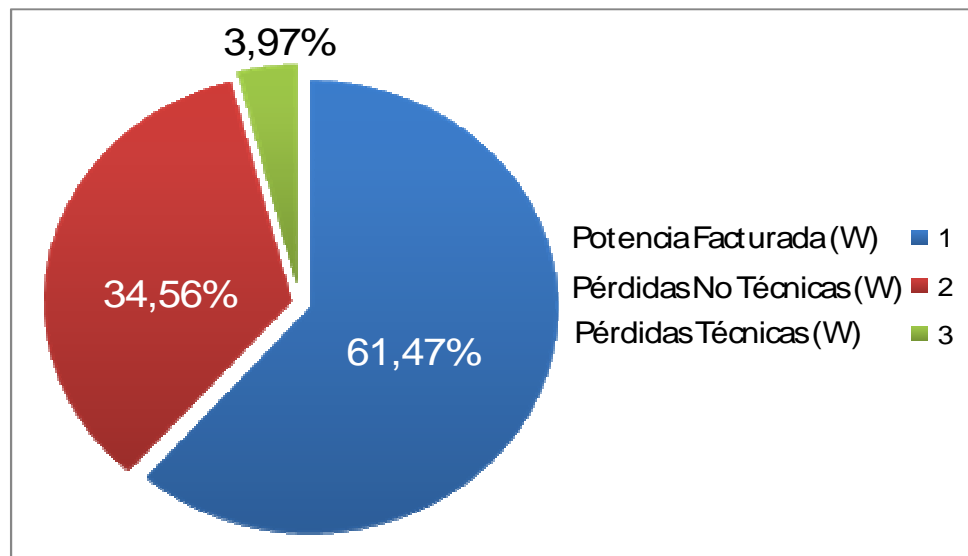


Figura: 4.12 Porcentajes de Potencia Activa Facturada y Pérdidas

4.15 REGISTRO DE DEMANDAS

Este método se aplicara con la finalidad de obtener las pérdidas de energía tanto técnicas como no técnicas que ocurren en un período de tiempo determinado. El tiempo establecido para llevar a cabo este método es de 30 días; tomando como datos los valores de las lecturas en (KWh) de las inspecciones realizadas al inmueble. La diferencia de energía entre ambas inspecciones (lecturas en KWh), establecerá el consumo de energía en este intervalo de tiempo. La siguiente tabla está conformada por las lecturas tomadas en dos de las inspecciones realizadas al inmueble, tomando como período un tiempo de 30 días entre lecturas.

Tabla No. 4.26. Energía Consumida en el Módulo de Medición

Ref.	Apto.	Lec.A (KWh)	Lec.B (KWh)	EnergT. (KWh)
5525	1A	52570	52980	410
5510	1B	67834	69349	1515
5526	1C	87654	90189	2535
5527	2A	46524	46914	390
5511	2B	15345	19190	3845
5528	2C	23357	26809	3452
5529	3A	48987	49521	534
5512	3B	44567	45221	654
5530	3C	52112	52854	742
5513	4A	45611	46067	456
5514	4B	2623	2631	8
5531	4C	34567	39190	4623
5532	5A	63489	64945	1456
5515	5B	49876	49994	118
5533	5C	46754	47776	1022
5516	6A	34560	34646	86
5517	6B	52345	52970	625
5534	6C	41256	41562	306
5518	7A	46341	46995	654
5519	7B	78943	83394	4451
5535	7C	145	145	0
5536	8A	38976	39265	289
5520	8B	234	266	32
5537	8C	138	150	12
5521	9A	38890	39257	367
5538	9C	3101	3388	287
5523	10A	60078	65841	5763
5539	10C	84109	86507	2398
5522	PH	18583	24570	5987
5524	SG	88209	92662	4453
TOTALES		1267778	1315248	47470

La siguiente tabla muestra los valores obtenidos a través del contador patrón “CEWE” en un intervalo de tiempo de 30 días al igual que los valores de la tabla 4.26. Estos valores son medidos de manera simultánea para obtener mayor exactitud al comparar los resultados de ambas mediciones.

Tabla No. 4.27. Energía Registrada en el Contador Patrón “CEWE”

Contador Patrón	Lec.A (KWh)	Lec.B (K Wh)	EnergT. (K Wh)
CEWE	0	71351	71351

4.15.1 Pérdidas Técnicas

Las pérdidas técnicas se obtienen mediante la sumatoria de las pérdidas de energía en la acometida de baja tensión y los sistemas de barras. Para el cálculo de las pérdidas técnicas se utiliza la potencia entregada, registrada por el contador patrón “CEWE” el cual es de 71.351 KWh como se puede apreciar en la tabla 4.27.

4.15.1.1 Acometida de Baja Tensión

En el estudio a partir de la acometida de baja tensión se registro una energía entregada de 71.351KWh, con lo cual se procede a efectuar los cálculos correspondientes para obtener las perdidas técnicas de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$KVA_{totales} = \frac{KW_{total}}{horas * dias * fp} \quad EC.4.5$$

El voltaje de fase de la ecuación 4.5 está referido a los valores expuestos en la tabla 4.2.

$$I_{acom} = \frac{KVA_{totales}}{V_{L-L} / \sqrt{3}} \quad EC.4.6$$

$$Per_{acom} = n^{\circ} hlos * Iacom^2 * R / 100 \quad EC.4.7$$

Donde:

KVA_{totales} : Energía total entregada

Horas: horas del día laboradas, de tipo residencial CADAFE toma 8 horas.

Días: días de duración el estudio, 30 días.

Fp: factor de potencia promedio.

n°hilos : número de conductores de igual calibre pertenecientes a una fase.

I_{acom}: corriente de línea calculada en cada una de las fases.

R: resistencia de cada conductor de una fase.

$V_{l-n} / \sqrt{3}$: voltaje de fase a neutro.

Per_{acom} : pérdidas en la acometida de baja tensión.

Tomando como referencia los cálculos efectuados para determinar la resistencia del conductor en la acometida de baja tensión ver sección, 4.14.1.1, se usara el valor $R=1,042*10^{-3} \Omega$.

Como el sistema es trifásico la pérdida de energía total en la acometida será la sumatoria de las pérdidas en cada fase de ellas como se muestra en la tabla 4.28.

Tabla No. 4.28. Pérdidas Técnicas de Energía en la Acometida de Baja Tensión

Fases	Peracom (Wh)
Fase a	16,042
Fase b	16,599
Fase c	16,281
TOTAL	48,922

La pérdida total en la acometida de baja tensión es de 48,922 Wh, que representa la energía disipada en los conductores por efecto de la corriente que circula por ellos.

4.15.1.2 Barras Distribuidoras

Tomando como referencia los cálculos efectuados para determinar la resistencia existente en cada barra de distribución ver sección, 4.14.1.2, se usara el valor $37,44*10^{-6} \Omega$.

Una vez obtenida la resistencia de las barras de distribución, se procede a calcular la pérdida de energía total en ellas, por ser un sistema trifásico será la sumatoria de la pérdida en cada barra como se muestra en la tabla 4.29.

Tabla No. 4.28. Pérdidas Técnicas de Energía en las Barras Distribuidoras

Fases	PerBD (Wh)
Fase a	0,288
Fase b	0,298
Fase c	0,292
TOTAL	0,878

En el estudio la energía total disipada por efecto de la corriente que circula por las barras distribuidoras es de 0,878Wh.

$$PerT_{totales} = Per_{ABT} + Per_{BD} \quad EC.4.7$$

Tabla No. 4.29. Pérdidas Técnicas de Energía Total

Elementos	Pérdidas Técnicas (Wh)
PerABT	48,92
PerBD	0,878
TOTAL	49,798

4.15.2 Pérdidas No Técnicas

Para obtener las pérdidas no técnicas de energía en el sistema de distribución de uso exclusivo se realizaron los cálculos correspondientes a las ecuaciones 4.3 y 4.4 lo cual da como resultado lo siguiente:

$$Per_{totales} = 71.351KWh - 47.470KWh$$

$$P_{\text{Per}_{\text{totales}}} = 23.881\text{KWh}$$

$$P_{\text{No Técnicas}} = 23.881\text{KWh} - 0,049798\text{KWh}$$

$$P_{\text{No técnicas}} = 23880,950\text{KWh}$$

Los siguientes cálculos representan los porcentajes de pérdidas totales, técnicas y no técnicas en el sistema de distribución de uso exclusivo.

$$\%P_{\text{Pérdidas}_{\text{totales}}} = \frac{23.881\text{KWh}}{71.351\text{KWh}} * 100$$

$$P_{\text{Pérdidas}_{\text{totales}}} = 33,47\%$$

$$\%P_{\text{Pérdidas}_{\text{Técnicas}}} = \frac{0,049798\text{KWh}}{23881\text{KWh}} * 33,47$$

$$P_{\text{Pérdidas}_{\text{Técnicas}}} = 6,98 * 10^{-5}\%$$

$$\%P_{\text{Pérdidas}_{\text{No Técnicas}}} = 33,47 - 6,98 * 10^{-5}$$

Pérdidas No Técnicas = 33,469%

Como se puede apreciar en los resultados las pérdidas técnicas en energía son despreciables lo cual indica que el sistema de distribución en estudio se encuentra dentro de la norma de la empresa CADAFE que estipula que las pérdidas técnicas deben ser menor que el 4% de la energía suministrada.

Tabla No. 4.30. Porcentaje de Pérdidas Técnicas y No Técnicas

Energía Entregada		Pérdidas Totales		Pérdidas Técnicas		Pérdidas No Técnicas	
Wh	%	Wh	%	Wh	%	Wh	%
71351	100	23881	33,47	0,049798	6,98E-05	23880,95	33,469

Los porcentajes de energía activa (KWh) tanto facturada como las pérdidas técnicas y no técnicas se pueden apreciar en la figura 4.13.

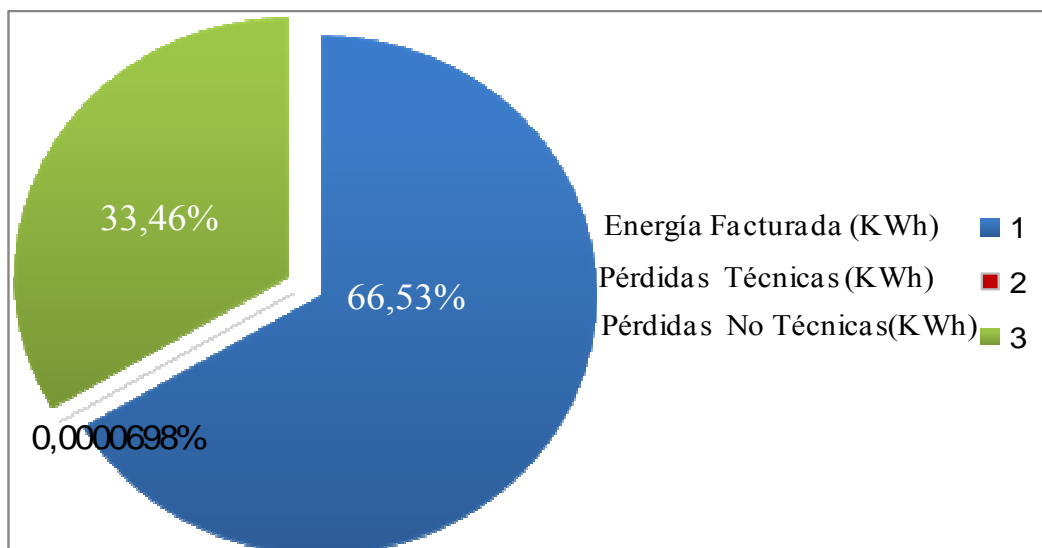


Figura: 4.13 Porcentajes de Energía Activa Facturada y Pérdidas

CONCLUSIONES

Como resultado del análisis efectuado al sistema de distribución de uso exclusivo en estudio se establecen las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio del sistema de distribución de uso exclusivo, se pudo determinar que las pérdidas técnicas en energía constituyen el 3,97% de la potencia total de entrada, lo cual indica que este valor permanece dentro del rango de operación permisible por la empresa.
- En el método de comprobación puntual se obtuvo un porcentaje de 3,97 de pérdidas técnicas, del cual el 99% de éste se atribuyen al transformador de distribución, por lo tanto, se puede descartar la hipótesis de una posible derivación clandestina.
- El mayor porcentaje de pérdidas de energía son representadas por las no técnicas con 33,46% de la potencia entregada, debido al gran número de irregularidades existentes en el puente bornera de los contadores instalados, lo cual demuestra la manipulación de los equipos contadores al momento de su instalación.
- En la descripción técnica de los elementos que conforman el sistema de distribución se pudo determinar que las barras distribuidoras no cumplen con los requerimientos de la empresa ya que su dimensionamiento no es adecuado para el número de usuarios y carga conectados.

- Las curvas de demandas refieren que el consumo de energía eléctrica en el sistema de distribución de tipo residencial está conformado en su mayoría por cargas activas, a demás trabaja con un factor de potencia promediado (0,89) lo cual se encuentra en un rango de operación bastante aceptable.

RECOMENDACIONES

- Las pérdidas no técnicas de energía constituyen un porcentaje significativo de la potencia entregada al sistema, estas cuantiosas pérdidas deben tenerse en consideración por parte de la empresa ya que constituyen una importante pérdida financiera.
- Fiscalizar el conexionado de los equipos de medición verificando la instalación de los precintos (sellos) de la bornera una vez certificado el buen funcionamiento del mismo, con la finalidad de evitar irregularidades que contribuyan al aumento de las pérdidas no técnicas.
- Incrementar la instalación de equipos de medición (contadores electrónico-digitales) en el lado de baja tensión de los sistemas de distribución de uso exclusivo con la finalidad de determinar las posibles pérdidas de energía y así aplicar los correctivos pertinentes para disminuirlas
- Efectuar operativos de inspección a los sistemas de distribución de forma aleatoria con la finalidad de verificar su estado actual y normalizar aquellos en donde se presuman irregularidades, evitando que se eleven las pérdidas de energía y se disminuya el registro de consumo por irregularidades en los equipos de medición.

- Se recomienda incrementar el dimensionamiento de las barras distribuidoras que permita una mejor disposición del conexionado de cada usuario e impidan el debilitamiento de la misma.
- Un sistema estándar de seguridad que permita la apertura de los módulos de medición, al personal autorizado por la empresa, con la finalidad de evitar la manipulación por parte de los usuarios, previniendo posibles irregularidades.

BIBLIOGRAFIA

[1] Rodríguez, L. **“Análisis de Pérdidas de Energía Eléctrica en los Sistemas de Distribución de Uso Exclusivo”**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz (2003).

[2] Lezama, J. **“Análisis de Consumo de Potencia Reactiva en los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica. Zona industrial los montones Barcelona ELEORIENTE Anzoátegui.”**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz (2007).

[3] Guarimán, R. **“Determinación de Pérdidas de Energía Inherentes a los Alimentadores 1, 2 y 4 de la Subestación Boulevard Maturín Estado Monagas.”** Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz (1999).

[4] Vásquez, J. **“Determinación de las Pérdidas por Bajo Factor de Potencia en los Altos Consumidores de Energía Eleoriente Anzoátegui”**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz (2005).

[5] González, F. **“Cuantificación de Pérdidas de Energía y Diseño de un Modulo de Medición Anti fraude en Edificios del Circuito N°7 de la S/E La Paz”**. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz (2003).

[6] Ramos, J. “**Minimización de Pérdidas de Energía Eléctrica en los Equipos de Medición Directa e Indirecta de la Empresa CADAPE**”. Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Cumaná (1991).

[7] SADIKU, Alexander. **FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ELECTRICOS**. Editorial MC Graw Hill. Año. (2002).

[8] RAMIREZ, José. **INTALACIONES ELECTRICAS GENERALES** Editorial CEAC, España. (1987).

[9] RAMIREZ, José. **INTALACIONES DE BAJA TENSION CALCULOS DE LINEAS ELECTRICAS**. Editorial CEAC, España. (1990).

[10] Sabino, C. (2001). **COMO HACER UNA TESIS**, Caracas: Editorial Panapo. (2001).

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	“ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA INHERENTES A SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE USO EXCLUSIVO”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Dos Santos A. Carlos J.	C.I.:15.791.912 E MAIL: dossantosacj@hotmailcom

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Sistemas de Distribución

Transformador

Pérdidas de Energía

Mediciones

OPEN SGC

Módulos de Medición

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Electricidad

RESUMEN (ABSTRACT):

La elaboración de este trabajo tiene como finalidad analizar las pérdidas de energía eléctrica, en sistemas de distribución de uso exclusivo. En la elaboración del estudio, se usó el método de medición puntual y el seguimiento de registro de demandas, para inspeccionar la edificación asignada con la finalidad de determinar las fugas de corriente y posibles irregularidades causantes de pérdidas de energía.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Bermúdez Melquiádes	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:	3.486.726			
	E_MAIL	bmelquiadez@cantv.net			
	E_MAIL				
Escalante Santiago	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:	3.198.012			
	E_MAIL	sescalante@cantv.net			
	E_MAIL				
Maza Manuel	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	8.266.951			
	E_MAIL	ingmanuelmaza@gmail.com			
	E_MAIL				
Mercado Verena	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:	82.235.587			
	E_MAIL	mercadoverena@cantv.net			
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

<u>2009</u>	<u>12</u>	<u>06</u>
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE: SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Pérdidas de Energía PCPR.doc	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x
y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.**

ESPACIAL: _____ CADAFE_____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____10/2008-06/2009_____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Electricista

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-Grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Eléctrica.

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS:

“Los Trabajos de Grado son de Exclusiva Propiedad de la Universidad de Oriente y Solo Podrán ser Utilizados para Otros Fines con el Consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, el Cual Participara al Consejo Universitario”.

España S. Henry L.

AUTOR

Bermúdez Melquíades

Mercado Verena

Parra Hernán

TUTOR

JURADO

JURADO

Mercado Verena

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS